



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

# **ESTUDIO Y MEJORAMIENTO DE LA DISTRIBUCIÓN DE VAPOR A TRAVÉS DE UN SISTEMA DE TRAMPAS EN UNA INDUSTRIA DE COSMÉTICOS**

**Carlos Gustavo Porres Andrade**

Asesorado por el Ing. Roberto Haroldo Maldonado

Guatemala, enero de 2007

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**ESTUDIO Y MEJORAMIENTO DE LA DISTRIBUCIÓN DE  
VAPOR A TRAVÉS DE UN SISTEMA DE TRAMPAS EN  
UNA INDUSTRIA DE COSMÉTICOS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**CARLOS GUSTAVO PORRES ANDRADE**

ASESORADO POR EL ING. ROBERTO HAROLDO MALDONADO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE  
**INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL**

GUATEMALA, ENERO DE 2007

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 Spinola de López
VOCAL III	Ing. Miguel Angel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

### **TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR	Ing. Erwin Danilo González Trejo
EXAMINADOR	Ing. Cesar Leonel Ovalle Rodríguez
EXAMINADOR	Ing. Gilberto Enrique Morales Baiza
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Polanco Aguilar

## **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:

### **ESTUDIO Y MEJORAMIENTO DE LA DISTRIBUCIÓN DE VAPOR A TRAVÉS DE UN SISTEMA DE TRAMPAS EN UNA INDUSTRIA DE COSMÉTICOS,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, el 13 de octubre de 2005.

Carlos Gustavo Porres Andrade.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

### **DIOS**

Por ser mi fortaleza, la roca que me da seguridad y el escudo que me da la victoria, por ser la luz a seguir en el camino de mi vida y brindarme salud y sabiduría para poder concluir mi carrera.

### **MI MAMITA**

Beatriz Andrade Martínez

Por el apoyo incondicional brindado durante todos éstos años de mi vida, por darme la oportunidad de crecer profesionalmente y por encontrar en ella la sabiduría, el amor, los consejos y la paciencia que me ayudan a vivir día con día.

### **MI PAPA**

Carlos Enrique Porres Uribe

Por guiarme en el camino hacia la superación, su amor y sus consejos.

### **MIS HERMANOS**

Cristy y Luisen

Por acompañarme, ayudarme y estar presentes en el transcurso de todo éste tiempo.

### **MIS SOBRINOS**

Jimena, Laurita, Andrés y Andreita

Por ser fuente de inspiración.

### **MI NOVIA**

Saraí Grijalva

Por ayudarme y apoyarme ante cualquier situación, por estar a mi lado en todo momento y por brindarme su amor incondicional.

**MIS MEJORES  
AMIGOS**

Por haber compartido conmigo todas las situaciones  
y aventuras durante éste viaje hacia la cumbre.

# ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES</b>	VII
<b>GLOSARIO</b>	IX
<b>RESUMEN</b>	XIII
<b>OBJETIVOS</b>	XV
<b>INTRODUCCIÓN</b>	XVII
<b>1. ANTECEDENTES GENERALES</b>	1
1.1 Antecedentes de la empresa	1
1.1.1 Planes	3
1.1.2 Capacidad instalada	3
1.1.3 Organigrama	4
1.1.4 Personal	5
1.1.4.1 Técnico	6
1.1.4.2 Administrativo	6
1.1.4.3 Asistente	6
1.1.5 Volumen de ventas	7
1.1.6 Listado de productos	7
1.1.7 Volumen de fabricación	9
1.2 Misión	9
1.3 Visión	9
1.4 Valores	9
1.5 Ubicación	10
1.6 Organización	10
1.7 Principios de la generación de vapor	11
1.8 Descripción de los equipos que generan vapor	13
1.8.1 Calderas de gran volumen de agua	16

1.8.1.1	Calderas sencilla	16
1.8.1.2	Calderas con hervidores	17
1.8.1.3	Calderas de hogar interior	18
1.8.2	Calderas de mediano volumen de agua	18
1.8.2.1	Caldera semitubular	19
1.8.2.2	Caldera locomotora	19
1.8.2.3	Calderas de Galloway	20
1.8.2.4	Locomóviles	20
1.8.2.5	Calderas marinas	20
1.8.2.6	Semifijas	21
1.8.2.7	Calderas combinadas	22
1.8.3	Calderas de pequeño volumen de agua	22
1.8.3.1	Acuotubulares	22
1.8.3.2	Caldera Babcock-Wilcox	23
1.8.3.3	Calderas Stirling	24
1.8.3.4	Caldera Borsig	25
1.8.3.5	Caldera Yarrow y Thorny croft	25
1.8.3.6	Pirotubulares	26
1.8.3.6.1	Calderas horizontales	27
1.9	El vapor como fuente de energía	29
1.9.1	Características del vapor	30
1.9.2	Clasificación del vapor	33
1.10	Trampa de vapor	34
1.10.1	Clasificación de trampas de vapor	35
1.10.1.1	Termostática	35
1.10.1.1.1	Trampa de presión balanceada	36
1.10.1.1.2	Trampa tipo bimetálico	37
1.10.1.2	Mecánica	38
1.10.1.2.1	Trampa de flotador libre	39
1.10.1.2.2	Trampa de flotador y palanca	40
1.10.1.2.3	Trampa de balde	41

1.10.1.2.3.1	Trampa de balde abierta	41
1.10.1.2.3.2	Trampa de balde invertido	42
1.10.1.3	Termodinámica	43
1.10.2	Importancia de las trampas de vapor	45
1.10.3	Mantenimiento de las trampas de vapor	45
1.10.4	Criterios de seguridad para trampas de vapor	48
<b>2.</b>	<b>SITUACIÓN ACTUAL</b>	<b>51</b>
2.1	Descripción del sistema actual	51
2.1.1	Descripción de la tubería de distribución de vapor	54
2.1.2	Mantenimiento de la red de vapor	55
2.1.3	Equipos que consumen vapor	56
2.1.3.1	Consumo de vapor en la empresa de Cosméticos	57
2.1.4	Descripción de los equipos que generan vapor	61
2.1.5	Tratamiento de agua utilizado	63
2.1.6	Suministro de combustible	67
2.1.7	Consumo de combustible	69
2.1.7.1	Costo de combustible	70
2.1.8	Pérdida de vapor y aislamiento térmico	70
2.2	Protección de los trabajadores	72
2.3	Niveles de ruido	75
<b>3.</b>	<b>PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LA DISTRIBUCIÓN DE VAPOR</b>	<b>77</b>
3.1	Evaluación de la distribución de la tubería	77
3.1.1	Aislante térmico en tuberías de distribución del vapor	79

3.1.1.1	Conexiones	80
3.1.1.2	Uniones	80
3.1.2	Aislante térmico en accesorios de tuberías	82
3.1.3	Prevención de fugas de vapor	84
3.1.4	Ubicación de trampas de vapor	85
3.1.4.1	De procesos	86
3.1.4.2	De protección de líneas	86
3.2	Mantenimiento operacional	88
3.2.1	Control de operación diaria	90
3.2.2	Fichas de control de la caldera	91
3.2.3	Inspección de fugas en la tubería	93
3.2.4	Inspección de trampas de vapor	95
3.2.4.1	Trampa fría y sin descarga	96
3.2.4.2	Trampa caliente y sin descarga	97
3.2.4.3	Pérdida de calor	98
3.2.4.4	Flujo continuo	98
3.2.4.5	Calentamiento lento	99
3.2.4.6	Problemas misteriosos	99
3.2.4.7	Problemas imaginarios	100
3.3	Mantenimiento fuera de operación	100
3.3.1	Mantenimiento de la caldera	102
3.3.1.1	Mantenimiento preventivo	102
3.3.1.2	Mantenimiento correctivo	103
3.3.1.3	Mantenimiento predictivo	103
3.3.2	Ficha de control de mantenimiento	110
<b>4.</b>	<b>IMPLEMENTACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN DE VAPOR</b>	<b>113</b>
4.1	Instalación de trampas de vapor	113
4.1.1	Análisis de costo de mejoramiento	114
4.2	Uso eficiente de la instalación	115

4.3 Procedimiento de inspección y evaluación de las trampas de vapor	116
4.3.1 Métodos de inspección	118
4.3.2 Métodos de evaluación	118
4.3.3 Evaluación estándar en disco	119
4.3.4 Evaluación estándar de flotador libre	119
4.4 Diseño de tuberías	120
4.4.1 Cargas de diseño de tuberías	123
4.4.1.1 Cargas por la presión de diseño	123
4.4.1.2 Cargas por peso	123
4.4.1.3 Cargas dinámicas	124
4.4.1.4 Efectos de la expansión y/o contracción térmica	125
4.4.1.5 Efectos de los soportes, anclajes y movimiento en las terminales	125
4.4.1.6 Esfuerzos admisibles	125
4.4.2 Presión de diseño	126
4.4.3 Temperaturas de diseño	126
4.4.4 Análisis de flexibilidad	127
4.4.5 Diseño de soporte	129
4.4.5.1 Recopilación de información básica	129
4.4.5.2 Guías generales sobre ubicación de soportes	130
4.4.5.3 Espaciamientos de soportes	131
4.4.5.4 Cargas en los soportes	132
<b>5. SEGUIMIENTO Y MEJORA CONTINUA</b>	<b>135</b>
5.1 Administración del sistema de trampas de vapor	135
5.2 Capacitación del recurso humano	136
5.3 Beneficio para la organización	138
5.4 Beneficio para el personal	139

5.5 Programa de pruebas de trampas de vapor	139
5.6 Auditoría del sistema de vapor	140
<b>CONCLUSIONES</b>	145
<b>RECOMENDACIONES</b>	149
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	151
<b>ANEXOS</b>	153

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1. Diagrama T-S de las tablas termodinámicas	13
2. Transporte de energía	16
3. Diagrama de un sistema de vapor	34
4. Trampa termostática	36
5. Trampa mecánica	39
6. Trampa termodinámica	44
7. Porcentaje de consumo de vapor total por áreas en un período de cuatro meses	59
8. Porcentaje de consumo de vapor para el mes de noviembre	59
9. Porcentaje de consumo de vapor para el mes de diciembre	60
10. Porcentaje de consumo de vapor para el mes de enero	60
11. Porcentaje de consumo de vapor para el mes de febrero	61
12. Diagrama del sistema de Osmosis	65
13. Diagrama de lecho mixto de una empresa de cosméticos	66
14. Simbología utilizada	67
15. Sistema de vapor	87

### TABLAS

I. Producción por día	4
II. Selección de trampas y factores de seguridad	50
III. Estado de las trampas del sistema	53
IV. Consumo en libras de vapor en un período de cuatro meses	58
V. Consumo de combustible por el sistema	70
VI. Ficha de control diario de calderas	92
VII. Calendarización recomendada para el mantenimiento de calderas	107
VIII. Ficha de control de mantenimiento de trampas de vapor	111
IX. Costo de equipo e instalación	115
X. Incremento potencial de la eficiencia de los sistemas de generación y distribución de vapor	116



## GLOSARIO

<b>By- pass</b> cando el puede parar	Paso alterno para el flujo de vapor, utilizado accesorio está fuera de servicio y no se la producción.
<b>Caldera</b> para  mediante el se	Actualmente se extiende este término también el conjunto de equipos auxiliares, que forman el equipo de generación de vapor, a la que suministro continuo de agua y combustible obtiene un flujo continuo de vapor.
<b>Caldera Acuatubular</b>	Equipo de generación de vapor, en el que el agua circula dentro de los tubos y gases calientes por el exterior de los mismos.
<b>Caldera Piro-tubular</b> gases	Equipo de generación de vapor, en el que los calientes provenientes de la combustión circulan dentro de los tubos, los cuales se encuentran rodeados en el exterior por agua.
<b>Calidad de vapor</b>	Se refiere a la fracción de vapor seco que se encuentra dentro del vapor húmedo. La fracción seca va de 0 a 1.
<b>Entalpía</b>	Energía debida a la presión y temperatura de un líquido o un vapor.

<b>Calor Latente</b> de	Es la entalpía necesaria para producir un cambio estado en un líquido o vapor, que se realizan a temperatura constante.
<b>Calor Sensible</b>	Es la entalpía necesaria para producir un cambio sensible en la temperatura de un líquido o vapor.
<b>Condensación</b>	Cambio de estado de vapor a líquido, mediante la extracción de cantidades importantes de energía calorífica.
<b>Isobárico</b>	Es el proceso que se realiza básicamente a presión constante.
<b>Isotérmico</b>	Es el proceso que se realiza básicamente a temperatura constante.
<b>Poder calorífico</b> un	Cantidad de energía calorífica que puede liberar combustible mediante su quemado. Expresado en BTU/gal o en KJ/gal.
<b>Presión</b>	Es una fuerza aplicada por una unidad de área especificada.
<b>Presión absoluta</b> (nivel	Es la presión medida desde el cero absoluto. del mar) utilizada, para fines de vacío.
<b>Presión atmosférica</b>	Es la presión debida a la columna de aire, que se encuentra sobre el nivel del suelo.

<b>Presión de Saturación</b>	Es la presión a la cual las fases líquida y vapor se encuentran en equilibrio y cualquier adición o remoción de calor, producirá cambio de estado.
<b>Termodinámica</b>	Es la ciencia que estudia las relaciones entre los fenómenos mecánicos y caloríficos.
<b>Trampa de vapor</b>	Es la válvula automática para el drenado de condensado y gases no condensables de los sistemas de vapor.
<b>Válvulas</b>	Son aparatos mecánicos, mediante los cuales se puede iniciar o parar el flujo dentro de una tubería.



## RESUMEN

El vapor se basa en el principio termodinámico que expresa que cuando el vapor se expande disminuye su temperatura y se reduce su energía interna. Esta reducción de la energía interna se transforma en energía mecánica por la aceleración de las partículas de vapor, lo que permite disponer directamente de una gran cantidad de energía.

Cuando el vapor se expande, la reducción de su energía interna en 400 cal. puede producir un aumento de la velocidad de las partículas a unos 2.900 km/h. A estas velocidades la energía disponible es muy elevada, a pesar de que las partículas son extremadamente ligeras.

El calor constituye una medida de la energía térmica puesta en juego en los fenómenos caloríficos. La importancia radica en la inspección y evaluación del sistema de distribución de vapor, así como los accesorios, no descuidando el mantenimiento preventivo y correctivo de las trampas de vapor, para evitar problemas de condensado y en consecuencia costos por fuga de vapor.

Una trampa de vapor es un equipo auxiliar en líneas o equipos de calentamiento con vapor, su función principal consiste en drenar el condensado que se forma de la condensación del vapor en sistemas de calentamiento, sin permitir la fuga de vapor, para así asegurar que la temperatura deseada del proceso no varíe. Adicionalmente una buena trampa debe de ser capaz de descargar el aire y gases no condensables atrapados en el sistema.

Las trampas de vapor son de mucha importancia, uno de sus atributos es el de economizar grandes cantidades del combustible requerido para calentar

las inmensas cantidades de agua lo que conlleva a un ahorro en los costos de operación.

## **OBJETIVOS**

### **GENERAL**

Realizar un estudio y mejoramiento de la distribución de vapor a través del sistema de trampas en una industria de cosméticos y ser más eficiente en el aprovechamiento del mismo.

### **ESPECIFICOS**

1. Conocer los principios básicos y el uso eficiente del vapor y la importancia de una red de distribución.
2. Describir la situación actual del equipo utilizado para la distribución de vapor hacia los servicios.
3. Conocer el funcionamiento y el mantenimiento de una trampa de vapor.
4. Determinar el mantenimiento de las tuberías que conducen vapor y de las calderas.
5. Optimizar el sistema de trampas de vapor desde la caldera hasta los servicios.
6. Describir el concepto de mantenimiento preventivo y correctivo aplicado a la red de tubería y a las trampas de vapor.
7. Conocer las diferentes trampas de vapor, selección e instalación.



## INTRODUCCIÓN

El vapor es utilizado como una fuente de poder, la cual se puede aprovechar para el calentamiento y también para algunos procesos industriales. Dicho vapor es transportado desde una caldera a través de una red de distribución (sistema de tubos) hasta puntos específicos en donde realiza una labor o trabajo en algún proceso o maquinaria.

El calor constituye una medida de la energía térmica puesta en juego en los fenómenos caloríficos. La importancia radica en la inspección y evaluación del sistema de distribución de vapor, así como los accesorios, no descuidando el mantenimiento preventivo y correctivo de las trampas de vapor, para evitar problemas de condensado y en consecuencia costos por fuga de vapor.

Las trampas de vapor son empleadas para funciones de trascendencia, por ejemplo, cuando el sistema de vapor se interrumpe, o es baja la calidad del vapor, ingresa aire en las tuberías, ocupando espacio del vapor en compañía del condensado generado. Las trampas deben, por tanto, desalojar ese condensado en el momento de arranque de estos sistemas.

La idea fundamental del presente trabajo de graduación, es proponer un mejoramiento en la distribución del vapor y aumentar la eficiencia, tanto de la maquinaria como los procesos, proponiendo métodos de prevención de fugas y una ubicación adecuada de las trampas de vapor.

Por lo tanto, en los primeros dos capítulos se describe los principios generales de la generación de vapor, los tipos de trampas, así como una descripción de la

situación actual de las tuberías, el tipo de combustible que se utiliza en las calderas y el mantenimiento del equipo. Así mismo en el tercer capítulo se propone el mejoramiento de un sistema de trampas, el aislamiento de tuberías, prevención de fugas y ubicación de trampas de vapor. El cuarto capítulo consiste en la instalación de trampas, el procedimiento de inspección y evaluación de las mismas y el análisis del diseño de las tuberías. Por último, en el quinto capítulo se implementará un sistema de trampas de vapor, así como un sistema de pruebas de trampas y un programa de capacitación del personal a cargo.



# **1. ANTECEDENTES GENERALES**

## **1.1 Antecedentes de la empresa**

Las primeras oficinas de la empresa productora de cosméticos se abrieron en uno de los hoteles de renombre de Guatemala en 1976. En septiembre de ese mismo año se contrata a las primeras 4 gerentes de zona, las 4 zonas estaban ubicadas en la ciudad capital.

Luego las oficinas fueron trasladadas a la zona 4, en donde se tenía una bodega que parecía inmensa ya que el volumen de pedidos era muy pequeño. En la zona 4 las oficinas estuvieron por 14 años. Los primeros productos que se vendían eran todos importados.

Desde hace diez años, la empresa comercializa en Guatemala ropa interior que está entre la lista de producto, sus clientes perciben como valor agregado, que los productos sean importados. Esto se ha convertido en una motivación de compra.

El compromiso de la empresa en Guatemala es seguir siendo líderes en el mercado de la venta directa. A través del conocimiento y satisfacción de las necesidades de los clientes. La consejera seguirá siendo la inspiración y la fuerza propulsora de la empresa, aprovechando los canales para ofrecer productos complementarios, entrenando, apoyando y motivando a la fuerza de ventas, ofreciendo una oportunidad de ganancia atractiva.

En Guatemala se lleva a cabo una carrera en donde sólo participan mujeres, los fondos recaudados son destinados para cubrir gastos médicos de las personas con cáncer de senos.

La empresa de productos cosméticos es el líder mundial en la venta directa de productos de belleza y productos relacionados con ella. Está en la lista de "Compañías más admiradas" fue clasificada como una de las "100 marcas más valiosas". Está entre las 50 mejores compañías para minorías. La empresa productora de cosméticos fue nombrada la número uno para ejecutivas y tiene ganancias de \$6,800 millones anuales.

La empresa vende a mujeres de diversos países a través de 4.4 millones de Representantes Independientes de Ventas y sus productos están al alcance de consumidores de más de 100 países. Ha recaudado más de \$350 millones para la causa del cáncer del seno y ha sido nombrada la marca más confiable en tres continentes. Es un líder mundial en productos antiedad para la piel y realiza más de 1000 millones de transacciones con sus clientes cada año.

La empresa cuenta con una Fundación de caridad pública acreditada, la cual se fundó en 1955 con el objetivo de mejorar la vida de las mujeres y sus familias. Actualmente, la misión de la Fundación se cumple a través de dos propósitos fundamentales: la lucha contra el cáncer del seno y el apoyo a los programas que aumentan el poder de la mujer, incluidos el mejoramiento económico y el problema de la violencia doméstica.

En el 2003 se recaudaron \$3 millones mediante un broche que lleva el nombre de la empresa, a fin de asistir a las familias y dependientes de los hombres y mujeres fallecidos o heridos en la Operación Iraqui Freedom y otros conflictos armados. Este año (2005) las representantes han recaudado casi \$2

millones a través del broche, para ayudar a los damnificados del devastador tsunami en el sudeste asiático.

También vende una amplia línea de joyería y ropa de moda. Su línea de productos cuenta con reconocidas marcas, la cual han vendido más de 40 millones de lápices labiales, lo que hace de empresa la primera vendedora de lápices labiales del mercado masivo.

En la empresa, más de 3 millones de Representantes en el mundo ofrecen productos en más de 137 países, vendiendo marcas mundialmente reconocidas. Ofrece una amplia variedad de artículos de cuidado de la piel, maquillaje, fragancias para dama y caballero, cuidado del cabello, cuidado personal, productos de belleza para niños.

### **1.1.1 Planes**

Dentro de los planes, la empresa se esfuerza por apoyar a la mujer ayudando a reconocer y enaltecer los logros de la mujer en Centro América y todo el mundo no sólo en su belleza sino también en su salud y en su superación personal con programas como:

- a. Cruzada contra el cáncer en la mujer
- b. Carreras femeninas
- c. Premio dedicado a la mujer

### **1.1.2 Capacidad Instalada**

Desde Guatemala se centralizan todas las operaciones de despacho y mercadeo de la compañía en Centroamérica. Abastece a El Salvador,

Honduras, Nicaragua y Panamá. Cada país es libre al momento de seleccionar los productos, parámetro que se basa, en el caso de Guatemala, en las necesidades del mercado, en las expectativas de cada producto y en los planes de ventas.

Debido a su capacidad instalada dicha empresa está comprometida con los clientes, cumple con tiempos y está preparada para las sobreventas, es decir, nuevos pedidos que surgen esporádicamente por la propia dinámica del mercado. Su sistema de producción y maquinaria en buen estado hacen que los pedidos lleguen a tiempo.

A continuación se muestra el promedio de los kilos producidos por día en la planta de procesos.

**TABLA I. Producción por día**

<b>FAMILIA</b>	<b>CANTIDAD (kilos/día)</b>
COLONIA	1,612.0
TALCO	912.0
MASCARA FACIAL	200.0
CREMAS	760.0
ACONDICIONADOR	100.0
SHAMPU	2,200.0
ROLL ON	100.0
DELINEADOR	54.0

Fuente: Archivo Producción.

### **1.1.3 Organigrama**

El organigrama de la empresa productora de cosméticos está dirigida por un gerente general, seguidamente, se encuentran las divisiones de: producción que cuenta con operarios; especificaciones con supervisión; mercadeo con

vendedor; recursos humanos con selección de personal y con seguridad e higiene; mantenimiento con mecánico y limpieza. El organigrama de la empresa se describe en el anexo.

#### **1.1.4 Personal**

El personal de la empresa está constituida por todas las personas que prestan sus servicios dentro de una unidad específica con funciones integradas que produce servicios afines o complementarios, para un fin de la empresa. El personal existente que laboran dentro de la empresa está distribuido en las unidades siguientes:

- a. Gerencia general
  - i. Asistente
  - ii. Secretarias
- b. Mantenimiento
  - i. Mecánico
  - ii. Limpieza
- c. Recursos humanos
  - i. Asistente
  - ii. Seguridad e higiene
  - iii. Selección de personal
- d. Mercadeo
  - i. Asistente
  - ii. Ventas
- e. Producción
  - i. Supervisores
  - ii. Operarios
- f. Control de especificaciones
  - i. Supervisores

#### **1.1.4.1 Técnico**

El personal técnico se encarga de mantener en buen estado la maquinaria y el equipo, realizar el mantenimiento de la maquinaria y equipo a su debido tiempo, reportar las fallas y ajustes realizados. Las áreas definidas son:

- a. Mantenimiento
  - i. Calderas
  - ii. Producción
- b. Informática
- c. Infraestructura

#### **1.1.4.2 Administrativo**

El personal administrativo es el encargado del proceso que inicia desde recepción hasta atención de los clientes internos, El sistema administrativo en la que este personal es responsable es la siguiente:

- a. Planeación
- b. Organización
- c. Dirección y
- d. Control

#### **1.1.4.3 Asistente**

Este tipo de personal es especial pues solamente se encuentran en los departamentos de: Gerencia, Recursos humanos y Mercadeo, Ellos representan al jefe ante clientes, proveedores y personal de la empresa cuando sea necesario.

### **1.1.5 Volumen de ventas**

La empresa maneja un canal de venta masivo. La estrategia de comercialización se hace por medio de representantes que están en contacto directo con los compradores y ofrecen los productos exhibidos en el catálogo. Los clientes son de un nivel socioeconómico medio y medio-bajo, es decir, personas con ingresos familiares mensuales de menos de Q.6,000.00. La empresa maneja un promedio cerca de 1,500,000 unidades anuales de cada línea de productos.

### **1.1.6 Listado de productos**

La empresa trata de manejar varias listas de productos para alejar a los competidores, esto con el fin de buscar ganancias adicionales, tratar de satisfacer a los distribuidores, tratar de sacar provecho de un exceso de capacidad. A continuación se describe el listado de productos.

- a. Maquillaje: Renueva su imagen con las más avanzadas fórmulas, impactantes colores que protegen la piel, brindando la tecnología intuitiva que se adapta a la piel.
- b. Cuidado de la piel: Los laboratorios para el cuidado de la piel, ofrecen las más avanzadas fórmulas para mantener un cutis juvenil y saludable. Existe una línea de productos según el tipo de piel y la edad.
- c. Cuidado del cabello: Cuidados profesionales para cada tipo de cabello. Posee ingredientes que trabaja en 3 dimensiones: En la superficie, alisa la cutícula, repara daños y devuelve el brillo. En la estructura interna, la

creatina refuerza y revitaliza el cabello. En las raíces, los extractos marinos protegen de futuros daños.

- d. Fragancias: Las fragancias existen desde siempre y su uso se ha convertido con el paso de los años, en una necesidad gracias a la fuerza y magia que un aroma es capaz de expresar, ofrece una gran variedad de fragancias en distintas presentaciones para cada gusto y estilo.
- e. Niños: Los más pequeños son prioridad, por ello existe el esmero en ofrecer lo mejor en cosméticos, lencería, moda, juguetes y todo lo que se necesita para que se sientan consentidos y bellos.
- f. Fashion: La más sensual y extensa línea de ropa interior, moda casual y accesorios para toda la familia, con los diseños que marcan la moda y la calidad y durabilidad.
- g. Bienestar: Se sabe que la belleza es el reflejo de la salud, por ello existe una sección de bienestar, los más innovadores productos para armonizar su espíritu, relajarse, combatir el stress, ponerse en forma y lograr consentirse.
- h. Joyería: La más completa línea de joyería para damas, jovencitas y niñas; en un mundo de color y clase en dijes, pulseras, tobilleras, anillos, zarcillos y muchas otras prendas, con los diseños que reflejan la personalidad.

### **1.1.7 Volumen de fabricación**

El volumen de producción extranjera representa el 40% del total y el 60% es abastecido con la industria local.

## **1.2 Misión**

Ofrecer productos con alta tecnología y de calidad suprema, distribuyéndolos en todo el mundo, comprometidos con el desarrollo tecnológico y el desarrollo sustentable.

## **1.3 Visión**

Ser la empresa que mejor comprende y satisface las necesidades de productos, servicios y autorrealización de la mujer a nivel mundial.

## **1.4 Valores**

Entre los valores que la empresa posee son los siguientes: creatividad, responsabilidad, honestidad, eficiencia, superación personal, trabajo en equipo y respeto por la naturaleza.

## **1.5 Ubicación**

La empresa que donde se obtuvo la información para la realización del presente trabajo de graduación está ubicada en la calzada Roosevelt 11-08, zona 2 de Mixco de la ciudad de Guatemala.

## **1.6 Organización**

Dentro de la organización, el departamento de mantenimiento tiene la responsabilidad de mantener los diferentes equipos en buen funcionamiento para cumplir con los objetivos de producción y otros servicios.

La organización a través del departamento de recursos humanos integra el personal idóneo para los diferentes departamentos y/o áreas, además de velar porque se propicien las condiciones que permitan el mejor desempeño de los mismos, brindar una atención que satisfaga las necesidades de los clientes internos. Entre sus funciones se puede mencionar:

- a. Garantizar la calidad del producto, para la satisfacción de los clientes.
- b. Facilitar la educación básica a sus trabajadores.
- c. Promover la superación económica, social y cultural de los empleados.
- d. Declarar de interés nacional el apoyo a los sectores necesitados, proyectándose socialmente.

La determinación y agrupación de las actividades que realiza la organización, la asignación de la autoridad y la responsabilidad administrativa, están incluidas en la función administrativa de la organización.

## 1.7 Principios de la generación de vapor

El vapor se basa en el principio termodinámico que expresa que cuando el vapor se expande disminuye su temperatura y se reduce su energía interna. Esta reducción de la energía interna se transforma en energía mecánica por la aceleración de las partículas de vapor, lo que permite disponer directamente de una gran cantidad de energía.

Cuando el vapor se expande, la reducción de su energía interna en 400 cal. puede producir un aumento de la velocidad de las partículas a unos 2.900 km/h. A estas velocidades la energía disponible es muy elevada, a pesar de que las partículas son extremadamente ligeras.

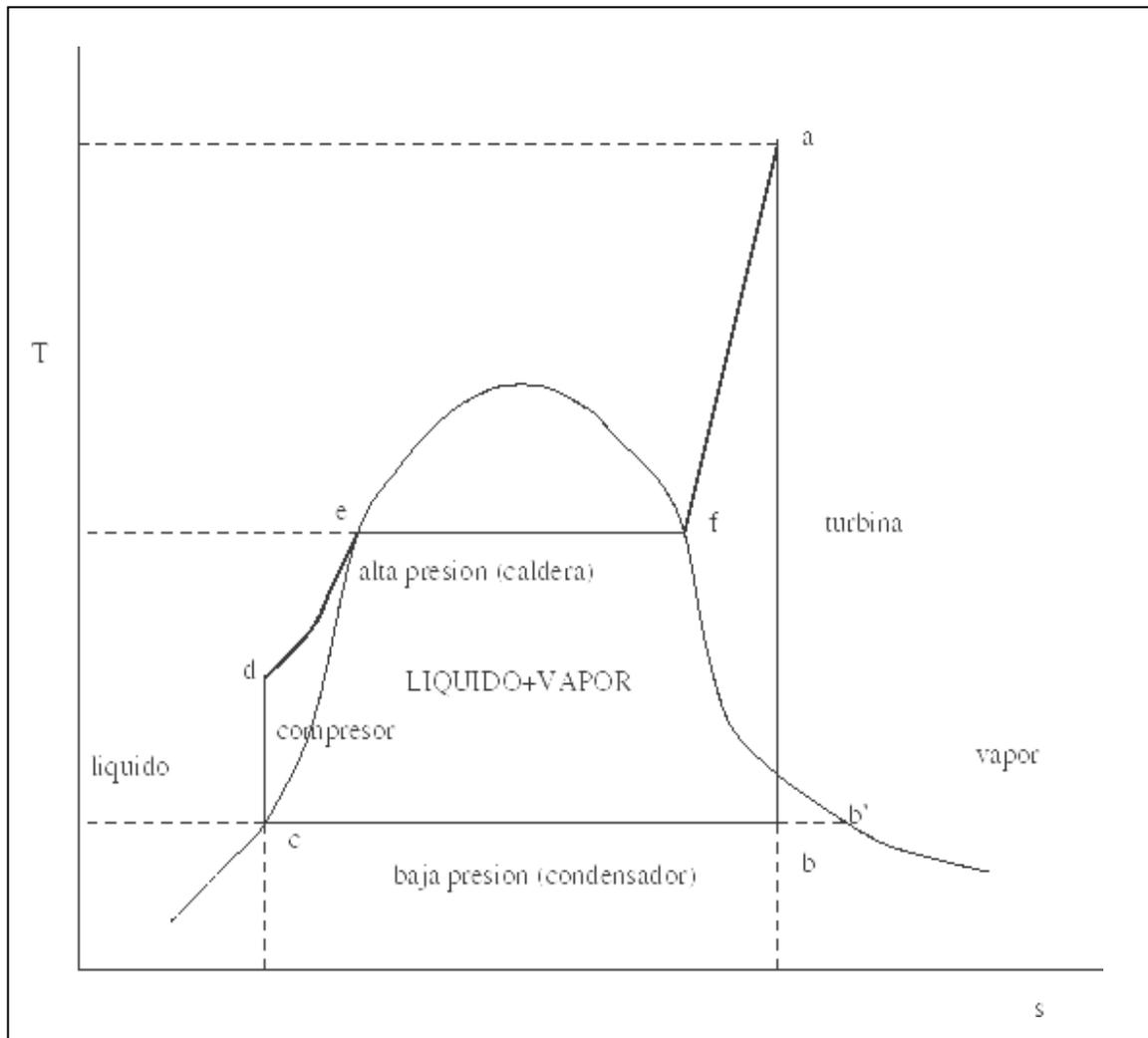
El vapor en expansión pasa a través de chorros en boquillas, descendiendo la temperatura y ganando energía cinética, y palas sobre las que actúa la presión de las partículas de vapor a alta velocidad. La disposición de los chorros y las palas depende del tipo de turbina. Además de estos dos componentes básicos, las turbinas cuentan con ruedas o tambores sobre los que están montadas las palas, un eje para las ruedas o los tambores, una carcasa exterior que retiene el vapor dentro de la zona de la turbina, y varios componentes adicionales como dispositivos de lubricación y controladores.

El tamaño de un generador de vapor está en función de los kilos de vapor generados por hora. Estos valores, además del tipo de combustible a emplear y sus costos son los que deben tenerse en cuenta a la hora de evaluar la decisión de comprar o cambiar de generador. La capacidad de generar vapor debe estar por encima de las necesidades reales de consumo. No es conveniente estar ajustados en este sentido, pues una mayor demanda circunstancial puede llevar a interrupciones.

En la cocción de los productos, esto a su vez provoca fallas importantes en la calidad de los productos disminuyendo su vida útil por haber sido sometidos a una cocción menor. En casos de una mayor demanda circunstancial, se pueden poner en funcionamiento dos calderas. El gasto de vapor en una fábrica debe ser racionalizado. A continuación se presenta como el agua en estado líquido se convierte en vapor.

En la gráfica T-S se ve el vapor sobrecalentado y como la alta presión se expande isoentrópicamente en una turbina a-b. En el punto (b) llega con una calidad o título de vapor  $X$  en el proceso b-c el vapor se condensa. El líquido condensado debe comprimirse c-d de forma isoentrópica hasta la isóbara de alta presión. Posteriormente se calienta en la caldera hasta que se convierte en vapor sobrecalentado d-e-f-a. A continuación se presenta la gráfica:

**Figura 1. Diagrama T-s de las tablas termodinámicas**



Fuente: SEVERNS, W. H. Producción de Energía Mediante el vapor de Agua. Pág. 147

### 1.8 Descripción de los equipos que generan vapor

Los equipos que generan vapor son instalaciones de vapor que, aplicando el calor de un combustible sólido, líquido o gaseoso, vaporizan el agua para aplicaciones en la industria. Hasta principios del siglo XIX se usaron calderas para teñir ropas, producir vapor para limpieza, entre otros, hasta que

se creó una pequeña caldera llamada "marmita". Se usó vapor para intentar mover la primera máquina homónima, la cual no funcionaba durante mucho tiempo ya que utilizaba vapor húmedo (de baja temperatura) y al calentarse ésta dejaba de producir trabajo útil.

La máquina elemental de vapor fue inventada por Dionisio Papin en 1769 y desarrollada posteriormente por James Watt en 1776. Inicialmente fueron empleadas como máquinas para accionar bombas de agua, de cilindros verticales. Ella fue la impulsora de la revolución industrial, la cual comenzó en ese siglo. Las calderas de vapor, básicamente constan de 2 partes principales:

#### **A. Cámara de agua**

La cámara de agua es el espacio que ocupa el agua en el interior de la caldera. El nivel de agua se fija en su fabricación, de tal manera que sobrepase en unos 15 cms. por lo menos a los tubos o conductos de humo superiores. Con esto, a toda caldera le corresponde una cierta capacidad de agua, lo cual forma la cámara de agua. Según la razón que existe entre la capacidad de la cámara de agua y la superficie de calefacción, se distinguen calderas de gran volumen, mediano y pequeño volumen de agua.

Las calderas de gran volumen de agua son las más sencillas y de construcción antigua. Se componen de uno a dos cilindros unidos entre sí y tienen una capacidad superior a 150 H de agua por cada  $m^2$  de superficie de calefacción. Las calderas de mediano volumen de agua están provistas de varios tubos de humo y también de algunos tubos de agua, con lo cual aumenta la superficie de calefacción, sin aumentar el volumen total del agua.

Como características importantes podemos considerar que las calderas de gran volumen de agua tienen la cualidad de mantener más o menos estable la presión del vapor y el nivel del agua, pero tienen el defecto de ser muy lentas en el encendido, y debido a su reducida superficie producen poco vapor. Son muy peligrosas en caso de explosión y poco económicas.

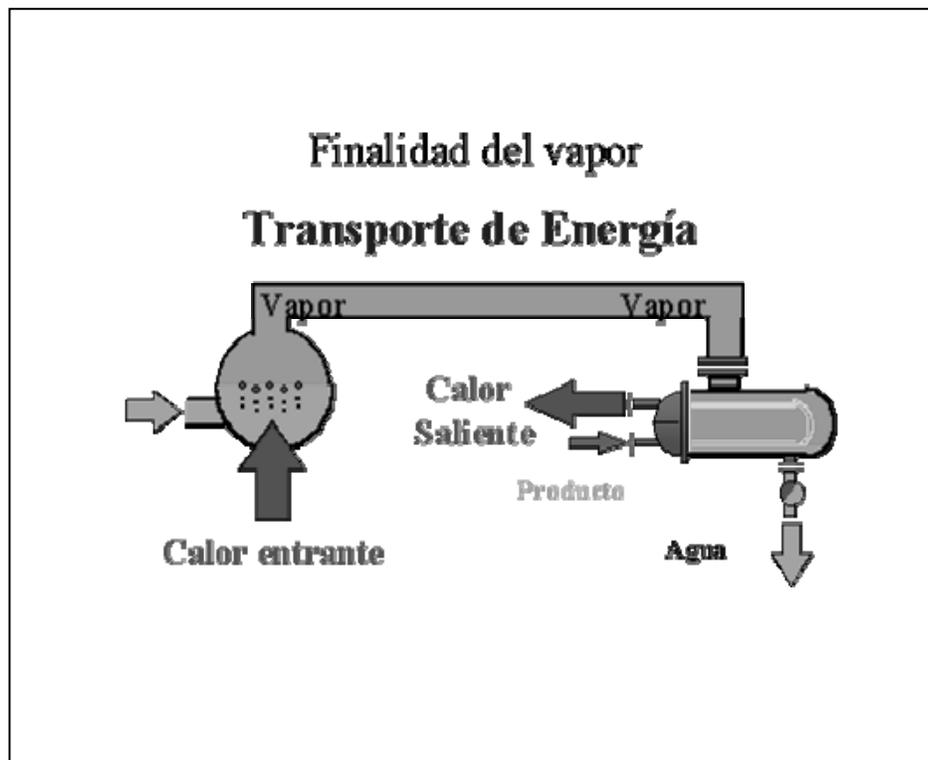
Por otro lado, la caldera de pequeño volumen de agua, por su gran superficie de calefacción, es muy rápida en la producción de vapor, tienen muy buen rendimiento y producen grandes cantidades de vapor. Debido a esto requieren especial cuidado en la alimentación del agua y regulación del fuego, pues de faltarles alimentación, pueden secarse y quemarse en breves minutos.

## **B. Cámara de vapor**

La cámara de vapor es el espacio ocupado por el vapor en el interior de la caldera, en ella debe separarse el vapor del agua que lleve una suspensión. Cuanto más variable sea el consumo de vapor, tanto mayor debe ser el volumen de esta cámara, de manera que aumente también la distancia entre el nivel del agua y la toma de vapor.

El calor es requerido para calentamiento y también para algunos procesos industriales. Dicho calor es transportado desde una caldera a un punto para su uso mediante medios como agua, aceite o vapor empleando los principios de transferencia de calor; este último medio es en realidad el medio más versátilmente utilizado y por esta razón se hará hincapié en el siguiente documento. Como se puede observar en la gráfica el vapor es generado en una caldera y es transportado a través de la tubería hasta los equipos de vapor.

**Figura 2. Transporte de energía**



FUENTE: Fuente: SEVERNS, W. H. Producción de Energía Mediante el vapor de Agua. Pág. 184

### **1.8.1 Calderas de gran volumen de agua**

Entre las calderas de gran volumen de agua tenemos:

#### **1.8.1.1 Calderas sencillas**

Estas calderas se componen de un cilindro de planchas de acero con fondos combados. En la parte central superior se instala una cúpula cilíndrica

llamada domo, donde se encuentra el vapor más seco de la caldera, que se conduce por cañerías a las máquinas.

Las planchas de las calderas, así como los fondos y el domo se unen por remachadura. Esta caldera se monta en una mampostería de anillos refractaria, y allí se instalan el fogón carnicero y conducto de humo. En el hogar, situado en la parte inferior de la caldera, se encuentran las parrillas de hierro fundido y al fondo un muro de ladrillos refractarios, llamado altar, el cual impide que se caiga el carbón y eleva las llamas acercándolas a la caldera.

#### **1.8.1.2 Calderas con hervidores**

Este tipo de calderas surgieron bajo la necesidad de producir mayor cantidad de vapor. Los hervidores son unos tubos que se montan bajo el cuerpo cilíndrico principal, de unos 12 metros de largo por 1.50 metros de diámetro; estos hervidores están unidos a este cilindro por medio de varios tubos adecuados.

Los gases del hogar calientan a los hervidores al ir hacia adelante por ambos lados del cuerpo cilíndrico superior, tal como en la caldera anteriormente mencionada.

Las ventajas de estas calderas, a comparación de las otras, son por la mayor superficie de calefacción o de caldeo, sin aumento de volumen de agua, lo que aumenta la producción de vapor. Su instalación, construcción y reparación es sencilla. Los hervidores pueden cambiarse o repararse una vez dañados.

La diferencia de dilatación entre la caldera y los hervidores pueden provocar escape de vapor en los flanches de los tubos de unión y, a veces, la ruptura. Esta es una de las desventajas de esta caldera.

### **1.8.1.3 Calderas de Hogar Interior**

En este tipo de calderas, las características de funcionamiento de la caldera con tubos hogares "cornualles". Estas calderas están formadas por un cuerpo cilíndrico principal de fondos planos o convexos, conteniendo en su interior uno o dos grandes tubos sumergidos en agua, en cuya parte anterior se instala el hogar.

El montaje se hace en mampostería, sobre soportes de hierro fundido, dejando un canal para que los humos calienten a la caldera por el interior en su recorrido hacia atrás, donde se conducen por otro canal a la chimenea. Su instalación se puede hacer por medio de dos conductos en la parte baja, para que los humos efectúen un triple recorrido: hacia adelante por los tubos hogares, atrás por un conducto lateral, adelante por el segundo conducto y finalmente a la chimenea.

Los tubos hogares se construyen generalmente de plantas onduladas, para aumentar la superficie de calefacción y resistencia al aplastamiento.

### **1.8.2 Caldera de mediano volumen de agua**

Entre las calderas de mediano volumen de agua se encuentran:

### **1.8.2.1 Caldera semitubular**

Esta caldera se compone de un cilindro mayor de fondos planos, que lleva a lo largo un haz de tubos de 3" a 4" de diámetro. Los tubos se colocan expandidos en los fondos de la caldera, mediante herramientas especiales; se sitúan diagonalmente para facilitar su limpieza interior.

Más arriba de los tubos se colocan algunos pernos o tirantes para impedir la deformación y ruptura de los fondos, por las continuas deformaciones debido a presión del vapor, que en la zona de los tubos estos sirven de tirantes.

Para la instalación de la caldera se hace una base firme de concreto, de acuerdo al peso de ella y el agua que contiene. Sobre la base se coloca la mampostería de ladrillos refractarios ubicados convenientemente el hogar y conductos de humos. La caldera misma se mantiene suspendida en marcos de hierro T, o bien se monta sobre soporte de hierro fundido. Estas calderas tienen mayor superficie de calefacción.

### **1.8.2.2 Caldera locomotora**

Esta caldera se compone de su hogar rectangular, llamada caja de fuego, seguido de un haz tubular que termina en la caja de humo. El nivel del agua queda sobre el ciclo del hogar, de tal manera que éste y los tubos quedan siempre bañados de agua.

Para evitar las deformaciones de las paredes planas del hogar, se dispone de una serie de estayes y tirantes, que se colocan atornillados y remachados o soldados a ambas planchas. Los tubos se fijan por expandidores a las dos placas tubulares y se pueden extraer por la caja de humo, cuando sea

necesario reemplazarlos. Todas las calderas locomotoras se hacen de chimenea muy corta, las que producen pequeños tirajes naturales.

### **1.8.2.3 Calderas de Galloway**

Reciben este nombre las calderas de uno o dos tubos hogares, como la Cornualles, provistas de tubos Galloway. Estos tubos son cónicos y se colocan inclinados en distintos sentidos, de tal manera que atraviesan el tubo hogar. Los tubos Galloway reciben el calor de los gases por su superficie exterior, aumentando la superficie total de calefacción de la caldera.

### **1.8.2.4 Locomóviles**

Este nombre lo recibe el conjunto de calderas y máquinas de vapor que se emplea frecuentemente en faenas agrícolas. La caldera puede ser de hogar rectangular, como la locomotora, o cilíndrico. La máquina se monta sobre la caldera, y puede ser de uno o dos cilindros. Todo el conjunto se monta sobre ruedas y mazos para el traslado a tiro.

Estas calderas tienen también tiraje forzado a la igual forma que las locomotoras. Deberán estar provistas, además, de llave de extracción de fondo, tapón fusible, válvula de seguridad, manómetro, entre otros, accesorios indispensables para el estricto control y seguridad de la caldera.

### **1.8.2.5 Calderas Marinas**

Los buques a vapor emplean calderas de tubos de humo y de tubos de agua. Entre las primeras se emplean frecuentemente las llamadas "calderas de

llama de retorno" o "calderas suecas". Este tipo de calderas consta de un cilindro exterior de 2 a 4.5 metros de diámetro y de una longitud igual o ligeramente menor.

En la parte inferior van dos o tres y hasta cuatro tubos hogares, que terminan en la caja de fuego, rodeado totalmente de agua. Los gases de la combustión se juntan en la caja de fuego, donde terminan de arder y retoman, hacia atrás por los tubos de humo, situados más arriba de los hogares. Finalmente los gases quemados pasan a la caja de humo y se dirigen a la chimenea.

#### **1.8.2.6 Semifijas**

En algunas plantas eléctricas, aserraderos, molinos, entre otros, se emplea el conjunto de calderas y máquinas vapor que recibe el nombre de "semifija". La caldera se compone de un cilindro mayor, donde se introduce el conjunto de hogar cilíndrico y haz de tubos, apernado y empaquetados en los fondos planos del cilindro exterior.

El hogar y el haz de tubos quedan descentrados hacia abajo, para dejar mayor volumen a la cámara de vapor. Todo este conjunto se puede extraer hacia el lado del hogar, para efectuar reparaciones o limpieza.

El emparrillado descansa al fondo en un soporte angular, llamado "puente de fuego" y tiene también varios soportes transversales ajustables. El hogar se cierra por el frente por una placa de fundición, revestida interiormente de material refractario, donde va también la puerta del hogar y cenicero. El vapor sale por el domo de la caldera, pasa por el serpentín recalentador, se recalienta y sigue a la máquina.

### **1.8.2.7 Calderas combinadas**

Las construidas con más frecuencia son las calderas de hogar interior y semitubular. En la parte inferior hay una caldera Cornualles de dos o tres tubos hogares o una Galloway, combinada con una semitubular que se sitúa más arriba. Ambas calderas tienen unidas sus cámaras de agua y de vapor, por tubos verticales.

Los hogares se encuentran en la caldera inferior. Los gases quemados se dirigen hacia adelante, suben y atraviesan los tubos de la caldera superior, rodean después a esta caldera por la parte exterior, bajan y rodean a la inferior, pasando finalmente a la chimenea.

El agua de alimentación se entrega a la caldera superior y una vez conseguido el nivel normal de ésta, rebalsa por el tubo vertical interior a la cámara de agua de la cámara inferior. Ambas calderas están provistas de tubos niveles propios. El vapor sube por el tubo vertical exterior, se junta con el que produce la caldera superior y del domo sale al consumo.

### **1.8.3 Calderas de pequeño volumen de agua (insumo calderas)**

Entre las calderas de pequeño volumen de agua se encuentran las siguientes:

#### **1.8.3.1 Acuotubulares**

Las calderas Acuotubulares (el agua está dentro de los tubos) eran usadas en centrales eléctricas y otras instalaciones industriales, logrando con

un menor diámetro y dimensiones totales una presión de trabajo mayor, para accionar las máquinas a vapor de principios de siglo.

En estas calderas, los tubos longitudinales interiores se emplean para aumentar la superficie de calefacción, y están inclinados para que el vapor a mayor temperatura al salir por la parte más alta, provoque un ingreso natural del agua más fría por la parte más baja. Originalmente estaban diseñadas para quemar combustible sólido.

La producción del vapor de agua depende de la correspondencia que exista entre dos de las características fundamentales del estado gaseoso, que son la presión y la temperatura.

A cualquier temperatura, por baja que esta sea, se puede vaporizar agua, con tal que se disminuya convenientemente la presión a que se encuentre sometido dicho líquido, y también a cualquier presión puede ser vaporizada el agua, con tal que se aumente convenientemente su temperatura.

### **1.8.3.2 Caldera Babcock-Wilcox**

Compuesta de uno hasta tres colectores superiores de agua y vapor, unidos al haz de tubos rectos inclinados por ambos extremos y el colector inferior de impurezas. El hogar es generalmente de parrilla mecánica, utiliza como combustible hulla menuda, la cual es depositada en la tolva avanzando al interior del hogar.

Una vez penetrado al hogar, se destila quemándose los gases con llama larga; el coke que resulta se sigue quemando, hasta quedar solo ceniza y

escoria. Los gases calientan primeramente la parte superior del haz tubular, el recalentador del vapor, para continuar según las flechas hasta dirigirse a la chimenea.

El agua se inyecta a la cámara de agua del colector superior, bajando e iniciando así su calentamiento, poniéndose en contacto con la parte menos caliente de los tubos de agua. Se junta con el vapor que allí se forma y circulan activamente, favorecidos por la inclinación de los tubos.

El vapor se recibe por válvulas colocadas en la parte más alta y se recalienta en su paso por el recalentador al encender la caldera y para impedir que se fundan los tubos secos del recalentador, se inunda, abriendo la llave de vapor y la de agua, posteriormente se cierra esa llave y se elimina el agua por la llave inferior.

### **1.8.3.3 Calderas Stirling**

Constan de tres colectores superiores dispuestos paralelamente entre sí, con sus cámaras de vapor interconectadas por tubos de acero. Las cámaras de agua de los dos primeros colectores están comunicadas. Los colectores superiores están conectados al inferior mediante tres haces de tubos delgados, expuestos al calor del hogar y de los gases producto de la combustión.

Consumen hulla u otro combustible sólido, como también líquidos o gaseosos. Los gases siguen el recorrido de las flechas calentando sucesivamente los haces tubulares, pasando finalmente a la chimenea.

El agua es inyectada al último de los tres colectores superiores, descendiendo por el haz menos calentado, para luego ascender por los dos

anteriores, junto con el vapor que se produce en ellos. El vapor es obtenido del colector central superior, colocado a mayor altura que los otros dos, pudiendo ser enviado al recalentador que se monta sobre el primer haz de tubos. Se pueden obtener más de 80.000 Kg. de vapor por hora en esta caldera.

#### **1.8.3.4 Caldera Borsig**

Compuesta de un colector superior de agua y vapor, unido al inferior de agua e impurezas por un haz de tubos verticales curvados en sus extremos, de tal manera que penetren radialmente en las paredes de los colectores, para facilitar su expansión. En un extremo superior se encuentra el recalentador de vapor. Tiene dos clases de tubos:

- a. De descenso del agua (90-12 mm. diámetro).
- b. De vaporización (53,5-60 mm. diámetro).

El agua de alimentación es inyectada en forma directa a los tubos de descenso, que están provistos de un embudo, mientras que el otro embudo donde terminan esos tubos por su parte inferior, permite la precipitación de los sedimentos sobre el fondo del hervidor superior.

El agua más caliente sube por los tubos de vaporización al colector superior, de donde se extrae el vapor. Sobre los tubos de descenso va un mamparo refractario, para guiar los gases producto de la combustión.

#### **1.8.3.5 Caldera Yarrow y Thorny croft**

Empleadas principalmente en buques de vapor. Compuestas ambas de un colector superior y de dos inferiores, unidos por dos haces de tubos. La caldera Yarrow tiene los colectores inferiores achatados para así facilitar la

expandidura de los tubos. La Thornycroft tiene tubos curvos, que entran radialmente a los colectores, aumentando también su longitud y superficie y superficie de calefacción de la caldera.

Pueden quemar hulla o petróleo, en su amplio hogar, donde es quemada toda la materia volátil. Los gases suben calentando los tubos y recalentadores, que se ubican sobre ellos. Es común encontrar dentro de este tipo las llamadas calderas verticales.

### **1.8.3.6 Pirotubulares**

La caldera de vapor pirotubular, concebida especialmente para aprovechamiento de gases de recuperación presenta las siguientes características. El cuerpo de caldera, está formado por un cuerpo cilíndrico de disposición horizontal, incorpora interiormente un paquete multitubular de transmisión de calor y una cámara superior de formación y acumulación de vapor.

La circulación de gases se realiza desde una cámara frontal dotada de brida de adaptación, hasta la zona posterior donde termina su recorrido en otra cámara de salida de humos.

El acceso al cuerpo lado gases, se realiza mediante puertas atornilladas y abisagradas en la cámara frontal y posterior de entrada y salida de gases, equipadas con bridas de conexión. En cuanto al acceso, al lado agua se efectúa a través de la boca de hombre, situada en la bisectriz superior del cuerpo y con tubuladuras de gran diámetro en la bisectriz inferior y placa posterior para facilitar la limpieza de posible acumulación de lodos.

El conjunto completo, calorífugado y con sus accesorios, se asienta sobre un soporte deslizante y bancada de sólida y firme construcción suministrándose como unidad compacta y dispuesta a entrar en funcionamiento tras realizar las conexiones a instalación.

La caldera, una vez realizadas las pruebas y comprobaciones reglamentarias y legales por una Entidad Colaboradora de la Administración, se entrega adjuntando un "Expediente de Control de Calidad" que contiene todos los certificados y resultados obtenidos.

#### **1.8.3.6.1 Calderas horizontales**

La mayoría de éstas calderas se las construyen para suministrar vapor saturado, pero en algunos casos se las usa para generar vapor sobrecalentado, con el correspondiente sobrecalentador. Se usa en plantas de calefacción para grandes edificios y fábricas y para la producción de vapor para procesos y generación de energía en pequeñas plantas industriales.

Su capacidad es de 450 hasta 7000 kg de vapor por hora con presiones de hasta  $17 \text{ kg/cm}^2$  y alrededor de  $85 \text{ }^\circ\text{C}$  de sobrecalentamiento. La vaporización específica es de hasta  $33 \text{ kg/m}^2 \text{ h}$ . El diámetro máximo de éstas calderas es de 2500 mm y 19 mm ( $3/4$  ") el espesor máximo de chapa mientras que el diámetro de los tubos varía entre 10 y 50 mm.

Este tipo de calderas, por su paso reducido y su aptitud para resistir las vibraciones se empleó principalmente para locomotoras y en las locomóviles. Las calderas de las locomotoras se proveen de un domo en el que se aumenta el volumen de la cámara de vapor, y al instalar en él la toma de vapor, esta se

encuentra más alejada del nivel del agua, obteniéndose así vapor más seco. A continuación se describen algunas ventajas:

- a. Son de construcción compacta, por lo cual se adapta a las instalaciones móviles.
- b. Ausencia casi completa de mano de obra de mampostería que reduce el costo de instalación y facilita el transporte.
- c. El cambio de tubos no ofrece dificultades.
- d. Habiendo sólo dos medidas de tubos no resulta difícil que el depósito tenga su respectiva reserva.
- e. Razonablemente económica.

También se describe algunos inconvenientes:

- a. Circulación deficiente del agua.
- b. Muchas partes difíciles de limpiar, provocándose corrosiones.
- c. Se adapta difícilmente al cambio de combustible.
- d. En ciertas condiciones las chapas de la caja de fuego, se doblan por la acción del calor.
- e. La presión está limitada por su construcción misma (paredes planas).

- f. No pueden soportar cargas elevadas sin que las chapas se recalienten.

## **1.9 El vapor como fuente de energía**

El vapor es la mejor forma de transferir calor a temperatura constante. Comúnmente el uso del vapor en hoteles, hospitales, industrias y universidades, entre otros.

Los rangos de consumo de vapor en la la planta de envasado puede estar arriba de las 300 lb/hr cuando todas las selladoras están trabajando. Típicamente la planta de envasado opera con vapor a una presión de 100 psi.

Los equipos para cocinar, tales como las vaporeras, pueden necesitar arriba de las 25 psi de vapor. Esterilizadores de loza, así como la preparación de la comida y el lavado utilizan vapor de bajo nivel.

Los baños y las albercas no pueden utilizar vapor directamente, sin embargo, se emplean intercambiadores de calor que utilizan vapor para generar agua tibia.

Como en muchos edificios, la calefacción de los cuartos se hace a través de radiadores. Además, para ofrecer a los ocupantes un control individual de la temperatura por cuarto, se utilizan calentadores de vapor que cargan un circuito de agua caliente. La Alianza para el Ahorro de Energía de U.S.A. (Alliance to Save Energy) estima que un incremento de entre 25 a 35 por ciento en la eficiencia de estos sistemas es típicamente una meta razonable.

El incremento potencial en eficiencia que puede ser alcanzado al aplicar algunas medidas de eficiencia energética en las diferentes áreas específicas de generación, operación y mantenimiento y distribución. Generalmente, la mayor parte de las mejoras están después de la generación de vapor, esto es, en la operación y mantenimiento y en el sistema de distribución.

En estas áreas normalmente se tienen fugas y equipos funcionando inadecuadamente y, por lo tanto, es donde se tienen pérdidas de vapor, por lo que son estas áreas las que nos ofrecen oportunidades de recuperar calor a través del uso de condensadores, trampas de vapor, retorno de condensados e intercambiadores de calor.

Cuidar el sistema de distribución de vapor nos da una las mejores oportunidades de ahorrar. El costo del mantenimiento a las trampas de vapor y el revisar que no existan fugas en las uniones de las tuberías y en las válvulas, requiere de una inversión de capital muy pequeña o casi nula. Dar entrenamiento cuidadosamente completo y a la vez apropiado al equipo de mantenimiento siempre será una buena inversión.

### **1.9.1 Características del vapor**

El vapor normalmente se encuentra en estado líquido o sólido, como por ejemplo agua, benceno o yodo. Se ha propuesto restringir el uso del término a las sustancias gaseosas que se encuentren por debajo de su punto crítico (la máxima temperatura a la que se puede licuar aplicando una presión suficiente) y hablar de gas por encima de la temperatura crítica, cuando es imposible que la sustancia exista en estado líquido o sólido.

Esencialmente, el uso de los términos es arbitrario, porque todas las sustancias gaseosas tienen un comportamiento similar por debajo y por encima del punto crítico. Al aumentar la temperatura de la sustancia, la presión de vapor se eleva, como resultado de una mayor evaporación. Cuando se calienta un líquido hasta la temperatura en la que la presión de vapor se hace igual a la presión total que existe sobre el líquido, se produce la ebullición.

En el punto de ebullición, al que corresponde una única presión para cada temperatura, el vapor en equilibrio con el líquido se conoce como vapor saturado; es el caso, por ejemplo, del vapor de agua a 100 °C y a una presión de 1 atmósfera. El vapor a una temperatura superior al punto de ebullición se denomina vapor sobrecalentado, y se condensa parcialmente si se disminuye la temperatura a presión constante.

A temperaturas y presiones normales, la presión de vapor de los sólidos es pequeña y suele ser despreciable. Sin embargo, la presencia de vapor de agua sobre el hielo demuestra su existencia. Incluso en los metales, la presión de vapor puede ser importante a temperatura elevada y presión reducida.

Si las características del vapor son menos que óptimas, disminuye la eficiencia en la transferencia del calor y por lo tanto falla el proceso de producción. La pureza del vapor, la saturación y la disponibilidad del vapor son importantes variables del proceso.

Otras impurezas que puede contener el vapor incluyen óxido, sarro producido por la dureza del agua entre otros. Existen opiniones diversas si estas influyen en forma significativa en el resultado de la esterilización. Se sabe que estas impurezas pueden oxidar el instrumental.

El vapor puro no contiene gases, ni agua en forma líquida, ni tampoco partículas sólidas u otros contaminantes. Estos gases pueden condensarse y pueden estar compuestos por dióxido de carbono, nitrógeno, oxígeno o en combinación formando aire. Desde el punto de vista de la esterilización, estos gases y el aire representan un problema de impureza importante.

Otro aspecto importante en la pureza del vapor, es la calidad del vapor o saturación. Esto se refiere a la cantidad de humedad en el vapor. La calidad del vapor es medida en términos de presencia de agua como mezcla sobresaturada versus el vapor seco o sobrecalentado.

Los Standard actuales sugieren una calidad de vapor mayor a 97%, esto quiere decir que el vapor debe contener menos de un 3% de agua líquida. Si la presión del vapor es muy alta con respecto a la temperatura, nos entregará un vapor sobresaturado, esta calidad de vapor, produce "carga mojada". El vapor sobresaturado puede resultar por la llegada de vapor sobresaturado al esterilizador o también puede producirse localmente dentro de la cámara cuando el vapor entra en contacto con la carga fría.

Si al vapor saturado, que es el vapor en equilibrio entre la presión y temperatura que resulta en un porcentaje correcto de humedad, se le disminuye considerablemente la presión, manteniendo la temperatura, se transforma en vapor sobrecalentado.

Si al vapor saturado en un 100%, se le agrega más calor, la temperatura aumenta en cambio la presión casi no se modifica. Esto se debe a que no existe líquido que se pueda vaporizar y de esta forma aumentar la presión. Se necesita muy poca energía calórica para aumentar la temperatura del vapor cuando no hay líquido presente.

El vapor que se encuentra a una temperatura mayor que el vapor saturado, se le llama sobrecalentado. Debido a que este vapor no es capaz de condensarse, el vapor sobrecalentado no es capaz de transmitir la energía calórica, que normalmente están más fríos, a pesar que su temperatura actual es mayor que la del ciclo de esterilización. También interfiere con la hidratación de los microorganismos, condición necesaria para su destrucción.

### **1.9.2 Clasificación del vapor**

El uso de vapor como fluido termodinámico se justifica por gran variedad de propiedades, en particular:

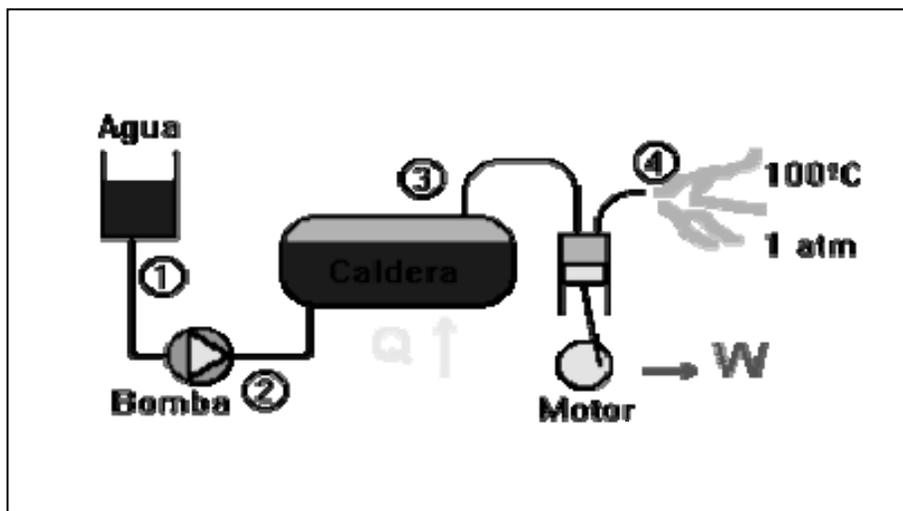
- a. Es abundante y barato de producir.
- b. Transporta gran cantidad de energía por unidad de masa debido al cambio de fase. En efecto, el calor latente de cambio de fase es del orden de 2.500 [kJ/kg].

El vapor se divide en ciclos abiertos y cerrados. El ciclo opera en un depósito que contiene agua para la caldera. La bomba toma el agua del depósito y la inyecta a la caldera, aumentando su presión desde la presión atmosférica hasta la presión de la caldera.

El motor descarga el vapor utilizado al ambiente que está a 1 atm. Por lo tanto el vapor condensa a 100°C. El agua del depósito es líquido subsaturado. La bomba aumenta su presión hasta siguiente estado, como lo que se comprime es solo líquido, el volumen es ligeramente inferior al estado inicial, luego esta agua a presión se inyecta en la caldera.

Allí alcanza primero el estado de saturación y luego comienza la ebullición dentro de la caldera. El vapor sale de la caldera como vapor saturado. Luego se expande en la máquina (motor) generando trabajo y es expulsado al manifold y posteriormente a las tuberías. A continuación se presenta un diagrama de un sistema de vapor.

**Figura 3. Diagrama de un sistema de vapor**



FUENTE: SEVERNS, W. H. Producción de Energía Mediante el vapor de Agua.

### 1.10 Trampas de vapor

Una trampa de vapor es un equipo auxiliar en líneas o equipos de calentamiento con vapor, su función principal consiste en drenar el condensado que se forma de la condensación del vapor en sistemas de calentamiento, sin permitir la fuga de vapor, para así asegurar que la temperatura deseada del proceso no varíe. Adicionalmente una buena trampa debe de ser capaz de descargar el aire y gases no condensables atrapados en el sistema.

Las trampas de vapor son de mucha importancia, uno de sus atributos es el de economizar grandes cantidades del combustible requerido para calentar las inmensas cantidades de agua lo que conlleva a un ahorro en los costos de operación.

Tan pronto como el vapor deja la caldera empieza a ceder parte de su energía a cualquier superficie de menor temperatura. Al hacer esto, parte del vapor se condensa convirtiéndose en agua, prácticamente a la misma temperatura. La combinación de agua y vapor hace que el flujo de calor sea menor ya que el coeficiente de transferencia de calor del agua es menor que el del vapor.

### **1.10.1 Clasificación de trampas de vapor**

Luego de tener clara la definición y función de trampa de vapor, se analiza los diferentes grupos existentes:

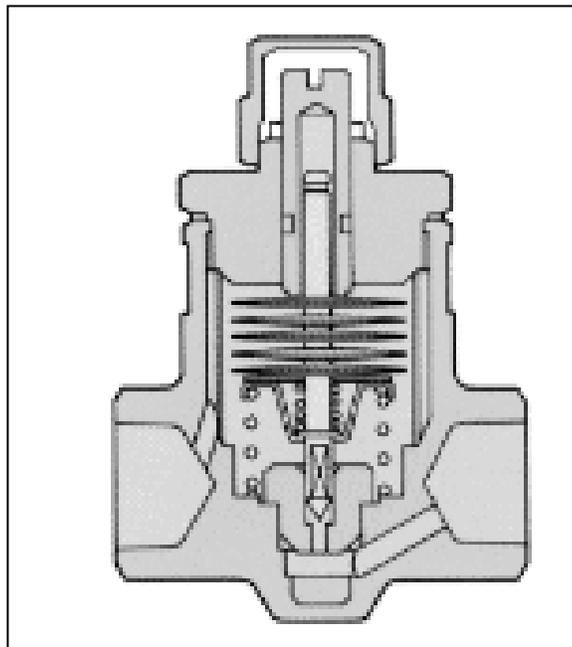
- a. Termostática
- b. Mecánica
- c. Termodinámico

#### **1.10.1.1 Termostática**

Estas trampas operan mediante un sensor de temperatura, el que identifica la temperatura del vapor y del condensado. Como el vapor se condensa adquiere una temperatura menor a la del vapor, cuando ésta

temperatura del condensado llega a un valor específico, la trampa abrirá para drenar el condensado. Entre algunas de este tipo se tiene:

**Figura 4. Trampa termostática**



FUENTE: [www.armstrong-intl.com/products/traps](http://www.armstrong-intl.com/products/traps)

#### **1.10.1.1 Trampa de presión balanceada**

Este tipo de trampa posee un termostato que en su interior está lleno de una mezcla de alcohol, que siente la temperatura del condensado y el vapor. Cuando el cuerpo de la trampa está lleno de condensado, la mezcla está a una temperatura baja, en comparación con el vapor, debido a esto el alcohol no ejerce presión dentro del tubo corrugado en el que se encuentra, dejando salir el condensado a través por el canal de salida.

Una vez que el vapor entra al cuerpo de la trampa es tal la temperatura de éste, que la mezcla de alcohol comienza a hervir, causando un aumento en la presión del interior del elemento. Esta presión es superior a la que se encuentra en el cuerpo de la trampa con lo que tendremos una expansión del elemento termostático, causando el cierre de la válvula.

Una vez que la válvula ha cerrado, el vapor no puede escapar. Entonces éste vapor nuevamente se condensará y también se enfriará, con lo que también enfriará la mezcla de alcohol en el elemento. Con esto la presión del elemento disminuirá causando que la válvula se abra, descargando el condensado. Como se ha determinado, cuando mayor es la presión ejercida por el vapor, mayor será la presión en el elemento termostático que cause el cierre.

Las trampas termostáticas de presión balanceada son de pequeño tamaño, con una gran capacidad de descarga. Además, para variaciones de presión se ajusta automáticamente dentro del rango de trabajo para el que se halla elegido. En la mayoría de este tipo de trampas no se puede trabajar con vapor sobrecalentado debido a que el exceso en la temperatura en el interior del elemento origina una presión tan alta que no puede ser balanceada por la presión a su alrededor.

#### **1.10.1.1.2 Trampa tipo bimetálico**

El funcionamiento de esta trampa es simple, al igual que las anteriores, pero antes de entrar en lo que es el funcionamiento tal de la trampa que se llama bimetal. El llamado bimetal es la unión de dos láminas delgadas de

metales distintos, los que al haber una variación de temperatura se dilatan cantidades distintas.

El funcionamiento de las trampas bimetálicas es el siguiente: la trampa está abierta en su totalidad en el arranque, donde descargará el aire y el condensado que se encuentre al interior del cuerpo ya que la temperatura de éste es menor que la del condensado.

Una vez que comience a venir vapor, la placa bimetálica, donde uno de sus extremos permanece fija y al otro se le une una válvula, reaccionará al cambio de temperatura, dilatándose, para así cerrar el orificio de salida por medio de la válvula.

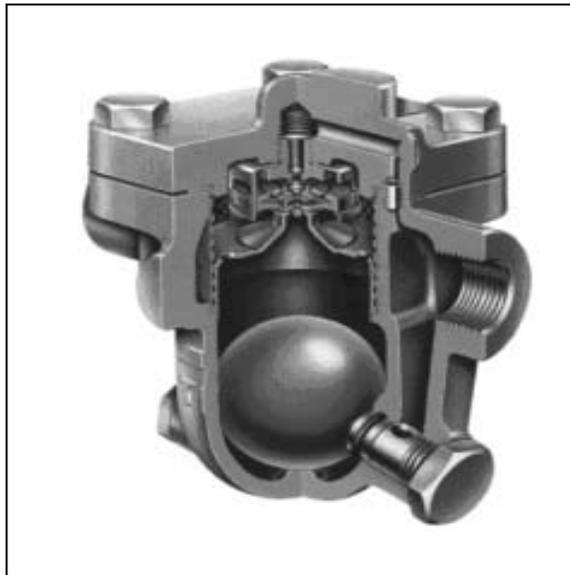
Por otro lado, la presión de vapor dentro de la trampa actúa para mantener cerrada la válvula, por lo que para que el bimetálico regrese a su posición de descarga es necesario que el condensado se enfríe considerablemente, lo que a fin de cuentas es una reacción lenta frente a los cambios de temperatura. Estas trampas son ligeras, de pequeños tamaños, y con gran capacidad de descarga. Además son resistentes a fluidos corrosivos, presiones de vapor elevadas y vapor sobrecalentado.

#### **1.10.1.2 Mecánica**

Las trampas de vapor del tipo mecánico trabajan con la diferencia de densidad entre el vapor y el condensado. Estas trampas trabajan mediante un flotador, el cual hace de válvula, en la que, cuando se acumula condensado ésta se abre descargándolo. Cuando está cerrada, comienza nuevamente el

ciclo llenándose de vapor para luego comenzar nuevamente. Entre las trampas de este tipo se tiene:

### **Figura 5. Trampa mecánica**



FUENTE: [www.armstrong-intl.com/products/traps](http://www.armstrong-intl.com/products/traps)

#### **1.10.1.2.1 Trampa de flotador libre**

Este tipo de trampa consta de una esfera hueca (flotador), en la que al ingresar el flujo de vapor, ésta se mantiene apoyada en un asiento. Cuando el vapor comienza a condensar, el nivel de agua hace subir a la esfera dejando libre el orificio de drenaje.

Una vez que el condensado disminuye, la esfera, que hace de válvula, retorna paulatinamente a su posición (en el asiento), tapando el orificio de salida causando así la mínima pérdida de vapor. Luego, el nuevo ciclo hará lo mismo, así que entonces el drenado es continuo.

Debido a que estas trampas no poseen partes mecánicas es muy poco probable que falle, lo que nos dice que el mantenimiento es prácticamente cero. De las figuras se puede apreciar que la esfera flotadora es bastante grande en comparación con el orificio de drenaje, lo cual hace que sea difícil tener un buen asiento.

#### **1.10.1.2.2 Trampa de flotador y palanca**

Este es un tipo muy parecido al mencionado anteriormente, donde entra el vapor al cuerpo de la trampa y al comenzar a condensar hace subir una esfera flotante; la diferencia con el anterior es que ahora la esfera está conectada a una palanca, la que a su vez está conectada con la válvula de salida o drenaje.

Cuando el nivel del condensado empieza a subir también lo hace la válvula de salida, la que gradualmente descargará el condensado. Al igual que la trampa de flotador libre ésta mantiene una descarga continua del condensado. Una vez terminada la descarga, el flotador baja y nuevamente se acomoda sobre un asiento, impidiendo así el escape del vapor.

Uno de los inconvenientes de la trampa de flotador y palanca, al igual que la trampa de flotador libre es que en ambas el aire que se mantiene dentro de la trampa no puede salir por la válvula de drenaje, por esto a veces se instala una válvula de escape del aire y gases no condensables en la parte superior de la trampa.

Entre algunas ventajas de este tipo de trampa se tiene que el drenado puede ir del mínimo al máximo de condensado con igual eficiencia sin verse

afectado por los grandes cambios de presión. Existe una variedad de ésta trampa, en vez de llevar una válvula manual que descargue el aire y gas no condensable.

Posee una válvula automática (eliminador termostático de aire), la cual posee un elemento termostático que se dilata o contrae según la temperatura del fluido; se dilata y cierra el orificio de salida cuando el vapor llega, y se contrae y abre una vez que se ha producido el condensado. Luego cuando tenga aire nuevamente, éste se ira a la parte superior y automáticamente se descargará.

#### **1.10.1.2.3 Trampas de balde**

A diferencia de las trampas de flotador y palanca, este tipo de trampa no posee la esfera flotadora, sino que es un balde el que hace de válvula. Este tipo de trampa tiene 2 variantes que son:

- a. Trampa de balde abierta
- b. Trampa de balde invertido.

##### **1.10.1.2.3.1 Trampa de balde abierta**

Se llama así ya que el tipo de balde está dentro del cuerpo de la trampa, con su parte abierta hacia arriba. Este balde flotará con el condensado cuando permanezca vacío, pero caerá por su peso cuando esté lleno de condensado.

Una vez que entra el flujo de condensado, éste poco a poco irá llenando el espacio bajo el balde, con esto el balde comenzará a subir y la válvula se

cerrará. Como aumenta el nivel de condensado éste comenzará a llenar el interior del balde, que debido al peso, tenderá a bajar, abriendo la válvula. Así mismo la presión ejercida por el vapor empujará el condensado por la guía de la varilla de la válvula, descargando el condensado hasta que nuevamente el balde pueda flotar.

Este es un tipo de trampa que no genera mayores problemas de mantenimiento debido a que posee un mecanismo simple pero a causa de que posee un ciclo intermitente de descarga es más probable que sufra los efectos de la corrosión.

Además como no posee un sistema de descarga de aire y gases no condensables, solo podemos hacerlo manualmente o bien con un sistema termostático. Estas trampas son pesadas y de gran tamaño en relación con su capacidad de descarga, esto es debido a que por el hecho de trabajar en función de la presión ejercida sobre el agua dependen de la sección que posea el balde.

#### **1.10.1.2.3.2 Trampa de balde invertido**

Como su nombre lo dice, éste tipo de trampa posee en su interior un balde cuya abertura está hacia abajo, o sea, de balde invertido. El sistema de funcionamiento resulta simple. El vapor que entra mantiene al balde flotando, si se puede decir así, y mientras flote, éste mantendrá cerrada la válvula de salida.

Cuando comienza a condensar, el interior de la trampa se va llenando del condensado, el que mandará al fondo al balde, causando que la válvula se

abra, lo que junto con la presión ejercida por el vapor dentro del balde, descargara el exceso de condensado.

El orificio de escape de aire, es pequeño lo que hace que el aire salga lentamente, tampoco puede ser grande porque ocasionará perdidas de vapor. Por este motivo es que puede ser una desventaja ya que al mantener mayor tiempo el aire, corroerá la trampa. En este tipo de trampa como en el de balde abierto, se debe mantener condensado en el fondo, ya que éste hace de sello. Si éste sello se pierde, podría ser a causa de una perdida de presión del vapor, ocasionará el paso del vapor libremente por la válvula.

### **1.10.1.3 Termodinámica**

Este tipo de trampas de vapor opera con el principio de diferencia entre flujo de vapor sobre la superficie comparado con el flujo del condensado. Al entrar el vapor este viene con una velocidad mayor y el disco que usan como válvula se cierra, y éste disco se abre al presentarse la baja velocidad del condensado.

Su funcionamiento es relativamente simple, ya que en su interior solo poseen una sola pieza en movimiento, un disco flotante.

En el comienzo, la presión del condensado y o aire levanta el disco de su asiento. El flujo es radial debajo del disco, hacia la salida. La descarga prosigue hasta que el condensado se acerca a la temperatura del vapor.

Un chorro de vapor flash reduce la presión debajo del disco y al mismo tiempo por recompresión, origina presión en la cámara de control encima del

disco, esto empuja a este último contra su asiento, asegurando un cierre perfecto, sin pérdida de vapor.

Luego, al acumularse condensado, se reduce el calor en la cámara de control, conforme se va condensando el vapor bloqueado en la cámara la presión se reduce. El disco es levantado por la presión de entrada y se descarga el condensado.

Estas trampas tienen una gran cantidad de descarga en comparación con su tamaño, ya que son ligeras, simples y compactas. Además debido a que la única parte en movimiento es el disco, es posible hacer un mantenimiento fácil.

**Figura 6. Trampa Termodinámica**



FUENTE: [www.armstrong-intl.com/products/traps](http://www.armstrong-intl.com/products/traps)

### 1.10.2 Importancia de las trampas de vapor

Una trampa para vapor es un dispositivo que permite eliminar condensado, aire y otros gases no condensables, además de prevenir pérdidas de vapor. Sus importantes funciones se describen a continuación:

- a. **Eliminación de condensado:** El condensado debe pasar siempre, rápido y completamente a través de la trampa para vapor para obtener un mejor aprovechamiento de la energía térmica del vapor.
- b. **Eliminación de aire y otros gases no condensables:** El aire y los gases disminuyen el coeficiente de transferencia de calor. Además, se debe tener presente que el O<sub>2</sub> y el CO<sub>2</sub> causa corrosión.
- c. **Prevención de pérdidas de vapor:** No deben permitir el paso de vapor sino hasta que éste ceda la mayor parte de energía que contiene, también las pérdidas de vapor deben ser mínimas mientras la trampa libera vapor condensado, aire y gases incondensables.

### 1.10.3 Mantenimiento de las trampas de vapor

En el mantenimiento de las trampas se debe tomar en cuenta los siguientes criterios:

#### A. Fugas de gas

La medida de ultrasonidos es el método más utilizado actualmente para la localización de fugas internas de gases a través de válvulas. El paso de un gas a través de un orificio genera un ultrasonido cuya frecuencia e intensidad

están relacionadas fundamentalmente con la presión y temperatura del gas, la densidad del gas, la velocidad de paso del gas a través del orificio y la geometría del orificio.

La presencia de ultrasonido en una válvula en posición cerrada significa claramente la existencia de una fisura a través de la cual se produce una fuga interna o externa de gas. Ahora bien, es prácticamente imposible determinar la magnitud de la fuga a partir de la medida de ultrasonido ya que ello depende de la geometría de la válvula, la geometría de la fisura y las variables termodinámicas del gas. En todo caso la correlación entre ultrasonido y tamaño de fuga tendría que establecerse para cada válvula y en cada caso.

## B. Fugas de vapor

La aplicación del método de medida de ultrasonidos ha experimentado un gran auge en el mantenimiento predictivo de trampas de vapor. Sin embargo, recientes investigaciones realizadas durante el desarrollo de los sistemas *SteamWatch* y *SmartWatch* para mantenimiento predictivo han demostrado que el método tradicional de medida de ultrasonido no ofrece suficiente fiabilidad cuando se aplica en grandes instalaciones con miles de trampas de vapor en servicio.

En efecto, el purgador normalmente descarga a temperatura próxima a la ebullición. Durante este proceso el condensado sufre una expansión que produce un cambio de fase líquido-vapor. La fase gaseosa (vapor de expansión) fluye a elevada velocidad generando un cierto nivel de ultrasonido.

La frecuencia e intensidad depende del salto de presión a través de la trampa de vapor (presión diferencial) y el grado de enfriamiento que sufre el condensado antes de ser evacuado por la trampa. Sin embargo, la presencia de ultrasonido en este caso no significa la existencia de fuga de vapor vivo a través de la trampa.

Un serio problema adicional se presenta en líneas de baja presión (3.5 bar) en instalaciones con miles de trampas de vapor descargando a un colector general de retorno de condensados. En este caso, la formación de vapor de expansión presuriza localmente la línea de retorno disminuyendo la presión diferencial en la trampa. Este efecto es muy fuerte cuando además se superponen fugas de vapor a través de algunos purgadores, lo que generalmente es muy frecuente.

En condiciones de fuerte contrapresión local la velocidad de paso del vapor a través de la trampa de vapor, aún en caso de fuga interna, no es suficientemente elevada para producir el nivel de ultrasonido que permita identificar dicha fuga. En resumen, la fiabilidad del método de medida de ultrasonido en el mantenimiento predictivo disminuye a medida que aumenta el número de trampas de una instalación. Los principales fallos del método son dos:

- a. Aparentes fugas de vapor vivo, inexistentes, ya que en realidad es vapor de expansión
- b. Fugas reales de vapor vivo no detectadas, enmascaradas por elevada contrapresión

La investigación realizada por BiTherm durante los últimos cuatro años ha permitido perfeccionar el método hasta conseguir un alto grado de fiabilidad

alcanzado por el método SteamWatch. Se realizó una verificación exhaustiva de las trampas inspeccionadas y se encontró que el porcentaje de dañados.

Con la fuga de vapor vivo, alcanzaban cifras entre el 20 % y el 27 %, que no habían sido detectadas por ninguno de los equipos de ultrasonido portátiles utilizados, debido a la presurización local en la zona de descarga de las trampas que reducía significativamente la velocidad de paso del vapor a su través.

#### **1.10.4 Criterios de seguridad para trampas de vapor**

Los diferentes requerimientos de cada aplicación, ya sea a presión de vapor constante o variable, determinan que tipo de trampa debe especificarse. Factores que deben considerarse en la selección incluyen la capacidad para lidiar con aire a presiones diferenciales bajas, para conservar energía y para remover basuras y bloqueos de condensado acumulado.

Existen tres métodos estándar de selección que ayudan a determinar el tipo y tamaño apropiado para las trampas y el factor de seguridad.

- a. Presión constante de vapor: Usar un factor de seguridad de 2 a la presión diferencial de operación
  
- b. Presión variable del vapor
  - i. Vapor de 0 a 1 bar: Factor de seguridad de 2 a una presión diferencial de 0.1 bar.
  - ii. Vapor de 1 a 2 bar: Factor de seguridad de 2 a una presión diferencial de 0.2 bar.

iii. Vapor arriba de 2 bar: Factor de seguridad de 3 a la mitad de la máxima presión diferencial a través de la trampa.

c. Para presión de vapor constante o variable con drenaje de sifón: Un controlador automático diferencial de condensado debe usarse con un factor de seguridad de 3.

Con presión constante de vapor, aplíquese el factor de seguridad a la presión diferencial total. Con presión variable de vapor, aplíquese el factor de seguridad a la mitad de la máxima presión diferencial.

Los valores de factor de seguridad recomendados aseguran una operación sin problemas bajo condiciones cambiantes. En la siguiente página se presenta la tabla con el factor de seguridad de las trampas.

**Tabla II. Selección de trampas y factores de seguridad**

Aplicación	1ra. Opción	2da. Opción	Factor de seguridad
Cabezal de la caldera (Sobrecalentado)	IBLV	F&T	1.5
	IBCV – Pulido	Water	Carga de Arranque
Tuberías principales de vapor & Ramels de la tuberías (sin congelamiento) (Congelamiento)	IB (CV si la presión varía)	F&T	2; si estaría al final de la tubería, antes de la válvula, o en un ramal
	IB	Termostática o disco	(Mismo que arriba)
Separador de vapor Calidad del vapor del 90% o menos	IBLV	DC	3
	DC		3
Venas de vapor	IB	Termostática o disco	2
Unidades de calentamiento y de manejo de aire (presión constante) (Presión variable 0 -1 bar) (Presión variable 1 -2 bar) (Presión variable mayor de 2 bar)	IBLV	F&T	3
	F&T	IBLV	2, A presión diferencial de 0.034 bar
	F&T	IBLV	2, A presión diferencial de 0.14 bar
	F&T	IBLV	3, a la mita de la máxima presión diferencial
Radiadores aletados & Tubos serpentín (presión constante) (Presión variable)	IB	Termostática	2, normalmente; 3, para calentamiento rápido
	F&T	IB	2, normalmente; 3, para calentamiento rápido
Calentadors de aire de proceso (presión constante) (Presión variable)	IB	F&T	2
	F&T	IBLV	3, a la mitad de la máxima presión diferencial
Máquina de absorciónd e vapor (Enfriador)	F&T	IB, con venteador externo	2, a presión diferencial de 0.034 bar
Intercambiadores de calor de tubo y coraza & serpentines de tubo y estampados (presión constante) (Presión variable)	IB	DC o F&T	2
	F&T	DC o IBT (IBLV, a más de 2 bar)	menor de 1 bar: 2, a 0.034 bar; 1-2 bar: 2, a 0.14 bar mayor 2 bar: 3, a la mitad de la máxima presión diferencial
Evaporadores de un paso y de pasos múltiples	DC	IBLV o F&T	3, con cargas de 22,700 Kg/hr.
Ollas con camida de vapor (drenado por gravedad) (drenado por sifón)	IBLV	F&T o Termostática	3
	DC	IBLV	3
Secadoras rotatorias	DC	IBLV	3, para DC; 8, para IB a presión constante; 10, para IB presión variable
Tanques de flasheo	IBLV	DC o F&T	3

IBLV = Balde Invertido con venteador grande

IBCV = Balde Invertido con válvula check Interna

IBT = Balde Invertido con venteador térmico

F&T = Flotador y termostática

DC = Controlador diferencial de condensado

FUENTE: [www.armstrong-intl.com/products/traps](http://www.armstrong-intl.com/products/traps)

## **2. SITUACIÓN ACTUAL**

En el presente capítulo se presenta el diagnóstico y análisis del sistema actual de trampas de vapor de una empresa de cosméticos y se determina cuáles son las trampas que se encuentran en mal estado y las que están trabajando de forma correcta.

Las trampas de vapor que actualmente se encuentran en funcionamiento fueron instaladas aproximadamente hace 11 años, por lo que es muy probable que la mayoría de éstas no estén funcionando correctamente.

### **2.1 Descripción del sistema actual**

Cuidar el sistema de distribución de vapor provee las mejores oportunidades de ahorrar. El costo del mantenimiento a las trampas de vapor y el revisar que no existan fugas en las uniones de las tuberías y en las válvulas, requiere de inversión. Dar entrenamiento cuidadosamente completo y a la vez apropiado al equipo de mantenimiento siempre será una buena inversión.

El sistema actual de la empresa no funciona de forma adecuada en un 100% ya que existen pequeñas averías.

- a. Fugas de vapor: En el sistema de distribución existen fugas en las tuberías, en válvulas, en los equipos de proceso, en las trampas de vapor, en las bridas o conexiones especiales. Arreglar o quitar fugas es una oportunidad de ahorrar energía y dinero, además, esto es muy simple y el costo es muy bajo.

- b. Trampas de vapor: El sistema de trampas cuenta con un programa de mantenimiento, pero a pesar del programa, el sistema funciona a un 85%, debido a que existen pequeñas fugas en las trampas de vapor.
  
- c. Aislamientos: El aislamiento que recubre las tuberías y los accesorios en algunos tramos, está muy antiguo y en algunos tramos no existe aislamiento. Se ha demostrado que al instalar aislamientos, una planta puede dejar de consumir aproximadamente 6,000 lb/hr y puede bajar la cantidad de combustible utilizado, reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> en un 6 por ciento y lograr recuperar la inversión en 6 meses.

La mayoría de trampas de vapor se encuentran instaladas sin sus respectivos accesorios de norma (mirillas, válvulas de corte, filtros, y cheques), lo cual junto con un escaso mantenimiento de las mismas, da como resultado que el sistema de trampeo de vapor se encuentre en malas condiciones. A continuación se presenta el listado de las trampas de vapor con su respectivo estado.

**Tabla III. Estado de las trampas del sistema**

No.	Tamaño	TIPO	Equipo	Estado	
				Malo	Bueno
1	½	TD	ST-901 Marmita A de 500kg		X
2	½	TD	Auxiliar ST-901 Marmita de 500 kg		X
3	½	TD	TR-501 Marmita de 500kg		X
4	½	TD	Auxiliar TR 501 Marmita de 500 kg	X	
5	½	TD	Marmita de 1000 kg		X
6	½	TD	Auxiliar Marmita de 1000 kg	X	
7	½	TD	M-801 Marmita de 100kg		X
8	½	TD	Auxiliar M-801 Marmita de 100kg		X
9	½	TD	C-802 Marmita de 200 kg		X
10	½	TD	Auxiliar C-802 Marmita de 200 kg	X	
11	½	TD	EV-701 Marmita de 3000 kg		X
12	½	TD	Auxiliar EV-701 Marmita de 3000 kg	X	
13	½	TD	A-401 Marmita de 180 kg		X
14	½	TD	Auxiliar A-401 Marmita de 180 kg	X	
15	½	TD	R-409 Marmita de 80 kg		X
16	½	TD	Marmita de vacio con motor electrico		X
17	½	TD	Marmita de vacio con motor neumatico		X
18	½	TD	Marmita de 30 kg		X
19	½	TD	L-520 Marmita de labiales de 60 kg		X
20	½	TD	L-239 Marmita de labiales de 60 kg		X
21	½	TD	L-410 Marmita de labiales de 60 kg		X
22	¾	TD	Ultimo retorno antes de la Caldera		X
23	½	TD	Moldeo (Envasado) 30 kg	X	
TOTAL				6	17

FUENTE: Visita Técnica

Actualmente, se encuentran 23 trampas de vapor instaladas, 17 se encuentran trabajando correctamente y 6 tienen problemas de funcionamiento. El listado de trampas de la tabla anterior muestra un inventario actual que en todo departamento de mantenimiento debe existir, además para mejorar el sistema permite determinar cuántas trampas nuevas se necesitan. La distancia entre cada trampa de vapor es de 30 metros, la cual es adecuada para el

sistema. De acuerdo al diagnóstico realizado se obtuvo la siguiente información.

Las seis trampas que no funcionan bien, más las fugas de vapor por falta de aislamiento no permiten que el sistema tenga una eficiencia del 100%. Esto indica que se está perdiendo el 15% de energía, ya que como se mencionó anteriormente la eficiencia actual es del 85%.

En la sección 4.1 se amplía con detalle sobre los cálculos de gasto de combustible con relación a:

- a. La eficiencia
- b. La cantidad en quetzales por eficiencia
- c. El ahorro al optimizar el sistema
- d. La inversión de la mejora
- e. La recuperación de la inversión

### **2.1.1 Descripción de la tubería de distribución de vapor**

Las tuberías del sistema de vapor se encuentran en un estado aceptable, la distribución de vapor se realiza a través de un manifold, y los servicios de vapor están de la siguiente manera:

- a. Producción de materia prima (Planta de Procesos)
- b. Area de Labiales y envasado

Al observar el sistema completo de estos dos servicios, se detectaron las siguientes fallas:

- a. Fugas de vapor en el sistema

- b. Una mínima parte de la tubería que transporta el vapor no tiene aislamiento térmico
- c. El aislamiento térmico que recubre la tubería que transporta el vapor, se encuentra dañado en algunos espacios mínimos.

Las tuberías están correctamente aisladas con el fin de prever la pérdida de calor, no obstante parte de calor es radiado al medio ambiente. En este transporte el vapor cede calor a las paredes de la tubería y empieza a condensar en agua (agua caliente) y a depositarse en el fondo de la misma. Si éste condensado se le permite mantenerse en la tubería el ocasionará tanto pérdida de calor como bloqueo con sus correspondientes consecuencias.

### **2.1.2 Mantenimiento de la red de vapor**

El mantenimiento de la red se realiza, dos a cada 3 meses y uno a cada 6 meses.

#### **A. Mantenimiento cada 3 meses**

Este mantenimiento es de tipo preventivo, ya que se revisa superficialmente y se chequean las piezas intercambiables, se limpia el quemador y la boquilla de la caldera donde se descarboniza, porque el mismo bunker se convierte en carbón y no deja que fluya normal y esto puede llegar a apagar la caldera.

#### **B. Mantenimiento cada 6 meses**

Este es un mantenimiento correctivo, se cambian empaques, boquillas tubos de fuego, se aplica cemento refractario en toda la orilla de las puertas, en caso que esté rejada, para su reparación.

### C. Otros

- a. El filtro de bunker se limpia una vez al mes
- b. El manifold de distribución no tiene mantenimiento
- c. El servicio dura 4 días aproximadamente
- d. Se destapa dos días después del paro
- e. Según las recomendaciones del analista, el tratamiento del agua de la caldera (la purga), se hace tres veces al día durante 5 a 8 segundos en las correspondientes llaves:
  - i. Llave general de purga en la salida de la caldera
  - ii. Columna del Mcdonald 8 segundos (principal)
  - iii. Columna del Mcdonald Millar 8 segundos (Auxiliar)
- f. Se necesita una válvula reguladora de temperatura para la entrada de agua caliente al tanque (baypas)
- g. La tubería tiene tramos sin aislar y no está identificada (no tiene mantenimiento)

### **2.1.3 Equipos que consumen vapor**

El vapor es la mejor forma de transferir calor a temperatura constante. En la empresa de cosméticos el uso del vapor se utiliza especialmente para lo siguiente:

- a. Producción de Materia Prima (Planta de Procesos): En éste departamento se utiliza vapor para esterilizar todo el equipo que se utiliza en la conversión de materia prima, así también para mantener las marmitas (que es donde se cocinan los ingredientes) a una temperatura estándar en la fabricación y así obtener los productos en forma de granel (cremas, labiales, shampoos, rol-on, compactos (sombras y rubor), maquillaje, colonias, etc), aquí funcionan dos autoclaves.
  
- b. Envasado Área de labiales: En éste departamento se realiza el envasado de todos los productos que vienen a granel del área de Producción haciendo uso del vapor para las marmitas que deben mantener el granel de labiales a determinadas condiciones previo a darle la forma necesaria para ser envasado. El granel de los labiales debe mantenerse entre 80 y 84 grados centígrados los que contienen vitaminas y proteínas y hasta 100 grados centígrados todos los demás graneles con el fin de poder moldearlo durante el proceso de envasado y así darle forma a la bala que posteriormente se coloca dentro de un estuche aplicador. Los rangos de consumo de vapor en la planta de envasado pueden estar arriba de las 300 lb./hr cuando están trabajando todas las líneas. Típicamente la planta de envasado opera con vapor a una presión de 100 psi.

### **2.1.3.1 Consumo de vapor en la empresa de cosméticos**

El circuito de alta presión es el que alimenta la planta de procesos (producción) que es en donde se fabrican los productos en forma de granel (cremas, labiales, shampoos, rol-on, compactos (sombras y rubor), maquillaje, colonias, etc).

Las presiones a las que se encuentran operando las trampas de vapor en la planta de procesos (producción) son de 120 psi, que es casi la presión generada por parte de las calderas. Y de unos 60 psi en la planta de envasado, ya que son equipos que operan a presiones bajas (marmitas enchaquetadas).

El sistema de vapor funciona con dos circuitos: de alta y baja presión y es usado dependiendo de la demanda del mismo. A continuación se muestra en la tabla el consumo de vapor.

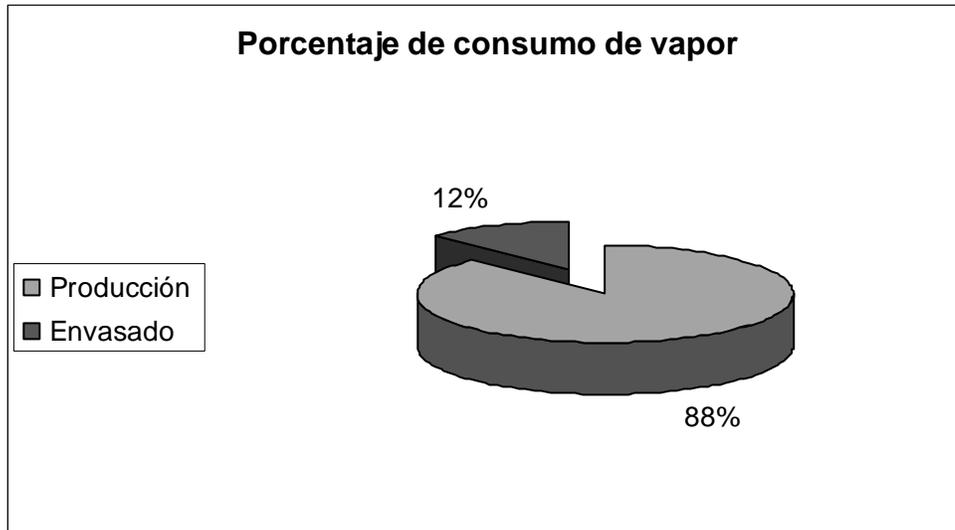
**Tabla IV. Consumo en libras de vapor en un período de cuatro meses**

<b>DEPTO</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>	<b>ENE</b>	<b>FEB</b>	<b>TOTAL</b>	<b>%</b>
Producción	1,198,858	1,309,787	1,473,310	1,578,298	5,560,253	91
Envasado	129,877	133,970	134,671	152,623	551,141	9
Total	1,328,735	1,443,757	1,607,981	1,730,922	6,111,394	100

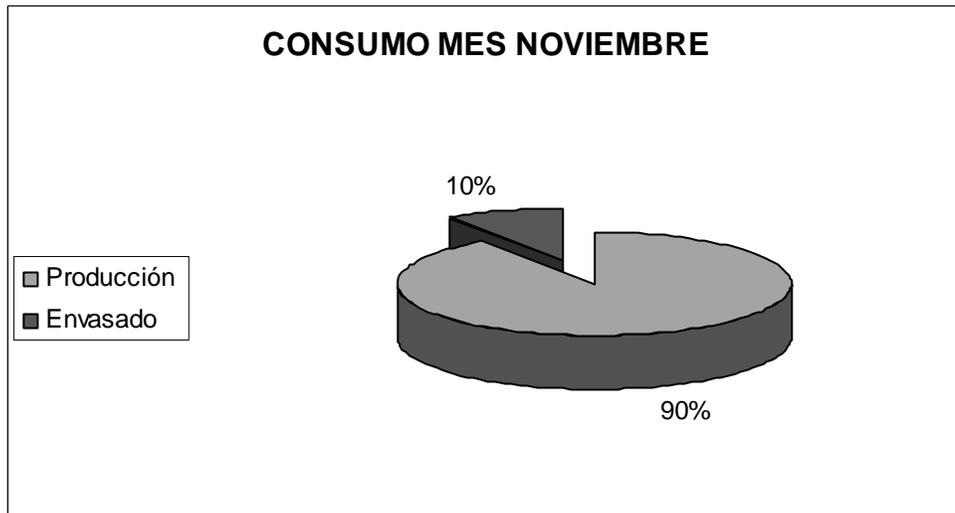
Consumo en libras de vapor. Período del año 2006

En las figuras 7, 8, 9, 10, y 11, que se muestran a continuación, se presentan las gráficas de los porcentajes de consumo de vapor por parte de las tablas mencionadas en la tabla anterior.

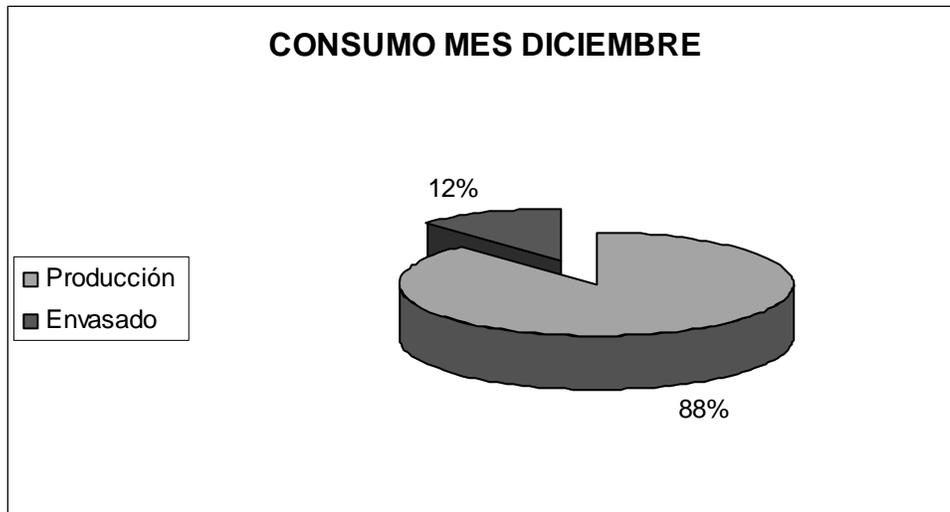
**Figura 7. Porcentaje de consumo de vapor total por áreas en un período de cuatro meses**



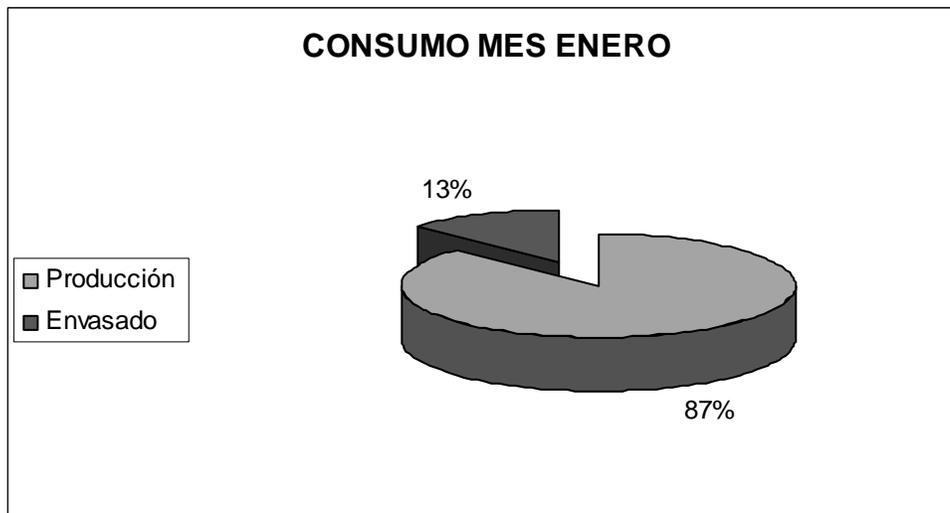
**Figura 8. Porcentaje de consumo de vapor para el mes de noviembre**



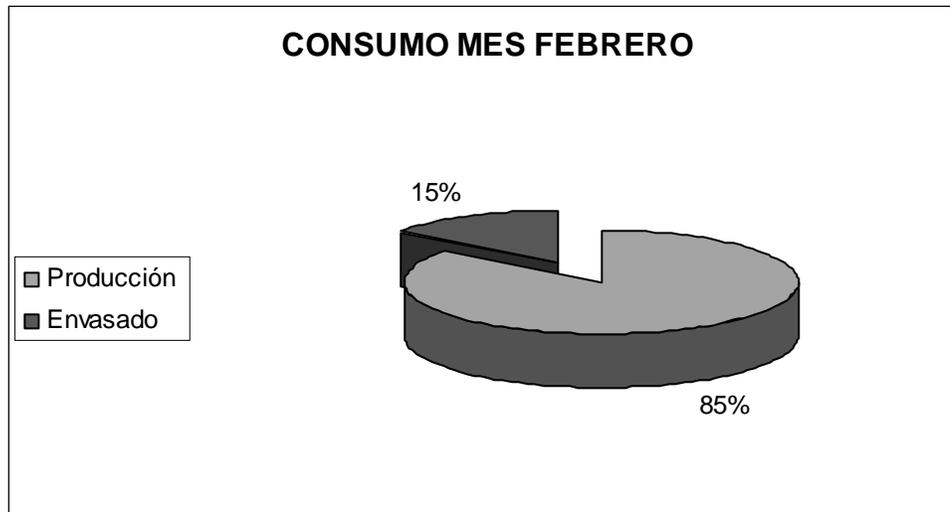
**Figura 9. Porcentaje de consumo de vapor para el mes de diciembre**



**Figura 10. Porcentaje de consumo de vapor para el mes de enero**



**Figura 11. Porcentaje de consumo de vapor para el mes de febrero**



Como se puede observar en estas gráficas, el consumo de vapor por parte del área de producción y de envasado aumenta en cada mes, lo que indica que es muy probable que se esté incrementando el número de fugas dentro del sistema de distribución de vapor, los cuales no son contabilizados por los medidores, debido a que éstos se encuentran en la entrada de cada una de las plantas, por lo que en puntos intermedios pudiera existir fugas considerables de vapor.

#### **2.1.4 Descripción de los equipos que generan vapor**

Se cuenta con dos calderas pirotubulares que fueron instaladas en el año de 1985, tiene un funcionamiento de combustión a base de bunker, estas podrían funcionar con diesel pero tendría que cambiarse el diseño de la boquilla.

La caldera que actualmente funciona tiene las siguientes características:

- a. Tipo paquete automática
- b. Marca Cleaver Brooks
- c. Modelo CB 600 – 125
- d. Serie L – 68950
- e. Presión de trabajo 110Kg. / cm<sup>2</sup>
- f. Presión máxima 255Kg. / cm<sup>2</sup>
- g. Entrada 5230000 Btu / hora
- h. Gasto 30 GPH aceite
- i. 230 voltios = energía de alimentación trifásica
- j. Voltaje de 230 voltios
- k. Fase 60 Hz
- l. Capacidad mínima de circuito 33,5 Amperios
- m. Capacidad máxima de protección del circuito 118 Amperios
- n. Potencia de motor compresor 5 HP
- o. Potencia de motor soplador 5 HP
- p. Potencia del calentador de aceite 5 Kw.
- q. Motor bomba de aceite voltaje 230 voltios de tres fases, dos Amperios

Aún cuando se depende de una gran variedad de factores, las calderas bien reparadas y con un mantenimiento apropiado operan en promedio de 75 ciento de eficiencia. Este nivel de eficiencia pueden ser mejorados entre 2 a 5 por ciento con una calderas bien afinada y con la aplicación de equipo auxiliar, siempre y cuando económicamente esto se justifique.

Cuando el sistema de calderas es demasiado viejo para ser reacondicionado se debe de reemplazar con un sistema de calderas mas eficiente tal que ofrezca un incremento en las áreas de intercambio de calor y

que tenga controles de combustible, de excesos de aire y controles de las condiciones de carga.

Substancialmente las pérdidas de energía en una caldera son causadas por una combustión incompleta, cuyo calor de desperdicio generado literalmente se va "por la chimenea", y por el calor perdido en la superficie exterior de ésta. Estas dos condiciones juntas, pueden alcanzar hasta un 30% de pérdida del combustible de suministro y por ende la eficiencia se ve disminuida. Las tres estrategias para minimizar las pérdidas de calor en los gases de combustión son:

- a. Minimizar el exceso de aire en la combustión
- b. Mantener limpias las superficies de intercambio de calor
- c. Cuando se justifique, agregar un equipo de recuperación de calor de los gases de combustión. Típicamente, la eficiencia de una caldera se incrementa en un 1.0 por ciento por cada 15 por ciento que se reduce el exceso de aire o por la reducción de 1.3 por ciento de oxígeno o por una reducción de 40°F en la temperatura de los gases de combustión.

### **2.1.5 Tratamiento de agua utilizado**

El objetivo de la Unidad de tratamiento de agua, es reducir la dureza del agua hasta cero, con el objeto de utilizarla como agua de alimentación en las calderas. El agua normalmente contiene cierta cantidad de sales, entre las más importantes para su utilización en la generación de vapor están: el carbonato de calcio y el carbonato de magnesio. Estas sales de no eliminarse antes de utilizar el agua en la caldera, pueden producir incrustación en los tubos.

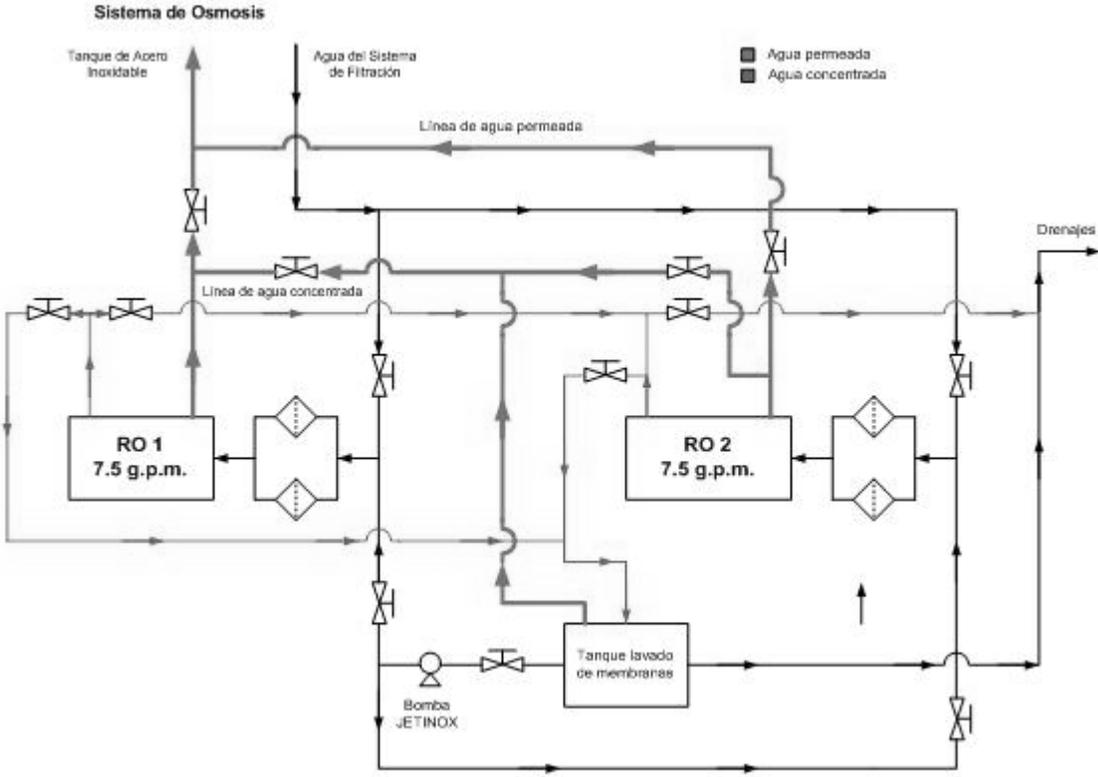
Para evitar la formación de incrustación, en la planta de tratamiento de aguas se tiene el proceso de suavización en caliente, que consiste en la formación de floculos producto de la reacción de la cal con los carbonatos de calcio y magnesio, y otras sales presentes en el agua que pueden formar complejos con cal, este proceso se lleva a cabo en un equipo llamado termocirculador.

Luego del proceso en el termocirculador, se filtra el agua en filtros de carbón y finalmente se efectúa el intercambio iónico en los suavizadores de zeolita, en donde se disminuye el contenido de carbonatos de calcio y magnesio hasta valores de cero, después de esto, el agua se almacena para alimentar las calderas según la demanda de vapor.

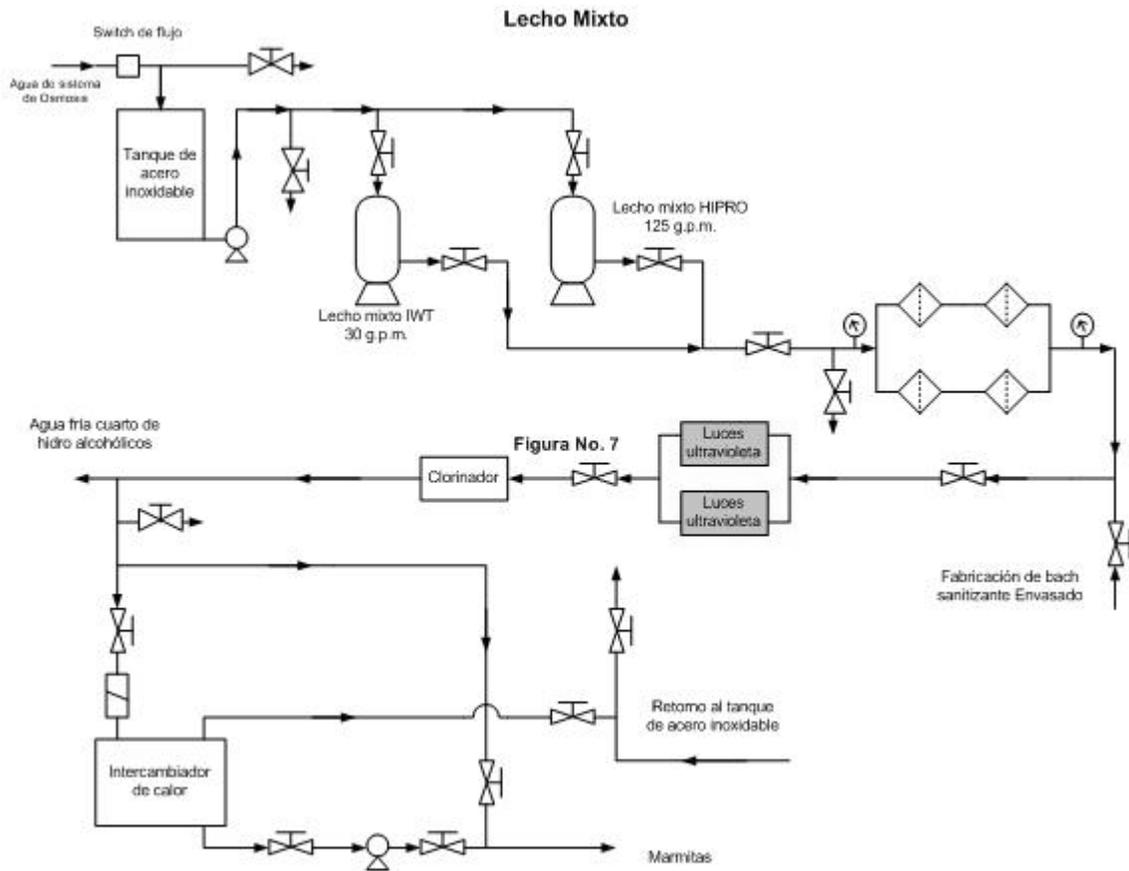
Si bien el agua en forma de vapor es un vehículo para distribuir calor a diversos procesos, nunca se encuentra pura y los elementos que contiene pueden afectar las tuberías y limitar la transferencia de calor en los equipos de proceso.

Para mantener la eficiencia de la caldera e incrementar su vida útil es necesario un acondicionamiento que consiste en reducir los depósitos de sólidos e incrustaciones en las superficies de calefacción, así como el evitar su corrosión.

Figura 12. Diagrama del sistema de Osmosis



**Figura 13. Diagrama de Lecho Mixto de una empresa de cosméticos**



**Figura 14. Simbología utilizada**

**DIAGRAMAS DE LOS SISTEMAS DE FLUJO DE AGUA DM**

1. ALIMENTACIÓN
2. FILTRACIÓN
3. OSMOSIS INVERSA
4. LECHO MIXTO

**SIMBOLOGÍA UTILIZADA**



**2.1.6 Suministro de combustible**

Los combustibles están caracterizados por un poder calorífico, un grado de humedad y unos porcentajes de materias volátiles y de cenizas. Estos datos son de gran utilidad para determinar las condiciones prácticas de la combustión, pero no son suficientes para estudiar el mecanismo de las diferentes combinaciones químicas.

El análisis químico es quien permite distinguir los diferentes elementos (puros) que constituyen el combustible. Estos elementos se pueden clasificar en dos grandes categorías:

- a. Elementos activos: combinables químicamente con el comburente, cediendo calor. Son el carbono, hidrógeno, azufre, entre otros.
  
- b. Elementos inertes: que no se combinan con el comburente y que pasarán como tales a los residuos de la combustión. Son el agua, nitrógeno, cenizas, entre otros.

El objeto de la combustión, refiriéndonos a los hogares, es el de proporcionar una producción de calor uniforme y regulada para ser transmitida a un medio que la absorba. Una de las cuestiones más importantes es la de suministrar una cantidad exacta de oxígeno por unidad de peso del combustible para que se realice la combustión completa.

Además de la exactitud correcta de la mezcla “aire-combustible”, se debe dar el tiempo necesario para que la mezcla sea íntima para que el combustible arda completamente; la temperatura del hogar debe ser tal que mantenga la combustión. La mejor manera de estudiar la combustión en un hogar consiste en relacionarla directamente con el análisis del combustible usado, para el cálculo de la cantidad necesaria de aire y de los productos gaseosos formados.

La combustión en una caldera se realiza con el fin de obtener energía, y es obvio que para una mejor rentabilidad es preciso recuperar, del modo más posible, la energía química contenida en potencia en el combustible. Esta energía química va a liberarse bajo la forma de calor en las reacciones de la combustión.

Este calor va a ser recuperado en la caldera para producir vapor y recalentarlo. La diferencia entre la energía en potencia, contenida en el combustible, y la energía absorbida por el vapor constituye la energía perdida.

El rendimiento de la combustión es, pues, función de estas pérdidas. Las causas de estas pérdidas son numerosas.

### **2.1.7 Consumo de combustible**

La operación de la caldera con el exceso de aire adecuado, ha minimizado las pérdidas de calor a través de la chimenea y ha mejorado la eficiencia de la combustión.

La eficiencia de combustión es una medida de la efectividad con que el contenido de calor del combustible se convierte en calor utilizable. La temperatura de la chimenea y la concentración de oxígeno o bióxido de carbono en los gases de combustión son los mejores indicadores de la eficiencia con que ésta se realiza.

Para una mezcla completa (oxígeno-combustible), se requiere de una cantidad de aire precisa, que reaccione completamente con una determinada proporción de combustible. En la práctica, las condiciones de la combustión nunca son ideales y se necesita suministrar una cantidad adicional o en “exceso” de aire para quemar completamente el combustible.

La cantidad correcta de exceso de aire se determina a partir del análisis de los gases de combustión en cuanto a su contenido de oxígeno o de bióxido de carbono. La falta de este exceso de aire provoca una combustión incompleta y que en los gases de ésta aparezca hollín, humo, combustible no quemado y monóxido de carbono; por otra parte, demasiado exceso de aire resulta en pérdida de calor, debido al incremento del flujo de gases de combustión, que reduce la eficiencia de la caldera.

### 2.1.7.1 Costo de combustible

Esta sección se centra en analizar los costos del vapor generado para la empresa de cosméticos (Planta de Procesos y Planta de envasado)

**Tabla V. Consumo de combustible por el sistema**

Mes	Consumo (Galones)	Costo (Q)
Julio	30903	250,314.30
Agosto	28816	233,409.60
Septiembre	29940	242,514.00
Octubre	28677	232,283.70
Noviembre	29753	240,999.30
Diciembre	30486	246,936.60

FUENTE: Archivo de la empresa

### 2.1.8 Pérdida de vapor y aislamiento térmico

Típicamente las calderas y el sistema de tuberías de vapor de la planta de procesos y de envasado trabajan a una presión de 120 a 60 psi, lo cual significa que las instalaciones desnudas (equipos, tuberías, accesorios, entre otros) tienen temperaturas superficiales de 155 a 170 °C aproximadamente.

Por ello se crean gradientes de temperatura con el aire exterior que producen intercambios de calor. Esto se traduce en pérdidas de energía al ambiente, los cuales son mayores cuando las instalaciones están a la intemperie.

La pérdida de calor por falta de aislamiento térmico en tuberías es un tema de prioridad en dicha empresa, debido a que en partes las tuberías no está aislada térmicamente, sucede también con frecuencia que el aislamiento es removido de las tuberías, válvulas y partes de las calderas.

Para fines de reparación y no es colocado de vuelta, dejando así superficies desnudas que constituyen no sólo un riesgo para la seguridad de los trabajadores, sino también una pérdida de calor que produce condensación de vapor y merma de este, lo cual tiene que ser compensado con mayor aporte de combustible en la caldera.

Para reducir las pérdidas de calor al ambiente es necesario que las superficies de tuberías, accesorios y equipos, estén convenientemente aisladas, lo cual permitirá evitar que aproximadamente un porcentaje de la energía se pierda innecesariamente. Existe otro porcentaje de energía que se perderá inevitablemente, pues los aislamientos no son 100% eficaces.

Un sistema de aislamiento térmico está formado por la combinación de materiales de elevada resistencia al paso de calor, acabado y accesorio que ensamblados cumplen uno o más de los anteriores objetivos. La eficiencia y servicio de un aislamiento depende directamente de su protección a la entrada de humedad y del daño mecánico o químico, por lo tanto la selección de materiales para acabado de protección debe estar basada en las condiciones de la instalación.

Por tal motivo se ha seleccionado un aislante para una determinada aplicación, tomando en cuenta las siguientes consideraciones:

- a. Tipo de aislante
- b. Conductividad térmica
- c. Emisividad del aislante
- d. Temperatura de trabajo
- e. Densidad
- f. Característica higroscópica

- g. Capacidad de secado rápido si absorbe humedad
- h. Estabilidad (alteración de sus características térmicas)
- i. Resistencia a la combustión
- j. Emisión de gases tóxicos en caso de combustión
- k. Facilidad de colocación
- l. Resistencia al daño y al deterioro
- m. Resistencia a la deformación y contracción
- n. Facilidad para recibir un acabado exterior superficial
- o. No ser peligroso para la salud durante su instalación

Para los sistemas de vapor a las presiones usuales, muchas veces es suficiente y adecuado usar aislamiento de fibra de vidrio, el cual viene normalmente en presentaciones preformadas listas para instalar, lo que aunado a su bajo peso y buenas características térmicas significa bajos costos de instalación de aislamiento.

## **2.2 Protección de los trabajadores**

Los trabajadores que usan y hacen el mantenimiento a calderas saben que éstas son potencialmente peligrosas. Las calderas son recipientes cerrados con quemadores de gas o electricidad que calientan agua u otros líquidos para generar vapor. El vapor está a presión y sobrecalentado, y se usa para generar electricidad, para calefacción o para otros propósitos industriales.

Aunque las calderas normalmente están equipadas con una válvula de alivio de presión, si la caldera no puede resistir la presión, la energía que contiene el vapor se libera instantáneamente. Esta combinación de metal explotando y vapor sobrecalentado puede ser extremadamente peligrosa.

Sólo trabajadores autorizados y debidamente capacitados deben operar las calderas. Los trabajadores deben conocer bien el manual de operación y las instrucciones del fabricante de la caldera. Los operadores de calderas deben inspeccionar las calderas con frecuencia en búsqueda de fugas, combustión correcta, funcionamiento de los dispositivos de seguridad e indicadores, así como otras funciones. Muchas calderas viejas, así como las tuberías de vapor o agua caliente pueden tener recubrimientos aisladores, enrollados o forros de asbesto.

Los trabajadores deben inspeccionar esas áreas periódicamente para asegurarse de que los materiales no estén dañados, que no se estén descascarando y que no estén deteriorados. Deben reportarse la existencia de materiales dañados y deben repararse o eliminarse de inmediato por un contratista certificado para trabajos en asbesto.

Los indicios de superficies rajadas, prominencias, corrosión u otras deformidades deben ser reparados de inmediato por un técnico autorizado. Los registros detallados de la operación y el mantenimiento de la caldera pueden ayudar a asegurar su seguridad.

Las calderas deben siempre conectarse lentamente, y nunca se debe inyectar agua fría a un sistema caliente. Cambios súbitos de temperatura pueden torcer o quebrar la caldera. Debido a que muchas calderas queman gas natural, combustible diesel o petróleo, es necesario tomar precauciones especiales.

Los operadores de calderas deben asegurar que el sistema de combustible, incluyendo las válvulas, tuberías y tanques, estén funcionando correctamente y sin fugas. Para prevenir explosiones en la caldera, es

imperativo que los operadores purguen la caldera antes de encender el quemador.

Los trabajadores deben verificar la relación de aire a combustible, la condición del tiro y la llama para asegurarse de que ésta no sea demasiado alta ni que eche humo. Los sistemas de ventilación también deben inspeccionarse y mantenerse para asegurar que los gases producto de la combustión no se acumulen en la sala de calderas.

El área que rodea a la caldera debe mantenerse libre de polvo y desperdicios, y no se deben almacenar materiales combustibles cerca de ninguna caldera. Los pisos a menudo son de concreto sellado y pueden ser muy resbalosos cuando están mojados. Los derrames deben trapearse o limpiarse de inmediato. Asegúrese de que haya suficiente iluminación y que cualquier lámpara defectuosa se repare de inmediato.

Se les permitirá únicamente a los técnicos autorizados hacer reparaciones en las calderas. El personal de reparación debe usar equipos de protección personal, tales como cascos, guantes para trabajo pesado, protección para los ojos y overoles. Cuando entren en una caldera para efectuar reparaciones o tareas de mantenimiento, los trabajadores de reparación de calderas deben tratarla como un espacio cerrado que requiere permisos.

Cuando se para una caldera para reparaciones, todas las fuentes de energía deben desconectarse usando procedimientos de bloqueo, y los residuos de presión en tuberías de vapor, agua y combustible deben aliviarse siguiendo los procedimientos correctos de vaciado y bloqueo, o taponamiento.

### **2.3 Niveles de ruido**

Las salas de calderas son sumamente ruidosas, por lo tanto el área debe estar identificada como tal y los trabajadores deben usar protectores para los oídos cuando trabajen dentro de la sala de calderas. Debido a que las calderas tienen superficies calientes, debe haber suficiente espacio a su alrededor para que los trabajadores puedan moverse en la sala de calderas.

Cuando se quieren adoptar medidas de reducción del ruido, es conveniente empezar por la fuente generadora, es decir, por la máquina. La ejecución de medidas de reducción del ruido sólo pueden llevarse a cabo con éxito si el fabricante indica el ruido de sus productos.

Por esta razón la información sobre el ruido está determinada a promover el desarrollo de productos más silenciosos. Es por ello, por lo que el contenido de la normativa reglamentaria sobre el ruido en máquinas comprende esos dos aspectos importantes y complementarios en forma de requisitos esenciales.



### **3. PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LA DISTRIBUCIÓN DE VAPOR**

#### **3.1 Evaluación de la distribución de tuberías**

La distribución del vapor en la empresa de cosméticos se hace por medio de tuberías desde la caldera hasta el punto de consumo, para poder satisfacer la demanda en el área de producción y en la planta de envasado.

En los sistemas de distribución de vapor, se presentan deficiencias que se traducen en pérdidas de energía que a su vez implican mayor consumo de combustible en la caldera para compensar dichas pérdidas.

En el sistema de generación-distribución la eficiencia es del 85% de la energía aportada al sistema por el combustible de la caldera (sistema de vapor), tal como se describió en la situación actual, sin embargo esta puede ser mejorada, optimizado el sistema.

Los sistemas de distribución, además de implicar mayor consumo de combustible, implican también un incremento proporcional de las emisiones de gases de combustión. En el sistema de tuberías de vapor se propone que debe ser evaluado con más frecuencia, ya que las averías son pocas pero, claras en el cuarto de calderas, en el maniful, y en los servicios de vapor que se encuentran en:

- a. Planta de producción
- b. Planta de envasado

En la distribución de tuberías se detectaron varias fallas, debido a que no hay una evaluación constante y no se ha hecho el mantenimiento respectivo, cada vez son más las fugas de vapor, las averías y el deterioro del sistema.

Aunque son mínimas, se encuentran específicamente en:

- a. El sistema de tuberías
  - i. Fugas de vapor
  - ii. Falta de aislamiento térmico
  - iii. Aislamiento térmico muy antiguo
  - iv. Aislamiento térmico dañado

Cuando existe una buena evaluación del sistema de tuberías se prevén pérdidas de calor, no obstante parte de calor es radiado al medio ambiente. En este transporte el vapor cede calor a las paredes de la tubería y empieza a condensar en agua y a depositarse en el fondo de la misma. Si este condensado se le permite mantenerse en la tubería ocasionará tanto pérdida de calor como bloqueo con sus correspondientes consecuencias.

En la evaluación del sistema de tuberías se tomó en cuenta los siguientes factores:

- a. Inspeccionar las tuberías y accesorios del sistema.
  - i. Fugas
  - ii. Corrosión
  - iii. Falta de aislamiento térmico
- b. Inspeccionar el aislamiento térmico:
  - i. Humedad
  - ii. Espesor adecuado

### **3.1.1 Aislante térmico en tuberías de distribución del vapor**

Tanto las tuberías de distribución de vapor de la planta de envasado y la planta de producción necesitan estar protegidas con aislante térmico, se recomienda, que antes del montaje debe comprobarse que las tuberías no estén rotas, dobladas, aplastadas, oxidadas o dañadas de cualquier manera. Para dicha instalación se harán de forma ordenada.

La separación entre la superficie exterior del recubrimiento de una tubería y cualquier otro elemento será tal que permita la manipulación y el mantenimiento del aislante térmico, así como de válvulas, purgadores, aparatos de medida y control.

El órgano de mando de las válvulas no deberá interferir con el aislante térmico de la tubería. Las válvulas roscadas y las de mariposa deben estar correctamente acopladas a las tuberías, de forma que no haya interferencia.

La alineación de las canalizaciones en uniones, cambios de sección y derivaciones se realizará sin forzar las tuberías, empleando los correspondientes accesorios o piezas especiales.

Para la realización de cambios de dirección se utilizarán preferentemente piezas especiales, unidas a las tuberías mediante rosca, soldadura, encolado o bridas. Cuando las curvas se realicen por cintrado de la tubería, la sección transversal no podrá reducirse ni deformarse; la curva podrá hacerse corrugada para conferir mayor flexibilidad. El cintrado se hará en caliente cuando el diámetro sea mayor que DN 50 y en los tubos de acero soldado se hará de forma que la soldadura longitudinal coincida con la fibra neutra de la curva.

El radio de curvatura será el máximo que permita el espacio disponible. Las derivaciones deben formar un ángulo de 45 grados entre el eje del ramal y el eje de la tubería principal. El uso de codos o derivaciones con ángulos de 90 grados está permitido solamente cuando el espacio disponible no deje otra alternativa o cuando se necesite equilibrar un circuito.

### **3.1.1.1 Conexiones**

Las conexiones de los equipos y los aparatos a las tuberías en la Planta de Procesos y de Envasado se deben realizar de tal forma que entre la tubería y el equipo o aparato no se transmita ningún esfuerzo, debido al peso propio y las vibraciones. Las conexiones deben ser fácilmente desmontables a fin de facilitar el acceso al equipo en caso de reparación o sustitución.

Los elementos accesorios del equipo, tales como válvulas de interceptación y de regulación, instrumentos de medida y control, manguitos amortiguadores de vibraciones, filtros entre otros, deberán instalarse antes de la parte desmontable de la conexión, hacia la red de distribución.

Se admiten conexiones roscadas de las tuberías a los equipos o aparatos solamente cuando el diámetro sea igual o menor que DN 50.

### **3.1.1.2 Uniones**

Las uniones puede realizarse por soldadura, encolado, rosca, brida, compresión mecánica o junta elástica. Los extremos de las tuberías se prepararán de forma adecuada al tipo de unión que se debe realizar.

Antes de efectuar una unión, se repasarán y limpiarán los extremos de los tubos para eliminar las rebabas que se hubieran formado al cortado o aterrajados y cualquier otra impureza que pueda haberse depositado en el interior o en la superficie exterior, utilizando los productos recomendados por el fabricante.

Se recomienda que las tuberías tengan el menor número posible de uniones. Entre las dos partes de las uniones se interpondrá el material necesario para la obtención de una estanquidad perfecta y duradera, a la temperatura y presión de servicio.

Cuando se realice la unión de dos tuberías, directamente o a través de un accesorio, aquellas no deben forzarse para conseguir que los extremos coincidan en el punto de acoplamiento, sino que deben haberse cortado y colocado con la debida exactitud.

No deberán realizarse uniones en el interior de los manguitos que atraviesen paredes, forjados u otros elementos estructurales. Los cambios de sección en las tuberías horizontales se efectuarán con manguitos excéntricos y con los tubos enrasados por la generatriz superior para evitar la formación de bolsas de aire.

No se permite la manipulación en caliente a pie de obra de tuberías de materiales plásticos, salvo para la formación de abocardados y en el caso de que se utilicen los tipos de plástico adecuados para la soldadura térmica.

El acoplamiento de tuberías de materiales diferentes se hará por medio de bridas; si ambos materiales son metálicos, la junta será dieléctrica. En los

circuitos abiertos, el sentido de flujo del agua debe ser siempre desde el tubo de material menos noble hacia el material más noble.

### **3.1.2 Aislante térmico en accesorios de tuberías**

Se pudo observar que algunos accesorios están sin aislamiento térmico, esto contribuye a que aumente la pérdida de calor, además la temperatura del aire en el área donde se fabrican los graneles alcanza valores elevados e incomoda a las personas que trabajan en las marmitas cercanas y en las áreas aladañas.

Debido a lo mencionado anteriormente se debe tomar en cuenta la supervisión a los accesorios porque son igualmente indispensables como las tuberías, para evitar las pérdidas térmicas. Según los cálculos, por cada dispositivo se llega a ahorrar cantidades de kg/h de vapor, esto dependerá del diámetro del accesorio.

Por ejemplo, aislar térmicamente una válvula con diámetro de 200 decímetros equivale a ahorrar 2 kg/h de vapor. Pero la experiencia conduce a valores notablemente mayores (0.8 a 1 kg/h por válvula de 40 a 50 decímetros de diámetro).

Se recomienda aislar térmicamente los accesorios por medio de colchones desmontables. Estos colchones se pueden fabricar con fibra de vidrio rellenos de lana mineral, y fijados mediante lazadas. Esta solución garantiza una larga vida a los colchones, superior a las láminas de revestimiento.

Se considera el espesor del colchón como igual al del aislamiento térmico de una tubería del mismo diámetro. A continuación se describe las Propiedades de los aislantes térmicos en los accesorios

- a. **Coeficiente de conductividad térmica:** El valor del coeficiente debe ser el menor posible, por lo regular se llega a obtener menor a  $0.05 \text{ W.m}^{-1} \text{ K}^{-1}$  para una temperatura en la superficie caliente, inferior o igual a  $250^{\circ}\text{C}$ , y una temperatura en la superficie fría, inferior o igual a  $40^{\circ}\text{C}$ .
- b. **Resistencia al calor:** El aislante térmico, sometidos a temperaturas altas, debe ser capaz de resistirlas sin que sus características experimenten cambios (el vapor de agua a una temperatura inferior a  $250^{\circ}\text{C}$  debe resistir una temperatura de  $3000^{\circ}$ ).
- c. **Resistencia al fuego:** El material aislante debe ser incombustible o ignífugo.
- d. **Resistencia mecánica:** Todo material debe conservar en el tiempo sus dimensiones iniciales y especialmente, ofrecer durante el servicio una óptima resistencia a los asentamientos y debilitamientos. Esto ha llevado en la práctica a evitar los materiales de densidad muy baja.
- e. **Resistencia a la humedad:** Los aislantes térmicos deben mantenerse estables en una atmósfera caliente y húmeda.

Estas características no solo son aplicables a los accesorios sino también para las tuberías.

### **3.1.3 Prevención de fugas de vapor**

Uno de los problemas de gran importancia con el que sistemáticamente tiene que enfrentarse el operador de la caldera de vapor a la hora de producir energía es el de la aparición de fugas inesperadas en el circuito de generación de vapor.

Este problema adolece de una serie de características que le hacen especialmente grave en el caso de las calderas destinadas, Esto implica la necesidad de un nivel de disponibilidad lo más alto posible, resultando de un gran perjuicio económico cualquier necesidad no programada de parada de las mismas.

El problema aparece de forma inesperada, resultando muy difícil, la predicción precisa del mismo. Los fenómenos de corrosión y de degradación de materiales que dan lugar a la aparición de las fugas son perfectamente conocidos, sin embargo nadie tiene datos suficientes de todos los elementos instalados en una caldera, y menos de sus defectos ocultos de fabricación, como para establecer un modelo matemático que permitiese predecir con cierta fiabilidad la aparición de una fuga.

En estos casos cuanto más días se lleva sin la manifestación de una fuga, más alta será la probabilidad de que dicha fuga pudiese aparecer. Una fuga se caracteriza por ser un problema que, una vez que aparece, siempre crece en magnitud y consecuencias, y nunca se puede esperar que remita por sí solo autocorrigiéndose.

La probabilidad de que en un determinado punto del circuito aparezca una fuga es directamente proporcional al cubo del valor económico de los

daños colaterales que el vapor pueda producir en el entorno. En otras palabras, no se puede dejar de considerar que los efectos de una fuga afectan no solo al punto del circuito en que se produce, sino que con mucha frecuencia causan daños en otros elementos de la caldera que se encuentran en las proximidades.

Por estas razones, aunque son muy pocas, se recomienda tomar en cuenta con suma urgencia las pérdidas de vapor, que actualmente sufre el sistema de tuberías.

#### **3.1.4 Ubicación de trampas de vapor**

La ubicación de las trampas de vapor favorece una buena distribución del mismo, juicio y experiencia son a menudo elementos vitales para obtener los mejores resultados en las trampas de vapor, sin embargo, un conocimiento verdaderamente efectivo y la habilidad para desarrollar y mantener una actividad eficiente en trampas de vapor.

De acuerdo a los diferentes tipos de trampas de vapor, existen cuatro pasos en la aplicación correcta de trampas en un sistema.

- a. Ubicación adecuada
- b. Selección apropiada
- c. Capacidad adecuada
- d. Instalación correcta

Para el sistema de vapor se recomiendan dos categorías:

- a. De Procesos
- b. De Protección de línea

### **3.1.4.1 De procesos**

En el proceso las trampas drenan el condensado que se forma al utilizarse el vapor. Los procesos comunes son:

- a. Calentamiento de un líquido (marmitas, intercambiadores de concha y tubo)
- b. Calentamiento de un gas (precalentamiento de aire, serpentines de calefacción, secadores entre otros.)
- c. Calentamiento de un sólido (secadores de tambor)
- d. Calentamiento directo de sólidos (autoclaves)

Estas aplicaciones favorecen al sistema ya que se caracterizan por presiones normalmente menores de 125 PSI (0.86 Mpa), las cuales varían debido a la carga fluctuante del proceso. Por la misma razón, las cargas de condensado son también variables, especialmente en los procesos por tandas. En este caso la descarga de aire y de gases no condensables es muy importante y puede implicar volúmenes grandes de estos gases.

La ubicación normal de las trampas en todos estos casos es inferior al nivel del equipo de proceso. Es importante recordar que en el proceso cada equipo tiene su propia trampa, por ello nunca se deben drenar dos equipos con la misma trampa.

### **3.1.4.2 De Protección de líneas**

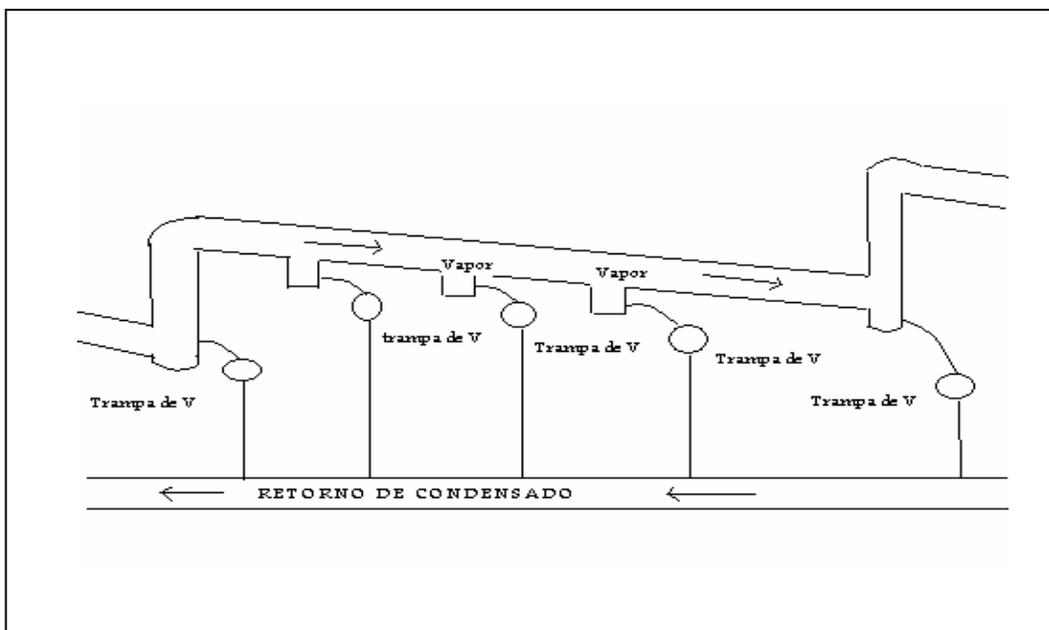
Para la categoría de protección de líneas existen dos aplicaciones de trampas en lo que a protección de líneas se refiere. La primera es el drenaje de condensados que se forman en las líneas de distribución de vapor debido al

enfriamiento ambiental. La segunda aplicación es en las líneas “tracer” o sea líneas de vapor normalmente de media pulgada, que se instalan contiguas a tuberías de distribución de fluidos que se necesitan mantener a cierta temperatura.

En estas aplicaciones, especialmente en drenajes de tuberías principales y ramales de vapor, las presiones encontradas son normalmente más altas que en el proceso y son mucho más constantes. Las cargas de condensados son muy constantes también, con la excepción de acumulación alta de condensado al arrancar un sistema frío.

La descarga de aire es importante solamente durante el arranque. Durante la operación del sistema, la carga de condensado es muy baja y no existe necesidad de descargar aire y gases no condensables. A continuación se presenta la figura del sistema de vapor

**Figura 15. Sistema de vapor**



La figura describe la inclinación de 2 grados de inclinación de la distribución de vapor para evitar la acumulación de condensado

### **3.2 Mantenimiento en operación**

El mantenimiento en operación es la llave del éxito para un buen funcionamiento del sistema de vapor. Procedimientos impropios pueden desgastar los equipos que manejan el combustible, a través del desajuste de los componentes, resultando en un inadecuado tratamiento del agua de la caldera y de los gases de combustión, permitiendo que el condensado, todavía caliente, sea desperdiciado.

Una caldera a la que no se le ha dado mantenimiento, es posible que inmediatamente se le pueda obtener un incremento de eficiencia de 20 a 30 por ciento. A continuación se enlistan algunos ejemplos de oportunidades que pueden ser realizadas:

- a. Tratamiento de Agua: Si el agua de alimentación de la caldera no es tratada adecuadamente, las incrustaciones pueden reducir su eficiencia tanto como 10 – 12 por ciento y puede, incluso, ser peligroso para la instalación.
- b. Retorno de Condensados: Adicionalmente se requiere entre 15 a 18 por ciento de la energía de la caldera desde el sistema de generación y distribución de vapor para recalentar cada libra de agua fría de repuesto.
- c. Controladores de Carga: Sistemas de control distribuido digital basados en computadoras proveen una confiabilidad y tal que pueden alargar la

vida útil de la caldera. Controles de quemadores múltiples se pueden acoplar con el control de ajuste de aire lo que puede dar como resultado ahorros de combustible de 3 a 5 por ciento.

Para el mantenimiento en operación es importante poner atención a lo siguiente:

- a. Revisar las trampas de vapor y de condensados y asegúrese de que los condensados son retornados eficientemente.
- b. Instalar medidores y llevar registros de hacia dónde va el vapor. Hacer inspecciones del sistema general de distribución y de cada uno de los procesos individuales para mantener un buen balance de vapor.

Cuidar el sistema de distribución de vapor nos da una las mejores oportunidades de ahorrar. El costo del mantenimiento a las trampas de vapor y el revisar que no existan fugas en las uniones de las tuberías y en las válvulas, requiere de una inversión de capital muy pequeña o casi nula. Dar entrenamiento cuidadosamente completo y a la vez apropiado al equipo de mantenimiento siempre será una buena inversión.

Fugas de Vapor: En un sistema de distribución descuidado siempre encontraremos fugas en las tuberías, en válvulas, en los equipos de proceso, en las trampas de vapor, en las bridas o conexiones especiales. Arreglar o quitar fugas es una oportunidad de ahorrar energía y dinero, además, esto es muy simple y el costo es muy bajo y muchas veces el hacerlo no cuesta nada.

Trampas de Vapor: Cuando no se tiene un programa de mantenimiento para las trampas de vapor, es común encontrar en la instalación de 15 a 20 por ciento de las trampas funcionando inadecuadamente todo el tiempo.

Aislamientos: Instalaciones Industriales auditadas bajo el programa del Centro de Asistencia Industrial del Departamento de Energía de Estados Unidos (DOE), han demostrado un rango de ahorros potenciales desde 3 por ciento hasta valores tan altos como 13 por ciento del total de gas natural utilizado en promedio. Al instalar aislamientos, una planta pudo dejar de consumir aproximadamente 6,000 lb/hr y pudo bajar la cantidad de combustible utilizado, redujo las emisiones de CO<sub>2</sub> en un 6 por ciento y logro recuperar la inversión en 6 meses.

Para el cuidar el sistema de distribución de vapor se recomienda lo siguiente:

- a. Establezca un programa para regular la inspección, prueba y reparación de las trampas de vapor. El personal de mantenimiento y de operación deberá ser entrenado adecuadamente en las técnicas para hacer pruebas a las trampas de vapor. Cuando se requiera hacer pruebas de ultrasonido, contrate personal adecuadamente entrenado.
- b. Revise que no existan fugas de vapor en las tuberías.
- c. Revise la operatividad de las válvulas de control.
- d. Mantenga un sistema rutinario para identificar líneas de vapor que son poco o rara vez utilizadas y que puedan ser removidas del servicio.

### **3.2.1 Control de operación diaria**

Cuando se habla de control de operación diaria obliga a que se debe supervisar el funcionamiento del sistema diariamente. Esto, como parte de la rutina diaria de los operadores. No se refiere a control de operación de la caldera. Por otro lado se debe revisar diariamente lo siguiente:

- a. La existencia de piezas más usadas con frecuencia
- b. Mantener el equipo eléctrico en buen estado.
- c. Enfatizar el orden y limpieza en el cuarto de calderas.
- d. Mantener los registros de consumo de combustible.
- e. Chequeo del nivel de agua
- f. Purga de la columna de agua
- g. Registro de temperatura y presión de operación diaria
- h. Registro de presión de aceite y temperatura

### **3.2.2 Fichas de control de la caldera**

Con el objeto de llevar un control de las calderas se propone revisar y llevar un archivo. El encabezado describe el asunto, la fecha, el número de la caldera y el nombre de la persona que elabora la supervisión. Los datos de importancia que se consignan en la ficha de control en una industria de cosméticos son los siguientes:

- a. Temperatura del bunker: Debe estar en el rango de 150° F a 160° F.
- b. Presión del bunker: Lectura del manómetro que indica la presión a la cual la bomba impulsa el bunker.
- c. Nivel del aceite del compresor: Lectura tomada del nivel
- d. Nivel del agua de la caldera: indica el nivel del agua en la caldera. Si se eleva mucho el vapor sale muy húmedo. La lectura debe estar entre 2.5
- e. Bomba de alimentación: Identifica al grupo que pertenece y su número de identificación, en los paneles de control.

- f. Presión de vapor: Se coloca la lectura del manómetro, dependerá de la demanda, aunque de acuerdo al funcionamiento normal de la caldera está regulada al rango de 110 a 115 PSI.
- g. Temperatura de la chimenea: Indicación de la temperatura de salida de los gases, la cual es importante para revisar los niveles de exceso de aire, oxígeno y combustible.

Finalmente hay una sección para observaciones, para que sea considerada de acuerdo al criterio del supervisor. A continuación se describe en una ficha de control diario de la caldera.

**Tabla VI. Ficha de control diario de calderas**

<b>FICHA DE CONTROL DIARIO DE CALDERAS</b>					
ASUNTO: Control de calderas FECHA: Fecha de elaboración CALDERA No. SUPERVISOR: Nombre					
No.	Descripción	JORNADA			COMENTARIO
		Matutina	Vespertina	Nocturna	
1	Temperatura del bunker				
2	Presión del bunker				
3	Nivel de aceite del compresor				
4	Nivel de agua de la caldera				
5	Bomba de alimentación				
6	Presión de vapor				
7	Temperatura de la chimenea				
OBSERVACIONES:					

FUENTE: propuesta de proyecto

### **3.2.3 Inspección de fugas en la tubería**

Dada la existencia de fugas que actualmente se encuentran en el sistema de vapor, supone una pérdida de rendimiento del sistema, y a su vez la corrección del problema implica una parada de la caldera cuyas repercusiones económicas superan con creces cualquier otra consideración.

Los nivel de presiones que actualmente se manejan en los circuitos de las calderas de vapor, normalmente empieza una fuga, como un pequeño agujero por el que empieza a salir un chorro de vapor, pero sin embargo nunca se tiene claro como puede terminar el proceso en caso de que lo dejemos mucho tiempo sin tratar.

Posiblemente se dejan algunas consideraciones más en el tintero, pero en cualquier caso las anteriormente expuestas justifican más que de sobra la necesidad de disponer en las calderas de procedimientos de inspección lo más precoz posible de las fugas, así como de medios de seguimiento fiables de la evolución de las mismas.

Un dispositivo utilizado desde el principio de la existencia de calderas de vapor, que se sigue utilizando actualmente, es el del detector óptico, acústico y térmico. La capacidad de detección de un hombre experto, que conoce a fondo su caldera, mirando, escuchando y tocando está lo suficientemente probada como para no desdeñarla.

Su eficacia y precisión dependen del número de horas que lleve funcionando continuamente, lo que implica la necesidad de un periodo de parada diario para enfriar, recalibrar y reponer facultades. Su fragilidad es

también muy alta, y caso de accidente importante la pérdida global que supone es demasiado importante como para asumirla.

En definitiva, que aún contando con el técnico de mantenimiento para tomar control del problema una vez detectado, la disponibilidad de un sistema automático de detección y seguimiento de las fugas es un elemento a considerar muy seriamente en la inspección de fugas en la tubería.

Una propiedad común a toda fuga de vapor es la de generación de sonido. Las características de dicha emisión acústica varían sustancialmente de unos casos a otros, e incluso lo hacen a lo largo de la evolución temporal de uno determinado.

En cualquier caso la experiencia demuestra que el sonido de una fuga de vapor tiende a ser un ruido, es decir un sonido cuya energía está repartida por igual a lo largo de todo el espectro de frecuencias que lo componen, cuyo nivel acústico desde que aparece y hasta que se corrige siempre crece a lo largo del tiempo.

El sonido producido por una fuga se propaga tanto por el aire como por la estructura de la caldera, siendo posible por tanto detectar la presencia de fugas en los diversos puntos. Sin embargo, en cualquier sistema que se construya basado en este principio hay que considerar la presencia de otros sonidos que interfieren en el proceso de detección como son el propio ruido de la combustión.

El ruido de los motores, ventiladores, compresores, etc. situados en diversos puntos de la estructura, los ruidos producidos por los operarios de

servicio en las acciones de operación y mantenimiento, el ruido de los sopladores, etc. etc.

Las fugas son tan evidentes, que hay que corregirlas inmediatamente. Llegados a este punto, y, tal como ya ha dicho, aunque los niveles absolutos de ruido medidos no son significativos en sí, la inspección por parte del operador es tan importante para un manejo eficiente del vapor.

Para la inspección de fugas en la tubería se recomienda tomar en cuenta la estructura del sistema de vapor, esto determina por un lado cuales son las zonas de mayor riesgo de fugas. Por otra parte, dentro de las zonas con mayor o menor densidad de tubos, la experiencia previa puede ayudar mucho a determinar donde ha habido una mayor incidencia de averías, y por tanto donde el riesgo es mayor.

La inspección y detección precoz de cualquier fuga supone una importante reducción económica de los costos de operación, paralelamente se incrementa los niveles de seguridad para el personal de mantenimiento.

#### **3.2.4 Inspección de trampas de vapor**

Los costos de la energía han hecho que el vapor sea costoso para desperdiciar. Según la tabla No. 3 donde se muestra el estado de las trampas de vapor tanto de la planta de producción como de envasado se determinó que un 30% y un 40% de sus trampas de vapor no funcionan correctamente. Los problemas ocasionados por las trampas defectuosas van desde bajas eficiencias térmicas por condensado en el vapor hasta golpe de ariete.

Utilizando una inspección minuciosa se puede determinar claramente si existe o no flujo de vapor pues el flujo turbulento genera onda. Adicionalmente utilizando el mismo principio se pueden inspeccionar válvulas con problemas.

Para la inspección de las trampas de vapor se recomienda que, siempre que falle una trampa de vapor y no existe una razón aparente para esa falla, se debe de observar cuidadosamente la descarga de la trampa. Esta es una tarea sencilla si es que la trampa se ha instalado con una salida para pruebas; si este no es el caso, entonces será necesario desconectar la tubería de salida para observar la descarga. Los siguientes enunciados nos ayudan a determinar la situación:

#### **3.2.4.1 Trampa fría y sin descarga**

Si la trampa no está descargando ningún condensado, entonces:

##### **No llega condensado o vapor a la trampa**

- a. El filtro antes de la trampa está tapado
- b. Fugas en la tubería de entrada a la trampa
- c. Tubería o codos tapados

##### **Mecanismo desgastado o defectuoso**

- a. Se debe de reparar o reemplazar lo que sea necesario.

##### **El cuerpo de la trampa está lleno de suciedad**

- a. Se debe de instalar un filtro, o remover la suciedad en donde se está generando

**Para trampas IB, el venteador en el balde está lleno de suciedad. Se evita mediante:**

- a. La instalación de un filtro
- b. Aumento ligero del tamaño del venteador
- c. El uso de un alambre limpiador en el venteador del balde

**Para trampas F & T**

- a. Si el venteador de aire no está funcionando en forma correcta. Es muy probable que está trabado por el aire.

**Para trampas termostáticas**

- a. Parte del fuelle se puede romper debido a impacto hidráulico, lo que causaría que la trampa falle cerrada.

**Para trampa de disco**

- a. Puede ser que la trampa se instaló invertida.

### **3.2.4.2 Trampa caliente y sin descarga**

**No está llegando condensado a la trampa**

- a. La trampa se instaló más arriba que una válvula de bypass con fuga
- b. El tubo de drenaje por sifón en un tanque está roto o dañado
- c. Vacío en el serpentín del calentador de agua evita el drenaje. Se debe de instalar un rompedor de vacío entre el intercambiador de calor y la trampa.

### **3.2.4.3 Pérdida de calor**

Si la trampa está dejando escapar vapor vivo, se puede deber a cualquiera de los siguientes problemas:

C.1 La válvula no cierra en su asiento.

- a. Pedazo de óxido incrustado en el orificio
- b. Partes desgastadas

### **Trampas IB pierden su ciclo**

- a. Si la trampa está descargando vapor vivo. Ciérrase la válvula de entrada por unos minutos. Vuélvase a abrir gradualmente. Si la trampa recupera su ciclo de operación entonces muy probablemente la trampa no tiene ningún problema.
- b. Típicamente la pérdida de calor en una trampa se debe a cambios frecuentes y repentinos en la presión del vapor. En estos casos se recomienda la instalación de una válvula check. Cuando sea posible se debe de instalar la trampa muy por debajo del punto de drenado.

### **3.2.4.4 Flujo continuo**

Si una trampa IB o una de disco está descargando continuamente, o si una trampa F&T una termostática descarga a su máxima capacidad, se debe de checar lo siguiente:

### **Trampa demasiado pequeña.**

- a. Una trampa más grande, o trampas adicionales, se debe de instalar en paralelo.

- b. Trampas para altas presiones se pueden estar utilizando en aplicaciones a baja presión. Instálese un mecanismo interno del tamaño adecuado.

### **Agua en condiciones anormales**

- a. La caldera, al estar formando espuma o al estar sobrecargada, lanza grandes cantidades de agua en las tuberías del vapor. Se debe de instalar un separador o se deben de corregir las condiciones del agua de alimentación a las calderas.

### **3.2.4.5 Calentamiento lento**

Cuando la trampa está operando de manera correcta pero la unidad no calienta de forma adecuada, entonces:

- a. Una o más de las unidades están en cortocircuito. La solución es instalar una trampa en cada unidad.
- b. Las trampas pueden ser demasiado pequeñas para la aplicación dada, aún cuando parezca que está descargando el condensado de una manera eficiente. Se debe de probar trampas de un tamaño más grande.
- c. La trampa tiene capacidad insuficiente para lidiar con el aire presente, o el aire puede no estar llegando hasta la trampa. En ambos casos se debe de usar un venteador de aire adicional.

### **3.2.4.6 Problemas misteriosos**

Si la trampa está funcionando de manera satisfactoria cuando descarga a la atmósfera, pero se tienen problemas cuando su descarga se conecta a una tubería de retorno, se debe de checar lo siguiente:

F.1 La contrapresión puede estar disminuyendo de capacidad de la trampa

- a. La tubería de retorno es demasiado pequeña – trampa caliente.
- b. Otras trampas están descargando vapor – trampa caliente.
- c. El venteador atmosférico en el receptor del condensado está tapado – trampa fría o caliente.
- d. La tubería de retorno está obstruida – trampa caliente.
- e. Vacío excesivo en la tubería de retorno – trampa fría.

#### **3.2.4.7 Problemas imaginarios**

Si se tiene la impresión de que se está escapando vapor cada vez que la trampa descarga, recuérdese que:

El condensado caliente genera vapor flash al ser descargado a una presión menor, pero generalmente se condensa más rápido en la tubería de retorno.

### **3.3 Mantenimiento fuera de operación**

Con el mantenimiento fuera de operación se encuentran las oportunidades de ahorro, uso y administración de la energía y por ende ahorro en los costos operativos, mejorar la calidad del vapor y mayor productividad.

Los tópicos que se proponen en esta auditoría son:

- a. Diseño de un plano isométrico del sistema de vapor y condensado actual con alto nivel de detalle. En este dibujo se plantean las futuras modificaciones de optimización. Evaluación detallada del sistema para determinar las oportunidades de mejora en:
  - i. Selección y distribución de tuberías
  - ii. Purga del condensado de tuberías y equipos

- iii. Instalación y selección de trampas
  - iv. Aprovechamiento de condensado y aislamiento térmico
- 
- b. Identificación de las trampas para vapor en sitio con placa de acero inoxidable y en el dibujo del sistema de vapor. Así como la codificación de las tuberías de distribución de servicio de vapor.
  - c. Verificación del funcionamiento de las trampas para vapor y componentes del sistema, con equipo apropiado, en donde se especifican cada una de las trampas en cuanto a sus características de desempeño. Además permite graficar los resultados del chequeo y llevar el control estadístico del sistema de trampas.
  - d. Reportar los problemas encontrados y las respectivas propuestas para la solución del mismo. En los casos donde se ameriten, se tomarán fotografías digitales para soportar el reporte de la falla y se hará un esquema para ilustrar la solución a dicha falla, incluyendo la selección de los equipos necesarios para este fin.

Las ventajas de esta aplicación son las siguientes:

- a. La descripción total del sistema de vapor y condensado e identificación de las oportunidades de mejora.
- b. La solución a los problemas encontrados de acuerdo a un criterio técnico confiable.
- c. Importantes mejoras en el sistema que redundaran en grandes beneficios económicos aumentando la productividad de su planta por la reducción de los costos operacionales.
- d. Mayor eficiencia en los servicios de vapor.

- e. La programación de las actividades de mantenimiento correctivo.
- f. Jerarquizando de acuerdo a sus prioridades.

### **3.3.1 Mantenimiento de la caldera**

Uno de los objetivos de toda industria de cualquier índole es el de producir más al menor costo, además de entregar su producción al tiempo acordado, a esta ideología, todos los gerentes, ingenieros y demás se han visto en la obligación de buscar mecanismos que permitan que esta ideología sea totalmente tangible.

Con el mantenimiento de la caldera, se busca mantener al equipo o sistema en sus condiciones normales de operación o de restitución de sus condiciones específicas de funcionamiento. Es por ello que no debe olvidar que el mantenimiento debe expresarse como un sistema organizado que permita el mejor aprovechamiento del medio productivo.

#### **3.3.1.1 Mantenimiento preventivo**

Para que las calderas tengan un funcionamiento eficiente se propone realizar acciones en forma lógica y sistemática con la finalidad de mantenerla trabajando en condiciones específicas de funcionamiento y para reducir las posibilidades de ocurrencias de fallas; es decir, prolongar el tiempo de vida útil de la caldera. Este mantenimiento puede ser de naturaleza menor, como simples reparaciones, o mayor, como una revisión general.

### **3.3.1.2 Mantenimiento correctivo**

Así mismo se propone intervenir inmediatamente después de ocurrida una falla. Por lo general estas fallas acarrearán retrasos en la producción y en consecuencia pérdidas para la organización.

### **3.3.1.3 Mantenimiento predictivo**

El mantenimiento predictivo es recomendable para las calderas ya que este procedimiento lógico y sistemático determina la ocurrencia de una falla que esté por presentarse dentro del sistema. Las responsabilidades del departamento de mantenimiento son:

- a. Mantener en buen estado las calderas, las partes eléctricas del mismo al igual que el sistema de tuberías.
- b. Incentivar a los integrantes de dicho departamento a capacitarse en temas que les corresponden.
- c. Innovar los programas de mantenimiento a fin de que no se produzcan pérdidas ni retrasos en los trabajos.
- d. Velar por el cumplimiento de las normas de seguridad industrial.
- e. Llevar a cabo en conjunto con la administración y la gerencia la programación y ejecución del programa “over all” en las calderas y el sistema completo para así obtener mayores y mejores servicios en

menos actividades de mantenimiento, mayor producción con menos paradas y lograr mayor confianza en el recurso humano disponible.

No debe olvidarse que la caldera es un dispositivo utilizado para generar vapor a una presión superior a la atmosférica. Las calderas se componen de un compartimiento donde se consume el combustible y otro donde el agua se convierte en vapor.

Este funcionamiento hace que la caldera debe tener un mantenimiento, por lo anterior mencionado se propone a la gerencia de mantenimiento tomar en cuenta que los principales problemas en este tipo de circuitos son los siguientes:

- a. Aparición de corrosión en el sistema pre-caldera y caldera por la presencia de oxígeno disuelto en el agua de alimentación
- b. Corrosión en la línea de vapor condensado por la presencia de anhídrido carbónico debido a la descomposición térmica en caldera de carbonatos y bicarbonatos.
- c. Incrustaciones por presencia de dureza en el agua de alimentación.

Un programa de tratamiento integral recomendado para estos sistemas es el siguiente:

- a. Prevención de la corrosión en caldera mediante la aplicación de un producto que asegura un secuestro casi instantáneo de oxígeno. Su control se realiza mediante la determinación de sulfito residual libre en el agua de caldera debiendo estar comprendido entre 30 y 40 ppm.

- b. Prevención de la corrosión en el circuito de vapor condensado mediante la aplicación de un producto para neutralizar el bajo ph del condensado. Su control es sencillo mediante la determinación del ph del condensado, el cual debe estar comprendido entre 8,3 - 9.
- c. Prevención de incrustaciones en el interior de caldera mediante la aplicación de un producto para evitar incrustaciones producidas por dureza en el agua de aporte, produciendo una precipitación controlada que se elimina en la purga.

Las ventajas de esta aplicación son las siguientes:

- a. Eliminación total del oxígeno evitando su efecto corrosivo sobre el circuito.
- b. Eliminación del dióxido de carbono evitando la aparición de picaduras.
- c. Ajuste del ph en el agua de alimentación al recuperar condensado.
- d. Prevención de las incrustaciones mejorando el rendimiento energético de la caldera.
- e. Ahorro de agua, optimizando la purga en caldera.

El chequeo recomendado de las calderas es el siguiente:

- a. **Semanal:** Funcionamiento de los niveles de agua, verificar taponamiento en las purgas, limpieza mecánica de parrillas y tubos en el pirotubo, revisión del tablero eléctrico de control.

- b. Trimestral:** Funcionamiento de los niveles de agua, verificación del funcionamiento de la presión, verificación de los manómetros de la caldera y la bomba del agua, verificar estado del termómetro de la chimenea, verificar disparándolas manualmente las válvulas de seguridad (a la presión de cierre). **NOTA:** No se recomienda, bajo ninguna circunstancia, recalibrar las válvulas de seguridad en sitio, enviarlas a bancos de calibración especializados, para que les cambien el resorte.
  
- c. Semestral:** Revisar la curva de operación de la bomba del agua, que por desgaste no es capaz de mantener el nivel en la caldera. Con la válvula de salida cerrada, después del manómetro, prender la bomba y observar la presión en el manómetro (no hacerlo por un tiempo prolongado).
  
- d. Periódicos:** de la parte interna de la caldera, destapando los “manholes” y “handholes” para inspeccionar la corrosión e incrustación, en la parte externa de los tubos del pírotubo. Establecer el periodo de esta verificación en coordinación con el fabricante de la caldera.

Es muy importante que el mantenimiento de la caldera sea realizado acorde a la fecha calendarizada. Lo siguiente es una recomendación de una calendarización sobre las partes de la caldera que deben recibir mantenimiento. En la siguiente hoja se muestra.

**Tabla VII. Calendarización recomendada para mantenimiento de calderas**

No.	Semanal	Mensual	Semestral	Anual
1	Chequeo de válvulas de combustible	Inspeccionar el quemador	Limpieza de llaves para agua	Limpieza de las superficies del hogar de la caldera
2	Chequeo de la conexión entre combustible y aire	Analizar combustión	Chequeo precalentador de bunker	Limpieza de recamara
3	Chequeo de luces y alarmas de seguridad	Chequeo de levas	Inspección de refractario	Limpieza de superficies en contacto con agua
4	Chequeo de controles de operación y límites	Inspección de fugas de fugas de vapor en chimenea	Limpieza de filtro de combustible	Chequeo de tanque de almacenamiento de bunker
5	Chequeo de controles de seguridad y entrelazados	Inspección de puntos calientes	Limpieza de separador de agua / aceite	Chequeo de los niveles de fluido en válvulas hidráulicas
6	Chequeo de operación de corte de agua	Repaso del procedimiento de purga de la caldera	Chequeo de alineamiento y acople de bombas	Chequeo de manómetros
7	Chequeo de fugas, ruidos, vibraciones y condiciones inusuales	Chequeo del alimentador de aire	Resetear combustión	Reemplazo de válvulas de seguridad
8	Chequeo de operación de todos los motores	Chequeo de filtros	Inspección de interruptores de mercurio	Chequeo de bombas de aceite
9	Chequeo general del proceso de combustión	Chequeo de sistema de combustible		Chequeo de bombas de alimentación
10	Chequeo de los niveles de lubricante	Chequeo a máxima potencia		Chequeo de condensadores
11	Chequeo de collarines	Chequeo requerimientos de lubricación		Chequeo del sistema de alimentadores para químicos
12				Aseguramiento de terminales eléctricas

Fuente: Propuesta de proyecto

El mantenimiento desempeña una gran labor ya que esta permite utilizar las calderas el mayor tiempo posible de acuerdo como se ejecuta el cuidado. Al carecerse de un buen mantenimiento de sus equipos que son los que le permiten procesar algunos de los servicios básicos, trae como consecuencia que las calderas puedan presentar fallas a corto y a largo plazo, estas fallas progresivamente afectan los objetivos de la organización.

Por esta razón hay que tomar el mantenimiento preventivo con suma importancia, así como el correctivo y el predictivo y hacer un cronograma de sustento de las calderas para que se ejecute de la mejor manera que permita menos paros por mantenimiento, además, hay que tener en cuenta que las personas o empleados que ejecuten este proceso estén bien preparadas y supervisadas estrictamente.

El Tratamiento del agua de alimentación es un aspecto al cual se debe prestar la mayor atención, si se quiere preservar las calderas y obtener la generación de vapor requerida para el proceso. Se propone que el agua de alimentación para calderas, debe cumplir con los siguientes pre-tratamientos mínimos:

- a. Precipitación
- b. Filtrar
- c. Suavización
- d. Desalcalinizarla
- e. Desmineralizarla
- f. Desaireación (Química o física)

Los parámetros que se debe controlar en el agua de alimentación:

- a. **PH:** Identifica el nivel de agresividad química del agua. En las purgas el PH debe estar entre 10 y 10.5; dentro de estos valores la caldera se conserva adecuadamente. Si el PH es mayor que 11 comienza un fenómeno indeseable, que es la fragilidad cáustica.
  
- b. **Dureza total:** Indica la cantidad de sales minerales disueltas en el agua; una alta dureza en el agua de alimentación causa la formación de depósitos muy duros, sobre las superficies de calentamiento y evaporación, llamados incrustaciones que disminuyen la eficiencia de producción de vapor y originan daños por rotura de tuberías.

La dureza se contrarresta directamente sobre el agua de alimentación, antes de esta ingrese a la caldera, mediante el uso de equipos de operación sencilla, los suavizadores, que usan resinas de intercambio iónico; también se usan los inhibidores de dureza, llamados equipos solavite.

- c. **Sólidos disueltos:** El agua de alimentación para calderas debe ser traslúcida (baja turbidez), por consiguiente se debe contar con una planta general de tratamiento de agua cruda, que garantice una eficiente remoción de los sólidos en suspensión, causantes de una alta turbidez; al no removerlos previamente, ocasionan taponamientos en tuberías e incrustaciones dentro de la caldera.
  
- d. **Contenido de hierro:** El hierro presente en el agua de alimentación para calderas es corrosivo y debe eliminarse. Es necesario poner atención a este parámetro cuando el agua que se usa para la planta de beneficio primario es de pozo profundo. El hierro se elimina mediante oxidación, floculación y filtración, en la planta de tratamiento de agua cruda.

- e. **Oxígeno disuelto:** El oxígeno es otro de los enemigos de las calderas; se encuentra disuelto en el agua de alimentación y es completamente necesario retirarlo. De lo contrario produce el fenómeno conocido como “pitting” en las tuberías de evaporación dentro de las calderas, que se manifiesta como “huecos” o manchas fácilmente reconocibles.

Cuando el agua de alimentación tiene bastante oxígeno disuelto, el daño de las tuberías es muy rápido. El agua de alimentación para calderas debe tener 0.0 ppm de oxígeno disuelto. El oxígeno se retira del agua usando desaireadores, químicos o precalentando el agua.

### **3.3.2 Ficha de control de mantenimiento**

Mediante las fichas de control de las trampas de vapor se evalúan el rendimiento energético, aislamiento térmico, fugas de vapor, corrosión, eficiencia del drenaje de condensado, permeabilidad de filtros y control de temperatura entre otros. Con esta auditoría se encuentran las oportunidades de ahorro, uso y administración de la energía y por ende ahorro en los costos operativos, mejor calidad de vapor y mayor productividad.

Con esta propuesta se pretende la identificación de las oportunidades de mejora y resolver los problemas encontrados de acuerdo a una ficha de control.

A continuación se presenta una ficha de control para trampa de vapor con datos de importancia que servirán para llevar un archivo de las mismas.

**Tabla VIII. Ficha de control de mantenimiento de trampas de vapor**

<b>FICHA DE CONTROL DE MANTENIMIENTO DE TRAMPAS DE VAPOR</b>					
ASUNTO: FECHA: TRAMPA No.: SUPERVISOR:					
No.	Descripción	JORNADA			COMENTARIO
		Matutina	Vespertina	Nocturna	
1	Rendimiento energético				
2	Aislamiento térmico				
3	Fugas de vapor				
4	Corrosión				
5	Eficiencia de drenaje				
6	Permeabilidad de filtros				
7	Control de temperatura				
8	otros				
OBSERVACIONES:					



## 4. IMPLEMENTACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN DE VAPOR

### 4.1 Instalación de trampas de vapor

De acuerdo a la situación actual descrita en el capítulo 2, se instalarán 6 trampas de vapor nuevas y 5 metros de aislamiento en las tuberías. A continuación se describen los cálculos.

- a. Cálculo de gasto de combustible con una eficiencia de 85%.  
Temperatura inicial de 125°F. Temperatura final de 380°F.

$$Q_t = Q_1 + Q_2$$

Donde:

$$Q_1 = \text{calor sensible } Q' + (T_f - T_o)$$

$$1 \text{ BTU} / (\text{lb} \cdot ^\circ\text{F}) \cdot (380 - 125)^\circ\text{F} = \underline{255 \text{ BTU} / \text{lb}}$$

$$Q_2 = \text{Calor latente. Tabla de vapor saturado} = \underline{820.64 \text{ BTU} / \text{lb}}$$

$$\text{ENTONCES } Q_t = 255 + 820.64 = 1075.64 \text{ BTU} / \text{lb}$$

$$\text{Poder calorífico del bunker} = 253,600 \text{ BTU} / \text{galón}$$

$$\text{Eficiencia de la caldera} = 85\%$$

$$\text{GASTO DE COMUSTIBLE POR LIBRA} = Q_t / \text{poder calorífico por eficiencia}$$

$$= 1,075.64 / (253600 \text{ BTU} / \text{lb} \cdot 0.85)$$

$$= \underline{0.00824 \text{ galones por libra}}$$

El Precio promedio por galón de combustible es de Q8.10

ENTONCES  $0.00824 * 8.10 = \mathbf{Q0.067 / lb.}$

b. Haciendo el mismo cálculo para una eficiencia de 100%

ENTONCES

$= 1,075.64 / (153600 * 1) = 0.007 \text{ galones / lb}$

El Precio por galón de combustible es de Q8.10

ENTONCES  $0.007 * 8.10 = \mathbf{Q0.057 / lb.}$

Promedio de consumo de vapor de cuatro meses = 1,527,848.5

Costo de un mes con Eficiencia de 85% =  $1,527,848.5 * 0.067 / \text{lb}$

**= Q102, 365.85**

Costo de un mes con Eficiencia de 100% =  $1,527,848.5 * 0.057 / \text{lb}$

**= Q87, 087.36**

**Q102, 365.85 – Q87, 087.36 = Q15, 278.49**

## **CONCLUSIÓN**

Existe evidencia numérica que se puede tener un ahorro de **Q15, 278.49** mensualmente mejorando la eficiencia de 85% a 100%.

### **4.1.1 Análisis de costo de mejoramiento**

De acuerdo a los precios del mercado, se hace una descripción de los costos del equipo y su instalación.

**Tabla IX. Costos de equipo e instalación**

<b>Descripción</b>	<b>Unidades</b>	<b>Precio unitario (Q)</b>	<b>Precio Total (Q)</b>
Trampa de vapor termodinámica	6	2,500.00	15,000.00
Instalación	6	500.00	3,000.00
Aislamiento e instalación	5mt	2,000.00	2,000.00
<b>Total</b>			<b>20,000.00</b>

Como se puede observar la inversión será recuperada al segundo mes después de haberse mejorado el sistema, ya que se está ahorrando Q15,000.00 al mes y la inversión es por un total de Q20,000.00.

#### **4.2 Uso eficiente de la instalación**

La instalación de los sistemas de vapor, como tuberías y accesorios deben tener un uso adecuado, cuando se habla de eficiencia, no debe existir ningún desperdicio tanto del vapor como de las instalaciones.

Se debe considerar el recuperar el 100% del vapor y condensado de la línea mediante un buen diseño del sistema de recuperación de condensado y vapor flash.

Actualmente en el sistema de generación-distribución en conjunto, el uso ineficiente de la energía significa un aprovechamiento tan bajo como del 30% de la energía aportada al sistema por el combustible de la caldera, en lugar de un 70% como podría ser en el caso de un sistema optimizado.

La ineficiencia de los sistemas de distribución, además de implicar mayor consumo de combustible, implica también un incremento proporcional de las emisiones de gases de combustión.

La Tabla muestra, en porcentajes, el incremento potencial en eficiencia que puede ser alcanzado al aplicar algunas medidas de eficiencia energética en las diferentes áreas específicas de generación, operación y mantenimiento y distribución.

**TABLA X. Incremento potencial de la eficiencia en los sistemas de generación y distribución de vapor.**

Medidas que se pueden aplicar en cada una de las áreas específicas del sistema de generación y distribución de vapor.	Incremento potencial de la eficiencia, en %, de cada una de las medidas aplicadas en las diferentes áreas específicas.
Mantenimiento de las calderas	1-2%
Equipos de recuperación de calor.	2-4%
Monitoreo y control de las emisiones	1-2%
Tratamiento de agua	10-12%
Retorno de condensados	5-10%
Control de carga	3-5%
Fugas de vapor	3-5 %
Trampas de vapor	10-15%
Aislamiento Térmico	5-10%

FUENTE: [www.armstrong-intl.com/products/traps](http://www.armstrong-intl.com/products/traps)

#### **4.3 Procedimiento de inspección y evaluación de las trampas de vapor**

Con la inspección y evaluación de las trampas de vapor se encuentra las oportunidades de ahorro, uso y administración de la energía y por ende ahorro en los costos operativos, mejor calidad del vapor y mayor productividad. El alcance de esta inspección del sistema de vapor abarca:

- a. Chequeo de trampas y componentes del sistema
- b. Identificación de trampas fallando con etiqueta “Reporte de Falla”
- c. Revisión de la instalación (aislamientos térmicos, tuberías, etc) reporte de fallas.
- d. Auditoria de fugas e identificación en sitio con etiqueta “Reporte de Falla”
- e. Mantenimiento menor (purga del sistema)
- f. Emisión de reporte de operación de trampas, apoyándose en ilustraciones gráficas (fotos) y dibujos esquemáticos para la descripción de fallas.
- g. Programa de mantenimiento para la solución a los problemas encontrados.
- h. Actualización de los planos del sistema de vapor y condensado.
- i. Capacitación del personal, se debe incluir material de apoyo para cada participante, los temas que se proponen son:
  - i. “Trampas Selección y mantenimiento” dirigido al personal de mantenimiento.
  - ii. “Uso eficiente del vapor” dirigido a todo el personal de planta Ingenieros, supervisores, operadores.
  - iii. “Operación de la sala de calderas” dirigido a supervisores, ingenieros responsables de la sala de calderas, personal de mantenimiento y operadores de calderas.

Generalmente, la mayor parte de las mejoras están después de la generación de vapor, esto es, en la operación y mantenimiento y en el sistema de distribución. En estas áreas normalmente se tienen fugas y equipos funcionando inadecuadamente y, por lo tanto, es donde se tienen pérdidas de vapor, por lo que son estas áreas las que nos ofrecen oportunidades de recuperar calor a través del uso de condensadores, trampas de vapor, retorno de condensados e intercambiadores de calor.

#### **4.3.1 Métodos de inspección**

Los métodos para inspección a ser implementados son los siguientes:

- a. **Mediante temperatura:** En ésta se verifica el funcionamiento de las trampas de vapor por medio de la medición de temperaturas en la entrada y descarga de ellas.

#### **4.3.2 Métodos de evaluación**

Los métodos de evaluación para su implementación son los siguientes:

- a. **Evaluación por estetoscopio:** Otro método bien establecido para detectar el funcionamiento de una trampa, consiste en escuchar por medio de un estetoscopio, el sonido que hace la trampa al operar. El estetoscopio empleado en estos casos es un aparato similar al usado por los médicos y es de utilidad para detectar funcionamientos anómalos o averías en las trampas de vapor. Consiste en una sonda

metálica, que al ponerla en contacto con la trampa de vapor, transmite las vibraciones a los auriculares a través de una membrana.

#### **4.3.3 Evaluación estándar en disco**

Se realiza usando unos pequeños detectores de mano o dispositivos que son otra manera rápida y cómoda de detectar las fugas accesibles. Los detectores electrónicos están equipados con sensores de oxidación catalítica y conductividad térmica diseñados para detectar la presencia de gases específicos.

Los detectores electrónicos de gas pueden usarse en aberturas grandes que no pueden detectarse con jabón. La detección electrónica no es tan rápida como la de jabón (se pueden detectar un promedio de 50 componentes por hora), y la identificación de las goteras puede ser difícil en áreas con concentraciones altas en el medio ambiente de gases de hidrocarburo.

#### **4.3.4 Evaluación estándar de flotador libre**

Estos detectores portátiles miden la concentración de los vapores en una gama de 9 a 10,000 partes por millón (ppm). El analizador combina ambos detectores, el de fotoionización y puede medir los vapores a concentraciones por encima de 10,000 ppm.

La detección se hace colocando la entrada de una sonda en la abertura en donde ocurre la fuga. Las mediciones de concentración se observan al

mover la sonda lentamente a lo largo de la interfaz o la abertura, hasta que se obtenga la lectura de la concentración máxima.

La concentración máxima se registra como el valor de detección de la fuga. Las detecciones con analizadores son algo lentas, se realizan en 40 componentes por hora aproximadamente, y los instrumentos requieren calibrarse con frecuencia.

Los métodos de inspección ayudarán a tener un mejor control de las fugas de vapor en el sistema. Además estas herramientas permitirán a la planta productora de cosméticos a mantener una producción constante. Con esta implementación se obtienen los siguientes beneficios.

- a. Controla el sistema de vapor auditado
- b. Se obtienen registros estadísticos del sistema, primordial para los programas de mantenimiento preventivo.
- c. Se evitan actividades de mantenimiento innecesarias o cambios de trampas que pueden resultar costosos.
- d. Los reportes facilitan la programación de las actividades de mantenimiento correctivo, jerarquizando de acuerdo a sus prioridades.
- e. Mayor eficiencia en las actividades de mantenimiento.

#### **4.4 Diseño de tuberías**

El diseño del sistema de tuberías que se propone para la industria de cosméticos consiste en el diseño de sus tuberías, brida, empacaduras, válvulas, accesorios, filtros, trampas de vapor juntas de expansión. También incluye el diseño de los elementos de soporte, tales como zapatas, resortes y

colgantes, pero no incluye el de estructuras para fijar los soportes, tales como fundaciones, armaduras o pórticos de acero.

Aún en el caso en que los soportes sean diseñados por un ingeniero estructural, el diseñador mecánico de la tubería debe conocer el diseño de los mismos, por la interacción directa entre tuberías y soportes.

La lista siguiente muestra los pasos que deben completarse en el diseño mecánico del sistema de tuberías:

- a. Establecimiento de las condiciones de diseño incluyendo presión, temperaturas y otras condiciones, tales como la velocidad del viento, movimientos sísmicos, choques de fluido, gradientes térmicos y número de ciclos de varias cargas.
- b. Determinación del diámetro de la tubería, el cual depende fundamentalmente de las condiciones del proceso, es decir, del caudal, la velocidad y la presión del fluido.
- c. Selección de los materiales de la tubería con base en corrosión, fragilización y resistencia.
- d. Selección de las clases de "rating" de bridas y válvulas.
- e. Cálculo del espesor mínimo de pared (Schedule) para las temperaturas y presiones de diseño, de manera que la tubería sea capaz de soportar los esfuerzos tangenciales producidos por la presión del fluido.

- f. Establecimiento de una configuración aceptable de soportes para el sistema de tuberías.
- g. Análisis de esfuerzos por flexibilidad para verificar que los esfuerzos producidos en la tubería por los distintos tipos de carga estén dentro de los valores admisibles, a objeto de comprobar que las cargas sobre los equipos no sobrepasen los valores límites, satisfaciendo así los criterios del código a emplear.

Si el sistema no posee suficiente flexibilidad y/o no es capaz de resistir las cargas sometidas (efectos de la gravedad) o las cargas ocasionales (sismos y vientos), se dispone de los siguientes recursos:

- a. Reubicación de soportes
- b. Modificación del tipo de soporte en puntos específicos
- c. Utilización de soportes flexibles
- d. Modificación parcial del recorrido de la línea en zonas específicas
- e. Utilización de lazos de expansión
- f. Presentado en frío

El análisis de flexibilidad tiene por objeto verificar que los esfuerzos en la tubería, los esfuerzos en componentes locales del sistema y las fuerzas y momentos en los puntos terminales, estén dentro de límites aceptables, en todas las fases de operación normal y anormal, durante toda la vida de la planta.

Las normas más utilizadas en el análisis de sistemas de tuberías son las normas conjuntas del American Estándar Institute y la American Society of Mechanical Engineers. Cada uno de los códigos recoge la experiencia de numerosas empresas especializadas, investigadores, ingenieros de proyectos e ingenieros de campo en áreas de aplicación específicas.

En lo que concierne al diseño todas las normas son muy parecidas, existiendo algunas discrepancias con relación a las condiciones de diseño, al cálculo de los esfuerzos y a los factores admisibles.

#### **4.4.1 Cargas de diseño de tuberías**

El sistema de tuberías constituye una estructura especial irregular y ciertos esfuerzos pueden ser introducidos inicialmente durante la fase de construcción y montaje. También ocurren esfuerzos debido a circunstancias operacionales. A continuación se resumen las posibles cargas típicas que deben considerarse en el diseño de tuberías.

##### **4.4.1.1 Cargas por la presión de diseño**

Es la carga debido a la presión en la condición más severa, interna o externa a la temperatura coincidente con esa condición durante la operación normal, se debe considerar en la implementación.

##### **4.4.1.2 Cargas por peso**

Las cargas por peso deben ser consideradas los criterios siguientes:

- a. Peso muerto incluyendo tubería, accesorios, y aislamiento.
- b. Cargas vivas impuestas por el flujo de prueba o de proceso.
- c. Efectos locales debido a las reacciones en los soportes.

#### **4.4.1.3 Cargas dinámicas**

Para las cargas dinámicas se deben considerar los siguientes:

- a. Cargas por efecto del viento, ejercidas sobre el sistema de tuberías expuesto al viento.
- b. Cargas sísmicas que deberán ser consideradas para aquellos sistemas ubicados en áreas con probabilidad de movimientos sísmicos
- c. Cargas por impacto u ondas de presión, tales como los efectos del golpe de ariete, caídas bruscas de presión o descarga de fluidos.
- d. Vibraciones excesivas inducidas por pulsaciones de presión, por variaciones en las características del fluido, por resonancia causada por excitaciones de maquinarias o del viento.

Este tipo de cargas no será considerado ya que forman parte de análisis dinámicos y en este proyecto sólo se realizarán análisis estáticos.

#### **4.4.1.4 Efectos de la expansión y/o contracción térmica**

Para los efectos de expansión y/o contracción térmica se debe considerar lo siguiente:

- a. Cargas térmicas y de fricción inducidas por la restricción al movimiento de expansión térmica de la tubería
- b. Cargas inducidas por un gradiente térmico severo o diferencia en las características de expansión (diferentes materiales)

#### **4.4.1.5 Efectos de los soportes, anclajes y movimiento en las terminales**

Para los efectos de los soportes, anclajes y movimientos en las terminales se debe considerar lo siguiente:

- a. Expansión térmica de los equipos
- b. Asentamiento de las fundaciones de los equipos y/o soportes de las tuberías

#### **4.4.1.6 Esfuerzos admisibles**

Los esfuerzos admisibles se definen en términos de las propiedades de resistencia mecánica del material, obtenidas en ensayos de tracción para diferentes niveles de temperatura y de un factor de seguridad global.

La norma ASME B31.3 estipula dos criterios para el esfuerzo admisible. Uno es el llamado "esfuerzo básico admisible" en tensión a la temperatura de

diseño, con la cual están familiarizados los que se dedican al diseño de equipos sometidos a presión, es menos conocido y se le denomina "rango de esfuerzo admisible", el cual se deriva del esfuerzo básico admisible y se emplea como base para el cálculo de la expansión térmica y para el análisis de flexibilidad.

#### **4.4.2 Presión de diseño**

La presión de diseño no será menor que la presión a las condiciones más severas de presión y temperatura coincidentes, externa o internamente, que se espere en operación normal. La condición más severa de presión y temperatura coincidente, es aquella condición que resulte en el mayor espesor requerido y en la clasificación ("rating") más alta de los componentes del sistema de tuberías.

Se debe excluir la pérdida involuntaria de presión, externa o interna, que cause máxima diferencia de presión.

#### **4.4.3 Temperatura de diseño**

La temperatura de diseño es la temperatura del metal que representa la condición más severa de presión y temperatura coincidentes. Los requisitos para determinar la temperatura del metal de diseño para tuberías son:

- a. Para componentes de tubería con aislamiento externo, la temperatura del metal para diseño será la máxima temperatura de diseño del fluido contenido.
- b. Para componentes de tubería sin aislamiento externo y sin revestimiento interno, con fluidos a temperaturas de 32°F (0°C) y mayores, la

temperatura del metal para diseño será la máxima temperatura de diseño del fluido.

- c. Para temperaturas de fluidos menores de 32°F (0°C), la temperatura del metal para el diseño, será la temperatura de diseño del fluido contenido.
- d. Para tuberías aisladas internamente la temperatura será especificada o será calculada usando la temperatura ambiental máxima sin viento (velocidad cero).

#### **4.4.4 Análisis de flexibilidad**

Los sistemas de tuberías deben poseer la flexibilidad suficiente de manera que la expansión o la contracción térmica, así como los movimientos de soportes y equipos, no conduzcan a:

- a. Falla de la tubería o de los soportes por esfuerzos excesivos o fatiga
- b. Fugas en las juntas
- c. Falla de las boquillas de los equipos conectados (recipientes a presión, bombas, turbinas.), por reacciones excesivas.

En las tuberías, así como en otras estructuras, el análisis de los esfuerzos puede llevarse a cabo con diferentes grados de precisión. En un extremo está la sencilla comparación con arreglos similares, que han cumplido satisfactoriamente con los requerimientos del servicio; en el otro extremo, están los métodos del cálculo, que envuelven largos y complicados procedimientos y que son relativamente costosos para un grupo de ingeniería.

Por esta razón debe asegurarse que se cumplan los siguientes requerimientos como mínimo:

- a. El rango de esfuerzos en cualquier punto debido a desplazamientos en el sistema no debe exceder el rango de esfuerzos permisibles establecido en la sección de esfuerzos admisibles.
- b. Las fuerzas de reacción no deben perjudicar a los soportes o equipos conectados.
- c. Los movimientos de la tubería deben estar dentro de los límites establecidos.
- d. En este aspecto, el código ASME B31.3 identifica ciertas condiciones, para las cuales no se requiere el análisis formal para confirmar la aceptabilidad de la tubería, desde el punto de vista de su flexibilidad. Estas condiciones son:
  - i. El sistema es similar a otro que ha funcionado con récord exitoso de servicio productivo.
  - ii. El sistema puede ser juzgado rápidamente por comparación con otros sistemas similares analizados previamente
  - iii. El sistema es de tamaño uniforme, no tiene más de dos puntos de fijación sin apoyos ni restricciones intermedias.

#### **4.4.5 Diseño de soporte**

La selección y el diseño de soportes para tuberías es una parte importante para la implementación de la distribución de vapor. Los problemas para diseñar tuberías para altas presiones y temperaturas, tienden a ser críticos en un punto donde es imperativo qué aspectos de diseño, tales como el efecto de cargas en soportes concentradas en estructuras, cargas sobre equipos conectados debido al peso de la tubería y tolerancias de los soportes respecto a tuberías y estructuras; sean tomados en consideración en las primeras etapas de la implementación del sistema.

Existen métodos eficientes establecidos para ejecutar los trabajos requeridos para arribar a un diseño apropiado de soportes. A continuación se presentan varios pasos involucrados en el diseño de soportes.

##### **4.4.5.1 Recopilación de información básica**

El primer paso involucrado en el diseño de soportes es determinar y obtener la cantidad necesaria de información básica antes de proceder a los cálculos y detalles de los soportes. Es necesario obtener la siguiente información:

- a. Especificación del soporte, cuando sea disponible
- b. Un señalamiento completo de dibujos de tuberías
- c. Un señalamiento completo de estructuras
- d. Una especificación apropiada de tuberías y datos que incluyan: tamaño de la tubería, composición, espesor de pared, temperaturas y presiones de operación.
- e. Una copia de la especificación del aislante con su densidad

- f. Válvulas y accesorios especiales, indicando sus características (peso, dimensiones, etc.)
- g. Deflexiones de todas las conexiones de succión de equipos críticos como fondos de caldera, tambores de vapor, conexiones de tuberías, etc.

#### **4.4.5.2 Guías generales sobre ubicación de soportes**

La ubicación apropiada de soportes colgantes o soportes fijos involucra consideraciones de la propia tubería, de la estructura a la cual se transmite la carga y de las limitaciones de espacio. Los puntos preferidos de fijación de la tubería son:

- a. Sobre tubería propiamente y no sobre componentes tales como: válvulas, accesorios o juntas de expansión. Bajo cargas concentradas (puntuales), las bridas y juntas roscadas pueden gotear y los cuerpos de válvulas pueden deformarse produciendo goteo, trabazón del vástago o goteo a través del asiento.
- b. Sobre tramos rectos de tuberías en lugar de sobre codos de radios agudos, juntas angulares o conexiones de ramales prefabricados, puesto que en estos sitios se encuentra la tubería ya sometida a esfuerzos altamente localizados, a los cuales se agregarían los efectos locales de la fijación.
- c. Sobre tramos de tuberías que no requieran remoción frecuente para limpieza o mantenimiento.
- d. Tan cerca como sea posible de concentraciones grandes de carga, tales como: tramos verticales, ramales de tubería, válvulas motorizadas o bien

válvulas pesadas y recipientes menores, tales como separadores, colabores.

#### **4.4.5.3 Espaciamientos de soportes**

La localización de los soportes depende del tamaño de la tubería, configuración de la misma, localización de las válvulas y accesorios y de la estructura disponible para el soporte de tuberías.

En el tendido de la tubería horizontal de la planta de procesos, depende únicamente de la resistencia del tubo. Dentro de los límites de una unidad de proceso, por otra parte, el espaciamiento de soportes está determinado mayormente por el espaciamiento de columnas convenientemente ubicadas.

Comúnmente el espaciamiento o tramo entre pórticos de un puente de tubería se determinará con base en la tubería más débil. Las líneas de diámetro pequeños pueden apuntalarse a lo largo de extensas luces proveyéndolas de soportes intermedios, sujetos a las tuberías adyacentes más grandes; un grupo de tales líneas pueden también atarse juntas, de manera tal que aumente la inercia combinada.

Algunas veces, sin embargo, la solución más práctica es, simplemente, incrementar el diámetro del tubo hasta el punto que sea autosoportante a lo largo de la luz requerida.

Las luces permisibles para líneas horizontales están principalmente limitadas por los esfuerzos longitudinales que deben mantenerse dentro de los límites o, en algunos casos, por la máxima deflexión.

De igual manera, en otros casos especiales, puede limitarse la luz para controlar la frecuencia sónica natural de las líneas, de manera de evitar vibraciones indeseables.

Se propondrá, que un soporte debería ser colocado inmediatamente después de cualquier cambio de dirección en la tubería de cada una las plantas de la industria de cosméticos. Por economía de los soportes de sistemas de baja presión y temperatura y largas líneas externas de transmisión, la distancia entre soportes se puede basar sobre el esfuerzo total permisible de la tubería y la cantidad de deflexión permisible entre soportes.

#### **4.4.5.4 Cargas en los soportes**

Un sistema de suspensión bien balanceado dará como resultado valores aproximadamente iguales de las cargas en los colgadores y soportes, siempre y cuando toda la tubería sea del mismo tamaño y, no haya cargas altamente concentradas ubicadas cerca de un soporte o colgador. Las siguientes cargas deben ser consideradas en diseño para soportes:

- a. Peso de la tubería y el aislamiento, sólo donde sea especificado.
- b. Peso de los fluidos contenidos en la línea, basado en agua o el fluido contenido; el que sea mayor. Cuando las líneas no son probadas hidrostáticamente, el peso del contenido de la línea puede ser basado sólo en los fluidos contenidos.
- c. Las cargas laterales ocasionadas por el movimiento de la línea o soportes.

Debido a que actualmente la carga de vapor de la planta tiene un peso de 10,350 lb. Se reforzarán los soportes y colgadores que ya existen. El criterio de uso de éstos se debe al diseño de la infraestructura física. A efecto de limitar el movimiento del sistema de tuberías debido a expansión térmica se persigue lo siguiente:

- a. Fijar completamente la tubería en ciertos puntos
- b. Prevenir el movimiento longitudinal de la tubería
- c. Permitir desplazamientos en una dirección específica
- d. Limitar el movimiento de la tubería debido a fuerzas diferentes al peso y a la expansión térmica



## **5. SEGUIMIENTO Y MEJORA CONTINUA**

### **5.1 Administración del sistema de trampas de vapor**

Para la administración del sistema de vapor después de la implementación del mejoramiento de la distribución de vapor se le debe dar seguimiento con una administración eficiente que se incluye:

- a. Planear: Las actividades de supervisión y mantenimiento
- b. Organizar: Las fechas para ejecutar lo planeado
- c. Integrar: El recurso los recursos par ejecutar las actividades
- d. Evaluar: Los resultados y los objetivos de la planificación

Para la administración del sistema de trampas de vapor se debe incluir los siguientes:

- a. Monitorización continua
- b. Medida simultanea de varios parámetros de la trampa
- c. Inspección continua del sistema
- d. Detección prematura de fallas de la trampa
- e. Evaluación del rendimiento energético de la trampa
- f. Registro continuo o histórico del funcionamiento de la trampa
- g. Reparación in situ de la trampa sin interrupción de su operación

Es importante mencionar que el seguimiento y la mejora continúa se dará a todo el sistema, ya que el propósito es mantener la eficiencia al 100%. La mejora continua permitirá el cumplimiento de los objetivos.

## 5.2 Capacitación del recurso humano

Para el seguimiento de la implementación se debe considerar la capacitación del personal, ya que es el recurso para el cumplimiento de los objetivos del sistema de vapor, esto implica, tomar en cuenta lo siguiente:

**Taller industrial:** Se requiere de capacitación técnica básica, preferentemente que atienda los requerimientos propios de la planta de producción de graneles y de la de envasado.

**Zonas:** Para este segmento del área de mantenimiento se requiere que, además de capacitación técnica básica como mecánicos montadores, dispongan de conocimiento de la tecnología de los procesos productivos cuyos equipos e instalaciones atienden, así como de un buen ejercicio de las relaciones humanas y, paralelamente, un acatamiento exclusivo al área de mantenimiento.

**Servicios:** Deben contar con formación técnica básica y con un buen conocimiento de la tecnología de los procesos a atender. En consecuencia, en caso de corresponder, se incluirán en el manual los requisitos a satisfacer y los lineamientos de capacitación a tener en cuenta.

Los supervisores o mandos medios son el enlace natural entre la gerencia y los trabajadores encargados de realizar las tareas de mantenimiento propiamente dichas, operación de los servicios a la producción, entre otros. Su capacitación debe ser preferentemente técnica que cubra también, y como mínimo, la mayoría de las técnicas del trabajo requeridas en el área de mantenimiento.

También debe contar con un conocimiento general de la tecnología de los procesos productivos y de los servicios a atender, así como conocer los conceptos básicos de limpieza, higiene y seguridad industriales. También en este nivel se requiere que sean líderes, cuenten con aptitudes para dirigir y motivar al personal a su cargo en la correcta y eficiente ejecución de las tareas. Además son responsables de cumplir con las siguientes funciones:

- a. Definir las metas a alcanzar dentro de los objetivos y políticas previamente acordadas con la alta gerencia de la empresa y con su staff.
- b. Establecer los procedimientos para encarar el mantenimiento y para la recopilación, procesamiento, divulgación de datos y formulación de los informes correspondientes.
- c. Analizar los datos e informes y formular recomendaciones y/o modificaciones a los programas y "modus operandi" establecidos.
- d. Definir los programas de entrenamiento y capacitación del personal.
- e. Establecer procedimientos para la evaluación de la eficiencia del plan de mantenimiento.
- f. Establecer presupuesto y costos de mantenimiento.
- g. Establecer un registro y análisis de fallas de los equipos e instalaciones y desarrollar y/o ajustar procedimientos para su control o eliminación efectivos.

- h. Actualizar el manual de gestión de mantenimiento.
  
- i. Definir y administrar los recursos físicos y humanos para cumplir satisfactoriamente con los objetivos y metas fijadas.

El gerente de mantenimiento debe responder a un perfil de capacitación preferentemente universitaria con formación básica que cubra, por lo menos, la mayoría de las técnicas de trabajo departamental. Paralelamente, es recomendable que tenga conocimiento general de la tecnología involucrada en los procesos productivos, así como conceptos de limpieza, higiene y seguridad industrial.

La capacitación está orientada a los cinco técnicos que actualmente laboran en el área de mantenimiento. Con esto se busca beneficiar tanto a la organización como al empleado.

### **5.3 Beneficio para la organización**

- a. Conduce a rentabilidad más alta y a actitudes más positivas.
- b. Mejora el conocimiento del puesto a todos los niveles.
- c. Crea mejor imagen.
- d. Mejora la relación jefes-subordinados.
- e. Se promueve la comunicación
- f. Se agiliza la toma de decisiones y la solución de problemas.
- g. Promueve el desarrollo con vistas a la promoción.
- h. Contribuye a la formación de líderes

#### **5.4 Beneficio para el personal**

- a. Ayuda al individuo para la toma de decisiones y solución de problemas.
- b. Alimenta la confianza, la posición asertiva y el desarrollo.
- c. Contribuye positivamente en el manejo de conflictos y tensiones.
- d. Forja líderes y mejora las aptitudes comunicativas.
- e. Sube el nivel de satisfacción con el puesto.
- f. Permite el logro de metas individuales.
- g. Desarrolla un sentido de progreso en muchos campos.
- h. Elimina los temores a la incompetencia o la ignorancia individual.

#### **5.5 Programa de pruebas de trampas de vapor**

Para una máxima vida útil de la trampa y un mayor ahorro en vapor, se debe de tener un programa de pruebas, su presión de operación es el factor principal que se utiliza para determinar la frecuencia de chequeo de las trampas de vapor. Para el seguimiento de la implementación y para el programa de pruebas se tomará en cuenta lo siguiente, en el momento de fallar la presión:

- a. Se especificó la presión incorrecta para su selección
- b. La presión se elevó sin haber instalado un orificio más pequeño
- c. La válvula reguladora no funciona correctamente
- d. Lectura baja en el manómetro para la presión de la caldera
- e. El orificio se ha hecho más grande debido al desgaste normal
- f. Un alto vacío en las tuberías de retorno incrementa la presión diferencial más allá de la máxima permitida para la trampa.

Es importante mencionar que el programa de pruebas está orientado a todas las trampas del sistema, pues como se mencionó anteriormente, el objetivo de las pruebas es mantener la eficiencia del vapor al 100%.

## **5.6 Auditoría del sistema de vapor.**

Para la auditoría del sistema de vapor se recomienda que, siempre que falle una trampa de vapor y no existe una razón aparente para esa falla, se debe de observar cuidadosamente la descarga de la trampa. Esta es una tarea sencilla si es que la trampa se ha instalado con una salida para pruebas; si este no es el caso, entonces será necesario desconectar la tubería de salida para observar la descarga. Los siguientes enunciados ayudan a determinar la situación:

### **A. Trampa fría y sin descarga**

Si la trampa no está descargando ningún condensado, entonces:

#### **A.1. La presión puede ser demasiado alta**

- a. Se especificó la presión incorrecta para su selección
- b. La presión se elevó sin haber instalado un orificio más pequeño
- c. La válvula reguladora no funciona correctamente
- d. Lectura baja en el manómetro para la presión de la caldera
- e. El orificio se ha hecho más grande debido al desgaste normal
- f. Un alto vacío en las tuberías de retorno incrementa la presión diferencial más allá de la máxima permitida para la trampa.

## **A.2 No llega condensado o vapor a la trampa**

- a. El filtro antes de la trampa está tapado
- b. Fugas en la tubería de entrada a la trampa
- c. Tubería o codos tapados

## **A.3 Mecanismo desgastado o defectuoso**

- a. Se debe de reparar o reemplazar lo que sea necesario.

## **A.4 El cuerpo de la trampa está lleno de suciedad**

- a. Se debe de instalar un filtro, o remover la suciedad en donde se está generando

## **A.5 Para trampas IB, el venteador en el balde está lleno de suciedad. Se evita mediante:**

- a. La instalación de un filtro
- b. Aumento ligero del tamaño del venteador
- c. El uso de un alambre limpiador en el venteador del balde

## **A.6 Para trampas F & T**

- a. Si el venteador de aire no está funcionando en forma correcta. Es muy probable que está trabado por el aire.

## **A.7 Para trampas termostáticas**

- a. Parte del fuelle se puede romper debido a impacto hidráulico, lo que causaría que la trampa falle cerrada.

## **A.8 Para trampa de disco**

- a. Puede ser que la trampa se instaló invertida.

## **B. Trampa caliente y sin descarga**

### **B.1 No está llegando condensado a la trampa**

- a. La trampa se instaló más arriba que una válvula de bypass con fuga
- b. El tubo de drenaje por sifón en un tanque está roto o dañado
- c. Vacío en el serpentín del calentador de agua evita el drenaje. Se debe de instalar un rompedor de vacío entre el intercambiador de calor y la trampa.

## **C. Pérdida de calor**

Si la trampa está dejando escapar vapor vivo, se puede deber a cualquiera de los siguientes problemas:

### **C.1 La válvula no cierra en su asiento.**

- a. Pedazo de óxido incrustado en el orificio
- b. Partes desgastadas

### **C.2 Trampas IB pierden su ciclo**

- a. Si la trampa está descargando vapor vivo. Ciérrase la válvula de entrada por unos minutos. Vuélvase a abrir gradualmente. Si la trampa recupera su ciclo de operación entonces muy probablemente la trampa no tiene ningún problema.
- b. Típicamente la pérdida de calor en una trampa se debe a cambios frecuentes y repentinos en la presión del vapor. En estos casos se recomienda la instalación de una válvula check. Cuando sea posible se debe de instalar la trampa muy por debajo del punto de drenado.

## **D. Flujo continuo**

Si una trampa IB o una de disco está descargando continuamente, o si una trampa F&T una termostática descarga a su máxima capacidad, se debe de checar lo siguiente:

### **D.1 Trampa demasiado pequeña.**

- a. Una trampa más grande, o trampas adicionales, se debe de instalar en paralelo
- b. Trampas para altas presiones se pueden estar utilizando en aplicaciones a baja presión. Instálese un mecanismo interno del tamaño adecuado.

### **D.2 Agua en condiciones anormales**

- a. La caldera, al estar formando espuma o al estar sobrecargada, lanza grandes cantidades de agua en las tuberías del vapor. Se debe de instalar un separador o se deben de corregir las condiciones del agua de alimentación a las calderas.

## **E. Calentamiento lento**

Cuando la trampa está operando de manera correcta pero la unidad no calienta de forma adecuada, entonces:

- a. Una o más de las unidades están en cortocircuito. La solución es instalar una trampa en cada unidad.
- b. Las trampas pueden ser demasiado pequeñas para la aplicación dada, aún cuando parezca que está descargando el condensado de una manera eficiente. Se debe de probar trampas de un tamaño más grande.
- c. La trampa tiene capacidad insuficiente para lidiar con el aire presente, o el aire puede no estar llegando hasta la trampa. En ambos casos se debe de usar un venteador de aire adicional.

## **F. Problemas misteriosos**

Si la trampa está funcionando de manera satisfactoria cuando descarga a la atmósfera, pero se tienen problemas cuando su descarga se conecta a una tubería de retorno, se debe de checar lo siguiente:

### **F.1 La contrapresión puede estar disminuyendo de capacidad de la trampa**

- a. La tubería de retorno es demasiado pequeña – trampa caliente.
- b. Otras trampas están descargando vapor – trampa caliente.
- c. El venteador atmosférico en el receptor del condensado está tapado – trampa fría o caliente.
- d. La tubería de retorno está obstruida – trampa caliente.
- e. Vacío excesivo en la tubería de retorno – trampa fría.

## **G. Problemas imaginarios**

Si se tiene la impresión de que se está escapando vapor cada vez que la trampa descarga, recuérdese que:

1. El condensado caliente genera vapor flash al ser descargado a una presión menor, pero generalmente se condensa más rápido en la tubería de retorno.

## CONCLUSIONES

1. El vapor se basa en el principio termodinámico que expresa que cuando el vapor se expande disminuye su temperatura y se reduce su energía interna. Esta reducción de la energía interna se transforma en energía mecánica por la aceleración de las partículas de vapor, lo que permite disponer directamente de gran cantidad de energía.

Cuando el vapor se expande, la reducción de su energía interna en 400 cal. Puede producir un aumento de la velocidad de las partículas a unos 2.900 km/h. A estas velocidades la energía disponible es muy elevada, a pesar de que las partículas son extremadamente ligeras.

El vapor en expansión pasa a través de chorros en boquillas, descendiendo la temperatura y ganando energía cinética y palas sobre las que actúa la presión de las partículas de vapor a alta velocidad. La disposición de los chorros y las palas depende del tipo de turbina. La inspección y detección precoz de cualquier fuga supone una importante reducción económica de los costos de operación, paralelamente se incrementa los niveles de seguridad para el personal de mantenimiento.

2. Actualmente, se encuentran 23 trampas de vapor instaladas, 17 se encuentran trabajando correctamente y seis tienen problemas de funcionamiento. El listado de trampas de la tabla anterior, muestra un inventario actual que en todo departamento de mantenimiento debe existir, además para mejorar el sistema permite determinar cuántas trampas nuevas se necesitan. La distancia entre cada trampa de vapor es de 30 metros, la cual es adecuada para el sistema. Las calderas

poseen cualidades específicas, que la hacen ideal para el proceso y para el uso que se necesite; esta selección debe hacerse basándose principalmente en la cantidad de vapor que genera la caldera (capacidad), la potencia que puede extraerse en forma de vapor, la presión y la temperatura de salida del vapor y la calidad con la que se extrae el mismo.

3. Una trampa de vapor es un equipo auxiliar en líneas o equipos de calentamiento con vapor, su función principal consiste en drenar el condensado que se forma de la condensación del vapor en sistemas de calentamiento, sin permitir la fuga de vapor, para así asegurar que la temperatura deseada del proceso no varíe.
4. La administración de un programa de mantenimiento evita interrupciones innecesarias o reparaciones costosas. Para ello debe establecerse un programa de inspección, junto con una lista de procedimientos y contar con un registro de las actividades de las calderas para un mantenimiento diario, semanal, mensual o anual.
5. El aislamiento térmico de tuberías conductoras de vapor y de equipos con camisas de vapor y accesorios es muy importante para lograr optimizar la eficiencia del vapor y ahorrar energía. Una tubería sin aislar o mal aislada, aparte de las pérdidas de energía, ocasiona problemas mecánicos por el incremento de condensados.
6. El mantenimiento de las trampas de vapor y la inspección de fugas en el sistema de tuberías y en las válvulas, requiere de una inversión de capital muy pequeña, es por ello que no se debe obviar.

7. Las trampas de vapor se clasifican en los siguientes grupos:

- a. Termostática
- b. Mecánica
- c. Termodinámico



## RECOMENDACIONES

1. Rediseñar el aislamiento térmico en el sistema de tuberías, de tal forma que por ningún motivo éste se humedezca. La presencia de agua en el aislamiento causa un aumento muy importante de las pérdidas de calor. A la vez que si esta es continuada y la tubería no tiene un uso continuo, se puede presentar corrosión generalizada.
2. Realizar una codificación las trampas de vapor en sitio con placa de acero inoxidable y en el dibujo del sistema de vapor. Así como la codificación de las tuberías de distribución de servicio de vapor.
3. Evaluar la operatividad de las trampas de vapor y componentes del sistema, con equipo apropiado, en donde se especifican cada una de las trampas en cuanto a sus características de desempeño, esto permite graficar los resultados del chequeo y llevar el control estadístico del sistema de trampas.
4. Instalar medidores y llevar registros de hacia dónde va el vapor. Hacer inspecciones del sistema general de distribución y de cada uno de los procesos individuales para mantener un buen balance de vapor.
5. Llevar un control diario de los problemas encontrados y las respectivas propuestas para la solución del mismo. En los casos donde se ameriten, se tomarán fotografías digitales para soportar el reporte de la falla y se hará un esquema para ilustrar la solución a dicha falla.

6. Para la instalación de aislante térmico en tuberías y accesorios se recomienda que antes del montaje, deba comprobarse que las tuberías no estén rotas, dobladas, aplastadas, oxidadas o dañadas de cualquier manera. Para dicha instalación se harán de forma ordenada.
  
7. Programar capacitaciones para el personal, que incluya material de apoyo para cada participante en los temas: aspectos básicos de las plantas de vapor, trampas selección y mantenimiento, uso eficiente del vapor y operación de la sala de caldera.

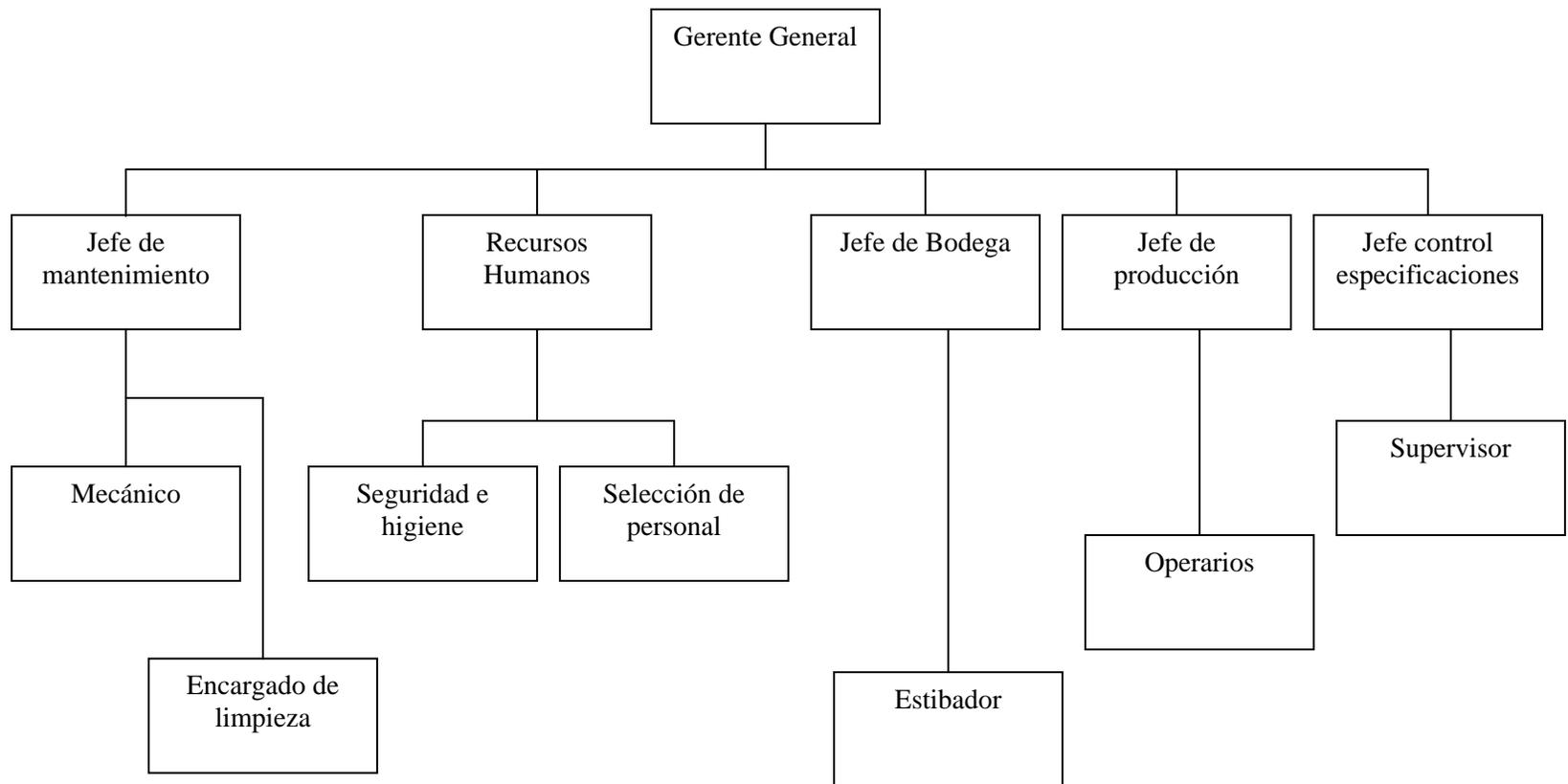
## BIBLIOGRAFÍA

1. GARCÍA FERRER, Carlos Alberto. Vapor de Agua: Teoría y aplicaciones. Editorial LImusa, 1998. Impreso en México.
2. SEVERNS, W. H. Producción de Energía Mediante el vapor de Agua, el aire y gases. Editorial Reverté S.A. 1997.
3. GOODING GARAVITO, Nestor. Operaciones Unitarias II: Manual de Prácticas 1 ed. Santafé de Bogotá; Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ingeniería. 1998. Pág. 109-137.
4. SHIELD, Carl. Calderas: Tipos, Características y sus funciones. 1ed. México: Continental, 198. Pág. 20-72
5. PERRY, Robert; GREEN ,Don y MALONEY, James. Perry: Manual del Ingeniero Químico.6ed. México: Mc Graw Hill, 1998. Vol III, Pág. 9-72 a 9-83. ISBN 468-422-973-9
6. MC.CABE, Warren; SMITH, Julian; HARRIOTT, Peter. Operaciones unitarias en ingeniería química. Mc Graw Hill, 1997, cuarta edición. Sección 3.
7. CENGEL, Yunnis Boles: Termodinámica. Editorial Continental S.A. Mexico, 1990.
8. MOORENO, R Eduardo: Recopilación de Detalles Tipicos para Instalaciones Industriales de Vapor. Caracas, 1989.
9. [www.armstrong-intl.com/products/traps](http://www.armstrong-intl.com/products/traps)



## Anexo 1

### Organigrama de la empresa



FUENTE: Archivos de la empresa