



# Reporte Final de Estadía

Claudio Regalado Sánchez

Mantenimiento Preventivo a Equipos  
Auxiliares a las Calderas No.11, No.12,  
No.13, No.14, No.15.



# Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz

Programa Educativo  
Ingeniería en Mantenimiento Industrial

Reporte para obtener título de  
Ingeniero en Mantenimiento Industrial

Proyecto de estadía realizado en la empresa

CENTRAL EL POTRERO, S.A DE C.V.

Nombre del proyecto

Mantenimiento Preventivo a Equipos Auxiliares a las Calderas  
No.11, No.12, No.13, No.14, No.15.

Cuitláhuac, Ver. A 16 de Abril del 2018.



# Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz

Programa Educativo  
Ingeniería Mantenimiento Industrial

Nombre del Asesor Industrial  
Ing. Carlos Alberto Marín Martínez

Nombre del Asesor Académico  
Eduardo Hernández Hernández

Jefe de Carrera  
Ing. Gonzalo Malagón González

Nombre del Alumno  
Claudio Regalado Sánchez

## Contenido

<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	<b>1</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>2</b>
<b>CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>3</b>
<b>1.1 Estado del Arte</b> .....	<b>4</b>
<b>1.1.1 Mantenimiento</b> .....	<b>4</b>
<b>1.1.2 Mantenimiento correctivo</b> .....	<b>5</b>
<b>1.1.3 Mantenimiento predictivo</b> .....	<b>6</b>
<b>1.1.4 Mantenimiento preventivo</b> .....	<b>6</b>
<b>1.1.5 Vapor:</b> .....	<b>8</b>
<b>1.1.6 Combustión</b> .....	<b>10</b>
<b>1.1.7 Combustible</b> .....	<b>10</b>
<b>1.1.8 Comburente</b> .....	<b>11</b>
<b>1.1.9 Caldera</b> .....	<b>12</b>
<b>1.1.10 Equipos importantes de la caldera acuotubular</b> .....	<b>19</b>
<b>1.2 Planteamiento del Problema</b> .....	<b>44</b>
<b>1.3 Objetivos</b> .....	<b>45</b>
<b>1.3.1. General</b> .....	<b>45</b>
<b>1.3.2 Especifico</b> .....	<b>45</b>
<b>1.4 Definición de variables</b> .....	<b>45</b>
<b>1.5 Hipótesis</b> .....	<b>46</b>
<b>1.6 Justificación del Proyecto</b> .....	<b>46</b>
<b>1.7 Limitaciones y Alcances</b> .....	<b>47</b>
<b>1.8 La Empresa</b> .....	<b>48</b>
<b>CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA</b> .....	<b>51</b>

<i>2.1 Conocimientos del Área y medidas de seguridad</i> .....	51
<i>2.2 Conocimiento de operación dentro del área de calderas</i> .....	53
<i>2.3 Descripción de los diferentes tipos de caldera</i> .....	53
<i>2.4 Descripción de los componentes de la caldera</i> .....	54
<i>2.6 Descripción de los equipos auxiliares de una caldera</i> .....	58
<i>2.8 Parámetros de tratamiento de aguas</i> .....	58
<i>2.9 Descripción de operación y mantenimiento turbinas</i> .....	60
<i>2.10 Descripción de operación de ventiladores inducidos, forzados, esparcidos, toberas y fluidizados</i> .....	63
<i>2.11 Descripción, mantenimiento y operación de reductores de velocidad.</i> .....	66
<b>CAPÍTULO 3. DESARROLLO DEL PROYECTO</b> .....	<b>70</b>
<i>4.1 Resultados</i> .....	87
<i>4.3 Recomendaciones</i> .....	88
<i>ANEXOS 1. Generación de vapor</i> .....	90
<i>Anexos 2. toneladas de productos</i> .....	91
<i>Anexos 3. Resultados por día</i> .....	92
<i>Anexos 4. Consumido por día</i> .....	93
<i>Anexos 5. Consumos en libras y toneladas</i> .....	94
<i>Anexos 6. Datos de vapor</i> .....	95
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>96</b>

## Tabla de ilustraciones

Ilustración 1. Diagrama de bomba centrífuga.....	19
Ilustración 2 impulsor bomba centrífuga.....	21
Ilustración 3 bomba tipo barrilete.....	23
Ilustración 4. Turbina.....	24
Ilustración 5 rodetes de ventilador de chapa de acero y multialabe.....	25

Ilustración 6 Los ventiladores multialabes pueden tener las hojas curvadas hacia delante 0 hacia atrás (del sentido de rotación).....	25
Ilustración 7 compuestos de bagazo.....	30
Ilustración 8 diagrama mollier .....	31
Ilustración 9. Formas de instalación.....	32
Ilustración 10. Economizador.....	32
Ilustración 11 alimentador un rodillo.....	34
Ilustración 12 Alimentador dos rodillos .....	35
<i>Ilustración 13 tipos de reductores .....</i>	<i>38</i>
Ilustración 14 chumaceras .....	40
Ilustración 15 sopladores hollín .....	41
<i>Ilustración 16. Ubicación de la empresa .....</i>	<i>49</i>
Ilustración 17 ventiladores.....	60
Ilustración 18 Averías parte 1 .....	68
<i>Ilustración 19 Averías parte 2.....</i>	<i>69</i>
Ilustración 20 central potrero .....	70
Ilustración 21 motor eléctrico trifásico .....	78
Ilustración 22 cadena de bagazo y línea transmisión. ....	80
Ilustración 23 Resorte de válvulas de seguridad.....	81
Ilustración 24. Mantenimiento parte1 .....	81
Ilustración 25 mantenimiento a válvula parte. 2 .....	82
Ilustración 26 tambores de pines.....	84
Ilustración 27 mantenimiento reductor.....	85

## **AGRADECIMIENTOS**

El presente trabajo de tesis primeramente me gustaría agradecerle a ti Dios por bendecirme para llegar hasta donde he llegado, porque hiciste realidad este sueño anhelado.

A la UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DEL CENTRO DE VERACRUZ por darme la oportunidad de estudiar y ser un profesional. A mí los profesores por su esfuerzo y dedicación, quien con sus conocimientos, su experiencia, su paciencia y su motivación ha logrado en mí que pueda terminar mis estudios con éxito.

A mi familia por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.

Son muchas las personas que han formado parte de mi vida profesional principal a mi equipo de trabajo de la empresa CENTRAL EL POTRERO, S.A DE C.V. a las que me encantaría agradecerles su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía en los momentos más difíciles de mi vida y formándome a nivel laboral .

Todo esto nunca ha sido posible sin el amparo incondicional que me otorgaron y el cariño que me inspiraron mis padres que de forma incondicional entendieron mis ausencias y mis malos momentos, que a pesar de la distancia estuvieron a mi lado para saber cómo iba mi proceso. Las palabras nunca serán suficientes para testimoniar mi aprecio y agradecimiento.

A todos ustedes, mi mayor reconocimiento y gratitud.

## RESUMEN

Realizara un mantenimiento preventivo en los equipos auxiliares de las calderas debido al uso

Natural de las calderas, con el fin de terminar el porcentaje de rendimientos y si existen valores bajos en los equipos y encontrar la solución requerida para aumentar la presión de operación del equipo.

Detectar indicaciones lineales abiertas a la superficie (erosión, corrosión, fatiga.

Recalentamientos, grietas, modificaciones micro estructurales y defectos constructivos) en soldaduras des alineamientos y deformaciones que se pudieran a ver generado durante el servicio de la caldera.

Logrando de tal forma mejorar con este la disponibilidad y tiempo de operación de las máquinas de los Equipos del área de Calderas de la Empresa. Estableciendo una mejor visualización, control y rendimiento de estos.Manteniendo al departamento de calderas como un área comprometida en la innovación de sus procesos administrados de mantenimiento. Llevando a si al departamento

A hacer óptimas sus funciones ya que estas herramientas permitirán una visión futura favorable para las actividades del departamento de calderas en beneficio de toda la Empresa.



# CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

Actualmente, La empresa CENTRAL EL POTRERO, S.A DE C.V., ubicada en calle principal s/n, villa Gral. Miguel alemán, colonia centro, municipio Atoyac, Veracruz, tiene 5 calderas, las cuales se trabajan cada zafra. Estos equipos constituyen la fuente de energía, para las áreas de molinos, fabrica, batey y turbos, ya que sin el vapor estos se vuelven inoperantes. Por tal motivo, es de suma importancia presentar un programa de mantenimiento preventivo a los equipos auxiliares para mejorar su funcionamiento de las calderas y se pueda alcanzar su máxima capacidad de generación. En el desarrollo del tema se da a conocer la necesidad que existe en la alimentación de vapor para los servicios, también se toma en consideración todas las generalidades de la maquinaria, como los dispositivos auxiliares y se describen todos los equipos de los que está compuesta la caldera que son necesarios para el funcionamiento.

Se demuestra la situación actual del funcionamiento de las calderas, y las condiciones en que se encuentra; también se da la descripción de las condiciones de la tubería de suministro de vapor y lo que ocasiona el no aplicar el mantenimiento correcto a la red de distribución del mismo.

Se propone una guía para rutinas de mantenimiento preventivo para las calderas de la institución, con el fin de mejorar el estado

Actual de las mismas.

Constará de los resultados logrados a través de este proceso, trabajos futuros a realizar y recomendaciones para su óptimo funcionamiento y vida útil de la caldera y sus componentes.

## 1.1 Estado del Arte

### 1.1.1 Mantenimiento

Es un servicio que agrupa una serie de actividades cuya ejecución permite alcanzar un mayor grado de confiabilidad en los equipos, máquinas, construcciones civiles, instalaciones.

#### **Objetivos del mantenimiento**

El diseño e implementación de cualquier sistema organizativo y su posterior informatización debe siempre tener presente que está al servicio de unos determinados objetivos. Cualquier sofisticación del sistema debe ser contemplada con gran prudencia en evitar, precisamente, de que se enmascaren dichos objetivos o se dificulte su consecución.

- Optimización de la disponibilidad del equipo productivo.
- Disminución de los costos de mantenimiento.
- Optimización de los recursos humanos.
- Maximización de la vida de la máquina.
- Evitar, reducir, y en su caso, reparar, las fallas sobre los bienes precitados.
- Disminuir la gravedad de las fallas que no se lleguen a evitar
- Evitar incidentes y aumentar la seguridad para las personas.
- Conservar los bienes productivos en condiciones seguras y preestablecidas de operación.
- Balancear el costo de mantenimiento con el correspondiente al lucro cesante.
- Alcanzar o prolongar la vida útil de los bienes.

## **Tipos de mantenimiento**

Existen diversas formas de realizar el mantenimiento a un equipo de producción. Actualmente, la empresa para la gestión de éste se basa en tres clases descritas a continuación:

- Mantenimiento correctivo
- Mantenimiento preventivo
- Mantenimiento predictivo

### **1.1.2 Mantenimiento correctivo**

Actividad desarrollada en las máquinas y equipos críticos en planta, cuando a consecuencia de una falla han dejado de prestar la calidad de servicio para la que fueron diseñados. La mayoría de los mantenimientos correctivos que se realizan son correctivos planificados, es decir, que son reportados por avisos.

Al momento de presentarse una falla en uno o varios equipos que alteren el funcionamiento continuo de cualquier etapa de los procesos de producción de cemento, se procede a reparar las averías de los equipos. El mantenimiento correctivo tiene dos funciones perfectamente definidas que son:

- Corregir aquellas averías o anomalías sistemáticas que se presentan en equipos, máquinas o instalaciones, llegando incluso se puede llegar al cambio de material o de diseño con el objeto de suprimirlas o, por lo menos de alejar lo máximo posible su aparición en el tiempo.
- Reacondicionamiento de equipos, máquinas o instalaciones que por su uso ya se encuentran en condiciones que dificultan la marcha correcta o mantengan una calidad de fabricación que exige producción.

Las etapas a seguir cuando se presente un problema de mantenimiento correctivo, pueden ser las siguientes:

- Identificar el problema y sus causas
- Estudiar las diferentes alternativas para su reparación
- Evaluar las ventajas de cada alternativa y escoger la óptima
- Planear la reparación de acuerdo con personal y equipo disponibles

### **1.1.3 Mantenimiento predictivo**

Este tipo de mantenimiento consiste en hacer mediciones o ensayos no destructivos, mediante equipos sofisticados, a partes de maquinaria que sean muy costosas o a las cuales no se les puede permitir fallar en forma imprevista, pues arriesgan la integridad de los operarios o causan daños de consideración. La mayoría de las inspecciones se realiza con el equipo en marcha y sin causar paros en la producción.

### **1.1.4 Mantenimiento preventivo**

Este tipo de mantenimiento surge de la necesidad de rebajar el correctivo y todo lo que representa. Pretende reducir la reparación mediante una rutina de inspecciones periódicas y la renovación de los elementos dañados, si la segunda y tercera no se realizan, la tercera es inevitable.

Características:

Básicamente consiste en programar revisiones de los equipos, apoyándose en el conocimiento de la máquina en base a la experiencia y los históricos obtenidos de las mismas. Se confecciona un plan de mantenimiento para cada máquina, donde se realizaran las acciones necesarias, engrasan, cambian correas, desmontaje, limpieza, etc.

#### Ventajas:

- Se hace correctamente, exige un conocimiento de las máquinas y un tratamiento de los históricos que ayudará en gran medida a controlar la maquinaria e instalaciones.
- El cuidado periódico conlleva un estudio óptimo de conservación con la que es indispensable una aplicación eficaz para contribuir a un correcto sistema de calidad y a la mejora de los continuos.
- Reducción del correctivo representará una reducción de costos de producción y un aumento de la disponibilidad, esto posibilita una planificación de los trabajos del departamento de mantenimiento, así como una previsión de los recambios o medios necesarios.
- Se concreta de mutuo acuerdo el mejor momento para realizar el paro de las instalaciones con producción.

#### Desventajas:

- Representa una inversión inicial en infraestructura y mano de obra. El desarrollo de planes de mantenimiento se debe realizar por técnicos especializados.
- Si no se hace un correcto análisis del nivel de mantenimiento preventivo, se puede sobrecargar el costo de mantenimiento sin mejoras sustanciales en la disponibilidad.
- Los trabajos rutinarios cuando se prolongan en el tiempo produce falta de motivación en el personal, por lo que se deberán crear sistemas imaginativos para convertir un trabajo repetitivo en un trabajo que genere satisfacción y compromiso, la implicación de los operarios de preventivo es indispensable para el éxito del plan.

### 1.1.5 Vapor:

El vapor de agua es el gas formado cuando el agua pasa de un estado líquido a uno gaseoso. A un nivel molecular esto es cuando las moléculas de H<sub>2</sub>O logran liberarse de las uniones (ej. Uniones de hidrógeno) que las mantienen juntas.

#### **Tipos de vapor**

En industrias usuarias de vapor, existen dos términos para el vapor los cuales son, vapor seco (también conocido como "vapor saturado") y vapor húmedo.

(David, 1993)

**Vapor seco** aplica a vapor cuando todas sus moléculas permanecen en estado gaseoso.

**Vapor húmedo** aplica cuando una porción de sus moléculas de agua han cedido su energía (calor latente) y la condensada forma pequeñas gotas de agua.

#### **Vapor como fuente de energía**

El vapor jugo un papel importante en la revolución industrial. La modernización del motor de vapor a principios del siglo 18 llevo a mayores descubrimientos tales como la invención de la locomotora de vapor y el barco a vapor, por no mencionar el horno y el martillo de vapor. Este último sin hacer referencia Golpe de Arieter el cual se puede presentar en la tubería de vapor, si más bien a un martillo impulsado por vapor que se utilizaba para dar forma a fundiciones.

Hoy en día, sin embargo, los motores de combustión interna y la electricidad prácticamente han remplazado al vapor como fuente de energía. Sin embargo, el vapor es ampliamente usado en las plantas de generación eléctrica y para aplicaciones industriales de gran tamaño.

¿Sabía usted que las calderas no generan vapor 100% saturado (vapor seco)? Cuando una caldera calienta el agua, las burbujas que rompen la superficie del agua incorporan pequeñas gotitas de agua en la corriente de vapor. A menos que se use un sobrecalentado, esto causará que el flujo de vapor esté parcialmente húmedo (vapor húmedo) debido a la presencia de líquido.

El porcentaje de sequedad del vapor es usado para cuantificar la cantidad de agua que lleva el vapor. Si el vapor contiene 10% en masa de agua, se dice que es 90% seco, o tiene un porcentaje de sequedad de 0.9.

La sequedad del vapor es importante porque tiene un efecto directo en la cantidad de energía transferible contenida en el vapor (usualmente el calor latente), lo cual afecta la calidad y la eficiencia del calentamiento.

(K.B.Mcintyre, 2002)

Por ejemplo, el vapor saturado (100% seco) contiene 100% del calor latente disponible a la presión dada. El agua saturada, que carece de calor latente, tiene 0% de sequedad y contiene sólo calor sensible.

### **1.1.6 Combustión**

El proceso básico de combustión es una forma especial de oxidación en que el oxígeno del aire se combina con elementos combustibles, que general mente son carbono, hidrogeno y en menor medida azufre.

Importante para los estudiosos de combustión son la termodinámica química y la cinética de la llama y velocidad de las reacciones. Se necesita una mezcla adecuada de combustible y aire, así como una temperatura de ignición para que el proceso de combustión continúe.

El combustible debe prepararse de forma que se haga posible dicho proceso a través de la mezcla de combustible y aire. El termino inflamabilidad se utiliza para describir la capacidad de quemarse, o realmente su habilidad para convertirse en gas de forma que la combustión pueda tener lugar.

### **1.1.7 Combustible**

Llamamos combustible a cualquier sustancia tiene la capacidad de arder en presencia de un comburente (oxígeno en la mayoría de los casos) mediante la aplicación de una energía de activación, que puede ser una chispa.

El combustible libera parte de su energía en forma de calor cuando arde, al mismo tiempo que cambia su estructura química, debido al proceso de combustión. Los combustibles se clasifican dependiendo de su estado en sólidos, líquidos y gaseosos.

Como combustibles sólidos más utilizados podemos distinguir el carbón o la madera. El carbón es uno de los materiales más utilizados en centrales térmicas para calentar el agua de las calderas y con esta generar electricidad. La madera se utiliza igualmente para calentar el agua aunque en su caso se dedica más al consumo doméstico. Anteriormente estos materiales se utilizaban de forma generalizada para máquinas a vapor y generación de electricidad y calor aunque



actualmente su uso se ha visto reducido gracias a la aparición de nuevos combustibles con mayor poder calorífico.

- Es toda sustancia dadora de electrones o que se combina con el oxígeno.

- Viene en varios estados

  - Sólido

  - Líquido

  - Gaseoso.

- Los dos primeros estados involucran gasificación del combustible en un proceso llamado pirólisis.

- El segundo no lo requiere, ya que es gaseoso.

### **1.1.8 Comburente**

El comburente por excelencia resulta ser el oxígeno atmosférico al cual lo encontramos normalmente en el aire que respiramos en una concentración porcentual en volumen que es de aproximadamente el 21 %. Todos los comburentes disponen en sus composiciones de oxígeno, ya sea en forma de oxígeno molecular, tal como recién mencionamos, o como el ozono, diferentes ácidos y oxácidos que son los encargados de ceder oxígeno mientras se sucede la combustión.

- Es toda sustancia que reacciona con el combustible oxidándolo.

- Es un aceptor de electrones.

- El más comúnmente utilizado es el oxígeno puro o el contenido en la atmósfera.

- La atmósfera tiene un 21% en volumen de O<sub>2</sub> y un 79% en volumen de Nitrógeno.

### 1.1.9 Caldera

En la industria, es una máquina o dispositivo de ingeniería diseñado para generar vapor. Este vapor se genera a través de una transferencia de calor a presión constante, en la cual el fluido, originalmente en estado líquido, se calienta y cambia su fase a vapor saturado.

#### **Tipos de caldera:**

**Acuotubular:** son aquellas calderas en las que el fluido de trabajo se desplaza por tubos durante su calentamiento. Son las más utilizadas en las centrales termoeléctricas, ya que permiten altas presiones a su salida y tienen gran capacidad de generación.

**Pirotubulares:** en este tipo, el fluido en estado líquido se encuentra en un recipiente atravesado por tubos, por los cuales circulan gases a alta temperatura, producto de un proceso de combustión. El agua se evapora al contacto con los tubos calientes, debido a la circulación de los gases de escape. No confundir esta definición con la de un intercambiador de calor.

(Joseph, 1991)

## **Clasificación de las calderas**

Las calderas también se clasifican por su tecnología como diferentes tipos de combustibles por los que existen varios tipos de calderas que aplicando un combustible gaseoso, líquido o sólido mediante quemador especializado para cada tipo de combustible:

Calderas de agua caliente Son aquellas en las que fluido calo portador es el agua y tienen una temperatura máxima de servicio inferior a  $95^{\circ}\text{C}$ , este tipo de calderas pueden ser acuotubular o pirotubulares.

Caldera de agua sobrecalentada son aquellas en las que fluido caloportador es el agua y tienen una temperatura máxima de servicio inferior a  $110^{\circ}\text{C}$ , este tipo de calderas pueden ser acuotubular o pirotubulares.

Caldera de fluido térmico son aquellas calienta un fluido calo portador diferente al agua (caldera de fluido térmico).

Calderas de vapor son aquellas calientan en agua, y producen cambio de estado de fase líquida a fase gaseosa.

### **Partes principales de una caldera**

En este punto se tratarán sólo aquellas partes generales relevantes propias del diseño de las calderas. Debido a que cada caldera dispone, dependiendo del tipo, de partes características, es muy difícil atribuir a todas ellas un determinado componente. En razón a lo anterior se analizarán las partes principales de las calderas en forma general, especificando en cada caso el tipo de caldera que dispone de dicho elemento.

## **Hogar o fogón**

Es el espacio donde se quema el combustible. Se le conoce también con el nombre de " Cámara de Combustión". Los hogares se pueden clasificar en:

a) Según su ubicación.

- Hogar exterior
- Hogar interior

b) Según tipo de combustible.

- Hogar para combustible sólido
- Hogar para combustible líquido
- Hogar para combustible gaseoso

c) Según construcción.

- Hogar liso
- Hogar corrugado

Esta clasificación rige solamente cuando el hogar de la caldera lo compone uno o más tubos, a los cuales se les da el nombre de " TUBO HOGAR".

## **Puerta del hogar**

Es una pieza metálica, abisagrada, revestida generalmente en su interior con refractario o de doble pared, por donde se echa el combustible al hogar y se hacen las operaciones de control del fuego. En calderas que queman combustibles líquidos o gaseosos, esta puerta es reemplazada por el quemador.

## **Parrillas (o emparrillado)**

Son piezas metálicas en forma de rejas, generalmente rectangulares o trapezoidales, que van en el interior del fogón y que sirven de soporte al combustible sólido. Debido a la forma de reja que tienen, permiten el paso del "aire primario" que sirve para que se produzca la combustión.

a) Las parrillas deben adaptarse al combustible y deben cumplir principalmente los siguientes requisitos:

- Deben permitir convenientemente el paso del aire
- Deben permitir que caiga la ceniza
- Deben permitir que se limpien con facilidad y rapidez
- Deben impedir que se junte escoria
- Los barrotes de la parrilla deben ser de buena calidad para que no se quemen o deformen. . • Deben ser durables. Algunos diseños de parrillas permiten que por su interior pase agua para refrigerarla y evitar recalentamientos.

b) Tipos de Parrillas.-  $\frac{3}{4}$  Según su instalación.-

- Fijas o Estacionarias.- Son aquellas que no se mueven durante el trabajo.
- Móviles o Rotativas.- Son aquellas que van girando o avanzando mientras se quema el combustible según su posición.
- Horizontales
- Inclinas
- Escalonadas

## **Cenicero**

Es el espacio que queda bajo la parrilla y que sirve para recibir las cenizas que caen de ésta. Los residuos acumulados deben retirarse periódicamente para no obstaculizar el paso de aire necesario para la combustión, En algunas calderas el cenicero es un depósito de agua.

## **Puerta del cenicero**

Accesorio que se utiliza para realizar las funciones de limpieza del cenicero. Mediante esta puerta regulable se puede controlar también la entrada del aire primario al hogar. Cuando se hace limpieza de fuegos o se carga el hogar, se recomienda que dicha puerta permanezca cerrada con el objetivo de evitar el retroceso de la llama ("lengua de toro").

## **Altar**

Es un pequeño muro de ladrillo refractario, ubicado en el hogar, en el extremo opuesto a la puerta del fogón y al final de la parrilla, debiendo sobrepasar a ésta en aproximadamente 30 cm. Los objetivos del altar son: Impedir que caigan de la parrilla residuos o partículas de combustibles. Ofrecer resistencia a las llamas y gases para que estos se distribuyan en forma pareja a lo ancho de la parrilla y se logre en esta forma una combustión completa. Poner resistencia a los gases calientes en su trayecto hacia la chimenea. Con esto se logra que entreguen todo su calor y salgan a la temperatura adecuada.

## **Mampostería**

Se llama mampostería a la construcción de ladrillos refractarios o comunes que tienen como objeto:

a) Cubrir la caldera para evitar pérdidas de calor y b) Guiar los gases y humos calientes en su recorrido Para mejorar la aislación de la mampostería se dispone a veces en sus paredes de espacios huecos (capas de aire) que dificultan el paso del calor. En algunos tipos de calderas, se ha eliminado totalmente la mampostería de

ladrillo, colocándose solamente aislación térmica en el cuerpo principal y cajas de humos. Para este objeto se utilizan materiales aislantes tales como lana de vidrio recubierta con planchas metálicas y asbestos.

### **Conductos de humo**

Son los espacios por los cuales circulan los humos y gases calientes de la combustión. De esta forma se aprovecha el calor entregado por éstos para calentar el agua y/o producir vapor.

### **Caja de humo**

Corresponde al espacio de la caldera en el cual se juntan los humos y gases, después de haber entregado su calor y antes de salir por la chimenea.

### **Chimenea**

Es el conducto de salida de los gases y humos de la combustión para la atmósfera. Además tiene como función producir el tiro necesario para obtener una adecuada combustión.

### **Regulador de tiro o templador**

Consiste en una compuerta metálica instalada en el conducto de humo que comunica con la chimenea o bien en la chimenea misma y que tiene por objeto dar mayor o menor paso a la salida de los gases y humos de la combustión. Este accesorio es accionado por el operador de la caldera para regular la cantidad de aire en la combustión, al permitir aumentar ( al abrir ) o disminuir ( al cerrar ) el caudal. Generalmente se usa en combinación con la puerta del cenicero

### **Tapas de registro o puertas de inspección**

Son aberturas que permiten inspeccionar, limpiar y reparar la caldera. Existen dos tipos, dependiendo de su tamaño:

- las puertas hombre (manhole)

- Las tapas de registro ( handhole) la puerta hombre por sus dimensiones permite el paso de un hombre al interior de la caldera. Las tapas de registro por ser de menor tamaño sólo permiten el paso de un brazo.

### **Puertas de explosión**

Son puertas metálicas con contrapeso o resorte, ubicadas generalmente en la caja de humos y que se abren en caso de exceso de presión en la cámara de combustión, permitiendo la salida de los gases y eliminando la presión.

### **Cámara de agua**

Es el espacio o volumen de la caldera ocupado por el agua. Tiene un nivel superior máximo y uno inferior mínimo bajo el cual, el agua, nunca debe descender durante el funcionamiento de la caldera.

### **Cámara de vapor**

Es el espacio o volumen que queda sobre el nivel superior máximo de agua y en el cual se almacena el vapor generado por la caldera. Mientras más variable sea el consumo de vapor, tanto mayor debe ser el volumen de esta cámara. En este espacio o cámara, el vapor debe separarse de las partículas de agua que lleva en suspensión- Por esta razón algunas calderas tienen un pequeño cilindro en la parte superior de esta cámara, llamado " domo" y que contribuye a mejorar la calidad del vapor.

### **Cámara de alimentación de agua**

Es el espacio comprendido entre los niveles máximo y mínimo de agua. Durante el funcionamiento de la caldera se encuentra ocupada por vapor y/o agua, según sea donde se encuentre el nivel de agua.

( EPRI – Failure and Inspections of Fossil Fired Boiler Tube, 1983)



## 1.1.10 Equipos importantes de la caldera acuotubular

### Bombas de alimentación de agua

Las bombas de agua de alimentación de uso general pueden dividirse en los siguientes tipos: alternativas o recíprocas, rotativas y centrifugas. El tipo alternativo hace uso de un cilindro de agua y un embolo directamente montado sobre un eje común de un cilindro de vapor acoplado directamente. Uno o dos cilindros de agua (y vapor) en paralelo, conocidos como bombas simples o dúplex, respectivamente son los tipos más normales de bombas de alimentación recíprocas. Las bombas de alimentación Triplex y Cuádruplex a menudo tienen el embolo buzo conectado por biela a un cigüeñal de accionamiento mecánico.

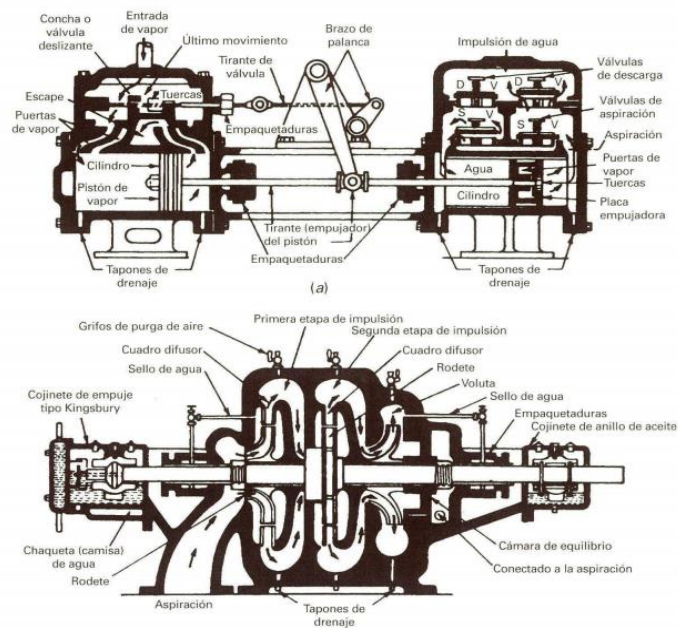


Ilustración 1. Diagrama de bomba centrífuga

## **Bombas alternativas o recíprocas**

Las bombas alternativas o recíprocas son bombas de desplazamiento positivo y pueden usarse para conseguir presiones muy elevadas mediante la acción en serie de varios cilindros o mediante más de una bomba. Al colocarlas en serie, la presión de descarga o impulsión de un cilindro es la presión de aspiración del siguiente, y esto puede hacerse con cada cilindro incrementando la presión hasta obtener la presión resultante que se desee.

Bombas alternativas o recíprocas de tipo vapor. Las bombas alternativas o recíprocas de tipo vapor se clasifican como de acción directa, si el cilindro motor de vapor está en línea con el cilindro de bombeo (caballito de vapor), o accionadas por la potencia del vapor. Si el motor de vapor tiene cigüeñal, volante y cruceta deslizante. El término simplex significa que tiene un solo cilindro de agua. El término doble acción significa que bombea agua por ambos lados del pistón o embolo buzo (sumergido) de la bomba. Para la disposición de la bomba. Una bomba dúplex del tipo de acción directa de vapor tiene dos cilindros de agua cuya operación está a coordinada para obtener la presión final deseada. Una bomba dúplex puede también estar accionada por un motor de vapor, cigüeñal, volante y cruceta. Las bombas triples tienen tres cilindros de agua en paralelo; pueden estar accionadas por vapor. Y son de acción directa accionadas por vapor o tienen accionamiento por motor eléctrico.

Las bombas alternativas se accionan también mediante motores eléctricos, diésel, de gas y turbinas de vapor, bien sea por accionamiento directo del eje o por medio de cajas reductoras. Las bombas alternativas o recíprocas deben llevar empaquetaduras para evitar que el agua perdida pase al pistón o embolo buzo y también por donde el eje sale del cilindro, llamadas empaquetaduras de glande. El material de las empaquetaduras depende del fluido de que se maneja, su temperatura, presión y material de la bomba. Las instrucciones de montaje y mantenimiento del fabricante deberían seguirse escrupulosamente cuando la empaquetadura pide su reemplazo para evitar fugas excesivas. Los filtros deberían instalarse en el lado de aspiración de las bombas alternativas para evitar que

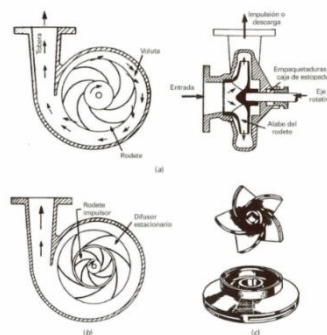
sustancias extrañas dañen las válvulas o cilindros. Se utilizan las válvulas de pie para las bombas bajo presión de aspiración, para evitar el retroceso en la Línea de aspiración. Se utilizan aspiradores para drenar o evacuar el aire de las Líneas de aspiración y evitar que la bomba llegue a bombear aire fresco. Es una forma de cebar el bombeo estando seguros de que solo fluye agua a la bomba desde la línea de aspiración.

### Válvulas de seguridad para bombas.

Como las bombas alternativas son de desplazamiento positivo, es posible construir unas para alta presión siempre que la válvula de descarga este cerrada. Además, es esencial tener una válvula de seguridad en la línea de impulsión o descarga antes de ninguna válvula de cierre para evitar que se cree una posible situación de sobrepresión como una descarga en el cabezal o culata de la bomba.

### Bombas centrifugas

Este tipo de bomba tiene su componente principal en una envolvente o casing-corona dentro de la cual un rotor da vueltas. El fluido a bombear se dirige a través de la tubería de entrada al centro de la bomba, denominado centro de oído por rodete. El rodete dirige el agua radialmente a través de los pasos del rodete y esto desarrolla presión por conversión de la energía cinética.



*Ilustración 2 impulsor bomba centrífuga*

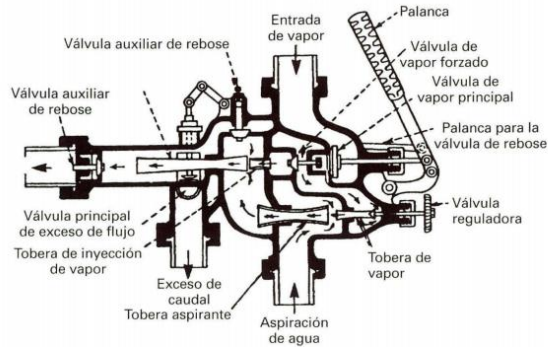
### **Bombas tipo barrilete.**

Las bombas centrífugas tipo barrilete no tienen su casing o envolvente separada en horizontal, sino que consta de una doble caja cilíndrica con acceso a las partes interiores de la bomba a través de cabezales finales removibles. Estas bombas as tipo barrilete se utilizan para alimentación de calderas de alta presión de hasta 6.000 psi (420 kg/cm<sup>2</sup>) y 600 o F (315 °C) de temperatura. Para el servicio normal de hasta 2.600 psi (182 kg/cm<sup>2</sup>) la bomba gira a 3.600 rpm y tiene 120 más etapas. Las curvas de rendimiento de bombas centrífugas se usan para mostrar las relaciones de altura (presión), potencia y rendimiento a varias velocidades. La Figura 12.3a muestra las características de rendimiento de una bomba centrífuga con agua como fluido y operando a velocidad constante.

### **Bomba de alimentación en reserva de la caldera de alta presión.**

Las calderas que tengan más de 500 pies cuadrados (45 m<sup>2</sup>) de superficie de calefacción deberán tener dos sistemas de alimentación. Sin embargo, el Código permite un sistema de Bomba de alimentación en reserva de la caldera de alta presión. Las calderas que tengan más de 500 pies cuadrados (45 m<sup>2</sup>) de superficie de calefacción deberán tener dos sistemas de alimentación. Sin embargo, el Código permite un sistema de alimentación bajo las siguientes condiciones: las calderas con quemadores de combustibles sólidos, líquidos o gaseosos en suspensión pueden estar equipadas con un sistema único de alimentación de agua, supuesto que haya medios de corte de llegada del combustible si se interrumpe la alimentación de agua. Si el hogar de la caldera y sistemas de combustible pueden retener suficiente calor almacenado para causar daños a la caldera si el suministro de agua se interrumpe, entonces se siguen necesitando dos sistemas de alimentación de agua.

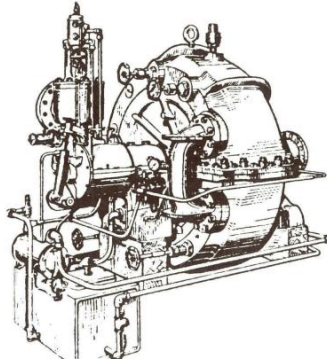
(Javier, 2002)



*Ilustración 3 bomba tipo barrilete*

### **Turbinas de accionamiento mecánico.**

Las turbinas de vapor para accionamiento mecánico se usan en las plantas de calderas para arrastrar las bombas de alimentación y ventiladores de tiro inducido y de tiro forzado, así como para accionar generadores eléctricos de emergencia. Es también común emplear accionamiento dual, con una turbina de vapor en un extremo del eje de una bomba de alimentación o ventilador y un motor eléctrico en el otro extremo, de modo que si falla la corriente eléctrica cuando la unidad está accionada por ella, la turbina de vapor entre automáticamente en servicio. También es normal utilizar el accionamiento de la turbina en invierno para usar el vapor de escape para aumentar el balance térmico de la planta. Los tamaños del accionamiento por turbina de vapor pueden variar dependiendo del tipo y tamaño de la planta. Las turbinas más pequeñas están normalizadas por 10 que respecta a la potencia, presión de entrada del vapor, presión de escape y velocidad, con reguladores disponibles para operación a velocidad constante y/o variable. Una unidad mono etapa equipada con un rele regulador, lubricación de alimentación forzada y también toberas controladas por válvulas manuales para aumentar o disminuir el caudal de vapor según los cambios de carga. Las válvulas manuales se utilizan también para suministrar potencia de arranque cuando se comienza el trabajo de la planta a una presión inferior, para operar a baja velocidad por debajo del rango del regulador, y también para dar una capacidad extra durante los periodos de demanda elevada.



*Ilustración 4. Turbina*

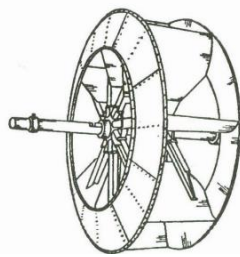
### **Ventilador tiro inducido y tiro forzado**

Ventiladores de tiro inducido y tiro forzado impulsan los productos de la combustión de una caldera y los dirigen a la chimenea para su descarga a la atmosfera. El ventilador forzado toma aire de la atmosfera y lo entrega a través de conductos y pre calentadores de aire a los quemadores e incluso lo introduce directamente en al hogar, Dependiendo del tamaño de la caldera y su disposición. Los ventiladores de tiro forzado producen alguna presión de aire y, si la envolvente de la caldera no es estanca, Los gases del hogar pueden escapar a la sala de calderas a través de juntas o grietas no estancas. En las plantas calentadas por carbón, la sala de calderas puede comenzar a estar cubierta por carbón inquemado y cenizas. Esto puede ser una penalización para la operación con una presión positiva en el hogar (sobrepresión). En un hogar en depresión (presión negativa), el ventilador de tiro inducido crea unas condiciones de vacío parcial en el hogar y el aire atmosférico penetra en el hogar a través de juntas defectuosas o grietas de la cubierta del hogar. Esto reduce la eficiencia o rendimiento de combustion introduciendo exceso de aire en el hogar. Para hacer menores los efectos de las fugas se usan el tiro equilibrado en los sistemas grandes de calderas; esto mantiene un ligero vacío en el hogar, del orden de 0.1" (0.25 cm) vacío en columna de agua. Se utilizan enclavamientos entre los ventiladores y el equipo de combustión o quemadores para evitar problemas de

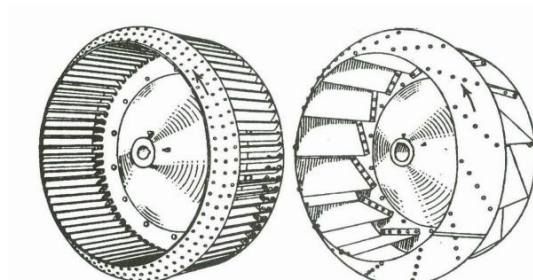
combustión en la caldera. Los ventiladores grandes de tiro inducido en las grandes calderas de tubos de agua han producido elevadas presiones negativas en el hogar. Resultante de fallos en los sistemas de enclavamiento. Las grandes presiones negativas han ocasionado la implosión en el hogar que provocó asimismo el hundimiento de las paredes o muros de tubos de agua. La erosión de los alabes en los ventiladores de tiro inducido originada por las partículas que van en los gases de combustión requiere un diseño que evite el deterioro rápido del material de los alabes. Se usa la monitorización de vibraciones para detectar el desequilibrio debido al desgaste por abrasión o a los depósitos anormales que se alojan en el ventilador. Se debe emplear la periódica inspección, limpieza y equilibrado en los ventiladores de tiro inducido para mantenerlos en condiciones de fiabilidad de operación.

El ventilador centrífugo es el más común de los ventiladores, pudiendo dividirse en dos tipos:

- Multialabe o multihoja
- Rodete de ventilador de chapa de acero



*Ilustración 5 rodetes de ventilador de chapa de acero y multialabe.*



*Ilustración 6 Los ventiladores multialabes pueden tener las hojas curvadas hacia delante o hacia atrás (del sentido de rotación).*

## **Toberas y esparcidor**

Los ventiladores usados en la caldera se aplican para los siguientes propósitos:

1. alimentación de bagazo a los esparcidores neumáticos del hogar
2. transporte de aire primario y secundario en ventiladores de aire forzado (VT)
3. transporte de gases en ventiladores de tiro inducido (VTI)
4. provisión de aire a quemadores

Los términos, conceptos, designación y ensayos de ventiladores están regidos por varias normas, pero en el caso de calderas se han difundido las de AMCA (Air Movement and Control Association International). Entre sus estándares, los más importantes para el personal de calderas son

AMCA 201-02: Fans and systems

AMCA 202-98: Troubleshooting

AMCA 203-90: Field Performance Measurement of Fan Systems

AMCA 803-02: Industrial Process Power Generation Fans: Site performance test standard

Todo ventilador caracteriza su operación mediante los siguientes conceptos:

Caudal (Q):  $m^3 / \text{seg}$

Presión estática (Ps): Pascal o mmca

Condiciones de operación: (altitud, temperatura ambiente, humedad, densidad, etc.)

Velocidad de giro (N): rpm

Velocidad de salida tangencial (V): m/seg



Nivel sonoro máximo (S): dBA

Disposición mecánica: Arreglo constructivo, sentido de giro, posición de descarga  
posición del motor características del fluido: gases corrosivos, abrasivos, etc.

Los ventiladores usados en calderas son del tipo centrífugo; en los cuales el flujo de aire cambia su dirección, en un ángulo de 90°, entre la entrada y salida. Tienen tres tipos básicos de rodetes.

Álabes curvados hacia adelante (forward)

Álabes radiales (radial)

Álabes curvados hacia atrás, planos o de perfil aerodinámico (back Ward)

Cada tipo de rodete tiene comportamientos que son típicos y a partir de los cuales se define su utilización en uno u otro servicio. Los ventiladores enseñan su comportamiento a través de la curva característica de operación, cuya validez y determinación de performance, se efectúa a través de ensayos de recepción en el campo siguiendo los estándares antes citados

En calderas modernas el aire secundario se introduce al hogar a través de toberas tangenciales, denominadas así ya que son colocadas en las esquinas del horno, inyectando el aire de manera tangencial y provocando la rotación de la masa gaseosa en combustión. Se dispone a su vez de varios niveles de toberas que forman torbellinos organizados de manera tal que giren de forma alterna en diferente sentido, lo que provoca un incremento de la turbulencia. Este tipo de calderas constituye una opción muy favorable para el quemado de bagazo en suspensión al 100%, pero de poca aplicación práctica en nuestro medio, debido a las reducidas dimensiones en altura de las calderas; y en caso de remodelación, es sólo aplicable a calderas de sección transversal cuadrada. Dichas calderas se hacen óptimas para combustibles con granulometría fina y uniforme, secos o presecados

(Salcor Caren, 1983).

## Fluidizado

El último diseño de caldera incorporado es la de lecho Fluidizado, que tiene larga experiencia en otras industrias usando biomasa o carbón como combustible. Las ventajas del uso de estas calderas en la industria azucarera fueron analizadas y propuestas por Sheridan y Chong en los congresos de la Sociedad Australiana de Técnicos Azucareros (ASSCT) durante 1985 y 1992 respectivamente. Estas calderas representan lo más avanzado en cuanto a capacidad y eficiencia, pudiendo llegar a 400 ton/h a 80 -100 bar y 550-580°C, estando ya en operación en Brasil desde el año 2012 una media docena de unidades.

La combustión en lecho fluidizados (FBC – fluidized bed combustion) se refiere al proceso mediante el cual una capa de combustible descansando sobre una placa ranurada a través de la cual atraviesa un flujo de aire ascendente , es levantada progresivamente y mantenida en suspensión mientras se quema, comportándose esa mezcla sólido-aire como si fuera un fluido Cuando se alcanza ese punto de flotación de la masa sólida en la masa de aire, se habla de fluidización, la que se lleva a cabo mediante una secuencia de fases. Según a qué presión se lleve a cabo la combustión, existen dos tipos de lechos fluidizados:

Presión atmosférica

Lecho fluido burbujeante (BFB)

Lecho fluido circulante (CFB)

Presión superior a la atmosférica

Lecho fluido presurizado (PFB)

Las calderas a bagazo con esta tecnología pertenecen al primer grupo, siendo la de lecho fluido burbujeante la más difundida (BFB), aunque las del tipo PFB es también muy usada con otra biomasa. La figura N°7 muestra las características de los distintos lechos Las calderas de lecho fluidizados se caracterizan por desarrollar la combustión a bajas temperaturas (760 – 870°C), lo que impide la formación de

escorias y pueden operar de manera satisfactoria con biomasa de hasta 65% de humedad. Se caracterizan por una baja emisión de partículas y bajos niveles de NOx Las calderas BFB llevan en su interior las toberas de distribución del aire primario y una capa de material inerte (arena) la que en operación adquiere y mantiene una elevada temperatura que contribuye al secado del bagazo. Para mantener la temperatura en el lecho parte del hogar es recubierto con refractarios

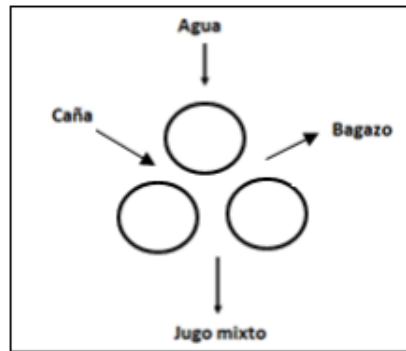
### **Combustible bagazo**

El bagazo es el residuo del proceso extractivo de la caña de azúcar y está compuesto por los siguientes elementos:

- Contenido de agua: 48-53%
- Contenido de fibra: 39-53%
- Sólidos disueltos: 1.5 – 6%

La fibra está formada por los componentes insolubles en agua y se distinguen dos tipos: a) la fibra verdadera y b) la falsa fibra o médula que se ubica en la zona central de los tallos. Al proceso de molienda o difusión ingresa la caña de azúcar y se extrae del mismo jugo mixto y bagazo.

(Jhon, 1992)



*Ilustración 7 compuestos de bagazo*

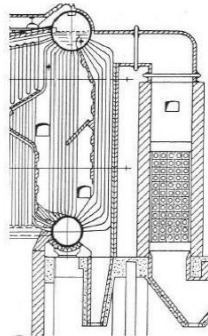
## **Quemadores de petróleo**

Además de proporcionar combustible con aire y mezclarlo, los quemadores deben preparar el fuel-oil (y/o gas-oil) para la combustión. Los dos sistemas (con muchas variantes) son: 1) el combustible debe vaporizarse o gasificarse por calentamiento en el quemador, o 2) el aceite combustible debe atomizarse por el quemador de modo que la vaporización pueda tener lugar en la cámara de combustión. Los quemadores de vaporización (primer grupo) están limitados en su rango a combustibles que puedan ser manipulados manual mente, y por ello tienen poca utilización en plantas industriales. Si el combustible tiene que vaporizarse en el espacio de combustión y en el instante del tiempo disponible, debe dividirse en muchas pequeñas partículas para exponer la mayor superficie posible al calor (y al oxígeno del aire). Esta atomización se efectúa de tres formas básicas:

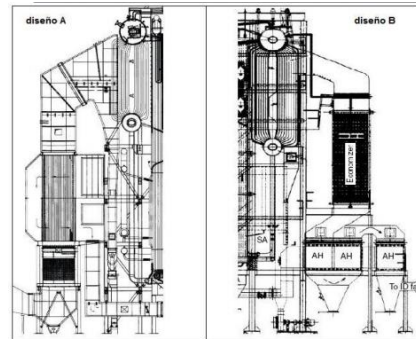
- 1) utilizando vapor o aire comprimido para romper el aceite en gotitas o droplets
- 2) forzando el aceite a pasar a presión a través de un orificio.
- 3) desprendiéndola de una película de aceite por centrifugado (fuerza centrífuga rotativa). Los tres sistemas se utilizan en la realidad.



también como un elemento de versatilidad a la hora de mantener, reparar y/o desmontar cada unidad. Con las superficies fraccionadas las tareas de mantenimiento, reparación y/o repotenciación resultan más sencillas que hacerlas con grandes unidades.



*Ilustración 10.  
Economizador*



*Ilustración 9. Formas de instalación*

## **Conductor de bagazo**

Para llevar el bagazo que sale de los trapiches al departamento de calderas, se cuenta con un transportador y elevador hecho de acero; frente a las calderas hay una amplia plataforma construida de acero estructural y cemento armado.

Los conductores de bagazo ofrecen la alternativa más económica y eficiente de manejar el bagazo para introducirlo directamente a las calderas, almacenarlo como excedente o someterlo a procesos adicionales. Están compuestos de tablillas de acero, aluminio o madera acopladas a hileras de cadenas paralelas y se ofrecen en una amplia variedad de montajes.

- Sus pernos especiales de acero aleado son termotratados para hacerlos resistentes al desgaste y evitar la fatiga por corrosión y reducir así los costos de mantenimiento.

- Sus barras laterales de gran resistencia soportan el severo choque de las cargas de alto impacto.
- Con rodillos y bujes de acero termotratados esenciales para máxima resistencia al desgaste.

### **Cadenas de transmisión**

Las cadenas de transmisión son elementos de máquina que se utilizan para accionar ejes o sistemas de ejes por medio de un motor bajo el principio de engrane.

Básicamente, existen límites de esfuerzo tanto en los engranajes como en las cadenas, pero no así en las correas. Además, si un diente de un engranaje falla o se rompe, el engranaje se detendrá en el siguiente paso o diente. Por lo tanto la secuencia correcta para un buen funcionamiento y confiabilidad es engranaje, cadena correa.

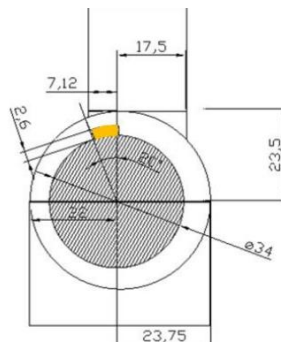
- Aumento en el ruido del engranaje indica que el fin de la vida útil está próxima.
- Se reconocerá que la cadena está casi en el final de su vida útil producto del aumento en el desgaste o por un aumento en las vibraciones.
- Es difícil detectar la vida útil del dentado de la correa sin detener la máquina e inspeccionar la correa cuidadosamente.

### **Sprockets**

Los sprockets son mecanismo utilizados para transmitir potencia de un componente a otro dentro de una máquina. Los engranajes están formados por dos ruedas dentadas, de las cuales la mayor se denomina corona y la menor piñón.

## Alimentadores de bagazo

Para mantener un flujo de bagazo bien atomizado y una proporción correcta de bagazo y aire dentro del horno es importante contar con los equipos adecuados para la alimentación de dichos elementos. Así el alimentador de bagazo debe dejar ingresar la misma cantidad de bagazo en cada revolución, debe poder trabajar enlazado al control automático y debe servir de des-apelmazador y atomizador del bagazo. Existen varios tipos de alimentadores de bagazo, actualmente los más utilizados son los de un solo rodo y los de dos rodos paralelos.



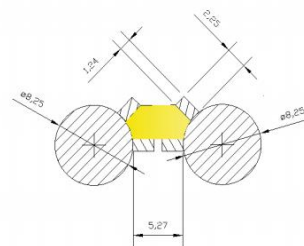
*Ilustración 11 alimentador un rodillo*

En la figura 12, aparece un alimentador de bagazo de un solo rodo, hay algunos ingenios que aún los utilizan, sin embargo, este tipo de alimentador presenta desventajas que aumentan la posibilidad de pérdidas de eficiencia:

- La tolva entra de manera descentrada en el cuerpo del alimentador, esto implica dos áreas diferentes a cada lado de la rotación del mismo, por lo tanto, si el alimentador gira en un sentido ingresa más o menos cantidad de bagazo que en el otro sentido, por lo tanto, la alimentación no es uniforme. Dado que el control no sabe en qué sentido gira el alimentador en un momento determinado entonces el lazo del control opera fuera de la realidad. Al ingresar más bagazo del que contabiliza el control, este no tendrá el aire justo para quemarse.



- La tolva antes del alimentador es muy corta, al haber desabastecimiento de bagazo en un corto tiempo, el stock del alimentador se queda vacío, esto provoca entradas de aire frío al horno y lo deja sin combustible.
- Estos alimentadores cuentan con compuertas manuales, las cuales pueden ser estranguladas por los operadores, de esta manera la cantidad de bagazo entrando tampoco es uniforme y estable, nuevamente es dañino para el control automático del alimentador.
- Mayores juntas atornilladas, esto aumenta la probabilidad de que los empaques fallen y hayan entradas de aire frío al horno.
- Mayor mantenimiento por su volumen y complejidad. Por otra parte, está el alimentador de dos rodillos paralelos, este alimentador consiste en dos pequeños rodillos que desmenuzan el bagazo y permiten el ingreso en una cantidad constante que se ve en la figura 13). Este alimentador cuenta con una mejor posibilidad de control ya que gira en un mayor rango de velocidades (rpm) lo que ofrece más suavidad de respuesta ante variaciones de demanda. Además, al necesitar menos altura ofrece mayor longitud de tolva lo que aumenta el stock en cada alimentador, lo anterior disminuye las entradas de aire frío al horno en eventuales desabastecimientos de bagazo.



*Ilustración 12 Alimentador dos rodillos*

Este alimentador está unido directamente al conductor de bagazo y solo puede girar en un sentido, esto ofrece al control de la caldera más autonomía ante el criterio del operador. Los rodos deben instalarse paralelos a la caldera (no es el caso de los de la figura 13), para que el bagazo que pase por ellos ocupe todo el ancho de la tolva (chifle) que va hacia el horno, esto mejora la dispersión del bagazo al entrar. Existe un tercer tipo de alimentador que es una mezcla de los anteriores, el cual utiliza dos rodos para dispersar el combustible y un rodo inferior para realizar la dosificación, este alimentador tiene un uso justificado con la alimentación de carbón ya que la granulometría y humedad del mismo podrían permitir que entre los rodos paralelos se colara una cantidad indeseada de carbón, en el bagazo no se presenta dicho fenómeno por la forma de la fibra y humedad del mismo.

## **Reductores**

Toda máquina cuyo movimiento sea generado por un motor (ya sea eléctrico, de explosión u otro) necesita que la velocidad de dicho motor se adapte a la velocidad necesaria para el buen funcionamiento de la máquina. Además de esta adaptación de velocidad, se deben contemplar otros factores como la potencia mecánica a transmitir, la potencia térmica, rendimientos mecánicos (estáticos y dinámicos).

Esta adaptación se realiza generalmente con uno o varios pares de engranajes que adaptan la velocidad y potencia mecánica montados en un cuerpo compacto denominado reductor de velocidad aunque en algunos países hispanos parlantes también se le denomina caja reductora.

Los reductores de velocidad se suelen clasificar de un modo bastante anárquico, solapándose en algunos casos las definiciones de modo intrínseco y en otros casos hay que usar diversas clasificaciones para definirlos.

## **Reductores de velocidad de Sin fin-Corona**

Es quizás el tipo de reductor de velocidad más sencillo, se compone de una corona dentada, normalmente de bronce en cuyo centro se ha embutido un eje de acero (eje lento), esta corona está en contacto permanente con un husillo de acero en forma de tornillo sinfín. Una vuelta del tornillo sinfín provoca el avance de un diente de la corona y en consecuencia la reducción de velocidad. La reducción de velocidad de una corona sinfín se calcula con el producto del número de dientes de la corona por el número de entradas del tornillo sinfín.

Paradójicamente es el tipo de reductor de velocidad más usado y comercializado a la par que todas las tendencias de ingeniería lo consideran obsoleto por sus grandes defectos que son, el bajo rendimiento energético y la pérdida de tiempo entre ciclos.

## **Reductores de velocidad de engranajes**

Los reductores de engranajes son aquellos en que toda la transmisión mecánica se realiza por pares de engranajes de cualquier tipo excepto los basados en tornillo sin fin. Sus ventajas son el mayor rendimiento energético, menor mantenimiento y menor tamaño. Por ejemplo: un mecanismo de elevado de anclas

## **Reductores Cicloidales**

El sistema de reducción de velocidad de Cicloidal se basa en un principio ingeniosamente simple.

El reductor de velocidad sólo tiene tres partes móviles:

- El eje de entrada de alta velocidad con una leva excéntrica integral y un conjunto de cojinete de rodillo
- El disco cicloidal y el conjunto del eje de salida de baja velocidad. La acción de rodamiento progresiva y pareja de los discos cicloidales eliminan la fricción y los puntos de presión de los engranajes convencionales.

- Todos los componentes que transmiten el par de torsión de Cicloidal ruedan y están dispuestos en forma simétrica alrededor del eje para una operación equilibrada.

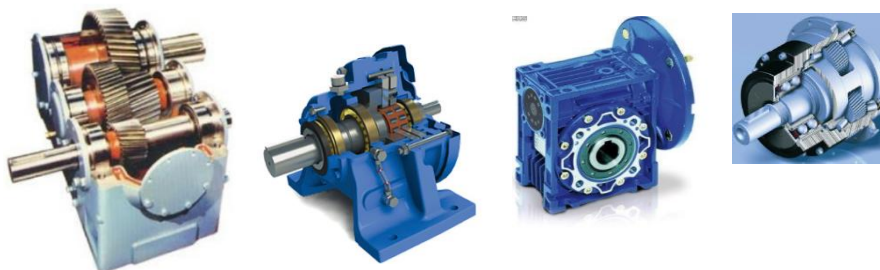
## Reductores de velocidad Planetarios

Los reductores de engranaje con la particularidad de que no están compuestos de pares, sino de una disposición algo distinta; y sirven para diferentes tipos de variaciones de velocidad.

Hay dos tipos de engranajes planetarios para reducir la velocidad de la hélice con respecto a la del cigüeñal.

Un sistema tiene el engranaje principal fijado rígidamente a la sección delantera del motor, y una corona interna es impulsada por el cigüeñal. El piñón está unido al eje de lo que quiere mover y montado en ella, y son una serie de piñones que cuando el cigüeñal gira, los piñones giran en torno al principal fijo, en compañía de la hélice en la misma dirección, pero a una velocidad reducida.

Los reductores de velocidad de engranajes planetarios, interiores o anulares son variaciones del engranaje recto en los que los dientes están tallados en la parte interior de un anillo o de una rueda con reborde, en vez de en el exterior. Los engranajes interiores suelen ser impulsados por un piñón, (también llamado piñón Sol, que es un engranaje pequeño con pocos dientes). Este tipo de engrane mantiene el sentido de la velocidad angular. El tallado de estos engranajes se realiza mediante talladoras mor tajador de generación.



*Ilustración 13 tipos de reductore*

## **Chumaceras**

Pieza mecánica de metal, con una muesca en que descansa y gira cualquier eje de maquinaria. Soporte para eje con un rodamiento interior que generalmente es esférico para que el eje se auto-alíne.

Los rodamientos típicamente constituyen menos del 10% del valor del equipo, pero cuando ellos fallan prematuramente, el costo de la producción perdida demuestra la gran importancia de los rodamientos.

### Características

Precisión: Su giro tiene que ser exacto

Dureza: Son endurecidos para soportar las elevadas cargas de trabajo

- Fáciles de lubricar
- Soportan grandes velocidades
- Reduce la vibración.

La fricción es la causa principal de la pérdida de energía, la cantidad de pérdida de energía ha sido estimada en un 50% de la energía generada y además es la mayor causante del desgaste entre las partes en movimientos.

### **Función**

Por lo anterior, veamos la importancia de los rodamientos cuyo objetivo principal es reducir la fricción entre las partes que giran en contacto una con la otra y además son las componentes mecánicas más precisos en cada máquina en operación.



*Ilustración 14 chumaceras*

### **Calentadores de aire.**

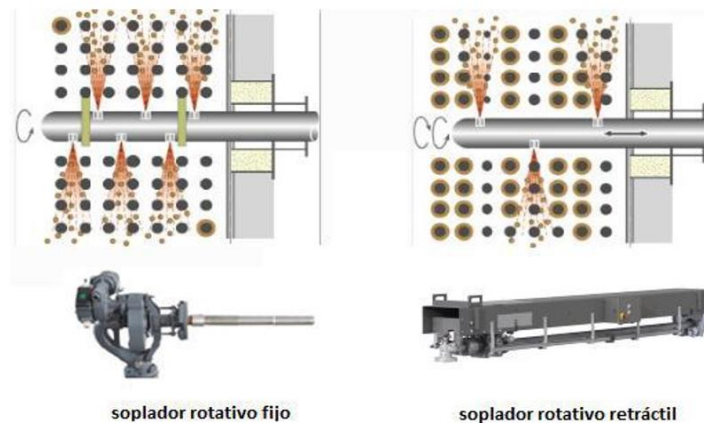
Los calentadores de aire se aplican a las calderas que queman combustibles sólidos y raramente a calderas que queman gas o combustibles Líquidos. Los calentadores de aire proporcionan aire caliente para evaporar algo de humedad del combustible sólido, lo cual ayuda a la combustión rápida y también para extraer calor de los gases de escape y así ahorrar energía o combustible. La energía térmica que hay en los gases de escape de las grandes centrales se recupera parcialmente mediante economizadores, que precalientan el agua que va a la caldera. Los economizadores, sin embargo, se usan para las calderas que queman combustibles sólidos, Líquidos o gaseosos, se utilice o no un calentador de aire. Los economizadores son intercambiadores de calor más sencillos que los calentadores de aire.

### **Sopladores de hollín.**

Se usa vapor a aire para soplar y limpiar de hollín las superficies de calefacción. La frecuencia del soplado de hollín depende del aumento de temperatura de los gases de escape, que indica al operador de caldera cuando soplar las tubas. Cuando sople, asegúrese de mantener la producción de vapor de caldera a una tasa

razonablemente alta. Esto evita la posibilidad de combustión o explosión de las bolsas de depósitos llenas con combustibles inquemados.

Para lograr la eliminación de las cenizas se usan los sopladores. Hay básicamente dos tipos: 1) rotativos fijos que están presentes en la mayoría de las calderas tradicionales, con accionamiento manual a cadena o eléctrico. En estos equipos la lanza que dispone las toberas de soplado está localizada dentro del área de limpieza en forma permanente y dotada de movimiento de rotación y 2) retráctiles rotativos, presentes en las modernas calderas, que consta de una lanza retráctil y con movimiento rotativo también. La lanza se ubica fuera de la caldera en el período no operativo.



*Ilustración 15 sopladores hollín*

## **Bombas dosificadoras**

Es un tipo de bomba diseñada para inyectar un químico líquido en el seno de un fluido, en pequeña cantidad, y de la cual se requiere de un control preciso del volumen añadido por sus efectos en el proceso y o costo del químico

Debe permitir el ajuste del caudal. Y este debe tener linealidad. Es decir que puede ser representado como una línea recta.

Su diseño debe garantizar la reproducibilidad, la repetitividad y la precisión del volumen desplazado. La reproducibilidad se refiere a la capacidad de dar el mismo resultado en mediciones por diferentes operarios realizadas en las mismas condiciones a lo largo de periodos dilatados de tiempo. La repetitividad se refiere a las mediciones realizadas por un mismo operario en un período corto de tiempo para las mismas condiciones. La precisión a la capacidad de dar el mismo resultado en mediciones diferentes realizadas en las mismas condiciones. Estas son las condiciones características de un instrumento de medición y de ahí que en inglés suelen ser llamadas como “metering pumps”.

El caudal ajustado debe ser preciso aun cuando la presión en la tubería o sistema donde se inyecte el químico varíe. Por consiguiente, debe ser seleccionada para que sea capaz de producir una presión igual o superior a la máxima que pueda tener el fluido en la tubería.

Debe ser a prueba de fugas y con características seguras en el diseño ya que la mayoría de los químicos dosificados suelen ser peligrosos.

Todas estas características hacen que la bomba dosificadora pertenezca al grupo de desplazamiento positivo y esté dentro de las que se clasifican como reciprocantes.



## Válvulas de seguridad y de desahogo

Las válvulas de seguridad y de desahogo son otro tipo de dispositivo destinado a evitar sobrepresiones peligrosas. La diferencia principal entre ellas radica en su uso. Las primeras, las de seguridad, se destinan a gases o vapores, mientras que las segundas son para líquidos. Esta diferencia se aprecia en la abertura de las válvulas, mientras que las primeras presentan una abertura total al superar la presión de disparo de la válvula, las de desahogo, tienen una abertura proporcional a la presión. Una válvula de seguridad dispone de una boquilla en conexión directa con las partes sometidas a presión, obturada por un disco, que recibe una fuerza en sentido descendente, proveniente de un resorte. En estado normal, un equilibrio de fuerzas entre la del muelle y la de la presión del fluido, impone que este disco de halle sobre el final de la boquilla, sin posibilidad de evacuación del fluido (Fig. 3). Un desequilibrio entre estas fuerzas a favor de la presión interior provoca un levantamiento del disco, permitiendo una evacuación del fluido y, por tanto, una eliminación de la sobrepresión, hasta que se reinstaura el equilibrio de fuerzas inicial. Una variante de la válvula de seguridad presenta un fuelle entre el bonete y el disco. La misión de este elemento consiste en que una contrapresión exterior no actúe directamente sobre el disco, afectando al punto de apertura. Este tipo de válvulas reciben el nombre de válvulas de seguridad compensadas. Este fuelle además, protege la válvula contra una corrosión debida a fluidos corrosivos. La instalación de válvulas de seguridad debe efectuarse previendo las condiciones de funcionamiento de la instalación: se tendrán en cuenta los posibles esfuerzos dinámicos, estáticos o térmicos a que pueda estar sometida la válvula y la tubería de desagüe. Asimismo, es necesario realizar un correcto mantenimiento de la válvula, por ejemplo, es necesaria una purga periódica de la tubería de desagüe, ya que la condensación de agua u otra sustancia puede provocar daños en el disco o en el asiento del mismo. Una de las incidencias más usuales en estos dispositivos consiste en pequeñas fugas, generalmente producidas por algún tipo de impureza, partícula, polvo, etc., que se sitúa entre el disco y su asiento.

## 1.2 Planteamiento del Problema

Desarrollar un mantenimiento preventivo a la caldera a equipos auxiliares que me garanticen un buen funcionamiento y eficiencia distribución de vapor implementando el mantenimiento.

Con la finalidad de analizar su estado actual del equipo para prevenir anomalías causadas por su trabajo natural de operación.

Localizar zonas afectadas por el fenómeno de corrosión, daños mecánicos, poros Deformaciones, rupturas, falta de fusión grietas y cavitaciones.

Localizar zonas con daños en la protección metálica y daños de aislante térmico. Detectar indicaciones lineales superficiales y sub-superficiales que se pudieran haber generado durante la operación del equipo.

Realización de inspección diaria a equipos como conductores de bagazo, alimentadores, sistemas de redes agua ya que suelen deteriorarse a la continua operación del equipo ejemplo revisión constante en todos los conductores que no existe una duela en mal estado al igual que las chumaceras no tengan sobrecalentamiento, los alimentadores estén trabajando no tengan una piedra atorada, madera o algún objeto metálico que cause que el bagazo este atascado.

Llevar un control mediante un análisis puntual por turno de los ventiladores inducidos y forzados de las calderas que no tengan fugas de de aceite en reductores, como también fugas de vapor en las turbinas ,sobrecalentamiento en la chumaceras , que los manómetros maquen presión , que los niveles de lubricación estén correctamente y checar que las revoluciones por minuto de los ventiladores estén en un estado aceptable son bases importantes en la prevención y cuidado del equipo de calderas que deben ser controlados constantemente para beneficio de la

industria como del trabajador para tener un ambiente de seguridad que toda el área este en óptimas condiciones y garantizarle a la industria un periodo de vida más amplio para sus equipos.

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1. General**

Implementar un mantenimiento preventivo a equipos auxiliares de la caldera que me garantice un buen funcionamiento y eficiencia en la distribución de vapor a diferentes áreas de la fábrica.

#### **1.3.2 Especifico**

- Lograr un óptimo funcionamiento y estado de la caldera.
- Obtener que la caldera alcance su máxima capacidad.
- Poder distribuir más vapor de alta a áreas importantes de la fábrica.
- Garantizar un periodo de vida más amplio a los equipos.
- Reducir los paros por reparación.

### **1.4 Definición de variables**

Para la medición de temperaturas y velocidades de los equipos se llevaran lista de análisis por turno tomadas por un tacómetro y pistola de temperatura que serán registradas en la lista de análisis, equipos que serán monitoreados:

- Turbinas
- Reductores(lado alta y lado baja)
- Chumaceras (ventiladores inducido y forzado), (toberas lado ventilador, lado cople), (esparcidores de bagazo Lado ventilador, lado cople).
- Toma Rpm de los tiros inducidos y forzados
- Presiones de los manómetros que estén correctas.
- Chumaceras de los conductores lado motriz y lado libre

- revisar tensiones de las cadenas
- inspección de las ruedas para reportar cualquier anomalía
- fugas en los reductores de aceite
- lubricación en los equipos alimentadores, conductores, chumaceras.
- Quemadores de petróleo estén en buen estado.
- Línea de petróleo este circulando
- Observar que no se encuentre ninguna fuga de vapor
- Área limpia y segura.

### **1.5 Hipótesis**

La falta de organización y planeación de las actividades de mantenimiento en los equipos de ingenio central potrero causa altos costos, incrementa el tiempo muerto de las maquinas, disminuye la disponibilidad de las máquina, para la producción e impide la optimización del funcionamiento de los equipos.

### **1.6 Justificación del Proyecto**

El proyecto se realizó al conocimiento y practica adquirida durante mi estancia en la empresa para optimizar el funcionamiento y mantener en buen estado la caldera. Ya que por motivos algunas los equipos suelen ser ocupados de manera incorrecta causan que su trabajo baje de rendimiento y cause que la caldera baje su capacidad de generación , implementar el mantenimiento preventivo a los equipos auxiliares proporcionara que cada tipo de falla o anomalía en algunos de los diferente equipos de apoyo para la caldera sean reportados por los operarios constantemente para tener un control de ellos más reforzado y no dejar ninguna anomalía sin tomar importancia ya que todos los equipos sirven para un mismo objetivo la generación de vapor para funcionamiento de todos los equipos de la planta , el vapor es la

energía que sustenta toda la empresa crea la electricidad , alimenta a las turbinas y genera movimiento a todas la maquinarias, y así aumentar la producción de azúcar refinada.

Las calderas de un Ingenio Azucarero son grandes y pesados equipos que operan continuamente bajo severos parámetros los cuales contribuyen al deterioro de sus componentes y reducción de sus eficiencias y confiabilidad. A la vez, su vida útil es muy prolongada por lo cual ocasionalmente pueden resultar obsoletas con respecto a las necesidades energéticas y operativas del ingenio. En tiempos de crisis se impone la conveniencia de sacar el máximo beneficio de las calderas aprovechando sus potencialidades y disponer de las posibilidades de mejorarlas o adecuarlas a diferentes condiciones de operación. Se analiza la eficiencia de las calderas y su relación con el diseño y el estado técnico a la vez que esclarece las condiciones bajo las cuales pueden hacerse algunas mejoras a la eficiencia térmica y la capacidad de éstas dentro de un margen económico aceptable.

## **1.7 Limitaciones y Alcances**

### Limitaciones

- La operación y mantenimiento están limitados al modelo y características que presenta la caldera
- Costo en compañías especializadas
- Tiempo en de mantenimiento

### Alcances

- Una eficiente operación de la caldera manteniendo los parámetros operativos de la misma, logrando mantener la cantidad de vapor requerida a la mejor calidad, optimizando el combustible bagazo.
- Este proyecto podría aumentar la producción, en eficiente de desempeño de la maquinaria.
- Alcanzar la máxima capacidad de generación de vapor de alta las calderas.
- Menos tiempos reparación por fallas.

## 1.8 La Empresa

### CENTRAL EL POTRERO, S.A DE C.V.

#### 1.8.1 Historia

- La industria azucarera mexicana se remonta a la época de la colonia, el primer Ingenio con refinería en México fue "El Potrero", construido por la Cía. Nacional Refinadora de Azúcar entre 1905 y 1908.
- El ingenio ha sido operado bajo las razones sociales siguientes: Cía. Nacional Refinadora de azúcar hasta 1909, Unidad Industrial Hacienda "El Potrero" hasta 1925, Cía. Manufacturera "El Potrero", S. A. hasta 1944 y desde entonces como Ingenio "El Potrero", S. A. Hasta 1975 fue dirigido por su propietario el Sr. Don Erich Koenig, visionario industrial creador de las actuales instalaciones fabriles, quien en el año de 1963 realizó la ampliación a dos tándem de molienda y la remodelación total de la factoría en un lapso de tiempo récord, y además llevó esta empresa al primer plano en la industria azucarera nacional, y la dio a conocer en el ámbito internacional.
- Desde 1975 hasta noviembre de 1988, fue una empresa paraestatal presidida por el Director General de Azúcar, S.A. A partir del 28 de noviembre de 1988 la empresa Xafra, S. A. de C. V. adquirió "El Potrero". De 1993 a Septiembre de 2001 fue administrado por el Consorcio Azucarero CAZE, S. A. de C. V. Actualmente a partir de la Expropiación del 3 de Septiembre a la fecha es administrado por el Gobierno a través de la SAGARPA.
- En los últimos años el ingenio ha refinado no solamente el azúcar que proviene de sus cañaverales, sino también la de otros ingenios, de tal manera que el periodo productivo ha cubierto hasta 11 meses al año.

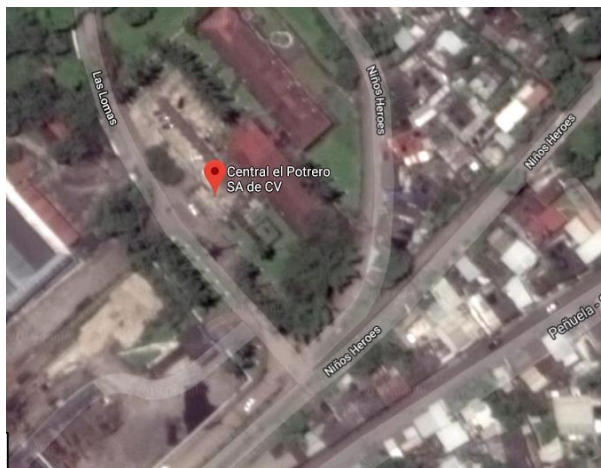
## 1.8.2 Misión

Satisfacer los requerimientos de endulzante y energía de las industrias alimentaria y farmacéutica, con azúcar refinado “ refinado ”; Garantizando con ello la permanencia de la fuente de trabajo de los involucrados y preservando el entorno.

## 1.8.3 visión

Ser la industria Azucarera líder a nivel nacional y mundial, con diversificación de productos y operando con tecnologías amigables al medio al medio ambiente.

## 1.8.4 localización



*Ilustración 16. Ubicación de la empresa*

CALLE PRINCIPAL S/N, VILLA GRAL. MIGUEL ALEMAN, COLONIA CENTRO,  
MUNICIPIO ATOYAC, VERACRUZ C.P. 94965

## 1.8.5 Principales productos y/o servicios que ofrece

Azúcar refinada

### 1.8.6 valores

Cliente-.Razón de ser y nuestro principal compromiso.

Responsabilidad-.Cumplir nos hace únicos.

Equipos-. Unida de inclusión para lograr metas.

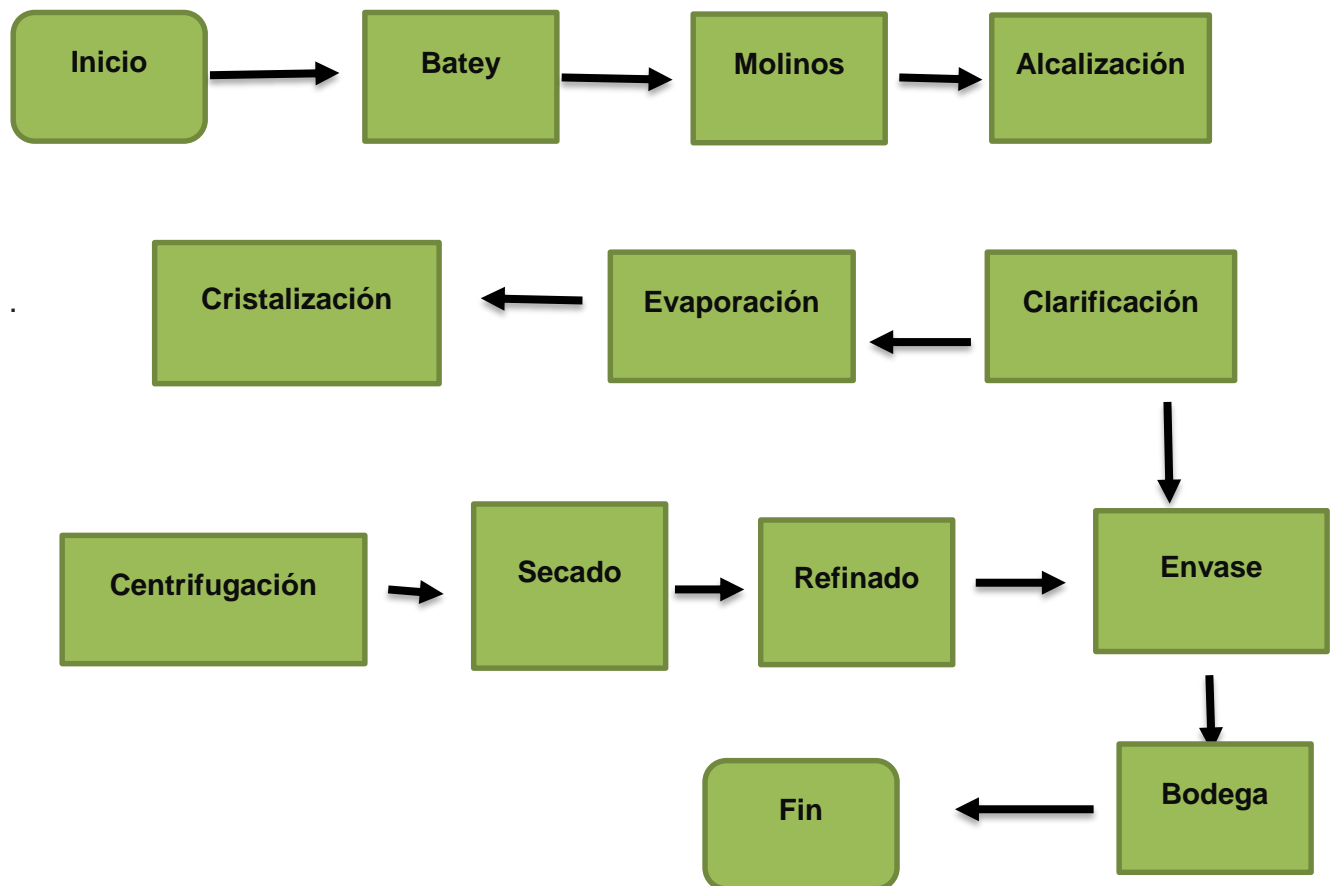
Familia-. Base fundamental y motivo de nuestro desarrollo.

Competitividad-.Fortalecimientos y garantía de permanencia

Seguridad-.garantizar la integridad como punto principal.

Honestidad-.Valor que enaltece y crea confianza.

### 1.8.7 Procesos





## **CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA**

### **2.1 Conocimientos del Área y medidas de seguridad**

#### **Medidas de seguridad tomadas por el personal**

Comprende las medidas de formación, establecimiento de procedimientos de trabajo seguros, mantenimiento, y suministro de protección individual. Se toma aproximadamente dos minutos en analizar una tarea para identificar, evaluar y mitigar riesgos en el trabajo que se realizará. Cuando se identifican riesgos que no se pueden controlar, se deben comunicar al departamento de seguridad industrial. El éxito de la identificación de peligros y evaluación de riesgos dependen de cada uno de los trabajadores. A continuación se especifica acciones generales a tomar en cuenta en el desarrollo de cualquier actividad laboral.

Acciones a tomar antes de cada trabajo

- Observar el área de trabajo y sus alrededores
- Analizar qué es lo que se va a realizar
- Observar lo que está sucediendo en los alrededores

Equipo de protección personal Se entiende por protección personal o individual la técnica que tiene como objetivo el proteger al trabajador

#### **Protección Auditiva**

Uno de los factores más importantes que se debe tomar en cuenta para la selección de equipo protector de oídos es la capacidad que tiene de reducir el nivel de decibeles al que se está expuesto. Existen dos tipos de protectores acústicos:

- Protectores auditivos externos (orejeras y cascos)
- Protectores auditivos internos (tapones y válvulas)

#### **Protección respiratoria**

La utilización de protección respiratoria se hará en aquellas áreas que presentan ambientes respirables limitados por polvos, o en ambientes deficientes de oxígeno

y con contaminación del aire por neblinas, gases o humos. Los elementos con que se debe contar son: las mascarillas desechables, las cuales tienen una resistencia baja a la respiración pero una buena detección de polvo.

### **Protección visual**

Entre los factores a tener en cuenta a seleccionar el protector visual contra impactos, rayos ionizantes y polvos se incluyen: la protección que éste brinda, la comodidad con que podrá ser usado y la facilidad de mantenerlo en buenas condiciones. Contar con gafas de seguridad con protección lateral, vidrio plástico con recubrimiento en policarbonato, gafas de seguridad para soldar con oxiacetilénico provisto de lentes para proteger de los rayos ultravioleta, lumínicos e infrarrojos.

### **Protección de manos**

Se debe utilizar protección para las manos donde exista peligro derivado del manejo de materiales pesados, corrosivos, cortantes, abrasivos, superficiales calientes, etc.

### **Protección de cuerpo**

El utilizado es el cinturón de seguridad para trabajos que requieren estar en alturas. Para su selección debemos considerar dos usos: o Normal Se le aplican al cinturón tensiones relativamente leves, las que se somete en el trabajo de alturas y que rara vez excederán el peso total estático del usuario. o Emergencia Se refiere a retener con seguridad al hombre al caerse, somete el cinturón a una carga de impacto que sobrepasa en muchas veces el peso del usuario.

### **Protección de pies**

Se debe utilizar el calzado de seguridad para proteger los pies de los trabajadores en caída de objetos pesados, o aprisionamiento de los dedos de los pies bajo grandes cargas. Este calzado de seguridad tendrá puntera dura y deberá cumplir con las normas de seguridad y diseño establecido.

## **2.2 Conocimiento de operación dentro del área de calderas**

En la industria azucarera el vapor es producido por medio de calderas acuotubular de circulación natural, en las cuales los gases de combustión circulan por el exterior de los tubos mientras que la mezcla agua-vapor fluye por el interior de los mismos, transfiriéndose calor entre ambos fluidos a través de las paredes tubulares.

Para una correcta y clara especificación de las calderas, es necesario precisar y/o definir la terminología relativa a estos equipos, ya que a veces resulta confusa en la literatura técnica. Una parte de la información será provista por los estándares y códigos más difundidos internacionalmente relativos al diseño mecánico, construcción, inspección y ensayos de calderas y otra parte vendrá del diseño térmico. Estos son:

- ASME Boiler and Pressure Vessels Code: Secciones I, II, V, VIII, IX y el
- código de performance PTC 4-2013
- Estándares Europeos EN 12952-1/16: Water-tube boilers and auxiliar y installations
- Indian Boiler Regulations (IBR) 1950, 11th edition - 2010

## **2.3 Descripción de los diferentes tipos de caldera**

Existen muchos criterios para clasificar estas calderas, pero en función del desarrollo que estos equipos tuvieron en los últimos años, impulsados por los nuevos negocios que presenta la cogeneración y el aprovechamiento de la biomasa, podemos intentar una clasificación en función del tipo de diseño y condiciones operativas hoy imperantes en la industria azucarera. Estos criterios de clasificación son:

### **1. Basada en la tecnología de combustión**

- Calderas convencionales con combustión suspendida o semi suspendida sobre grillas horizontales o inclinadas, fijas o móviles
- Calderas de lecho Fluidizado tipo BFBC o CFBC

### **2. Basada en la producción de vapor**

- Baja capacidad –  $G_v \leq 100 \text{ ton / h}$  □ Media capacidad –  $250 \geq G_v \geq 150 \text{ ton / h}$
- Alta capacidad –  $400 \geq G_v \geq 250 \text{ ton / h}$

### **3. Basada en la presión de trabajo**

- Baja presión –  $p_t < 25 \text{ bar}$  □ Media presión –  $70 \geq p_t \geq 30$
- Alta presión –  $150 \geq p_t \geq 80$

### **4. Basada en la forma de soporte**

- Colgante
- Soportada en la base (bottom supported)

### **5. Basada en la separación agua-vapor**

- Un sólo domo – (single drum)
- Dos domos (double drum o bi-drum)

## **2.4 Descripción de los componentes de la caldera**

De manera complementaria nos referiremos a las Normas, definen también las partes constituyentes, equipos auxiliares, accesorios y parámetros operativos de estos equipos. Estas normas establecen las siguientes definiciones [1], [2], [3], [4], [5], [6], [7], [8]:

1) Generador de vapor: es el conjunto constituido por la caldera de vapor con uno, algunos o todos los equipos de transferencia de calor y auxiliares citados a continuación:

- Caldera: está constituida por los elementos dentro de los cuales se genera el vapor a una presión superior a la atmosférica mediante el intercambio de calor con los gases de combustión.
- Hogar: es el recinto donde tiene lugar el proceso de combustión.
- Sobrecalentador: es el equipo destinado a elevar a presión constante la temperatura del vapor saturado generado en la caldera.
- Desobrecalentador: es el dispositivo responsable de reducir la temperatura del vapor sobrecalentado hasta un valor próximo al de saturación.
- Atemperador: es el dispositivo responsable de reducir y adecuar la temperatura del vapor sobrecalentado.
- Economizador: es el equipo responsable de elevar la temperatura del agua de alimentación aprovechando parte de la energía de los gases de combustión. Puede estar ubicado antes o después del calentador de aire □  
Calentador de aire: es el equipo destinado a precalentar el aire de combustión antes de su ingreso al hogar aprovechando la energía de los gases de combustión. Se ubica a la salida de la caldera antes o después de un economizador si existe.
- Equipos auxiliares: son los destinados al movimiento de aire, gases y cenizas de combustión. También de suministrar el agua de alimentación y el combustible al generador de vapor

2) Capacidad de vaporización o producción de vapor ( $G_v$ ): es la máxima cantidad de vapor capaz de ser generado en forma continua por el equipo y bajo determinadas condiciones especificadas en el vapor y ciclo de configuración. Se expresa en [kg/h, ton/hora] y su valor incluye las purgas especificadas y consumo de vapor de auxiliares. Esta capacidad es referida como MCR (Maximum Continuous Rating)

3) Capacidad pico de vaporización ( $G_{pk}$ ): es la máxima cantidad de vapor capaz de ser entregado por el equipo en forma intermitente y bajo determinadas condiciones especificadas en el vapor y ciclo de configuración. Se expresa en [kg/h, ton/hora] y su valor incluye las purgas especificadas y consumo de vapor de auxiliares.

Normalmente se expresa como porcentaje del valor nominal (10%) y se indica el tiempo de duración del pico o sobrecarga que puede generarse con cierta intermitencia y sin afectar la operación futura del equipo (ejemplo: 2 horas no continuas cada 24 horas). La operación frecuente de la caldera en estas condiciones no solo reduce su rendimiento sino también la vida útil del equipo por las mayores temperaturas a las que se exponen las distintas partes integrantes. Es especificada por el fabricante

4) Presión de trabajo (pt): es la presión a la cual opera el equipo de forma permanente en las condiciones normales de régimen. Se expresa en [kg/cm<sup>2</sup>, bar] y se mide sobre el domo de la caldera.

5) Presión máxima de trabajo (pmax): es la máxima presión posible de ser alcanzada en la caldera en condiciones admisibles de seguridad (MAWP). Se expresa en [kg/cm<sup>2</sup>, bar] y es el valor determinado por las tensiones admisibles de diseño.

6) Presión de diseño (pd): es la presión para la cual se efectúa el cálculo mecánico de la caldera y sus partes componentes. Según el estándar utilizado esta puede tomar distintos valores.

$$\text{ASME: } p_d = p_{\text{max}} \text{ (MAWP)}$$

$$\text{EN 12952-3: } p_d \geq p_{\text{max}}$$

La relación entre la presión de diseño y la de trabajo es fijada por el proyectista del equipo y varía según los fabricantes entre los siguientes valores

$$P_d = (1.15 - 1.25) p_t \quad [\text{kg/cm}^2; \text{bar}]$$

7) Presión vapor sobrecalentado (pv): es la presión de vapor a la salida del Sobrecalentador y se expresa en [kg/cm<sup>2</sup>; bar]

8) Temperatura máxima de trabajo (tv): es la máxima temperatura que puede alcanzar el vapor sobrecalentado en condiciones admisibles de seguridad.

## **2.5 Datos generales de las calderas**

- **Caldera 11**

Marca: RELEY STOR22RCO

Capacidad de Generación: 35.255 kg/hr.

Presión de Trabajo: 17.6kg/cm<sup>2</sup>, 250 Psi

Combustible: Bagazo-Petróleo

- **Caldera 12**

Marca: Combustión Engineers

Capacidad de Generación: 52,000kg/hr

Presión de Trabajo: 176.6kg/cm<sup>2</sup>, 250Psi, 500°F

Superficie de Calefacción: 1784.8 m<sup>2</sup>

Combustible: Petróleo-Bagazo

- **Caldera 13 – 14**

Marca: BIGELOW Tipo RSU-56-SP

Capacidad de generación: 52,000kg/hr

Presión de Trabajo: 17.6kg/cm<sup>2</sup>, 500°F, 250Psi

Combustible: Petróleo-Bagazo

- **Caldera 15**

Marca: BIGELOW Tipo FYMSA

Capacidad: 63,560Kg/Hr

Capacidad de trabajo: 17.6, 250Psi, 500°F

Superficie de Generación: 1852.02 m<sup>2</sup>

Combustible: Bagazo-petróleo

## **2.6 Descripción de los equipos auxiliares de una caldera.**

La extensión y alcance de los equipos auxiliares de planta se determinan por el tipo y tamaño de la planta (calefacción, proceso o generación de energía), el tipo de combustible utilizado y las disposiciones medioambientales de regulación de descarga al aire o al suelo. El tipo más común de equipo auxiliar que un operario puede encontrar son bombas, ventiladores, precipitadores, filtros de mangas, calentadores de agua de alimentación, evaporadores, desaireadores, ablandadores de agua y equipos similares de tratamiento de agua.

## **2.8 Parámetros de tratamiento de aguas**

Cada componente químico en el agua, según su concentración, temperatura y pH del medio, tiene un impacto tanto individual como combinado sobre la caldera que debe ser evaluado correctamente. En la tabla N°2 resumimos los problemas provocados por cada uno de ellos. Entre las variables de mayor impacto cuyos valores deben mantenerse encontramos a:

**PH:** este parámetro tiene como finalidad básica prevenir el ataque corrosivo de las partes metálicas manteniéndolo dentro de los valores recomendados. Sin embargo,



el excederse en el carácter alcalino del agua no trae condiciones más seguras sino por el contrario puede generar problemas graves tal es el caso del fenómeno de la fragilidad cáustica.

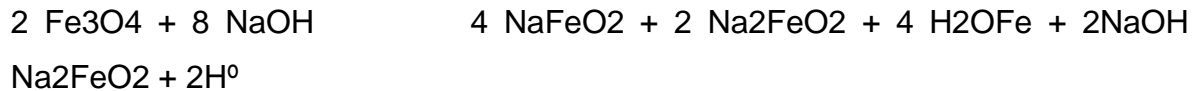
**El oxígeno** disuelto en el agua actúa como agente despolarizador de las reacciones de corrosión entre el hierro y agua interfiriendo en la formación de la película pasivante del metal. Este gas es muy activo y lidera los procesos de corrosión en la línea de agua de alimentación, economizador, internos de domos y líneas de condensado. La presencia del O<sub>2</sub> tiene especial importancia en las calderas modernas ya que su solubilidad aumenta con la presión como se ve en la figura N°17. Este gas normalmente no está solo sino que viene acompañado de otros gases tales como el CO<sub>2</sub> y NH<sub>3</sub> que en conjunto forman un grupo activador de procesos corrosivos, razón por las que deben ser eliminados.

El O<sub>2</sub> es un gas no ionizable por lo que su eliminación puede hacerse mecánicamente mediante desaireadores, no así el CO<sub>2</sub> y NH<sub>3</sub> que pueden ser eliminados en forma parcial por este medio y requieren de otros procesos. En el gráfico vemos que a una presión dada, al aumentar la temperatura del agua, la solubilidad se reduce rápidamente eliminándose el exceso. Este es el principio usado en los diferentes tipos de desgasificadores

**TDS:** debido al proceso de evaporación en la caldera, se va produciendo la concentración de las sales que ingresaron en el agua de alimentación como la de los productos que se incorporaron para su tratamiento interno para eliminar la dureza magnética, la sílice, el oxígeno remanente y acondicionar los barros.

Esto genera precipitados (lodos) que deben ser eliminados a través de las purgas; las que a su vez sirven para mantener controlada la concentración de ciertos parámetros tales como sílice, alcalinidad, fosfatos, etc. La acumulación de sólidos por arriba de los valores recomendados puede originar la formación de espumas, problemas de arrastres, etc., razón por la que este valor debe ser monitoreado en forma continua

Este fenómeno se produce por concentraciones elevadas de soda cáustica libre en el agua de caldera y se presentan sobre depósitos porosos, grietas o hendiduras propias del diseño de las partes en las que se puede generar cierta inmovilidad del producto interactuando con el metal. Cuando el pH del agua de caldera es excedido de ciertos valores, el ataque cáustico se incrementa rápidamente produciendo la rotura de la película protectora de magnetita según la siguiente reacción química



El ataque químico trae como consecuencia una corrosión localizada, que provoca en el metal fisuras en su estructura cristalina que progresan en profundidad, alterando su resistencia mecánica y por ende conduciéndolo a la rotura.



*Ilustración 17 ventiladores*

## **2.9 Descripción de operación y mantenimiento turbinas.**

- Comprobación de alarmas y avisos
- Vigilancia de parámetros de funcionamiento tales como niveles de ruidos y vibraciones anormales, revoluciones, temperaturas de entrada y salida del vapor, presiones de entrada y salida, presión, temperatura y caudal de aceite de lubricación, presión de vacío del depósito de aceite de lubricación, comprobación de nivel de aceite, presión diferencial de filtros, comprobación de la presión del vapor de sellos, entre otros.

- Inspección visual de la turbina y sus auxiliares para detectar fugas de aceite, fugas de vapor, fugas de agua de refrigeración y registro de indicadores visuales
- Inspección visual completa de la turbina
- Inspección de fugas de aceite
- Limpieza de fugas de aceite si procede
- Inspección de fugas de vapor
- Inspección de fugas de agua de refrigeración
- Medición de la amplitud de vibración
- Inspección visual de la bancada 5.2.8. Medida de agua en el aceite de lubricación 5.2.9. Inspección visual del grupo hidráulico de aceite de control
- Toma de muestra de aceite para análisis
- Purga de agua del aceite
- Comprobación de lubricación de reductor y de alternador
- Análisis del espectro de vibración en turbina, reductor y alternador, a velocidad nominal
- Comprobación funcionamiento parada de emergencia

Si se realizan todas las actividades que se detallan en esta lista, en realidad se están eliminando la mayoría de las causas que provocan los fallos más frecuentes. Si se compara esta lista de tareas con la lista de fallos más frecuentes se puede comprobar que esta revisión está orientada a evitar todos los problemas habituales de las turbinas. La razón de la alta disponibilidad de estos equipos cuando se realiza el mantenimiento de forma rigurosa es que realmente se está actuando sobre las causas que provocan los principales fallos.

- Análisis del espectro de vibración de turbina, reductor y alternador, a distintas velocidades y en regímenes transitorios.
- Inspección endoscópica de álabes.
- Apertura de cojinetes y comprobación del estado. Cambio de cojinetes si procede. La mayor parte de los cojinetes pueden cambiarse o revisarse sin necesidad de abrir la turbina. Esto garantiza un funcionamiento

ausente de vibraciones causadas por el mal estado de los cojinetes de apoyo y/o empuje.

- Cambio de aceite, si procede (según análisis). Si es necesario se sustituye el aceite, pero no es habitual cambiar el aceite de forma sistemática sin haber detectado síntomas de que está en mal estado. Esta acción evita trabajar con un aceite en mal estado y garantiza la ausencia de problemas de lubricación.
- Cambio de filtros de aceite. Esto garantiza el buen estado del aceite y la filtración de partículas extrañas.
- Inspección de la válvula de regulación de turbina. Esto garantiza el buen estado de los elementos internos de la válvula, su correcto funcionamiento, y la comprobación del filtro de vapor de la válvula, lo que hará que la regulación sea la correcta, no haya problemas de sincronización ni de regulación y no pasen elementos extraños a la turbina que puedan haber sido arrastrados por el vapor.
- Inspección del grupo hidráulico. Cambio de filtros y de aceite, si procede.
- Inspección del sistema de eliminación de vahos. El funcionamiento a vacío del depósito de aceite garantiza que los vapores que se produzcan, especialmente los relacionados con el agua que pueda llevar mezclado el aceite, se eliminan. Eso ayudará a que la calidad del aceite de lubricación sea la adecuada.
- Comprobación de pares de apriete de tornillos. El apriete de los tornillos de sujeción a la bancada y los tornillos de la carcasa, entre otros, deben ser revisados. Esto evitará, entre otros, problemas de vibraciones debidos a un deficiente anclaje.
- Comprobación de alineación de turbina-reductor y reductor alternador. Se haya detectado o no en el análisis de vibraciones, es conveniente comprobar la alineación mediante láser al menos una vez al año. Esto evitará problemas de vibraciones.

- Comprobación del estado de acoplamiento turbina reductor y reductor-alternador. La comprobación visual de estos acoplamientos elásticos evitará entre otros efectos la aparición de problemas de vibración.
- Calibración de la instrumentación. Muchas de las señales incorrectas y medidas falsas que provocarán un mal funcionamiento de la turbina pueden ser evitadas con una calibración sistemática de toda la instrumentación.
- Inspección visual de los sellos laberínticos, por si se hubieran dañado desde la última inspección.
- Termografía de la turbina. Esta prueba, a realizar con la turbina en marcha, permitirá saber si se están produciendo pérdidas de rendimiento por un deficiente aislamiento o por fugas de vapor.
- Limpieza y mantenimiento del cuadro de control. Curiosamente, muchas averías en sistemas eléctricos y electrónicos están causados por la suciedad. Mantener los cuadros en su correcto estado de limpieza garantiza la ausencia de estos problemas.
- Inspección del virador. El virador es un elemento importantísimo durante las paradas. Un mal funcionamiento supondrá una dificultad o imposibilidad de arrancar la turbina. La inspección es sencilla y garantiza el correcto arranque tras una parada.
- Prueba de potencia. Al finalizar la inspección será conveniente comprobar las prestaciones de la turbina, especialmente la potencia máxima que es capaz de alcanzar.

## **2.10 Descripción de operación de ventiladores inducidos, forzados, esparcidos, toberas y fluidizados**

Los ventiladores usados en la caldera se aplican para los siguientes propósitos:

1. alimentación de bagazo a los esparcidos neumáticos del hogar
2. transporte de aire primario y secundario en ventiladores de aire forzado (VT)

3. transporte de gases en ventiladores de tiro inducido (VTI)

4. provisión de aire a quemadores

Los términos, conceptos, designación y ensayos de ventiladores están regidos por varias normas, pero en el caso de calderas se han difundido las de AMCA (Air Movement and Control Association International).

Esta regulación en los ventiladores puede hacerse de dos formas:

1. Apertura o cierre del damper en el ducto de aspiración o impulsión, a velocidad de rotación constante

2. Variación de la velocidad de giro

La regulación por cierre del damper a la salida del ventilador luego que el fluido ha sido presurizado, es la forma menos eficiente de hacerlo, ya que por estrangulación se reduce la presión-caudal y se destruye por pérdida de carga la energía entregada al fluido

La forma más difundida y eficiente de regulación es cuando el damper está ubicado en la aspiración del ventilador (inlet vane control IVC). Mediante este dispositivo que permite la rotación del segmento de álabes que forman el damper, se produce la apertura o cierre de los mismos. De esta forma se restringe el flujo y el ventilador sólo comprime lo necesario.

Las ventajas de este sistema son: eficiente y de bajo costo, reducido espacio, el cierre es continuo y fácil de controlar.

Como dispositivo de corte y/o regulación de flujo se usa también tanto en la aspiración como en la impulsión, registros a persiana (damper) que, pueden ser accionados por diversos medios (neumático, hidráulico, etc.). Los registros se pueden construir de simple o doble pared

Los ventiladores tanto de tiro forzado como de tiro inducido necesitan ser ensayados y controlados neumáticamente a los efectos de garantizar que entregan el flujo de aire / gases en las condiciones requeridas, esto es, caudal, presión y energía consumida

Esto es particularmente importante en el VTI que está expuesto a un desgaste severo por las cenizas volantes arrastradas por los gases. Este material particulado va generando desgaste en los álabes y en el diámetro del rotor, con la consiguiente pérdida de capacidad y eficiencia operativa

El ensayo de los ventiladores requiere de un conjunto de mediciones que aplicadas bajo procedimientos estandarizados produce resultados confiables con niveles de incertidumbre aceptables.

Para estos ensayos será preciso contar con los siguientes instrumentos y efectuar algunas mediciones de la instalación:

- Tubo Pitot
- Tacómetro
- Mediciones de diámetro del rotor
- Mediciones de área transversal del ducto
- Manómetro abierto diferencial inclinado
- Condiciones ambientales: presión atmosférica, humedad relativa
- Temperatura y presión del aire / gas entrada y salida del ventilador
- Tensión y amperaje del motor de accionamiento o vatímetro

El procedimiento consiste básicamente en efectuar mediciones de presiones estáticas y dinámicas en la corriente del fluido, temperatura de ingreso-egreso y medir durante el tiempo fijado de ensayo la energía consumida por el ventilador

Deberá medirse las secciones transversales del ducto para que en función de las mediciones de velocidades, pueda estimarse el flujo de aire o gases. Con estos datos de caudal, presiones y energía se podrá contrastar con la curva característica del equipo original si existiera este documento.

## **2.11 Descripción, mantenimiento y operación de reductores de velocidad.**

- Los esfuerzos de mantenimiento, tales como vigilar los equipos y recolectar datos sobre las condiciones de los reductores de velocidad requiere de registros y archivos de información bien organizados. 85 Por lo tanto, es necesario tener algún tipo de programa para el procesamiento de datos que integre toda la información de los equipos y de sus elementos, que permita simplificar y agilizar las tareas necesarias para llevar a cabo los mantenimientos. Los datos deben incluir la información técnica necesaria, así como el historial de repuestos, control de temperatura, control de tendencia de vibraciones, repuestos en almacén, etc.
- Las ventajas de la programación de mantenimiento preventivo son hacer predicciones acerca de las necesidades de mantenimiento para el futuro. En consecuencia, es posible estimar la cantidad de aceite recomendado que se debe tener en el almacén para el debido cambio de aceite. Igualmente, es necesario tener una existencia de cojinetes para sustituir aquellos que presenten desgaste. La cantidad de piñones y engranajes que deben tenerse a mano como repuestos depende de la experiencia en el pasado, de los registros de desgaste, de las recomendaciones de los fabricantes, etc.; siempre se deben mantener en almacén bombas de aceite, elementos de filtro en existencia.
- La inspección comprende todas las medidas para la constatación y evaluación del estado real del equipo. 86 La inspección diaria y los requerimientos de mantenimiento generalmente servirán para asegurarse que los componentes funcionen sin cambios notorios en el rendimiento, tales como cambios en las temperaturas de operación, nivel de ruido y vibración.
- También se inspecciona para asegurarse que todos los sistemas de lubricación están funcionando de acuerdo con las especificaciones y que se están cumpliendo a cabalidad con los tiempos establecidos para los cambios



de aceite y de filtros. Durante los servicios de inspección se comprobará en el engranaje:

- Control visual general de piezas
- Aflojamiento de pernos de anclaje del reductor
- Comprobación de fugas de aceite en las tuberías
- Temperatura de servicio elevada
- Posibles fugas de aceite en la carcasa
- Nivel de aceite correcto
- Ruidos diferentes de los engranajes

<b>Avería</b>	<b>Causas</b>	<b>Remedios</b>
Temperatura elevada en los cojinetes.	Nivel de aceite en la carcasa del engranaje demasiado bajo.	Comprobar nivel de aceite, eventualmente añadir aceite.
	Aceite envejecido.	Comprobar cuando se ha realizado el último cambio de aceite, eventualmente cambiar el aceite.
	Bomba de aceite averiada.	Comprobar bomba de aceite, cambiarla si es necesaria.
	Cojinete averiado.	Desarmar reductor y cambiarlo.

*Ilustración 18 Averías parte 1*

Temperatura de servicio elevada.	<p>Nivel de aceite en la carcasa del engranaje demasiado alto.</p> <p>Filtros de aceite sucio.</p> <p>Aceite demasiado sucio.</p> <p>Alimentación de agua de refrigeración o de aire de refrigeración averiado.</p>	<p>Comprobar nivel de aceite o corregir nivel de aceite.</p> <p>Limpiar filtro de aceite, tener en cuenta instrucciones de servicio filtro de aceite.</p> <p>Cambiar aceite.</p> <p>Comprobar alimentación de agua refrigeración o aire refrigeración.</p>
El engranaje cubierto de aceite.	Estanquización insuficiente de la tapa de la carcasa o de las juntas.	Cambiar las juntas.
Aparato de medición caudal dispara alarma.	<p>Aceite demasiado frío.</p> <p>Filtro de aceite sucio.</p> <p>Tuberías no estancas.</p>	<p>Calentar aceite.</p> <p>Limpiar filtro de aceite.</p> <p>Probar tuberías.</p>
Temperatura elevada en el sensor del cojinete de empuje axial.	<p>Filtro de aceite sucio.</p> <p>Bajo nivel de aceite en el cojinete de empuje axial.</p>	<p>Comprobar suciedad en filtro.</p> <p>Comprobar ajuste de la válvula de regulación.</p>

*Ilustración 19 Averías parte 2*

## CAPÍTULO 3. DESARROLLO DEL PROYECTO

### 3.1 Mantenimiento Preventivo a Equipos Auxiliares a las Calderas No.11, No.12, No.13, No.14, No.15.

1. El inicio de la estadía fue conocimiento de la industria en que realizaría mi servicio saber la áreas o departamentos por los cuales se realiza el proceso de la caña de azúcar y el importancia que tiene el área que me otorgaron realizar mis estadías (departamento calderas) como la importancia que tienen esta industrias a nivel nacional como mundial.



*Ilustración 20 central potrero*

2. El Ingenio recibe su materia prima de 8,174 cañeros que son ejidatarios o pequeños propietarios de 26,089.38 hectáreas. Emplea 1114 personas de la región de forma permanente durante la época de zafra y 548 personas durante la época de reparación.
3. El Ingenio molió durante la zafra 16/17 1'653,119.950 toneladas de caña. Se reciben diariamente 544 camiones cargados con caña. Su capacidad de molienda es de 11,500 toneladas de caña por día.

4. Sus áreas de trabajo son batey (volteo de camiones y lavado de caña) ,molinos (molienda extracción de jugo),Calderas (generadores de vapor ),turbos( generadores de electricidad) ,Y en el Área de Elaboración son 10 departamentos

- Alcalización
- Filtros Oliver
- Clarificación
- Evaporación(triples)
- Refinería
- Tanques de tratado
- Filtros swetlan
- Cristalización (tachos de crudo y de refino)
- Centrifugas y secadoras de azúcar
- Envase

Por ultimo Área de bodega de azúcar (almacenaje y llenado de tráileres para su venta)

Cuenta con dos talleres eléctrico y mecánico.

5. El mantenimiento preventivo será en época de zafra azucarera y época de reparación, Personal de mantenimiento: El ingenio cuenta con dos períodos de mantenimientos, en los cuales debe contar con personal capacitado para que desempeñen exitosamente el puesto a su cargo. Se instruye al personal por medio de capacitaciones periódicamente para reforzar sus conocimientos y habilidades sobre los equipos que manejan dentro del departamento de calderas. Los puestos de trabajo que se manejan en el departamento de calderas son los siguientes:

- Jefes del departamento de calderas
- Ingeniero de turno
- Supervisores
- Soldadores
- Ayudante de mecánico
- Ayudante de soldador

Al igual que los operadores de turno que son los siguientes:

- Operador de turno
- Cabo de agua
- 2 ayudantes
- Engrasador

- Bombero de combustible
- 6 peones auxiliares

6. Las siguientes tareas necesarias que se deben realizar cuando arranque el sistema, en operación normal y cuando se pare.

Esta programación será revisada por los supervisores e ingenieros de área de calderas para el control y verificación del cumplimiento de las tareas que se deben realizar en el sistema de recolección en seco.

Para el arranque del sistema se trata de tareas que se deben verificar cada inicio de zafra. Para el período de operación normal en época de zafra existen tareas que los operarios deben realizar cada cambio de turno, siendo las siguientes: revisar temperatura de las chumaceras, revisar el amperaje y voltaje de los motores eléctricos, monitorear ruidos anormales, así como también existen tareas que se deben realizar cada semana siendo las siguientes: verificar niveles de aceite y re-engrase de chumaceras, lubricación de cadenas de transmisión.

En período de reparación se debe cumplir con la programación de las tareas en el tiempo que el supervisor e ingeniero de turno lo dispongan.

7. El área asignada para realizar la estadía fue Calderas del ingenio central potrero cuenta con 6 generadores en servicio tiene 5 los cuales abastecen de vapor a toda la fábrica y principales fuente de energía para los turbos generadores.

8. Las calderas están numeradas de la siguiente forma No.11, No.12, No.13, No.14, No.15, toda de combustible bagazo – petróleo, Pero en la actualidad solo se utiliza bagazo en las 5.

9. Sus Propiedades de las calderas son los siguientes :

- Caldera 11

Marca: RELEY STOR22RCO

Capacidad de Generación: 35.255 kg/hr.

Presión de Trabajo: 17.6kg/cm<sup>2</sup>, 250 Psi

Combustible: Bagazo-Petróleo

- Caldera 12

Marca: Combustión Engineers

Capacidad de Generación: 52,000kg/hr

Presión de Trabajo: 176.6kg/cm<sup>2</sup>, 250Psi, 500°F

Superficie de Calefacción: 1784.8 m<sup>2</sup>

Combustible: Petróleo-Bagazo

- Caldera 13 – 14

Marca: BIGELOW Tipo RSU-56-SP

Capacidad de generación: 52,000kg/hr

Presión de Trabajo: 17.6kg/cm<sup>2</sup>, 500°F, 250Psi

Combustible: Petróleo-Bagazo



- Caldera 15

Marca: BIGELOW Tipo FYMSA

Capacidad: 63,560Kg/Hr

Capacidad de trabajo: 17.6, 250Psi, 500°F

Superficie de Generación: 1852.02 m<sup>2</sup>

Combustible: Bagazo-petróleo

10. Al conocer el área de trabajo y su funcionamiento de las calderas, Se empezó con analizar las anomalías y tipos de problemas suceden cuando algún equipo sufre un desgaste o falla por la larga jornada de operación de los equipos.

11. De todos los equipos que contiene la caldera que es muy amplio en transcurso de la estadía se lograron ver ciertos sobrecalentamientos en equipos principalmente en chumaceras en los fluidizados.

De los posibles factores que se detectaron:

- El ambiente ( cuando clima está a temperaturas altas las chumaceras con facilidad aumenta su temperatura)
- Por falta de lubricación o excederse de lubricante ( mala operación del engrasador )
- Falta de refrigeración tener un sistema de aire para enfriar la chumacera.

- Falla en los cojinetes desgaste o fractura.

De los que se llegó a la solución que el factor era el clima, y la falta de aire para refrigerarlos y bajarles la temperatura, En algunos el raro caso fue acumulación de grasa dañada.

12. Los ventiladores y soplantes deberán arrancarse con caudal mínimo y aumentado gradualmente hasta carga plena para evitar golpes de ariete sobre los componentes de la instalación y también evitar la sobreintensidad o sobrecarga eléctrica del arranque del motor eléctrico. Como toda maquinaria, deberá mantenerse limpia y libre de depósitos; de otro modo, pueden producirse el ataque por corrosión y el desequilibrio con el resultado de la producción de vibraciones. Los ventiladores y soplantes deben preservarse de la acción destructiva de un funcionamiento prolongado con vibración anormal. Por esta razón, un chequeo diario deberá incluir un control de la vibración.

13. En los tiros forzados e inducidos se tomó notas diarias de temperaturas, velocidades e inspección visual por turno para llevar un monitoreo de funcionamiento de los equipos observar que no existan fugas de aceite en los reductores, fugas de vapor en las turbinas, que las temperaturas estén en el rango adecuado, que tengan buen nivel de aceite (no haga falta), revisar que los manómetros tengan presión, tomar las Rpm sean las adecuadas.

14. Otros de los equipos importantes que en la caldera no debe fallar son las bombas de alimentación de agua son base del funcionamiento de la caldera en ellas se realiza inspecciones diarias por personal operativo exclusivo por el cabo de agua en ellas se revisara que no ocurran siguientes fallas :

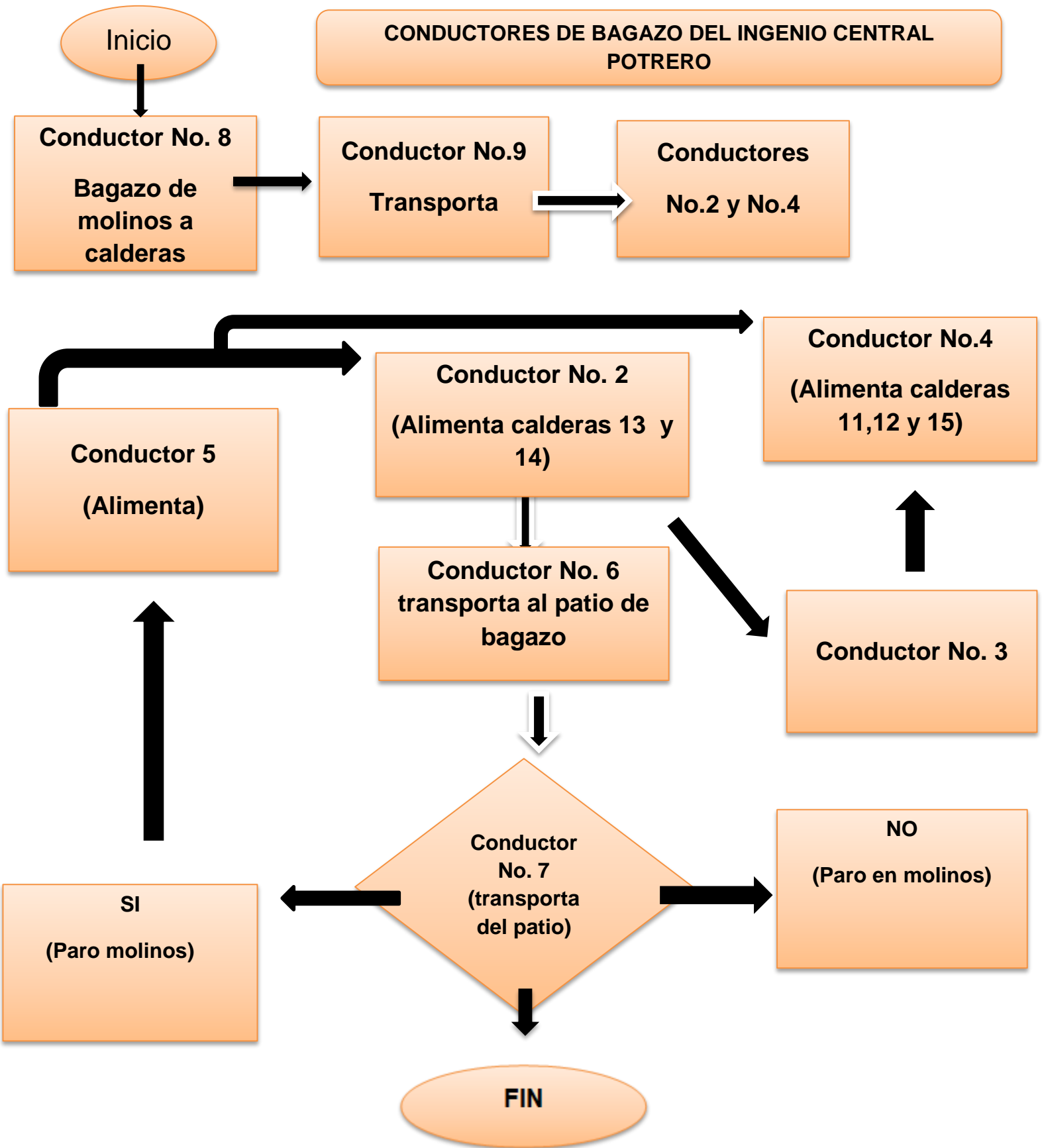
- Puede producirse un bajo caudal de agua si existe una velocidad inadecuada, filtro de aspiración obstruido, bombeo con aire, válvulas de purga de aire abiertas (deben cerrarse para cebar la bombas), desgaste de los anillos de los cojinetes o rodete dañado.
- Pueden producirse vibraciones por desalineación, desgaste de los cojinetes, desequilibrio del rodete debido a desgaste y corrosión de piezas de la bomba.
- El progresivo desgaste del eje y su rotura pueden producirse por una empaquetadura del eje inadecuadamente instalada o un ataque químico sobre el material por el fluido bombeado que puede causar corrosión por tensiones y producir rotura.
- El mantenimiento en las turbinas es más amplio debido a que son las que más trabajo operación se llevan a lo largo de la zafra, Al aplicarles un mantenimiento son relevadas por motor eléctricos con otro equipo auxiliar, que sirve mucho para estos casos de emergencia cuando ocurre una falla. El mantenimiento a la turbina es el siguiente:
- Asegurarse de que toda agua o condensado se retira del casing (o envolvente) de la turbina, empaquetadura y línea de vapor antes de abrir la válvula de estrangulamiento o regulación de la turbina. Esto evitara el golpeteo de alabes y toberas, que han sido diseñadas para manipular un vapor más ligero. También evita la corrosión de alabes y toberas y la posible rotura de las mismas por el vapor húmedo.
- Comprobar siempre el nivel de aceite del depósito y el trabajo u operación de todas las bombas de aceite para asegurarse de que los cojinetes están siendo bien lubricados. Revisar los depósitos de aceite para evitar que el agua pueda venir del refrigerador de aceite (con fugas) o para evitar condensados provenientes de unos sellos defectuosos o con fugas que puedan ir a parar al aceite de los cojinetes.
- Calentar la turbina de vapor según la rampa de subida de temperatura prevista por el fabricante para evitar tensiones teóricas expresivas.
- Mantener un control y registro del rendimiento de trabajo, anotando vibraciones, perdidas de sellado del eje, presión de primera etapa y del escape y consumo de vapor. Las condiciones anormales de trabajo pueden requerir una mayor investigación de sus causas y pueden implicar la apertura de la turbina para comprobar el desgaste de alabes y toberas. De cojinetes y piezas internas similares que pueden requerir reparación y/o recambio.

15. A los motores eléctricos se les debe llevar un mantenimiento diario el departamento de taller eléctrico debe de darles chequeo de temperatura del motor si tiene un sobre calentamiento puede que se haya dañado el rotor , o si se bota el arrancador puede que esté en corto que este bajo de aislamiento , el equipo eléctrico siempre es indispensable , ya que en el momento que se dañe una turbina será el recurso que la releva el tiempo en que la turbina estará en reparación.



*Ilustración 21 motor eléctrico trifásico*

16. En el departamento de calderas están en servicio los conductores de bagazo No.2, No.3, No.4, No.5, No.6, No.7, No.8, No.9 en ellos es transportado el bagazo de molinos que es ocupado como combustible primordial para las calderas, cada uno de ellos tienen función especial. Como se muestra a continuación :



17. En este punto igual en los conductores se deben inspeccionar la cadena del lado motriz inspeccionar que la transmisión está en buen estado, como ver si alguno de los lados necesita un ajuste, de tensión. Al igual se medir temperatura en las chumaceras para observar que están correctamente lubricadas, Al igual que observar que no tengan ninguna duela suelta, quebrada, doblada o flojo tornillo.



*Ilustración 22 cadena de bagazo y línea transmisión.*

18. En los conductores de bagazo igual se lleva a cabo un seguimiento diario debido a su trabajo constante las cadenas con el tiempo se deben modificar sus tensiones, ya que se estiran con el movimiento, Así que se miden los lados libres (la cola) en los tensores la distancia llevan, si llegara ya no quedar espacio para tensar se debe realizar un recorte de cadena si quitaran los eslabones necesarios.

Nota: llevar más seguimiento al conductor No. 2, es el de mayor carga es más grande y está construido por diferente cadena alas de las demás.

19. Mantenimiento a las válvulas de seguridad Con respeto a este tema en específico, se puede decir que al momento de reparar este dispositivo, lo

primero que se debe tener en cuenta, la fatiga de los materiales. En especial los muelles o resortes (spring) helicoidales de compresión donde es el principal agente o accesorio de fallas de las válvulas, pero su anomalía es acompañada a través del tiempo de acuerdo con los ciclos de trabajo que el dispositivo ofrece.



*Ilustración 23 Resorte de válvulas de seguridad*

20. Antes de realizar mantenimiento a estos dispositivos, se debe tener en cuenta el uso o seguimiento de operación de cómo es su repuesta, de esta manera podemos ir directamente a la falla evitar contratiempos.



*Ilustración 24.  
Mantenimiento parte1*

21. Los resortes de compresión están destinados a soportar grandes esfuerzos de compresión y choque. Esto les permite disminuir su volumen cuando se aumenta la presión ejercida sobre ellos, convirtiéndose en los dispositivos de almacenamiento de energía disponible más eficientes. La duración de estos muelles es ligeramente inferior debido a una distribución de las tensiones más desfavorable



*Ilustración 25 mantenimiento a válvula parte. 2*

22. Observe todos sus componentes, tome lectura de los mismos realice una planilla detallada de sus deterioros.

- Una vez mecanizado sus componentes, tomar notas para su pronta estadística de mantenimiento.
- Es prescindible el mantenimiento programado en estos dispositivos de seguridad, por lo cual en algunos casos a medida que avanza la tecnología, los sistemas de seguridad son más complejos y monitoreado con más precisión. Es por tal motivo que estos dispositivos que generalmente son mecánicos no llegan a funcionar eficazmente y sufren



deterioro a corto plazo. Es fundamental practicarle un mantenimiento semestral, y como medida un análisis exhaustivo un Mantenimiento anual. Al observar el estado de las piezas y el acoplamiento de las mismas como: bridas, juntas, cañerías de antes y después de la válvula, y tratar de usar en la medida un buen lubricante de alta temperatura.

- Es de suma importancia que una válvula de seguridad esté correctamente construida. Tal construcción puede asegurarse especificando que debe estar conforme al código ASME o Nacional Board, aprobada y registrada, siendo su funcionamiento de disparo por muelle directo cargado a resorte, y adecuadamente marcada o calibrada tanto en posición como en caudal o capacidad de evacuación y equipada con una palanca de prueba. El ajuste de presión debe corresponder bien a la presión máxima admisible para la que se diseñó la caldera o, en calderas viejas, la máxima presión permitida por la ley del estado. La capacidad de la válvula de seguridad debería ser, al menos, igual al vapor máximo que puede generarse por la caldera o en cierta forma su presión de trabajo o diseño de su fabricante. Una válvula de seguridad según el código ASME lleva la siguiente información inscrita en el cuerpo de la válvula o placa nominativa.

23. los alimentadores de bagazo alimentadores son dos elementos rotativos impulsados por un motor de frecuencia. por dentro contienen unos tambores con pines los cuales trituran partículas que vengan en el bagazo pero en ocasiones por accidente vienen piedras de gran tamaño se atorán en el en los tambores , el cual causa su paro automático del alimentador , Estos pines en ocasiones se doblan o se rompen , se deben dar mantenimiento constante , este equipo con pines faltantes la caldera no hará un trabajo apropiado , Al darle un mantenimiento donde sean más resistentes la caldera incrementara su eficiencia .



*Ilustración 26 tambores de pines*

24. Mantenimiento a reductores en Los engranajes, casquillos y rodamientos de los reductores y motor reductores están lubricados habitualmente por inmersión o impregnados en la grasa lubricante alojada en la carcasa principal. Por lo tanto, el Mantenimiento pasa por revisar el nivel de aceite antes de la puesta en marcha. La carcasa tendrá visibles los tapones de llenado, nivel y drenaje del lubricante, que deben estar bien sellados. Debe mantenerse especialmente limpio el orificio de ventilación; también debe respetarse el tipo de lubricante recomendado por el fabricante, que suele ser el más adecuado a su velocidad, potencia y materiales constructivos. Según el tipo del reductor, se suele recomendar una puesta en marcha progresiva, en cuanto a la carga de trabajo, con unas 50 horas hasta llegar al 100%.

25. Conforme a lo observado el mantenimiento que se les debe realizar a los reductores es ciertos tiempos como se muestran continuación:

Cada semana:

- Revisar el nivel de aceite del reductor, y si es necesario reponerlo.
- -Revisar si existen posibles fugas de aceite.

Cada 3 meses:

- Revisar la alineación del grupo motor-reductor.

- Escuchar con un estetoscopio mecánico los ruidos del rodamiento y de los engranes.

Cada año:

- Revisión general del reductor.
- Revisar los conos.
- Revisar tazas (de preferencia cambiarlas).
- Revisar engranes y piñones.
- Revisar el apriete del cono sobre la flecha.
- Ajustar las flechas del reductor.
- Revisar la bomba de aceite y sus conductos.



*Ilustración 27  
mantenimiento reductor*

26. En el sistema de petróleo en las calderas es circulatorio, pasa por todas la calderas pero no es ocupado, ya que las maquinas ocupan el bagazo. su función es mantener limpias las tuberías gracias al petróleo caliente que es

mandado de los tanques gemelos que contienen dos calentadores para que el fluido se mantenga en temperatura, así no se taparan las tuberías. este sistema contiene 2 bombas eléctricas y una bomba dúplex las cuales también se le debe dar un mantenimiento diario, el operario de bombas debe reparar toda anomalía como mantener limpios los filtros, checar que este en buen estado todas las válvulas de los quemadores, ya que en un momento de emergencia ellas son auxiliares cuando falte bagazo.

## **CAPÍTULO 4. RESULTADOS Y CONCLUSIONES**

En el presente trabajo especial se diagnosticaron las condiciones y el funcionamiento actual de las calderas en el ingenio central potrero realizando las actividades y aplicando recursos indicados por el autor exceptuando el uso del historial de fallas del equipo y manual de fabricante.

Realizo un análisis determinándose que existen deficiencias en el mantenimiento de las calderas, entre las que se pueden mencionar: faltan actividades necesarias para realizar mantenimiento preventivo debido a la falta de formatos los cuales se lleven seguimiento que se cumplan las tareas planteadas a los equipos, ya que son de suma importancia para la industria y un manejo adecuado de los operarios.

### **4.1 Resultados**

En el presente trabajo especial se diagnosticaron las condiciones y el funcionamiento actual de las calderas en el ingenio central potrero realizando las actividades y aplicando recursos indicados por el autor exceptuando el uso del historial de fallas del equipo y manual de fabricante.

Realizo un análisis determinándose que existen deficiencias en el mantenimiento de las calderas, entre las que se pueden mencionar: faltan actividades necesarias para realizar mantenimiento preventivo debido a la falta de formatos los cuales se lleven seguimiento que se cumplan las tareas planteadas a los equipos , ya que son de suma importancia para la industria .

De acuerdo a los resultados obtenidos cabe señalar que la empresa no cuenta el mantenimiento preventivo pero falta aplicarlo adecuadamente lo cual se reforzó con formatos para aplicación de tareas de prevención , para evitar las consecuencias

que acarrea la inoperatividad de los mismos , se establecieron las actividades mantenimiento considerando su frecuencia ,duración especialidad de mano de obra , materiales , repuestos y herramientas requeridas para ejecución de las mismas , para prevenir el deterioro y mantener en condición normal de operación, a la vez permite disminuir el mantenimiento de avería y paradas no planificadas .

Como resultado final lo equipos, semi-criticos y no críticos para evitar las paradas de plantas y cualquier imprevisto que se pueda presentar fuera de la planificación programada de la empresa. Por otra parte quedo demostrado que el personal encargado si cumple con la ejecución de estas actividades, pero siguiendo los lineamientos recomendados.

### **4.3 Recomendaciones**

Las calderas necesitan un mantenimiento mínimo que asegure su perfecto funcionamiento. Esto es lo que hay que tener en cuenta para que siempre cumplan su función con la mayor eficiencia.

Un servicio de mantenimiento de una caldera debe ser tanto periódico como permanente, preventivo y correctivo. Es algo necesario para poder conseguir un alto rendimiento de la misma, un rendimiento de calidad, a fin de aprovechar al máximo sus posibilidades. Estas revisiones pueden considerarse fáciles, desde un punto de vista técnico, pero conviene delegarlas en manos de profesionales por la peligrosidad que con lleva si algo se hace mal: no olvidemos que estamos tratando con bagazo, petróleo y agua caliente.

Aun así, podemos tener presente una serie de consejos para que su mantenimiento sea más duradero:

- La caldera debe estar siempre muy limpia. Conviene mantenerla libre de polvo o residuos que se puedan ir acumulando y que harán que se obstruya posiblemente.

- Cerca de ella no hay que tener materias combustibles o productos corrosivos que puedan derramarse. Cualquier derrame accidental hay que limpiarlo en el momento.

La empresa encargada del mantenimiento de la caldera deberá realizar unas inspecciones básicas, como son:

- Verificar el estado del tiro, la mezcla de aire-combustible y la llama para que ésta no sea muy alta o emita humo.
- Asegurarse de que el sistema de combustible, válvulas, tuberías y el propio tanque funcionan adecuadamente, sin fugas.
- Cerciorarse de que los sistemas de ventilación estén limpios y los gases producidos sean evacuados correctamente.
- Inspeccionar el aislamiento de las tuberías para evitar pérdidas de calor

## ANEXOS 1. Generación de vapor

GENERACION DE VAPOR					
HORAS	EQUIPO	PRIMERO	SEGUNDO	TERCERO	DIA
0.00	CALDERA No. 10	0	0	0	0
24.00	CALDERA No. 11	343,816	332,489	327,957	1,004,262
24.00	CALDERA No. 12	653,618	653,164	648,235	1,955,017
24.00	CALDERA No. 13	1,408,064	1,344,695	1,297,453	4,050,212
24.00	CALDERA No. 14	1,332,507	1,310,840	1,237,570	3,880,917
24.00	CALDERA No. 15	728,801	724,747	709,093	2,162,641
0.00	CALDERA No. 16	0	0	0	0
	<b>SUBTOTAL</b>	<b>4,466,806</b>	<b>4,365,935</b>	<b>4,220,308</b>	<b>13,053,049</b>
	USOS PROPIOS	331,188	331,188	331,188	993,564
	<b>TOTAL</b>	<b>4,797,994</b>	<b>4,697,123</b>	<b>4,551,496</b>	<b>14,046,613</b>



**Anexos 2. toneladas de productos**

Bagazo % Caña	<b>9.0%</b>
Ton Caña	9,657,359
Ton Agua	2,482,107
Ton Jugo	11,269,630.000
Ton Bagazo	869,836.00

TEMPERATURA	108	°C
TEMPERATURA	226	°F
ENTALPIA		BTU/Lbs
ENTALPIA	0.000	Kcal/Kg

Anexos 3. Resultados por día

<b>RESULTADOS DEL DIA</b>				
<b>PARAMETROS</b>	<b>PRIMERO</b>	<b>SEGUNDO</b>	<b>TERCERO</b>	<b>DIA</b>
CAÑA MOLIDA	3,075,190	3,739,029	2,843,140	<b>9,657,359</b>
AZUCAR PRODUCIDA	343,250.000	427,700.000	395,300.000	<b>1,166,250.000</b>
PETROLEO CONSUMIDO	0	0	0	<b>0</b>
VAPOR GENERADO	4,797,994	4,697,123	4,551,496	<b>14,046,613</b>
LTS/T.C.	0.000	0.000	0.000	<b>0.000</b>
VAPOR RELLENO	212,747	273,479.000	403,544	<b>889,770</b>
AGUA SUAVIZADA	0	0	0	<b>0</b>
RENDIMIENTO	11.162	11.439	13.904	<b>12.076</b>

#### Anexos 4. Consumido por día

GENERACION	Hrs FECHA	LBS / HORA	LBS / DIA	LBS. FECHA
CALDERA 10	#¡REF!	0	0	#¡REF!
CALDERA 11	#¡REF!	41,844	1,004,262	#¡REF!
CALDERA 12	#¡REF!	100,059	2,401,417	#¡REF!
CALDERA 13	#¡REF!	168,759	4,050,212	#¡REF!
CALDERA 14	#¡REF!	161,705	3,880,917	#¡REF!
CALDERA 15	#¡REF!	112,909	2,709,805	#¡REF!
CALDERA 16	#¡REF!	0	0	#¡REF!
<b>TOTAL VAPOR GENERADO</b>		<b>585,276</b>	<b>14,046,613</b>	<b>#¡REF!</b>
VAPOR DE PRUEBAS				#¡REF!
CONSUMO	HORA	DIA	FECHA	%
DESFIBRADORA	134,833	3,235,981	#¡REF!	21.10
MOLINOS T-B	176,152	4,227,646	#¡REF!	27.56
TURBOGENERADORES	240,007	5,760,165	#¡REF!	37.56
SECADORAS	6,425	154,188	#¡REF!	1.01
RELLENO	37,074	889,770	#¡REF!	5.80
TURBINA BOMBAS	13,520	324,480	#¡REF!	2.12
TURBINA VENTILADORES	31,049	745,173	#¡REF!	4.86
<b>TOTAL CONSUMIDO</b>	<b>639,058</b>	<b>15,337,403</b>	<b>#¡REF!</b>	<b>100.00</b>

Anexos 5. Consumos en libras y toneladas

CONSUMOS EN LBS	TONELADAS
DEFIBRADORA	1,471
MOLINOS T-B	1,922
PLANTA ELECT.	2,618
SECADORAS	70
RELLENO	404
T. BOMBAS	111
T. VENTILADORES	339
<b>TOTAL</b>	<b>6,935</b>

## Anexos 6. Datos de vapor

<b>DATOS DEL VAPOR (ingles)</b>	
PRESION	260 Lb/in <sup>2</sup>
TEMPERATURA	554 °F
ENTALPIA	BTU/Lbs

<b>DATOS DEL VAPOR (métrico)</b>	
PRESION	18.31 Kg/cm <sup>2</sup>
TEMPERATURA	290 °C
ENTALPIA	0.000 Kcal/Kg

## **BIBLIOGRAFÍA**

*EPRI – Failure and Inspections of Fossil Fired Boiler Tube. (1983).*

(NBIC, N. B. (1997). *Part:3: Reparaciones y alteraciones.* USA.

David, F. (1993). *Metallurgical Failures in Fossil Fired Boilers.* John Wiley & .

Javier, C. M. (2002). *Operación y mantenimiento de calderas.* universidad de colombia.

jhon. (1992). *conductores de bagazo.*

Joseph, S. (1991). *Combustion fossil power.* Combustion Engineering.

K.B.Mcintyre. (2002). *A review of the common causes of boiler failure in the sugar .*