



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

**MEJORAMIENTO DE LA LÍNEA DE VAPOR DE UNA EMPRESA
EMBOTELLADORA DE BEBIDAS CARBONATADAS**

ERNESTO JOSÉ FLORES RODAS

ASESORADO POR: INGENIERO EDWIN ESTUARDO SARCEÑO ZEPEDA

GUATEMALA, OCTUBRE 2005

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

**MEJORAMIENTO DE LA LÍNEA DE VAPOR DE UNA EMPRESA
EMBOTELLADORA DE BEBIDAS CARBONATADAS**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica,
en marzo de 2005

Ernesto José Flores Rodas

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

| | |
|------------|----------------------------------|
| DECANO | Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos |
| VOCAL I | |
| VOCAL II | Lic. Amahán Sánchez Álvarez |
| VOCAL III | Ing. Julio David Galicia Celada |
| VOCAL IV | Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz |
| VOCAL V | Br. Elisa Yazminda Vides Leiva |
| SECRETARIA | Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas |

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

| | |
|------------|---|
| DECANO | Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos |
| EXAMINADOR | Ing. José Francisco Arrivillaga Ramazzini |
| EXAMINADOR | Ing. José Arturo Estrada Martínez |
| EXAMINADOR | Ing. Edwin Estuardo Sarceño Zepeda |
| SECRETARIA | Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas |

DEDICATORIA

A:

DIOS

Por darme la vida y todo lo que con sus bendiciones y oportunidades he logrado, así como realizar una de las metas más importantes de mi vida.

MIS PADRES

Oscar Haroldo y Thelma Argentina, como una pequeña recompensa a su amor, a todos sus esfuerzos, sacrificios, dedicación, guía y ejemplo para llevarme hasta donde he llegado; Dios los bendiga hoy y siempre.

MIS HERMANOS

Oscar Alberto, Mario René y Luis Carlos, por su apoyo incondicional, ejemplo, amistad, preocupación en mí en todo momento y por todas las experiencias que hemos compartido juntos.

A mis cuñadas y sobrinos, por su gran cariño.

MIS TÍAS

Florydalma, Nidia Noemí e Irma Alcira, por su cariño y apoyo.

Alma Flor, por su apoyo, cariño y comprensión.
Ivethe Pérez, por su amor, comprensión y todos los momentos especiales que he pasado a su lado, así como los que faltan por vivir.

LAS FAMILIAS

Brolo Tórre y Mijangos Arriaza, por su cariño y por brindarme su amistad siempre, pero sobre todo en los momentos más difíciles de mi vida. Por ser mi segunda familia, muchas gracias.

MIS AMIGOS

Suriel Aballí, Brenda Miranda, Ashley García, Manuel Comparini, Jecer García, Pablo Méndez, Marlon Beteta, Jorge Ruíz, Byron Mijangos, Gustavo Camposeco, Eduardo Álvarez, Maco Cuellar, a los Hermanos: Morales Valenzuela, Ruiz Tornohé, Romera Alegría y Jacobs Martínez. Gracias por su apoyo en todo momento y por las anécdotas que hemos compartimos juntos y que siempre llevaré en mi corazón.

AGRADECIMIENTO

Mis amigos de producción de la Embotelladora del Pacífico S. A, por su amistad y la oportunidad de realizar este trabajo.

Ingeniero Edwin Estuardo Sarceño Zepeda, por los consejos, apoyo y el tiempo brindado para la realización de este proyecto.

La Universidad de San Carlos de Guatemala, por los conocimientos que me brindó con el transcurrir de los años, así como a todas las personas que de una y otra manera hicieron posible que realizara este trabajo de graduación.

ÍNDICE

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE ABREVIATURAS

GLOSARIO

OBJETIVOS

RESUMEN

INTRODUCCIÓN

1. SISTEMA DE GENERACIÓN DE VAPOR

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | Tratamiento de agua | |
| 1.1 | Introducción | 1 |
| 1.2 | Condiciones iniciales y descripción del proceso de Tratamiento de agua | 3 |
| 1.3 | Ciclo hidrológico de las bebidas | 4 |
| 1.3.1 | Impurezas de agua (efectos en las bebidas carbonatadas) | 6 |
| 1.3.2 | Tanque de coagulación de la planta de bebidas carbonatadas | 6 |
| 1.4 | Descripción de la resina | 7 |
| 1.4.1 | Filtración con arena | 8 |
| 1.5 | Sistema de vapor, accesorios y condiciones iniciales | 9 |
| 1.5.1 | Consumo promedio | 10 |
| 1.5.2 | Componentes del generador de vapor | 12 |
| 1.6 | Descripción de la caldera | 13 |

| | | |
|-------|--|----|
| 1.6.1 | Accesorios de las calderas | 14 |
| 1.6.2 | Clasificación de calderas | 18 |
| 1.6.3 | Criterios para selección de una caldera | 18 |
| 1.6.4 | Pérdidas de calor en calderas | 20 |
| 1.7 | Eficiencia térmica | 20 |
| 1.8 | Calidad de los componentes de la línea de vapor | 21 |
| 1.9 | Tuberías de vapor | 23 |
| 1.10 | Aislamiento térmico | 26 |
| 1.11 | Trampas de vapor (calidad y cantidad) | 27 |
| 1.12 | Tubería de regreso del condensado | 33 |
| 1.13 | Factor de seguridad | 34 |
| 1.14 | Cálculo de pérdida de calor en tuberías desnudas | 36 |
| 1.15 | Diagnóstico general | 44 |

2. DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO Y PREVENTIVO DEL SISTEMA DE VAPOR

| | | |
|-------|---|----|
| 2.1 | Selección del tratamiento de agua | 46 |
| 2.2 | Resumen de los métodos de tratamiento de agua | 49 |
| 2.3 | Mantenimiento del filtro de arena | 55 |
| 2.4 | Cálculo de dosificación de cal | 56 |
| 2.5 | Instructivo antes del encendido de caldera | 59 |
| 2.6 | Mantenimiento de la caldera | 60 |
| 2.6.1 | Averías más comunes en calderas | 62 |
| 2.7 | Responsabilidades fundamentales de la operación | 65 |
| 2.8 | Cálculo de diámetro de tuberías | 68 |

| | | |
|-----------------|--|-----|
| 2.9 | Cálculo de capacidad de trampas | 91 |
| 2.10 | Diagrama de tubería a implementar en la lavadora línea 2 | 93 |
| 2.11 | Instalación de tubería en la lavadora línea 2 | 94 |
| 2.12 | Diagrama de tubería a implementar en la sala de marmitas | 95 |
| 2.13 | Instalación de tubería en el área de marmitas | 96 |
| 2.14 | Eliminación de fugas y accesorios en mal estado | 99 |
| 2.15 | Complementación del aislamiento térmico | 99 |
| 2.16 | Programa de seguridad e higiene industrial | 105 |
| 2.17 | Resultados comparativos | 112 |
| CONCLUSIONES | | 113 |
| RECOMENDACIONES | | 115 |
| BIBLIOGRAFÍA | | 117 |

TABLAS

TÍTULO

| | | |
|-----|---|----|
| I | Tabla de averías en trampas de vapor | 31 |
| II | Tabla de factor de seguridad en trampas | 35 |
| III | Tabla de Información contenida en la bitácora de perforación de un pozo | 53 |
| IV | Tabla de contaminantes del agua de un pozo | 54 |
| V | Tabla de averías más comunes en calderas de vapor y formas de solucionarlas | 62 |

FIGURAS

| | | |
|----|--|----|
| 1 | Componentes del generador de vapor | 12 |
| 2 | Suavizador de resinas | 47 |
| 3 | Construcción de un pozo (uno de vario diseños) | 52 |
| 4 | Relación entre factor de fricción y número de Reynolds | 86 |
| 5 | Pérdidas de calor en tuberías de acero desnudas y con superficies planas | 87 |
| 6 | Rugosidad relativa | 88 |
| 7 | Viscosidad absoluta del vapor | 89 |
| 8 | Factores de seguridad según aplicación | 90 |
| 9 | Selección de trampas | 91 |
| 10 | Diagrama de tubería de lavadora línea 2 | 94 |
| 11 | Diagrama de sala de marmitas | 96 |
| 12 | Diagrama de tubería sala de marmitas antes | 97 |
| 13 | Diagrama de tubería sala de marmitas después | 98 |

LISTA DE ABREVIATURAS

| | |
|------------------------------|-------------------------------------|
| m² | Metros cuadrados |
| °C | Grados centígrados |
| “ | Pulgadas |
| m. | Metros |
| Psi | Libras por pulgadas cuadradas |
| % | Porcentaje |
| Vol | Volumen de vapor |
| m | Masa de vapor |
| Vs | Volumen específicos |
| Dn | Diámetro nominal del tubo |
| ΔP | Caída de presión |
| f | Factor de fricción |
| L | Longitud |
| G | Masa velocidad |
| De | Diámetro exterior |
| <u>ε</u> De | Rugosidad relativa de la superficie |
| N | Número de reynolds |

| | |
|-------------------------------|---|
| μ | Viscosidad absoluta |
| N | Número de cabezas de velocidad |
| P | Presión |
| Q | Pérdida de calor |
| U | Coeficiente global de transmisión de calor |
| A | Área de transferencia de calor |
| ΔT | Diferencia de temperatura entre la superficie y el ambiente |
| $^{\circ}F$ | Grados Fahrenheit |

GLOSARIO

| | |
|------------------------------|---|
| Agua de alimentación | Mezcla de agua fresca y condensado de que posteriormente se convertirá en vapor. |
| Bomba de alimentación | Transporta el agua de alimentación del tanque de condensado a la caldera. |
| BTU | Es la cantidad de energía térmica necesaria para elevar de 63° a 64° F la temperatura de una libra de agua. |
| Caballos de caldera | Un caballo de caldera es la evaporación de 34.5 libras de agua por hora a 212° F y a la presión atmosférica. |
| Calor | Es una forma de energía que se transfiere a través de una frontera debido a una diferencia de temperaturas. |
| Condensado | Es el líquido que se forma cuando el vapor se enfría. |
| Eficiencia de caldera | Cantidad de energía necesaria para convertir el agua de alimentación en vapor, en relación a la cantidad de energía correspondiente al combustible utilizado. |

| | |
|------------------------------|---|
| Golpe de ariete | Cuando una porción de condensado queda atrapado entre una corriente de vapor que empuja a gran velocidad, esta porción de agua, golpeando contra la pared la tubería, accesorios o equipos. |
| Línea de vapor | Conducto que transporta el vapor a los diferentes procesos que lo requieren. |
| Psi | Medida de presión. Libras por pulgada cuadrada. |
| Purga | Pérdida determinada de agua en el sistema de la caldera. |
| Retorno de condensado | Línea que transporta el condensado de regreso al tanque de alimentación con el propósito de aprovecharlo y también parte de su calor. |
| Tablas de vapor | Tablas que indican los valores numéricos de las propiedades del vapor de agua para diferentes presiones y temperaturas de un estado termodinámico. |
| Tanque de condensado | Tanque recolector de las corrientes de condensado. |

Trampas de vapor

Dispositivo mecánico usado para dejar salir el condensado y aire de un sistema mientras retiene el vapor vivo.

Válvula

Dispositivo empleado para regular el flujo de un líquido, gas, una corriente, etc. De modo que sólo pueda ir en un sentido.

OBJETIVOS

GENERAL

Mejorar la línea de vapor con todos sus componentes, así como también implementar una guía de encendido de calderas y un programa de seguridad industrial.

ESPECÍFICOS

1. Realizar un diagnóstico general de la planta para saber a qué nivel se encuentra operando el sistema de vapor
2. Calcular los datos necesarios para determinar eficiencia, cargas y consumos de los equipos.
3. Conocer los diámetros de las tuberías para saber si son los adecuados.
4. Inspeccionar la existencia de fugas en el sistema
5. Conocer tipo de combustible utilizado
6. Determinar las características del agua al momento del ingreso a la caldera
7. Verificar si existen tramos de tuberías en donde falte aislamiento térmico
8. Implementar la colocación de trampas de vapor para el mejoramiento de la línea

RESUMEN

El proyecto realizado en la Embotelladora de Bebidas Carbonatadas del Sur, trata sobre el mejoramiento de la línea de distribución de vapor desde la sala de calderas hasta el área de marmitas y pasando por el lavado de envases. En dichas áreas se cuenta con dos calderas, dos lavadoras de envases de vidrio y dos marmitas.

Los cálculos que se efectuaron fueron, el diámetro de tubería, eficiencia térmica, pérdidas de calor que se genera en una tubería desnuda hacia el medio ambiente o sea que no posea aislamiento térmico, y así, se pudo determinar gasto de energía y el consumo del combustible en un año, determinando las cantidades económicas exactas que sufre la planta al tener estos descuidos dentro de la misma.

Se determinó el aislamiento térmico como fibra de vidrio envuelto en canaletas de aluminio, así como también la importancia que tiene el aislamiento térmico y la eliminación de fugas. Al controlar estas situaciones se pudo notar el aprovechamiento del vapor, no sólo en las máquinas sino también repercutió en el descenso del consumo del combustible. También se describe los componentes del generador de vapor, de los equipos de generación de vapor, y todos los accesorios que poseen los equipos utilizados en la planta como: clase de aislamiento, tipos de trampas, diámetros de tuberías, longitudes, etc.

El mantenimiento que en esta empresa se realiza, tanto el correctivo que en muy pocas ocasiones se utiliza, como también el preventivo, que es el más utilizado y que mejores resultados les ha dado, ya que semanalmente se realizan las ordenes de trabajo para que los fines de semana que son los días de mantenimiento se elaboren dichas órdenes para que los equipos estén listos, a la disposición de los operarios para empezar la semana de producción sin ningún contratiempo.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, las necesidades de energía en la industria alimenticia aumentan cada vez más. El vapor de agua, por sus características, condiciones y cualidades, es una fuente de energía de bajo costo, ya que su producción se realiza exclusivamente por el calentamiento de agua, por medio de la combustión de determinados elementos como: diesel, bunker, etc, por medio de generadores de vapor.

En la industria de las bebidas carbonatadas, el vapor es de gran utilidad, por su energía y calor en las áreas de lavado de envases, en la realización del jarabe en la sala de marmitas y en la lavadora de cajillas, proporcionando un proceso altamente eficiente y eficaz, para el requerimiento de los mismos. Por las razones anteriormente mencionadas, surge la idea de mejorar el sistema de vapor de la Embotelladora de Bebidas Carbonatadas del Sur con la finalidad no sólo de mejorar la red de distribución, sino también economizar y reducir al máximo posible los costos de mantenimiento de dicha empresa.

El tratamiento de agua es de suma importancia, no sólo para la realización de las bebidas, sino también para su combustión (ingreso a la caldera), ya que si el agua no recibe el tratamiento adecuado, puede causar serios daños a alguno de los componentes de la caldera (tuberías) y peor aún, a la misma bebida en el producto final. En este proyecto se describe el proceso de tratamiento de agua para una empresa dedicada a producir bebidas carbonatadas (bebidas gaseosas), así como las normas y requerimientos que las bebidas exigen.

En el capítulo uno se describe la situación y las condiciones iniciales en las que se encontró la red de distribución de vapor, en el capítulo dos se realizan todos los cálculos para resolver los problemas que existían en las condiciones iniciales.

SISTEMA DE GENERACIÓN DE VAPOR

1 TRATAMIENTO DE AGUA

1.1 INTRODUCCIÓN

Las plantas embotelladoras y enlatadoras de bebidas carbonatadas, obtienen el agua que utilizan de diferentes fuentes. Los pozos profundos, embalses, los sistemas para recoger agua de lluvia, los lagos, ríos y hasta los mismos océanos son algunas de las fuentes potenciales que una planta embotelladora puede utilizar. Independientemente de cuál sea el origen del agua utilizada en la planta, cada fuente de agua presenta sus propios problemas particulares.

El agua proveniente de pozos profundos generalmente mantiene sus características químicas y bacteriológicas constantes; sin embargo, tiende a absorber sales minerales de los estratos subterráneos por donde pasa.

Los pozos poco profundos y las fuentes superficiales tales como ríos, lagos y riachuelos son generalmente las fuentes más fáciles de usar. Sin embargo, pueden ser afectadas por las condiciones ambientales, tienen cargas más pesadas (especialmente durante los cambios de estación) y se contaminan más fácilmente. No se puede depender de las plantas de tratamiento de agua municipales para el suministro de agua adecuada para el embotellado, enlatado y para la preparación del jarabe. La razón principal es que los municipios tratan el agua solamente para que sea potable. No siempre pueden costear los gastos involucrados en el suministro de un agua con la calidad necesaria para producir nuestras bebidas, que garantice una larga vida de anaquel. Existe también la posibilidad de que el agua de la ciudad se contamine a medida que pasa por el sistema de distribución desde la planta de tratamiento municipal hasta llegar a la planta embotelladora. Esta situación es particularmente cierta en lo relativo al

contenido de materia orgánica y de algunos metales, como por ejemplo el hierro.

El tratamiento del agua es muy importante ya que constituye más del 80% del volumen total de las bebidas carbonatadas. Para que la bebida sea atractiva y agradable al paladar, es imprescindible que el agua utilizada como ingrediente no contenga sustancias que afecten el gusto o el aspecto del producto.

El agua puede ser de buen sabor en sí y buena para tomarse; sin embargo, puede ser la causa de muchos defectos de la bebida. Las sustancias inocuas disueltas o suspendidas en el agua sin tratar, pueden reaccionar con los ingredientes del concentrado y producir uno o más defectos al producto terminado.

El agua es de suma importancia para las bebidas carbonatadas, por volumen, el agua representa la mayor parte de los productos cola, el 90% de las bebidas carbonatadas regulares, el 99% de las bebidas carbonatadas dietéticas y el 100% de las bebidas embotelladas.

El agua es el ingrediente más estrictamente controlado desde una perspectiva regulatoria, debe ser potable, segura, apetitosa y de buen sabor, ya que tiene un impacto directo en el perfil sensorial y en la estabilidad de los productos de bebidas carbonatadas.

1.2 Condiciones iniciales y descripción del tratamiento de agua

El recorrido del agua en el tratamiento es el que a continuación se describe:

El agua es almacenada en dos pozos mecánicos de 485 galones cada uno, después es transportada a las cisternas de agua cruda, luego una porción va dirigida a dos tanques reactores; el primer tanque tiene una capacidad de 22,000 galones y el segundo de 12,000 galones, y la otra porción se va a los suavizadores. En los dos tanques suavizadores cuyo volumen es de 50 pies cúbicos cada uno, el agua se une por medio del agua proveniente del tanque salmuera con capacidad para 500 galones, y el agua es dirigida a la cisterna suavizada. La porción que se dirigía a los reactores tiene una fusión con los dosificadores que son: tanque Poliflock, tanque de cloro y un tanque de hidróxido de calcio de 500 galones, para luego ser transportada al tanque pulmón con capacidad de 7,000 galones, en donde se realizará la repartición a los tres filtros de arena seguido de los tres purificadores de carbón para enviarlos a los pulidores en donde será distribuida a las líneas de producción. El tratamiento de agua también consta con 3 bombas de 350 rpm, de 60 hertz, de 7.5 HP cada una y trabajan a una temperatura ambiente de 30°C.

Un sistema completo de tratamiento de agua, deberá disponer de:

- Un tratamiento químico para asegurar que en todo momento se satisfagan los requerimientos de pureza química
- Sistema de extracción de sustancias en suspensión
- Una provisión para producir la oxidación de las sustancias orgánicas y los microorganismos

Las especificaciones y tratamiento, así como las pruebas del agua, están siendo llevadas a cabo por compañías especializadas en tratamiento de agua y tomando en cuenta el problema que puede ocasionar el agua mal tratada dentro de una caldera toman las respectivas consideraciones para no dañar ningún equipo. Hay un papel complementario tanto para el tratamiento como

para las pruebas de agua, esto con el fin de resolver los problemas que afectan al agua, de forma que las calderas puedan operarse con seguridad, eficiencia y de forma continua cuando se precise. Los problemas de un mal tratamiento de agua pueden producir incrustaciones, corrosión, natas, espumas, arrastre, corrosión por tensiones y fragilidad en los tubos de la caldera. Muchos álabes de turbinas de vapor que fallan pueden investigarse por las condiciones de vapor. Como resultado hay un aumento continuo de las concentraciones permisibles de impurezas en el vapor que va a una turbina, y esto produce un aumento de productos químicos aplicados al agua de calderas. Existen también cambios y mejoras tecnológicas así como mejores productos químicos para eliminar las concentraciones de impurezas en el agua que ingresa a las calderas. Esto significa que los operarios deben estar alerta con respecto a los diversos métodos y situaciones que ahora y en el futuro estén disponibles para resolver los problemas del agua de calderas.

1.3 CICLO HIDROLÓGICO

La recirculación natural de agua es conocido como: "CICLO HIDROLÓGICO". Este consiste en un continuo movimiento del agua de superficies extensas, como océanos, a las masas terrestres y el regreso del agua de la tierra a los mantos superficiales. El calor del sol evapora el agua, que sube a la atmósfera en forma de vapor, a niveles más altos, el vapor se condensa para formar nubes de lluvia, de donde finalmente la lluvia, granizo o nieve vuelven a caer a la tierra. Esta agua se recolecta en depósitos y lagos, penetra a través de los suelos, se desplaza por medio de corrientes y finalmente regresa a los mares y océanos. El agua es el mejor solvente conocido, dado que son muchos los elementos que se disuelven en ella siendo mejor que ningún otro solvente.

Debido a esto es obvio que el agua en su estado natural no puede ser absolutamente pura. Este aspecto del agua como "SOLVENTE UNIVERSAL"

es el que causa la dureza y el contenido mineral del agua que usamos. Durante la precipitación, el agua absorbe gases atmosféricos como dióxido de carbono y se vuelve ácida. Además arrastra materiales ácidos o alcalinos que son disueltos cuando el agua penetra a través del suelo, rocas del subsuelo, minerales solubles o insolubles y que se disolverán en agua acidificada. Mientras más profundo penetre el agua en el suelo, se disolverá una cantidad mayor de minerales, de aquí que el agua de un pozo profundo tiene un contenido mineral más alto que la de un pozo poco profundo. Estos minerales son principalmente calcio y magnesio de los cuales la sal bicarbonatada alcalina es un constituyente principal. En algunas áreas el bicarbonato de sodio estará presente en concentraciones más altas que la sales de calcio y magnesio.

NORMAS DEL AGUA TRATADA PARA BEBIDAS CARBONATADAS

| | |
|---------------------------|-----------------------------|
| Apariencia | Clara |
| Sabor y olor | Ninguno |
| Color | 5 ppm |
| Turbiedad | 1.0 ppm |
| Sólidos disueltos totales | 500 ppm |
| Cloruros | 250 ppm (Cl) |
| Sulfatos | 250 ppm (SO ₄) |
| Hierro | 0.1 ppm (Fe) |
| Alcalinidad total | 50 ppm (CaCO ₃) |
| Materia orgánica | Ninguna |
| Manganeso | Ninguno |
| Fluoruros | 1.0 ppm |
| Cloro | Ninguno |
| Nitratos | 25 ppm (NO ₃) |

1.3.1 Impurezas del agua

(Efectos en las bebidas carbonatadas)

| | |
|-------------------|---|
| Alcalinidad | Neutraliza la acidez |
| Sólidos disueltos | Cambio de sabor y sedimentos |
| Microorganismos | Cambio de sabor y apariencia |
| Dureza | Precipitación y corrosión |
| Sulfatos | Sabor astringente |
| Hierro | Sabor metálico |
| Cloro | Sabor raro, oxidación de aceites esenciales. |
| Acidez | Variación de acidez titulable |
| Nitratos | Adulteración: causa enfermedades |
| Cloruros | Sabor salobre |

1.3.2 Tanque de coagulación

La función del tanque de coagulación es la reducción de la alcalinidad, la remoción de impurezas orgánicas, el saneamiento del agua y la eliminación de olores, colores y sabores de las bebidas, esto complementado por el purificador de carbón.

PROCESO QUÍMICO:

- **Reducción de alcalinidad:**

Se realiza con adición de cal para reaccionar con la alcalinidad del agua cruda, formando un precipitado que se separa del agua.

Así como también adición de cloro de calcio que reacciona con la alcalinidad de sodio en el cual también forma un precipitado. Permite que el agua tratada tenga un sabor aceptable de alcalinidad que no afecta la acidez y sabor de la bebida final.

- **Coagulación:**

Se agrega sulfato ferroso el cual reacciona con la cal formando un flóculo gelatinoso, al principio de color verde y luego de color café debido a la oxidación por la presencia de cloro. Las partículas precipitadas por la adición de cal que carecen del peso suficiente para caer al fondo, incrementan su peso por la reacción con el sulfato ferroso con lo cual se logra la formación de flóculos que caen al fondo del reactor y pueden ser separados.

- **Supercoloración:**

Consta de destrucción de microorganismos, oxidación de materia orgánica y la destrucción de olor, color y sabor desagradable.

1.4 Descripción de la resina

Se cuenta actualmente con dos suavizadores de 42 pies cúbicos de resina catiónica cada uno, un nivel máximo de cloro en el agua de 2 ppm, la presencia de agua suave en el sistema no es al 100% del tiempo.

Información general

- Tipo de muestra: Resina catiónica
- Descripción: Resinas de color naranja y un 45% de color café en forma de esferas uniformes
- Tamaño: Uniforme
- Color: Naranja
- Condición: No se presentan resinas rajadas, ni quebradas. Contienen enlodamiento con hierro. Las resinas que son de color café y negro, no cambiaron de color después de ser regeneradas y lavadas.

Análisis de rutina

- Análisis practicados

| | | |
|---|-----------------------------------|-----------------------------------|
| 1 | capacidad de intercambio (meq/ml) | 0.692 meq/ml |
| 2 | % de humedad | 43.52% |
| 3 | Enlodamiento con hierro (vsc) | 7–10vsc, enlodamiento medio |
| 4 | Enlodamiento orgánico (vsc) | 0 – 1 trazas |

1.4.1 Filtración con arena

La función de la filtración con arena es remover cualquier material suspendido o flóculo que viene en el agua del tanque de coagulación, con el fin de que el agua cumpla con las especificaciones del embotellado.

Condiciones de operación:

- Flujo de agua: 2 galones/min*pie² de área (máximo)
- Capas de arena y grava según el manual de operación
- Tipo de arena y grava que cumpla con las especificaciones
- Diferencial de presión (entrada—salida) no mayor de 5 Psi

Retrolavado:

Consiste en alimentar agua al equipo en el sentido inverso a la condición de operación normal, esto se logra que las partículas de arena se suspendan y agiten vigorosamente para remover las impurezas adheridas durante el filtrado.

Especificaciones:

- 1.- El flujo de agua del retrolavado debe ser 5 o 6 veces el flujo normal, por ejemplo: 10-12 galones/min/pie² de área filtrante
- 2.- EL flujo no debe ser tan alto que haga salir demasiada arena de la unidad, debe ser una alimentación uniforme de agua a la unidad para evitar canalizaciones
- 3.- Es recomendable la instalación de manómetros para medir la presión al entrar y al salir para estandarizar el flujo del retrolavado.

1.5 SISTEMA DE VAPOR, ACCESORIOS Y CONDICIONES INICIALES

El trayecto comienza en el área de tratamiento de agua, donde se cuenta con dos tanques suavizadores y un tanque salmuera que trabajan a una presión de 20 Psi (1 Psi = 1 lb/plg²), donde se le realiza el tratamiento químico necesario correspondiente, luego, el agua es transportada a la cisterna por un tramo de aproximadamente 50 metros y por medio de una tubería de cuatro y media pulgadas de diámetro ($\varnothing = 4 \frac{1}{2}$ ") donde seguidamente será conducida al área de calderas para el inicio de la evaporación. Antes de encender la caldera normalmente no se realiza ninguna verificación o prueba correspondiente, solamente se trata de encender la caldera y si ésta no arranca, entonces, se verifican algunas causas que puedan afectar como por ejemplo: el nivel de agua, la temperatura del combustible, la presión del aire, etc. La caldera es marca KEWANEE de 300 BHP, modelo H38-300-06 y de 60 hertz, en esta, el vapor es transportado hacia el área de producción por un tubo de hierro negro cédula ochenta (80), de diámetro de 5 pulgadas ($\varnothing = 5$ "), de 30 metros de longitud y un diámetro de aislamiento de fibra de vidrio de dos pulgadas ($\varnothing = 2$ "), hasta llegar a la lavadora de la línea numero uno (1), en donde se desprende una porción de vapor por una tubería de tres y media pulgadas de diámetro ($\varnothing = 3 \frac{1}{2}$ "), dos y media pulgadas de aislamiento térmico ($\varnothing = 2 \frac{1}{2}$ ") y una longitud de 15 metros en donde en algunos tramos de dicha tubería falta completar el aislamiento térmico, el segundo tramo al cual va a ser conducido el vapor tiene las siguientes características: una longitud de 30 metros siendo transportado el vapor por medio de una tubería de hierro negro cédula ochenta (80), de dos pulgadas de aislamiento ($\varnothing = 2$ ") y un diámetro de la tubería de tres pulgadas y media ($\varnothing = 3 \frac{1}{2}$ ") hasta llegar a la lavadora de la línea dos (2), en donde por medio de dos trayectorias tipo escuadra (una horizontal de tres y medio metros y la otra vertical de cuatro metros) se conduce el vapor por medio de una tubería de hierro negro cédula ochenta (80), con un diámetro de dos pulgadas y media ($\varnothing = 2 \frac{1}{2}$ ") y dos pulgadas de diámetro de aislamiento

($\varnothing = 2''$), el tercer tramo esta comprendido por una tubería de hierro negro cédula ochenta (80), un diámetro de tubería de dos y media pulgadas ($\varnothing = 2 \frac{1}{2}''$) y un aislamiento de fibra de vidrio de dos pulgadas ($\varnothing = 2''$), con una longitud de 25 metros la cual llega hasta la sala de marmitas.

El retorno de condensado es muy importante para la operación eficiente de una caldera. A mayor retorno de condensado, más pura (menos contaminación) es el agua de alimentación, favoreciendo al agua de la caldera. Además tiene relación directa con el consumo de combustible ya que ingresa más caliente el agua a la caldera y por consiguiente la evaporación se realiza con mayor rapidez y esto provoca un menor consumo de combustible. En cada tramo se utiliza una línea de regreso del condensado, dicha tubería tiene un diámetro de dos pulgadas y media ($\varnothing = 2 \frac{1}{2}''$) y con un diámetro de aislamiento de dos pulgadas ($\varnothing = 2''$). En el tramo de regreso del condensado de la lavadora de la línea uno, cuenta con algunas trampas tipo flotador y en la lavadora de la línea dos se encuentra trampas de vapor tipo cubeta invertida al igual que en el área de marmitas.

1.5.1 CONSUMO PROMEDIO DEL SISTEMA DE GENERACION DE VAPOR

El sistema de generación de vapor consta de dos calderas una de 200 BHP y otra de 300 BHP. En operación se tienen trabajando ambas calderas en forma rotativa, ALKEMI empresa que se dedica al control de tratamiento de agua y los cálculos respectivos que se realizaron se ha podido determinar que el consumo promedio de combustible es de:

| | |
|-------------------------|-----------------------------------|
| MES DE ENERO: | 353 Galones de bunker por día |
| | 14.7 Galones de bunker por hora |
| | 1,844.07 Libras de vapor por hora |
| | 221.40 Galones de agua por hora |
| MES DES FEBRERO: | 403.86 Galones de bunker por día |

16.82 Galones por hora
2,109.79 Libras de vapor por hora
253.30 Galones de agua por hora

MES DE MARZO:

423.90 Galones de bunker por día
17.66 Galones por hora
2,219.22 Libras de vapor por hora
266.43 Galones de agua por hora

MES DE ABRIL:

425 Galones de bunker por día
17.70 Galones por hora
2,224.97 Libras de vapor por hora
267.12 Galones de agua por hora

MES DE MAYO:

399.03 Galones de bunker por día
16.62 Galones por hora
2,089.02 Libras de vapor por hora
250.79 Galones de agua por hora

MES DE JUNIO:

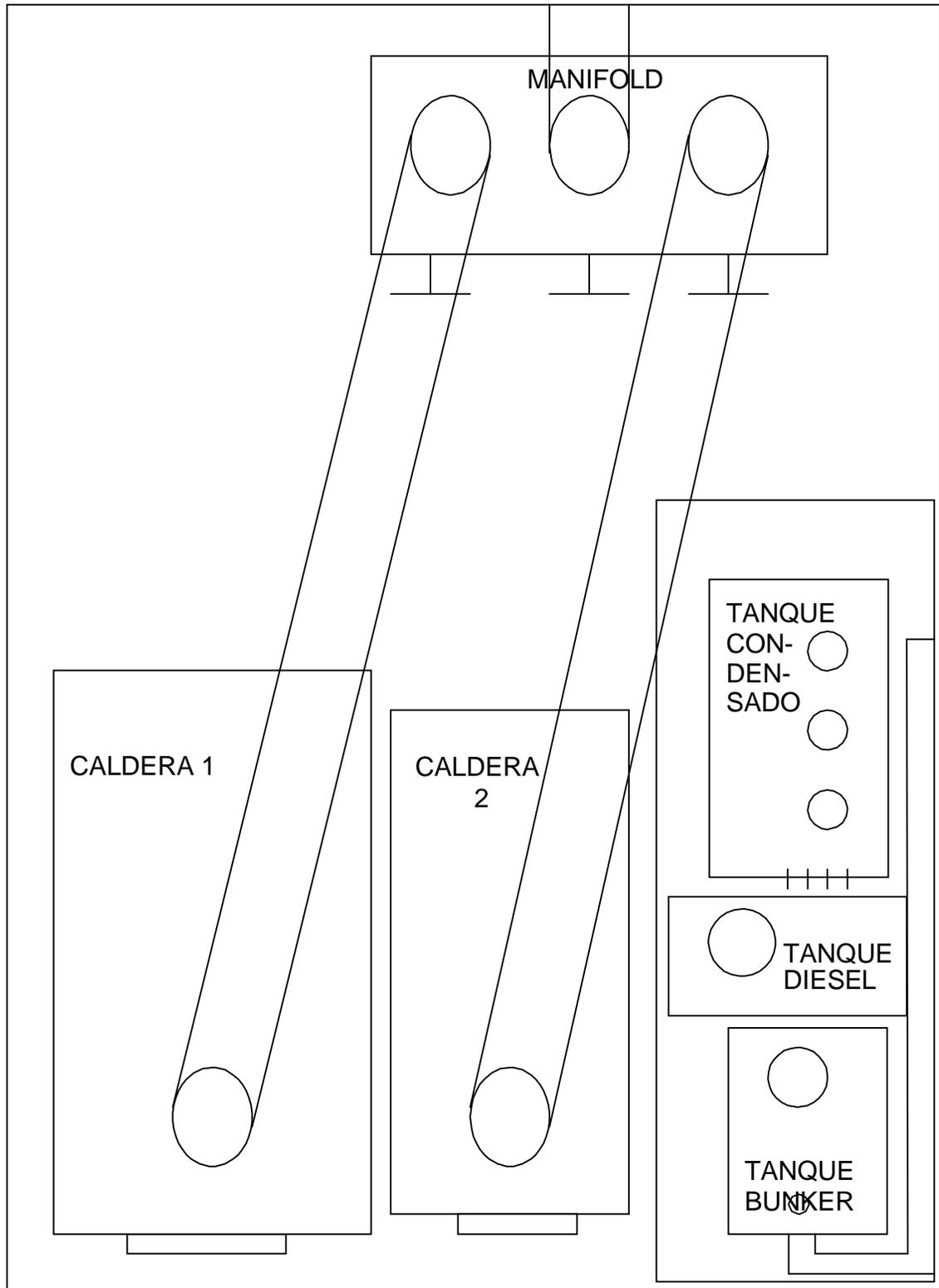
360.56 Galones de bunker por día
15.01 Galones por hora
1,887.62 Libras de vapor por hora
226.61 Galones de agua por hora

MES DE JULIO:

378.48 Galones de bunker por día
15.75 Galones por hora
1,981.45 Libras de vapor por hora
237.87 Galones de agua por hora

1.5.2 FIGURA 1

COMPONENTES DEL GENERADOR DE VAPOR



1.6 DESCRIPCIÓN DE LA CALDERA

Las calderas se encuentran en un área delimitada de ochenta y cuatro metros cuadrados (84 mts²). Una de las calderas es marca KEWANEE de 300 BHP, modelo H38-300-06 y de 60 hertz y opera a una presión máxima de 150 Psi. Tiene un diámetro de dos metros con diez centímetros ($\varnothing = 2.10$ mts) y una longitud de cuatro metros con sesenta centímetros (L = 4.60 mts). La otra caldera es marca CLEAVER modelo CB-600-300, número de Serie L-90294, una presión máxima de 150 Psi, un voltaje de 230 V, de 60 Hertz y cuenta con un motor de 15 HP. Tiene una longitud de un metro con noventa y cuatro centímetros (L = 1.94 mts) y un diámetro de un metro con noventa y cinco centímetros ($\varnothing = 1.95$ mts). Las dos calderas están alimentadas por un tanque de combustible (bunker) que tiene un diámetro de un metro con dieciséis centímetros ($\varnothing = 1.16$ mts), una longitud de un metro con ochenta y seis centímetros (L = 1.86 mts) y una capacidad de almacenamiento de 150 galones y conduce el bunker por medio de una tubería de diámetro de una pulgada ($\varnothing = 1$ Plg).

El otro tanque de alimentación es el de condensado cuyo diámetro es de noventa y cinco centímetros ($\varnothing = 0.95$ mts) y una longitud de un metro con setenta y cinco centímetros (L = 1.75 mts).

El agua tratada es enviada a las calderas por medio de una bomba de 3 HP en la cual ya es transportada con su respectiva dosificación de químicos los cuales se aplican para eliminar la corrosión e incrustación y son; W – 2250 este es un producto en polvo, especialmente formulado para secuestrar el oxígeno del agua de alimentación de las calderas, previniendo la corrosión causada por el mismo. Contiene un catalizador que remueve el oxígeno del agua de alimentación doscientas veces más rápido que un sulfito sin catalizador. Y el W – 2450 que posee una avanzada combinación de polímeros quelantes y fosfonatos que ejercen un efectivo control dispersante de las sales,

removiéndolas y evacuándolas por la purga, devolviéndole al equipo su máxima eficiencia. Puede ser utilizado como un tratamiento correctivo y preventivo en calderas de vapor. Sustituye las peligrosas lavadas con productos ácidos, garantizando y prolongando la vida útil del equipo. Es un producto compatible con la mayoría de tratamiento de agua de caldera, siempre que no tenga alguna advertencia para combinarse con gluconatos, los cuales son un excelente secuestrante de hierro. Mantiene un control eficaz sobre la formación de espuma y sólidos en suspensión, factores que inciden en la contaminación del vapor.

1.6.1 Accesorios de las calderas

Los accesorios instalados para monitorear el funcionamiento del equipo de generación de vapor son los descritos a continuación:

- a) Manómetro de presión del quemador:** Este indica la presión del combustible en el quemador el cual se encuentra ubicado en la parte frontal de la caldera.
- b) Válvula solenoide de combustible:** Permite el paso de combustible hacia la boquilla del quemador. Se activa por medio de una señal del programador.
- c) Protector relay (programador):** Establece la secuencia lógica para el arranque y parada de la caldera.
- d) Detector de llama (fotocelda):** Monitorea la llama para activar las señales en el control programador.
- e) Transformador de ignición:** Provee una chispa de alto voltaje para la ignición de la llama.

f) Control de presión de operación: Este está ajustado para detener o arrancar el quemador a la presión deseada.

g) Control de presión máxima: Detiene la operación del quemador cuando la presión excede el ajuste seleccionado.

h) Control de columna de agua: Cumple dos funciones que son:

1.- Activa la señal de arranque y parada de la bomba de alimentación de agua

2.- Apaga el quemador si el nivel de agua es menor que el nivel de operación, activando la señal de alarma.

j) Válvula de seguridad: Se emplea para impedir que en la caldera se desarrollen presiones de vapor excesivas, abriéndose automáticamente a una presión determinada y dejando escapar el vapor.

1.6.1.1 Quemador

Es el componente encargado de quemar el combustible, sus funciones incluyen la mezcla de combustible y aire, atomización y vaporización del combustible y proveer la continua ignición de la mezcla.

El quemador de la caldera de la empresa dedicada al embotellado de bebidas carbonatadas cuenta con un ventilador de tiro forzado y es aplicado para la combustión tanto de bunker como de diesel.

1.6.1.2 Bomba de agua

Es la encargada de suministrar el agua de alimentación a la caldera proveniente del tanque de condensado, es de marca falk 1030T10 y de una potencia de 10 HP.

1.6.1.3 Tanque de combustible

Es el que suministra el combustible (bunker) a quemar para producir calor y elevar la temperatura del agua hasta llegar a obtener vapor. El tanque de bunker utilizado en la embotelladora de bebidas carbonatadas es horizontal de 1.86 mts de largo y con un diámetro de 1.17 mts. Con capacidad de 528 galones.

1.6.1.4 Tanque de condensado

El tanque receptor de condensado es fundamental en toda sala de calderas. La finalidad de utilizar condensado es reducir el consumo de agua tratada y el consumo de energía. En algunas oportunidades algo de vapor no llega a condensarse y sí llega a la bomba de alimentación originaría problemas de bloqueo. El aumento de presión a la salida de la bomba hace desintegrarse a las burbujas de vapor con explosiones continuas, aunque producen explosiones sobre las superficies metálicas, y se le llama cavitación. La forma de evitar la llegada de vapor a la bomba es intercalando un tanque de enfriamiento que produce la condensación de vapor, obtenido también de esa forma, una disminución de la temperatura hasta la temperatura recomendada, la cual es aproximadamente, 192° F (90° C). La llegada de vapor al tanque de condensado se evita manteniendo las trampas de vapor en buen estado.

Al tanque de condensado llega también una tubería de suministro de agua fría con el fin de reponer las pérdidas de agua en el caso que sea necesario. Esta alimentación de agua fría no debe utilizarse para disminuir la temperatura del condensado porque esto representa una pérdida económica. En este caso se utiliza equipo de tratamiento de agua externo para el agua que ingresa a la caldera, que consta de dos toneles donde se encuentra el químico el cual es enviado a la caldera por medio de una bomba de ½ HP. El tanque de condensado debe ser de tamaño adecuado, de acuerdo con la capacidad de generación de la caldera, aunque pueden ser individuales para

cada caldera. Debe tener control de nivel para agua de reposición. Este nivel es, por lo general, 50 o 75% del tanque. Los tanques de condensado deben estar protegidos internamente contra la corrosión. El tanque de condensado que se utiliza es horizontal de 1.70 mts de largo y con un diámetro de 1.05 mts. La entrada del agua de alimentación esta en la parte lateral y es de 2" de diámetro, la salida en la parte inferior.

1.6.1.5 Manifold

El manifold es la parte del sistema que sirve para la distribución del vapor a las distintas áreas de consumo y para evitar o atenuar las fluctuaciones a la salida de las calderas.

Debe tener las entradas de la caldera, independientes, con sus respectivas válvulas y debe tener tantas salidas como sean necesarias para la distribución, preservando siempre una o dos de reserva, las cuales llevarán tapaderas ciegas para su utilización en futuras ampliaciones. En uno de sus extremos deberá llevar un colector de condensado con su respectivo tanque de vapor con todos sus accesorios.

Suponiendo igualdad de condiciones en el manifold y en las derivaciones o ramales, el diámetro del mismo se puede calcular utilizando la siguiente fórmula:

$$D^2 = d_1^2 + d_2^2 + d_3^2 \dots\dots\dots + d_n$$

Donde:

D = Diámetro del manifold

d₁, d₂, d₃ = Diámetro de las derivaciones de los ramales

1.6.1.6 Dosificación de productos químicos

Los productos químicos para el tratamiento interno del agua en la caldera deben de estar colocados en dosificadores conectados directamente en la línea de alimentación de las calderas, o, bien, pueden estar en tanques especiales y,

de éstos, por medio de una bomba dosificadora son introducidos a la caldera en forma automática y programada.

Existen muchos productos químicos que dan muy buenos resultados, siempre y cuando los sepan usar, para no dañar internamente la caldera ni las tuberías de servicio.

Otro cuidado que hay que tener con los productos químicos es saber si son tóxicos o no, ya que ellos son arrastrados por el vapor de la línea de servicio a los equipos, por ejemplo: lavaplatos, esterilizadores, equipos de proceso de alimentos y otros que podrían causar daños a las personas.

1.6.1.7 Válvulas de purga

El reglamento de las ASME, exige que todas las calderas que lleven una presión de trabajo de más de 100 lb/plg², excepto las calderas de tracción o portátiles, tengan dos válvulas de purga por cada tubo de purga.

Estas pueden ser dos válvulas de apertura lenta, una de apertura lenta y una de apertura rápido o una de apertura lenta y una llave de macho.

1.6.2 Clasificación de calderas

Existen varios métodos para clasificar las calderas, algunos de ellos de acuerdo con:

- su uso: estacionaria, portátil, locomotora y masiva
- posición de los gases de combustión: tubos de fuego o de tubos de agua
- posición del eje principal: tubos rectos y tubos curvados
- método de ensamble: Ensamblada en la fábrica, en el lugar y caldera de paquete o unitaria.

1.6.3 Criterios para la selección de una caldera

Para la correcta selección de una caldera deben tomarse en consideración las siguientes condiciones:

- Capacidad de generación real de vapor bajo las condiciones de operación de la planta
- Rendimiento térmico (eficiencia porcentual)
- Características del trabajo a efectuar, presión requerida y fluctuaciones en la demanda del vapor.

Se ha convenido que la capacidad de generación de vapor de una caldera se mida por su capacidad de evaporación horaria tomando como unidad 34.5 libras de vapor por hora desde y a 212° F a presión atmosférica a nivel del mar. A esta unidad se le da el nombre de BHP que significa Boiler Horse Power.

Debe insistirse en el término “desde y a “; esto significa que dichas 34.5 libras de vapor por hora serán efectivas cuando el agua de alimentación está a 212° F a presión atmosférica.

Los BHP se determinan de la siguiente fórmula:

$$\text{BHP} = \frac{W * (H_g - H_f)}{34.5 * 970.3} \quad \text{BHP} = \frac{W * (H_g - H_f)}{33,475}$$

Donde:

W = Cantidad de vapor que debe realmente ganarse en lb/hr

H_g = Entalpía del vapor saturado BTU/lb a la presión absoluta de generación (lb/plg absoluta)

H_f = Entalpía del agua de alimentación en condiciones de operación

970.3 = Calor latente de evaporación para convertir 1 lb de agua en 1 lb de vapor desde y a 212° F a presión atmosférica a nivel del mar. BTU/lb

34.5 = Libras de vapor por hora por BHP, desde y a 212° F a presión atmosférica y a nivel del mar

BHP = Caballos caldera (Boiler Horse Power), equivalente a 33,475 BTU/hr

1.6.4 Pérdidas de calor en calderas

En las calderas se pueden encontrar tres pérdidas distintas, tal como se describen a continuación:

- 1.- El calor que queda en los gases de combustión después que salen de la última superficie de intercambio de calor en la caldera. Puede considerarse como valor normal el 10%
- 2.- Calor perdido en el agua de purga. Esta pérdida puede estar entre 0.5 a 10% dependiendo de la pureza del agua.
- 3.- Calor perdido por radiación en la superficie de la caldera. Esta pérdida, en calderas modernas, puede considerarse entre 1 y 3%. Para efectos de selección de calderas puede considerarse esta pérdida en 2% no hay mucho que hacer para evitar esta pérdida.

Con respecto a la pérdida de calor que queda en los gases de combustión, puede reducirse la pérdida utilizando menos aire para quemar el combustible. Sin embargo debe dejarse un exceso suficiente de aire de combustión para evitar humo y/o monóxido de carbono, lo que también es una pérdida de combustible.

Así mismo, es posible recuperar parte del calor perdido insertando un recuperador de calor o economizador.

El azufre del combustible al quemarse se convierte en ácido y se condensa en los tubos del economizador. El ácido que se condensa de gas a más de 347° F (175 ° C).

1.8 Calidad de los componentes de la línea de vapor

Los componentes de la línea de vapor están determinados de la siguiente manera: en el área de calderas se cuenta con dos bombas de 3 HP cada una que envían el agua que proviene del tratamiento de agua a las calderas y dos bombas por el cual es enviado el combustible al hogar para darle inicio a la combustión. También se cuenta con un tramo de tubería de aproximadamente quince metros ($L = 15$ mts) referente a transporte de agua tratada y condensada de los respectivos depósitos hasta las calderas.

La tubería que sale de la caldera y que conduce el vapor tiene un diámetro de cinco pulgadas ($\varnothing = 5''$) y un diámetro de aislamiento térmico de dos pulgadas ($\varnothing = 2''$). En el tramo del vapor para el ingreso a la lavadora de la línea 1 la tubería se encuentra en buen estado y completo el aislamiento térmico. Por el contrario la tubería de regreso del condensado de la misma lavadora tiene un faltante de aislamiento térmico de aproximadamente trece metros ($L = 13$ mts) y lo cual viene a repercutir en la eficiencia de la caldera y en el gasto del combustible. En dicha lavadora se cuenta con la red de tubería completa la cual está comprendida por una llave de paso en la entrada de la red, una válvula check, una llave de paso, un filtro, una válvula reguladora y otra llave de paso para el ingreso al tanque número uno. La lavadora consta de tres tanques lo que significa que para cada tanque se necesita los mismos accesorios anteriormente mencionados. [1] En la lavadora de la línea número dos no se cuenta con esta red de distribución de vapor por lo que será implementada con el fin de mejorar el funcionamiento del equipo y del sistema en sí. Las trampas de vapor que utiliza la lavadora de la línea uno es del tipo flotador y termostato que a pesar de que son unas de las más antiguas en el mercado son las de mayor recomendación por los vendedores de trampas de vapor, esto es debido a que el orificio de salida siempre queda bajo agua, lo que asegura un buen sello contra fugas de vapor. La descarga es continua y modula según la generación de condensado, independientemente de

la presión de entrada. El aire se purga independientemente mediante una válvula termostática que permite el calentamiento rápido del sistema al arrancar. Dicho tipo de trampas funcionan de la siguiente manera: cuando la trampa esta vacía el flotador baja y cierra la válvula, a medida que el condensado se acumula en la concha, el flotador va subiendo de manera que a cierto nivel de condensado principia a abrir y permitir su descarga. Estas trampas están diseñadas en tal forma que siempre hay condensado dentro de ellas de manera que siempre hay un sello de agua que impide la salida de vapor vivo. Pero este sello también impide la salida de aire y gases no condensables, para eliminar este problema se coloca dentro de la concha una válvula termostática auxiliar de venteo. Por esta razón estas trampas se conocen como flotador y termostato, y constan de concha, un flotador, una palanca, un venteador para aire, una válvula y un asiento para la válvula. En el trayecto de transporte de vapor para la línea número dos, la tubería se encuentra en buen estado, es tubería de hierro negro cédula ochenta, con diámetro de tres pulgadas y media ($\varnothing = 3 \frac{1}{2}$ ") y un diámetro de aislamiento térmico de dos pulgadas ($\varnothing = 2$ ") el cual esta completo en su totalidad. La lavadora de la línea número dos no cuenta con la red de distribución de tubería para cada tanque, la cual será instalada para el mejor funcionamiento de dicha máquina. En la lavadora se cuenta con una trampa de vapor que es la de tipo cubeta invertida y este tipo de trampas mantienen su popularidad desde hace años debido a su menor costo, aunque, en la mayoría de los casos, son más ineficientes que otras trampas. Siempre consumen un poco de vapor que pasa a través del orificio de venteo, además se pueden quedar abiertas debido a una caída rápida de presión de entrada, o debido a que están sobredimensionadas para el sistema. Estas trampas usan una cubeta invertida como flotador y emplean la diferencia de densidades entre vapor y agua como principio de operación. Esta trampa consta de flotador invertido, orificio de venteo, válvula de palanca, asiento y concha. La construcción de esta trampa es tal que la

entrada tiene un tubo que descarga en el fondo de una cubeta invertida. La descarga es a través de una válvula controlada por la cubeta.

El vapor que entra hace que la cubeta suba y cierre la válvula de descarga y evite así la descarga de vapor. El vapor en la cubeta se condensa y también sale por el orificio de venteo de la cubeta, lo que permite que la cubeta baje y abra la válvula de salida para descargar el condensado. Este tipo de trampas descarga condensado intermitentemente, el cual está muy cerca de la temperatura de saturación. El trayecto del vapor hacia la sala de marmitas es de tubería de diámetro de tres pulgadas y media ($\varnothing = 3 \frac{1}{2}$ ") y un diámetro de aislamiento térmico de dos pulgadas ($\varnothing = 2$ ") completamente aislado, en la sala de marmitas no se cuenta con la red de distribución por lo que se ha decidido implementar dicha red que consta de una llave de paso en la entrada de la red, una válvula check, una llave de paso, un filtro, una válvula reguladora y otra llave de paso para el ingreso a las marmitas para el proceso de realización de jarabes.

En los accesorios se han determinado muchas fugas lo que repercute en la eficiencia térmica, el mal aprovechamiento del vapor y en el exceso del combustible. La tubería de regreso del condensado no cuenta con el aislamiento térmico en su totalidad, por lo que se completará con aislamiento de fibra de vidrio envuelto de canaletas de aluminio para la cobertura total de la tubería del condensado.

1.9 Tuberías y accesorios de vapor

1.9.1 Normas y especificaciones de las tuberías

La normalización en la industria de las tuberías es función de muchas agrupaciones, y sus requerimientos varían entre países y asociaciones, entre las cuales están la Asociación Americana de Normas (ASA), la Sociedad

Americana de Prueba de Materiales (ASTM), la Asociación Americana de Trabajos de agua (AWWA) y el Instituto de fabricación de Tuberías (PFI).

La ASTM se dedica a la normalización de los métodos de prueba de los materiales y lo concerniente a sus propiedades químicas y físicas.

La ASA se dedica especialmente a los sistemas de tuberías. Normaliza dimensiones, norma esfuerzos permisibles, proporciona fórmulas para determinar gruesos de paredes, especifica válvulas y accesorios.

La AWWA realiza la normalización de tuberías y accesorios de hierro de fundición.

La PFI normaliza técnicas de la preparación de los finales de tubería, principalmente cuando se utiliza soldaduras.

1.9.2 Materiales de tuberías

Las tuberías pueden ser metálicas o no metálicas. Se consideran como metálicas al hierro de fundición, acero, cobre y aluminio. La tubería no metálica como el concreto, madera y plásticos se utiliza para fines específicos. Los materiales no ferrosos se utilizan para la conducción de fluidos que corroen a los materiales ferrosos.

1.9.3 Filtros

Es un elemento mecánico usado para retener toda impureza que pueda tener el fluido. Tiene las mismas conexiones que los accesorios y están hechos de acero o de hierro fundido. Cuando están instalados antes de cualquier aparato, evita que el flujo entre con cualquier cuerpo extraño, lo cual impediría el funcionamiento normal del equipo o lo dañaría.

El funcionamiento consiste en el paso del flujo a través de un cedazo, el cual está enrollado rígidamente en forma cilíndrica, no permitiendo el paso de partículas extrañas en el fluido. Se especifican por el material que se requiere, la presión y la temperatura, el tipo de fluido y el tamaño de la tubería a la cual son conectados.

La instalación de un filtro es sencilla, ya que se incorpora a la tubería, teniendo solamente el cuidado de orientarlo según la dirección del flujo, para lo cual traen una flecha que indica el sentido correcto.

1.9.4 Manómetros

Son los aparatos destinados a medir la presión de la línea sobre la presión atmosférica local. Los utilizados corrientemente son de dos tipos: de bourdon y de diafragma.

En el manómetro de bourdon la presión es ejercida en el interior de un tubo metálico, de sección recta ovalada y curvado para poderse alojar dentro de una caja circular. Al aplicar la presión, la sección del tubo tiene tendencia a pasar a circular y como consecuencia, a que el tubo se desarrolle o enderece; este movimiento transmitido por medio de eslabones, palancas, un sector dentado y un piñón, hace girar una aguja sobre una esfera, graduada en kilogramos por centímetro cuadrado y libras por pulgada cuadrada sobre la presión atmosférica.

En los manómetros de diafragma la presión es resistida por un disco ondulado o diafragma. El movimiento es transmitido a la aguja indicadora de la misma manera que en el manómetro de bourdon. Los manómetros han de instalarse de manera que se hallen aislados del calor radiante y en sitio visible. El tubo de conexión estará fijado a la línea, por medio de una Te, debiendo ir provisto de un sifón (rabo de cochino), para que el agua condensada en el sifón sea la que actúe sobre el aparato evitando el rápido deterioro del mismo por la acción directa del vapor.

1.10 Aislamiento térmico

El objeto de aislar las tuberías de vapor es evitar en lo posible las fugas de calor que proporcionan gastos innecesarios de combustible en el sistema. Los aislantes térmicos principales usados en tuberías son:

- a) **Fibra de vidrio:** Es de alta eficiencia y peso liviano, se encuentra disponible en longitudes de 91 centímetros o 3 pies. No se encoge y no es muy resistente a daños mecánicos debido a su elasticidad. Es el utilizado en esta empresa embotelladora de bebidas carbonatadas.

- b) **Carbonato de magnesio:** Da mejores resultados cuando se mezcla un 85% de magnesio y 15% de fibra de asbestos como refuerzos. Es quebradizo, no se debe usar donde existe mucha vibración y cuando se humedece es alcalino y corrosivo

- c) **Silicato de calcio:** Es similar al carbonato de magnesio, en cuanto a la conductividad, peso y costo. Es un compuesto químico de sílice y cal. Su protección contra el clima es esencial ya que puede retener un 35% de su propio peso en agua sin gotear o demostrar humedad.

- d) **Cemento:** Se utiliza como aislante de superficies irregulares como por ejemplo codos, tees, válvulas y otros accesorios, viene en medidas de hasta 7.62 centímetros o 3 pulgadas.

1.10.1 Tipos de recubrimiento

Para instalaciones de tuberías de vapor exteriores, además de la fibra de vidrio o el aislante que se utilizó, se debe recubrir con un material que no permita el deterioro del mismo, entre los más utilizados están:

a) Lámina galvanizada: Son planchas de 91 centímetros o 3 pies, que se cortan al diámetro necesario según el espesor del aislamiento térmico y al diámetro de tubería que se utiliza en la instalación, pueden ir remachadas o atornilladas según sea necesario.

b) Recubrimiento de PVC: Se encuentran en dos colores rojo y blanco, es de superficie lisa y se utiliza donde se requiera de una superficie que no contamine el medio ambiente donde se encuentra. Son rollos de 100 pies de largo por 3 pies de ancho, se cortan las planchas, según sea lo necesario para recubrir tramo por tramo de tubería y se unen por medio de un pegamento especial de rápido secado.

También se encuentra en el mercado codos y tees de diferente diámetro.

1.11 Trampas de vapor

Se pueden definir como válvulas automáticas que realizan las siguientes funciones:

- Eliminar el aire y gases no condensables del sistema de vapor, esto ayuda a conservar la temperatura y prevenir al máximo la corrosión de las tuberías
- Evitar el paso del vapor hacia las tuberías de condensado o sistemas de drenaje, para el mejor aprovechamiento de la temperatura del vapor.
- Evacuar el condensado que se forma dentro de las tuberías de vapor para su reutilización o descarga a un sistema de drenaje.

1.11.1 TIPOS DE TRAMPAS

1.- **Trampas mecánicas:** Este tipo de trampas son accionadas por la densidad y se dividen en:

1.1 Flotador y termostato

1.2 Cubeta invertida

2.- **Trampas termostáticas:** Este tipo de trampas son accionadas por la temperatura y se dividen en:

2.1 Trampas bimetálicas

2.2 Trampas de fuelle

2.3 Trampas de expansión

3.- **Trampas termodinámicas:** Este tipo de trampas están accionadas por la energía cinética y se dividen en:

3.1 Trampas de disco

3.2 Trampa de pistón

3.3 Trampas de orificio

1.11.2 Aplicaciones de las trampas

No existe una “**trampa universal**” que resuelva todas las aplicaciones posibles. Por esta razón, nos debemos familiarizar con cada uno de los principales grupos de trampas y determinar qué ventajas se pueden obtener de cada tipo.

Durante mucho tiempo no se tuvo en cuenta que la eficiencia de cualquier equipo calentado con vapor depende, finalmente, de la eficiencia en el drenaje del condensado. En un momento en que los costos de combustible son importantes, es esencial obtener las máximas presentaciones de la planta con

el mínimo consumo de combustible. No se puede tolerar una instalación de purga de condensado mal diseñada.

También se ha hecho referencia del efecto nocivo del aire en una instalación de vapor. Puede llegar a causar problemas a las mismas trampas de vapor. Cuando se corta el vapor, el aire ocupará todo el espacio interior del equipo. Puesto que este aire debe ser eliminado del sistema en el arranque, será interesante que las trampas para vapor tengan también buena capacidad de eliminación de aire.

Esto sucede con algunas trampas, pero otras quedan permanentemente cerradas en presencia del aire.

Para seleccionar una trampa de vapor se deben tomar en cuenta los siguientes aspectos:

1.- Ubicación: esta dependerá de la aplicación deseada

1.1 Aplicaciones en proceso: Se refiere al condensado que drenan las trampas de los equipos que utilizan el vapor

1.2 Aplicación en protección de líneas: Se refiere al condensado que se drena de las líneas principales de distribución de vapor, o el condensado drenado de las líneas que se instalan al lado de tuberías de distribución de fluidos que necesitan mantenerse a cierta temperatura (líneas tracer).

2.- Selección del tipo de trampa: Como sabemos los tipos de trampas son intercambiables en muchas aplicaciones; sin embargo, no todos los factores se aplican en todos los casos. Para seleccionarla se debe determinar que factores son más importantes para la aplicación deseada.

3.- Capacidad de la trampa: El caudal de condensado que puede pasar por una trampa es afectado por tres factores que son:

- Diámetro de orificio
- Presión diferencial
- Temperatura

4.- Instalación correcta: La forma más común de drenar el condensado de un sistema es por gravedad. Otra forma muy usada es el drenaje por sifón que es muy útil en instalaciones donde la línea de retorno está arriba de la salida de condensado de los equipos.

Los drenajes son más efectivos donde la tubería cambia de dirección. En tramos rectos es recomendable colocarlos a intervalos de 30 a 45 metros.

1.11.3 Mantenimiento de trampas de vapor

Para garantizar el funcionamiento correcto de las trampas de vapor es esencial prever un plan de mantenimiento, esto significa la limpieza de los filtros y el reemplazo de las partes internas de los equipos que muestren señales de desgaste. La mayor parte de los elementos sólo necesitan atención una vez al año, si bien, los filtros se deben limpiar con más frecuencia, especialmente en instalaciones nuevas o en las que se hayan efectuado reparaciones.

TABLA DE AVERIAS EN TRAMPAS DE VAPOR

| Tipo de trampa | Síntoma | Posibles soluciones |
|---|-------------------------------|---|
| Termostática de cambiar Presión Balanceada | Pierde vapor | - Si el asiento está erosionado, partes internas, incluido el termostático. Si la válvula y asiento están en buen estado, verificar el elemento termostático, frío no se puede comprimir. Cambiar electo termostático. Si las ondulaciones están algo aplanadas, hubo daños por golpes de ariete. Cambiar elemento termostático. |
| | No descarga Condensado | - Probablemente el elemento se habrá extendido excesivamente, por una presión interior muy alta y no puede levantar la válvula de su asiento, o sobrecalentamiento y apertura de la trampa aún muy caliente y antes de que haya condensado el vapor contenido por el fuelle. Cambiar elemento termostático. |
| Termostática de Expansión Líquida | Pierde vapor | Verificar si hay suciedad o erosión en válvula de asiento, si hay erosión se deben cambiar todos los elementos. - Si ha sido regulada para que cierre a presión alta, no lo hará a presiones bajas - Si no reacciona con la temperatura, hay que cambiar todos los componentes internos. |
| | No descarga Condensado | - Probablemente el elemento se habrá extendido excesivamente, por una presión interior muy alta y no puede levantar la válvula de su asiento, o sobrecalentamiento y apertura de la trampa aún muy caliente y antes de que haya condensado el vapor contenido por el fuelle. Cambiar elemento termostático. |
| Termostática Bimetálica | Pierde vapor | - Si hay suciedad depositada, el esfuerzo no ser suficiente para apretar la válvula contra, ya que la presión que puede ejercer el bimetal es limitada - Verificar que la tuerca de ajuste no se haya movido, ya que la trampa se suministra con un ajuste determinado. |
| | | No descarga Condensado - Verificar que no este muy descalibrada - Observar que no haya obstrucción en la válvula o en el filtro |

| Tipo de trampa | Síntoma | Posibles soluciones |
|---|-------------------------------|--|
| De flotador impida el Presión Balanceada | Pierde vapor | <ul style="list-style-type: none"> - Verificar que no haya suciedad que cierre correcto en válvula o termostato. - Comprobar que no se ha deslineado la palanca que mueve la válvula - Verificar que el flotador baja hasta su posición inferior sin rozar con el cuerpo de la trampa. |
| | No descarga Condensado | <ul style="list-style-type: none"> - Verificar que la presión diferencial máxima de funcionamiento en operación, no sea mayor a la marcada en la placa - Observar que el flotador no esté agujerado o deformado, para que pueda flotar. - Verificar si trabajan correctamente el |
| De balde Invertido | Pierde vapor | <ul style="list-style-type: none"> eliminador de aire y el antibloqueo, cuando lo hay. - Comprobar que no haya perdido el sello d agua ya sea por vapor muy sobrecalentado, fluctuaciones súbitas de presión o defectuosa instalación de la trampa que permite que el condensado salga por gravedad. |
| | No descarga Condensado | <ul style="list-style-type: none"> - Instalar una válvula de retención antes de la trampa. - Comprobar que la presión diferencial máxima marcada en la placa sea superior a la de servicio. - Verificar que el orificio de eliminación |
| Termodinámica | Pierde vapor | <ul style="list-style-type: none"> de aire no esta obstruido con lo que se produciría bloqueo por aire. - Verificar si se trata de suciedad, limpiar el filtro disco y asiento. - Limpiar disco y asiento o cambiar asiento y disco si es del tipo de asiento recambiable. - Si se desgasta con rapidez, la trampa <u>esta sobredimensionada, la tubería</u> |
| | No descarga Condensado | <ul style="list-style-type: none"> que va montada tiene diámetro insuficiente o la contrapresión es excesiva - Puede ser debido a un bloqueo por aire, particularmente si el problema se presenta en un arranque |

El vapor contiene en sí el calor que lo ha generado de la evaporización del agua hervida. Cuando entra en contacto con cualquier superficie más fría cede inmediatamente este calor y vuelve a ser agua hervida.

Como región de temperatura crítica para la acción corrosiva del condensado se consideran las temperaturas entre 131° F y 149° F (55° C y 65° C). Siempre que sea posible se evitarán estas temperaturas en el diseño del proyecto. La tubería fué diseñada para una velocidad máxima de 1.20 mts/seg (4 pie/seg) hasta tuberías de 1 ½ " de diámetro nominal y hasta 2.40 mts/seg (8 pie/seg) para tuberías mayores de 1 ½ " de diámetro nominal.

1.12.1 Manejo del condensado

La última parte de un sistema de vapor es el manejo del condensado, ya sea de regreso a la caldera o al drenaje. El calor contenido en el condensado en sistemas de baja presión representa un 10% del calor total usado para genera el vapor. En sistemas de alta presión puede ser mayor del 15%.

El manejo adecuado del condensado lleva al aprovechamiento de este calor, y, el aumento de la eficiencia total del sistema de vapor.

1.12.2 Necesidad de retorno del condensado

El vapor que se condensa tiene dos calidades muy importantes y de interés desde el punto de vista de la eficiencia. Primero, como se ha mencionado anteriormente, en una cantidad que puede ser importante comparada con el calor total del vapor.

Segundo, el condensado es agua limpia y ya tratada, sin sólidos disueltos, con excepción de los que arrastra en su flujo a través de la tubería. son.

El retorno de condensado, entonces, implica tres ahorros los cuales

- 1.- En combustible, debido a su calor sensible
- 2.- En químicos de tratamiento de agua que entra a la caldera
- 3.- En combustible debido a la reducción de la purga necesaria para mantener un nivel adecuado de sólidos en la caldera.

1.13 Factor de seguridad

El factor de seguridad es un multiplicador que se aplica al condensado calculado para una aplicación dada para asegurar que la trampa seleccionada tenga la capacidad adecuada. La necesidad del factor de seguridad proviene de:

- 1) cargas más altas durante el arranque del sistema y equipo
- 2) cargas variables durante la operación
- 3) la necesidad de sobredimensionar la trampa (especialmente en casos de cubeta invertida) para eliminar aire del sistema con rapidez y
- 4) la posibilidad de contrapresión en el sistema de condensado.

Los factores de seguridad comúnmente varían entre dos y seis (2 – 6) y son diferentes según el tipo y el fabricante de la trampa.

En la siguiente tabla se muestran algunos valores recomendados para trampas de vapor.

| APLICACIÓN | FACTOR DE SEGURIDAD | |
|---------------------------------|---------------------|--------------|
| | FABRICANTE A | FABRICANTE B |
| Autoclaves | 3 – 4 | 3 |
| Evaporadores | | 2 – 3 |
| Marmitas | 4 – 5 | 3 |
| Serpentines en aire | 3 – 4 | 3 |
| Intercambiadores concha y tubo: | | |
| - Presión constante | 4 – 6 | 2 |
| - Presión modulada | | 2 – 5 |
| Calentadores de aire | 3 – 4 | 2 – 3 |
| Ramales de vapor | 3 – 4 | 2 – 3 |
| Separadores | 3 – 4 | 2 – 3 |
| Líneas rastreadoras | 2 – 3 | 2 |

1.14 Cálculo de pérdidas de calor en tuberías desnudas

Para tuberías de vapor y condensado, la ecuación que corresponde a superficies desnudas es:

$$Q = U \cdot A \cdot T$$

Donde:

Q = Pérdida de calor en Btu/hr

U = Coeficiente global de transmisión de calor expresado en Btu/hr * pie² * °F

A = Área de transferencia de calor basada en el lado exterior del tubo en pie² de la superficie

T = Diferencia de temperatura entre la superficie y el ambiente en °F

Rango permisible de velocidades en sistemas de tuberías

| | |
|-------------------------------|-----------------------------|
| Línea de vapor a alta presión | 8,000 ----- 12,000 Pie/min |
| Línea de vapor a baja presión | 12,000 ----- 15,000 Pie/min |
| Línea de vapor al vacío | 20,000 ----- 40,000 Pie/min |
| Línea de agua | 500 ----- 750 Pie/min |

Con la elección de un cierto valor de velocidad, podemos calcular el diámetro de la tubería por la ecuación de continuidad, que quedaría de la siguiente manera:

$$\text{Vol} = A \times \text{Vel}$$

De las condiciones de la línea tenemos como datos la línea de vapor saturado seco por hora que necesitamos conducir a una determinada presión absoluta.

De las tablas de vapor, con el dato de la presión absoluta podemos obtener el volumen específico de vapor saturado de una libra que corresponde. Por lo tanto:

$$\text{Vol} = m \times V_s$$

Donde:

$\text{Vol} = \text{Volumen de vapor en Pies}^3 / \text{min}$

$m = \text{masa de vapor circulante de la línea en libras} / \text{min}$

$V_s = \text{volumen específico de una libra de vapor a la presión absoluta de la línea en Pies}^3 / \text{lb}$

TUBERÍA PRINCIPAL DE 5"

Para una presión promedio de 80 PSI, temperatura ambiente de 88 °F
Con el volumen y la velocidad elegida, sustituyendo en la ecuación de
continuidad se tiene que:

$$A = 2 \times \pi \times r \times L$$

$$D_{\text{int}} = 4.5 \text{ plgs} \quad D_{\text{ext}} = 5 \text{ plgs}$$

$$D_{\text{ext}} = 5 \text{ plgs} \times \frac{1 \text{ pie}}{12 \text{ plg}} = 0.416 \text{ pies} \quad 0.416 / 2 = 0.208 \text{ pies} = r_{\text{ext}}$$

$$A = 2 \times 3.1416 \times 0.208 \times 82 = 117.17 \text{ pies}^2$$

Por medio de las tablas de vapor para una presión de 80 Psi se determina la
temperatura de 312.07 °F y una temperatura ambiente de 88 °F.

$$\Delta T = 312.07 - 88$$

$$\Delta T = 224.07 \text{ °F}$$

Con un diámetro de 5 pulgadas y un diferencial de temperatura de 224.07 °F

Por medio de la tabla V se determina el valor de U que es:

$$U = 2.97 \text{ Btu / hr} \cdot \text{pie}^2 \cdot \text{°F}$$

$$Q = 2.97 \text{ Btu / hr} \cdot \text{pie}^2 \cdot \text{°F} \times 117.17 \text{ pies}^2 \times 224.07 \text{ °F}$$

$$Q = 77,975.21 \text{ Btu / hr}$$

Para determinar la pérdida de combustible se utiliza la siguiente fórmula:

$$\frac{Q \text{ perdido}}{\text{Poder calorífico del bunker}} = \frac{77,975.21}{149,364} = 0.52 \text{ galones de bunker / hora}$$

$$0.52 \text{ galones de } \frac{\text{bunker}}{\text{hora}} \times \frac{14.5 \text{ hrs}}{\text{día}} \times \frac{240 \text{ días}}{\text{año}}$$

1,816.7 galones de bunker al año

con un precio de Q 8.91 el galón se tiene una perdida económica de:

$$1,816.7 \times 8.91 = \mathbf{16,187.04 \text{ quetzales al año.}}$$

TUBERÍA LÍNEA 1 DIÁMETRO DE 3 ½"

Para una presión promedio de 80 PSI, temperatura ambiente de 88 °F
 Con el volumen y la velocidad elegida, sustituyendo en la ecuación de
 continuidad se tiene que:

$$A = 2 \times \pi \times r \times L$$

$$D_{\text{int}} = 3 \text{ plgs} \quad D_{\text{ext}} = 3.5 \text{ plgs}$$

$$D_{\text{ext}} = 3.5 \text{ plgs} \times \frac{1 \text{ pie}}{12 \text{ plg}} = 0.291 \text{ pies} \quad 0.291 / 2 = 0.145 \text{ pies} = r_{\text{ext}}$$

$$A = 2 \times 3.1416 \times 0.146 \times 50 = 45.87 \text{ pies}^2$$

Por medio de las tablas de vapor para una presión de 80 Psi se determina la temperatura de 312.07 °F y una temperatura ambiente de 88 °F.

$$\Delta T = 312.07 - 88$$

$$\Delta T = 224.07 \text{ °F}$$

Con un diámetro de 3.5 pulgadas y un diferencial de temperatura de 224.07 °F

Por medio de la tabla V se determina el valor de U que es:

$$U = 3.04 \text{ Btu / hr} \cdot \text{pie}^2 \cdot \text{°F}$$

$$Q = 3.04 \text{ Btu / hr} \cdot \text{pie}^2 \cdot \text{°F} \times 45.87 \text{ pies}^2 \times 224.07 \text{ °F}$$

$$Q = 31,245.4 \text{ Btu / hr}$$

Para determinar la pérdida de combustible se utiliza la siguiente fórmula:

$$\frac{Q \text{ perdido}}{\text{Poder calorífico del bunker}} = \frac{31,245.4}{149,364} = 0.21 \text{ galones de bunker / hora}$$

$$0.21 \frac{\text{galones de bunker}}{\text{hora}} \times \frac{14.5 \text{ hrs}}{\text{día}} \times \frac{240 \text{ días}}{\text{año}}$$

730.8 galones de bunker al año

con un precio de Q 8.91 el galón se tiene una pérdida económica de:

$$730.8 \times 8.91 = \mathbf{6,511.43 \text{ quetzales al año.}}$$

TUBERÍA LÍNEA 2 DIÁMETRO DE 3 ½"

Para una presión promedio de 80 PSI, temperatura ambiente de 88 °F
Con el volumen y la velocidad elegida, sustituyendo en la ecuación de
continuidad se tiene que:

$$A = 2 \times \pi \times r \times L$$

$$D_{\text{int}} = 3 \text{ plgs} \quad D_{\text{ext}} = 3.5 \text{ plgs}$$

$$D_{\text{ext}} = 3.5 \text{ plgs} \times \frac{1 \text{ pie}}{12 \text{ plg}} = 0.291 \text{ pies} \quad 0.291 / 2 = 0.145 \text{ pies} = r_{\text{ext}}$$

$$A = 2 \times 3.1416 \times 0.146 \times 50 = 45.87 \text{ pies}^2$$

Por medio de las tablas de vapor para una presión de 80 Psi se determina la
temperatura de 312.07 °F y una temperatura ambiente de 88 °F.

$$\Delta T = 312.07 - 88$$

$$\Delta T = 224.07 \text{ °F}$$

Con un diámetro de 3.5 pulgadas y un diferencial de temperatura de 224.07
°F

Por medio de la tabla V se determina el valor de U que es:

$$U = 3.04 \text{ Btu / hr} \cdot \text{pie}^2 \cdot \text{°F}$$

$$Q = 3.04 \text{ Btu / hr} \cdot \text{pie}^2 \cdot \text{°F} \times 45.87 \text{ pies}^2 \times 224.07 \text{ °F}$$

$$Q = 31,245.4 \text{ Btu / hr}$$

Para determinar la pérdida de combustible se utiliza la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{Q perdido}}{\text{Poder calorífico del bunker}} = \frac{31,245.4}{149,364} = 0.21 \text{ galones de bunker / hora}$$

$$0.21 \text{ galones de bunker} \times \frac{14.5 \text{ hrs}}{\text{día}} \times \frac{240 \text{ días}}{\text{año}}$$

730.8 galones de bunker al año

con un precio de Q 8.91 el galón se tiene una perdida económica de:

$$730.8 \times 8.91 = \mathbf{6,511.43 \text{ quetzales al año.}}$$

TUBERÍA SALA DE MARMITAS DIÁMETRO DE 2 ½”

Para una presión promedio de 80 PSI, temperatura ambiente de 88 °F
Con el volumen y la velocidad elegida, sustituyendo en la ecuación de
continuidad se tiene que:

$$A = 2 \times \pi \times r \times L$$

$$D_{\text{int}} = 2 \text{ plgs} \quad D_{\text{ext}} = 2.5 \text{ plgs}$$

$$D_{\text{ext}} = 2.5 \text{ plgs} \times \frac{1 \text{ pie}}{12 \text{ plg}} = 0.208 \text{ pies} \quad 0.208 / 2 = 0.104 \text{ pies} = r_{\text{ext}}$$

$$A = 2 \times 3.1416 \times 0.104 \times 50 = 53.58 \text{ pies}^2$$

Por medio de las tablas de vapor para una presión de 80 Psi se determina la temperatura de 312.07 °F y una temperatura ambiente de 88 °F.

$$\Delta T = 312.07 - 88$$

$$\Delta T = 224.07 \text{ °F}$$

Con un diámetro de 2.5 pulgadas y un diferencial de temperatura de 224.07 °F

Por medio de la tabla V se determina el valor de U que es:

$$U = 3.11 \text{ Btu / hr} \cdot \text{pie}^2 \cdot \text{°F}$$

$$Q = 3.11 \text{ Btu / hr} \cdot \text{pie}^2 \cdot \text{°F} \times 53.58 \text{ pies}^2 \times 224.07 \text{ °F}$$

$$Q = 37,337.63 \text{ Btu / hr}$$

Para determinar la pérdida de combustible se utiliza la siguiente fórmula:

$$\frac{Q \text{ perdido}}{\text{Poder calorífico del bunker}} = \frac{37,337.63}{149,364} = 0.25 \text{ galones de bunker / hora}$$

$$\text{Poder calorífico del bunker} = 149,364$$

$$0.25 \text{ galones de bunker} \times \frac{14.5 \text{ hrs}}{\text{hora}} \times \frac{240 \text{ días}}{\text{año}}$$

870 galones de bunker al año

Con un precio de Q 8.91 el galón se tiene una pérdida económica de:

$$870 \times 8.91 = \mathbf{7,751.70 \text{ quetzales al año.}}$$

1.15 Diagnóstico general

En la planta de embotellado de bebidas carbonatadas ubicada en el kilómetro 166.5 carretera al pacifico se encontró un sistema de vapor muy descuidado, al encontrarse con dos calderas, la primera es de marca KEWANEE de 300 BHP, modelo H38-300-06 y de 60 hertz y una presión máxima de 150 Psi. Tiene un diámetro de dos metros con diez centímetros ($\varnothing = 2.10$ mts) y una longitud de cuatro metros con sesenta centímetros ($L = 4.60$ mts). La otra caldera es marca CLEAVER de 200 BHP modelo CB-600-300, número de serie L-90294, una presión máxima de 150 Psi, un voltaje de 230 V, de 60 Hertz y cuenta con un motor de 15 HP. Tiene una longitud de un metro con noventa y cuatro centímetros ($L = 1.94$ mts) y un diámetro de un metro con noventa y cinco centímetros ($\varnothing = 1.95$ mts).

Solo se tenia en funcionamiento la caldera marca Kewanee debido a que la otra estaba en mantenimiento, cuando entregaron la otra caldera después de casi cuatro meses de estar fuera de operación se pudo poner en funcionamiento y lista para laborar como se requería.

El funcionamiento de las calderas es rotativo ya que cuando se brinda mantenimiento a una se opera la otra y así sucesivamente para que ninguna sufra algún daño por el exceso de horas de operación o por que no se le brinde en adecuado mantenimiento.

En tuberías, la línea principal consta de un diámetro de 5 pulgadas ($\varnothing = 5''$), y un aislamiento térmico de fibra de vidrio de 2 pulgadas ($\varnothing = 2''$), en cuyo tramo esta completo. El aislamiento térmico falta en la tubería de la lavadora de la línea 1 en una extensión de doce metros 12 mts (40 pies), en dos codos de 90° con un diámetro de dos pulgadas y en dos codos de 90° de un diámetro de dos pulgadas y media

En la tubería del condensado de la misma línea se tiene una ausencia de

tres metros y medio en una tubería de dos pulgadas y media y en tres codos de 90° en una tubería de una pulgada y media. En la lavadora de la línea 2 hace falta completar el aislamiento con una longitud de cinco metros de una tubería de dos pulgadas de diámetro. Y para finalizar en la sala de marmitas se necesita un aislamiento térmico de la línea principal de siete metros y diez codos de 90° para una tubería de dos y media pulgadas de diámetro y para la tubería de condensado se necesita un aislamiento de diez metros y medio de longitud y ocho codos de 90° para una tubería de dos pulgadas de diámetro. En el sistema de vapor se cuenta con un total de diez trampas de vapor, cinco de ellas tipo cubeta invertida y las otras cinco son de tipo flotador y termostato. De las diez trampas que se poseen solamente funcionan seis de ellas, reduciendo así la eficiencia debido a que el condensado no regresa al tanque para su revaporización. Para las calderas se utiliza un sistema de alimentación que está formado por un tanque de combustible (bunker) que tiene un diámetro de un metro con dieciséis centímetros ($\varnothing = 1.16$ mts), una longitud de un metro con ochenta y seis centímetros ($L = 1.86$ mts) y una capacidad de almacenamiento de 150 galones y conduce el bunker por medio de una tubería de diámetro de una pulgada ($\varnothing = 1$ Plg), cuya tubería se encuentra muy oxidada. El otro tanque de alimentación es el de condensado cuyo diámetro es de noventa y cinco centímetros ($\varnothing = 0.95$ mts) y una longitud de un metro con setenta y cinco centímetros ($L = 1.75$ mts). La eficiencia térmica a través de cálculos se determinó que era del 64%, con muchas fugas, regreso de condensado deficiente, baja presión de trabajo de la caldera, alta temperatura de gases de la chimenea y por lo mismo un gasto excesivo de combustible.

A continuación se presenta los cálculos con sus respectivas soluciones que demuestran las pérdidas tanto de calor como económicas de la planta. Así mismo se muestran los resultados comparativos y las soluciones para dichos problemas.

CAPITULO 2 DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO Y PREVENTIVO DEL SISTEMA DE VAPOR

2.1 SELECCIÓN DEL TRATAMIENTO DE AGUA

Principios de Operación:

1. Calidad del producto y protección de la marca

Al tratar el agua usada en la producción obtendremos un agua dentro de especificaciones estipuladas por normas y leyes. El tratamiento hace al agua aceptable para la preparación de jarabes y del producto final. Obtendremos así los siguientes beneficios:

- Garantía de la consistencia
- Protección de los aspectos sensoriales de la bebida
- Garantía de la vida de anaquel en el mercado
- Protección contra los problemas que pueda tener el agua en la fuente de origen o en el sistema de distribución.

Al tratar el agua y realizar los análisis necesarios para controlar el sistema, el embotellador está realizando un gran esfuerzo para vender un producto de calidad y para garantizar que mantenga esa calidad mientras esté en el mercado.

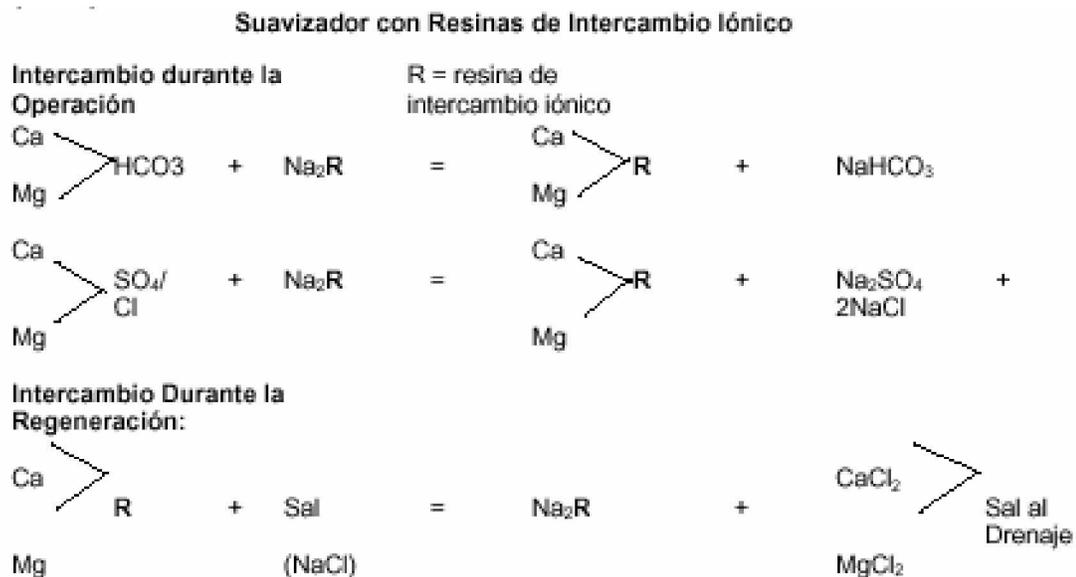
De esta manera, la planta está protegiendo la marca continuamente y creando confianza en el consumidor.

Tratamiento de Agua para Usos Distintos a la Preparación de Producto (Lavadoras, Calderas, etc.)

1. Dureza / Incrustación / Suavizado:

El tratamiento más común para el agua que va a ser utilizada en los intercambiadores de calor y como agua de enjuague es la eliminación de su tendencia incrustante. Este punto es especialmente importante para el agua utilizada en las lavadoras en este caso se cuentan con dos, para el enjuague y en las calderas así como en intercambiadores de calor. La recomendación más común es utilizar resinas de intercambio iónico y regenerarlas con sal (NaCl).

Gráfica 2 suavizador de resinas de intercambio iónico



Por lo general es necesario suavizar el agua cuando su dureza (de calcio y magnesio) está por encima de 85 ppm. Los fabricantes de calderas recomiendan suavizar el agua cuando la dureza supera los 50 ppm. Un suavizador de zeolita medio económico para reducir la dureza del agua.

Sin embargo, es importante que parte del agua cruda se desvíe del "suavizador" (intercambiador iónico) para mantener la dureza entre 15 y 30 ppm. Esto último es necesario para evitar que ocurra corrosión debido a la agresividad que caracteriza un valor de dureza igual a cero. En los casos en los que el agua a ser suavizada requiera filtración, puede utilizarse un filtro de arena normal o un filtro de placas. Si se va a añadir cloro, la concentración debe mantenerse a 2 ppm de cloro libre disponible, con el mayor tiempo de retención posible. Confirmar si la zeolita del suavizador puede soportar este nivel de cloro. Si no, el cloro deberá ser agregado después del suavizador.

2. Sedimento:

Es necesario remover cantidades importantes de lodo o sedimento en el agua con la ayuda de un filtro de arena.

3. Problemas Orgánicos y Microbiológicos:

Cuando se hace necesario sanear el agua para emplearla en el enjuague, deberá ser clorada con un tiempo de retención apropiado. El agua de enjuague de la lavadora de botellas debe ser clorada con un mínimo de retención de 10 minutos. La dosis inicial de cloro debe ser lo suficientemente alta para que el agua de los chorros de enjuague tenga entre 1 y 2 ppm de cloro.

4. Agua de Reposición de la Lavadora y para el Enjuague:

El agua utilizada en los chorros de enjuague de las lavadoras debe ser suavizada con zeolitas (intercambio iónico) si su dureza supera 85 ppm. Si hay dudas acerca de la calidad microbiológica del agua, ésta puede clorinarse hasta un máximo de 2 ppm de cloro libre disponible en los chorros de enjuague. A menos que la resina en el intercambiador iónico pueda tolerar este nivel de cloro (aunque se recomienda consultar al proveedor), es necesario agregar el cloro después de suavizarla.

5. Enjuague de Botellas y Latas:

El agua utilizada para el enjuague de botellas no retornables y latas debe ser suavizada si es necesario (si tiene una dureza superior a 85 ppm), si se hace necesario agregar cloro, el agua puede ser clorada hasta un máximo de 2 ppm de cloro libre disponible).

6. Agua Utilizada en el Saneamiento:

El agua utilizada para los programas de saneamiento debe provenir de un origen sanitario incuestionable. Para el equipo de la sala de jarabe y de empaque (incluyendo tuberías de conexión y todas las superficies que vayan a entrar en contacto con el producto), debe utilizarse agua tratada (para el enjuague final de tanques y líneas de jarabe). Se debe utilizar agua totalmente tratada para el retrolavado (filtros de arena, purificadores de carbón, etc). El agua utilizada en otros programas de saneamiento puede provenir de un suministro general a menos que los análisis indiquen otro tipo de necesidad.

2.2 Resumen de los Métodos de Tratamiento de agua

Coagulación:

Históricamente, el tratamiento de agua por coagulación ha sido asimilado por la industria de bebidas como el estándar para los lugares en donde el agua no presente problemas de alto contenido de sal (aguas no salobres).

La coagulación puede aplicarse a un amplio rango de suministros de agua, tiene un costo relativamente bajo y es fácil de operar y de controlar;

más importante aún, da como resultado un agua uniforme y de alta calidad, de manera constante.

Los sistemas de coagulación pueden adaptarse también a diferentes condiciones; por consiguiente, son una opción muy valiosa que en la mayor

parte de las situaciones satisface nuestras necesidades de tratamiento del agua.

NOTA:

Los sistemas de coagulación no pueden usarse para el tratamiento de suministros de agua con altos contenidos de sales. Cuando los niveles de sulfato, cloruro o nitrato de sodio representan un problema, es necesario considerar uno de los siguientes sistemas para el tratamiento del agua:

- Osmosis inversa y nanofiltración
- Electrodialisis
- Desmineralización mediante el uso de resinas de intercambio
- Destilación (solamente para agua de mar)

Tecnología de Membrana:

La tecnología de tratamiento con membranas se ha convertido en una opción importante para casi todos los tipos de suministro de agua. Cuatro tipos importantes de tratamiento por membrana son: ósmosis inversa, nanofiltración, ultrafiltración y electrodialisis.

Osmosis inversa: puede eliminar sales que el sistema de coagulación es incapaz de eliminar (sulfatos, cloruros, nitratos, sodio) y es muy eficiente en la remoción de compuestos orgánicos.

Nanofiltración: Puede eliminar la mayor parte de las moléculas orgánicas de mediano tamaño, así como también dureza, algo de la alcalinidad y algunos otros compuestos inorgánicos como sulfatos y cloruros. Opera a presiones menores que la ósmosis inversa, y es un tratamiento excelente para los suministros superficiales.

Ultrafiltración: conveniente para la remoción de las moléculas orgánicas grandes; elimina la turbidez eficientemente

Electrodiálisis: Económicamente conveniente; remueve sales que la coagulación no puede eliminar, como cloruros, sulfatos, nitratos y sodio; reduce los sólidos totales disueltos.

2.2.1 Análisis del Agua

Es sumamente importante que cualquier fuente de agua a ser utilizada por la planta para su producción sea sometida a un extenso análisis del agua; estos análisis deben incluir una evaluación inorgánica, orgánica, radiológica y microbiológica.

Cuando el agua proviene de una fuente superficial, es importante realizar esos análisis a intervalos regulares para estudiar los cambios estacionales.

A continuación se muestra una grafica de las partes en que esta constituido un pozo, así mismo se grafican las partes con sus respectivos nombres para que se entienda mejor una de las maneras en que puede instalar un pozo de agua que se puede utilizar en las plantas de producción de alimentos.

GRAFICA 3. CONSTRUCCION DE UN POZO (UNO DE VARIOS DISEÑOS)

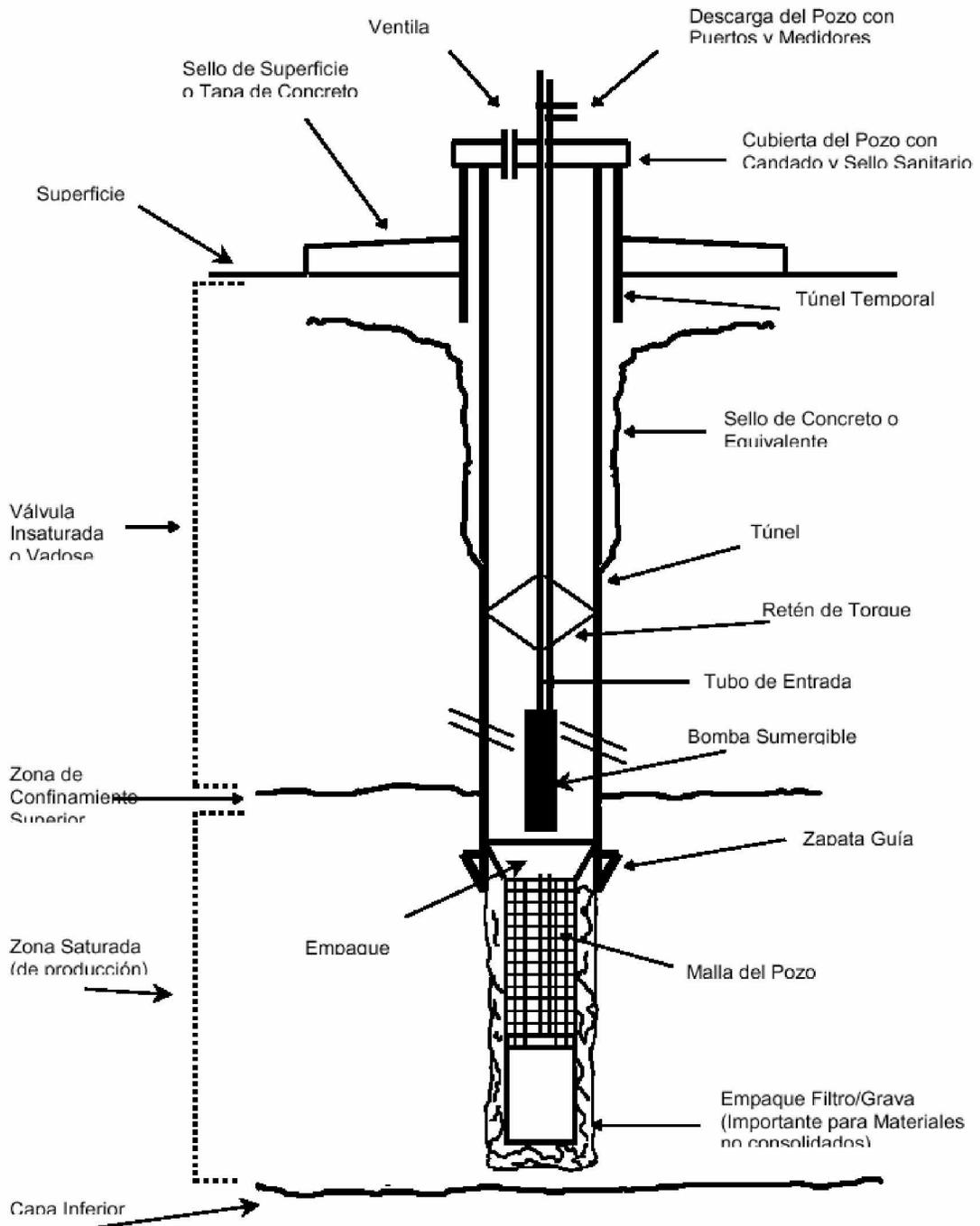


TABLA 3. Información Contendida en la Bitácora de Perforación de un Pozo:

| No. | Información Sugerida | Punto <input checked="" type="checkbox"/> |
|------|--|---|
| (1) | El punto de referencia de todas las mediciones de profundidad. En los Estados Unidos, este punto se conoce como "National Geodetic Vertical Datum of 1929 (NGVD)," que generalmente se traduce como la media a nivel del mar para un lugar en particular. | <input type="checkbox"/> |
| (2) | La profundidad a la cual se presenta cada uno de los cambios en las formaciones geológicas | <input type="checkbox"/> |
| (3) | La profundidad a la cual se encontró agua por primera vez (si puede aplicarse al método de perforación utilizado) | <input type="checkbox"/> |
| (4) | La localización y espesor de cada acuífero, acompañada de toda la información posible (tipo de formación, percepción local de un suministro particular, etc.) | <input type="checkbox"/> |
| (5) | La identificación de la estratigrafía (descripción geológica de las capas o estratos) y la litología (descripción del material real de la roca que conforma los estratos o capas) encontradas durante cada una de las fases de la perforación (se recomienda tomar muestras de las formaciones cada 3 metros y cada vez que se encuentre un cambio en el tipo de formación). | <input type="checkbox"/> |
| (6) | La profundidad a la cual se tomaron las muestras (de agua o de suelo o formación) | <input type="checkbox"/> |
| (7) | La profundidad de cada medición del diámetro de cada hueco excavado. | <input type="checkbox"/> |
| (8) | La profundidad de cada nivel estático de agua (el nivel del agua en un pozo que no está bombeando y que no tiene influencia de ningún otro pozo); cualquier cambio observado en este nivel al cambiar la profundidad. | <input type="checkbox"/> |
| (9) | Profundidad total del pozo terminado. | <input type="checkbox"/> |
| (10) | La profundidad de la superficie / sello sanitario, si aplica. | <input type="checkbox"/> |
| (11) | El diámetro nominal del hueco del pozo por encima y por debajo del recubrimiento del túnel. | <input type="checkbox"/> |
| (12) | Profundidad y descripción del material del recubrimiento del túnel del pozo. | <input type="checkbox"/> |
| (13) | Información relativa a la malla del pozo (tipo, espesor, diámetro, material de construcción, apertura, espesor de la pared, intervalo de profundidades, etc.). | <input type="checkbox"/> |
| (14) | Información relativa al sello de cualquier estrato que contenga agua encontrado durante la excavación. | <input type="checkbox"/> |
| (15) | Cualquier otra información requerida por las prácticas locales o específicas de la localidad en donde se ha perforado el pozo. | <input type="checkbox"/> |

TABLA 4. CONTAMINANTES:

| Tipo de Instalación | Químicos Asociados utilizados o Almacenados In situ | Contaminante Ambiental Asociado |
|---------------------------------------|---|--|
| Gasolina/auto estaciones de servicio | gasolina, aceite, aceite de desecho, anticongelante, solventes minerales, kerosene | BTEX, alcoholes, éteres, fenoles, VO, BN, metales (plomo), PCB, PHC |
| Refinerías de Aceite | aceite, gasolina, cianuro, mercaptanos, fosfatos, espíritus minerales | metales, fenoles, VO, BN, AE, éteres, alcoholes, cianuros, fosfatos bacteria, PHC |
| Molinos de papel | aceites, tintas, solventes, fenoles | PHC, fenoles, TOC, sulfatos, VO (BTEX), dibenzodioxinas, dibenzofuranos |
| Proceso de Metales, enchapado y forja | metales, aceites de combustible, aceites lubricantes, fenoles, arsénico, cianuros | cadmio, plomo, hierro, cobre, arsénico, cromo, fluoruro, VO (BTEX), fenoles, cianuro, PHC |
| Mezcla de compuestos químicos | químicos especiales, formaldehído, hidróxido de sodio | VO, metales, formaldehído, BN, AE, sodio |
| Plásticos | solventes, ftalatos | VO, BN, fenoles, sulfatos |
| Electrónica | PCB, solventes, metales, ftalatos | PCB, VO, BN, cromo, aluminio, fluoruro, cadmio, hierro, cloruro, |
| Manufactura de pinturas/solventes | alcoholes, metales, espíritus minerales, solventes, alcoholes | VO (BTEX, acetona), alcoholes, plomo, cobre, hierro, cromo, cadmio, acetato de metilo, BN fenoles PHC |
| Minería | metales, cianuro, ácidos | VO (BTEX), sulfatos, nitratos, cloruros sodio, cianuro, metales, PHC, radiación (alfa, beta, gamma) |
| Agricultura | aceites combustibles, gasolina, fosfatos, pesticidas, herbicidas, insecticidas, sodio, cloruros, calcio | COD, BOD, TDS, hierro, plomo, cromo,, VO (BTEX), BN, nitrógeno total, nitrato/nitrito, pesticidas, herbicidas, insecticidas, virus, bacteria |

2.3 Mantenimiento del filtro de arena

Cada mes debe hacerse el siguiente procedimiento de inspección después del retrolavado:

- Drenar la unidad a un punto debajo de la superficie de la arena
- Observar la superficie de la arena, la cual debe estar libre de rajaduras que indiquen canales por donde pudiera pasar el agua sin ser filtrada adecuadamente.
- La superficie de la arena debe estar libre de incrustaciones y flóculos espesos.
- Tomar una muestra de arena en un punto situado a 12 pulgadas bajo la superficie de la cama, añadir una porción de la misma a un beacker con agua clara, agitar y observar si hay flóculo espeso liberado. Esto indicará si es necesario cambiar la arena. La presencia de incrustación de cal que disminuya el área de filtración o cause la formación de terrones también es motivo de cambio de arena.

Mantenimiento:

- **Retrolavado**
Debe hacerse a diario y cuando se detecte una caída de presión de mas de 5 Psi.
- **Saneamiento**
Debe hacerse al menos 2 veces a la semana y dependiendo de la microbiología, además antes de producirse bebidas delicadas coma la bebida transparente con sabor.
- **Verificación del estado de las camas de arena y grava**
Mensual o cuando se detecten problemas, por ejemplo demasiado flóculo o partículas de arena en los pulidores.

- **Cambio de arena y gravas**

La arena sílica debe cambiarse cada año, mientras que las capas de grava de uno a dos años dependiendo del estado por ejemplo el desgaste de la grava, canalización, incrustación, etc.

2.4 Cálculo de dosificación de cal

Pasos Clave:

1. El agua (para el análisis) utilizada para controlar la dosis de cal debe ser tomada directamente a la salida del filtro de arena (dejar correr con la válvula totalmente abierta durante 30 segundos antes de tomar la muestra).
2. El agua que sale del filtro de arena contiene cloro y debe ser neutralizada con tiosulfato de sodio. Si no, el cloro disipará el color del indicador.
3. El agua con la dosificación correcta de cal tendrá una alcalinidad (P) algo mayor a la mitad de la alcalinidad total (M).

La siguiente aplicación de los resultados de alcalinidad de fenolftaleína y total puede ser utilizada para controlar la operación del sistema de tratamiento de agua:

La alcalinidad de fenolftaleína (P) se multiplica por 2. La alcalinidad (M) total se resta del doble de la alcalinidad (P). Cuando el resultado está entre +2 ppm y +7 ppm, la cal del tratamiento está balanceada. Esto proporciona la máxima reducción de la alcalinidad.

Ejemplo No 1:

Para una alcalinidad de fenolftaleína de $P = 15$ partes por millón y una alcalinidad total de $M = 27$ partes por millón.

Alcalinidad "P" = 15 ppm

Alcalinidad "M" = 27 ppm

$2P (2 \times 15 \text{ ppm}) = 30 \text{ ppm}$
Restar la Alcalinidad "M" = -27 ppm
Valor $2P-M = +3 \text{ ppm}$

Conclusión: La dosis de cal es correcta.

Cuando el resultado de $2P$ menos M da negativo, en otras palabras, cuando la alcalinidad total es mayor que el doble de la alcalinidad P , se necesita más cal.

Ejemplo No 2:

Para una alcalinidad de fenolftaleína de $P = 15$ partes por millón y una alcalinidad total de $M = 56$ partes por millón.

Alcalinidad "P" = 15 ppm

Alcalinidad "M" = 56 ppm

2P (2 x 15 ppm) = 30 ppm

Restar Alcalinidad "M" = -56 ppm

Valor 2P-M = -26 ppm

Conclusión: Es necesario agregar más cal

Cuando el valor de 2P menos M es mayor a +7, se ha agregado mucha cal.

En algunos casos, el agua contiene alcalinidad de sodio. Esto significa esencialmente que hay presencia de bicarbonato o de carbonato de sodio, en lugar de bicarbonato o carbonato de calcio y de magnesio. Cuando esto ocurre, la cal necesita la ayuda de alguna forma de calcio o magnesio (usualmente cloruro de calcio o cloruro de magnesio) para reducir la alcalinidad total a menos de 50 ppm. Cuando se sospeche la presencia de alcalinidad de sodio, ya sea de manera continua o periódica, la planta debe analizar la dureza del agua cruda cuando se esté analizando la alcalinidad.

Cuando la dureza es **mayor que** la alcalinidad, no hay alcalinidad de sodio.

Cuando la dureza es **menor que** la alcalinidad, existe alcalinidad de sodio.

Si existe alcalinidad de sodio, será necesario añadir pequeñas cantidades de cloruro de calcio para bajar la alcalinidad total del agua tratada a menos del límite máximo de 50 ppm.

La siguiente es la reacción involucrada:



Alcalinidad de Sodio + Cloruro de Calcio + Carbonato de Calcio + Cloruro de Sodio

2.5 Instructivo antes del encendido de caldera

Generales:

- Verifique la existencia de extintores en las cercanías del área de la caldera. De acuerdo con el tamaño de la instalación deberán existir varias unidades. Estas deben ser preferentemente del tipo de espuma.
- Recorra toda la instalación, plataformas y escaleras para comprobar que no haya obstáculos peligrosos en caso de una emergencia.
- Compruebe que se haya limitado el acceso al área de todo el personal no autorizado y que exista un sistema de identificación de válvulas y sistemas de seguridad adecuado.
- Compruebe que no existen depósitos de materiales inflamables en las cercanías de la caldera.

Sistema de encendido:

- Verifique la disponibilidad de combustible, tanto para encendido como para operación. Asegurese de que exista suministro normal de corriente eléctrica y compruebe la posibilidad de interrupciones.
- Verifique el cableado de los transformadores de ignición y produzca chispa con el piloto fuera del registro para comprobar que los electrodos están separados adecuadamente y que la chispa se enciende.
- Compruebe con un voltímetro que los voltajes son los adecuados
- Por medio de una llama (fósforo, antorcha, etc.) compruebe si la fotocelda esta actuando correctamente.

Sistema de combustible:

- Asegurese que haya suficiente combustible
- En el caso de que la línea de bunker tenga calefacción, verifique la tubería y pruébela

- Verifique que no existan fugas de combustible en las uniones roscadas o en las conexiones al quemador
- El combustible deberá ingresar a la caldera a una temperatura elevada
- Pruebe el quemador y asegúrese que es normal su operación
- Revise y limpie los filtros del sistema y la boquilla del quemador

Válvulas de seguridad:

- Compruebe que estén todas instaladas en el sitio que les corresponde
- Compruebe que haya provisiones suficientes para expansión y descarga

Sistema de alimentación de agua:

- Verifique el nivel de agua por medio de los indicadores que se encuentran en la caldera, verifique los niveles en el tanque de condensado y abra las válvulas de la línea de éste a la bomba y a la caldera
- Comprobar con los grifos del nivel visible en la columna de control de nivel que éste es correcto, drene la columna y observe la restauración del nivel

2.6 Mantenimiento de la caldera

El mantenimiento de la caldera es muy importante ya que se necesita que se encuentre en óptimas condiciones para que la producción se realice sin ningún inconveniente o que no suceda algún paro inesperado por baja presión o baja temperatura.

El mantenimiento en la sala de calderas consta que semanalmente se limpia el quemador, con esto se entiende a la limpieza del horno, del hogar, las paredes interiores de la caldera y en si todo el quemador completo.

Se saca toda la pieza completa del quemador y se introduce en un recipiente con diesel, se deja por un período de aproximadamente veinticinco minutos para eliminar cualquier tipo de incrustaciones que posea el quemador. Después de limpiar todo el quemador se dirige la limpieza a la boquilla de dicho quemador, la cual se limpia minuciosamente y se gradúa para que la atomización en la combustión sea la correcta.

Otro mantenimiento que se le brinda a la caldera son a los cojinetes del ventilador, este mantenimiento se realiza aproximadamente cada seis meses, así mismo a los sellos del damper que están ubicados en la entrada de aire al ventilador.

Uno de los sellos a los cuales se les brinda mantenimiento son los de las bombas tanto del combustible (bunker) como los de agua, a estas bombas se les aplica unos sellos de 5/8 ya que son los indicados para dichas bombas.

Al visor se le da mantenimiento cada semana ya que el vapor tapa dicho dispositivo y dificulta la visión del color de la llama, la cual es muy importante para saber si la combustión es adecuada o inadecuada.

2.6 Averías más comunes en las calderas y forma de localización

| Tabla 1. Averías más comunes en las calderas de vapor y forma de localizarlas | | |
|--|--|--|
| <i>Avería</i> | <i>Posible causa</i> | <i>Solución</i> |
| Se enciende el piloto pero la válvula de combustible no se abre. | a) Fococelda sucia. | a) Limpiar el lente de la fotocelda. |
| | b) Control electrónico defectuoso. | b) Comprobar conexiones o relés. |
| | c) Válvula solenoide desconectada. | c) Conectar la válvula solenoide. |
| | d) Bobina de la válvula solenoide quemada. | d) Cambiar bobina a la válvula solenoide. |
| | e) No hay combustible. | e) Revisar línea de combustible. |
| | f) Modulador no está en la posición de arranque. | f) Esperar que llegue a la posición de arranque o revisar las conexiones. |
| | g) Piróstato defectuoso. | g) Revisar y ajustar el piróstato. |
| La caldera echa mucho humo. | a) Falta de aire. | a) Regular damper. Limpiar turbina de aire. |
| | b) Exceso de presión de la bomba de combustible. | b) Regular línea de retorno de combustible. |
| | c) Boquillas defectuosas. | c) Limpiar boquillas, sustituirlas en caso necesario. Usar boquillas de tamaño correcto. |
| | d) Entrada de aire incorrecta. | d) Regular damper. Limpiar turbina de aire. |
| | e) Falta regulación en el damper. | e) Regularlo. |
| | f) Retorno de aceite combustible incorrecto | f) Ajustar línea de retorno. |
| Tubos cortados | a) Aplicación defectuosa del expansor de tubos "expander". | a) Aplicación del expansor de tubos, aplicando la técnica correcta. |

| | | |
|--|---|--|
| El quemador produce explosiones | a) Mala regulación de los electrodos. | a) Calibrar los electrodos. |
| | b) Electrodos defectuosos. | b) Sustituirlos. |
| | c) Transformador de ignición defectuoso. | c) Comprobarlo y, en caso necesario, reemplazarlo |
| | d) Agua en el aceite combustible. | d) Purgar tanque de aceite combustible, semanalmente. Limpiar filtro de la bomba. |
| | e) Entrada de aire incorrecta. | e) Regular el damper, limpiar la turbina de aire. |
| | f) Boquillas defectuosas. | f) Limpiarlas, controlarlas y, en caso necesario, sustituir las. |
| | g) Desajuste del control de ignición. | g) Revisar y ajustar el control de ignición. |
| La bomba de agua trabaja y el tanque tiene agua, pero la alimentación es defectuosa. | a) Excesiva temperatura del agua. | a) Revisar líneas por trampas defectuosas. Instalar tanque de condensado más grande o reducir la temperatura del agua. |
| | b) Impulsor de la bomba con defecto. | b) Sustituir el impulsor. |
| | c) Tubería de entrada de agua defectuosa. | c) Destapar la tubería de alimentación. |
| | d) Cheque entre la bomba y la caldera, con defecto. | d) Cambiar cheque. |
| Tubos perforados. | a) Corrosión. | a) Buen tratamiento del agua y del pH. |
| | b) Acción del oxígeno. | b) Buen tratamiento del agua y del pH. |
| | c) Excesivas incrustaciones | c) Purgas más frecuentes. |
| La caldera enciende, pero vuelve a apagarse. | a) Bajo nivel de agua. | a) Sistema de bajo nivel de agua defectuoso; desperfectos en el flotante o en el sistema alimentación. |
| | b) Método incorrecto de arranque. | b) Sigase el procedimiento correcto de arranque. |
| | c) Golpe de flama. | c) Ajustese el quemador. |

| | | |
|-------------------------|---|--|
| La caldera no enciende. | a) El interruptor del damper no funciona. | a) Sustituirlo. |
| | b) Boquillas tapadas. | b) Destaparlas. |
| | c) No hay chispa. | c) Revisar el transformador y el control de ignición. |
| | d) Circuito de ignición defectuoso. | d) Revisar los componentes del circuito de ignición. |
| | e) No llega combustible. | e) Revisar los componentes del sistema de combustible. Tanque y/o filtro sucios. Válvula cerrada. La bomba no funciona. |

2.7 Responsabilidades fundamentales de operación

Los operarios deben estar familiarizados con ciertos principios fundamentales que fueron propuestos en el pasado, especialmente en los sistemas operados manualmente. Entre los cuales tenemos:

- Mantenimiento y comprobación del nivel de agua, al menos una vez por turno
- Bajo nivel y acciones requeridas por el operario para minimizar los daños que la falta de agua puede causar
- Corte por bajo nivel de agua, probándolo para estar seguro de su funcionamiento, normalmente una vez por turno. Esto incluye purga de la cámara del flotador o alojamiento del sensor, de modo que no pueda estar obstruido por depósitos internos
- Los grifos de prueba deben mantenerse limpios y secos. Deberían probarse una vez por turno para asegurarse de que todas las conexiones al nivel de vidrio y columnas de agua están expeditas y limpias, y aspa por prueba de grifos puede determinarse el nivel real a través del vidrio
- Las válvulas de seguridad deberían probarse al menos una vez al mes, levantando la palanca y desplazando el asiento de la válvula suavemente. Si la válvula no despega, es un indicativo de que el óxido o materias del agua de la caldera están obstruyendo la válvula y se necesitan correcciones o reparación. La caldera debería ponerse en seguridad y no funcionar hasta que no se elimine el defecto de la válvula de seguridad
- Los quemadores deberían mantenerse limpios y libres de pérdidas y con la llama ajustada de modo que no toque las paredes laterales, chapas y tubos. La seguridad de llama por célula debería ser comprobada cada turno para estar seguro de que están en correcto orden de funcionamiento y así prevenir y evitar explosiones en el hogar

- Las partes internas de la caldera deben mantenerse libres de deposiciones, lodos o aceite mediante un tratamiento adecuado del agua procedimientos de purga para evitar recalentamientos, bolsas y depósitos en chapas, tubos, válvulas, y evitar así mismo una rotura o explosión importante
- El exterior de la caldera debería mantenerse limpio y seco. No se debe permitir la acumulación de productos de soplado o de inquemados, ya que éstos pueden llevar acumulaciones y a un mal funcionamiento de controles actuadores, así como puede producir corrosión en diferentes partes o zonas de la caldera
- Las fugas o pérdidas son un signo de peligro en el sistema de la caldera y deberían ser reparadas inmediatamente por el posible peligro que implica y también porque aceleran la corrosión y el desgaste de los componentes del sistema, que pueden producir cortes y paradas forzosas
- Cuando ponga una caldera fuera de servicio, no acelere el proceso purgando la caldera con presión para evitar el cocimiento de los lodos y depósitos por el calor sobre las superficies internas. Deje que la caldera se enfríe lentamente, después drene y limpiar las partes superior e inferior de las superficies interiores
- Las compuertas deberán mantenerse en buenas condiciones para evitar que el combustible no consumido se acumule en las cámaras de combustión del hogar y produzcan explosiones del lado de fuego. Todas las conexiones y pertenencias de caldera deberán mantenerse en buen estado de trabajo para conseguir una marcha y funcionamiento eficientes así como también prevenir y evitar paradas forzosas
- Las calderas aisladas y fuera de servicio por un largo período, especialmente las calderas de acero, deberán tener sus aberturas de hombre y de servicio manual sin las tapas, abiertas, seguido todo ello

de una limpieza interior de las superficies para remover depósitos y otros contaminantes. La caldera deberá mantenerse seca. Las calderas de fundición se limpian normalmente del lado de fuego y se mantienen húmedas con agua

- La purga debería hacerse después de todo encendido o puesta en marcha para limpiar los pasos del hogar de todo combustible inquemado y así evitar explosiones del lado del hogar
- La preparación de una caldera para inspección por consideraciones legales precisa que todas las superficies o zonas interiores críticas estén disponibles para la inspección. Esto requiere que las tapas de las aberturas de hombre y de mano estén expeditas, con la caldera enfriada lentamente, y todas las superficies interiores y exteriores limpias, incluyendo las zonas de fuego de la caldera y sus componentes. Todas las válvulas deberán estar cerradas para evitar que el vapor o agua entren en la caldera así aislada
- Mantener la prueba del tratamiento de agua de caldera y su aplicación según las directrices establecidas por los especialistas del tratamiento de agua. Esto ayudará a evitar el crecimiento de depósitos y gases disueltos en el agua de caldera, eliminando la formación de ácidos que pueden provocar corrosión en el sistema de caldera y ayudar también a mantener el rendimiento de ésta
- Mantener la purga adecuada para remoción de lodos que se puedan desarrollar en el agua de caldera. Se debe seguir las recomendaciones del especialista en tratamiento de agua sobre la frecuencia y número de purgas

Estas responsabilidades fundamentales son importantes para mantener una sala de calderas segura y eficiente y se consideran como las mínimas prevenciones del operario de calderas.

2.8 Cálculo de diámetro adecuado para tubería

$$Dn = \sqrt{\frac{\text{Vol}}{\text{Vel} \times 0.785}}$$

Donde:

Dn = Diámetro nominal del tubo en pulgadas

$$Dn = \sqrt{\frac{\text{Vol}}{\text{Vel} \times 0.785}}$$

De las tablas de vapor, para una presión promedio de $P = 80$ Psi

$$Vs = 5.474 P^3 / \text{lib}$$

m = consumo total (2 lavadoras de envases, una lavadora de cajillas y 2 marmitas)

Por lo tanto,

$$\text{Vol} = m \times Vs = 133.33 \text{ lbs} / \text{min} \times 5.474 P^3 / \text{lib}$$

$$\text{Vol} = 729.87 P^3 / \text{min}$$

$$Dn = \sqrt{\frac{729.87 P^3 / \text{min}}{12,000 P / \text{min} \times 0.785}} = \sqrt{\frac{729.87 P^2}{9420}}$$

$$D_n = 0.278 \text{ pies} \times \frac{12 \text{ plgs}}{1 \text{ pie}} = 3.34 \text{ plgs}$$

El diámetro nominal más cercano es de: **3 ½ pulgadas**

Para determinar si el diámetro de tubería obtenido anteriormente es el adecuado, se debe calcular la caída de presión en tuberías y caída de presión por accesorios y válvulas, para ese diámetro que es de 3 ½ pulgadas.

Cálculo de caída de presión en tuberías

Para determinar la caída de presión en tuberías se realiza por medio de la siguiente ecuación:

$$\Delta P = \frac{f \times L \times V_s \times (G \times 10^{-5})^2}{D_e}$$

Donde:

ΔP = Caída de presión en libras / pulgadas²

f = Factor de fricción (adimensional)

L = Longitud de la tubería en pies

V_s = Volumen específico del vapor en pies³ / libra

G = Masa velocidad = W/A en libras / pies² * hora

D_e = Diámetro exterior

Para tubería de cédula No. 80 con Dn = 3 ½ y De = 3.99

$$A = \frac{\pi \times De^2}{4} = \frac{3.1416 \times (3.99)^2}{4}$$

$$A = 12.50 \text{ plgs}^2 = \frac{1 \text{ pie}^2}{12 \text{ plgs}^2} = 0.86 \text{ pies}^2$$

$$W = 8,000 \text{ lbs / hora}$$

$$G = W / A$$

$$G = \frac{8,000 \text{ lbs / hora}}{0.086 \text{ pies}^2}$$

$$G = 93,023.25 \text{ lbs / pies}^2 \cdot \text{hora}$$

La temperatura de saturación a 80 Psi es de 312.07 °F y tomando este valor en la gráfica No. 25 tenemos:

$$\mu = 0.035 \text{ lb masa / pie} \cdot \text{hora}$$

$$N \text{ Re} = \frac{De \times G}{12 \times \mu}$$

$$N \text{ Re} = \frac{0.33 \text{ pies} \times 93,023.25 \text{ lbs / pies}^2 \cdot \text{hora}}{12 \times 0.035 \text{ lbs masa / pie} \cdot \text{hora}}$$

$$N \text{ Re} = 7.31 \times 10^4$$

De la figura 27 con $De = 3.96$ pulgadas y hierro negro la relación

$$\frac{\xi}{De} = 0.0038$$

De la figura 26 con $N Re = 9.24 \times 10^4$ y $\frac{\xi}{De} = 0.0038$

$$f = 0.029$$

Obtenidos los valores de la ecuación $\Delta P = \frac{f \times L \times Vs \times (G \times 10^{-5})^2}{De}$

Se determina la caída de presión:

$$\Delta P = \frac{0.029 \times 280 \times 5.474 \times (0.93)^2}{0.33}$$

$$\Delta P = 148.5 \text{ lbs/pies}^2 = 148.5 \frac{\text{lbs}}{\text{pies}^2} \times \frac{1 \text{ pie}^2}{12 \text{ plgs}^2}$$

$$\Delta P = 1 \text{ lb/plg}^2$$

La caída de presión en tuberías es de 1 Psi, esto significa que al final la presión de trabajo que obtenemos en dicha línea es de 79 Psi. Y la presión de vapor que se necesitan las maquinas instaladas en la planta oscila entre 50 y 60 Psi, por lo tanto es aceptable.

A esta caída de presión hay que sumarle la caída de presión por accesorios y válvulas, para determinar si el diámetro de tubería es el adecuado.

Los accesorios y válvulas ofrecen una considerable resistencia al flujo, por lo cual es necesario tomarla en cuenta y sumarla a la resistencia opuesta por la tubería para obtener el dato correcto de la caída de presión de una línea.

Fórmula para determinar la caída de presión por accesorios esta dada a continuación:

$$\Delta P = \frac{N \times V_s \times (GX10-5)^2}{12}$$

Donde:

ΔP = Caída de presión debida a los accesorios y válvulas en libras / pulgadas²

N = Número de cabezas de velocidad (dato que se obtiene de la tabla I)

V_s = Volumen específico del fluido en pies³ / libra

G = Masa velocidad = W/A en libras / pies² * hora

Para obtener N, con la de accesorios a utilizar en cada línea de distribución, buscamos en la tabla I el factor de cabeza de velocidad para cada accesorio y lo multiplicamos por la cantidad de accesorios, para luego sumarlos.

Para este caso tenemos que:

De la tabla II Resistencia al flujo del fluido en accesorios

Accesorios
Cabeza de velocidad

| | | | |
|--------------------------------|------|-----|------|
| Codo 90° , Standard | 0.3 | --- | 0.7 |
| Codo 90° , conexión larga | 0.2 | --- | 0.5 |
| Te, flujo a lo largo | 0.15 | --- | 0.5 |
| Te. Flujo a 90° | 0.6 | --- | 1.6 |
| U | 0.6 | --- | 1.7 |
| Válvula de compuerta (abierta) | 0.1 | --- | 0.2 |
| Válvula de cheque (abierta) | 2.0 | --- | 10.0 |
| Válvula de globo (abierta) | 5.0 | --- | 15.0 |
| Válvula de ángulo (abierta) | 3.0 | --- | 7.0 |

De tabla II

| | |
|----------------------|----------------|
| Codo 90° | 6 x 0.7 |
| Te | 2 x 0.5 |
| Válvula de compuerta | <u>1 x 0.2</u> |
| | N = 5.4 |

Continuando con la fórmula tenemos que:

$$\Delta P = \frac{N \times V_s \times (GX10^{-5})^2}{12}$$

12

$$\Delta P = \frac{5.4 \times 5.474 \times (0.93)^2}{12}$$

$$\Delta P = 2.13 \text{ lbs / plg}^2$$

Al realizar la sumatoria de la caída de presión en tuberías y la caída de presión por accesorios y válvulas y restarla a la presión nominal, obtenemos que la presión de trabajo de la línea principal es de 77.87 lb / plg² y la presión máxima que necesitamos en dicha línea es de 60 lb / plg², por lo tanto, el diámetro de tubería adecuado es de 3 ½ “

Línea 1

La tubería que se utilizará para el transporte del vapor, será de Hierro negro cédula No. 80, con las siguientes características:

$$\text{Vel} = 12000 \text{ pies / min}$$

$$P = 80 \text{ Psi}$$

$$\text{Largo} = 15 \text{ mts (50 pies)}$$

$$m = 33.33 \text{ lbs vapor / min (2,000 lbs vapor / hora)}$$

De las tablas de vapor, para una presión P = 80 Psi

$$V_s = 5.474 \text{ Pie}^3 / \text{lb}$$

$$\text{Vol} = m \times V_s = 33.33 \text{ lbs vapor / min} \times 5.474 \text{ Pie}^3 / \text{lb}$$

$$\text{Vol} = 182.45 \text{ pies}^3 / \text{min}$$

$$D_n = \sqrt{\frac{\text{Vol}}{\text{Vel} \times 0.785}} = \sqrt{\frac{182.45}{12000 \times 0.785}}$$

$$D_n = 0.139 \text{ pies} \times \frac{12 \text{ plgs}}{1 \text{ pie}} = 1.67 \text{ plgs}$$

El diámetro nominal más cercano es de **2 pulgadas**.

Hay que determinar la caída de presión en tuberías, la caída de presión por accesorios y válvulas para determinar si el diámetro es correcto es de 2"

Para determinar la caída de presión en tuberías:

$$\Delta P = \frac{N \times V_s \times (GX10-5)^2}{12}$$

Para tubería cédula No. 80 $D_n = 2$ pulgadas y $D_e = 2.49$ pulgadas

$$A = \frac{\pi \times D_e^2}{4} = \frac{3.1416 \times (2.49)^2}{4}$$

$$A = 4.871 \text{ plgs}^2 = \frac{1 \text{ pie}^2}{12 \text{ plgs}^2} = 0.034 \text{ pies}^2$$

$$W = 2,000 \text{ lbs / hora}$$

$$G = W / A$$

$$G = \frac{2,000 \text{ lbs / hora}}{0.034 \text{ pies}^2}$$

$$G = 58,823.53 \text{ lbs / pies}^2 \cdot \text{hora}$$

La temperatura de saturación a 80 Psi es de 312.07 °F y tomando este valor en la gráfica No. 25 tenemos:

$$\mu = 0.035 \text{ lb masa / pie} \cdot \text{ hora}$$

$$N \text{ Re} = \frac{De \times G}{12 \times \mu}$$

$$N \text{ Re} = \frac{0.2075 \text{ pies} \times 58,823.53 \text{ lbs / pies}^2 \cdot \text{ hora}}{12 \times 0.035 \text{ lbs masa / pie} \cdot \text{ hora}}$$

$$N \text{ Re} = 2.9 \times 10^4$$

De la figura 27 con $De = 3.96$ pulgadas y hierro negro la relación

$$\frac{\xi}{De} = 0.0065$$

De la figura 26 con $N \text{ Re} = 2.9 \times 10^4$ y $\frac{\xi}{De} = 0.0065$

$$f = 0.033$$

Obtenidos los valores de la ecuación $\Delta P = \frac{f \times L \times Vs \times (G \times 10^{-5})^2}{De}$

Se determina la caída de presión:

$$\Delta P = \frac{0.033 \times 50 \times 5.474 \times (.58)^2}{0.2075}$$

$$\Delta P = 15.06 \text{ lbs/pies}^2 = 15.06 \frac{\text{lbs}}{\text{pies}^2} \times \frac{1 \text{ pie}^2}{12 \text{ plgs}^2}$$

$$\Delta P = 0.1 \text{ lbs/plgs}^2$$

De la tabla de resistencia al flujo por accesorios y válvulas tenemos que:

De tabla II

| | |
|-----------------------|-----------------|
| Codos 90° | 14 x 0.7 |
| Válvulas de compuerta | <u>11 x 0.2</u> |
| | N = 12 |

$$\Delta P = \frac{N \times V_s \times (GX10-5)^2}{12}$$

$$\Delta P = \frac{12 \times 5.474 \times (0.58)^2}{12}$$

$$\Delta P = 1.85 \text{ lbs / plg}^2$$

ΔP = la suma total de las caídas de presiones es de 1.95 lbs / plg²

Al realizar la sumatoria de la caída de presión en tuberías y la caída de presión por accesorios y válvulas y restarla a la presión nominal, obtenemos que la presión de trabajo de la línea principal es de 78.05 lb / plg² y la presión máxima que necesitamos en dicha línea es de 60 lb / plg², por lo tanto, el diámetro adecuado para esta tubería es de 2 “

Línea 2

La tubería que se utilizará para el transporte del vapor, será de Hierro negro cédula No. 80, con las siguientes características:

$$Vel = 12000 \text{ pies} / \text{min}$$

$$P = 80 \text{ Psi}$$

$$\text{Largo} = 30 \text{ mts (98.4 pies)}$$

$$m = 33.33 \text{ lbs vapor} / \text{min (2,000 lbs vapor} / \text{hora)}$$

De las tablas de vapor, para una presión $P = 80 \text{ Psi}$

$$Vs = 5.474 \text{ Pie}^3 / \text{lb}$$

$$\text{Vol} = m \times Vs = 33.33 \text{ lbs vapor} / \text{min} \times 5.474 \text{ Pie}^3 / \text{lb}$$

$$\text{Vol} = 182.45 \text{ pies}^3 / \text{min}$$

$$Dn = \sqrt{\frac{\text{Vol}}{\text{Vel} \times 0.785}} = \sqrt{\frac{182.45}{12,000 \times 0.785}}$$

$$Dn = 0.139 \text{ pies} \times \frac{12 \text{ plgs}}{1 \text{ pie}} = 1.67 \text{ plgs}$$

El diámetro nominal más cercano es de **2 pulgadas**.

Hay que determinar la caída de presión en tuberías, la caída de presión por accesorios y válvulas para determinar si el diámetro es correcto es de 2"

Para determinar la caída de presión en tuberías:

$$\Delta P = \frac{N \times V_s \times (GX10-5)^2}{12}$$

Para tubería cédula No. 80 Dn = 2 pulgadas y De = 2.49 pulgadas

$$A = \frac{\pi \times D_e^2}{4} = \frac{3.1416 \times (2.49)^2}{4}$$

$$A = 4.871 \text{ plgs}^2 = \frac{1 \text{ pie}^2}{12 \text{ plgs}^2} = 0.034 \text{ pies}^2$$

$$W = 2,000 \text{ lbs / hora}$$

$$G = W / A$$

$$G = \frac{2,000 \text{ lbs / hora}}{0.034 \text{ pies}^2}$$

$$G = 58,823.53 \text{ lbs / pies}^2 \cdot \text{hora}$$

La temperatura de saturación a 80 Psi es de 312.07 °F y tomando este valor en la gráfica No. 25 tenemos:

$$\mu = 0.035 \text{ lb masa / pie} \cdot \text{ hora}$$

$$N \text{ Re} = \frac{D_e \times G}{12 \times \mu}$$

$$N \text{ Re} = \frac{0.2075 \text{ pies} \times 58,823.53 \text{ lbs / pies}^2 \cdot \text{ hora}}{12 \times 0.035 \text{ lbs masa / pie} \cdot \text{ hora}}$$

$$N \text{ Re} = 2.9 \times 10^4$$

De la figura 27 con $D_e = 3.96$ pulgadas y hierro negro la relación

$$\frac{\xi}{D_e} = 0.0065$$

De la figura 26 con $N \text{ Re} = 2.9 \times 10^4$ y $\frac{\xi}{D_e} = 0.0065$

$$f = 0.033$$

Obtenidos los valores de la ecuación $\Delta P = \frac{f \times L \times V_s \times (G \times 10^{-5})^2}{D_e}$

Se determina la caída de presión:

$$\Delta P = \frac{0.033 \times 66 \times 5.474 \times (.58)^2}{0.2075}$$

$$\Delta P = 19.32 \text{ lbs/pies}^2 = 19.32 \frac{\text{lbs}}{\text{pies}^2} \times \frac{1 \text{ pie}^2}{12 \text{ plgs}^2}$$

$$\Delta P = 0.134 \text{ lbs/plgs}^2$$

De la tabla de resistencia al flujo por accesorios y válvulas tenemos que:

De tabla II

| | |
|-----------------------|----------------|
| Codos 90° | 10 x 0.7 |
| Válvulas de compuerta | 8 x 0.2 |
| Te | <u>1 x 1.6</u> |
| | N = 10.2 |

$$\Delta P = \frac{N \times V_s \times (GX10-5)^2}{12}$$

$$\Delta P = \frac{10.2 \times 5.474 \times (0.58)^2}{12}$$

$$\Delta P = 1.6 \text{ lbs / plg}^2$$

ΔP = la suma total de las caídas de presiones es de 1.73 lbs / plg²

Al realizar la sumatoria de la caída de presión en tuberías y la caída de presión por accesorios y válvulas y restarla a la presión nominal, obtenemos que la presión de trabajo de la línea principal es de 78.26 lb / plg² y la presión máxima que necesitamos en dicha línea es de 60 lb / plg², por lo tanto, el diámetro adecuado para esta tubería es de 2 “

Sala de marmitas

La tubería que se utilizará para el transporte del vapor, será de Hierro negro cédula No. 80, con las siguientes características:

$$\text{Vel} = 12000 \text{ pies} / \text{min}$$

$$P = 80 \text{ Psi}$$

$$\text{Largo} = 25 \text{ mts (82 pies)}$$

$$m = 58.33 \text{ lbs vapor} / \text{min (3,500 lbs vapor} / \text{hora)}$$

De las tablas de vapor, para una presión $P = 80 \text{ Psi}$

$$V_s = 5.474 \text{ Pie}^3 / \text{lb}$$

$$\text{Vol} = m \times V_s = 58.33 \text{ lbs vapor} / \text{min} \times 5.474 \text{ Pie}^3 / \text{lb}$$

$$\text{Vol} = 319.3 \text{ pies}^3 / \text{min}$$

$$D_n = \sqrt{\frac{\text{Vol}}{\text{Vel} \times 0.785}} = \sqrt{\frac{319.3}{12000 \times 0.785}}$$

$$D_n = 0.184 \text{ pies} \times \frac{12 \text{ plgs}}{1 \text{ pie}} = 2.21 \text{ plgs}$$

El diámetro nominal más cercano es de **2 ½ pulgadas**.

Hay que determinar la caída de presión en tuberías, la caída de presión por accesorios y válvulas para determinar si el diámetro es correcto es de 2 ½"

Para determinar la caída de presión en tuberías:

$$\Delta P = \frac{N \times V_s \times (GX10-5)^2}{12}$$

Para tubería cédula No. 80 Dn = 2 ½ pulgadas y De = 2.99 pulgadas

$$A = \frac{\pi \times De^2}{4} = \frac{3.1416 \times (2.99)^2}{4}$$

$$A = 7.021 \text{ plgs}^2 = \frac{1 \text{ pie}^2}{12 \text{ plgs}^2} = 0.049 \text{ pies}^2$$

$$W = 3,500 \text{ lbs / hora}$$

$$G = W / A$$

$$G = \frac{3,500 \text{ lbs / hora}}{0.049 \text{ pies}^2}$$

$$G = 71,428.57 \text{ lbs / pies}^2 \cdot \text{hora}$$

La temperatura de saturación a 80 Psi es de 312.07 °F y tomando este valor en la gráfica No. 25 tenemos:

$$\mu = 0.035 \text{ lb masa / pie} \cdot \text{ hora}$$

$$N \text{ Re} = \frac{D_e \times G}{12 \times \mu}$$

$$N \text{ Re} = \frac{0.249 \text{ pies} \times 71,428.57 \text{ lbs / pies}^2 \cdot \text{ hora}}{12 \times 0.035 \text{ lbs masa / pie} \cdot \text{ hora}}$$

$$N \text{ Re} = 4.2 \times 10^4$$

De la figura 27 con $D_e = 3.96$ pulgadas y hierro negro la relación

$$\xi = 0.0065$$

D_e

De la figura 26 con $N \text{ Re} = 4.2 \times 10^4$ y $\xi = 0.0065$

D_e

$$f = 0.033$$

Obtenidos los valores de la ecuación $\Delta P = \frac{f \times L \times V_s \times (G \times 10^{-5})^2}{D_e}$

D_e

Se determina la caída de presión:

$$\Delta P = \frac{0.033 \times 82 \times 5.474 \times (.71)^2}{0.249}$$

$$0.249$$

$$\Delta P = 30 \text{ lbs/pies}^2 = 30 \frac{\text{lbs}}{\text{pies}^2} \times \frac{1 \text{ pie}^2}{12 \text{ plgs}^2}$$

$$\Delta P = 0.21 \text{ lbs/plgs}^2$$

De la tabla de resistencia al flujo por accesorios y válvulas tenemos que:

De tabla II

| | |
|-----------------------|---------------|
| Codos 90° | 14 x 0.7 |
| Válvulas de compuerta | 11 x 0.2 |
| Válvula de cheque | <u>1 x 10</u> |
| | N = 22 |

$$\Delta P = \frac{N \times V_s \times (GX10-5)^2}{12}$$

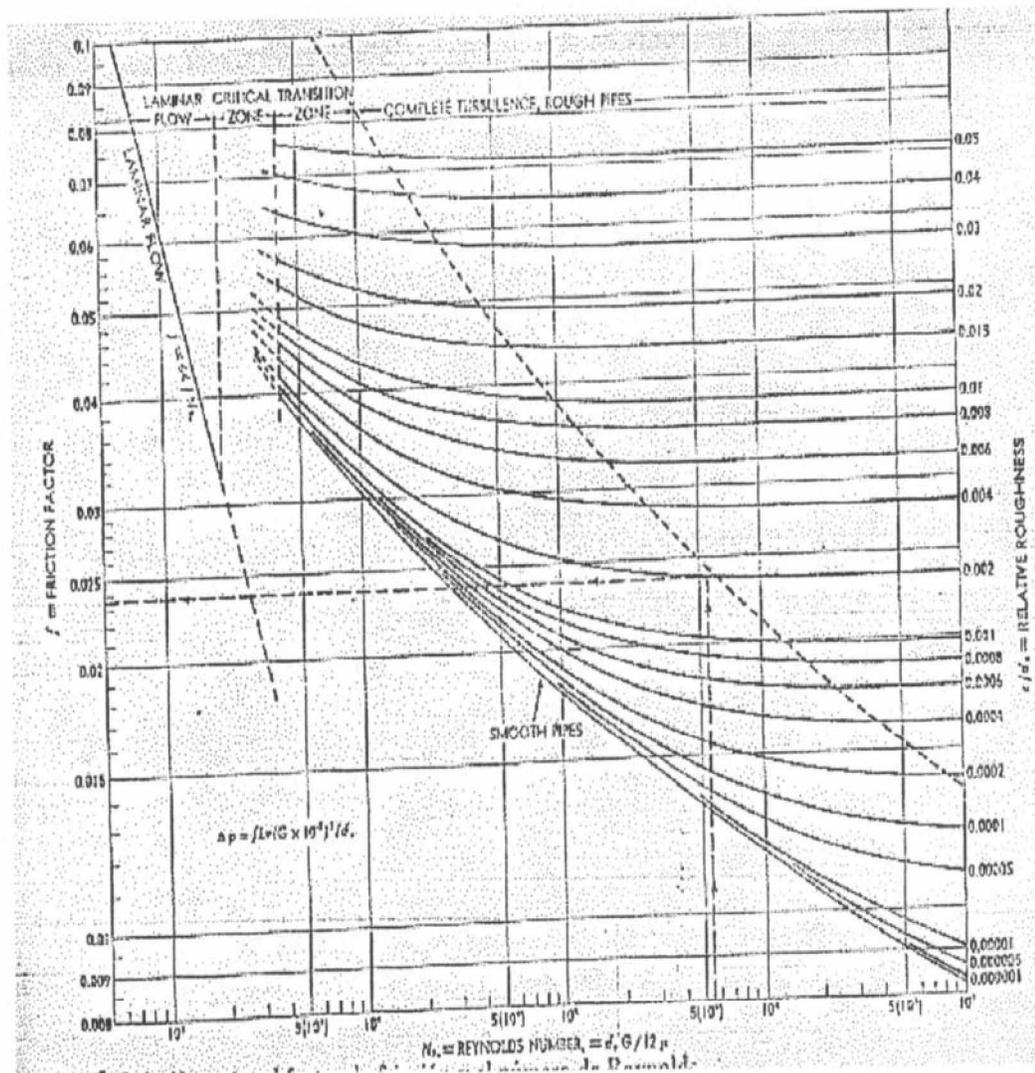
$$\Delta P = \frac{22 \times 5.474 \times (0.42)^2}{12}$$

$$\Delta P = 1.77 \text{ lbs / plg}^2$$

ΔP = la suma total de las caídas de presiones es de 1.98 lbs / plg²

Al realizar la sumatoria de la caída de presión en tuberías y la caída de presión por accesorios y válvulas y restarla a la presión nominal, obtenemos que la presión de trabajo de la línea principal es de 78.02 lb / plg² y la presión máxima que necesitamos en dicha línea es de 60 lb / plg², por lo tanto, el diámetro de tubería adecuado es de 2 ½ “

Figura 26, Relación entre el factor de fricción y el número de Reynolds



Fuente: Jorge Raúl, Soto Obediente. Diseño de líneas de vapor. Pag. 50.

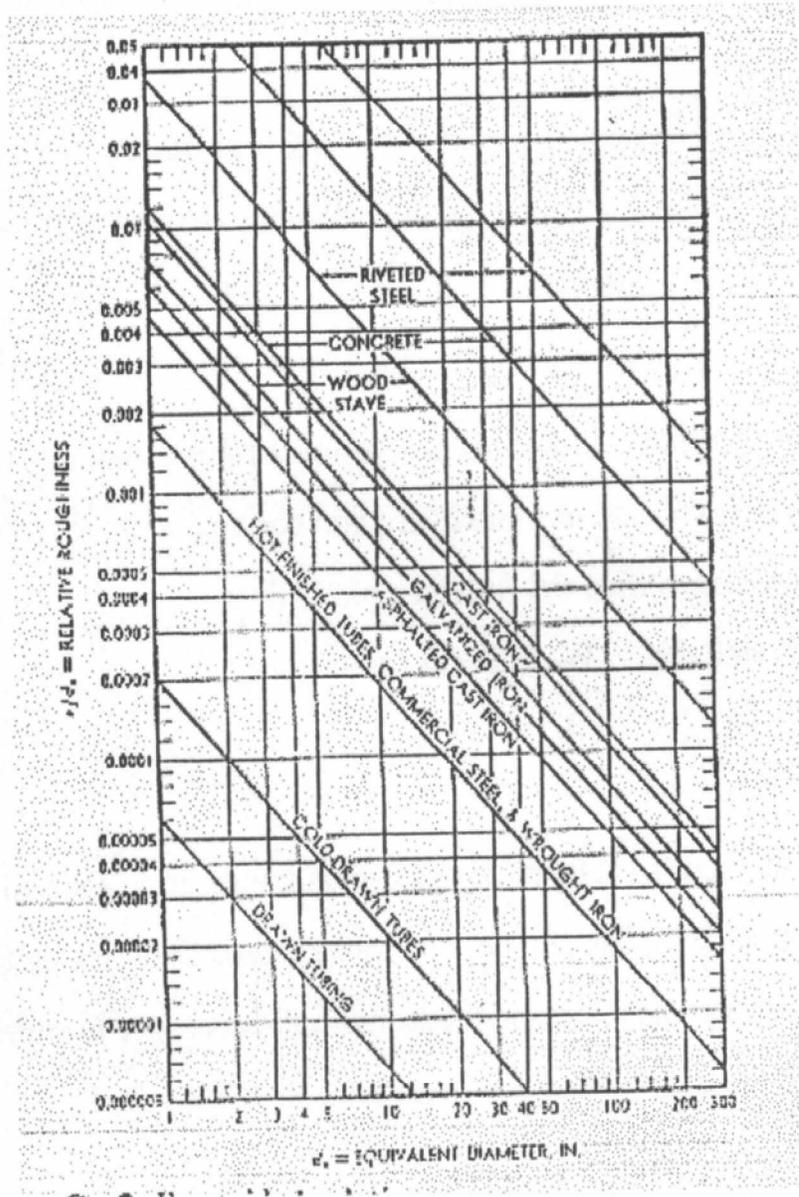
Tabla V. Pérdidas de calor en tuberías de acero desnudas y en superficies planas

PÉRDIDAS DE CALOR EN TUBERÍAS DE ACERO DESNUDAS Y EN SUPERFICIES PLANAS (Rueda - sin aislamiento térmico)

| Diámetro Tubería D. i. g. | Diferencia de Temperatura Grados Fahrenheit entre superficie de tubería y aire ambiente | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|
| | 50 | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 550 | 600 | 650 | 700 | 750 | 800 | 850 | 900 | 950 | 1000 |
| 0.5 | 2.12 | 2.48 | 2.8 | 3.1 | 3.42 | 3.74 | 4.07 | 4.47 | 4.86 | 5.28 | 5.72 | 6.19 | 6.69 | 7.22 | 7.79 | 8.39 | 9.03 | 9.7 | 10.42 | 11.18 |
| 0.75 | 2.08 | 2.43 | 2.74 | 3.04 | 3.33 | 3.67 | 4 | 4.41 | 4.79 | 5.21 | 5.65 | 6.12 | 6.61 | 7.15 | 7.71 | 8.31 | 8.95 | 9.62 | 10.34 | 11.09 |
| 1 | 2.04 | 2.38 | 2.69 | 2.99 | 3.3 | 3.61 | 3.94 | 4.33 | 4.72 | 5.14 | 5.58 | 6.05 | 6.54 | 7.07 | 7.64 | 8.23 | 8.87 | 9.55 | 10.26 | 11.02 |
| 1.25 | 2 | 2.34 | 2.64 | 2.93 | 3.24 | 3.55 | 3.88 | 4.27 | 4.66 | 5.07 | 5.51 | 5.97 | 6.47 | 7 | 7.56 | 8.16 | 8.79 | 9.47 | 10.18 | 10.92 |
| 1.5 | 1.98 | 2.31 | 2.61 | 2.9 | 3.2 | 3.52 | 3.84 | 4.23 | 4.62 | 5.02 | 5.47 | 5.93 | 6.43 | 6.96 | 7.52 | 8.12 | 8.75 | 9.43 | 10.14 | 10.89 |
| 2 | 1.95 | 2.27 | 2.56 | 2.85 | 3.15 | 3.46 | 3.78 | 4.17 | 4.56 | 4.97 | 5.41 | 5.87 | 6.37 | 6.89 | 7.45 | 8.05 | 8.68 | 9.36 | 10.07 | 10.82 |
| 2.5 | 1.92 | 2.23 | 2.52 | 2.81 | 3.11 | 3.42 | 3.74 | 4.12 | 4.51 | 4.92 | 5.36 | 5.82 | 6.31 | 6.84 | 7.4 | 7.99 | 8.63 | 9.3 | 10.01 | 10.77 |
| 3 | 1.89 | 2.2 | 2.49 | 2.77 | 3.07 | 3.37 | 3.69 | 4.08 | 4.46 | 4.87 | 5.31 | 5.77 | 6.26 | 6.79 | 7.35 | 7.94 | 8.57 | 9.25 | 9.96 | 10.7 |
| 3.5 | 1.87 | 2.18 | 2.46 | 2.74 | 3.04 | 3.34 | 3.66 | 4.05 | 4.43 | 4.84 | 5.27 | 5.73 | 6.23 | 6.75 | 7.31 | 7.91 | 8.54 | 9.21 | 9.92 | 10.67 |
| 4 | 1.85 | 2.16 | 2.44 | 2.72 | 3.01 | 3.32 | 3.64 | 4.02 | 4.4 | 4.81 | 5.25 | 5.71 | 6.2 | 6.72 | 7.28 | 7.87 | 8.51 | 9.18 | 9.89 | 10.64 |
| 4.5 | 1.84 | 2.14 | 2.42 | 2.7 | 2.99 | 3.3 | 3.63 | 4 | 4.38 | 4.79 | 5.22 | 5.68 | 6.17 | 6.69 | 7.25 | 7.85 | 8.48 | 9.15 | 9.86 | 10.61 |
| 5 | 1.83 | 2.13 | 2.4 | 2.68 | 2.97 | 3.28 | 3.59 | 3.97 | 4.35 | 4.75 | 5.2 | 5.65 | 6.15 | 6.68 | 7.23 | 7.82 | 8.45 | 9.12 | 9.83 | 10.58 |
| 6 | 1.8 | 2.1 | 2.37 | 2.65 | 2.94 | 3.24 | 3.55 | 3.94 | 4.32 | 4.72 | 5.16 | 5.61 | 6.1 | 6.63 | 7.19 | 7.78 | 8.41 | 9.08 | 9.79 | 10.55 |
| 7 | 1.79 | 2.08 | 2.35 | 2.63 | 2.91 | 3.21 | 3.53 | 3.91 | 4.29 | 4.69 | 5.13 | 5.58 | 6.07 | 6.6 | 7.15 | 7.75 | 8.38 | 9.05 | 9.76 | 10.51 |
| 8 | 1.77 | 2.06 | 2.33 | 2.6 | 2.89 | 3.19 | 3.5 | 3.88 | 4.26 | 4.67 | 5.1 | 5.56 | 6.05 | 6.57 | 7.12 | 7.72 | 8.35 | 9.02 | 9.73 | 10.48 |
| 9 | 1.76 | 2.05 | 2.31 | 2.59 | 2.87 | 3.17 | 3.48 | 3.86 | 4.24 | 4.65 | 5.08 | 5.53 | 6.02 | 6.54 | 7.1 | 7.69 | 8.32 | 8.99 | 9.7 | 10.45 |
| 10 | 1.75 | 2.03 | 2.3 | 2.57 | 2.85 | 3.15 | 3.46 | 3.84 | 4.22 | 4.62 | 5.05 | 5.51 | 6 | 6.52 | 7.08 | 7.67 | 8.3 | 8.97 | 9.68 | 10.43 |
| 12 | 1.73 | 2.01 | 2.27 | 2.54 | 2.82 | 3.12 | 3.43 | 3.81 | 4.19 | 4.59 | 5.02 | 5.48 | 5.96 | 6.48 | 7.04 | 7.63 | 8.26 | 8.93 | 9.64 | 10.39 |
| 14 | 1.72 | 2 | 2.26 | 2.53 | 2.81 | 3.11 | 3.41 | 3.79 | 4.17 | 4.57 | 5 | 5.46 | 5.94 | 6.47 | 7.02 | 7.61 | 8.24 | 8.91 | 9.62 | 10.37 |
| 16 | 1.7 | 1.98 | 2.24 | 2.51 | 2.79 | 3.08 | 3.39 | 3.77 | 4.14 | 4.55 | 4.98 | 5.43 | 5.92 | 6.44 | 6.99 | 7.58 | 8.21 | 8.88 | 9.59 | 10.34 |
| 18 | 1.69 | 1.96 | 2.22 | 2.49 | 2.77 | 3.07 | 3.37 | 3.75 | 4.12 | 4.53 | 4.96 | 5.41 | 5.9 | 6.42 | 6.97 | 7.56 | 8.19 | 8.86 | 9.57 | 10.32 |
| 20 | 1.68 | 1.95 | 2.21 | 2.47 | 2.75 | 3.05 | 3.36 | 3.73 | 4.11 | 4.51 | 4.94 | 5.39 | 5.88 | 6.4 | 6.95 | 7.54 | 8.17 | 8.84 | 9.55 | 10.29 |
| Superficie Plana | 1.64 | 2.14 | 2.42 | 2.7 | 3 | 3.3 | 3.62 | 4 | 4.38 | 4.79 | 5.22 | 5.68 | 6.17 | 6.7 | 7.26 | 7.85 | 8.48 | 9.15 | 9.86 | 10.62 |
| Superficie Plana con aislamiento | 2.02 | 2.37 | 2.67 | 2.97 | 3.29 | 3.59 | 3.92 | 4.31 | 4.7 | 5.12 | 5.56 | 6.02 | 6.52 | 7.05 | 7.61 | 8.21 | 8.85 | 9.52 | 10.24 | 10.99 |
| Superficie Plana con aislamiento térmico | 1.61 | 1.86 | 2.11 | 2.36 | 2.64 | 2.93 | 3.23 | 3.6 | 3.97 | 4.37 | 4.81 | 5.25 | 5.73 | 6.25 | 6.8 | 7.39 | 8.02 | 8.6 | 9.29 | 10.1 |

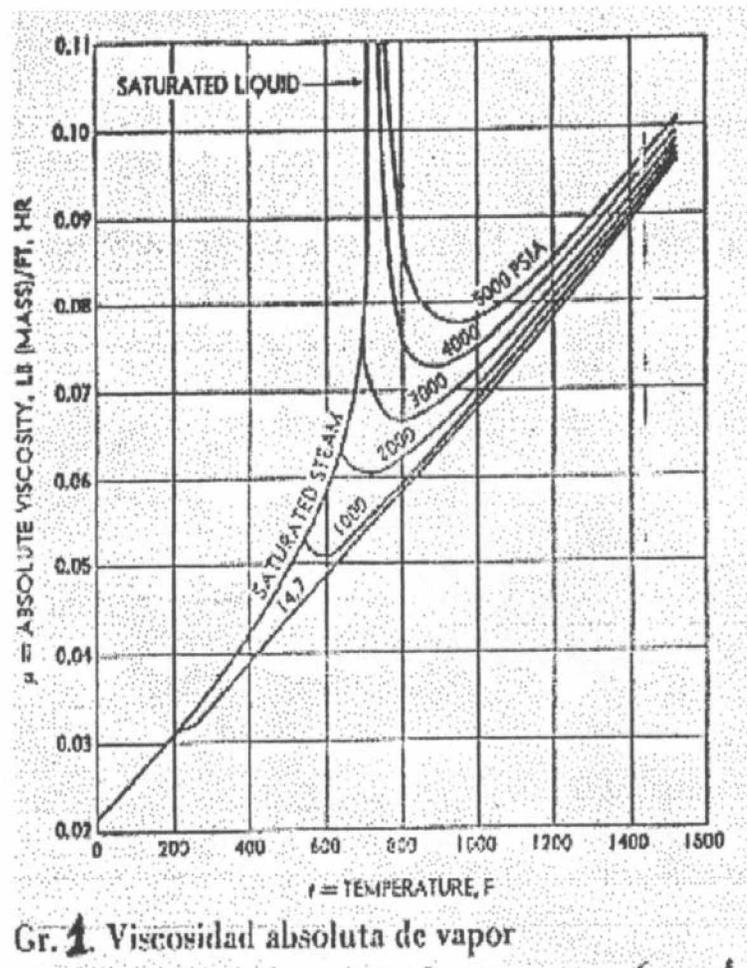
Fuente: Augusto Enrique, Lieb Nájera. Propuesta de mejoramiento de la administración energética en el sistema de vapor de una planta de confitería. Pag. 64.

Figura 27, Rugosidad relativa



Fuente: Jorge Raúl, Soto Obediente. Diseño de líneas de vapor. Pag. 50.

Figura 25, Viscosidad absoluta de vapor



Fuente: Jorge Raúl, Soto Obediente. Diseño de líneas de vapor. Pag. 50.

Tabla III. Factores de seguridad según aplicación

Factores de Seguridad Recomendados para Trampas de Vapor

El factor de seguridad real a utilizar en cualquier aplicación dependerá de la exactitud de:

1. Carga estimada.
2. Presión estimada en la trampa.
3. Contrapresión estimada.

| Tipo de Trampa | Factor de seguridad |
|-------------------------------------|---------------------|
| Termostática de presión balanceada. | 2-4 |
| Termostática termométrica. | 1.5-2.5 |
| Termostática de expansión líquidos. | 2-4 |
| Bimetálica. | 2-3 |
| Flotador termostático. | 1.5-2.5 |
| Cubeta invertido. | 2-3 |
| Termodinámica. | 1.2-2 |

Factor de Seguridad Según la Aplicación

| | General | Con control de temp. |
|--|---------|----------------------|
| Drenaje de líneas de tubería. | 2 | |
| Tanques con equipo calefactor | 2 | |
| Intercambiadores de calor | 2 | |
| Baterías para calentamiento de aire | 2 | 3 |
| Serpentines para calentamiento de aire | 2 | 4 |
| Serpentines sumergidos (Drenaje a nivel del serpentín) | 2 | |
| Serpentines sumergidos (Drenaje por sifón) | 3 | |
| Cilindros rotativos | 3 | |
| Línea de acompañamiento o trazas de vapor | 2 | |
| Prensa | 2 | |

En general, use factor 2, excepto para serpentines de calentamiento de aire controlado termostáticamente, en convertidores y en aplicaciones de sifón.

Fuente: Augusto Enrique, Lieb Nájera. Propuesta de mejoramiento de la administración energética en el sistema de vapor de una planta de confitería. Pag. 151.

2.9 Cálculo de capacidad de trampas de vapor

Para seleccionar una trampa es necesario tomar en cuenta 5 pasos que se dan en el siguiente detalle:

1.- Escoger el tipo de trampa:

Según la aplicación y la importancia de los diferentes enumerados en la siguiente lista, posiblemente con las sugerencias del fabricante o su representante, se escoge el tipo de trampa adecuada.

Carga de condensado**

| Tipo de trampa | Baja | Media | Alta |
|-----------------------|------|-------|------|
| Flotador y termostato | 18 | 20 | 19 |
| Cubeta invertida | 23 | 22 | 17 |
| Bimetálica | 10 | 12 | 15 |
| Fuelle | 16 | 23 | ---- |
| Expansión | 17 | ---- | ---- |
| Disco | 22 | 18 | 15 |
| Pistón | 17 | 19 | 20 |
| Orificio | 16 | 16 | 16 |

Áreas de evaluación

| | |
|------------------------------|---------------|
| Pérdida de vapor | 0 – 10 |
| Vida útil | 0 – 8 |
| Respuesta a carga lb/hora | 0 – 6 |
| Tamaño físico | 0 – 3 |
| Venteo de gases | 0 – 2 |
| Costo | <u>0 – 1</u> |
| Total | 0 – 30 |

**Carga de condensado

| |
|----------------------|
| Baja < 100 lbs/hora |
| Mediana 100 -- 1000 |
| Alta > 1000 lbs/hora |

2.- Calcular la carga de condensado

Con la ayuda de cuadros se puede llegar a una buena aproximación de la carga de condensado

3.- Aplicar el factor de seguridad

Es importante saber que los fabricantes usan diferentes factores de seguridad. Multiplicar la carga de condensado calculada por el factor de seguridad.

4.- Determinar la presión diferencial

Del lado de vapor, la presión es conocida, pero del lado del condensado tiene que tomarse en cuenta la presión final del sistema, la distancia de la trampa al punto de presión final y la elevación del sistema

5.- Seleccionar la trampa

Usando cuadros o tablas provistos por el fabricante, con los datos de los pasos 3 y 4, la selección de la trampa es sencilla.

A continuación se presenta una tabla, de la cual se puede obtener información para seleccionar con mayor exactitud una trampa, así como también se presentan las ventajas y desventajas que posee cada una de ellas.

2.10 Instalación de tubería en lavadora línea 2

La instalación en la tubería de la lavadora de la línea número dos esta comprendida por una línea de ingreso de vapor o tubería principal de tres pulgadas de diámetro ($\varnothing = 3''$), y una longitud de aproximadamente diez metros

(L = 10 mts), en la cual se instalará aislamiento térmico de fibra de vidrio forrado con canaletas de aluminio de tres pulgadas de diámetro ($\varnothing = 3''$).

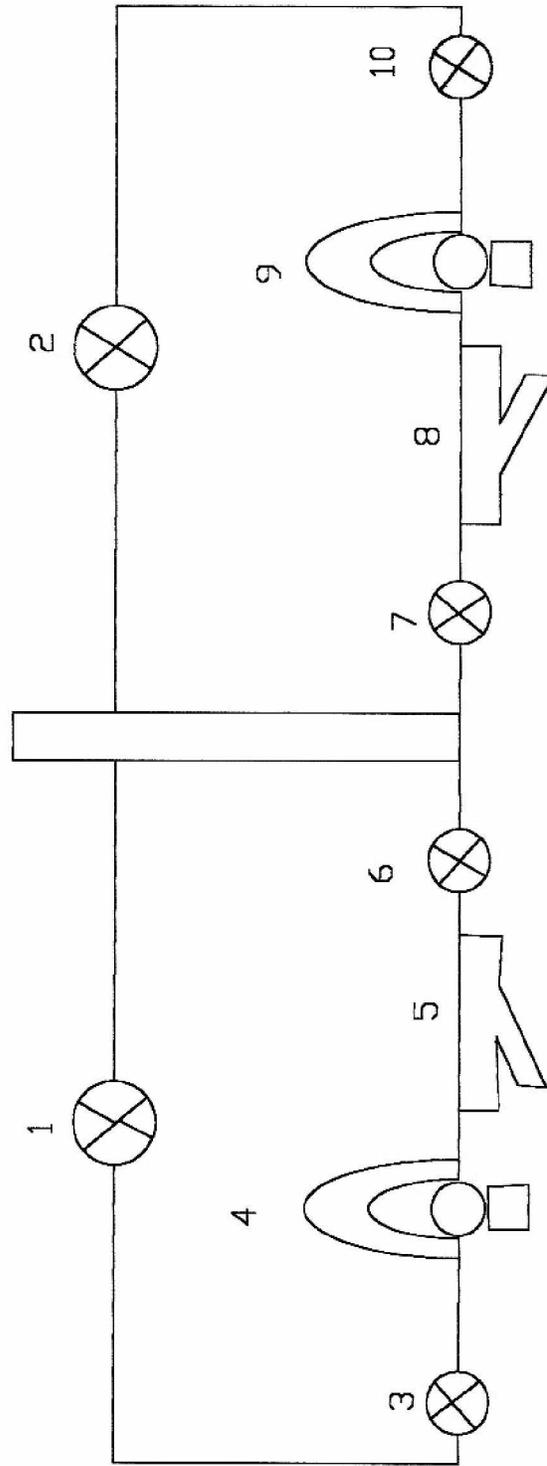
El diámetro adecuado de tubería se diseño y calculó anteriormente descrito, y fue necesario el cálculo de la carga de vapor que la maquina requería para su funcionamiento.

Por medio de una tee y una reducción de diámetro, el vapor proveniente de la línea principal se desprenderá a dos redes de distribución de vapor, las cuales consisten en una llave de paso tipo globo de dos pulgadas y media de diámetro ($\varnothing = 2 \frac{1}{2}''$), seguidamente, otra llave de paso tipo globo de dos pulgadas y media de diámetro ($\varnothing = 2 \frac{1}{2}''$) antes de ingresar al filtro tipo Y, dos pulgadas y media de diámetro ($\varnothing = 2 \frac{1}{2}''$) para pasar por la reguladora de presión, pasando por otra llave de paso de dos pulgadas y media de diámetro ($\varnothing = 2 \frac{1}{2}''$).

La otra porción de vapor que se desvió en la tee, va dirigida a otra red de distribución de vapor idéntica a la anteriormente mencionada, esto se hace con la finalidad de nivelar la presión así lo requiera la maquinaria que se este trabajando, así como también el aprovechamiento al máximo del vapor.

La válvula reguladora de presión que se instaló es de acción directa que es compacta y de alto rendimiento, es ideal para equipos de lavanderías, tintorerías, equipos de hospitales, moldes de llantas, humidificadores, calentadores, lavadoras y aplicaciones de procesado de alimentos.

Diagrama de tubería en la lavadora de la línea 2



- 1- Llave de paso tipo globo 2½ plgs
- 2- Llave de paso tipo globo 2½ plgs
- 3- Llave de paso tipo globo 2½ plgs
- 4- Válvula reguladora 2½ plgs
- 5- Filtro tipo Y 2½ plgs
- 6- Llave de paso tipo globo 2½ plgs
- 7- Llave de paso tipo globo 2½ plgs
- 8- Filtro tipo Y 2½ plgs
- 9- Válvula reguladora 2½ plgs
- 10- Llave de paso tipo globo 2½ plgs

2.11 Instalación de tubería en sala de marmitas

La instalación en la tubería en sala de marmitas, comprendida por una línea de ingreso de vapor o tubería principal de dos y media pulgadas de diámetro ($\varnothing = 2 \frac{1}{2}$ "), y una longitud de aproximadamente quince metros ($L = 15$ mts), en la cual se instalará aislamiento térmico de fibra de vidrio forrado con canaletas de aluminio de tres pulgadas y media de diámetro ($\varnothing = 3 \frac{1}{2}$ ").

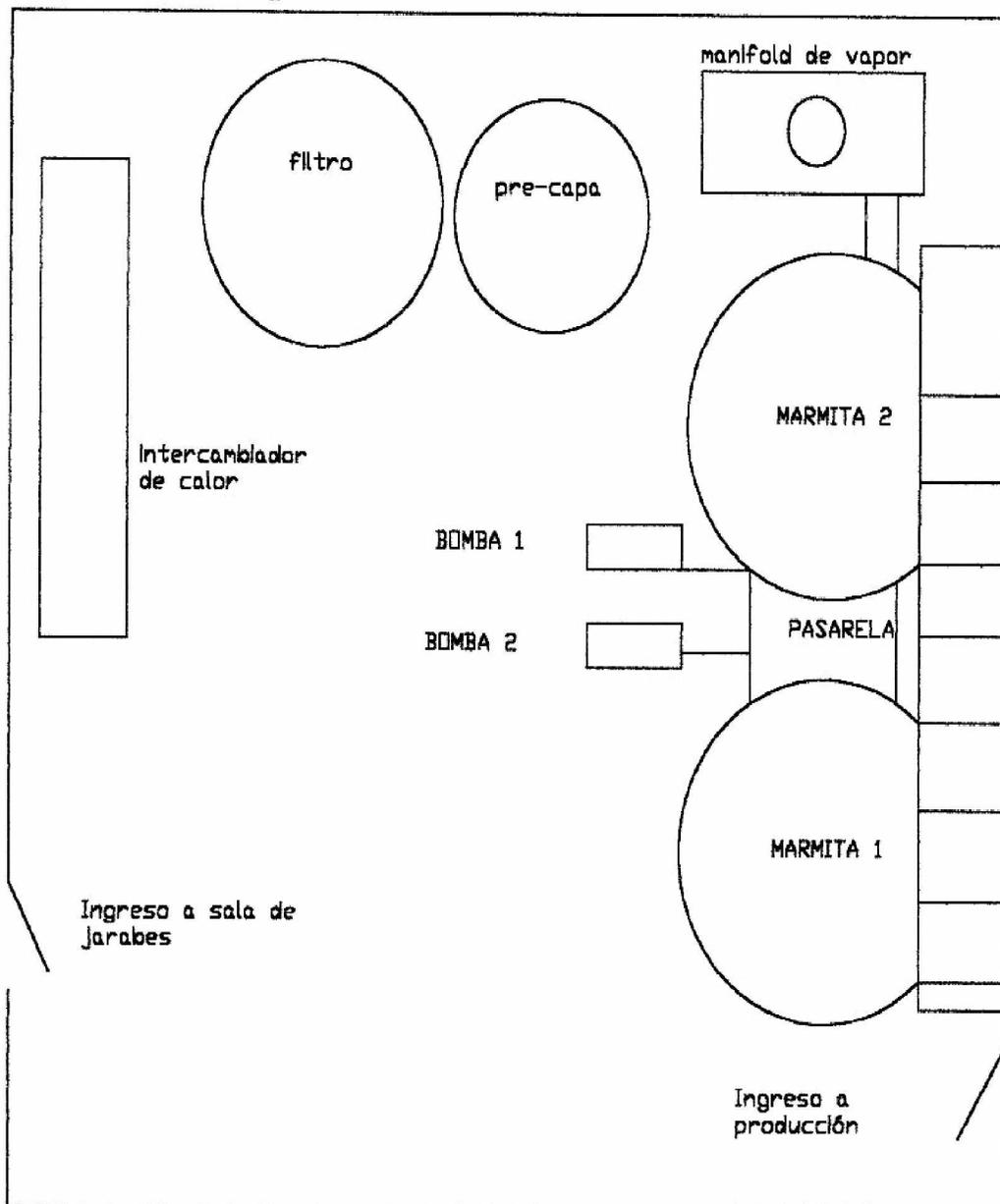
El diámetro adecuado de tubería se diseñó y calculó anteriormente, y fue necesario el cálculo de la carga de vapor que la maquina requería para su funcionamiento.

El ingreso del vapor esta constituido por una tubería de hierro negro cédula ochenta, llegando hasta un manifold donde se desprenden dos porciones de vapor por medio de dos tuberías de hierro negro también de cédula ochenta, una tubería es para cada marmita.

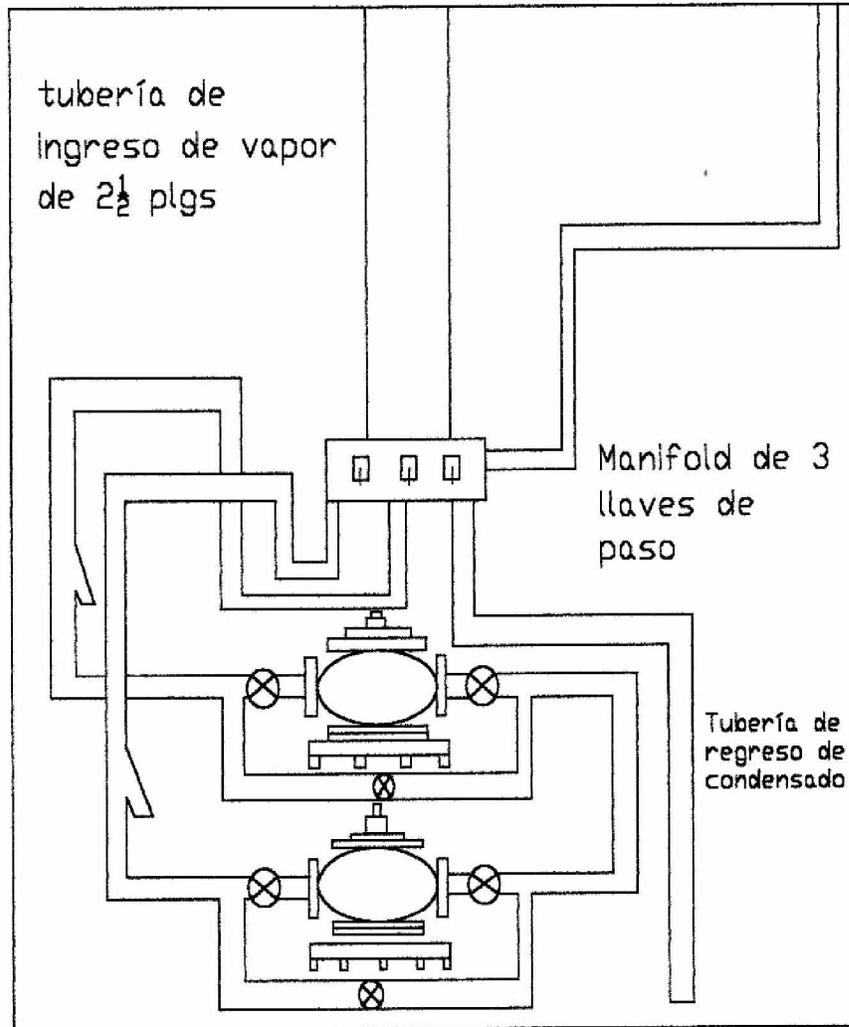
El tramo del vapor, consiste en conducirse por una llave de paso tipo globo de pulgadas y media de diámetro ($\varnothing = 2 \frac{1}{2}$ "), seguidamente, otra llave de paso tipo globo de dos pulgadas y media de diámetro ($\varnothing = 2 \frac{1}{2}$ ") antes de ingresar al filtro tipo Y, dos pulgadas y media de diámetro ($\varnothing = 2 \frac{1}{2}$ ") para pasar por la reguladora de presión, pasando por otra llave de paso de dos pulgadas y media de diámetro ($\varnothing = 2 \frac{1}{2}$ ") donde será guiada a su consumo.

La válvula reguladora de presión que se instaló es de piloto externo y de alto rendimiento y para situaciones donde se requieren grandes capacidades. Su uso típico es en aplicaciones intermitentes, incluyendo instalaciones con intercambiadores de calor, serpentines, equipos de proceso y sistemas de calefacción, así como también para procesos de alimentos.

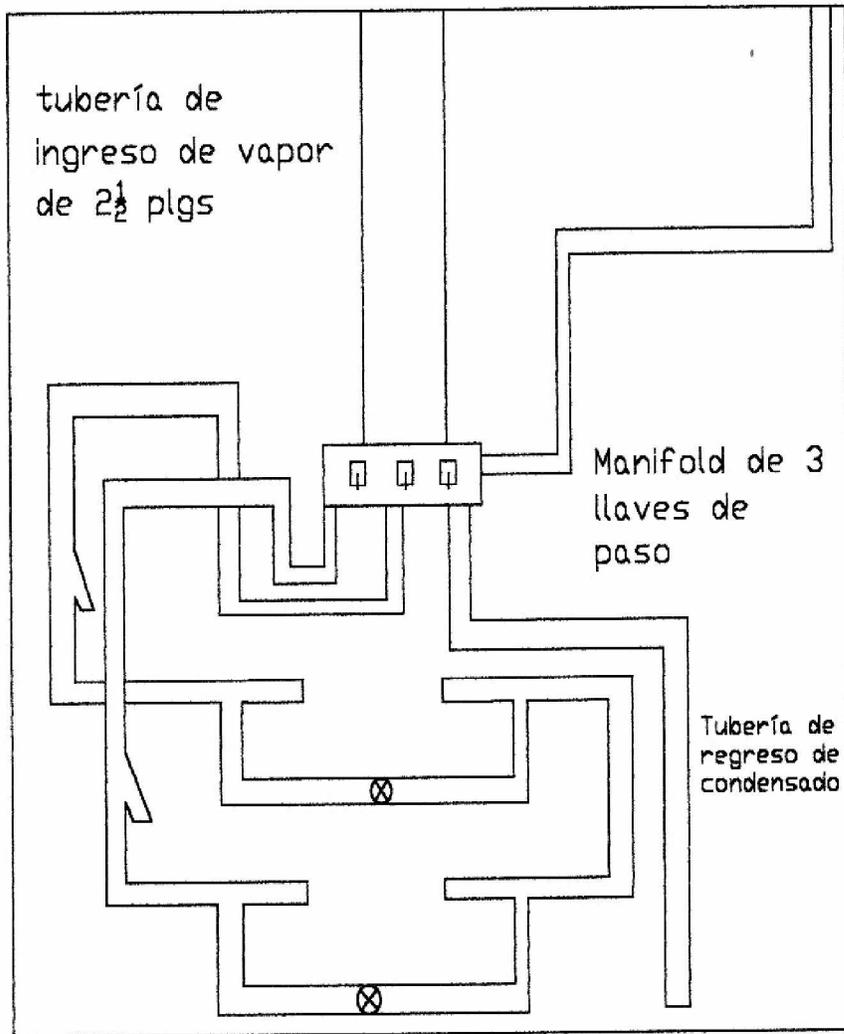
Diagrama de sala de marmitas



2.12 Diagrama de tubería sala de marmitas con red de distribución



2.12 Diagrama de tubería sala de marmitas sin red de distribución



2.12 Eliminación de fugas y accesorios en mal estado

Para la eliminación de fugas y accesorios en mal estado se necesitó la ayuda de los mecánicos de la planta, eliminando así un total de veintiséis fugas y no fue necesario reemplazar ninguna pieza, reduciendo así el costo de mantenimiento.

Para reparar las piezas de vapor fue necesario la utilización de materiales como: grafito y asbesto, estos materiales son elaborados bajo estricto control de calidad a la tracción, al calor, a los químicos y a la intemperie y esa es la razón por la que se utilizaron dichos materiales.

Las llaves de paso o llaves de globo llevan alrededor una estopa, cuya finalidad es ajustarse a las paredes del metal para limitar la salida o de vapor. En todos los casos el problema de la estopa es que va sufriendo cierto desgaste al tener contacto con el metal y con el tubo pequeño que limita la salida de vapor, esta ocasiona que por el contacto la estopa se valla desgastando y produzca pequeñas fugas que serán eliminadas apretando mas fuerte las llaves, pero llega un punto en que la estopa ya no es suficiente para detener la fuga y entonces es necesario reemplazar la estopa por completo.

2.13 Complementación del aislamiento térmico

El aislamiento térmico es muy importante ya que mantiene el calor dentro de la tubería evitando así pérdidas de energía y de combustible lo que trae a la empresa pérdidas económicas. Para complementar el aislamiento térmico es necesario instalar nueve metros de dicho elemento en la tubería principal lo que equivale a treinta pies, para una tubería de cuatro pulgadas y media de diámetro ($\varnothing = 4 \frac{1}{2}$ "), así mismo se necesitan dos codos de noventa grados de dos pulgadas ($\varnothing = 2$ "), dos codos de noventa grados de dos pulgadas y media ($\varnothing = 2 \frac{1}{2}$).

Para la tubería de regreso de condensado se necesita tres metros y medio de aislamiento para una tubería de dos pulgadas y media de diámetro ($\varnothing = 2 \frac{1}{2}$), y cinco metros equivalente a dieciséis pies y medio para una tubería de diámetro de dos pulgadas ($\varnothing = 2$ "), y para tres codos de noventa grados de una pulgada y media de diámetro ($\varnothing = 1 \frac{1}{2}$ ").

Las pérdidas que esta falta de aislamiento térmico ocasiona a la planta de bebidas carbonatadas equivale a:

Tubería de 5"

Para una presión promedio de 80 PSI, temperatura ambiente de 88 °F
Con el volumen y la velocidad elegida, sustituyendo en la ecuación de continuidad se tiene que:

$$A = 2 \times \pi \times r \times L$$

$$D_{\text{int}} = 4.5 \text{ plgs} \quad D_{\text{ext}} = 5 \text{ plgs}$$

$$D_{\text{ext}} = 5 \text{ plgs} \times \frac{1 \text{ pie}}{12 \text{ plg}} = 0.416 \text{ pies} \quad 0.416 / 2 = 0.208 \text{ pies} = r_{\text{ext}}$$

$$A = 2 \times 3.1416 \times 0.208 \times 30 = 39.2 \text{ pies}^2$$

Por medio de las tablas de vapor para una presión de 80 Psi se determina la temperatura de 312.07 °F y una temperatura ambiente de 88 °F.

$$\Delta T = 312.07 - 88$$

$$\Delta T = 224.07 \text{ °F}$$

Con un diámetro de 5 pulgadas y un diferencial de temperatura de 224.07 °F

Por medio de la tabla V se determina el valor de U que es:

$$U = 2.97 \text{ Btu / hr} \cdot \text{pie}^2 \cdot ^\circ\text{F}$$

$$Q = 2.97 \text{ Btu / hr} \cdot \text{pie}^2 \cdot ^\circ\text{F} \times 39.2 \text{ pies}^2 \times 224.07 ^\circ\text{F}$$

$$Q = 26,087.80 \text{ Btu / hr}$$

Para determinar la pérdida de combustible se utiliza la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{Q perdido}}{\text{Poder calorífico del bunker}} = \frac{26,087.80}{149,364} = 0.179 \text{ galones de bunker / hora}$$

$$0.179 \frac{\text{galones de bunker}}{\text{hora}} \times \frac{14.5 \text{ hrs}}{\text{día}} \times \frac{240 \text{ días}}{\text{año}}$$

607.81 galones de bunker al año

Con un precio de Q 8.91 el galón se tiene una pérdida económica de:

$$607.81 \times 8.91 = \mathbf{5,415.62 \text{ quetzales al año.}}$$

Tubería de diámetro de 2 ½"

Para una presión promedio de 80 PSI, temperatura ambiente de 88 °F
Con el volumen y la velocidad elegida, sustituyendo en la ecuación de
continuidad se tiene que:

$$A = 2 \times \pi \times r \times L$$

$$D_{\text{int}} = 2 \text{ plgs} \quad D_{\text{ext}} = 2.5 \text{ plgs}$$

$$D_{\text{ext}} = 2.5 \text{ plgs} \times \frac{1 \text{ pie}}{12 \text{ plg}} = 0.208 \text{ pies} \quad 0.208 / 2 = 0.104 \text{ pies} = r_{\text{ext}}$$

$$A = 2 \times 3.1416 \times 0.104 \times 11.5 = 7.52 \text{ pies}^2$$

Por medio de las tablas de vapor para una presión de 80 Psi se determina la
temperatura de 312.07 °F y una temperatura ambiente de 88 °F.

$$\Delta T = 312.07 - 88$$

$$\Delta T = 224.07 \text{ °F}$$

Con un diámetro de 2.5 pulgadas y un diferencial de temperatura de
224.07 °F

Por medio de la tabla V se determina el valor de U que es:

$$U = 3.11 \text{ Btu / hr} \cdot \text{pie}^2 \cdot \text{°F}$$

$$Q = 3.11 \text{ Btu / hr} \cdot \text{pie}^2 \cdot \text{°F} \times 7.52 \text{ pies}^2 \times 224.07 \text{ °F}$$

$$Q = 5,240.36 \text{ Btu / hr}$$

Para determinar la pérdida de combustible se utiliza la siguiente fórmula:

$$\frac{Q \text{ perdido}}{\text{Poder calorífico del bunker}} = \frac{5,240.36}{149,364} = 0.035 \text{ galones de bunker / hora}$$

$$0.035 \text{ galones de } \frac{\text{bunker}}{\text{hora}} \times \frac{14.5 \text{ hrs}}{\text{día}} \times \frac{240 \text{ días}}{\text{año}}$$

122.1 galones de bunker al año

Con un precio de Q 8.91 el galón se tiene una pérdida económica de:

$$122.1 \times 8.91 = \mathbf{1,087.9 \text{ quetzales al año.}}$$

Tubería de diámetro de 2 ½"

Para una presión promedio de 80 PSI, temperatura ambiente de 88 °F
 Con el volumen y la velocidad elegida, sustituyendo en la ecuación de
 continuidad se tiene que:

$$A = 2 \times \pi \times r \times L$$

$$D_{\text{int}} = 2 \text{ plgs} \quad D_{\text{ext}} = 2.5 \text{ plgs}$$

$$D_{\text{ext}} = 2.5 \text{ plgs} \times \frac{1 \text{ pie}}{12 \text{ plg}} = 0.208 \text{ pies} \quad 0.208 / 2 = 0.104 \text{ pies} = r_{\text{ext}}$$

$$A = 2 \times 3.1416 \times 0.104 \times 11.5 = 7.52 \text{ pies}^2$$

Por medio de las tablas de vapor para una presión de 80 Psi se determina la
 temperatura de 312.07 °F y una temperatura ambiente de 88 °F.

$$\Delta T = 312.07 - 88$$

$$\Delta T = 224.07 \text{ } ^\circ\text{F}$$

Con un diámetro de 2.5 pulgadas y un diferencial de temperatura de 224.07 °F

Por medio de la tabla V se determina el valor de U que es:

$$U = 3.11 \text{ Btu / hr * pie}^2 \text{ * } ^\circ\text{F}$$

$$Q = 3.11 \text{ Btu / hr * pie}^2 \text{ * } ^\circ\text{F} \times 7.52 \text{ pies}^2 \times 224.07 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$Q = 5,240.36 \text{ Btu / hr}$$

Para determinar la pérdida de combustible se utiliza la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{Q perdido}}{\text{Poder calorífico del bunker}} = \frac{5,240.36}{149,364} = 0.035 \text{ galones de bunker / hora}$$

$$0.035 \frac{\text{galones de bunker}}{\text{hora}} \times \frac{14.5 \text{ hrs}}{\text{día}} \times \frac{240 \text{ días}}{\text{año}}$$

122.1 galones de bunker al año

Con un precio de Q 8.91 el galón se tiene una pérdida económica de:

$$122.1 \times 8.91 = \mathbf{1,087.9 \text{ quetzales al año.}}$$

2.14 Programa de seguridad e higiene industrial

La seguridad y la salud en el trabajo forman una disciplina muy extensa que recorre una variedad de áreas especializadas. Para que la practica en materia de salud y seguridad laboral consigan los objetivos trazados, es necesaria la colaboración y la participación de los empleadores y de los trabajadores en programas de salud y seguridad, y se deben tener en cuenta distintas cuestiones relativas a la medicina labora, la higiene industrial, la toxicología, la formación del personal, la seguridad técnica e industrial, la ergonomía (que es el estudio de la interacción de las personas con los objetos), la psicología, etc.

Normalmente se considera como menos importante los problemas de salud laboral que a los de seguridad labora, porque generalmente es más difícil resolver los de salud laboral. Ahora bien, cuando se abarca el tema de la salud, obligadamente se aborda el tema de la seguridad, porque, por definición, un lugar de trabajo que esta catalogado como saludable es por consiguiente un lugar de trabajo seguro. Por el contrario, puede que no suceda de la forma inversa, pues puede darse que un lugar de trabajo considerado como seguro no es obligadamente también un lugar de trabajo saludable. Lo importante es que hay que enfocar en todos los lugares de trabajo los problemas de salud y de seguridad. En términos generales, las definiciones de salud y seguridad laborales que se han mencionado abarcan tanto la salud como la seguridad en sus contextos más amplios.

Costo de los accidentes y las enfermedades profesionales

Los accidentes y las enfermedades relacionadas con el trabajo son muy costosos y pueden tener muchas consecuencias graves, tanto directas como indirectas en las vida de los trabajadores y de sus familias. Para los

trabajadores, una enfermedad o un accidente laboral suponen, entre otros, los siguientes costos directos:

- El dolor y el padecimiento de la lesión o enfermedad
- La pérdida de ingresos
- La posible pérdida de empleo
- Los costos que acarrea la atención medica

Se ha calculado que los costos indirectos de un accidente o de una enfermedad pueden ser de cuatro a diez veces mayor que sus costos directos, o incluso más. Una enfermedad o un accidente laboral pueden tener tantísimos costos indirectos para los trabajadores que a menudo es difícil calcularlos. Uno de los costos indirectos mas evidente es el padecimiento humano que se causa en las familias de los trabajadores que no se puede compensar con dinero.

Se estima que los costos de los accidentes laborales para los empleadores también son enormes. Para una pequeña empresa, el costo de tan solo un accidente puede suponer una catástrofe financiera. Para los empleadores, algunos de los costos directos son los siguientes:

- El tener que pagar un trabajo no realizado
- Los pagos que hay que efectuar en concepto de tratamiento medico e indemnización
- La reparación o la situación de maquinas y equipos dañados
- La disminución o la interrupción temporal de la Producción
- El aumento de los gastos en formación y administración
- La posible disminución de la calidad del trabajo
- Las consecuencias negativas en la moral de otros trabajadores

Algunos de los costos indirectos para los empleadores son los siguientes:

- Hay que sustituir al trabajador lesionado o enfermo

- Hay que formar a un nuevo trabajador y darle tiempo para que se acostumbre al puesto de trabajo
- Lleva tiempo hasta que el nuevo trabajador produce al ritmo del anterior
- Se debe dedicar tiempo a las obligadas averiguaciones, a redactar informes y a cumplir con formularios y requisitos
- A menudo, los accidentes suscitan preocupación en los colegas del accidentado e influyen negativamente en las relaciones laborales
- Las malas condiciones sanitarias y de seguridad en el lugar de trabajo también pueden influir negativamente en la imagen pública de la empresa

A continuación se presentan una serie de gestiones que se pueden mejorar o eliminar no solo para la seguridad de los trabajadores sino para el prestigio de la empresa.

Situaciones a mejorar en higiene personal

- **Higiene personal**

Todas las personas cargan consigo bacterias que causan enfermedades, por ello hay que observar las normas de limpieza durante el horario de trabajo. Por lo tanto se recomienda: Personal de Producción (operarios y personal de mantenimiento)

1. Cuidar el aseo personal
2. Mantener las uñas cortas
3. Usar el pelo recogido
4. Usar cofia
5. Dejar el reloj, anillos, aros, cadenas o cualquier otro elemento que pueda tener contacto con algún producto o equipo

6. Si se tiene síntomas de fiebre, tos, molestias estomacales, diarrea, infección nasal o algún resfriado consulte al medico
7. Si esta tomando medicina, guardarla en el casillero o en cualquier lugar lejos del producto

- **Vestimenta adecuada**

1. Bañarse diariamente y use ropa limpia para trabajar
2. Respete el uniforme de la empresa, con los botones abrochados correctamente
3. Cuide que su ropa y calzado estén limpios
4. Use el equipo de seguridad e higiene asignado al área

- **Lavado de manos**

1. Use agua limpia
2. Moje las manos y brazos y utilice jabón
3. Frótelas por 30 segundos
4. Enjágüese bien
5. Séquese bien
6. Lave después de utilizar el sanitario
7. Lave antes de cada comida
8. Lave antes de iniciar sus labores

Situaciones a mejorar en seguridad e higiene industrial

- **Implementar y señalar una ruta de evacuación**

1. Debe existir una ruta de evacuación bien señalizada en caso de que exista cualquier tipo de anomalía o emergencia
2. Las puertas deben de abrirse todas para afuera
3. Deben de existir extintores en cada área de trabajo

- **Colocación de cintas antideslizantes**

1. Deben existir este tipo de cintas en los lugares donde existe mucha evacuación de agua sobre todo en el área de jarabes, de marmitas y en las llenadoras ya que el piso es muy resbaloso y de esta manera se podría prevenir o evitar cualquier tipo de accidente.

- **Limpieza en el área de calderas y tratamiento de agua**

Se debe tomar en cuenta la limpieza de estas áreas por el peligro que representa, ya que cualquier persona podría sufrir algún accidente. Por medio de inspecciones visuales se determino la existencia de:

1. Ladrillos, envases, tapitas, tubos, cajas, metales, escalera, cubetas, envases de químicos, escobas, fugas, tarimas, suciedad, guantes, wyppe, etc.

- **Utilización de instrumentos adecuados**

Las personas encargadas de los análisis en el área de tratamiento de aguas deben utilizar los siguientes instrumentos:

1. Guantes, mascarillas, lentes y cofias.

Las personas que laboran en el área de producción como lo son los operarios, lampareros y supervisores deben tener siempre en cuenta la utilización de los siguientes instrumentos:

1. Tapones anti-ruídos
2. Lentes
3. fajas para las personas que cargan las cajas de bebidas

- **Mejora en las líneas de producción**

1. Debe existir la suficiente visualización entre los pasillos donde transitan montacargas, y, en estos debe existir espejos de altura ubicados en puntos estratégicos para que tanto los pilotos de los

montacargas como las personas que circulan por estos lugares puedan observar si viene algún montacargas.

2. Todos los montacargas deben llevar las luces encendidas
3. Se debe dar limpieza en las líneas de Producción ya que se han observado muchos residuos de vidrios debido a envases explotados en dichas áreas
4. Todas la personas que tengan que cargar cajas o envases es necesario que utilicen alguna faja para la seguridad de la espalda

- **Área de bodegas**

Se observó una serie de desechos y desordenamiento en esta área que pudieran ser eliminados u ordenados según el lugar que les corresponda, entre los objetos observados están:

1. Escobas, tarimas, envases (llenos y vacíos), cajas de bebidas, (llenas y vacías) y bolsas.

- **Área de oficinas**

1. Se ha observado diversos tipos de cajas y papelería que se encuentran desordenadas dentro de las oficinas, impidiendo la postura adecuada de los trabajadores y también dando un aspecto de desorden dentro de la misma.

- **Seguridad en mantenimiento del equipo industrial**

1. Se recomienda que la empresa que brinda mantenimiento a cualquier equipo entregue todo en orden, con la prueba de funcionamiento realizada por ellos y dejando limpia el área donde se realizo el trabajo.

- **Seguridad e higiene en el almacén**

El personal que labora en este departamento debe utilizar el equipo adecuado para realizar su trabajo. El equipo necesario es:

1. Lentes para los que utilizan la maquina de tornos
2. Guantes y careta para los que utilizan soldadura
3. La limpieza en esta área es necesaria ya que se pudo observar restos de trabajos realizados por tornos y algún desordenamiento de materiales que se encuentran en ese lugar

También se observó la existencia de un garrafón de agua pura que se encuentra vacío, es necesario que dicho garrafón se encuentre lleno ya que por las maquinas utilizadas y por el tipo de techo que hay en ese lugar el ambiente se torna a elevadas temperaturas pudiendo ocasionar algún tipo de deshidratación en los trabajadores

Objetivos del programa de seguridad e higiene industrial

- El fomentar y el mantener el máximo grado posible de bienestar físico, mental y social de los trabajadores, no importando su desempeño dentro de la empresa
- La eliminación de las consecuencias negativas entre los trabajadores que las condiciones de trabajo pueden tener en la salud
- La protección de los trabajadores en su lugar de empleo teniendo en cuenta los riesgos a los que puedan dar lugar los factores negativos para la salud tanto como condiciones y como actos inseguros
- La distribución adecuada de los trabajadores y el mantenimiento del área para que sea un ambiente laboral agradable y adaptado a las necesidades física o mentales de cada individuo
- Impartir las instrucciones y recomendaciones necesarias para las actividades laborales de cada uno de los trabajadores
- Evitar al máximo posible las fugas en los distintos departamentos donde se encuentran los equipos.

2.15 Resultados comparativos

Una de las muestras que se presentan en el proyecto para afirmar que la eliminación de fugas es de suma importancia en una línea de vapor, ya que con esto se disminuyó considerablemente el gasto del combustible. Así mismo el tratamiento de agua también es importante ya que si el agua que ingresa a la caldera es tratada y de buena calidad, la evaporación se dará sin menos complicaciones y no dejara hollín ni incrustaciones en las tuberías de la caldera. Con esto el equipo se esta forzando menos, así mismo se reducen los costos de mantenimiento, gastos del combustible, etc.

Con la eliminación de fugas, la instalación de la red de distribución de vapor en la sala de marmitas y en la lavadora de la línea dos, el control del tratamiento de agua, el aislamiento térmico, la reparación de accesorios, trampas en mal estado y que presenten fugas y con el regreso adecuado del condensado la eficiencia se elevo de un 64% a un 70%.

Este aumento en la eficiencia viene a repercutir en la economía de la empresa, ya que con esto se disminuyen los costos de mantenimiento de los equipos, reducción de los costos de mantenimiento, reducción de costos en el stock de repuestos, menor cantidad de agua utilizada en la evaporación, y lo mejor de todo reducción en el consumo de combustible que en este caso es el Bunker.

Con estas demostraciones se mejoró el sistema de vapor de la empresa dedicada al embotellamiento de bebidas carbonatadas S.A. y se puede mejorar cualquier línea de vapor que presente estos problemas causados por el descuido, el personal incapacitado o el bajo presupuesto que pueda tener la empresa.

CONCLUSIONES

- Mediante la instalación y puesta en operación de las válvulas reguladoras de presión en la sala de marmitas, se pudo observar que el vapor se distribuía mejor, ya que no era necesario encender por mucho tiempo la caldera y con esto se reducían los costos de operación y de mantenimiento a la misma.
- Con la eliminación de fugas se obtuvieron resultados positivos en la operación del sistema de generación de vapor, aumentando la eficiencia total del sistema que, básicamente, redundaba en ahorro de combustible y de productos químicos para el tratamiento del agua de alimentación de la caldera.
- Por medio de los cálculos realizados se determinó el diámetro adecuado para la transportación del vapor y así optimizar el consumo del vapor y reducir costos en el combustible.
- Con la creación de la guía para el encendido de calderas, se pudo evitar algún tipo de accidente, no sólo a la maquinaria sino también al operador, ya que en ésta se especifica qué tipo de niveles son los que se deben verificar.
- Debido al mejoramiento del tratamiento de agua antes del ingreso a la caldera, se redujo en gran proporción las incrustaciones en los tubos del equipo, preservando la vida útil de la caldera y reduciendo los costos de mantenimiento en la misma.
- En el proyecto realizado, se pudo reducir el consumo de combustible de 425 galones diarios a un 350, que equivale a 670 quetzales diarios, lo que significa 13,350 quetzales al mes.
- Con la ayuda del programa de seguridad e higiene industrial, se puede reducir el número de lesionados así como también se le da orden y limpieza a las áreas que lo requieren.

RECOMENDACIONES

AL JEFE DE PRODUCCIÓN Y COORDINADOR DE MANTENIMIENTO:

1. Dar la capacitación adecuada al personal que se encarga de la operación de los equipos del sistema de generación de vapor, así como también hacerles ver la importancia del retorno del condensado a la caldera para evitar que abran las llaves del condensado y que el mismo se pierda en la intemperie.
2. Crear un programa de mantenimiento con los operarios (mensual, trimestral, semestral y anual) a todos los equipos del sistema de generación de vapor para aumentar la vida útil de los equipos y de los componentes.
3. Organizar y efectuar un plan o programa de mantenimiento preventivo a las trampas de vapor, el cual consiste en limpieza de filtros, limpieza de la trampa en sí e inspección de válvulas cheques, para así prolongar la vida útil de las mismas.
4. Realizar pláticas con todos los mecánicos, para saber sus necesidades e inquietudes.
5. Verificar constantemente la existencia de repuestos, para tener en existencia en el momento que se requiera y no esperar a que los traigan o que se consigan.
6. Antes de producir jarabe hablar con el supervisor de mantenimiento para saber si se va a trabajar en las líneas de vapor.

BIBLIOGRAFÍA

1. Baumeister, Theodore, Eugene A. Avallone y Theodore Baumeister III. Otros. **Manual del Ingeniero Mecánico. 8va. Edición.** Volumen II. México: Mc.Graw Hill 1988.
2. Creus Solé, Antonio. **Instrumentación Industrial.** 4ta. Edición. México: Marcombo, 1989.
3. Guía para la conservación de vapor en el drenado de condensados
4. Guía para los cursos de montaje y mantenimiento de equipo y vibraciones
5. López Escobar, Rafael Bernal. **Manual para instalaciones de vapor y aire.**
Guatemala. Tesis. USAC. 1986
6. Manual de calderas.
7. Soto Obediente, Jorge Raúl. **Diseño de líneas de vapor.**
Guatemala, Tesis. USAC. 1972. 67pp.
8. Sett Oliva, Oscar Rolando. **Conducción de vapor a través de tuberías**
Guatemala. Tesis. USAC.