



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

DISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE VAPOR PARA UNA LAVANDERÍA INDUSTRIAL

Pedro José Fonseca Maldonado

Asesorado por el Ing. César Antonio Maldonado Scoth

Guatemala, octubre de 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE VAPOR PARA UNA
LAVANDERÍA INDUSTRIAL**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

PEDRO JOSÉ FONSECA MALDONADO

ASESORADO POR EL ING. CÉSAR ANTONIO MALDONADO SCOTH

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing.	Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing.	Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing.	Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Ing.	Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br.	Juan Carlos Molina Jiménez
VOCAL V	Br.	Mario Maldonado Muralles
SECRETARIO	Ing.	Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

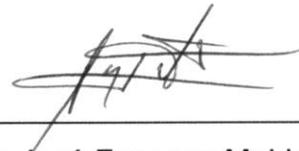
DECANO	Ing.	Sidney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR	Ing.	Carlos Humberto Pérez Rodríguez
EXAMINADOR	Ing.	William Abel Aguilar Vásquez
EXAMINADOR	Ing.	Byron Gerardo Chocooj Barrientos
SECRETARIO	Ing.	Pedro Antonio Aguilar Polanco

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

DISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE VAPOR PARA UNA LAVANDERÍA INDUSTRIAL

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 23 de noviembre de 2009.



Pedro José Fonseca Maldonado

Guatemala, 04 de agosto de 2010.

Ingeniero
José Francisco Gómez Rivera
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
Universidad de San Carlos de Guatemala
Presente.

Estimado Ingeniero Gómez:

En atención a la designación que se me hiciera tengo el agrado de informarle, que he completado la asesoría y revisión del trabajo de graduación: "**Diseño de la red de distribución de vapor para una lavandería industrial**", presentado por el estudiante Pedro José Fonseca Maldonado, como requisito a obtener el título de Ingeniero Mecánico Industrial.

En consecuencia y en base a la aprobación de Protocolo, recomiendo que el presente trabajo fue aceptado, sin más que agregar y agradeciendo su atención a la presente, me suscribo de Ud.



César Antonio Maldonado Scoth
Ingeniero Mecánico Industrial
Colegiado No. 6,714

Ing. César Antonio Maldonado Scoth
Colegiado No. 6,714
Asesor

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

REF.REV.EMI.017.011

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **DISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE VAPOR PARA UNA LAVANDERÍA INDUSTRIAL**, presentado por el estudiante universitario **Pedro José Fonseca Maldonado**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. César Augusto Akú Castillo
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

César Akú Castillo MSc.
INGENIERO INDUSTRIAL
COLEGIADO No. 4,073

Guatemala, febrero de 2011.

/mgp



REF.DIR.EMI.148.011

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **DISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE VAPOR PARA UNA LAVANDERÍA INDUSTRIAL**, presentado por el estudiante universitario **Pedro José Fonseca Maldonado**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. Cesar Ernesto Urquizú Rodas
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, septiembre de 2011.

/mgp



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de *conocer* la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE VAPOR PARA UNA LAVANDERÍA INDUSTRIAL**, presentado por el estudiante universitario: **Pedro José Fonseca Maldonado**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
DECANO



Guatemala, octubre de 2011

AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Padre celestial gracias porque siempre me acompañaste en mi camino.
Mis padres	Por su apoyo incondicional a lo largo de mi carrera y mi vida.
Ing. César Maldonado	Por su apoyo y colaboración en la asesoría del presente trabajo.
Corporación Máxima, S.A.	Por las facilidades y apoyo proporcionado.
Ing. Danilo González	Por su apoyo como revisor asignado
Ing. César Akú	Por su apoyo como revisor de este trabajo.

ACTO QUE DEDICO A:

Dios

Por la vida, la salud y la inteligencia que ha proporcionado incondicionalmente y por estar siempre a mi lado en todo momento.

Mis padres

Carmen Vilma Maldonado, gracias madre por estar presente en las buenas y en las malas. Te quiero mucho.

César Augusto Fonseca, gracias por tu apoyo y tu sacrificio, pero sobre todo porque sé que confiaste en que lo podía lograr.

Mi guía incondicional

María Antonieta Castillo (q.e.p.d.), gracias por tus consejos, tu cariño, tu paciencia y por todo el amor que me brindaste, gracias a ti logré mucho y sé que siempre estarás conmigo.

Mi esposa

Adriana Jaqueline Mejía Cerón, muchas gracias por tu gran amor. Te amo.

Mi hija

Daniela Sophia Fonseca Mejía, gracias por cambiar mi vida, eres lo que me motiva a seguir adelante y cumplir mis metas, te amo mi princesa.

Mis tíos

Juana Vitalina de León (q.e.p.d.), mil gracias por tus consejos y tu cariño.

Mis hermanos

Sandra, Mario, Gabriela, Martha y Antonio, gracias por su cariño.

Mis primos

En especial a Roselva y Verónica con mucho cariño, gracias por todo.

Mi suegra

Ana Cristina Cerón, muchas gracias por su confianza.

Mis amigos

Juan Ignacio Vásquez, Nancy Munguía, Donald Rodríguez, César Maldonado, Raúl Maldonado, Eddie Maldonado, Byron Andrade, Darlin Mejía, Catherin Sagastume, gracias por su apoyo y por su amistad incondicional.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN	XIII
OBJETIVOS	XV
INTRODUCCIÓN	XVII
1. ANTECEDENTES GENERALES	
1.1. La empresa	1
1.1.1. Historia	2
1.1.2. Ubicación	3
1.1.3. Descripción	3
1.1.4. Misión	3
1.1.5. Visión	3
1.1.6. Valores	3
1.1.7. Funcionamiento	3
1.1.8. Criterio para seleccionar una caldera	4
1.2. Red de distribución	4
1.2.1. Definición	5
1.2.2. Características	6
1.2.3. Utilidad	6
1.3. Mantenimiento	7
1.4. Tipos de trampas de balde invertido	7
1.5. Características ensayos valores típicos	8

2.	SITUACIÓN ACTUAL	
2.1.	Capacidad de producción	9
2.1.1.	Vapor de la caldera	9
2.1.2.	Factor de evaporación	10
2.1.3.	Evaporación equivalente	11
2.1.4.	Rendimiento térmico	12
2.1.5.	Redes de distribución	13
2.1.6.	Los tipos de vapor	14
2.1.6.1.	Vapor saturado	15
2.1.6.2.	Vapor sobrecalentado	16
2.1.7.	Energía	16
2.1.8.	Calidad	17
2.1.9.	Aire en la temperatura del vapor	18
2.1.10.	Aire en la transferencia de calor	19
2.2.	Diseño de una red de vapor	20
2.2.1.	Selección de la presión	20
2.2.2.	Tuberías	21
2.2.3.	Cabezal (<i>Manifold</i>)	23
2.2.4.	Tuberías principales y ramales	24
2.2.5.	Tuberías de retorno de condensado	24
2.2.6.	Tuberías de descarga de las trampas	25
3.	PROPUESTA DE MODELO A IMPLEMENTAR	
3.1.	Drenaje de condensado y trampeo	27
3.1.1.	Drenar el sistema de distribución	27
3.1.2.	Drenar la unidad de transferencia de calor	28
3.1.3.	Remover aire y CO ₂	30
3.1.4.	Características de una trampa de vapor	31
3.1.5.	Selección de trampas de vapor	34

3.1.5.1.	Carga de condensado	34
3.1.5.2.	Factor de seguridad	34
3.1.5.3.	Diferencia de presiones	35
3.1.5.4.	Máxima presión permitida	35
3.1.6.	Trampeo unitario	36
3.1.7.	Cargas de condensado por precalentamiento	37
3.1.8.	Piernas colectoras	39
3.1.8.1.	Especificaciones	39
3.1.9.	Cargas de condensado por radiación y trampas	41
3.1.10.	Expansión térmica de la tubería	46
3.1.11.	Junta tipo omega	46
3.1.12.	Junta tipo fuelle	47
3.1.13.	Junta tipo telescópica	47
3.1.14.	Pérdida de calor en la red	48
3.2.	Planta de producción de vapor	49
3.3.	Recolección de condensado	50
3.4.	Costos de mantenimiento preventivo	50
4.	ANÁLISIS PARA SU IMPLEMENTACIÓN	
4.1.	Combustibles para calderas	53
4.2.	Combustibles sólidos	54
4.3.	Carbón mineral	54
4.4.	Bagazo de caña	54
4.5.	Madera o leña	55
4.6.	Combustibles líquidos	55
4.7.	Aceites combustibles	55
4.8.	Clasificación de los aceites combustibles	56
4.9.	Manejo de los combustibles líquidos	57

4.9.1.	Gases combustibles	58
4.9.2.	Gas natural	58
4.9.3.	Gas manufacturado	59
4.9.4.	Gas licuado de petróleo	59
4.10.	Dimensionamiento de la caldera	59
4.11.	Consumo de vapor de las lavadoras	60
4.12.	Capacidad de producción de vapor de la caldera	62
4.13.	Rendimiento térmico de la caldera	64
4.14.	Características de trabajo	65
4.15.	Reglamentos locales	66
4.16.	Diseño de la red de vapor	66
4.17.	Determinar diámetro de tuberías	67
4.18.	Las cargas del condensado	69
4.19.	Dimensiones de piernas colectoras	73
4.20.	Selección de trampas de vapor	74
4.21.	Juntas de expansión térmicas	75
4.22.	Aislamiento térmico de las tuberías	76
5.	MEJORA CONTÍNUA	
5.1.	Red de distribución	77
5.1.1.	Descripción	77
5.1.2.	Propiedades	77
5.1.3.	Características	78
5.1.4.	Resultados	79
5.1.5.	Beneficios	79
5.1.6.	Supervisión	79
5.1.7.	Ventajas	81
5.2.	Drenajes y combustibles	81
5.2.1.	Control y supervisión	84

5.2.2.	Estadísticas	86
5.3.	Auditoría	87
5.3.1.	Auditoría interna	88
5.3.2.	Auditoría externa	88
CONCLUSIONES		89
RECOMENDACIONES		91
BIBLIOGRAFÍA		93
APÉNDICE		95

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	El condensado en la línea de vapor	28
2.	Barreras de transferencia de calor	29
3.	Sistema de distribución de calor	30
4.	Instalar trampas de vapor correctamente	36
5.	Instalar trampas de vapor correctamente	36
6.	Pierna colectora	39
7.	Junta tipo omega	46
8.	Junta tipo fuelle	47
9.	Junta tipo telescópica	47

TABLAS

I.	Efecto del aire en la línea de vapor	19
II.	Costos por fugas de vapor	33
III.	Dimensiones de piernas colectoras	40
IV.	Costos mano de obra	51
V.	Costos mantenimiento de una caldera	52

VI.	Consumo total del vapor	62
VII.	Resumen consumos	64
VIII.	Accesorios de tuberías	69
IX.	Flujo de condensado	69
X.	Cargas de condensado por radiación	71
XI.	Cargas de precalentamiento	72
XII.	Diámetro y longitud piernas colectoras	74
XIII.	Características tipo de trampas	75
XIV.	Espesores de aislamiento	76
XV.	Hoja de control lavadora y secadora	84
XVI.	Hoja de control planchadora de rodillos	85
XVII.	Tipos de calderas y porcentajes de errores	86
XVIII.	Tipos de calderas y porcentaje de explosiones	87

GLOSARIO

Cabezal o *Manifold*

Clase especial de tubería de distribución porque puede recibir vapor de una o varias calderas al mismo tiempo. Lo más común es que sea una tubería horizontal a la que se le alimenta el vapor por la parte superior, y al mismo tiempo se alimentan las tuberías principales de distribución. (Armstrong, 1998).

Caldera

Máquina o dispositivo de ingeniería que está diseñado para generar vapor saturado. Este vapor se genera a través de una transferencia de calor a presión constante, en la cual el fluido, originalmente en estado líquido, se calienta y cambia de estado.

Calor

Energía que hace que un cuerpo aumente su temperatura. (Cengel y Boles, 1996).

Compresor

Máquina de fluido que está construida para aumentar la presión y desplazar cierto tipo de fluidos llamados compresibles.

Convección

Es una de las tres formas de transferencia de calor y se caracteriza porque se produce por intermedio de un fluido (aire, agua) que transporta el calor entre zonas con diferentes temperaturas.

Evaporación

Trata del cambio de estado, de líquido a gaseoso en el cual una sustancia se puede separar de otra por su punto de ebullición.

Kilojoule

Es la unidad de energía en el sistema internacional de unidades (SI). Está relacionado a la Kilocaloría, que es la cantidad de energía calorífica requerida para elevar la temperatura en 1° C de un kilogramo de agua a 4° C.

Kilocaloría

Es la cantidad de energía calorífica cedida por un kilogramo de agua cuando se enfría.

Poder calorífico superior

Se indica como HHV (*Higher Heater Value*) y se define como la cantidad de calor producido en la combustión de los componentes, considerando el agua contenida en el combustible o producida en la combustión en estado líquido. (Steingress y Frost, 1994).

Poder calorífico inferior

Se indica como LHV (*Lower Heating Value*) y es el valor que ha de tomarse en la práctica cuando toda el agua que contiene el combustible o que se forma en la combustión, se desprende en forma de vapor junto a los demás gases que se forman en la combustión, como sucede en calderas. (Steingress y Frost, 1994).

Temperatura

Los términos de calor y temperatura son bastante frecuentes y es también bastante frecuente el confundirlos. La temperatura se define como la intensidad o nivel de la energía calorífica y es indicador de la velocidad molecular. (Cengel y Boles, 1996).

Tuberías de descarga del vapor

Llevar el condensado y el vapor *flash* de la trampa hasta la tubería de retomo. (Armstrong, 1998).

Tuberías de retomo de condensado

Reciben el condensado de varias tuberías de descarga de trampas y lo llevan de regreso a la caldera. (Armstrong, 1998).

Tuberías principales

Llevar el vapor desde la caldera hasta el lugar en la planta en donde se encuentran varios equipos que utilizan el vapor. (Armstrong, 1998).

Tubería ramales o secundarias

Llevar el vapor desde las tuberías principales de vapor hasta los equipos calentados con vapor. (Armstrong, 1998).

Trampas de vapor

Es una válvula automática que elimina el condensado, aire y otros gases no condensables de las tuberías de vapor y equipos que trabajan con el mismo, impidiendo simultáneamente la pérdida de vapor en el sistema de distribución. (Armstrong, 1998).

Vapor *flash*

Se genera cuando se tiene condensado caliente o líquido saturado, presurizados, y se libera a una presión más baja. Por lo que parte de este líquido se vuelve a evaporar, siendo este el vapor flash. (Armstrong, 1998).

RESUMEN

Se describe una problemática donde se pueden aplicar los conocimientos híbridos de la Ingeniería Mecánica Industrial, teniendo que conocer del funcionamiento y selección de calderas, procesos de producción, proyecciones, análisis financiero y toma de decisiones.

La base inicial es donde la empresa se enfrenta a un problema en su sistema de generación de vapor, que alimenta todas las máquinas que realizan el proceso de lavado, secado y planchado. Se debe tomar una decisión rápida y estratégica, acerca de cuáles serían los próximos pasos a seguir: hacer la compra de una caldera nueva y con qué características, o bien reparar la actual que está averiada.

Los procedimientos son sencillos para poder determinar las especificaciones técnicas de la caldera y el diseño de la red de distribución de vapor para una lavandería industrial; mostrando para cada aspecto, las características fundamentales de una adecuada selección y un óptimo funcionamiento.

También se describe un análisis de la selección del combustible basado en la confiabilidad de la calidad, limpieza, disponibilidad, economía, requerimientos de operación y facilidades de control, además se logra determinar los diferentes diámetros de tubería que ayudarán a circular los diferentes flujos de vapor que son necesarios para el buen funcionamiento de las diferentes máquinas dentro de la lavandería, tales como lavadoras, secadoras, planchas etc.

OBJETIVOS

General

Describir el diseño de la red de distribución de vapor para una lavandería industrial.

Específicos

1. Contribuir con la empresa guatemalteca para que pueda montar su lavandería industrial basada en el estudio técnico y selección de equipo.
2. Obtener la capacidad de generación de vapor de la caldera adecuada para las distintas máquinas de la lavandería, acorde a los requerimientos de cada una de ellas.
3. Encontrar los pasos necesarios para poder dimensionar una caldera y diseñar su red de vapor; quedando como referencia para profesionales.
4. Mostrar los métodos para evaluar los requerimientos de recurso para el desarrollo de un proyecto de mantenimiento preventivo.
5. Ordenar y clasificar la información de mantenimiento de la caldera en una lavandería industrial.

6. Aplicar los conocimientos teóricos para desarrollar un programa de administración de las actividades de mantenimiento de una caldera en una lavandería industrial.

7. Exponer la manera de obtener el análisis de la información que se utiliza en la administración del mantenimiento preventivo para la toma de decisiones.

INTRODUCCIÓN

En la industria el uso de una caldera de vapor de agua se hace indispensable para innumerables aplicaciones, provocando que sea un elemento en el cual gira el funcionamiento de toda una empresa. En la mayoría de aplicaciones el vapor de agua producido será utilizado dentro de algún proceso (lavado, esterilizado, cocción, alimenticio, secado) lo cual hace que se tengan muy distintos requerimientos.

Por el creciente desarrollo industrial que se da en este sector empresarial, se hace más exigente la selección de su equipo; los rendimientos y la eficiencia juegan un papel importante para la productividad de cualquier empresa, porque la competencia siempre está empujando para tener mayor participación en el mercado. Tal es el caso de las lavanderías de tipo industrial, que no son la excepción. Este tipo de lavanderías han tenido un crecimiento en el sector industrial, puesto que las maquiladoras de ropa en Guatemala han aumentado en número y volumen de unidades fabricadas. Las lavanderías industriales son empleadas por las maquiladoras de ropa para darle distintos acabados finales a las prendas o bien para darles una excelente presentación antes de ser empacada.

En toda industria, la caldera forma parte de la columna vertebral del funcionamiento de una empresa, tal como sucede en una lavandería de tipo industrial. Para que pueda funcionar eficientemente las máquinas (lavadoras, secadoras y planchas) y en sí toda la lavandería industrial.

Se debe seleccionar el equipo justo, que no sea tan pequeño, que no cumpla la demanda o tan grande que se desperdicie su capacidad y no sea aprovechada. Generando en ambos casos, una mala optimización de recursos.

Sin ser menos importante, se necesita un apropiado diseño y distribución de las redes de vapor que alimentan a las máquinas que requieren de distintos consumos de vapor. Un factor muy importante dentro de las redes de vapor son las trampas de vapor, que como todo equipo, deben ser seleccionadas para cada una de las aplicaciones, tocando un factor importante en la eficiencia del sistema.

Tras existir una oportunidad de entrar en el negocio del lavado de ropa, una empresa nacional que tiene claro lo que representa este mercado y los problemas o riesgos que conlleva el seleccionar su equipo basado en meros factores empíricos, no puede estar en este filo de la navaja y arriesgarse de esa manera. Por lo que debe quedar claro que se debe tener conocimientos acerca de termodinámica principalmente, así como de instalaciones industriales, para lograr determinar las especificaciones técnicas y diseñar adecuadamente la caldera y las redes de vapor.

1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1. La empresa

Como antecedente se menciona que la lavandería realizó un estudio (de mercado y técnico) en donde se determinó el número de lavadoras, secadoras y planchas (capacidad instalada). Además fue proporcionada información en particular acerca del proceso para un entendimiento del mismo. En los manuales de las máquinas seleccionadas se obtuvieron los datos de los consumos de vapor que requieren cada una de ellas para su adecuado funcionamiento, y que obviamente, la caldera tiene que proporcionar sin ningún problema.

1.1.1. Historia

La lavandería fue fundada en 1983, por un empresario que vio en esta industria mucho potencial de crecimiento y evolución en la tecnología y maquinaria que se utilizaba en ese entonces. Inició en un pequeño local ubicado en la ciudad y con una producción de apenas 100 Kilogramos de ropa por día. Con estos medios y ayudados por la confianza depositada por el número creciente de clientes de su cartera, fue permitiendo incorporar nuevos sistemas de producción, tecnología, utilización de mejores productos y sistemas aplicados en los distintos servicios que eran brindados.

En 1996 se dio una nueva visión a proyectos de mejora y ampliaciones. Empezaron a especializarse en las materias relacionadas con su área de trabajo, aportando nuevas líneas de negocio, como el servicio a domicilio, lavado de edredones, desmanchado, restauración de pieles y tapices,

así como la incorporación de nuevas tecnologías en cuanto a dosificaciones de productos y gestión informática de procesos de lavado y sistemas contables.

Estas mejoras fueron rápidamente valoradas por los clientes y se vieron necesitados de una nueva ampliación. En el año 1998 realizaron su última expansión significativa, trasladando la planta de producción a un nuevo local más amplio. Este establecimiento disponía de 218 mt² perfectamente acondicionados para el desarrollo normal del negocio.

La lavandería por su ubicación geográfica, no sólo aumentó el volumen de prendas casi en un 20%, sino que también logró aumentar la cobertura del servicio, y afianzar más la marca. Por lo tanto, desde el año 1999, la lavandería comenzó a abrir agencias en diferentes puntos estratégicos de la ciudad, que funcionaban únicamente como puntos de contacto con el cliente.

Desde estas agencias eran llevadas las piezas hacia la planta central, donde se reunían y procesaban las prendas, para luego ser enviadas de regreso a las agencias y entregarlas.

1.1.2. Ubicación

La lavandería se ubica en la 48 calle de la zona 12 de la ciudad capital, tomando en consideración la cercanía de maquiladoras de ropa que requerirán de sus servicios.

1.1.3. Descripción

La lavandería cuenta con 5 lavadoras, 5 secadoras y 15 planchas de tipo prensa, que forman parte de las máquinas que son empleadas para el lavado, secado y planchado de prendas.

1.1.4. Misión

Ofrecer un servicio completo, único y de la más alta calidad, relacionado a la limpieza y tratamiento integral de prendas.

1.1.5. Visión

Ser los líderes en el mercado y que la atención sea reconocida a nivel nacional, mejorando la calidad de los procesos, atención y servicios en forma continua.

1.1.6. Valores

Los clientes son la razón de ser. El principal enfoque es identificar y satisfacer las necesidades de los clientes con un servicio de calidad con clase mundial.

1.1.7. Funcionamiento

La empresa atiende actualmente a empresas maquiladoras, fabricantes nacionales de prendas de vestir y clientes individuales que solicitan sus servicios.

La empresa busca una expansión dentro de su mismo segmento de mercado, es decir, que buscará incrementar su demanda gradualmente, siendo así que su equipo sea adecuado para lograr cierta expansión sin necesidad de tener que reemplazar o agregar alguna otra caldera, ni modificar la red de distribución de vapor en un futuro cercano.

1.1.8. Criterio para seleccionar una caldera

Para hacer una correcta selección de una caldera deben tomarse en consideraciones las siguientes condiciones:

- ✓ Capacidad real de producción de vapor de la caldera bajo las condiciones de operación de la planta
- ✓ Rendimiento térmico de la caldera, es decir la eficiencia porcentual
- ✓ Características de trabajo a efectuar, como por ejemplo la presión requerida y fluctuaciones de la demanda del vapor

1.2. Red de distribución

La red de distribución debe suministrar el aire comprimido con una pérdida mínima para cualquier punto del sistema. Un sistema bien dimensionado en trazado y diámetros de las tuberías debe garantizar una pérdida máxima del 5% para el punto más alejado (en el sitio de la utilización del aire comprimido), respecto a la presión generada por el compresor.

La mayoría de los sistemas de distribución consisten en líneas principales, de las cuales se desprenden los ramales principales para atender las diferentes zonas de la fábrica. De las ramificaciones principales, se desprenden las líneas que alimentan los usuarios.

La pérdida máxima permitida en el punto más alejado de los ramales principales es del 2%, calculadas con el máximo flujo probable. Igualmente la pérdida para el punto más alejado de las ramificaciones debe ser inferior o igual al 3% calculado con el máximo caudal esperado. La pérdida en las líneas de alimentación no debe superar el 1% incluyendo las mangueras como ocurre en la herramienta neumática.

Para los ramales el flujo de diseño debe tomarse para la situación pico que está entre el 150% y el 175% del consumo promedio estimado. Los ramales secundarios que “bajan” el aire al nivel de los operarios deben dimensionarse para el consumo máximo considerando una simultaneidad extrema de usuarios.

1.2.1. Definición

La red de distribución de vapor es el conjunto de elementos que unen el generador de vapor y los equipos de calefacción y consta de los siguientes elementos:

- ✓ Red de tuberías principales y secundarias
- ✓ Distribución general, soportes, anclajes, abrazaderas, juntas
- ✓ Aislamientos térmicos
- ✓ Válvulas reductoras de presión
- ✓ Válvulas de seguridad
- ✓ Sistema de trampas para evacuación de condensados
- ✓ Red de retorno de condensados

1.2.2. Características

Los factores que más afectan las pérdidas de energía en las redes de vapor son:

- ✓ Dimensionamiento de las redes
- ✓ Diámetro de red pequeño
- ✓ Caídas de presión
- ✓ Mal funcionamiento del equipo
- ✓ A mayor velocidad del vapor aumenta la erosión y el ruido
- ✓ Se debe localizar puntos de drenaje en la red y evacuarlos mediante una trampa con el fin de entregar un vapor seco y saturado al equipo
- ✓ Un punto de pérdidas de energía importante es el aislamiento de las redes, debe ser dimensionado, instalado y protegido correctamente

1.2.3. Utilidad

La función de las trampas de vapor es eliminar el condensado, aire y otros gases no condensados de las redes principales y de los equipos que trabajan con vapor, tan rápido como sea posible.

Las trampas deben proporcionar:

- ✓ Pérdidas de vapor mínimas
- ✓ Vida larga y confiable
- ✓ Resistencia a la corrosión
- ✓ Venteo del aire y otros gases
- ✓ Funcionamiento en contrapresión

1.3. Mantenimiento

En el sistema de distribución de vapor:

- ✓ Las redes de distribución deben estar correctamente dimensionadas, instaladas, purgadas, aisladas y mantenidas
- ✓ Reparar las fugas en bridas, uniones y válvulas
- ✓ Verificar el funcionamiento de los reguladores de presión
- ✓ Se debe eliminar oportunamente el aire y los condensados
- ✓ Líneas con mal aislamiento, éste se debe mejorar
- ✓ Garantizar un diseño adecuado de las redes de trampas de vapor
- ✓ Dimensionamiento de la red colectora de condensados
- ✓ Aislamientos
- ✓ Tener en cuenta la utilización de tanques presurizados para recuperar el vapor *flash*
- ✓ Diseño adecuado del tanque de retorno de condensados
- ✓ Prevenir problemas de vacío cuando se suspende el suministro de vapor
- ✓ Instalar juntas de instalación

1.4. Tipos de trampas de balde invertido

La trampa de vapor con balde invertido y sumergido, es una trampa mecánica que opera basada en la diferencia de densidades entre el vapor y el agua. El vapor que entra al balde invertido y sumergido causa que éste flote y que cierre la válvula de descarga.

El condensado que entra a la trampa hace al balde más pesado, por lo que se hunde y así se abre la válvula de descarga para dejar salir al condensado.

A diferencia de otras trampas mecánicas, la de balde invertido, también ventea continuamente el aire y el bióxido de carbono, a la temperatura del vapor.

El corazón de la trampa de balde invertido es un mecanismo único de palanca que multiplica la fuerza ejercida por el balde para abrir la válvula en contra de la presión existente.

No hay pivotes fijos que puedan desgastarse o crear fricción. El mecanismo está diseñado para abrir el orificio de descarga a su máxima capacidad. Asimismo, el balde es resistente al golpe de ariete debido a que está abierto en su parte inferior. Los posibles puntos de desgaste están reforzados para una vida útil más larga.

1.5. Características ensayos valores típicos

- ✓ Color A.S.T.M 1.5
- ✓ Gravedad API° a 15.60 °C 33.33
- ✓ Gravedad específica a 15.60 °C 0.856
- ✓ Punto de inflamación Pensky Martens, °C 70.58
- ✓ Viscosidad cinemática a 40 °C, cSt. (37.8) 3.9
- ✓ Corrosión a la lámina de cobre, 3 horas a 100 °C 1.a
- ✓ Poder calorífico (kJ/kg) 44,618
- ✓ Contenido de azufre, % peso 0.29
- ✓ Contenido de agua por arrastre, % volumen trazas
- ✓ Residuo carbón conradson en 10% fondos, % peso 1.012

2. SITUACIÓN ACTUAL

2.1. Capacidad de producción

La potencia de la caldera viene dada por HP de caldera (BHP), tal como fue establecida en 1889 por la ASME. Esta medida estaba basada en una máquina de vapor que empleaba 13.62 kg (30 lb) de vapor por HP hora a una presión relativa de 4.9 kg/cm² (70psi) y con el agua de alimentación de la caldera a 38.5 °C (101 °F). Esto corresponde a la evaporación de 15.65 kg (34.5 lb) de agua por hora a 100 °C (212 °F), lo cual significa la conversión de 15.65 kg de agua por hora a 100 °C en vapor saturado a 100 °C, a la presión atmosférica normal (1.033 kg/cm²). (Severns, Degler y Miles, 1971).

2.1.1. Vapor de la caldera

En estas condiciones cada kilogramo de vapor producido requiere la entalpía de evaporación a la presión atmosférica normal, la cual vale 2257 kJ/kg (543.4 kcal/kg).

Además este proceso de transmisión de calor, que tiene lugar en la caldera, es un proceso de flujo constante, en el cual, el calor transmitido es igual a la variación de la entalpía del vapor generado y la del agua de alimentación. Por consiguiente, la capacidad de una caldera podrá expresarse de la siguiente forma:

$$\underline{HP \text{ de caldera (BHP)} = ms(hg - hf) \cdot (\text{Ecuación 1})}$$

$$(2257)(15.65)$$

de donde

ms = peso del vapor producido por la caldera, en kg/hr

hg = entalpía de vapor saturado en kJ/kg, a presión absoluta de generación

hf = entalpía del agua de alimentación en las condiciones a las que esa agua llega a la caldera en kJ/kg

El término BHP es una denominación antigua, pero que se aplica todavía para designar la capacidad de una caldera mediana. En general, resulta que dimensionalmente, en el ámbito comercial se utiliza kcal/hr o Btu/hr para denominar una caldera pequeña; BHP para una caldera pequeña o mediana industrial; kg/hr, lb/hr o Ton/hr para calderas grandes, y para calderas muy grandes se identifican de acuerdo a su capacidad de generación de energía eléctrica.

Todas las unidades dimensionales anteriores son convertibles entre sí, tomando en cuenta la definición de la ASME para el caballo de caldera (1BHP = 15.65 kg/hr ó 34.5 lb/hr).

2.1.2. Factor de evaporación

El factor de evaporación (FE) es la relación entre el calor absorbido por 1 kg de agua de alimentación en las condiciones reinantes en la caldera y el absorbido por 1 kg de agua a 100 °C al evaporarla a 100 °C. (Severns et. al., 1971). Es decir que es la relación que existe entre la evaporación nominal (generar vapor desde y a 100 °C) y la evaporación real (condiciones de operación de la caldera).

De donde resulta:

$$\text{Factor de evaporación} = \frac{hg - hf}{2257} \text{ (ecuación 2)}$$

$$2257$$

donde hg y hf tienen el mismo significado que en la ecuación 1.

Para poder facilitar la resolución de la ecuación 2, existen tablas donde se puede obtener el factor de evaporación disminuyendo el error en la operatoria, siendo así más rápido y confiable, ya que sólo se necesita conocer la presión de trabajo de la caldera y la temperatura del agua de alimentación. El uso de esta tabla facilita y simplifica enormemente los cálculos a realizar; volviendo más ágil el proceso para determinar la producción de vapor en la caldera.

2.1.3. Evaporación equivalente

La evaporación equivalente se define como los kilogramos de agua por hora a 100°C, que se evaporarían a 100 °C si se hubiese absorbido la misma cantidad de energía que en las condiciones observadas en la caldera (Severns et. al., 1971). Por lo tanto

$$\text{Evaporación equivalente} = \frac{ms (hg - hf)}{2257} \text{ (ecuación 3)}$$

$$2257$$

o evaporación equivalente = ms (fact evap) (ecuación 3a)

donde ms, hg y hf tienen el mismo significado que en la ecuación 1.

Entonces, después de haber definido el factor de evaporación y la evaporación equivalente, se puede simplificar la ecuación 1, diciendo:

$$\underline{\text{BHP} = (\text{evap equiv}) \text{ (ecuación 1a)}}$$

15.65

$$\underline{\text{BHP} = \text{ms (fact evap)} \text{ (ecuación 1b)}}$$

15.65

Como se puede observar, tanto el factor de evaporación como la evaporación equivalente, son tomados en cuenta en la ecuación 1 (caballo de caldera real); por lo que las ecuaciones 2 y 3 representan conceptos concretos, necesarios para entender fácilmente la propia definición de caballo de caldera real.

Es decir, que el factor de evaporación es un factor de corrección o ajuste, puesto que en la caldera no se generará vapor a partir de agua a 100 °C a presión atmosférica, sino que se partirá de agua de alimentación a una temperatura menor generando vapor a presiones mayores. Si este factor de evaporación se multiplica por el peso de vapor producido (ms), se obtienen la evaporación equivalente; que no es más que la generación real de vapor en la caldera expresada en kg/hr (lb/hr).

Obtenida la evaporación equivalente y según la definición de la ASME para el caballo de caldera, se convierte dimensionalmente los kg/hr a BHP, determinando de esta manera los caballos de caldera real; que representa la capacidad de producción de vapor de la caldera.

2.1.4. Rendimiento térmico

El rendimiento de una caldera de vapor, en cualquier condición de funcionamiento.

Es la relación entre el calor transmitido al agua dentro de la caldera y la energía suministrada por el combustible, según Severns et. al. (1971) y se expresa de la siguiente manera:

$$\underline{eb = \frac{ms (hg - hf) \times 100}{mf} \times F} \text{ (ecuación 4)}$$

Donde ms, hg y hf tienen el mismo significado que en la ecuación 1 además:

eb Rendimiento o eficiencia de la caldera.

mf Peso total del combustible quemado en kg/hr.

F Poder calorífico superior del combustible quemado en KJ/kg.

2.1.5. Redes de distribución

El vapor se genera cuando se le añade energía calorífica al agua en una caldera. Se necesita añadir suficiente energía (calor sensible) para que se eleve la temperatura del agua hasta su punto de ebullición. Después de ello, cualquier energía adicional (calor latente) transforma el agua en vapor, sin un incremento en la temperatura (cambio de estado).

El vapor de agua es un vehículo para transferir calor y energía en forma bastante eficiente y fácil de controlar. Es usado frecuentemente para transportar energía desde un punto central (la caldera) hasta varios lugares en la planta donde se utiliza para calentar aire, agua o para diversos usos en el proceso.

Como ya se mencionó, se requiere de energía (kJ) adicional para transformar agua en ebullición a vapor de agua.

Esta energía en realidad no se pierde si no que se almacena en el vapor y está disponible para actividades, como por ejemplo calentar el aire, cocer tomates, planchar pantalones, secar un rollo de papel, etc.

A la cantidad de calor que se requiere para transportar agua en ebullición a vapor de agua se le llama calor latente. La cantidad requerida es diferente para cada combinación de presión-temperatura (Avallone y Baumeister, 1995).

El vapor que sale de la caldera y se encuentra en las redes proviene de agua de alimentación tratada (blanda o suave). Esta agua de alimentación, se debe de tratar para eliminar el calcio, magnesio, carbonatos, nitratos, sulfatos y cloruros; que provocan incrustaciones, depósitos y corrosión tanto en la caldera, como en la red de vapor.

La generación de estos problemas es algo muy serio, ya que causa un sobrecalentamiento en la caldera, disminución del flujo en las líneas, mala transferencia de calor, aumenta los costos de mantenimiento, operación y costo de materiales para reemplazar los tubos tapados.

2.1.6. Los tipos de vapor

El vapor se refiere a la materia en estado gaseoso. Aunque éste no se limita al vapor generado por agua, diferentes tipos de vapor existen en el mundo; sin embargo, el término “vapor” es comúnmente usado para referirse al estado gaseoso del agua.

El vapor de agua resulta cuando ésta es calentada hasta el punto de ebullición bajo una presión constante, lo cual provoca que se vaporice.

En años recientes, los alcances del uso de este 'vapor generado por agua' se han ampliado, de solamente utilizarse en la industria, a utilizarse todos los días de manera doméstica, como en el caso de hornos y limpiadores de vapor.

2.1.6.1. Vapor saturado

Comparado con el sistema de calentamiento con agua caliente, éste ofrece rapidez, incluso en calentamiento, para alcanzar rápidamente la temperatura establecida sin uniformidades en la temperatura.

El "vapor saturado" es vapor a la temperatura de ebullición del líquido. Es el vapor que se desprende cuando el líquido hierve. Se obtiene en calderas de vapor.

Usos de vapor saturado:

- ✓ Procesos industriales
- ✓ Procesos físicos
- ✓ Procesos químicos
- ✓ Procesos de esterilización hospitalaria
- ✓ Procesos presión atmosférica en la hidrodestilación
- ✓ Procesos de limpieza
- ✓ Procesos de pasteurización de alimentos y bebidas
- ✓ Procesos de calefacción central urbana (*district heating*)

2.1.6.2. Vapor sobrecalentado

El "vapor sobrecalentado" es vapor de agua a una temperatura mayor que la del punto de ebullición. Parte del vapor saturado y se le somete a un recalentamiento con el que alcanza mayor temperatura. También se obtiene en las calderas de vapor pero que tienen secciones de recalentamiento para el vapor haciendo pasar el vapor que se obtiene en la ebullición por tubos expuestos a los gases calientes del proceso de combustión.

Usos de vapor sobrecalentado:

- ✓ Funcionamiento de máquinas de pistones y turbinas
- ✓ Funcionamiento de locomotoras de vapor
- ✓ Accionamiento de barcos
- ✓ Generación eléctrica en centrales termoeléctricas tanto convencionales como nucleares, centrales geotérmicas, centrales llamadas ciclos combinados
- ✓ Procesos industriales de secado de madera
- ✓ Procesos de destilación
- ✓ Procesos de obtención del coke

2.1.7. Energía

El calor fluye de un punto, a alta temperatura, a menor temperatura, esto es lo que se conoce como transferencia de calor. Empezando en la cámara de combustión de la caldera, el calor fluye a través de la pared de los tubos de la caldera hasta el agua. Cuando la presión más alta de la caldera empuja el vapor hacia afuera de la caldera, los tubos de distribución se calientan.

Entonces, el calor fluye a través de la pared de los tubos por radiación hacia el ambiente a temperatura menor alrededor de la tubería. Esta transferencia de calor transforma una cierta cantidad del vapor en agua nuevamente; causando una pérdida de presión y temperatura reflejada en una disminución de la calidad de vapor. Esta es la razón por la que usualmente las tuberías de distribución están aisladas, ya que así se minimiza el desperdicio de energía de esta transferencia de calor indeseable.

La historia es diferente cuando el calor llega a los intercambiadores de calor del sistema, en este caso se desea la transferencia de calor del vapor.

Por ejemplo, el calor fluye hacia el aire que está adentro de una secadora de ropa, hacia el agua en un calentador de agua, o a los alimentos en una olla de cocido. Nada debe de interferir con esta transferencia de calor (*Avallone y Baumeister, 1995*).

2.1.8. Calidad

Durante el proceso de evaporación una sustancia existe como parte líquida y como parte vapor, siendo una mezcla de líquido y vapor saturado. De esta manera la calidad (x) se define como la razón entre la masa de vapor y la masa total de la mezcla (Cengel y Boles, 1996); la cual puede expresarse como porcentaje o como una fracción decimal.

Todo esto se resume diciendo que la calidad representa la porción de vapor que hay en una mezcla saturada y que es importante, puesto que el vapor será el fluido que pueda brindar la energía que posee transformándola en trabajo; no así, el condensado o líquido saturado puesto que el calor que posee (energía) es de escasa o nula calidad.

De esa cuenta se dice que la calidad de una mezcla compuesta únicamente por líquido saturado es 0 (0%) y la calidad de una mezcla que contenga sólo vapor saturado es igual a 1 (100%). De modo que puede expresarse:

$$x = \frac{h - h_F}{h_{fg}} \text{ (ecuación 5)}$$

En donde "h " que es la entalpía puede ser, ya sea la entropía, energía interna o bien el volumen específico el que lo sustituya en la ecuación 5.

En una red de distribución, cuando el vapor saturado que circula por las tuberías puede experimentar una pérdida de calor por convección y radiación, de forma que pierde parte de su entalpía y como consecuencia, se comienza a formar condensado. Esto ocasiona que la calidad del vapor disminuya.

2.1.9. Aire en la temperatura del vapor

Cuando el aire y otros gases se meten al sistema de vapor estarán ocupando parte del espacio que debería estar ocupado únicamente por el vapor. Y la temperatura de la mezcla aire-vapor va a ser menor que la que sería para vapor puro. La tabla 1 explica el efecto del aire en las líneas de vapor, mostrando la reducción en temperatura causada por diferentes porcentajes de aire a varias presiones (Armstrong, 1998).

Tabla I. **Efecto del aire en la línea de vapor**

Presión (bar)	Temperatura vapor saturado (C)	Temperatura del vapor mezclado con varios porcentajes de aire (en volumen)		
		10%	20%	30%
2	120.2	116.7	113.0	110.0
4	143.6	140.0	135.5	131.1
6	158.8	158.8	150.3	145.1
8	170.4	165.9	161.3	155.9
10	179.9	175.4	170.4	165.0

Fuente: extraído del material de apoyo del curso de Termodinámica, 1999.

2.1.10. Aire en la transferencia de calor

El vapor lleva consigo aire y otros gases durante su flujo normal hacia el interior de un intercambiador de calor.

Estos gases no condensables, debido a que no se condensan y no se pueden drenar por gravedad, forman una barrera entre el vapor y las superficies del intercambiador de calor. Y las excelentes propiedades aisladoras del aire reducen la transferencia de calor.

De hecho, bajo ciertas condiciones, con un porcentaje tan bajo como 0.5% de aire en el volumen de vapor puede reducir en un 50% la eficiencia de la transferencia de calor.

Cuando los gases no condensables (principalmente aire) se continúan acumulando y no son removidos de la unidad, poco a poco llenan el interior del intercambiador de calor y eventualmente bloquean completamente el flujo del

vapor. Entonces se dice que la unidad está bloqueada por aire (Armstrong, 1998).

2.2. Diseño de una red de vapor

El sistema o red de distribución de vapor incluye todos los equipos, tuberías y accesorios que sirven para transportar el vapor; desde la caldera hasta los lugares de utilización, incluyendo el sistema de retorno de condensado.

Determinar adecuadamente las dimensiones y capacidades de todos los componentes del sistema, es de vital importancia para que se pueda tener un máximo rendimiento térmico de los equipos seleccionados.

Para diseñar correctamente una red de distribución de vapor se tienen que seguir los siguientes pasos, tomando en cuenta las disposiciones y consideraciones que a continuación se presentan:

- ✓ Selección de la presión
- ✓ Diámetro de las tuberías
- ✓ Drenaje de condensado y trampeo
- ✓ Expansión térmica de la tubería
- ✓ Pérdida de calor en la red

2.2.1. Selección de la presión

La presión inicial en la caldera debe ser seleccionada por el diseñador, ya que debe tener en cuenta la caída de presión permitida para todo el sistema de tuberías.

Dicha caída total de presión en el sistema no debe de exceder un 5% de la presión de trabajo en la caldera para cada una de las diferentes líneas. Este valor debe incluir todas las caídas que existen: en los tubos, en los codos, en las válvulas, etc.

Es decir, que la caldera debe de operar a una presión superior a la deseada al final de cada una de las líneas de vapor, para que se pueda absorber una caída de presión a lo largo de toda la tubería. Sin olvidar que una caída de presión es una pérdida de energía que se tiene en el sistema de distribución y que se traduce en pérdidas económicas.

2.2.2. Tuberías

Antes de entrar a los cálculos para determinar el diámetro de las tuberías se tiene que establecer la velocidad, el caudal y la presión del vapor dentro de las tuberías.

El diámetro de las tuberías se ve ligado a la velocidad del vapor, puesto que con una mayor velocidad del vapor en la línea de distribución, se aumentan la erosión y el ruido en las tuberías. Por eso las velocidades recomendadas para una adecuada y correcta distribución de vapor dentro de las líneas son de 25 a 35 m/s.

Estableciendo la velocidad del vapor, se puede definir los diámetros de las tuberías mediante el uso de tablas para la presión a la que el vapor se encontrará.

En las tablas se busca el diámetro de tubería que sea capaz de manejar el flujo de vapor que debe pasar en la línea, buscándolo en la columna

de la caída de presión permitida a lo largo de la tubería. Existen tablas para las diferentes presiones a las que se maneje el vapor; mostrando además, en cada una de ellas, distintos diámetros para distintos flujos que deban pasar por ella según las pérdidas de presión en la tubería.

Estas tablas se muestran en los anexos, las cuales fueron empleadas para obtener los resultados de este trabajo.

En conclusión, para la utilización de las tablas, se necesita conocer la cantidad de flujo de vapor que pasará por esta tubería, y la caída de presión por metro permisible.

Con estos dos valores se escoge la tubería a emplear según la velocidad de diseño que se quiera utilizar, que esté entre los rangos recomendados y siguiendo el código de colores (escala de grises) para velocidades mostrado en dichas tablas.

Algo muy importante son las pérdidas que generan todos los accesorios que se encuentran en las tuberías, como codos, tees, yees y válvulas. Estas pérdidas en la tubería se transforman en longitud equivalente de tubería recta que pueden ser encontradas en la tabla A-9.

La longitud de tubería equivalente representa una forma fácil de poder representar las caídas de presión en estos accesorios; logrando así una equivalencia para unificar las pérdidas por fricción de la tubería recta y las pérdidas de los accesorios.

Entonces, para el proceso de selección de diámetro de tuberías, primeramente se asume un diámetro para los accesorios, encontrando así la

longitud equivalente de tubería que sumada a la longitud real de tubería; obteniendo la longitud total. Luego la caída de presión en la tubería (no más del 5%) se divide entre la longitud total para determinar la caída de presión por metro.

Entonces se busca en la columna de esta caída, el valor más cercano al flujo de vapor que se tiene, correspondiéndole a éste un diámetro de tubería (siempre y cuando esté en el rango de velocidades).

Por último se verifica para este nuevo diámetro la longitud equivalente de los accesorios, y si la tubería con esta nueva caída de presión admite el flujo de vapor, entonces ese será el diámetro de tubería adecuado; de lo contrario, se repetirá el proceso hasta que cumpla con la velocidad.

2.2.3. Cabezal (*Manifold*)

Es una clase especial de tubería de distribución, porque puede recibir vapor de una o varias calderas al mismo tiempo. Lo más común es que sea una tubería horizontal a la que se le alimenta el vapor por la parte superior, y al mismo tiempo se alimentan las tuberías principales de distribución.

Hasta cierto punto tiene una función como un tanque de vapor, ya que ayuda a mantener una presión continua, en donde los descensos de presión en la red son absorbidos en gran parte por el cabezal.

El diámetro de esta tubería puede ser determinado como el proceso que anteriormente se describió, aunque una excelente aproximación puede ser dada por una ecuación empírica que proporciona resultados muy certeros:

$$\varnothing T = \sqrt{\sum (\varnothing_i)^2} \text{ (ecuación 6)}$$

en donde

$\varnothing T$ = Diámetro del cabezal

\varnothing_i = Diámetro de cada una de las tuberías que se conectan al cabezal

2.2.4. Tuberías principales y ramales

Las tuberías principales son las encargadas de llevar el vapor desde la caldera hasta el lugar en la planta en donde se encuentran varios equipos que utilizan el vapor. Mientras que las secundarias o ramales serán las que tomen vapor de la principal y la lleven hacia un equipo en particular.

El procedimiento para determinar el diámetro de estas tuberías se puede definir mediante el uso de tablas para la presión a la que el vapor se encontrará. Teniendo en cuenta los factores y los pasos que ahí se mencionan.

2.2.5. Tuberías de retorno de condensado

Las tuberías de retorno son aquéllas que reciben el condensado de varias tuberías de descarga de trampas, y lo llevan de regreso al tanque de condensado para aprovechar tanto su temperatura como el tratamiento que ya le fue dado.

El determinar los tamaños de las tuberías de retorno de condensados presentan ciertos problemas que son diferentes a los presentes en tuberías de vapor. El problema más importante es la necesidad de lidiar con vapor flash o secundario. Una tubería de retorno debe de ser capaz de llevar condensado y vapor *flash*, pero el volumen del vapor flash es varias veces mayor que el

volumen de condensado. Para los valores dados en la tabla A-10 (anexos) el volumen de vapor *flash* es del 96% al 99% del volumen total. Por lo tanto, sólo se considera vapor *flash* en la tabla A-10.

Tuberías de retorno de condensado deben de diseñarse para que tengan una velocidad razonable y una caída de presión aceptable. La tabla A-10 está basada en tener una velocidad de 35 m/s o menor, con tubo de cédula 40.

El procedimiento es muy similar al descrito anteriormente, ya que para una presión dada de alimentación a la trampa (presión del vapor), una presión de la tubería de retorno, así como para una caída de presión supuesta ($\Delta P/L$) por cada metro de tubería, y conociendo el flujo de condensado, se puede determinar el diámetro adecuado de la tubería con la ayuda de la tabla A-10.

2.2.6. Tuberías de descarga de las trampas

Las tuberías de descarga de las trampas son generalmente cortas. Suponiendo que se tiene una trampa del tamaño correcto para la aplicación dada, se recomienda una tubería de descarga de la trampa de un diámetro igual al de las otras conexiones en la trampa. Cuando se tiene una presión diferencial baja entre la trampa y la tubería de retomo del condensado, la tubería de descarga se puede aumentar al siguiente tamaño.

3. PROPUESTA DE MODELO A IMPLEMENTAR

3.1. Drenaje de condensado y trampeo

El condensado es un producto secundario de la transferencia de calor en un sistema de vapor. Se forma en el sistema de distribución debido a la inevitable existencia de radiación.

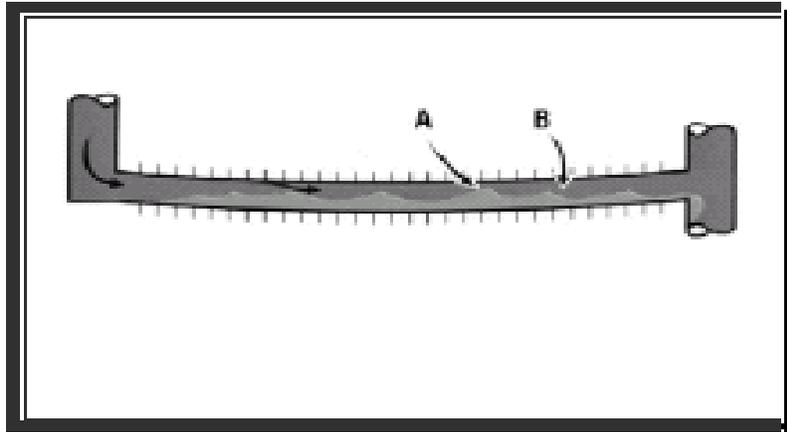
También se forma en equipos de calentamiento y de proceso debido a la transferencia de calor del vapor hacia lo que se desea calentar. Una vez que el vapor se condensa al haber soltado todo su valioso calor latente, el condensado caliente se debe de remover inmediatamente. El condensado todavía es agua caliente con valor energético y además, es agua tratada que se debe de regresar a la caldera, aún cuando el calor disponible en un kilogramo de condensado es relativamente poco comparado al de un kilogramo de vapor.

3.1.1. Drenar el sistema de distribución

El condensado que se acumula en las líneas de vapor puede ser la causa de cierto tipo de golpe de ariete. Cuando el vapor circula por la tubería tiende a producir olas al pasar sobre el condensado (Fig.1). Si se ha acumulado demasiado condensado entonces el vapor a alta velocidad lo estará empujando, lo cual produce un tapón de agua que crece y crece al empujar el líquido delante de él.

Cualquier componente que trate de cambiar la dirección del flujo (conexiones, válvulas reguladoras, codos, bridas ciegas, etc.) puede ser destruido. Asimismo, aparte del daño producido por este "golpeteo hidráulico", el agua a alta velocidad puede causar erosión significativa en las conexiones y tuberías con superficies metálicas.

Figura 1. **El condensado en la línea de vapor**



Fuente: extraído del material de apoyo del curso de Termodinámica, 1999.

3.1.2. Drenar la unidad de transferencia de calor

Cuando el vapor se encuentra con condensado, que ha sido enfriado a una temperatura menor que la del vapor, se puede producir otro tipo de golpe de ariete que se conoce como choque térmico.

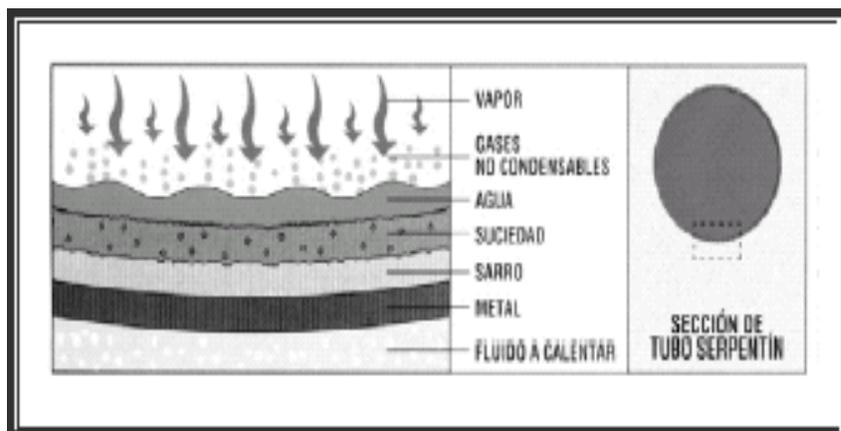
El vapor ocupa un volumen mucho mayor que el condensado, así que cuando el vapor se condensa de forma repentina se generan ondas de choque que viajan por todo el sistema.

Esta forma de golpe de ariete puede dañar el equipo, y básicamente indica que el condensado no está siendo drenado adecuadamente en el sistema (Armstrong, 1998).

Al mismo tiempo, el condensado ocupa espacio dentro de la unidad de transferencia de calor, lo cual reduce el tamaño físico y la capacidad de la unidad.

Si el condensado se remueve rápidamente, entonces la unidad está llena de vapor. Pero al condensarse el vapor se forma una capa de agua dentro de las superficies del intercambiador de calor. Además, los gases no condensables no se convierten en líquidos y no fluyen hacia afuera por gravedad, sino que se acumulan dentro de la unidad y también forman una capa delgada en las superficies del intercambiador de calor, junto con la suciedad y el sarro. Todos estos elementos son impedimentos para una transferencia de calor adecuada (fig. 2).

Figura 2. **Barreras de transferencia de calor**



Fuente: extraído del material de apoyo del curso de Termodinámica, 1999.

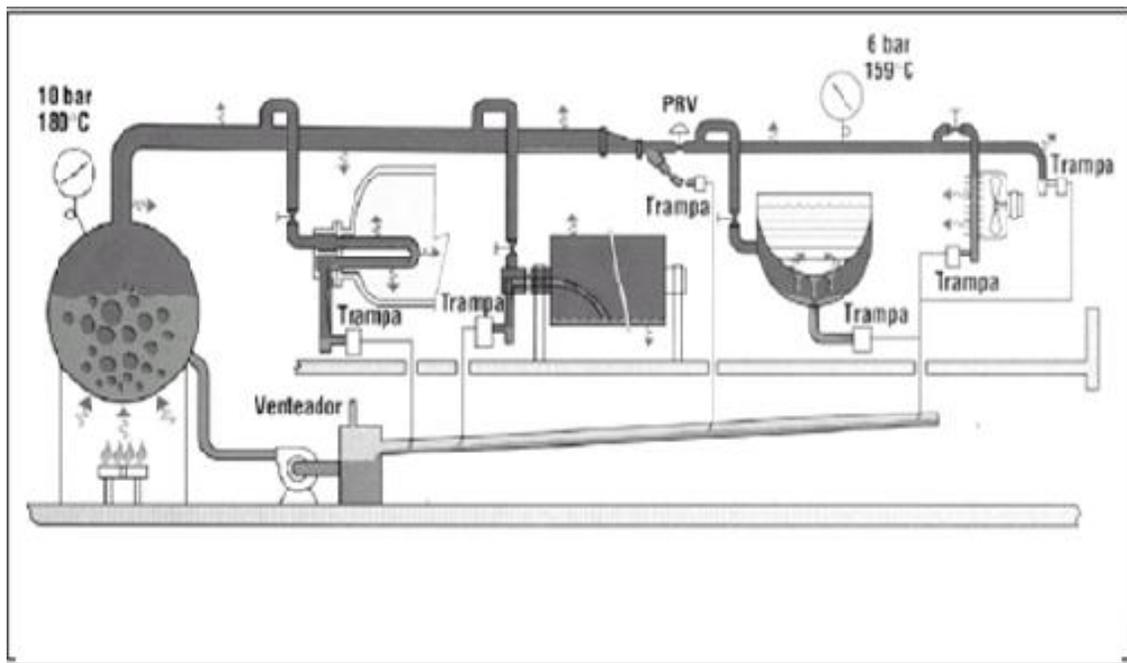
3.1.3. Remover aire y CO2

El aire siempre está presente durante el arranque del equipo y en el agua de alimentación a la caldera. Además, el agua de alimentación puede tener disueltos ciertos carbonatos que liberan bióxido de carbono.

La velocidad a que fluye el vapor empuja estos gases hacia las paredes de los intercambiadores de calor, lo que puede resultar en el bloqueo del flujo del calor.

Esto empeora el problema del drenaje de condensado, dado que estos gases deben de ser removidos del sistema junto con el condensado.

Figura 3. Sistema de distribución de vapor



Fuente: extraído del material de apoyo del curso de Termodinámica, 1999.

Resumiendo, las trampas de vapor deben drenar el condensado porque éste puede disminuir la transferencia de calor y puede causar golpe de ariete. Las trampas deben evacuar aire y otros gases no-condensables, porque ellos pueden disminuir la transferencia de calor al reducir la temperatura del vapor y al aislar térmicamente el sistema.

También pueden provocar daños debidos a corrosión. Es imperativo remover condensado, aire y CO₂, tan rápido y completamente como se pueda.

Lo que se necesita es una trampa de vapor, la cual es simplemente una válvula automática que se abre al condensado, aire y CO₂, cerrando el paso al vapor. Las trampas de vapor deben hacer su trabajo por largos períodos de operación y con un mínimo de mantenimiento, es ahí donde radica su economía.

3.1.4. Características de una trampa de vapor

El trabajo de una trampa de vapor es el sacar condensado, aire y CO₂ del sistema en cuanto se empiezan a acumular. Asimismo, para una mayor eficiencia y economía, una trampa también debe ofrecer:

- ✓ Pérdida mínima de vapor. La tabla 2 muestra que tan costoso puede resultar el tener fugas de vapor sin reparar.
- ✓ Larga vida y servicio seguro. El desgaste rápido de sus partes resulta en una trampa que no ofrece servicio seguro. Una trampa eficiente ofrece ahorro de dinero al minimizar la necesidad de pruebas, reparaciones, limpieza, interrupción de servicio o cualquier otro requerimiento.

- ✓ Resistencia a la corrosión. Las partes importantes de una trampa deben de ser resistentes a la corrosión para que no sufran los efectos dañinos de los condensados cargados con ácidos o con oxígeno.
- ✓ Venteo del aire. El aire puede mezclarse con el vapor en cualquier momento, y en especial al arranque del equipo. El aire debe de ser venteado para tener una transferencia de calor eficiente y para prevenir bloqueos en el sistema.
- ✓ Venteo del CO₂. Mediante el venteo del CO₂ a la temperatura del vapor se evita la formación de ácido carbónico.
- ✓ Por lo tanto, la trampa de vapor debe de operar a una temperatura igual o bastante cerca a la temperatura del vapor, ya que el CO₂ se disuelve en condensado que se ha enfriado a temperatura menor que la del vapor.
- ✓ Funcionamiento con contrapresión. Una presurización de las líneas de retorno puede ocurrir por diseño o por un malfuncionamiento. Una trampa de vapor debe ser capaz de funcionar aún cuando exista contrapresión en su tubería de retorno al sistema.
- ✓ Libre de problemas por suciedad. Suciedad y basura siempre se encuentran en las trampas debido a que se instalan en los niveles bajos del sistema de vapor. El condensado recoge la suciedad y el sarro de las tuberías, y también partículas sólidas pueden ser acarreadas desde la caldera. Aún las partículas que se cuelan por los filtros son corrosivas, y por lo tanto la trampa de vapor debe de ser capaz de funcionar ante la presencia de suciedad.

Tabla II. **Costos por fugas de vapor**

Tamaño del orificio	Kilogramos de vapor desperdiciados al mes
1/2	379,500
2/36	289,500
3/8	213,600
5/16	147,700
1/4	95,400
3/16	53,200

Fuente: extraído del material de apoyo del curso de Termodinámica, 1999.

Una trampa que ofrezca cualquier cosa menor que todas estas características deseadas, resultará en una eficiencia menor en el sistema y en un incremento en costos. Cuando una trampa ofrece todas las características enlistadas, el sistema puede lograr:

- ✓ Calentamiento rápido de las unidades de transferencia de calor
- ✓ Temperaturas máximas en las unidades para una mejor transferencia de calor
- ✓ Funcionamiento a capacidad máxima
- ✓ Máximo ahorro energético
- ✓ Reducción de la mano de obra por unidad
- ✓ Una vida en servicio larga, sin problemas y de mínimo mantenimiento

En algunos casos especiales se necesita una trampa sin algunas de las características mencionadas, pero en la gran mayoría de las aplicaciones la trampa que sea capaz de satisfacer todas las necesidades será la que dé mejores resultados.

3.1.5. Selección de trampas de vapor

Es fácil seleccionar las trampas de vapor cuando se conoce o se puede calcular la siguiente información:

3.1.5.1. Carga de condensado

Es la capacidad que debe poseer la trampa de poder eliminar el flujo de condensado, además de ser fundamental para seleccionar la trampa.

3.1.5.2. Factor de seguridad

Sirve para satisfacer condiciones de flujo de condensado variable, caídas ocasionales de la presión diferencial, y factores del diseño propio del equipo. Los Factores de Seguridad varían desde un mínimo de 1.5, hasta un máximo de 10. Un factor de seguridad adecuado es requerido para obtener el mejor rendimiento, pero un factor demasiado alto causa problemas.

Además del costo más alto de la trampa y de su instalación, una trampa que se especifica demasiado grande se va a desgastar más rápido. Además, cuando la trampa llegue a fallar, las pérdidas de vapor son mayores, lo cual puede ocasionar golpe de ariete y alta contrapresión en el sistema de retorno.

3.1.5.3. Diferencia de presiones

Diferencial máxima es la diferencia entre la presión de la caldera, o del cabezal de vapor o a la salida de una válvula reguladora de presión, y la presión de la línea de retorno.

Una trampa debe de ser capaz de abrir venciendo esta presión diferencial.

Diferencial de operación: cuando la planta está operando a toda capacidad, la presión del vapor a la entrada de la trampa puede ser menor que la presión del cabezal de vapor. Y la presión en el cabezal de retorno de condensado puede estar a presión mayor que la atmosférica.

Si el diferencial de operación es al menos un 80% del diferencial máximo, es seguro usar el diferencial máximo para la selección de las trampas.

3.1.5.4. Máxima presión permitida

La trampa debe ser capaz de aguantar la máxima presión permitida en el sistema o la presión de diseño.

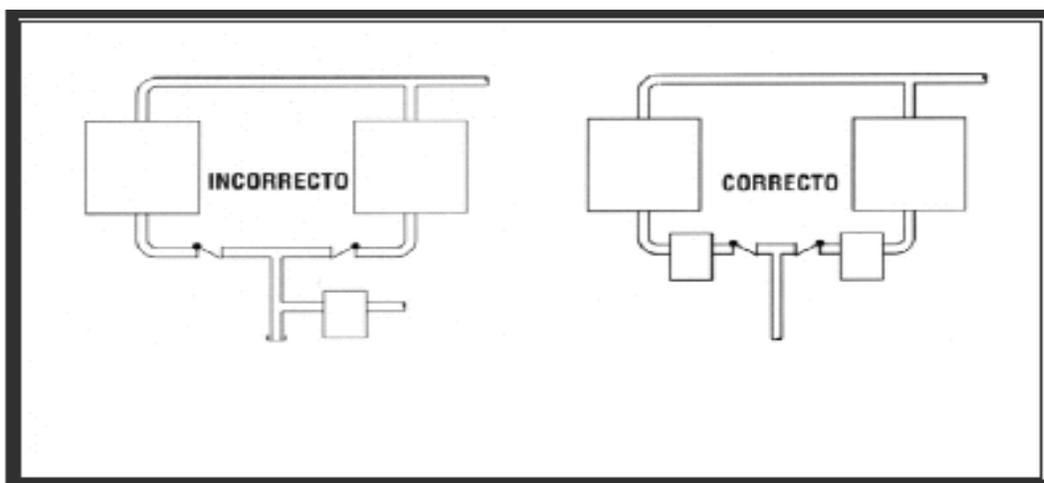
Tal vez no sea necesario que opere a esta presión, pero debe ser capaz de aguantarla. Por ejemplo: si la máxima presión de entrada es 26 bar y la presión en la línea de retorno es 11 bar, resulta en una presión diferencial de 15 bar; sin embargo, la trampa debe de aguantar la presión máxima posible de 26 bar.

3.1.6. Trampeo unitario

Cuando se tiene una sola trampa conectada a más de una tubería de descarga, es posible que el condensado y el aire de una o más de las unidades en operación no puedan llegar hasta la trampa. A esto se le llama trampeo en grupo.

En el trampeo en grupo se tiene el problema que cuando hay cualquier diferencia en las cantidades de condensado de cada unidad, se tendrá una diferencia en la caída de presión del vapor. Y una pequeña diferencia de presiones es suficiente para permitir que el vapor de la unidad con presión más alta bloquee el flujo de aire y condensado de la unidad con presión más baja. El resultado final es una reducción en la capacidad de calentamiento y en la capacidad de condensados, y un desperdicio de combustible (véase figuras 4 y 5).

Figura 4 y 5. **Instalar trampas de vapor correctamente**



Fuente: extraído del material de apoyo del curso de Termodinámica, 1999.

Es por eso que se debe usar el trapeo unitario, el cual se refiere al uso de trampas individuales en cada unidad condensadora de vapor, incluyendo, siempre que sea posible, cada calentador o serpentín que existe en cada máquina. De aquí que se prefiera el trapeo unitario en vez de trapeo en grupo. (Armstrong, 1998).

3.1.7. Cargas de condensado por precalentamiento

Existen dos métodos comunes para precalentar las tuberías principales de vapor: el supervisado y el automático. El precalentamiento supervisado es bastante aceptable para el calentamiento inicial de tuberías de diámetro grande y/o de gran longitud.

En este método se recomienda que antes de que el vapor fluya por la tubería principal, se abran completamente las válvulas de las piernas colectoras para que el vapor escape a la atmósfera. Las válvulas de las piernas colectoras se cierran hasta que todo, o casi todo, el condensado del precalentamiento haya sido descargado.

Después de ello, las trampas se encargan de remover el condensado que se puede generar en operación normal del equipo. Se sigue un procedimiento similar para el precalentamiento del sistema de tuberías principales en una planta de energía.

Precalentamiento automático es cuando se enciende la caldera y se deja que las tuberías principales y algunos, o todos, los equipos alcancen la temperatura y presión de operación sin intervención manual o supervisión.

Independientemente del método de precalentamiento, se debe dar suficiente tiempo durante el ciclo de precalentamiento para minimizar los esfuerzos térmicos y prevenir posible daño al sistema.

Las cargas de condensado por precalentamiento se pueden determinar por medio de la tabla A-12 (ver anexo).

Esta carga se divide entre el número de minutos que se permiten para llegar a la temperatura final del vapor. Multiplíquese por 60 para obtener kilos por hora.

Para presiones de vapor y cédulas de tubería que no se incluyen en la tabla A-12 se puede usar la siguiente ecuación, para calcular la carga de precalentamiento:

$$Q = W \times (t_1 - t_2) \times 0.477 \text{ (ecuación 7)}$$

de donde:

Q = Cantidad de condensado, en kg

W = Peso total de la tubería, en kg (tabla A-13, ver apéndice)

t₁ = Temperatura final de la tubería, en °C

t₂ = Temperatura inicial de la tubería, en °C

0.477 = Calor específico de la tubería de acero, en kJ/kg °C

H = Calor latente del vapor a la temperatura final, en kJ/kg (tabla A-15, ver anexo)

3.1.8. Piernas colectoras

Un aspecto común en todos los sistemas de distribución de vapor es la necesidad de tener piernas colectoras a ciertos intervalos en las tuberías (fig.6). Las funciones son dejar que el condensado sea drenado del vapor fluyendo a alta velocidad, y coleccionar el condensado hasta que la presión diferencial sea suficiente para descargarlo a través de una trampa de vapor.

Figura 6. **Pierna colectora**



Fuente: extraído del material de apoyo del curso de Termodinámica, 1999.

3.1.8.1. Especificaciones

Las piernas colectoras se deben calcular con base en la colección de condensado durante las condiciones de baja presión del precalentamiento. (véase tabla 3).

Es decir, que para determinar las dimensiones de la pierna colectora se basa en el diámetro de la tubería a drenar (principal o ramal) y la cantidad de condensado a evacuar en la fase de precalentamiento.

Con precalentamiento supervisado se debe usar piernas colectoras con longitud igual a 1.5 veces el diámetro de la tubería, pero nunca menos de 250 mm. Con precalentamiento automático, las piernas colectoras deben de ser de al menos 700 mm de longitud.

Tabla III. **Dimensiones de piernas colectoras**

Tamaño de tubería mm	Diámetro de pierna colectora Mm	Precalentamiento supervisado	Precalentamiento automático
15	15	250	710
20	20	250	710
25	25	250	710
50	50	250	710
80	80	250	710
100	100	250	710
150	100	250	710
200	100	300	710
250	150	380	710
300	150	460	710

Fuente: extraído del material de apoyo del curso de Termodinámica, 1999.

En ambos casos es apropiado utilizar colectoras del mismo diámetro que el de las tuberías, hasta tuberías de 100 mm; para tamaños mayores se utilizan de la mitad del tamaño del tubo, pero nunca un tamaño menor a 100 mm. (ver tabla 3).

3.1.9. Cargas de condensado por radiación y trampas

Los sistemas de distribución de vapor conectan a las calderas con el equipo que en realidad utiliza el vapor. Estos sistemas de distribución transportan el vapor hasta cualquier sitio en la planta donde se necesita su energía calorífica.

Los tres componentes principales de un sistema de distribución de vapor son: los cabezales, las tuberías principales y los ramales.

Cada componente cumple con ciertas funciones específicas en un sistema de vapor y junto con las trampas de vapor, contribuye al uso eficiente del vapor.

Las cargas de condensado que se generan se pueden estimar aproximadamente igual a 1% del vapor que maneja la red de distribución de vapor, obviamente esto sin tomar en cuenta el factor de seguridad en las trampas de vapor.

En los cabezales de las calderas (*manifolds*)

Es importante trampear el cabezal de forma correcta para asegurarse que cualquier sustancia indeseable (agua de la caldera y/o partículas) será removida del vapor antes de que sea distribuido.

Las trampas de vapor que le dan servicio al cabezal deben ser capaces de descargar grandes cantidades de condensado y partículas en forma instantánea. La resistencia al impacto hidráulico debe ser otro factor importante al seleccionar el tipo de la trampa.

Un factor de seguridad de 1.5 es recomendado para cualquier cabezal de vapor. La capacidad requerida para la trampa se puede calcular mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Capacidad Requerida} = (\text{FS})(\text{CV})(\text{A}). \text{ (Ecuación 8)}$$

en donde:

FS = Factor de seguridad (1.5 es el recomendado)

CV = Carga de vapor que provee la caldera

A = Acarreo anticipado (típicamente 10%)

La capacidad de responder inmediatamente a la acumulación de condensado, la excelente resistencia al impacto hidráulico, la capacidad de lidiar con partículas y el funcionamiento eficiente a bajas cargas son las características que hacen al balde invertido (IB) la mejor opción de trampa de vapor para esta aplicación.

Si el flujo del vapor en el cabezal es únicamente en una sola dirección, entonces una sola trampa de vapor es necesaria en el extremo de salida del cabezal. Cuando se tiene alimentación de vapor a la mitad del cabezal o se tiene flujo del vapor en el cabezal en ambas direcciones, cada extremo del cabezal necesita ser trampeado.

En las tuberías principales

Uno de los usos más comunes para las trampas de vapor es el trampeo de las tuberías principales de vapor. Estas tuberías se deben de mantener libres de aire y de condensado para poder garantizar que el equipo que utiliza el vapor estará trabajando en forma eficiente.

Un trampeo inadecuado en las tuberías principales de vapor muy frecuentemente ocasiona que se tenga golpe de ariete y acumulación de condensado, lo cual puede dañar las válvulas de control y otros equipos.

Las trampas se deben de seleccionar para que descarguen el condensado producido por pérdidas de radiación durante la operación normal del equipo. Se considerarán las cargas de condensado por precalentamiento cuando se utilice un precalentamiento automático, es decir, que se utilicen las trampas para drenar este condensado en el arranque; teniendo que determinar cuál de las dos cargas es mayor (radiación y precalentamiento). La mayor será la carga que tiene que descargar la trampa.

Las cargas de condensado por radiación en una tubería aislada térmicamente se pueden obtener de la tabla A-11 (ver apéndice).

Todos los valores en esta tabla presuponen una eficiencia del aislamiento del 75%. Para presiones o diámetros de la tubería no incluidos en la tabla A-11 se puede usar la siguiente ecuación:

$$\underline{C = A \times U \times (t_1 - t_2) \times E} \text{ (ecuación 9)}$$

H

de donde:

C = Condensado en kg/hr

A = Área exterior de la tubería en metros cuadrados

U = kJ/ hr•m²•°C (gráfica A-14, ver apéndice)

t₁ = Temperatura del vapor, en °C

t₂ = Temperatura del aire, en °C

E = 1 menos la eficiencia del aislamiento térmico

H = Calor latente del vapor a presión absoluta de operación (tabla A-15, ver anexo)

Para las trampas que se instalan entre la caldera y el final de la tubería, aplíquese un factor de seguridad de 2. Se aplica un factor de seguridad de 3 para trampas instaladas al final de las tuberías o antes de las válvulas reguladoras y de cierre que están cerradas por ciertos períodos de tiempo.

Se debe seleccionar la trampa con base en un diferencial de presión de 0.07 bar por cada 0.71 m de altura entre la parte baja de la tubería principal y la parte superior de la trampa.

La trampa de balde invertido (IB) es la recomendada para esta aplicación porque puede lidiar con suciedad y condensado acumulado, y resiste impacto hidráulico. Además, en caso de que el balde invertido llegase a fallar, lo hace en la posición abierta.

Los dos métodos de precalentamiento usan piernas colectoras y trampas en ubicaciones a niveles bajos o puntos de drenado natural, tales como: antes de juntas de expansión o curvaturas, cambios de altura, al final de la tubería o antes de válvulas o reguladores.

Se deben de instalar piernas colectoras y trampas aún cuando no se tengan puntos de drenado natural. Estos elementos se deben de instalar normalmente a intervalos de 30 m, pero nunca a más de 45 m. Esto es porque si se instalan muy juntas, se interfiere una con otra teniendo un exceso de trampas; y si están muy espaciadas no se darán abasto para drenar el condensado que se genere.

En los ramales de tubería

Los ramales son las tuberías que salen de las tuberías principales de vapor y llevan al vapor hacia el equipo que lo utiliza. El sistema completo debe ser diseñando y conectado de forma que se evite la acumulación de condensado en cualquier punto del sistema.

El procedimiento es igual que el usado para tuberías principales de vapor; usando la misma tabla A-11. Para ramales de tuberías de vapor también se recomienda un factor de seguridad de 3. Es necesario instalar un filtro del tamaño de la tubería antes de cada válvula de control, así como también antes de la válvula reguladora de presión (PRV), si es que existe una.

De igual manera que en los casos anteriores se recomienda usar una trampa IB (de balde invertido).

3.1.10. Expansión térmica de la tubería

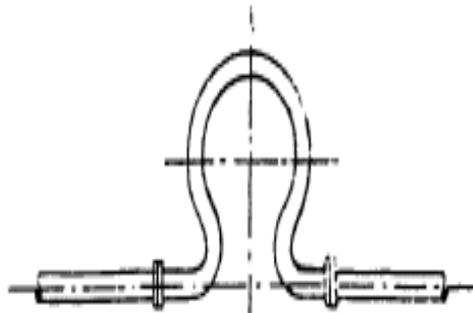
Las tuberías se ven afectadas por el calentamiento que sufren al pasar vapor a lo largo de ellas. Esto provoca que las tuberías se dilaten o expandan y se creen esfuerzos de tracción y compresión, los cuales hay que prevenir para que no se dañe nuestra red de distribución.

Para poder disipar y absorber estos esfuerzos de dilatación se utilizan las juntas de expansión que pueden ser de distintos tipos, aunque los más empleados en nuestro medio son:

3.1.11. Junta tipo omega

Como su nombre lo dice, esta junta tiene la apariencia física de la letra griega omega y es por ello que, por su curvatura proporciona la flexibilidad para poder absorber la expansión que tenga la tubería recta de ambos lados.

Figura 7. Junta tipo omega



Fuente: extraído del material de apoyo del curso de Termodinámica, 1999.

3.1.12. Junta tipo fuelle

Esta junta absorbe la dilatación de la tubería debido a su capacidad de expandirse o contraerse, ya que el fuelle hará este trabajo.

Figura 8. Junta tipo fuelle

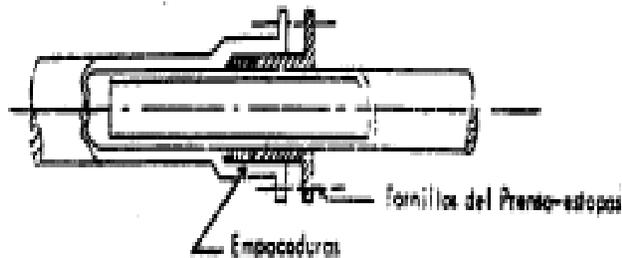


Fuente: extraído del material de apoyo del curso de Termodinámica, 1999.

3.1.13. Junta tipo telescópica

En este tipo de juntas existen dos tubos, uno adentro de otro, conectado cada uno un lado de la tubería. Uno de los tubos se desliza dentro del otro, evitándose las fugas por medio de empaques y prensas-estopos.

Figura 9. Junta tipo telescópica



Fuente: extraído del material de apoyo del curso de Termodinámica, 1999.

3.1.14. Pérdida de calor en la red

Como se ha mencionado, a lo largo de toda la tubería existe una transferencia de calor hacia el ambiente gracias a la radiación, provocando que se transforme cierta parte del vapor en agua; causando una pérdida de presión y temperatura que ocasionan una disminución de la calidad de vapor. Por ello es que a las tuberías de distribución se les tiene que colocar un aislante térmico, ya que así se minimiza el desperdicio de energía de esta transferencia de calor indeseable.

El rendimiento de los aislamientos depende de la temperatura de las superficies que los limitan y de la densidad de aislamiento, tipo de presión de gas dentro de los poros, el contenido de humedad, la resistencia a los choques térmicos y la acción de las cargas y vibraciones mecánicas.

El aislamiento térmico debe cumplir las siguientes funciones: reducir la conducción térmica en el material de la tubería, que corresponde a la transferencia de calor; reducir las corrientes de convección térmica que pueden establecerse en espacios llenos de aire o de líquido; y reducir la transferencia de calor por radiación, que corresponde al transporte de energía térmica por ondas electromagnéticas (Avallone y Baumeister, 1995).

Una forma fácil de poder colocar aislante a las tuberías, es la utilización de cañuelas de fibra de vidrio. Éstas son medias cañas ya hechas, que únicamente se tendrán que colocar un par alrededor de la tubería para protegerla térmicamente. En tuberías en las que pasa vapor a presiones iguales o menores a 150 psi se ha determinado empíricamente que:

- ✓ Para tuberías menores a 2 plg de diámetro se tendrá 1 plg de espesor de aislante.
- ✓ Parpa tuberías mayores a 2 plg de diámetro se tendrá 2 plg de espesor de aislante.

Sin embargo, existen tablas, de donde se pueden determinar los espesores de las cañuelas para obtener una mejor protección y por ende un mejor rendimiento de estos aislantes. Estos espesores se determinan acorde a las temperaturas de operación del sistema.

La tabla que puede ayudar a determinar estos espesores es la A -16 que se encuentra en el anexo.

3.2. Planta de producción de vapor

Es aquélla que utiliza equipos específicos (calderas) para transformar el agua de su estado natural en vapor a presión, por la aplicación del calor de los gases de la combustión, vapor que será distribuido para su utilización en una diversidad de equipo industrial o de servicio.

El elemento básico en una planta de producción de vapor es la caldera. En general hay dos tipos de calderas en uso, una es la caldera de tubo de fuego (pirotubulares) en la que los gases calientes pasan a través de tubos rodeados de grandes volúmenes de agua. Es este tipo el que con más frecuencia se utiliza en nuestras industrias, debido a que no se requieren una gran capacidad generadora o grandes presiones de trabajo. El segundo tipo es la caldera de tubos de agua (acuatubular), en la que los gases calientes de la combustión circulan alrededor de tubos que contienen el agua.

3.3. Recolección de condensado

En el tanque de condensado se recolecta toda el agua condensada que retorna de las líneas y equipos para ser nuevamente inyectada a la caldera por la bomba de alimentación.

Esto se hace para aprovechar el calor y la pureza del agua condensada y reducir el consumo de valiosa agua tratada.

En algunos casos en que la temperatura del condensado es muy elevada ésta puede vaporizarse y se presentan problemas con la bomba de alimentación (ésta puede bloquearse con el vapor). Se utilizan entonces, tanques de enfriamiento o bien se aumenta la capacidad del tanque de condensado para reducir la temperatura debajo del nivel máximo recomendado de 90°C.

3.4. Costos de mantenimiento preventivo

Para mantener la red de vapor y retorno en buenas condiciones, a partir del rediseño, se requiere de la participación del operador para las calderas y de un técnico de mantenimiento. El procedimiento es el siguiente:

- ✓ Revisión para la caldera
- ✓ Revisión para el sistema eléctrico
- ✓ Revisión para la bomba eléctrica de alimentación de agua
- ✓ Revisión del tanque de condensado
- ✓ Revisión de la tubería de vapor y retorno del condensado con su respectivo aislamiento térmico y protección (si estuviera a la intemperie).

Para esta actividad se suma el salario de las dos personas implicadas en el proceso (operador y técnico de mantenimiento):

Tabla IV. **Costo de mano de obra**

DESCRIPCIÓN	SALARIO
1 Operador de calderas	Q.2500.00
1 Técnico de mantenimiento	Q.3000.00
TOTAL	Q.5500.00

Fuente: elaboración propia

Tabla V. **Costo de mantenimiento de una caldera**

DESCRIPCION	COSTO
Revisión del estado de válvulas de la caldera	Q.1000.00
Revisión y cambio de cojinetes bombas de agua	Q.600.00
Revisión y cambio de cojinetes transmisiones o motores	Q.1000.00
Revisión y cambio de fajas	Q.900.00
Cambio de aceite del reductor de velocidad de la bomba de combustible	Q.1000.00
Tratamiento químico mensual de agua de alimentación a la caldera para prevenir incrustaciones, dureza y corrosión	Q.3500.00
Revisión y cambio de empaques del prensa-estopa de la bomba de alimentación de agua	Q.500.00
Limpieza general a los contactos del programador de flama y los arrancadores	Q.500.00
Revisión general de las válvulas de seguridad, así como las tuberías de drenaje	Q.800.00
Verificación de cero fugas de gases ni de aire en las juntas de ambas tapas y mirilla trasera	Q.600.00
Cambio de filtros de agua, aceite combustible y aceite lubricante	Q.900.00
TOTAL	Q.11300.00

Fuente: elaboración propia

Entonces el costo del mantenimiento preventivo para este proceso es de Q.5 500.⁰⁰ al mes (más las prestaciones que por ley tienen derecho los trabajadores, por ejemplo bono 14, aguinaldo, etc.). Más el costo total de mantenimiento de la caldera que es de Q.11 300.00.

4. ANÁLISIS PARA SU IMPLEMENTACIÓN

4.1. Combustibles para calderas

Se les da el nombre de combustibles a todos aquellos materiales que se utilizan en la práctica para producir calor, arden mediante el oxígeno del aire. Los combustibles se clasifican de acuerdo a su estado físico como sólido, líquido y gaseoso. Los principales combustibles utilizados en la industria son: el carbón mineral, los aceites combustibles y el gas natural.

En la agro-industria, comercio e instituciones de servicio también se utilizan otros combustibles tales como: bagazo de caña, licor negro (sulfato), madera (leña), paja o cáscara de arroz, estiércol vacuno, desperdicio de café, mazorca de maíz (olote), cáscara de semilla de algodón, desechos de ciudad (basura), fragmentos de llanta o neumático, paja de trigo, biogás y otros muchos más.

La selección del combustible se basa comúnmente en la confiabilidad de la calidad del combustible, limpieza, disponibilidad en el medio (depende muchas veces del lugar donde se localiza la empresa), economía, requerimientos de operación y facilidades de control.

Cada clase de combustible tiene un empleo determinado, limitado únicamente por razones técnicas, económicas y legales.

4.2. Combustibles sólidos

Se detallan a continuación: son el resultado de procesos de pirogenación a que sometemos los combustibles sólidos naturales. Es un proceso mediante el cual, aplicando calor sin contacto con el aire, obtenemos los combustibles sólidos artificiales.

4.3. Carbón mineral

Junto con su derivado, el coque, es el combustible sólido más usado, se formó por la descomposición parcial de enormes masas de materia vegetal, en los tiempos prehistóricos, bajo la acción de un calor y presión enorme, fuera de contacto con el aire.

El carbón mineral existe hoy en todos los estados intermedios de su transformación, se inicia con la turba, pasa a lignito, a hulla o carbón bituminoso.

Químicamente está constituido por carbono (C), hidrógeno (H), oxígeno (O), y pequeñas cantidades de nitrógeno (N), azufre (S) y residuos minerales llamados cenizas.

4.4. Bagazo de caña

Es un material fibroso resultante de la extracción del jugo de la caña de azúcar. Su contenido de humedad es aproximadamente del 50% y se quema como los desperdicios de madera. El bagazo de caña puede proveer, en general, todos los requerimientos de combustible de un ingenio azucarero.

Según un análisis típico, el bagazo seco contiene 44.47% de C, 6.3% de H, 49.7% de O y 1.4% de Ceniza.

4.5. Madera o leña

La madera cuando se emplea como combustible, generalmente es un producto secundario de aserraderos o de la industria papelera. En la conversión de los troncos en madera generalmente se pierde el 50% por la corteza, el cepillado y aserrín.

La madera fresca contiene del 30 al 50% de humedad (la mayor parte de la estructura molecular), después de secarse un año, el contenido de humedad se reduce de 25 al 18%, la madera secada en hornos contiene aproximadamente 8% de humedad.

4.6. Combustibles líquidos

Se describen a continuación: mezcla de hidrocarburos utilizados para generar energía por medio de combustión.

4.7. Aceites combustibles

Los aceites combustibles son mezclas de hidrocarburos derivados del petróleo crudo por varios procesos de refinado (destilación y piro-escisión o cracking).

Todos los combustibles que se obtienen a partir del petróleo poseen una composición media de: 84 a 85% de carbono en peso, 12 A 15% de hidrógeno, 0.5 de nitrógeno, 0.2 a 4% de azufre, un máximo de 2% de agua y material sólido (sedimentos).

4.8. Clasificación de los aceites combustibles

Los aceites combustibles se clasifican en grados de acuerdo a sus características.

Estos grados son especificados por la *ASTM* (especificaciones materiales para aceites combustibles). Las más recientes especificaciones *ASTM. 0-396-827* dan los siguientes grados:

- ✓ Grado No. 1: aceite destilado volátil empleado en quemadores que vaporicen, de tipo doméstico y en los que requieren este grado de combustible.
- ✓ Grado No. 2: aceite destilado moderadamente volátil, (se conoce como aceite diesel), para uso en quemadores preparados para quemarlo en una combinación de vaporización y atomización. Es usado en equipo en el cual el aceite es quemado en contacto o cerca de las superficies metálicas o refractarias que son una parte integral del quemador.
- ✓ Grado No. 4: es un destilado de baja viscosidad para uso en quemadores donde el combustible y el aire son preparados para quemarse únicamente por atomización.

Generalmente no requiere de precalentamiento para su manejo o para quemarse.

- ✓ Grado No. 5L (liviano): un aceite de viscosidad media, para quemarse en quemadores que deben acondicionarse con precalentadores, si así lo requiere el clima y el equipo.
- ✓ Grado No. 5H (pesado): un aceite de viscosidad media alta, puede necesitar precalentamiento para quemarse y de uso en climas fríos para manejarlo.
- ✓ Grado No. 6 (Bunker C): parece ser miel negra, necesita precalentamiento para quemarse y manejarse.

La norma ASTM D-396 limita el contenido de azufre de los aceites combustibles No. 1 y No. 2 a 0.5%. Los otros aceites, por efectos de contaminación ambiental y corrosión del metal de las calderas y chimeneas, no deben sobrepasar el 3%.

4.9. Manejo de los combustibles líquidos

Los combustibles son despachados por una distribuidora de combustibles local, por medio de camiones. Originalmente estos camiones son aforados por autoridades estatales quienes entregan al propietario unas tablas, debidamente legalizadas, que indican las capacidades del tanque a distintas alturas, generalmente la altura a capacidad máxima se indica en la boca de carga de cada compartimiento que conforman el tanque.

El volumen del combustible varía con la temperatura, por lo que la compañía distribuidora fija el precio a 15.60 °C. Antes de descargar el

comprador deberá tomar la temperatura del combustible y anotarlo en la orden del envío, y si es distinta a 15.60 °C, la compañía hará las correcciones necesarias para no alterar el precio del combustible.

4.9.1. Gases combustibles

Los combustibles gaseosos son generalmente más fáciles de manejar y quemar que los sólidos y líquidos. Los combustibles fósiles gaseosos son gas natural (principalmente metano y etano) y gases licuados de petróleo (*LPG*, principalmente propano y butano).

Los combustibles gaseosos artificiales provienen, en su mayor parte, de combustibles líquidos y gaseosos que se formaron en el transcurso de los tiempos geológicos a partir de restos animales, por reacciones que ocurrieron a grandes profundidades, con temperatura y presión considerables. En cambio los combustibles sólidos provienen de restos vegetales.

4.9.2. Gas natural

Es una mezcla mecánica de gases combustibles e inertes obtenidos de formaciones geológicas. Contiene de 75 a 95% de metano y menor porcentaje de otros hidrocarburos en adición a otros componentes no inflamables, tales como bióxido de carbono y helio. El porcentaje de los diferentes componentes varía de acuerdo con la formación de la cual el gas es extraído y también con la edad del pozo.

4.9.3. Gas manufacturado

El gas manufacturado empleado en sistemas de distribución canalizada es usualmente una combinación de gases producido por dos o más procesos de desintegración de la hulla o coque.

4.9.4. Gas licuado de petróleo

El gas licuado de petróleo, también conocido como gas embotellado es el más rico de los gases combustibles. Este gas es obtenido como subproducto en la refinación del petróleo y suministrado para uso comercial, como una mezcla de los gases propano y butano.

Indiscutiblemente, el gas es el más limpio y rico de los combustibles y el más adaptable a las condiciones de automatismo de una caldera, desafortunadamente sólo puede competir con el petróleo en áreas donde hay distribución canalizada de gas natural. El gas manufacturado y el gas licuado del petróleo son más onerosos que el aceite combustible.

4.10. Dimensionamiento de la caldera

Se empieza con estos cálculos, con la información dada, no se conoce el flujo másico de vapor que se necesita mezclar con agua fría que ingresa a la lavadora a 15 °C, para obtener los 140 galones de agua a 70 °C para que el proceso de lavado se realice adecuadamente.

4.11. Consumo de vapor de las lavadoras

Se hace un análisis termodinámico de la mezcla de vapor con agua fría de alimentación, para llegar a las condiciones requeridas.

Para ello, se establece un sistema de tres estados a analizar según sus propiedades, siendo un proceso de flujo permanente entre la mezcla de agua fría y vapor proveniente de la caldera; para lo cual se efectuaron los siguientes cálculos:

Estado 1: agua de alimentación

Líquido subenfriado

$T_1 = 15\text{ °C}$ (se asume esta temperatura que es a la que se encuentra el agua en el ambiente)

h_1 a $15\text{ °C} = 62.99\text{ KJ/kg}$ de tabla de vapor A-1 (ver anexo)

Estado 2: vapor de caldera

vapor saturado

$P_2 = 7.14\text{ Kg/cm}^2$ (manométricas) = (800 kPa) absoluta

$x_2 = 90\%$ (se asume esta calidad por su alta capacidad de trabajo)

T_2 a 800 kPa = 170.43 °C de tabla de vapor A-1a (ver apéndice)

h_f a 800 kPa = 721.11 KJ/kg

h_g a 800 kPa = $2,769.10\text{ KJ/kg}$

de donde:

$$h_2 = h_f + x(h_g - h_f)$$

$$h_2 = 721.11 + 0.90 (2,769.10 - 721.11)$$

$$h_2 = 2,564.30\text{ KJ/kg}$$

Estado 3: agua caliente para lavadora

Líquido subenfriado

$$T_2 = 70 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$h_3 \text{ a } 70^\circ\text{C} = 292.98 \text{ KJ/Kg}$$

$$v_3 \text{ a } 70^\circ\text{C} = 0.001023 \text{ m}^3/\text{kg} \text{ de tabla de vapor A-1 (ver anexo)}$$

$$V_3 = 130 \text{ gal} = (0.492 \text{ m}^3)$$

de donde:

$$m_3 = (0.492 \text{ m}^3) / (15 \text{ min})(0.001023 \text{ m}^3/\text{kg})$$

$$m_3 = 32.06 \text{ kg/min (agua caliente)}$$

Por ser un proceso de flujo permanente, se realiza el siguiente análisis:

$$m_1 h_1 + m_2 h_2 = m_3 h_3$$

$$m_1(62.99) + (32.06 - m_1)(2,564.30) = (32.06)(292.98)$$

$$-2,501.31 m_1 = -72,818.52$$

$$m_1 = 29.11 \text{ kg/min (agua fría)}$$

Entonces:

$$m_2 = 32.06 - 29.11$$

$$m_2 = 2.95 \text{ kg/min}$$

Obteniendo:

$$m_{\text{vapor}} = (2.95 \text{ kg/min})(60 \text{ min}/1 \text{ h})$$

$$m_{\text{vapor}} = 177.00 \text{ kg/h} \approx 180 \text{ kg/h}$$

4.12. Capacidad de producción de vapor de la caldera

Una vez determinado el consumo de vapor en libras por hora para cada lavadora, se suman los consumos totales de las secadoras y planchas, obteniendo el consumo total de vapor.

Tabla VI. Consumo total de vapor

Equipo	Cantidad	Consumo unitario (kg/h)	Consumo total (kg/h)
LAVADORA	5.00	180.00	900.00
SECADORA	5.00	360.00	1800.00
PLANCHA	5.00	70.00	350.00
TOTAL			3050.00

Fuente: elaboración propia.

Ahora bien, se debe tomar en cuenta un factor muy importante para no sobredimensionar la caldera, como lo es el factor de simultaneidad. Este factor se emplea porque no todas las lavadoras, secadoras y planchas (en este caso), consumirán al mismo tiempo la cantidad de vapor requerido. Según los distribuidores y concesionarios de calderas, para aplicaciones en particular como la analizada en esta investigación, se recomienda un factor de simultaneidad del 70%; que será el índice empleado más adelante.

También existe otro factor, que sin ser menos importante se tiene que tomar en cuenta para determinar la capacidad de la caldera, siendo este el factor de ampliación. Este es un índice que brinda un "colchón" sobre la capacidad de la caldera; es decir, que por futuras ampliaciones en la producción que se tengan en la planta, la caldera que se seleccione tiene que tener la capacidad de cubrir perfectamente ese incremento en el consumo de vapor.

Para este caso en particular que se tiene proyectado un incremento anual de lavados, un 25% como factor de ampliación cubrirá los primeros 3 años de operaciones de la lavandería.

Tiempo suficiente en el que se tendrá la capacidad económica de poder ampliar y comprar una nueva caldera que se ajuste a ese incremento de demanda, de acuerdo con los flujos de efectivo proyectados en estudio realizado por la lavandería.

Por último, el factor de evaporación, como se mencionó, es un factor de corrección para la producción de vapor, ya que en vez de partir de agua con temperatura de saturación a presión atmosférica, se parte de agua con temperatura menor a presión atmosférica, provocando que la caldera deba tener mayor capacidad.

El factor de evaporación se determinó de la tabla A-2 presentadas en el apéndice; sabiendo que se trabaja a 7.14 kg/cm² y se tiene una agua de alimentación a 43 °C, obteniendo un factor de evaporación igual a 1.145.

Entonces, para determinar la capacidad de la caldera, el consumo total de vapor determinado anteriormente, se multiplica por los factores de simultaneidad, evaporación y ampliación. Con todas estas operaciones se obtiene la capacidad nominal de la caldera, y de esta forma es como se dimensiona, para lo cual se realizaron los siguientes cálculos:

En resumen:

Factor de simultaneidad (FS): 70% (se asume ya que no todas las máquinas usarán vapor al mismo tiempo)

Factor de evaporación (FE): 1.145 (de tabla A-2)

Factor de ampliación (FA): 25% (asumido por futuras ampliaciones)

1 HP caldera es igual a 15.65 kg/hr de vapor

Tabla VII. **Resumen consumos**

Consumo total	3050.00 kg/hr
FS	70%
Consumo real	2135.00 kg/hr
FE	1.145
Capacidad nominal	2444.58
HP caldera	156.20 BHP
HP caldera real	195.25 BHP

Fuente: elaboración propia.

Además, para determinar el combustible a emplear, se recomienda hacer un análisis económico entre los aceites combustibles #2 (diesel) y #6 (bunker C), ya que debido a los constantes incrementos en los precios de éstos y de la energía eléctrica, la rentabilidad de ambos combustibles puede variar.

En este análisis económico a realizar, se deben tomar en cuenta los costos de operación (energía eléctrica y combustible), costos de mantenimiento, fácil acceso a repuestos, asesoría técnica y eficiencia de la caldera. Con ello se podrá tomar una decisión acertada en la selección de combustible considerando las conveniencias que a la lavandería conlleve el uso de uno u otro combustible.

4.13. Rendimiento térmico de la caldera

El rendimiento de una caldera de vapor en cualquier condición de funcionamiento, es la relación entre el calor transmitido al agua dentro de la

caldera y la energía suministrada por el combustible, según Severns et. al. (1971) y se expresa de la siguiente manera:

$$\underline{eb = ms (hg - hf) \times 100 \text{ (ecuación 4)}} \\ \underline{mf} \\ \times F$$

Donde:

ms, hg y hf tienen el mismo significado que en la ecuación 1; además:

eb = rendimiento o eficiencia de la caldera

mf = peso total del combustible quemado en kg/hr

F = poder calorífico superior del combustible quemado en KJ/kg

4.14. Características de trabajo

En algunas ocasiones, según la demanda, resulta factible tener 2 calderas en vez de una para cubrir las necesidades de nuestros equipos; sin embargo, la continuidad o la regularidad de demanda de vapor será quien nos guíe para evaluar esta posibilidad.

Es decir, que acorde a nuestros procesos, la demanda de vapor puede tener picos recurrentes que han sido considerados para los cálculos de selección de caldera; sin embargo por ser únicamente eventuales, puede resultar económicamente favorable tener dos calderas en vez de una.

Para esto se tendrá que hacer un análisis económico tomando en cuenta los costos de operación, costos de mantenimiento, costos de oportunidad, costos de maquinaria ociosa y el valor de la inversión inicial e instalación. Con ello se tendrán bases para poder tomar una correcta decisión.

4.15. Reglamentos locales

En el municipio de Guatemala, la municipalidad norma la ubicación de cada planta de producción dentro de las distintas zonas industriales que se tienen. Para esto hay que acudir al Reglamento de Ubicación e Instalación Industrial que puede ser proporcionado por la municipalidad capitalina, encontrando estatutos para la localización, ampliación y modificación de edificios, así como actividades relacionadas.

Reglamentos como éste, se deben tener en consideración a la hora de construir los edificios de la planta e instalar equipos; para que cumplan con las normativas que éstos establecen y de esta manera obtener la licencia industrial de construcción y la licencia de ocupación. En lo relacionado al tema de este trabajo de tesis, en el reglamento se encuentran consideraciones complementarias para las instalaciones físicas como: normas de seguridad industrial para prevenir incendios y su propagación, y prevención de contaminación en los drenajes por desechos tóxicos.

4.16. Diseño de la red de vapor

Se ha determinado que la caldera trabaje a 7.14 kg/cm² o 7 bar (100 psi) permitiendo una caída máxima de presión de 0.21 bar (3 psi) para cada una de las tuberías de los equipos.

Es decir, que en cada una de las máquinas llegará 6.79 bar (97 psi). Esta caída representa el 3% de la presión de trabajo de la caldera.

4.17. Determinar diámetro de tuberías

Con los flujos que pasarán por cada tubería (determinados anteriormente en los consumos por equipo y en conjunto), la presión de trabajo, los accesorios necesarios para cada tubería y con la longitud total de las tuberías, se determinaron los diámetros de las distintas tuberías mediante el uso de la tabla A-7.

En este primer cuadro, con la ayuda del plano de distribución y mediciones físicas en la planta, se determinaron las longitudes que tienen que tener las tuberías, para luego determinar el número de accesorios para cada línea de tubería. Sabiendo qué y cuántos accesorios, se procedió a determinar la longitud equivalente de cada accesorio asumiendo un diámetro para empezar. Por ejemplo, para la tubería principal de la lavadora:

Longitud real de tubería principal a lavadoras = 23 m

Diámetro asumido = 2.5".

de codos = 7

de T's = 7

de válvulas de compuesta = 3

Entonces se busca en tabla A -9 para el diámetro asumido, obteniendo:

Longitud equivalente por codo de 2.5 " = 1.9 m

Longitud equivalente por "T" de 2.5 " = 3.8 m

Longitud equivalente por codo de 2.5 " = 0.5 m

Total de long. equivalente = $(7)(1.9)+(7)(3.8)+(3)(0.5) = 41.40$ m

Longitud total de tubería recta = $41.40 + 23 = 64.40$ m.

Entonces se busca en la tabla A -7 (tabla para capacidades de vapor a 7 bar) para tuberías de 2.5", a qué caída de presión puede manejar los 900 kg/hr que necesitan las lavadoras. Observando en la tabla se mira que para 450 Pa/m puede manejar 1038 kg/hr, que es suficiente. Además, cumple con la velocidad del vapor que será de 30m/s (según escala de grises para velocidades).

Con esto se determina la caída de presión que se tiene en la línea chequeando si es permitida o no. Entonces para una caída de 450 Pa/m en una longitud de tubería de 64.40 m se tendrá una caída de presión al final de la línea de: (1 bar = 100,000 Pa).

$$\text{Caída de presión} = (450 \text{ Pa/m})(64.40 \text{ m}) = 0.29 \text{ bar} \\ (100,000 \text{ Pa/bar})$$

Por ser esta caída superior a la permitida al final de la línea se debe buscar en la tabla A -7, para la tubería de 3". Entonces, una tubería de 3" puede manejar 983 kg/hr teniendo una caída lineal de 120 Pa/m. Luego se vuelve hacer los cálculos de longitud equivalente, sólo que ahora para tubería de 3", obteniendo que es igual a 50.80 m sumados a la longitud real; se obtiene una longitud total igual a 73.80 m. Comprobando para este diámetro de tubería, se obtiene una caída de presión:

$$\text{Caída de presión} = (120 \text{ Pa/m})(73.80 \text{ m}) = 0.09 \text{ bar} \\ (100,000 \text{ Pa/bar})$$

Como la caída de presión es menor a la caída permitida en la línea de vapor, se determina así, que la tubería de 3" es adecuada para la línea de vapor principal para las lavadoras.

De igual manera, como se realizaron estos cálculos, se hizo para obtener los demás diámetros de cada una de las líneas de vapor del sistema.

Por lo que a continuación se presenta una tabla conteniendo toda esta información que representan todos los datos obtenidos de los cálculos realizados, determinando al final el diámetro para cada línea:

Tabla VIII. Accesorios de tubería

Tubería	Accesorios				Long equiv (m)	Long tubería (m)
	Codos	T's	Comp	Reg pres		
Cabezal	1	0	1	0	4.80	3.00
Principal a lavadoras	7	7	3	0	50.80	23.00
Principal a secadoras	7	6	1	0	52.00	17.00
Principal a planchas	7	6	1	0	30.80	23.00
Ramal de cada lavadora	1	0	1	1	13.30	2.50
Ramal de cada secadora	1	0	1	1	19.90	2.50
Ramal de cada plancha	1	0	1	1	10.10	2.50

Fuente: elaboración propia.

Tabla IX. Flujo de condensado

Tubería	Long total (m)	Caída presión (bar)	Caída presión (pa/m)	Diámetro (in)	Diámetro comercial
Cabezal	7.80	0.009	120.00	5.00	6.00
Principal a lavadoras	73.80	0.09	120.00	3.00	3.00
Principal a secadoras	63.60	0.11	180.00	3.50	4.00
Principal a planchas	50.60	0.09	180.00	2.00	2.00
Ramal de cada lavadora	15.80	0.07	450.00	1.25	1.25
Ramal de cada secadora	22.40	0.15	650.00	1.50	1.50
Ramal de cada plancha	12.60	0.15	1200.00	0.75	0.75

Fuente: elaboración propia.

4.18. Las cargas del condensado

Para poder determinar las cargas de condensado por radiación que las trampas deben drenar de las distintas tuberías durante la operación del sistema de vapor, se utilizó la tabla A- 11, necesitando únicamente la presión del vapor, el diámetro de la tubería a drenar y los factores de seguridad recomendados según la ubicación de la trampa en las tuberías de distribución.

Además, para el empleo de esta tabla se asume que las tuberías están aisladamente térmicamente con una eficiencia del 75%.

Para determinar el flujo de condensado a drenar en el cabezal, se utilizó la ecuación 8 y que para su cálculo se sabe que se tiene una carga de vapor de 2,444.58 kg/hr, que es la capacidad nominal de la caldera, y el factor de seguridad para esta tubería es de 1.5.

Posteriormente, se determinó el flujo de condensado que se tiene que drenar en las tuberías principales y ramales. Para ello se necesita saber la longitud de la tubería, el factor de seguridad y la carga de condensación en las tuberías, determinada mediante el uso de la tabla A -11. Por ejemplo, para determinar la carga de condensado en la tubería principal de las lavadoras, la tabla A -11 se utiliza de la siguiente manera:

La presión de operación es de 7 bar, pero la tabla se pasa de 4 bar a 8 bar; por lo que se tendrá la necesidad de interpolar linealmente para obtener los datos requeridos. Entonces, para un diámetro de tubería de 3" la carga de condensado es de 0.23 kg/hr x m (para 4 bar) y 0.30 kg/hr x m (para 8 Bar), de donde interpolando se obtiene que para 7 bar la carga de condensación es de 0.283 kg/hr x m.

Por último se multiplica la longitud de la tubería (23 m) por esta carga de condensación (0.283 kg/hr x m) y por el factor de seguridad (2), obteniendo el flujo de condensado a drenar en la tubería principal de vapor hacia las lavadoras:

$$\text{Carga a drenar por radiación} = (23)(0.283)(2) = 13.02 \text{ kg/hr}$$

De esta misma forma, se realizaron los cálculos para todas las demás tuberías (principales y ramales) obteniendo los siguientes resultados para las cargas de condensado por radiación, que las trampas de vapor tienen que drenar:

Tabla X. **Cargas de condensado por radiación**

Distribución a	Acarreo anticipado	Carga de vapor (kg/h)	Factor de seguridad	Flujo de condensado a drenar (kg/h)
Cabezal	0.10	2444.58	1.5	366.69
Distribución a	Longitud (m)	Carga (kg/h x m)	Factor de seguridad	Flujo de condensado a drenar (kg/h)
Principal de lavadoras	23.00	0.283	2	13.02
Principal de secadoras	17.00	0.320	2	10.88
Principal de planchas	23.00	0.205	2	9.43
Ramal a lavadoras	12.50	0.150	3	5.63
Ramal a secadoras	12.50	0.205	3	7.69
Ramal a planchas	12.50	0.023	3	0.86
TOTAL				414.19

Fuente: elaboración propia.

Entonces, con estos cálculos se procede a calcular las cargas de condensado por precalentamiento, y para ello se utilizó la tabla A-12 (ver apéndice), necesitando el diámetro de la tubería, la presión de operación y el tiempo permitido para que se caliente las tuberías a la temperatura final del vapor que será de 20 min.

Los cálculos realizados para las cargas de condensado por precalentamiento son muy parecidos a los de las cargas por radiación.

Tomando como ejemplo la tubería principal de las lavadoras para determinar estas cargas; entonces de la tabla A -12 se tiene que interpolar entre la presión de 4 bar y 8 bar para obtener los datos para 7 bar.

Por lo tanto, para una tubería de 3", se obtiene una carga de precalentamiento de 0.334 kg/m (para 4 bar) y 0.409 kg/m (para 8 bar), de donde para 7 bar es igual a 0.39 kg/m.

Lo que nos queda por hacer es multiplicar esta carga de precalentamiento por la longitud de la tubería (23 m) y dividirla por el tiempo que se tardará toda la tubería en llegar a la temperatura del vapor (20 min equivalente a 0.33 hr), de donde se obtiene:

De la misma manera en que se realizaron estos cálculos, se realizaron los cálculos para cada una de las líneas principales y ramales, obteniendo las siguientes cargas de precalentamiento al arranque y de sistema:

Tabla XI. Cargas de precalentamiento

Distribución a	Longitud (m)	Carga (kg/m)	Tiempo de calentamiento o (hrs)	Flujo de condensado (kg/h)
Principal a lavadoras	23.00	0.390	0.33	26.91
Principal a secadoras	17.00	0.470	0.33	23.97
Principal a planchas	23.00	0.188	0.33	12.97
Ramal a lavadoras	12.50	0.117	0.33	4.39
Ramal a secadoras	12.50	0.140	0.33	5.25
Ramal a planchas	12.50	0.072	0.33	2.70
TOTAL				76.19

Fuente: elaboración propia.

4.19. Dimensiones de piernas colectoras

Ahora bien, se tienen que encontrar las dimensiones de las piernas colectoras, que como ya vimos, su importancia es muy grande en la recolección de condensado. Se empleará un precalentamiento automático, puesto que no se desea que una persona esté supervisando la apertura y cierre de válvulas; además de la pérdida que representa desechar agua tratada.

Por lo que el equipo seleccionado tendrá la capacidad de drenar el condensado en todo momento.

Tanto en el arranque, evacuando el condensado que se acumuló al enfriarse el vapor de un día para otro; como el generado por la operación y pérdidas por radiación.

Entonces para poder determinar las dimensiones de las piernas colectoras, se empleó la tabla 3. Con esta tabla se busca la columna para un precalentamiento automático y con los diámetros de la tubería se puede determinar el diámetro y la longitud mínima de la pierna colectoras. Realmente esta tabla es muy sencilla de usar, que con una simple inspección se puede obtener las dimensiones de las piernas colectoras.

A continuación se presenta una tabla con el diámetro y la longitud mínima que deben tener cada una de las piernas colectoras, dependiendo de la tubería en que esté localizada.

Tabla XII. **Diámetro y longitud piernas colectoras**

Piernas colectoras de Tubería	Diámetro de tubería (in)	Diámetro de pierna (in)	Longitud de pierna (mm)
Cabezal	5.00	4.00	710
Principal a lavadoras	3.00	3.00	710
Principal a secadoras	3.50	3.50	710
Principal a planchas	2.00	2.00	710
Ramal a lavadoras	1.25	1.25	710
Ramal a secadoras	1.50	1.50	710
Ramal a planchas	0.75	0.75	710

Fuente: elaboración propia.

4.20 Selección de trampas de vapor

Con todas las cargas de condensado que se calcularon, se seleccionan las trampas de vapor que deben utilizarse en cada una de las líneas de las tuberías de distribución de vapor.

La carga de condensado tomada en cuenta para las tuberías principales y ramales son las de precalentamiento, debido a que se utilizará un automático; de donde se compara con las cargas por radiación, siendo mayores las de precalentamiento. Si se empleara un precalentamiento manual para seleccionar las trampas se tomaría en cuenta únicamente las cargas de radiación.

Por ejemplo, para la tubería principal de las lavadoras, en la tabla A - 17, se busca para la presión de 7 bar el flujo más próximo a los 26.91 kg/h (condensado que debe remover la trampa) encontrando que un orificio de 7/64 puede remover hasta 291 kg/hr para esta presión.

Con las conexiones se estima que para ½" será suficiente y no una de ¾" que será muy grande y más costosa. Estas son las dos medidas que comercialmente se utilizan. Entonces se recomienda las siguientes trampas de vapor en las distintas líneas de la red de distribución, determinando sus características como se hizo en el ejemplo:

Tabla XIII. **Características tipos de trampas**

Tubería	Tipo de trampa	Metal de construcción	Carga de condensado (kg/h)	Orificio (in)	Conexiones (in)
Cabezal	IB	Hierro fundido	366.69	1/8	1/2
Principal a lavadoras	IB	Hierro fundido	26.91	7/64	1/2
Principal a secadoras	IB	Hierro fundido	23.97	7/64	1/2
Principal a planchas	IB	Hierro fundido	12.97	7/64	1/2
Ramal a lavadoras	IB	Hierro fundido	4.39	7/64	1/2
Ramal a secadoras	IB	Hierro fundido	5.25	7/64	1/2
Ramal a planchas	IB	Hierro fundido	2.70	7/64	1/2

Fuente: elaboración propia.

Las trampas seleccionadas fueron de balde invertido, debido a la forma en que operan es muy conveniente para esta aplicación en particular.

4.21. Juntas de expansión térmicas

Como se mencionó, la expansión térmica de la tubería es un factor muy importante dentro del diseño de la red de vapor. Sin embargo, por la disposición y lo corto que resultan ser las tuberías, no se colocarán dispositivos de juntas térmicas de ningún tipo, ya que se podrán manejar las dilataciones que se causen; siendo los cambios de dirección de las tuberías los que logren absorber los aumentos de longitud que se provoquen.

4.22. Aislamiento térmico de las tuberías

Para poder determinar los espesores que deben poseer las cañuelas, aislando térmicamente la tubería, se emplea la tabla A-16, en donde únicamente se debe de conocer la temperatura con que opera el vapor y el diámetro de la tubería a aislar.

Por ejemplo, para determinar el espesor de la tubería principal de las lavadoras, en la tabla A -16 se busca para el rango de temperaturas que se ajuste a los 170 °C que es la temperatura de operación del vapor. El rango escogido es de 122 a 177 °C, por lo que se busca para este rango el espesor para una tubería de 3" (76 mm).

Así como se realizaron estos cálculos, de igual forma se hace para obtener los demás espesores de aislamiento para las tuberías principales, ramales y el cabezal, que se presentan a continuación:

Tabla XIV. **Espesores de aislamiento**

Tubería	Diámetro (in)	Diámetro (mm)	Espesor (mm)	Espesor (in)	Espesor comercial (in)
Cabezal	6.00	150	89	3.50	4.00
Principal a lavadoras	3.00	76	64	2.50	2.50
Principal a secadoras	4.00	100	64	2.50	2.50
Principal a planchas	2.00	50	64	2.50	2.50
Ramal de cada lavadora	1.25	38	64	2.50	2.50
Ramal de cada secadora	1.50	19	64	2.50	2.50
Ramal de cada plancha	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75

Fuente: elaboración propia.

5. MEJORA CONTÍNUA

5.1. Red de distribución

Como ya se indicó, la red de distribución de vapor es el conjunto de elementos que unen el generador de vapor y los equipos de calefacción.

5.1.1. Descripción

Es la que utiliza como fuente de generación eléctrica la energía almacenada en forma de calor (vapor). Para mover las máquinas se utiliza sólo el vapor de agua, al cual se le debe eliminar toda la humedad y cualquier partícula sólida.

5.1.2. Propiedades

Las fallas y fugas del sistema de aislamiento en los sistemas externos de vapor de agua, así como en las tuberías subterráneas del sistema de vapor de agua (las tuberías que están directamente enterradas bajo la superficie, y los túneles del sistema de vapor), pueden ocasionar una eficiencia energética por debajo de lo deseable, especialmente cuando las fugas del sistema de vapor de agua, así como las pérdidas de calor no se hayan detectado, sean inaccesibles o difíciles de encontrar dada la vasta extensión de algunas instalaciones.

Mientras más tiempo hayan fugas, pérdida excesiva de calor en una tubería, o drenaje de líquidos sin detectar; mayor será la pérdida de energía, y mayor será la cantidad de químicos necesarios que tendrán que agregarse para solventar el problema, y mayor será el potencial para el impacto negativo en el ambiente.

5.1.3. Características

Las tuberías recalentadas a menudo ocurren cuando la tubería de vapor de agua se encuentra en un conducto o en un túnel. Si hay una fuga en la tubería, el tubo que tenga el escape se calentaría. Si la tubería del vapor está enterrada directamente bajo la superficie y tiene una cubierta de aislamiento, la fuga usualmente saturará dicha cubierta de aislamiento, inutilizándola en gran parte, y haciendo que comience a transferir calor dentro de la superficie alrededor del escape, produciendo, por lo tanto, la protuberancia clásica o un área caliente en forma de globo el cual se extendería por la tubería.

Algunas fugas se presentan como una tapa o cubierta de pozo sobrecalentada. Las alcantarillas o las cubiertas que contienen los controles de la maquinaria del sistema de vapor, que presentan fugas, a menudo calentarán las cubiertas hasta llegar a temperaturas por encima de lo normal. A menos que estos escapes sean lo suficientemente severos para elevar en una forma significativa la temperatura ligeramente más alta de lo normal de las alcantarillas, estas fugas son difíciles de identificar.

5.1.4. Resultados

Una tubería en mal estado afectará en su totalidad a la producción, lo cual es posible evitar con un programa adecuado de prevención y mantenimiento que a la larga significa un menor costo.

5.1.5. Beneficios

Una adecuada red de distribución permitirá bajar los costos y aumentar la productividad debido a su eficiencia y capacidad de producción.

La merma de tiempos muertos es indispensable para el desarrollo de la empresa

5.1.6. Supervisión

La red de distribución debe suministrar el aire comprimido con una pérdida mínima para cualquier punto del sistema. Un sistema bien dimensionado en trazado y diámetros de las tuberías debe garantizar una pérdida máxima del 5% para el punto más alejado (en el sitio de la utilización del aire comprimido), respecto a la presión generada por el compresor.

La mayoría de los sistemas de distribución consisten en líneas principales, de las cuales se desprenden los ramales principales para atender las diferentes zonas de la fábrica. De las ramificaciones principales, se desprenden las líneas que alimentan los usuarios.

La pérdida máxima permitida en el punto más alejado de los ramales principales es del 2%, calculadas con el máximo flujo probable. Igualmente la pérdida para el punto más alejado de las ramificaciones debe ser inferior o igual al 3% calculado con el máximo caudal esperado.

La pérdida en las líneas de alimentación no debe superar el 1% incluyendo las mangueras como ocurre en las herramientas neumáticas.

Para los ramales el flujo de diseño debe tomarse para la situación pico que está entre el 150% y el 175% del consumo promedio estimado. Los ramales secundarios que “bajan” el aire al nivel de los operarios deben dimensionarse para el consumo máximo considerando una simultaneidad extrema de usuarios.

Los esquemas de tuberías de distribución son:

- ✓ Ramales con salidas a intervalos a todo lo largo del ramal. Estos ramales pueden presentar deficiencias en el servicio debido a sobrecarga por demasiadas salidas o extensión del ramal mismo. Una forma de corregir esto es reubicando el punto de alimentación de un extremo (condición inicial) al punto medio, prolongando la línea principal.
- ✓ Cuando se tienen dos o más ramales principales paralelos, conviene unirlos en sus extremos formando unos anillos con salidas a intervalos en todo su perímetro, de esta manera las demandas elevadas en sitios alejados se pueden atender por dos vías, mejorando significativamente el desempeño de la red.

- ✓ Conducciones largas que llevan el aire a un usuario específico ubicado en su extremo. Cuando el requerimiento de aire es muy elevado y en corto tiempo, se emplea un tanque acumulador para aliviar la demanda del sistema y no incurrir en pérdidas exageradas.

- ✓ Usualmente se coloca un tanque acumulador en la sala de compresores o cerca de estos en sistemas descentralizados. También se colocan tanques acumuladores cerca de equipos que tienen consumos elevados en tiempos cortos y en zonas de la red donde pueden darse demandas elevadas en tiempos cortos debido a la simultaneidad.

5.1.7. Ventajas

El vapor de agua es un vehículo para transferir calor y energía en forma bastante eficiente y fácil de controlar. Es usado frecuentemente para transportar energía desde un punto central (la caldera) hasta varios lugares en la planta donde se utiliza para calentar aire, agua o para diversos usos en el proceso.

5.2 Drenajes y combustibles

Se entenderá por drenaje para condensado al conjunto que permite drenar el vapor condensado que se encuentra en las tuberías de vapor y retornarlo a la casa de máquinas, al tanque de condensados.

El suministro e instalación de drenaje para condensado comprende las siguientes actividades: el suministro y el transporte de las trampas para condensado, filtro de línea, válvulas y accesorios hasta el lugar de su instalación o almacenamiento provisional.

Las trampas para condensado y accesorios serán para instalarse en concordancia a los planos de obra que proporcionara proveedor.

Deberán eliminar el vapor condensado, aire y dióxido de carbono, reduciendo al mínimo las pérdidas de vapor, todas las piezas serán de alta resistencia a la corrosión y diseñadas para una larga vida de servicio confiable. En el diseño se consideran dos tipos de trampas:

Flotador: descargarán inmediatamente y en forma continua: condensado, aire y otros, asegurando un mínimo de irregularidades en la presión de vapor.

El condensado se mantendrá siempre bajo el orificio de la válvula principal, produciendo un sello hidráulico, el cual prevendrá cualquier fuga de vapor. La válvula de venteo será de acero inoxidable y autoajutable a la presión de trabajo. El cuerpo de la trampa tendrá entrada y salida roscadas, el cuerpo mismo será de hierro fundido, para una presión de trabajo máxima de 1.8 MPa.

Termodinámica: será de acero inoxidable (cuerpo, disco y cubierta), descargará el condensado a la temperatura de saturación del vapor, tendrá alta capacidad de venteo y para soportar golpes de ariete y vibraciones, será de alta eficiencia y respuesta rápida, debe prevenir el contra flujo y operar con contra presiones de hasta 50%. Las conexiones para entrada y salida serán roscadas. El filtro de línea será de cuerpo de hierro fundido, para conexión roscada, filtro en acero inoxidable con perforaciones de 0.84 mm., filtro desmontable sin necesidad de desmontar el cuerpo, con cojinete al extremo del filtro para posibilidad de drenaje. Para una presión de trabajo de 1.72 MPa.

Para realizar la limpieza, desinfección y prueba de las trampas para condensado se hará en conjunto con la realización de la limpieza, desinfección y prueba de la conducción o red de vapor

El suministro e instalación de tanque para almacenamiento de combustible comprende las siguientes actividades: el suministro y el transporte del tanque para almacenamiento de combustible, filtro, medidor integrador y accesorios hasta el lugar de su colocación o almacenamiento provisional. Los acoples con la tubería y/o accesorios y la prueba una vez instaladas. El tanque será cilíndrico en posición horizontal, con capacidad para 15 m³., construido en lámina de acero de 4,8 mm., con un diámetro de 2,02 m. y un largo de 4,88 m., registro pasa hombre de 0.5 m. de diámetro, con pestaña de 25 mm., tapa empernada y empaque; indicador de nivel; conexiones para ventilación de 50mm.

Terminando en un arrestador de llama; purga y distribución de 32 mm. (1 1/4) con su respectiva válvula de compuerta y controles. Montado sobre soportes de hormigón, exterior pintado con pintura anticorrosiva.

El medidor integrador para diesel será programable para medir cualquier unidad de volumen, pantalla de LCD de 19 mm (3/4"). Construido para medir hidrocarburos medios. Contador integrador sellado, con ocho dígitos, de los cuales dos serán decimales, contador de recepción encerable. El totalizador se activa manual o automáticamente y se apaga automáticamente 30" luego de detenerse el flujo. Cuerpo de nylon, para conexión a tubería roscada de 25 mm. (1 ") de diámetro. Todos los empaques serán resistentes a productos combustibles de petróleo.

El filtro primario para diesel será diseñado para uso con los tanques para almacenamiento de combustible, con carcasa de hierro fundido y acero, con recubrimiento epóxico interior para evitar la corrosión, con sellos de fibra de celulosa, diámetro exterior de 11,11 mm (4 3/8"). Conexión NPT para tubería de 19 mm. Con capacidad para 15 gpm. Con cartucho de "Monel" de 140 micras.

5.2.1. Control y supervisión

Para mantener el control en los sistemas de distribución de vapor, es necesario llevar una buena administración y una constante revisión de toda la red, a su vez mediante los datos recolectados durante las revisiones periódicas es necesario estar calculando las pérdidas de energía ya que éstas afectan directamente la eficiencia del proceso, por último es necesario determinar los puntos de ajuste adecuados para la red.

Tabla XV. **Hoja de control lavadora y secadora**

Lavadora	Frecuencia
1. Verificación de funcionamiento de motor, sistema eléctrico	Mensual
2. Limpieza de cámara de ventilación	Mensual
3. Revisión de cojinetes y fajas de transmisión	Mensual
4. Verificación de las condiciones adecuadas de instalación	Mensual
5. Inspección del estado y montaje del cilindro	Semestral
6. Inspección del interior de la canasta	Semestral
7. Inspección de mecanismos de puertas	Semestral
8. Revisión de amortiguadores y pernos de anclaje	Semestral
9. Inspección y ajuste de sistema de freno	Semestral
Secadora	
1. Limpieza de la trampa de mota y su respectivo ducto	Diario
2. Revisión del sistema eléctrico	Mensual
3. Limpieza de serpentines	Mensual
4. Inspección de dispositivos eléctricos	Mensual
5. Lubricación de rodamientos de fricción	Mensual
6. Inspección de correas de transmisión de motores	Mensual

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVI. **Hoja de control planchadora de rodillos**

Planchadora de rodillos	Frecuencia
1. Engrase general	Mensual
2. Revisión de niveles de aceite	Mensual
3. Revisión y limpieza del sistema eléctrico	Mensual
4. Revisión de fajas guías y transportadoras	Mensual
5. Verificación de la lona de transmisión calorífica en cilindros	Mensual
6. Revisión de motores eléctricos	Semestral
7. Revisión del sistema de transmisión	Semestral
8. Inspección y lubricación para los cojinetes	Semestral
9. Limpieza de fibras adheridas al sistema de tracción	Semestral
10. Verificación del sistema de transmisión	Semestral

Fuente: elaboración propia.

5.2.2. Estadísticas

Las Estadísticas nos dan un registro histórico de acontecimientos (generalmente indeseables) y una idea del Riesgo al que estamos expuestos en las cercanías de una caldera.

Nos alertan para agudizar nuestros sentidos y mecanismos defensivos y para reforzar nuestras precauciones y prevenciones, tal como lo hacemos cuando al manejar nuestro automóvil debemos transitar por rutas que registran altos índices de accidentes y tragedias.

Las probabilidades nos dan una idea porcentual o grado de posibilidad entre cero (nada) y 1 (todo) de que ocurra una determinada circunstancia.

Los registros estadísticos acumulados por un importante fabricante internacional de calderas relevados en un período de unos diez años y diferenciados en tres grupos o tipos de calderas (esto es calderas tipo paquete, tipo Industrial y tipo generadoras de energía eléctrica) arrojan los siguientes resultados:

Tabla XVII. **Tipo de calderas y porcentaje de errores**

TIPO DE CALDERAS	EXPLOTARON EL	CAUSAS QUE LAS PROVOCARON		
		POR ERROR DEL OPERADOR	POR FALLAS EN LOS EQUIPOS	POR COMBINACIÓN DE AMBAS FALLAS
PAQUETE	27%	44%	49%	7%
INDUSTRIALES	45%	71%	22%	7%
de GENERACIÓN	28%	74%	21%	5%

Fuente: elaboración propia.

Conjuntamente con estos datos cabe señalar que en estos porcentajes pesan aspectos que son propios de cada tipo de caldera.

Otro conjunto de estadísticas pone de relieve que para todos los tipos de calderas las explosiones ocurren en más del 90% durante las etapas de arranque o bien cuando las calderas están operando a baja carga, tal como lo señala la tabla que sigue:

Tabla XVIII. **Tipo de calderas y porcentaje de explosiones**

TIPO DE CALDERAS	% DE EXPLOSIONES DURANTE EL ARRANQUE	% DE EXPLOSIONES A BAJA CARGA	SUMATORIA POR AMBAS CAUSAS
PAQUETE	63%	32%	95%
INDUSTRIAL	47%	45%	92%
de GENERACIÓN	60%	32%	92%

Fuente: elaboración propia.

5.3. Auditoría

Las inspecciones de calderas y aparatos a presión siguen las reglamentaciones y especificaciones técnicas internacionales.

Dichas inspecciones y auditorías establecen lo requisitos para:

- ✓ Certificación del fabricante
- ✓ Garantía de calidad
- ✓ Diseño de los equipos
- ✓ Materiales utilizados en la fabricación de equipos
- ✓ Fabricación de piezas
- ✓ Ensamblaje
- ✓ Pruebas finales
- ✓ Revisión del diseño
- ✓ Aprobación de soldadura
- ✓ Inspección de instalaciones

- ✓ Verificación “in-service” de vasijas de presión
- ✓ Certificación de calidad ISO 9001

5.3.1. Auditoría interna

Deberá ser realizada por el departamento técnico de la empresa, cumplirán con las normativas y manuales específicos para tal función.

5.3.2. Auditoría externa

La auditoría externa debe realizarse con la intervención de técnicos externos, fabricantes y personal, incluso del Ministerio de Energía y Minas, quien es la dependencia que tiene a su cargo tal menester.

CONCLUSIONES

1. Para poder determinar las especificaciones técnicas de la caldera se deben conocer las condiciones de operación, tanto en la entrada como en la salida de la caldera. Para que con ello se determine la capacidad de generación de vapor que proporcionar la caldera.
2. La caldera que se ajusta a las necesidades planteadas de una lavandería industrial de este tipo o con estas especificaciones analizadas en esta investigación, es una caldera de paquete de 200 BHP y 10.35 kg/cm², la cual tendrá la capacidad de cubrir un incremento del 25% de consumo de vapor por futuras ampliaciones que tenga la lavandería en el incremento a la demanda de lavado, contribuyendo de esta manera a la creación de nuevas empresas en el país.
3. Principalmente, determinar o conocer el consumo o caudal, presión y velocidad de vapor en toda la planta y en los equipos con que se cuenta, es esencial para poder diseñar la red de vapor y con ello determinar las dimensiones de las tuberías y accesorios a emplear. Con ello lo que se logra es tener una eficiente red de distribución de vapor.
4. Uno de los métodos más simples para evaluar el mantenimiento preventivo es el que da inicio con la revisión de todos los sistemas de distribución, calderas, sistemas eléctricos y tuberías, ya que esta revisión nos ayuda a tener los recursos necesarios para una buena distribución de vapor.

5. La información para el mantenimiento de una caldera es de vital importancia, ya que esto nos garantiza una buena distribución de vapor, debido a que una caída de presión genera una pérdida de energía lo que se traduce en pérdidas económicas.

6. Se logró determinar que la administración de información para el mantenimiento preventivo recae en un buen sistema de control y supervisión de los sistemas de distribución de vapor, logrado a través de recolección de datos en cada una de las estaciones de trabajo de la lavandería, ya que estas pueden realizarse de manera diaria, mensual y semestral.

RECOMENDACIONES

1. Corporación Máxima, realizar un mantenimiento adecuado a la caldera y a toda la red de distribución de vapor, puesto que un servicio programado a todo este equipo ayuda a tener una prolongada vida útil. Además, ayudará a mantener una eficiencia en el transcurso de los años, que haga que la caldera y la red de vapor cumplan con las condiciones de diseño sin ningún problema.
2. Poner mucha atención a las distintas condiciones o requerimientos de vapor para esa aplicación en particular, ya que varias de las condiciones variarán y de todos ellos depende completamente el estudio que se realizó.
3. Corporación Máxima y su lavandería quedan en la libertad de comprar o escoger la marca y distribuidor de la caldera y las trampas de vapor que mejor le convenga; únicamente verificar que estos equipos sean de iguales especificaciones que los seleccionados en este estudio, para que se ajusten a los cálculos y diseños realizados.
4. Corporación Máxima en ampliaciones futuras deberá realizar otro estudio de las condiciones de operación de todo el equipo, realizando las modificaciones necesarias en la red de distribución de vapor; pudiendo dejar la caldera existente como segundo equipo, es decir, como caldera auxiliar, si es que así fuese necesario.

5. A la Corporación Máxima seguir las instrucciones de los fabricantes para hacerlo, siguiendo las sugerencias plantadas por ellos y así lograr un correcto funcionamiento. Además de esto no se debe olvidar cumplir con las normas que la municipalidad a establecido para la localización e instalación de las industrias; las que pretenden un bien común. Ya que este estudio no contempla la instalación ni el montaje de la caldera y la red de vapor.

6. A la Municipalidad de Guatemala actualizar su Reglamento de Ubicación e Instalación Industrial, ya que data de 1971, para que las actuales y futuras industrias se ajusten a la realidad de la capital; teniendo para ello una planificación de metrópoli.

BIBLIOGRAFIA

1. BREALEY, R; MYERS, S., ; ALLEN, F. *Principios de finanzas corporativa* 8^a ed. Madrid: McGraw-Hill, 2006. 332 p. ISBN: 8448146212.
2. CENGEL, Yunus; BOLES, Michael; *Termodinámica*, 2^a ed. México: McGraw-Hill, 1996. 421 p. ISBN: 970100910x.
3. CHRISTENSEN, R; HANSSEN, A., *Teaching and the case method text, cases, and readings*. 3^a ed. Boston: Harvard Business School, 1987. 333 p. ISBN: D-87584-403-0.
4. FRENCH, T. *Dibujo de ingeniería*. 4^a ed. México: Unión Tipográfica Editorial Hispano América, 1958. 204 p. ISBN: 968-25-0282-9.
5. GARCIA CRIOLLO, Roberto. *Estudio del trabajo, medición del trabajo*. 2^a ed. México: McGraw-Hill, 1998. 312 p. ISBN: 84-8405- 182- x.
6. KOHAN, Anthony L. *Manual de calderas*. Madrid: McGraw-Hill. 2006. 749 p. ISBN: 978-84-481-2546-2.
7. MESNY, M. *Calderas de vapor, descripción, teoría, manejo y mantenimiento*. 2^a ed. Argentina: Marymar, 1977. 277 p. ISBN: 8521200552.

8. RENDER, B; STAIR, R; HANNA, M. *Métodos cuantitativos para los negocios*. 9ª. ed. México: Pearson Prentice Hall, 2006. 748 p. ISBN 970-26-0738-8.

9. Curso de Termodinámica, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 1999.

APÉNDICE

ESPECIFICACIÓN ACEITE COMBUSTIBLE

GRADO # 2 (DIESEL)

-Marca Combustible: SHELL

-Tipo: FÓRMULA DIESEL

-Características: combustible con aditivos para motores diesel

DESCRIPCIÓN

Fórmula diesel es un combustible formulado con aditivos de tecnología Shell, para ser empleado en todo tipo de motor diesel de camiones de transporte pesado, de pasajeros o vehículos livianos en general, equipos de construcción, equipos agrícolas, plantas de fuerza, embarcaciones, etc.

Es un producto destilado y refinado que incluye un poderoso aditivo patentado por Shell, cuyas propiedades son facilitar la limpieza del sistema de combustible y mejorar el desempeño del motor.

PROPIEDADES

Shell fórmula diesel, se distingue por contemplar en su fórmula aditivos que mejoran la combustión, debido a que facilita su atomización, asegurando una excelente característica de ignición en cualquier clima y aminorando durante el funcionamiento del motor los humos de las emisiones de los escapes.

Asimismo, contempla componentes que le otorgan una habilidad para la limpieza, excelentes propiedades antiespumantes y de separación del agua, así como inhibidores contra la corrosión, posibilitando así al usuario alcanzar una economía de combustible del 1.5% en volumen, en función a la mayor eficiencia del motor.

Tubería de acero

La normalización en la industria de la tubería está en función de muchos grupos, entre los cuales están la *American Society for Testing Materials (ASTM)*, la *American National Standards Institute (ANSI)*, la *American Water Works Association (AWWA)* y el *Pipe Fabrication Institute (PFI)*. Siguiendo la norma norteamericana distinguiremos entre tubos comunes y tubos especiales. El tubo común es el que se emplea en las conducciones y sus conexiones para transportar fluidos. Por tubo especial se entiende aquellos productos tubulares que se utilizan en intercambiadores de calor, calderas, instrumentos y en industrias de maquinaria, aviones, automóviles y otras relacionadas con estas. En general, el término se aplica de manera amplia el tubo, accesorios, válvulas y otros componentes que conducen gases, líquidos, lechadas, etc.