



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO

“ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA APLICADO AL MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE GENERACIÓN Y DISTRIBUCION DE VAPOR PARA LA EMPRESA “LA IBÉRICA”

MARÍA DEL ROCÍO VARGAS LEÓN

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO DE MANTENIMIENTO

**RIOBAMBA – ECUADOR
2016**

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

2015-04-02

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

MARÍA DEL ROCÍO VARGAS LEÓN

Titulada:

**“ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA APLICADO AL MANTENIMIENTO
DEL SISTEMA DE GENERACIÓN Y DISTRIBUCION DE VAPOR PARA LA
EMPRESA “LA IBÉRICA”**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el título de:

INGENIERO DE MANTENIMIENTO

Ing. Marco Santillán Gallegos
DECANO FACULTAD DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Ángel Ramírez Alomía
DIRECTOR

Ing. Fernando González Puente
ASESOR

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: MARÍA DEL ROCÍO VARGAS LEÓN

TÍTULO DE LA TESIS: “ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA APLICADO AL MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE GENERACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE VAPOR PARA LA EMPRESA “LA IBÉRICA”

Fecha de Examinación: 2016-03-16

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Víctor Vásconez Velasco PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Ángel Ramírez Alomía DIRECTOR			
Ing. Fernando González Puente ASESOR			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. Víctor Vásconez Velasco
PRESIDENTE TRIB. DEFENSA

DERECHOS DE AUTORÍA

El trabajo de grado que presento, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teórico-científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad del autor. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Vargas León María del Rocío

DECLARACION DE AUTENTICIDAD

Yo, Vargas León María del Rocío, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de grado.

Vargas León María del Rocío
Cedula de Identidad: 060422714-0

DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada a Dios por darme la fe para seguir adelante.

A mi hijo por darme la fuerza para poder culminar esta etapa de mi vida, que durante el transcurso del camino siempre estuvo a mi lado.

A mis padres y hermanos en especial a mi hermano Roberto que con sus consejos y apoyo han sabido estar presentes en los momentos más difíciles de mi vida, a todos quienes estuvieron ayudándome, aportando con su granito de arena para que este sueño se haga realidad .

María del Rocío Vargas León

AGRADECIMIENTO

El más sincero agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, a la Facultad de Mecánica y en especial a la Escuela de Ingeniería de Mantenimiento, por brindarme la oportunidad de obtener una profesión y ser útil para la sociedad.

Agradezco a mi familia por estar presente en todo momento dentro de mi formación académica y nunca dejarme sola, a los docentes de la Facultad de Mecánica, al personal administrativo, y en especial al Ingeniero Ángel Ramírez y al Ingeniero Fernando González que con su sabiduría han encaminado este trabajo de titulación.

María del Rocío Vargas León.

CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN	
1.1 Antecedentes	1
1.2 Justificación técnica-económica	2
1.2.1 <i>Justificación técnica</i>	2
1.2.2 <i>Justificación económica</i>	3
1.3 Objetivos.....	3
1.3.1 <i>Objetivo general</i>	3
1.3.2 <i>Objetivos específicos</i>	3
2. MARCO TEÓRICO	
2.1 Principios básicos de vapor.....	5
2.1.1 <i>Vapor de agua</i>	5
2.1.2 <i>Vapor como energía</i>	5
2.1.3 <i>Distribución de vapor</i>	5
2.1.4 <i>El enfoque de los sistemas</i>	6
2.2 Generadores de vapor	7
2.2.1 <i>Descripción</i>	7
2.2.1.1 <i>Componentes de un sistema generador de vapor</i>	7
2.3 Factores que inciden en la eficiencia energética	8
2.3.1 <i>Aislamiento térmico</i>	8
2.3.2 <i>Trampas de vapor</i>	9
2.3.3 <i>Baja recuperación de condensado</i>	9
2.3.4 <i>Fugas de vapor</i>	10
2.3.5 <i>Fugas por bridas, prensas de válvulas, etc.</i>	10
2.3.6 <i>Horas de utilización</i>	10
2.3.7 <i>Hollín</i>	11
2.3.8 <i>Estanqueidad</i>	11
2.3.9 <i>Ventilación</i>	11
2.3.10 <i>Chimeneas con suciedad</i>	11
2.3.11 <i>Incrustaciones en las superficies de intercambio de calor</i>	11
2.3.12 <i>Deficiente combustible</i>	11
2.4 Calidad del agua de alimentación	12
2.4.1 <i>Agua de alimentación de la caldera</i>	12
2.4.2 <i>Algunos parámetros importantes del agua de alimentación son</i>	12
2.4.3 <i>Requerimientos Agua Alimentación y Caldera</i>	13
2.4.4 <i>Problemas Frecuentes causados por las impurezas</i>	14
2.5 Combustibles	15
2.5.1 <i>Propiedades de los combustibles</i>	15
2.6 Mantenimiento centrado en la eficiencia energética	16
2.6.1 <i>Cálculo de la eficiencia de las calderas</i>	16
2.6.2 <i>Indicadores de mantenimiento centrado en la eficiencia energética</i>	17
3. DIAGNÓSTICO DE LA EMPRESA Y SU SISTEMA DE VAPOR	
3.1 Información de la fábrica de embutidos IBERICA.....	18
3.1.1 <i>Misión</i>	18
3.1.2 <i>Visión</i>	18
3.1.3 <i>Políticas de calidad</i>	19
3.1.4 <i>Organigrama de la empresa</i>	19

3.2	Descripción de procesos y flujos energéticos.....	19
3.2.1	<i>Detalle de procesos que toman lugar en la planta y utilizan vapor.....</i>	19
3.2.2	<i>Diagrama de proceso que demuestra los usos finales de vapor.....</i>	21
3.2.3	<i>Diagrama de flujos energéticos.....</i>	22
3.3	Descripción detallada del sistema para generación de vapor.....	22
3.3.1	<i>Sistema de alimentación de agua.....</i>	22
3.3.1.1	<i>Sistema de tratamiento y acondicionamiento del agua.....</i>	23
3.3.2	<i>Sistema de alimentación de combustible.....</i>	24
3.3.2.1	<i>Sistema de aire para la combustión.....</i>	25
3.3.2.2	<i>Caldero principal.....</i>	25
3.3.2.3	<i>Caldera emergente.....</i>	26
3.3.3	<i>Sistema de distribución de vapor.....</i>	27
3.3.4	<i>Sistema de purgas.....</i>	27
3.4	Análisis de la generación y distribución del vapor.....	28
3.4.1	<i>Parámetros de generación de vapor.....</i>	28
3.4.2	<i>Parámetros de los gases de la combustión.....</i>	28
3.4.3	<i>Parámetros de los residuos de la combustión.....</i>	29
3.5	Consumo Histórico de energía para la generación de vapor.....	33
3.6	Descripción detallada del sistema de distribución de vapor.....	36
3.6.1	<i>Características de la operación del sistema de distribución de vapor.....</i>	36
3.6.2	<i>Parámetros del sistema de distribución de vapor a los usos finales.....</i>	36
3.6.2.1	<i>Presión según exigencias del proceso.....</i>	36
3.6.3	<i>Esquema del sistema de distribución desde la generación.....</i>	37
3.6.3.1	<i>Diámetros y longitudes del trayecto de la tubería.....</i>	37
3.6.3.2	<i>Aislamiento térmico.....</i>	38
3.6.3.3	<i>Sistema de drenaje.....</i>	40
3.6.3.4	<i>Sistema de reducción de presión.....</i>	41
3.6.3.5	<i>Trampas.....</i>	42
3.6.3.5.1	<i>Estado actual de las trampas.....</i>	44
3.6.4	<i>Valor de la caída de presión hasta uso final de vapor.....</i>	45
3.6.5	<i>Condiciones de presión y/o temperatura para áreas y usos finales.....</i>	46
3.7	Descripción detallada del sistema de vapor usos finales.....	46
3.7.1	<i>Descripción de los usos finales de vapor.....</i>	46
3.7.2	<i>Horas de operación del usuario.....</i>	48
3.8	Sistema de retorno de condensado.....	48
3.8.1	<i>Porcentaje y parámetros de retorno del condensado.....</i>	48
3.8.2	<i>Clasificación de los condensados contaminados o no contaminados.....</i>	50
4.	ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA DEL CALDERO	
4.1	Estado actual del aislamiento térmico.....	53
4.1.1	<i>Calidad del agua de alimentación.....</i>	56
4.2	Gestión del mantenimiento.....	63
5.	PROGRAMA DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA EFICIENCIA ENERGÉTICA	
5.1	Indicadores de mantenimiento centrado en la eficiencia.....	65
5.1.1	<i>Diferencia de temperatura.....</i>	65
5.1.2	<i>% O₂ de los gases de combustión.....</i>	66
5.1.3	<i>Formatos de registros utilizados en el mantenimiento centrado en la eficiencia energética (ECM) de los generadores de vapor.....</i>	66
6.	COSTOS DEL SISTEMA A IMPLEMENTARSE	
6.1	Revisión de aislamiento térmico.....	68

6.1.1	<i>Necesidades de colocación y/o reparación de aislamiento</i>	68
6.2	Situación funcional del aislamiento térmico	69
6.2.1	<i>Diámetros y longitudes tubería a recubrir.</i>	70
6.3	Perdidas de energía y costos.....	71
6.4	Calculo económico.....	73
6.5	Propuesta de mejora.....	74
7.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
7.1	Conclusiones	75
7.2	Recomendaciones.	75

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

LISTA DE TABLAS

	Pág.
1	Calidad recomendada para calderas 13
2	Requerimientos de agua de alimentación 14
3	Requerimientos de agua para calderas según BS 2486 14
4	Porcentaje de O ₂ para diferentes combustibles. 17
5	Datos de placa KEWANEE 26
6	Datos de placa YORK SHIPLEY 26
7	Rangos y resoluciones del equipo PCA3 BACHARACH 29
8	Niveles de opacidad 29
9	Datos de campo registrados en el caldero (Llama baja) 30
10	Datos registrados en el caldero (Llama media) 30
11	Datos de campo registrados en el caldero (Llama alta) 31
12	Comparación de valores-caldero 31
13	Ajuste de la combustión 32
14	Historial de consumo de energía eléctrica [kW/h] 34
15	Historial de combustible en 4 años 34
16	Historial de agua en 4 años 35
17	Promedio de Compra de energía en 4 años 35
18	Diámetros y longitudes del trayecto de la tubería. 38
19	Temperatura de la trampa de vapor del horno 3. 43
20	Temperatura de la trampa de vapor del horno 1. 44
21	Estado actual de las trampas 44
22	Valor de la caída de presión hasta uso final del vapor 45
23	Condiciones de presión y/o temperatura para áreas y usos finales 46
24	Usos finales de vapor 46
25	Control de la temperatura en el proceso de cocción en hornos 47
26	Control de la temperatura en el proceso de cocción en marmitas 47
27	Usuarios finales de vapor, condiciones de trabajo que se requiere 48
28	Resultados de la masa de combustible y agua 52
29	Termografía compuerta delantera lado izquierdo 54
30	Termografía compuerta delantera lado superior 54
31	Termografía de la compuerta delantera lado superior 55
32	Termografía lado posterior (derecho) 55
33	Cuerpo de la caldera 55
34	Calidad del agua de alimentación año 2013 57
35	Calidad del agua del ablandador año 2013 58
36	Calidad del agua del ablandador año 2014 58
37	Calidad del agua de alimentación año 2014 59
38	Temperatura de los gases de Chimenea caldera KEWANEE 65
39	Temperatura de la salida de vapor 66
40	Resultados del indicador. 66
41	Porcentaje de O ₂ 66

42	Diámetros y longitudes tubería a recubrir	70
43	Perdidas de energía	71
44	Perdidas de costos	72
45	Cálculo económico	73
46	Propuesta de mejora	74

LISTA DE FIGURAS

Pág.

1	Componentes de un circuito de vapor industrial	6
2	Pérdida de calor latente en el vapor	9
3	Circuito de vapor en donde se reutiliza el condensado	10
4	Organigrama de la empresa	19
5	Procesos que se producen y utilizan vapor.....	20
6	Diagrama de procesos demostrando usos finales de vapor.....	21
7	Diagrama general de flujos energéticos	22
8	Diagrama de proceso del sistema de alimentación de agua	23
9	Equipo de ablandamiento manual.....	23
10	Diagrama del sistema de combustible	24
11	Ubicación del tanque de reserva de 2000 galones de diésel	24
12	Ubicación del tanque diario de combustible capacidad 60 galones.....	25
13	Caldero principal de 100 BHP.....	25
14	Distribuidor de vapor.....	27
15	Fosa de purgas.....	28
16	Promedio de Compra de energía en 4 años	35
17	Distribución desde la generación hasta el uso final.	37
18	Líneas de distribución de vapor casa de máquinas	39
19	Líneas de distribución de vapor, estación reductora horno N° 1	39
20	Líneas de vapor para los procesos	40
21	Líneas de vapor en hornos	40
22	Líneas de distribución de vapor a marmitas.....	40
23	Elaboración de pozuelos para recolección de condensado	41
24	Como están los pozuelos de recolección en la planta.....	41
25	Estimación reductora de presión	41
26	Como están instalados las estaciones reductoras de presión Horno 2	42
27	Como están instalados las estaciones reductora de presión Horno 1	42
28	Termografía trampa horno N° 3	43
29	Termografía trampa horno N° 2	44
30	Esquema de sistema de recolección de condensado	50
31	Instalación del medidor de flujo y equipo de medición	51
32	Tanque de combustible.	51
33	Termografía compuerta delantera lado izquierdo.....	54
34	Termografía de la compuerta delantera lado superior.....	54
35	Termografía lado posterior (inferior)	55
36	Termografía lado posterior (derecho)	55
37	Cuerpo de la caldera	56
38	PH del agua de alimentación	60
39	STD del agua de alimentación.....	60
40	Fosfatos del agua de alimentación	60
41	Sulfitos del agua de alimentación	61
42	Alcalinidad F del agua de alimentación.....	61
43	Alcalinidad T del agua de alimentación.....	61

44	Carbonatos del agua de alimentación.....	62
45	Hidroxilos del agua de alimentación	62
46	STD del agua del Ablandador	62
47	Dureza total del agua del ablandador	63
48	Termografía de la Chimenea caldera KEWANEE	65
49	Termografía de la Salida del vapor	65
50	Distribuidor sin recubrimiento	68
51	Tuberías y estaciones reductoras sin recubrimiento	68
52	Tuberías de distribución sin recubrimiento.....	68
53	Tuberías de distribución sin recubrimiento hornos.....	69
54	Portada 3E plus calculo energético.....	69
55	Portada 3E plus cálculo económico	69

LISTA DE ANEXOS

- A** Esquema general del sistema de generación de vapor
- B** Informe técnico de emisiones gaseosas para la empresa
- C** Formatos de registros utilizados en el mantenimiento

RESUMEN

El análisis de la eficiencia energética aplicado al mantenimiento del sistema de generación y distribución de vapor para la empresa “La Ibérica”, se realiza con el objetivo de identificar las pérdidas que se están generando y proponer las soluciones técnicas, para el análisis se exponen los históricos de la empresa se realiza un análisis de la generación y distribución de vapor con un estudio termográfico para verificar el aislamiento y recubrimiento térmico.

Como parte del estudio se realiza la identificación del proceso, las características de operación los usos finales, los productos que utilizan vapor para su producción, se evalúa las técnicas de mantenimiento del sistema y se enuncian las estrategias del programa de mantenimiento centrado en la eficiencia energética, se analiza los indicadores del mismo, se implementa los formatos de inspección, se realiza un balance de pérdidas energéticas y costos del sistema que va a ser implementado.

Para culminar el análisis se evalúa los resultados de los contaminantes en los diferentes combustibles que se utilizan dentro de la producción de vapor y se toman las respectivas correcciones, se debe instruir al personal de la planta para concientizar que cualquier sistema debe funcionar enmarcado en normas fundamentales de aprovechamiento energético y se propone la colocación de un aislamiento térmico de 1” de diámetro recubierto con foil de aluminio, tomando en cuenta q los formatos de inspección del mantenimiento centrado en la eficiencia energética se deben llevar acabo para horrar energía dentro de la empresa.

ABSTRACT

It is the analysis of energy efficiency applied to the maintenance of the generation and distribution of steam for the company "La Iberica" with the aim of identifying the losses that are being generated and propose technical solutions.

For the analysis are exposed the company historical analysis of the generation and distribution of the steam with a thermographic study is performed to check the insulation and thermal coating.

As part of the study, is done an identification of the process, the operating characteristics of end uses, products that use steam for production, the technical maintenance of the system is evaluated and are set the strategies of the maintenance program that are focused on energy efficiency, its indicators are analyzed, formats inspection are implemented, it is also done a balance of energy losses and costs of the system to be implemented.

To complete the results analysis the pollutants are evaluated in the different fuels used for production of steam and also the respective corrections are made, the plant personnel should be instructed to raise awareness that any system must work framed by fundamental rules of energy use and placement of thermal insulation of 1" diameter coated aluminum foil that is proposed, taking into account that the formats maintenance inspection are focused on energy efficiency should carry out to save energy to the company.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

En la actualidad, la mayoría de las industrias se encuentran inmersas en un proceso para mejorar su competitividad, indispensable para hacer frente a la creciente competencia exterior.

Las empresas se ven obligadas a actuar sobre los factores que afecten a su nivel competitivo, con lo cual quieren evitar los tiempos muertos que incrementan los costos de mantenimiento. Una variable relevante sobre lo que pueden actuar es la eficiencia del proceso productivo, y dentro de ello el consumo energético del equipamiento para conseguir los parámetros deseados.

La importancia de las técnicas de mantenimiento ha crecido constantemente en los últimos años, ya que el mundo empresarial es consciente de que para ser competitivos es necesario no solo introducir mejoras e innovaciones en sus productos y procesos productivos, sino que también, la disponibilidad de los equipos ha de ser óptima y esto solo se consigue mediante un mantenimiento adecuado.

Dentro de las técnicas organizativas del mantenimiento industrial citamos las siguientes.

RCM: Está basado en la fiabilidad que surge en los años 60 como respuesta a las problemas en aquel momento planteados; crecientes costos de mantenimiento, bajos niveles de disponibilidad, insatisfactoria efectividad del mantenimiento preventivo.

TPM: Opera sobre la gestión de activos físicos, y que entiende como básica la implicación del operario como responsable de la calidad del producto y la fiabilidad operativa.

El mantenimiento efectivo: En concreto, el basado en el conocimiento (MBC), es un modelo basado en la gestión del conocimiento y el auto-aprendizaje con objeto de eliminar el esfuerzo innecesario y poco productivo.

El mantenimiento basado en la eficiencia energética (MBEE): plantea unir los esfuerzos de las diversas técnicas, con una orientación mixta, incidiendo en la mejora en la fiabilidad en el ahorro energético, aumentando el ciclo de vida del equipo con menores costos de mantenimiento y menor presupuesto energético

Los parámetros de control de mantenimiento que impactan el desempeño energético de los equipos o procesos que son usos significativos de energía, no han sido tratados con profundidad en las organizaciones.

Esto provoca que un equipo puede pasar de un consumo estándar de energía a un alto consumo de energía, por problemas de deterioro del estado técnico como, desajustes mecánicos, desbalanceo, desajuste del sistema de control operacional, ensuciamiento de filtros o superficies de transferencia de calor etc. y mientras que esto no afecte la producción o disponibilidad del equipo, el mismo no se interviene.

Resultados de la Gestión Energética

Empresas que han usado la gestión energética para alcanzar las mayores mejoras en la intensidad de energía, incluyen:

- Dow Chemical. Alcanzó el 22% de mejoras (ahorros de \$ 4.0) entre 1994 a 2005, y actualmente está buscando alcanzar el 25% del 2005 al 2015
- United Technologies Corp redujo las emisiones de gases de efecto invernadero, GHG, en el 46% por dólar de ganancia del 2001 al 2006, y actualmente está buscando alcanzar una reducción adicional del 12% del 2006 al 2010
- Toyota's North American (NA), el Manejo Energético de la Organización ha reducido el uso de energía por unidad producida en el 23% a partir del 2002; los amplios esfuerzos de ahorro energético de la compañía han sumado los \$9.2 millones en América del Norte desde 1999.

1.2 Justificación técnica-económica

1.2.1 *Justificación técnica.* El mantenimiento centrado en la eficiencia energética permite detectar cualquier síntoma de anomalías mediante el monitoreo de los equipos que generan y distribuyen vapor que se encuentran en la empresa sin afectar

la producción, el objetivo es la reducción del impacto ambiental por la disminución de emisiones de CO₂ y gases de efecto invernadero, producto de la generación de energía primaria, mediante la optimización, ajuste, seguimiento y sostenimiento de las condiciones ideales de operación que garantice un excelente aprovechamiento de la energía.

Un programa de mantenimiento centrado en la eficiencia energética consiste en incrementar la disponibilidad, permitiendo que dichos activos funcionen de forma eficiente y confiable dentro de un contexto operacional asegurando que los calderos continúen cumpliendo con su función específica “generar vapor con una mayor eficiencia”.

1.2.2 *Justificación económica.* La implementación del análisis de la eficiencia energética ayudará a la empresa “La Ibérica” a disminuir y mejorar el consumo energético con lo cual habrá un ahorro sustancial en el pago de la planilla de combustible, luz, agua, que se puede dar entre el 5% y 20% lo cual implica un gran ahorro económico en beneficio de la empresa.

Como resultado final de la implementación de un mantenimiento centrado en la eficiencia energética es lograr que la producción y distribución de vapor que están siendo de mayor consumo energético sean más eficaces, exista una reducción de las inversiones y un incremento de la flexibilidad del sistema productivo.

1.3 **Objetivos**

1.3.1 *Objetivo general.* Análisis de la eficiencia energética aplicado al mantenimiento del sistema de generación y distribución de vapor para la empresa “La Ibérica”

1.3.2 *Objetivos específicos:*

- Conocer los criterios de análisis de eficiencia energética.
- Realizar las mediciones en las diferentes líneas de distribución de vapor.
- Reducir la contaminación del ambiente con el ahorro de energía para la empresa.

- Establecer un plan de ahorro de energía para la empresa.
- Realizar un análisis económico-financiero del sistema que va a ser implementado.
- Realizar el programa de mantenimiento centrado en la eficiencia.
- Analizar los resultados obtenidos y sacar las respectivas conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Principios básicos de vapor

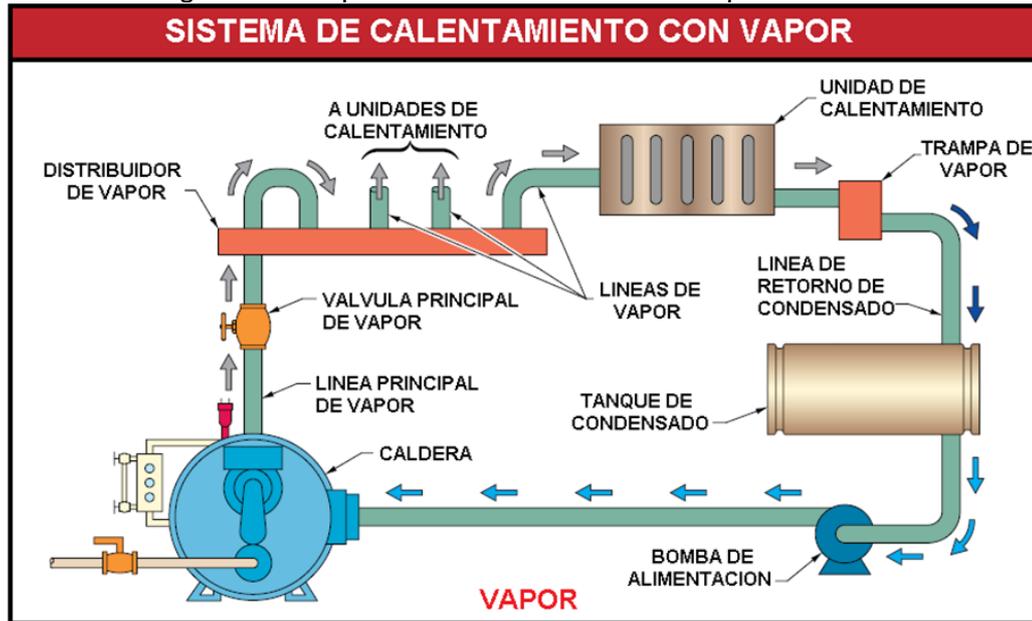
2.1.1 *Vapor de agua.* Es el gas formado cuando el agua pasa de un estado líquido a uno gaseoso. A un nivel molecular esto es cuando las moléculas de H₂O logran liberarse de las uniones que las mantienen juntas. (TLV, 2016)

2.1.2 *Vapor como energía.* El vapor es una fuente de calor extremadamente eficiente que mantiene una temperatura constante y posee coeficiente de transferencia de calor muy elevado. Posee la mayor cantidad de energía transferible (en forma de calor latente) por unidad de masa y, por lo tanto, constituye una forma de transferir calor extremadamente eficiente en relación a su costo.(Gusmán, 2013)

2.1.3 *Distribución de vapor.* En la figura 1, se muestra un esquema de un circuito de vapor el cual está compuesto por cuatro partes:

- La generación de vapor que se da en el caldero, auxiliares de las calderas, economizadores, precalentadores de aire, equipos de tratamiento de agua, desgasificador, bomba de agua de alimentación, equipos de almacenamiento y manipulación de combustible.
- La distribución de vapor se da dentro de las tuberías, estación de alivio de presión (válvulas), ramales de purga, acumuladores de vapor y sobrecalentadores.
- El uso final que son los consumidores de vapor, intercambiadores de calor, columnas de presión, evaporadores, tanques de cocción, sacadoras, equipos de calentamiento por procesos de inyección de vapor vivo, turbinas de vapor.
- El retorno del condensado que se realiza a través de las trampas de vapor, el condensado de todos los usuarios que posteriormente se almacena dentro del tanque de condensado que posteriormente va a la alimentación de la caldera, una recuperación adecuada de condensado influye en los costos.

Figura 1. Componentes de un circuito de vapor industrial



Fuente: Ing. Ángel Ramírez

Hay que tener en cuenta que es posible que un sistema de vapor no tenga todos estos componentes (equipos) o que tengan varias unidades de estos componentes. Lo anotado anteriormente nos da una idea de los componentes que suelen encontrarse en la mayoría de los sistemas de vapor genéricos. A fin de llevar a cabo un análisis que sirva para optimizar el sistema, además es necesario comprender de qué manera interactúa cada uno de ellos con el sistema en su conjunto y qué impacto tiene sobre la operación y la confiabilidad del sistema para un mejor análisis debe ser del sistema. (Gusmán, 2013)

2.1.4 *El enfoque de los sistemas.* Cuando tratamos de comprender y evaluar un sistema de uso industrial la clave para descubrir la relación Costo-beneficio pasa por el “enfoque en los sistemas”. En el enfoque de los sistemas, hay que considerar el sistema de vapor como un todo, en lugar de limitarse a analizar los componentes de manera individual. El enfoque general para optimizar un sistema de vapor se inicia con la determinación del estado actual del sistema y de sus parámetros operativos, para luego comprender los aspectos relacionados con la alimentación y las demandas del sistema. Luego se identifican, analizan e implementan las áreas potenciales de optimización del sistema, teniendo en cuenta las restricciones operativas y financieras de la planta. En la etapa final, se vigila permanentemente el rendimiento del sistema en su conjunto y se determinan sus tendencias, a fin de lograr que conserve su configuración óptima aun cuando se produzcan cambios dentro de los procesos. Tomando en cuenta las respectivas recomendaciones.

2.2 Generadores de vapor

2.2.1 Descripción. Un generador de vapor, es un sistema formado por una caldera y sus accesorios, destinados a transformar un líquido en vapor, a temperaturas y presiones diferentes a la atmosférica. Una caldera, es un recipiente metálico en el que se genera vapor mediante la quema de un combustible, transformando la energía química de este en energía calórica.

2.2.1.1 Componentes de un sistema generador de vapor:

- Sistema de alimentación y tratamientos de agua para la caldera. Conformado por el equipo, tubería y accesorios que permiten el suministro de agua bajo condiciones adecuadas al sistema de vapor.
- Agua de alimentación: Es el agua de entrada que ingresa al sistema, generalmente constituye agua de pozo o agua de red. Esta agua se almacena en una cámara la cual se diseña de manera que el nivel del agua sobrepase a los tubos o conductos que contienen los gases de combustión.
- Agua de condensado: Es el agua que proviene del estanque condensador y que representa la calidad del vapor.
- Quemadores. Dispositivos de la caldera, donde se lleva a cabo la reacción química del aire con el combustible fósil, para transformarse en calor.
- Hogar de la caldera. En el caso de las calderas tipo “tubos de agua”, el hogar está formado por paredes echas con “bancos de tubos”; en calderas tipo “tubos de humo” el hogar está formado por una envolvente metálica interna.
- Sistema de distribución del vapor. Serie de tubos denominados “cabezales y ramales de vapor a los puntos donde el proceso lo requiere, con la calidad y en la cantidad demandada.
- Sistema de retorno de condensado. Serie de tubos denominados “cabezales y ramales de vapor”, que regresan parte del agua que se ha condensado en el proceso, para poder recircularlo al sistema. Condensador: Sistema que permite condensar el vapor formado por el sistema.

- Desaireador: Es el sistema que expulsa los gases de combustión a la atmósfera.
- Purga de fondo: Evacuación de lodos y concentrado en el fondo de la caldera, por ejemplo: residuos sólidos provenientes de agua "dura".
- Purga de superficie: Evacuación de sólidos disueltos desde el nivel de agua de la caldera.
- Accesorios de observación: dos indicadores de nivel de agua y uno o más manómetros. En el caso de los manómetros estos deberán indicar con una línea roja indeleble la presión máxima de la caldera.
- Accesorios de seguridad: válvula de seguridad, sistema de alarma, sellos o puertas de alivio de sobre presión en el hogar y tapón fusible (en algunos casos). El sistema de alarma, acústica o visual, se debe activar cuando el nivel de agua llegue al mínimo, y además deberá detener el sistema de combustión. (Grupo de gestión eficiente de energía, Kaí, 2009)

2.3 Factores que inciden en la eficiencia energética de los sistemas de vapor

2.3.1 Aislamiento térmico. Los sistemas convencionales de aislamiento térmico están conformados principalmente por dos componentes, el aislamiento térmico como tal, y la chaqueta de aluminio que cumple la función de proteger al aislamiento térmico.

Se conoce como aislamiento térmico a los materiales con capacidad de evitar el paso del calor por conducción a través de ellos, siendo la lana e vidrio uno de los materiales más utilizados por su efectividad y bajo costo. La lana de vidrio es un mineral que está formado por filamentos de vidrio, las burbujas de aire que se encuentran atrapadas entre las fibras de vidrio son las que se encargan de restringir la transferencia de calor.

El aislamiento térmico tiene la capacidad de absorber humedad ambiental, esta humedad es atrapada en el ocasionando un incremento en los valores del coeficiente de conductividad térmica lo cual se traduce en una pérdida en la capacidad de aislamiento, obligando a incurrir en gastos económicos adicionales en la generación energética, la misma que es requerida por los circuitos fríos o calientes para el correcto funcionamiento de los procesos de producción de la planta.

El principal problema de las chaquetas de aluminio consiste en la nula capacidad que poseen para evitar el ingreso de la humedad, agua o agentes contaminantes hacia el aislamiento térmico, provocando de esta manera que pierda las características aislantes.

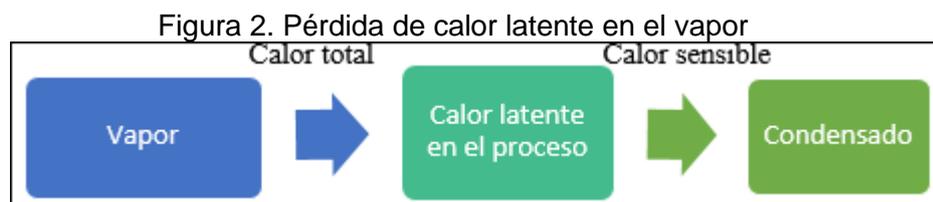
2.3.2 *Trampas de vapor.* Es importante realizar inspecciones periódicas a las trampas del sistema para verificar su correcto funcionamiento y así evitar las fugas de vapor hacia las líneas de retorno de condensado. Cuando se realiza la inspección de trampas sólo hay dos posibilidades.

- La trampa funcionando correctamente.
- Trampa dañada, en este caso se debe establecer si está fallando abierta o cerrada.

Las trampas que fallan abiertas permiten la fuga de vapor a la tubería de retorno de condensado dando como resultado un pérdida económica por que genera ese vapor que está fugando por la trampa, tiene un costo relacionado directamente al consumo de combustible de la caldera.

Las trampas que fallan cerradas no tienen pérdida de vapor pero tiene una reducción importante de la capacidad de transferencia de calor al proceso y puede producir daños por anegamiento del equipo consumidor de vapor.

2.3.3 *Baja recuperación de condensado.* En los procesos de transferencia de calor el vapor saturado entrega su calor latente el cual representa la mayor proporción del calor total contenido en el vapor, el resto del calor en el vapor es retenido en el condensado como calor sensible como se observa en la figura 2.

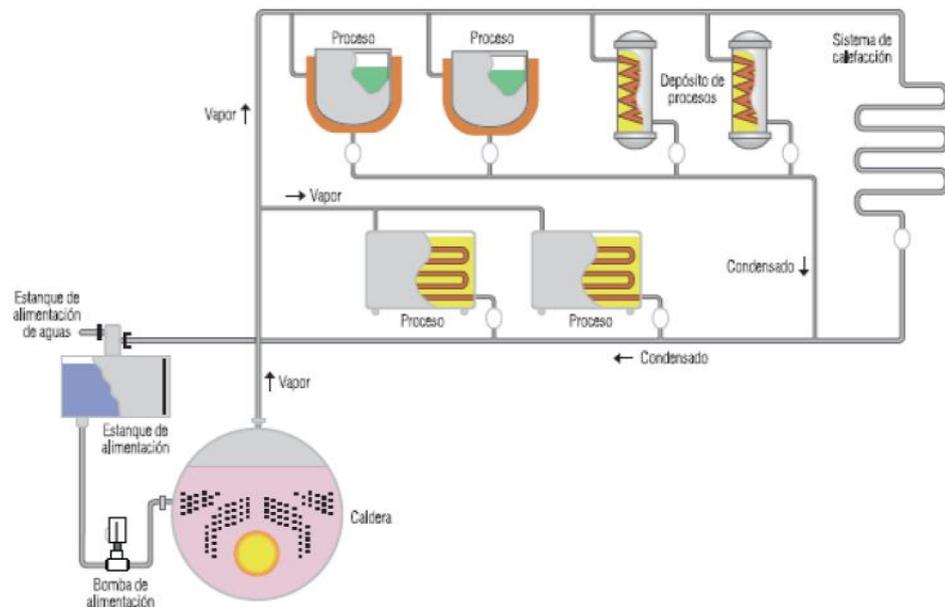


Fuente: Manual de capacitación_OSV, 2014

Un sistema térmico de generación de vapor eficiente reutiliza el condensado, botarlo es una pérdida económica y técnicamente es una mala práctica, por lo cual una de las

importantes acciones para mejorar en eficiencia energética es aprovechar la energía que contiene, haciéndola retornar al sistema de generación. El condensado además de contener energía térmica, es agua destilada, ideal para utilizarla como agua de alimentación para la caldera. Los circuitos de vapor deben operar en lazo cerrado, de tal manera que los condensados recuperados de los procesos de transferencia de calor siempre sean retornados al tanque de alimentación de la caldera como se observa en la figura 3.

Figura 3. Circuito de vapor en donde se reutiliza el condensado de los procesos como agua de alimentación de la caldera



Fuente: Manual de capacitación_OSV, 2014

2.3.4 Fugas de vapor. Las fugas de vapor a menudo son ignoradas, sin embargo las fugas tienen un alto costo, tanto económico como ambiental y por lo tanto deben ser reparadas inmediatamente para asegurar que el sistema de vapor trabaje con su rendimiento óptimo y a un mínimo impacto ambiental. No se puede contar con fugas de vapor ya que es pérdida para la empresa y por ende puede provocar multas por el impacto ambiental del sistema. (Gusmán, 2013)

2.3.5 Fugas por bridas, prensas de válvulas, etc. Las fugas se dan por una mala instalación, desgaste por los años de uso, exceso de trabajo, etc.

2.3.6 Horas de utilización. La falta de control operacional en el apagado y encendido de estos equipos genera un mayor tiempo de utilización, por ende, un alto consumo de energía, para evitar esto se recomienda:

- Realizar una programación diaria del encendido y apagado del equipo. Generalmente, las unidades se deben encender 30 o 15 minutos antes de iniciar labores.
- La reducción de energía eléctrica que se puede alcanzar con este control es de un 10%.

2.3.7 *Hollín.* Se produce en combustiones incompletas. Ajustar quemadores, y realizar labores de limpieza, cuando no existe una correcta relación aire combustible no se genera una completa pulverización del combustible y por ende se realizan las combustiones incompletas.

2.3.8 *Estanqueidad.* Pueden producirse entradas parásitas de aire, o fugas de humos (atención al CO). Detectar y corregir.

2.3.9 *Ventilación.* Una entrada insuficiente de aire exterior puede empobrecer el contenido de oxígeno en el aire comburente, y disminuir la eficiencia de la combustión. Mantener los huecos, o rejillas de entrada libres y limpios.

2.3.10 *Chimeneas con suciedad.* Extraer periódicamente los hollines depositados generalmente en su base, que pueden obstruir parcialmente la salida de humos, influyendo negativamente en el tiro y, por tanto, en la combustión. Además, el hollín contiene restos de azufre que en contacto con el agua de lluvia puede producir ácido sulfúrico que corroe las paredes metálicas.

2.3.11 *Incrustaciones en las superficies de intercambio de calor.* Verificar sistemáticamente la buena calidad del agua de alimentación y, sobre todo, del agua de caldera. Las incrustaciones en estas superficies dificultan la transmisión de calor a través de ellas disminuyendo sensiblemente el rendimiento.

2.3.12 *Deficiente combustible.* Comprobar que la pulverización se realiza correctamente con los combustibles líquidos. Verificar y limpiar sistemáticamente las cabezas de pulverización mecánica, o asistida, o por centrifugación. Cabe mencionar que se debe mantener una limpieza a adecuada y un constante mantenimiento para tener una combustión completa y que no existan residuos de la incompleta combustión y esto provoque residuos de monóxido de carbono, y por ende el ensuciamiento de las paredes de la caldera. (David Gómez Fontanills, 2012)

2.4 Calidad del agua de alimentación

2.4.1 *Agua de alimentación de la caldera.* El agua de alimentación de la caldera se utiliza para producir vapor. La presión del vapor (0.5 – 100 bar) determina la temperatura y la capacidad energética, pero también la calidad del agua de alimentación.

La regla general expone que cuanto más alta sea la presión, más estricta deberá ser la calidad del agua de alimentación de la caldera. (Lenntech BV)

2.4.2 *Algunos parámetros importantes del agua de alimentación son.* Los principales parámetros involucrados en el tratamiento del agua de una caldera, son los siguientes:

- PH. Representa las características ácidas o alcalinas del agua, por lo que su control es esencial para prevenir problemas de corrosión (bajo pH) y depósitos (alto pH).
- Dureza. La dureza del agua cuantifica principalmente la cantidad de iones de calcio y magnesio presentes en el agua, los que favorecen la formación de depósitos e incrustaciones difíciles de remover sobre las superficies de transferencia de calor de una caldera así interfiriendo en la transferencia de calor por ende disminuyendo en la eficiencia de la caldera.
- Oxígeno. El oxígeno presente en el agua favorece la corrosión de los componentes metálicos de una caldera. La presión y temperatura aumentan la velocidad con que se produce la corrosión.
- Hierro y cobre. El hierro y el cobre forman depósitos que deterioran la transferencia de calor. Se pueden utilizar filtros para remover estas sustancias.
- Dióxido de carbono. El dióxido de carbono, al igual que el oxígeno, favorecen la corrosión. Este tipo de corrosión se manifiesta en forma de ranuras y no de tubérculos como los resultantes de la corrosión por oxígeno.
- Aceite. El aceite favorece la formación de espuma y como consecuencia el arrastre al vapor y no se produce una recolección de condensado adecuada.

- Fosfato. El fosfato se utiliza para controlar el pH y dar protección contra la dureza.
- Sólidos disueltos. Los sólidos disueltos la cantidad de sólidos (impurezas) disueltas en al agua.
- Sólidos en suspensión. Los sólidos en suspensión representan la cantidad de sólidos (impurezas) presentes en suspensión (no disueltas) en el agua que pueden afectar a los tubos que transfieren la energía hacia el sistema.
- Secuestrantes de oxígeno. Los secuestrantes de oxígeno corresponden a productos químicos (sulfitos, idracina, hidroquinona, etc.)
- Sílice. La sílice presente en el agua de alimentación puede formar incrustaciones duras (silicatos) o de muy baja conductividad térmica (silicatos de calcio y magnesio).
- Conductividad. La conductividad del agua permite controlar la cantidad de sales (iones) disueltas en el agua, para que no exista la corrosión en primera fase. (<http://norese.com/publicaciones/Tratamiento%20Agua%20Calderas.pdf>)

Tabla 1. Calidad recomendada para calderas

Calderas de vapor		Máximo	Máximo	Máximo
Presión (PSI)		TDS (ppm)	Alcalinidad	Dureza
Menor	300	3500	700	20
301	450	3000	600	0
451	600	2500	500	0
601	750	2000	400	0
751	900	1500	300	0
901	1000	1250	250	0
1001	1500	1000	200	0
1501	2000	750	150	0
2001	3000	150	100	0

Fuente:

(http://ucatee.cnplm.org.sv/UCATEE/ee/docs/informacion_calderas_ciclos_de_concepcion.pdf):

2.4.3 *Requerimientos Agua Alimentación y Caldera.* Sobre la base de las recomendaciones de la Norma Británica BS – 2486, la ABMA (American Boiler

Manufacturing Association) y el TÜV, se han preparado las siguientes tablas que muestran los requerimientos que deberán satisfacer el agua de alimentación para prevenir incrustaciones y corrosión en calderas de baja presión (hasta 10 bar)

Tabla 2. Requerimientos de agua de alimentación para calderas de vapor según BS 2486

Parámetro	Valor requerido
Dureza total	< 2ppm
Contenido de oxígeno	< 8ppb
Dióxido de carbono	< 25 mg/l
Contenido total de hierro	< 0,05 mg/l
contenido total de cobre	< 0,01 mg/l
Alcalinidad total	< 25 ppm
Contenido de aceite	< 1 mg/l
pH a 25°C	8,5-9,5
Condición general	Incoloro, claro y libre de agentes insolubles

Fuente: (<http://norese.com/publicaciones/Tratamiento%20Agua%20Calderas.pdf>)

Tabla 3. Requerimientos de agua para calderas según BS 2486

Parámetros	Valor recomendado
pH a 25°C	10,5-11,8
Alcalinidad Total CaCO ₃	< 700 ppm
Alcalinidad Cáustica	> 350 ppm
Secuestrantes de oxígeno	
• Sulfito de sodio	30-70 ppm
• Hidrazina	0,1-10 ppm
• Taninos	120-180 ppm
• Dietilhidroxilamina	0.1-1.0 ppm (en agua de alimentación)
Fosfato Na ₃ PO ₄	30-60 mg/l
Hierro	< 3,0 ppm
Sílice	150 ppm
Sólidos disueltos	< 3500 ppm
Sólidos en suspensión	< 200 ppm
Conductividad	< 7000 uS/cm
Condición general	Incoloro, claro y libre de agentes insolubles

Fuente: (<http://norese.com/publicaciones/Tratamiento%20Agua%20Calderas.pdf>)

2.4.4 Problemas Frecuentes causados por las impurezas en el agua de alimentación. A continuación se describen los problemas, asociados al tratamiento de agua, encontrados con mayor frecuencia en las calderas.

- Formación de costras
- Corrosión
- Priming (formación de burbujas de aire)
- Adherencia del vapor al cilindro (de minerales volátiles)

2.5 Combustibles

El área de generación de vapor es el centro de atención de todos los estudios de optimización de sistemas de vapor. Esto se explica por qué es el lugar en donde se suministra energía en forma de combustible para producir vapor. Normalmente, el combustible, que debe comprarse a un precio determinado libera una cierta cantidad de energía durante el proceso de combustión.

2.5.1 *Propiedades de los combustibles.* Hay varios tipos diferentes de combustibles que pueden usar para producir vapor en plantas industriales. Algunos de los combustibles más comunes con:

- Carbón sólido, madera, biomasa, combustibles derivados de neumáticos, etcétera.
- Fuel oil pesado líquido, fuel oil liviano, parafina, líquidos de desechos para incineración, etcétera
- Gas, gas natural, gas metano, efluentes gaseosos de refinerías, etcétera.

El diseño de la caldera depende del combustible que se usa. En la industria, hay varias situaciones en las que encontramos calderas que operan con combustibles duales, lo que permite mayor flexibilidad en relación con el combustible y aumenta la fiabilidad de la generación de vapor en caso de que hay interrupciones en el suministro de combustible.

Cada combustible tiene un “poder calorífico” que se define como su contenido de energía en una masa o en un volumen determinado. La mayoría de los combustibles sólidos y líquidos definen su poder calorífico según la masa [gJ/ton, kJ/kg o kcal/kg]. La mayoría de los combustibles gaseosos define su poder calorífico según el volumen [kJ/m³ o kcal/m³]. Si se conoce la densidad del combustible, se puede hacer la conversión entre valores de calentamiento según masa o el volumen.

2.6 Mantenimiento centrado en la eficiencia energética en generadores de vapor

En un sistema de generación-distribución en conjunto, el uso ineficiente de la energía puede significar un aprovechamiento tan bajo como del 30% de la energía aportada al sistema por el combustible de la caldera, en lugar de un 70% como podría ser el caso de un sistema optimizado. Por otro lado, la ineficiencia de las calderas y sistemas de distribución, además de implicar mayor consumo de combustible, implican también un incremento proporcional de las emisiones de gases de la combustión.

Es por tanto que, el objetivo del mantenimiento centrado en la eficiencia en los generadores de vapor es identificar las pérdidas y proponer las soluciones técnicas.

2.6.1 *Cálculo de la eficiencia de las calderas.* La aplicación del mantenimiento centrado en la eficiencia en los generadores de vapor implica conocer el estado técnico y el comportamiento energético de la unidad, por lo que será determinante calcular la eficiencia con la que opera el equipo y hacerle el seguimiento a esta. La eficiencia de una caldera se puede calcular por el método directo o por el método indirecto.

Método directo. La eficiencia de una caldera se define como la relación entre energía aprovechada en la transformación del agua en vapor, y la energía suministrada por el combustible. Se expresa normalmente en forma de porcentaje

$$\eta_{caldera} = \frac{m_{vapor}(h_{vapor} - h_{agua\ de\ alimentación})}{m_{combustible} \times HHV_{combustible}} \times 100 \quad (1)$$

Donde:

m_{vapor} = flujo del vapor [lbm/h]

h_{vapor} y $h_{agua\ de\ alimentación}$ = Entalpía del vapor y del agua de alimentación

$m_{combustible}$ = Consumo de gas natural de la caldera [m³/h]

$HHV_{combustible}$ = Poder calorífico inferior del gas natural

Esta ecuación se puede aplicar a una caldera determinada o a toda una planta de calderas. Se la puede aplicar para obtener una imagen instantánea o para un período de tiempo determinado (por día, mes, año, etc.). La eficiencia de las calderas varía significativamente según el combustible que se usen, el equipo y los controles

instalados, el diseño de la caldera, la carga de funcionamiento, etc. Normalmente, es de esperar que la eficiencia de una caldera sea de 70-75% (para madera); de 80-85% (para gas natural); y de 85-90% (para petróleo y carbón)

2.6.2 *Indicadores de mantenimiento centrado en la eficiencia en generadores de vapor.* Para evaluar el impacto de las acciones de mantenimiento en la eficiencia energética de la caldera se tomara como indicadores los definidos a continuación.

- La diferencia de temperatura de los gases de la chimenea y la temperatura de vapor, este indicador nos permite evaluar el grado de transferencia de calor de los humos al agua de la caldera e indirectamente el ensuciamiento de la caldera. El estándar del indicador es 59°C y la desviación es 35-65°C.
- % O₂ de los gases de combustión, este indicador nos permite evaluar la efectividad con que el contenido de calor del combustible, es convertido en calor útil. El estándar. del indicador para diferentes combustibles se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 4. Porcentaje de O₂ para diferentes combustibles.

Combustible	O ₂
Residual	4,5
N ₂ fuel oil	3,5 - 200
N ₆ fuel oil	4

Fuente: Grupo de gestión eficiente de energía, Kai)

CAPÍTULO III

3. DIAGNÓSTICO DE LA EMPRESA Y SU SISTEMA DE VAPOR

3.1 Información de la fábrica de embutidos IBERICA

Fábrica de embutidos Jorge Jara Vallejo “La Ibérica” cia. Ltda., originalmente fundada en el año de 1920 por Don Juan Alberto jara Lara, visionario empresario de aquellas épocas, tal cual consta en el certificado de participación en la primera feria de Nuestras Industrias realizada en el mes de octubre del año 1929.

Ubicada en la ciudad de Riobamba, capital de la provincia de Chimborazo, es una empresa dedicada a la producción y comercialización de productos cárnicos de alta calidad: cocidos, no cocidos y madurados.

El objetivo inicial fue la producción de Mortadela especial y jamones, para luego incursionar en la producción de pastel mejicano, ajamonada, chorizos, algunos tipos de salchicha emulsionada como vienesa, frankfurter entre otras, jamón tipo serrano y los salamis que son productos madurados.

Desde su creación la compañía ha ido incorporando e implementando equipos de última tecnología y laboratorios de control de calidad, donde se procesan productos con altos estándares de calidad, se realizan inspecciones y ensayos con equipos de alta tecnología, lo que permite entregar al mercado productos de calidad garantizada. (Jorge Jara, 2011)

3.1.1 Misión. Producir y distribuir productos cárnicos, bajo la dirección de nuestro selecto equipo de colaboradores, utilizando avanzados procesos industriales-tecnológicos que guardan armonía con la tradicional y exquisita técnica empleada por generaciones de la empresa, cumpliendo así con los más rigurosos y altos estándares tanto ambientales como de calidad, para finalmente garantizar un producto de excelente conservación e inigualable sabor, satisfaciendo las necesidades de nuestros distinguidos clientes y contribuyendo al cuidado ambiental.

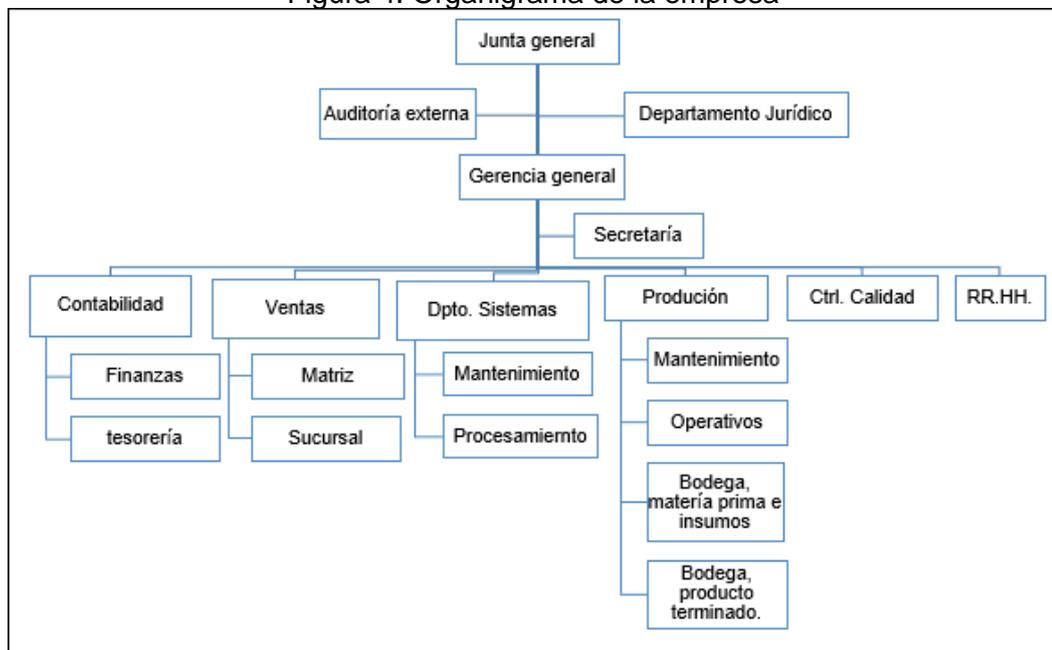
3.1.2 Visión. Ser la empresa de fabricación y venta de productos cárnicos líderes, de mayor rentabilidad y comprometidos con el cuidado medio ambiental dentro del

competitivo mercado ecuatoriano, potenciando nuestros esfuerzos en base a los principios de la mejora continua empresarial, manteniendo un crecimiento sostenible y cumpliendo con los objetivos de la empresa

3.1.3 *Políticas de calidad.* Ofrecemos productos Cárnicos de Alta Calidad para satisfacer a nuestros clientes, mediante la mejora continua de nuestros procesos y el desarrollo tecnológico permanente de nuestro recurso humano hasta alcanzar la Calidad Total.

3.1.4 *Organigrama de la empresa*

Figura 4. Organigrama de la empresa



Fuente: La Ibérica CIA. LTDA.

3.2 Descripción de procesos y flujos energéticos

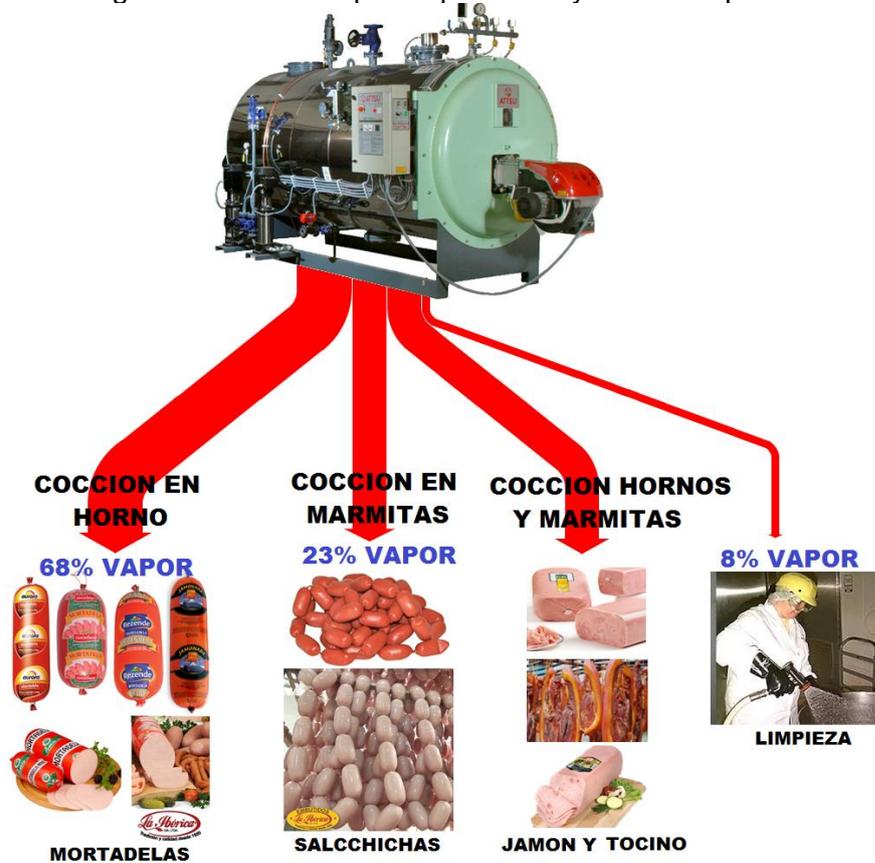
3.2.1 *Detalle de procesos que toman lugar en la planta y utilizan vapor.* Los productos que se procesan en la fábrica de embutidos La Ibérica con la aplicación del vapor para la cocción son:

- Mortadela especial
- Mortadela corriente
- Salchicha vienesa
- Salchicha vienesa especial

- Salchicha para Hot Dog
- Queso de chancho
- Jamón prensado
- Jamonada
- Pastel mexicano
- Salami
- Pate de hígado
- Tocino ahumado
- Salchicha colombiana
- Salchicha de pollo
- Salchicha parrillera argentina
- Lomo ahumado
- Morcilla de sangre

Estos productos tienen su proceso de cocción, entre 70 y 75 [°C]. En la figura 20 se indica si estos se cosen en hornos o marmitas

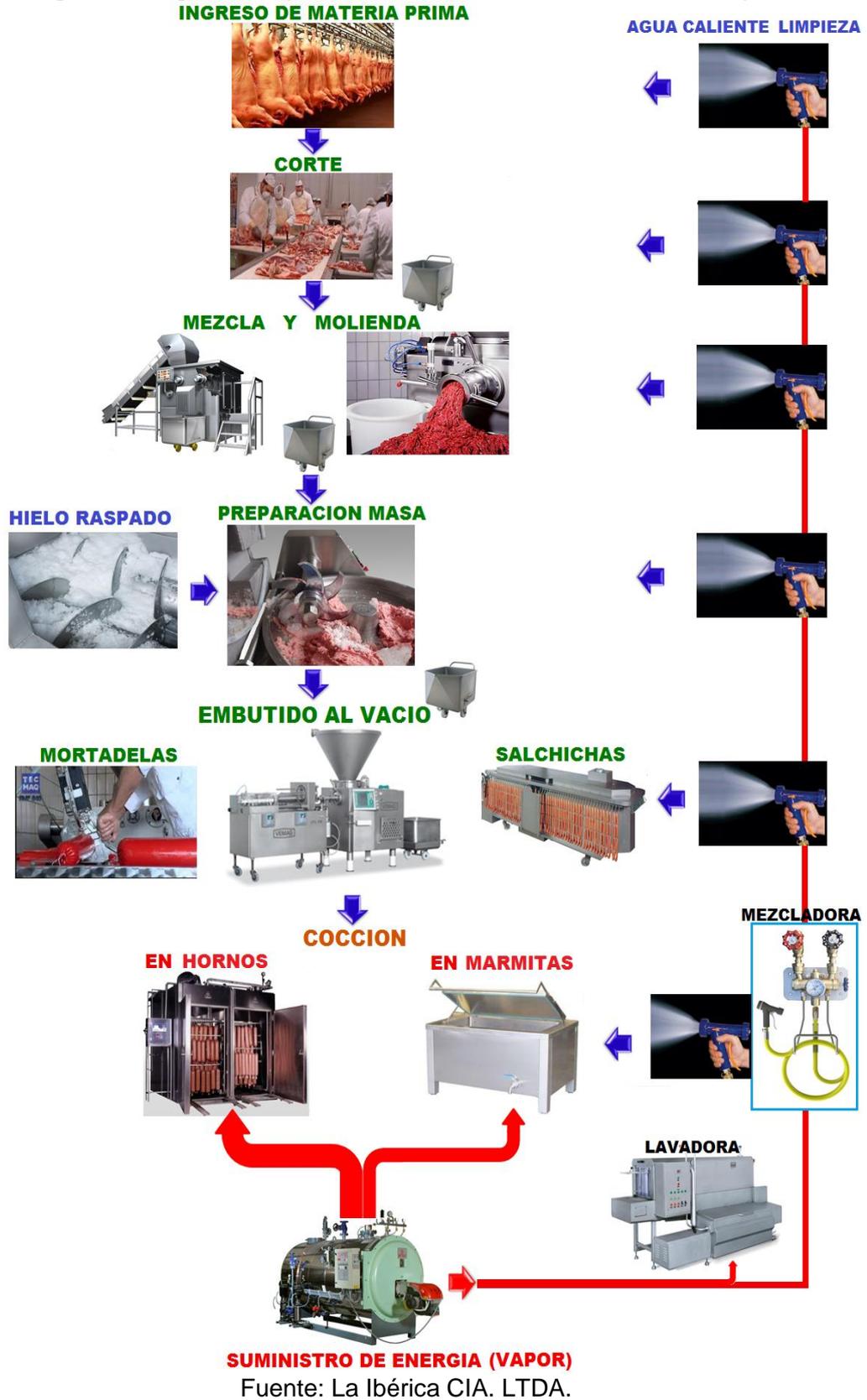
Figura 5. Procesos que se producen y utilizan vapor



Fuente: La Ibérica CIA. LTDA.

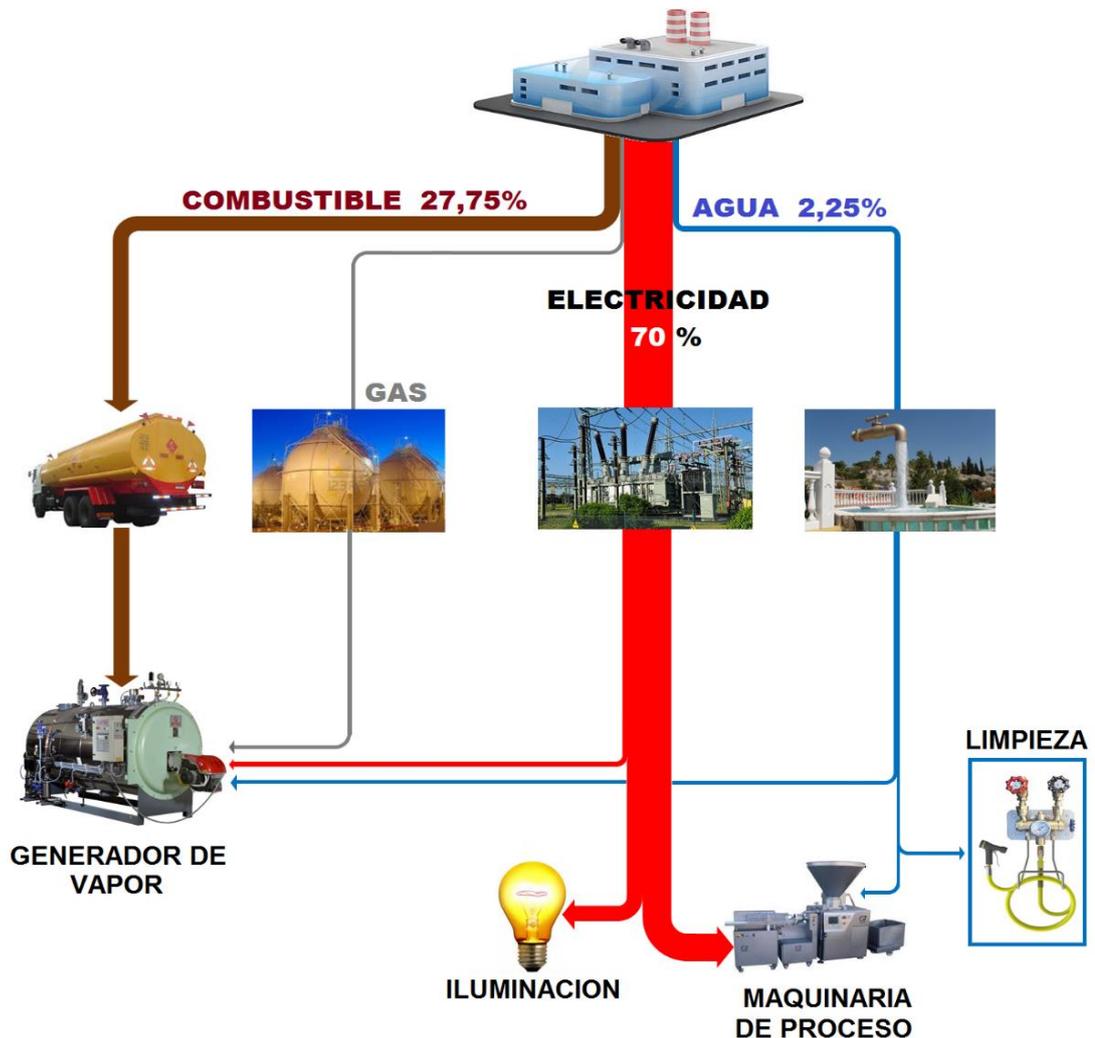
3.2.2 Diagrama de proceso que demuestra los usos finales de vapor

Figura 6. Diagrama de procesos demostrando usos finales de vapor



3.2.3 Diagrama de flujos energéticos.

Figura 7. Diagrama general de flujos energéticos generales de la planta: electricidad, combustible diésel, gas, y agua



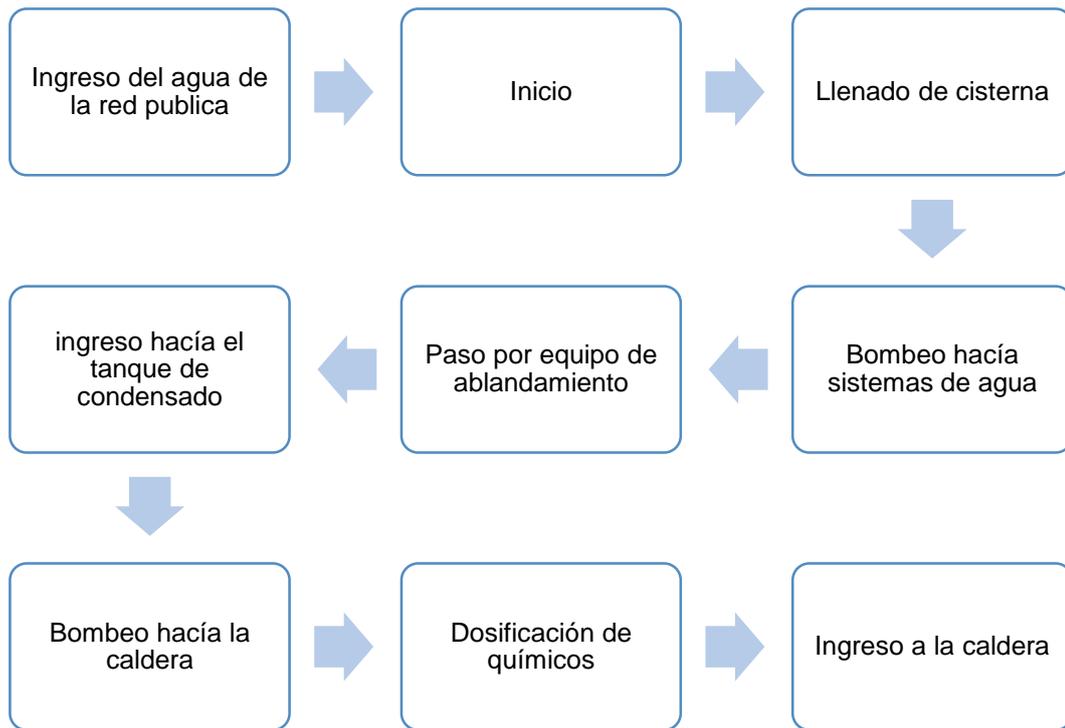
Fuente: Ing. Ángel Ramírez.

3.3 Descripción detallada del sistema para generación de vapor

En la fábrica La Ibérica el sistema de generación de vapor está constituido de la siguiente manera. Ver Anexo A.

3.3.1 Sistema de alimentación de agua. La calidad del agua de alimentación a la caldera repercute directamente sobre el buen funcionamiento del equipo, así como determina la vida útil del resto de equipos que forman el sistema de generación de vapor. Como ya se explicó anteriormente sobre los problemas que existen en las calderas por la alimentación del agua, los problemas más frecuentes que se han podido especificar dentro de este estudio es corrosión.

Figura 8. Diagrama de proceso del sistema de alimentación de agua



Fuente: Autora

3.3.1.1 *Sistema de tratamiento y acondicionamiento del agua. El equipo para el tratamiento del agua aplicada en la empresa, es un ablandador de tipo manual (Figura9), que se encuentra integrado al sistema de generación de vapor.*

El tratamiento químico se lo realiza de forma manual después de que el agua sale de la bomba de alimentación, las especificaciones están dadas por la empresa "AQUA CHEM" encargada del tratamiento químico del agua.

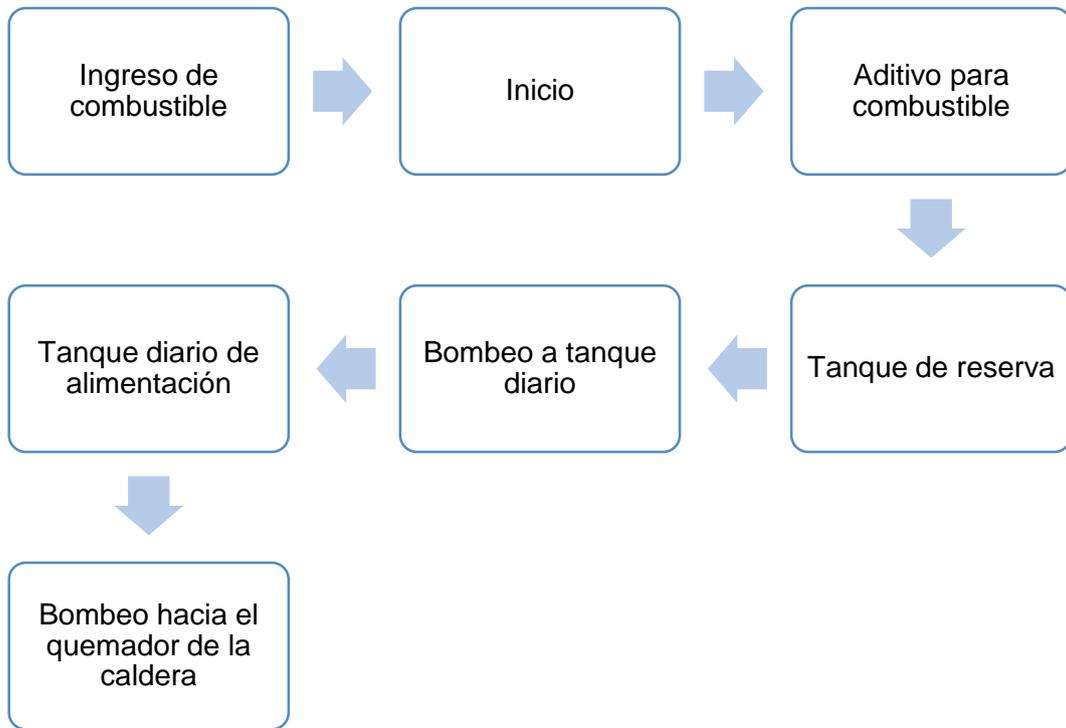
Figura 9. Equipo de ablandamiento manual



Fuente: La Ibérica CIA. LTDA.

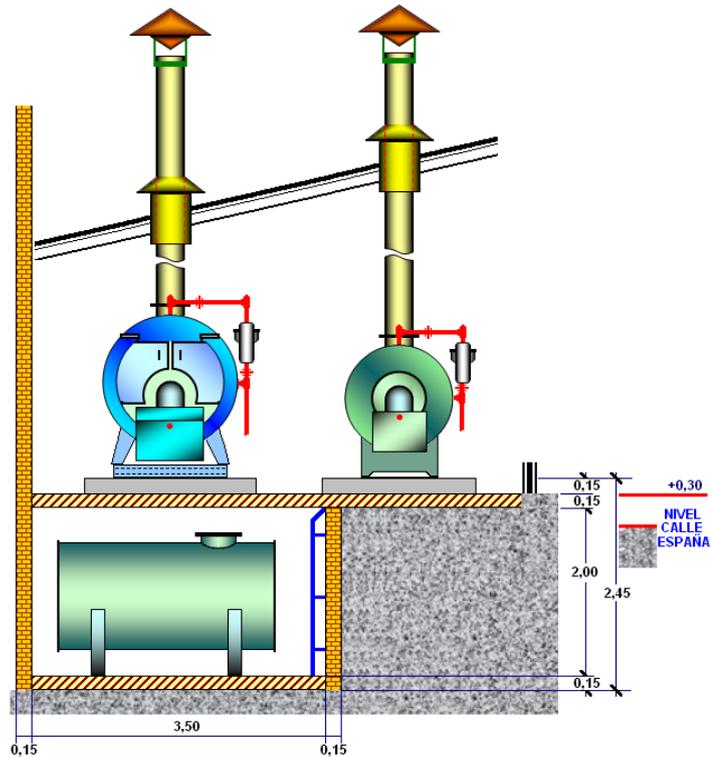
3.3.2 Sistema de alimentación de combustible.

Figura 10. Diagrama del sistema de combustible



Fuente: Autora

Figura 11. Ubicación del tanque de reserva de 2000 galones de diésel



Fuente: Ing. Ángel Ramírez.

Figura 12. Ubicación del tanque diario de combustible capacidad 60 galones



Fuente: La Ibérica CIA. LTDA.

3.3.2.1 *Sistema de aire para la combustión. El aire necesario para la combustión se lo toma del ambiente sin ningún tratamiento ni precalentamiento. La temperatura del ambiente en la sala el momento de arranque oscila en 18 °C porque el sistema de generación de vapor se lo enciende a las 7,00 horas de la mañana.*

Posteriormente, cuando empieza la entrega de vapor al sistema (8 h) el aire ambiente adquiere una temperatura promedio de 32 °C. Esta temperatura se da específicamente por las radiaciones de calor que desprenden las tuberías que salen de la caldera hacia el distribuidor, del propio distribuidor y parte de las tuberías que van hacia los procesos que se encuentran sin ningún recubrimiento térmico.

Equipo para la generación de vapor. La empresa para la generación de vapor cuenta con 2 calderas de vapor piro tubulares, de las siguientes características:

3.3.2.2 *Caldero principal.*

Figura 13. Caldero principal de 100 BHP



Fuente: La Ibérica CIA. LTDA.

Tabla 5. Datos de placa KEWANEE

Marca	KEWANEE
Modelo	H3S-100-0
Serie	11959
Año fabricación	1995
Potencia	100 BHP
Presión máxima	150 PSI
Área transferencia	500 SQF
Voltaje	220 V. TRIFASICO
Frecuencia	60 Hz
Voltaje control	115 V.
Amperaje	13.5 A
Máxima tasa fuego	4185 MBH
Flujo combustible	10 - 30,03 GPH
Capacidad válvula	4000 lb/h VAPOR

Fuente: La Ibérica CIA. LTDA.

Esta es la principal caldera para la generación de vapor, opera continuamente en la elaboración de los procesos especificados.

3.3.2.3 Caldera emergente. *Esta caldera se la utiliza solo bajo ciertas condiciones de operación, si la caldera principal no abastece la demanda de vapor, porque están en funcionamiento los 3 hornos y las marmitas a la vez.*

Tabla 6. Datos de placa YORK SHIPLEY.

Marca	YORK SHIPLEY
Modelo	SPY40-1984
Serie	SPY542
Año fabricación	1984
Potencia	40 BHP
Presión máxima	150 PSI
Voltaje	220 V. TRIFASICO
Frecuencia	60 Hz
Voltaje control	115 V.
Amperaje	10.3 ^a
Máxima tasa fuego	4185 MBH
Flujo combustible	12 GPH
Aceite liviano	Nº 2

Fuente: La Ibérica CIA. LTDA.

3.3.3 *Sistema de distribución de vapor.* El vapor producido en las calderas se conduce a un sistema de distribución el cual a su vez se encarga de enviar éste fluido a las diferentes áreas que lo necesitan.

El sistema de distribución está formado por un tanque manifold, tubos de recepción, salida de vapor y válvulas para regular el flujo.

Figura 14. Distribuidor de vapor



Fuente: La Ibérica CIA. LTDA.

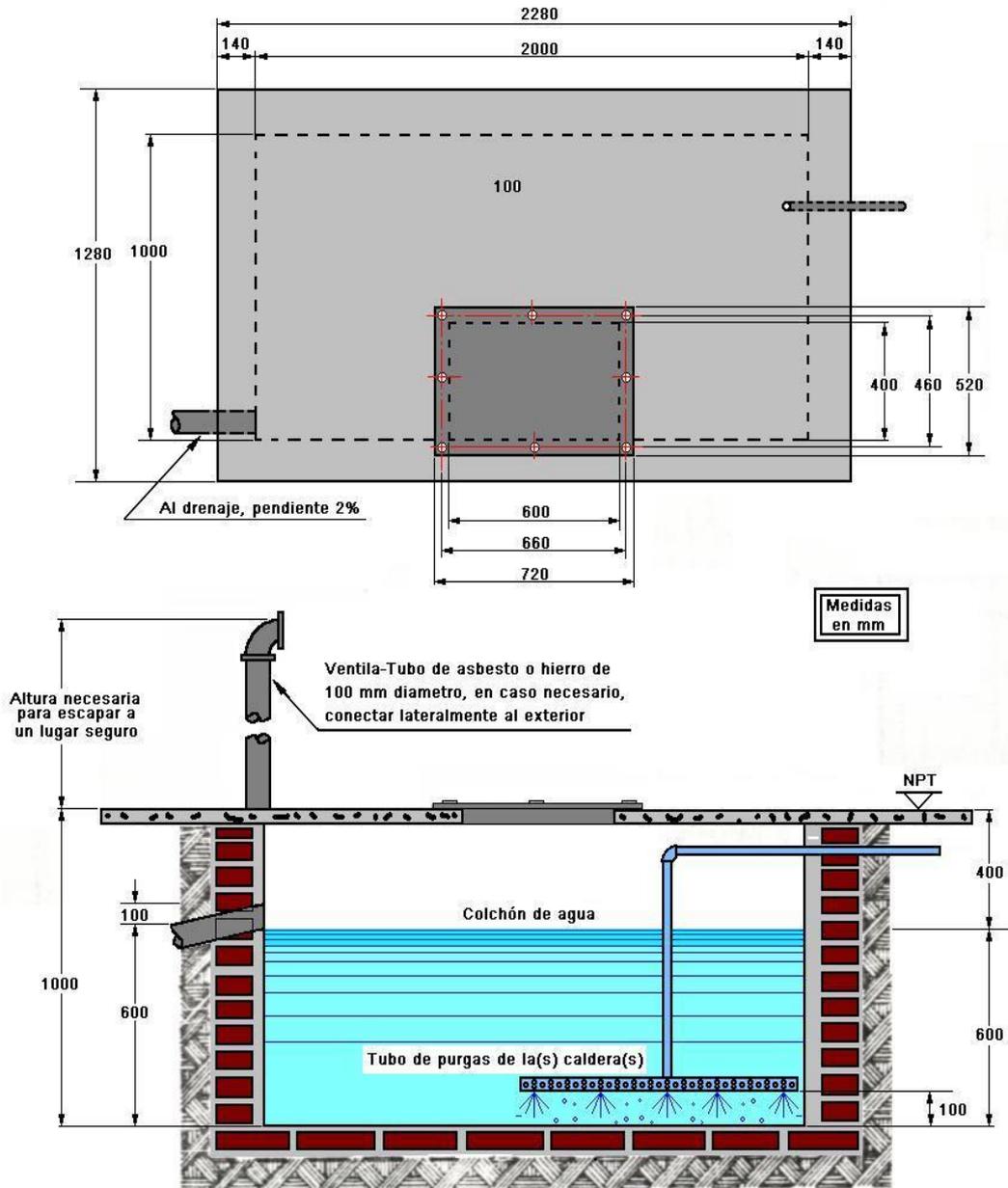
La presión en el distribuidor es de aproximadamente 110 psi

3.3.4 *Sistema de purgas.* El sistema de purgas de la caldera está instalado a una fosa de purgas en el piso, que se conecta con la alcantarilla de la red pública. A esta fosa de purgas se encuentran instaladas las purgas de fondo y los controles de las calderas, no existe un previo tratamiento de las purgas a la salida de la caldera, se inyecta directamente a la red de la alcantarilla de la ciudad (Esta es una práctica inadecuada, puede generar gases en la alcantarilla). Con lo cual se puede generar una sanción por parte del ministerio del ambiente ya que no está cumpliendo con la normativa ni con ninguna precaución antes de desechar el condensado.

Solamente se enfría, el agua de purgas de la caldera mediante la cantidad de agua existente en el control hidráulico.

Esta fosa de purgas está construida de acuerdo a la siguiente especificación según SELMEC que se verifica dentro de la Figura 23.

Figura 15. Fosa de purgas.



Fuente: Manual de calderas de la SELMEC

3.4 Análisis de la generación y distribución del vapor

3.4.1 Parámetros de generación de vapor. La eficiencia efectiva en la generación de vapor depende fundamentalmente de la calidad del agua de alimentación, temperatura del agua de alimentación, calidad de los combustibles, eficiencia de la combustión, temperatura de los gases en la chimenea.

3.4.2 Parámetros de los gases de la combustión. Para el análisis de emisiones gaseosas se utilizó un equipo analizador de gases electrónico marca BACHARACH

PCA3, el mismo que funciona en base de celdas electroquímicas y determina la concentración de compuestos contaminantes en los gases de chimenea

Tabla 7 Rangos y resoluciones del equipo PCA3 BACHARACH

Parámetros	Rango
Oxígeno	0 a 20,9 %
Temperatura de chimenea	-4 a 2,192 °F (-20 a 1,200°C)
Monóxido de carbono (CO) (Compensado en H)	0 a 4,000 ppm
CO de alto rango	4,001 a 20,000 ppm
Óxido nítrico (NO)	0 a 3,000 ppm
Dióxido de azufre (S)	0 a 5,000 ppm

Fuente: La ibérica

Para determinar el nivel de opacidad se utiliza una bomba de humos con su respectiva escala de Ringelmann, cuyas características se deben tomar en cuenta y el análisis que se lleva a cabo deben estar dentro de los parámetros que dicta la norma, esta resolución la determina la agencia de la capital para los niveles de opacidad que se encuentra dentro de la combustión para verificar que se encuentre dentro de los rangos.

Tabla 8 Niveles de opacidad

Parámetros	Rango	Resolución
Número de humo	0-9	1

Fuente: La Ibérica CIA. LTDA.

3.4.3 *Parámetros de los residuos de la combustión.* Las mediciones realizadas están hechas en base a un procedimiento que garantiza que la caracterización de las emisiones gaseosas en fuentes fijas de combustión, arroje un resultado confiable, siguiendo los lineamientos establecidos por normativas ambientales ecuatorianas.

Finalmente se ha realizado la transformación de las caracterizaciones de las emisiones gaseosas, de acuerdo a la Ordenanza 404, que establece una corrección del 7% de oxígeno, para calderos y hornos.

Se toma como referencia esta norma porque en la ciudad de Riobamba no se aplican estas regulaciones. Por qué no es una ciudad industrializada que se controle los rangos de CO₂ dentro del ambiente que se encuentra la empresa. Por ende la

empresa que brindan los servicios externos analiza con las ordenanzas de la capital por ende nos arrojó la siguiente información.

Tabla 9. Datos de campo registrados en el caldero (Llama baja)

Llama baja					
Parámetros	Unidad	Sin aditivo		Con aditivo	
		Medida 1 25/11/2014	Medida 2 25/11/2014	Medida 1 26/11/2014	Medida 2 26/11/2014
Temperatura	°C	147,0	148,0	143,0	144,0
Temperatura ambiente	°C	39,9	40,3	26,3	26,7
Exceso de aire	%	142,9	140,8	135,0	135,0
Eficiencia de combustión	%	85,3	85,3	85,0	84,9
Oxígeno	%	12,7	12,6	12,1	12,1
Dióxido de carbono	%	6,1	6,2	6,5	6,5
Monóxido de carbono	ppm	254,0	250,0	86,0	82,0
Dióxido de azufre	ppm	2,0	2,0	1,0	1,0
Óxidos de nitrógeno	ppm	17,0	17,0	17,0	17,0
Opacidad	# humo	6,0	5,0	5,0	5,0

Fuente: La Ibérica CIA. LTDA.

Tabla 10. Datos registrados en el caldero (Llama media)

Llama media					
Parámetros	Unidad	Sin aditivo		Con aditivo	
		Medida 1 25/11/2014	Medida 2 25/11/2014	Medida 1 26/11/2014	Medida 2 26/11/2014
Flujo de gas	m ³ /h	1776,0	1781,0	1836,0	1835,0
Temperatura	°C	155,0	157,0	158,0	158,0
Temperatura ambiente	°C	40,9	45,1	29,3	29,2
Exceso de aire	%	179,4	187,4	167,0	165,0
Eficiencia de combustión	%	81,4	81,7	82,7	82,8
Oxígeno	%	13,9	14,0	13,1	13,1
Dióxido de carbono	%	5,3	5,1	5,7	5,8
Monóxido de carbono	ppm	3205,0	2518,0	15556,0	1543,0
Dióxido de azufre	ppm	34,0	32,0	11,0	10,0
Óxidos de nitrógeno	ppm	11,0	11,0	8,0	8,0
# humo		7,0	6,0	7,0	7,0

Fuente: La Ibérica CIA. LTDA.

Tabla 11. Datos de campo registrados en el caldero (Llama alta)

Llama alta					
Parámetros	Unidad	Sin aditivo		Con aditivo	
		Medida 1 25/11/2014	Medida 2 25/11/2014	Medida 1 26/11/2014	Medida 2 26/11/2014
Temperatura	°C	167,0	172,0	169,0	166,0
Temperatura ambiente	°C	43,0	46,7	30,9	29,9
Exceso de aire	%	67,2	66,0	61,0	61,0
Eficiencia de combustión	%	87,0	86,9	86,6	86,7
Oxígeno	%	8,8	8,7	7,9	8,0
Dióxido de carbono	%	9,0	9,1	9,6	9,5
Monóxido de carbono	ppm	51,0	71,0	15,0	21,0
Dióxido de azufre	ppm	0,0	0,0	1,0	1,0
Óxidos de nitrógeno	ppm	36,0	37,0	34,0	35,0
# humo		3,0	3,0	3,0	3,0

Fuente: La Ibérica CIA. LTDA.

RESULTADOS. La comparación de los valores medidos con los estipulados en la norma 404 arroja los siguientes datos.

Tabla 12. Comparación de valores-caldero

Lama baja					
Parámetros	Sin aditivo		Con aditivo		Ordenanza 404
	Medida 1 25/11/2014	Medida 2 25/11/2014	Medida 1 26/11/2014	Medida 2 26/11/2014	
CO [mg/N.m ³]	536	521	169	161	250
SO [mg/N.m ³]	10	10	4	4	1200
NO _x [mg/N.m ³]	59	58	55	55	500

Llama media					
Parámetros	Sin aditivo		Con aditivo		Ordenanza 404
	Medida 1 25/11/2014	Medida 2 25/11/2014	Medida 1 26/11/2014	Medida 2 26/11/2014	
CO [mg/N.m ³]	7905	6299	3449	3420	250
SO [mg/N.m ³]	192	183	56	51	1200
NO _x [mg/N.m ³]	45	45	29	29	500

Llama alta					
Parámetros	Sin aditivo		Con aditivo		Ordenanza 404
	Medida 1 25/11/2014	Medida 2 25/11/2014	Medida 1 26/11/2014	Medida 2 26/11/2014	
CO [mg/N.m ³]	73	101	20	28	250
SO [mg/N.m ³]	0	0	3	3	1200
NO _x [mg/N.m ³]	85	87	75	77	500

Fuente: La Ibérica CIA. LTDA.

Al evaluar los datos del monitoreo de emisión de combustión realizados en llama baja, media y alta, se observa que en llama alta y media se producen valores de monóxido de carbono fuera de la normativa ambiental.

Las medidas iniciales se realizaron con el combustible sin aditivo; para comprobar si existe mejora, se agregó al combustible aditivo mejorador de combustible ADDIMAX. El resultado fue una importante reducción del monóxido de carbono, la reacción en la combustión es más eficiente lo que se traduce en la disminución del monóxido de carbono.

Al comprobar que no son buenos los resultados del análisis de la combustión, se procede a una ligera calibración y se obtuvieron los siguientes valores. Ver (Anexo B)

Tabla 13. Ajuste de la combustión

Parámetros	Unidad	Con aditivo 26/11/2014		
		Fuego bajo	Fuego medio	Fuego alto
Temperatura	°C	154,0	165,0	168,0
temperatura ambiente	°C	31,8,0	31,8	32,0
Exceso de aire	%	79,0	111,0	54,0
Eficiencia de combustión	%	86,8	84,7	87,0
Oxígeno	%	9,3	11,0	7,4
Dióxido de carbono	%	8,6	7,3	10,0
Monóxido de carbono	ppm	4,0	118,0	0,0
Dióxido de azufre	ppm	1,0	2,0	1,0
Óxido de nitrógeno	ppm	27,0	19,0	38,0
# Humo		4,0	5,0	2,0

Fuente: La Ibérica CIA. LTDA.

Como se puede notar con un ligero ajuste de la combustión, el Oxígeno disminuye, el Dióxido de Carbono sube y el hollín disminuye. Por lo tanto una de las mejoras en la optimización del sistema es afinar la combustión adecuadamente.

De este análisis se puede concluir que:

En el proceso de combustión, mientras mayor sea el exceso de aire al ingreso del caldero, mayor será el desperdicio de energía. En el sistema analizado el porcentaje de oxígeno es alto. Si las condiciones de operación en el caldero no son las adecuadas, (mala relación aire - combustible), se provocará una producción del monóxido de carbono y compuestos que se forman por la presencia de excesos de oxígeno en el interior de la cámara de combustión.

Respecto al dióxido de azufre en los procesos de combustión, se debe tener en cuenta que los combustibles derivados del petróleo presentan contaminantes intrínsecos como el azufre; por tanto la producción de este contaminante no se debe a una mala operación del caldero.

La presencia de partículas emitidas y liberadas a la atmósfera (humo), permite determinar, en primer lugar, si a los equipos está ingresando demasiado combustible o existe una inadecuada mezcla de aire – combustible, o una mala calibración, pero en definitiva es símbolo de una mala combustión.

3.5 Consumo Histórico de energía para la generación de vapor

En la figura 18 se detallan todas las especificaciones de energía o que se transforman en energía. En lo relacionado contamos con los históricos de electricidad, combustible y agua, al gas no se considera un porcentaje porque se lo utiliza solo para el encendido del caldero para la llama piloto al arranque. Se considera un consumo de un cilindro de gas mensualmente, La gráfica y las tablas siguientes se elaboraron mediante datos proporcionados en un historial de 4 años. Los cuadros y las tablas detalladas a continuación se elaboraron con los datos proporcionados por el técnico encargado del departamento de mantenimiento de la planta. Se tomaron datos desde el año 2011 hasta el 2014 estos fueron tabulados y analizados para el cálculo de que tan eficiente está siendo el sistema y por ende el cálculo de la eficiencia de la caldera que es parte del análisis y tomar las respectivas soluciones técnicas. Posteriormente de las soluciones se debe llevar a cabo los formatos de inspección.

Tabla 14. Historial de consumo de energía eléctrica [kW/h]

Electricidad				
Meses	2011	2012	2013	2014
Enero	2784,19	2252,09	2714,97	1767,63
Febrero	2367,30	1677,39	1296,72	1870,69
Marzo	2451,53	1785,45	1568,35	1659,60
Abril	2242,61	1686,11	1807,73	1924,11
Mayo	2451,53	1800,05	1752,63	2069,16
Junio	2489,52	1650,00	1619,23	2126,74
Julio	1769,06	2508,68	1744,41	2210,11
Agosto	2011,38	2603,32	1565,81	2084,85
Septiembre	2199,13	2029,15	1693,58	
Octubre	1948,77	1787,48	1944,00	
Noviembre	2460,55	1844,76	1682,26	
Diciembre	2237,75	2339,97	1902,72	
Total	27413,32	23964,45	21292,41	15712,89
Promedio	2284,44	1997,04	1774,37	1964,11

Fuente: Elaborado mediante datos proporcionados

Tabla 15. Historial de combustible en 4 años

Combustible				
Meses	2011	2012	2013	2014
Enero	518,50	777,75	777,75	925,88
Febrero	10337,00	518,50	777,75	694,41
Marzo	518,50	777,75	777,75	925,88
Abril	1037,00	518,50	777,75	995,88
Mayo	1037,00	1037,00	777,75	995,88
Junio	518,50	777,75	777,75	694,41
Julio	518,50	777,75	777,75	694,41
Agosto	777,78	777,75	777,75	694,41
Septiembre	777,75	777,75	777,75	1157,35
Octubre	1037,00	1037,00	518,50	
Noviembre	518,50	259,25	1037,00	
Diciembre	777,75	1037,00	777,75	
Total	18373,78	9073,75	9333,00	7778,51
Promedio	1531,15	756,15	777,75	864,28

Fuente: Elaborado mediante datos proporcionados

Tabla 16. Historial de agua en 4 años

Agua				
Meses	2011	2012	2013	2014
Enero	56,14	83,75	54,91	45,61
febrero	243,11	80,72	54,91	45,61
marzo	64,66	51,91	54,91	80,44
Abril	57,39	65,13	54,91	74,18
Mayo	79,90	71,52	101,67	104,30
Junio	165,13	51,91	101,67	66,80
Julio	66,42	51,91	101,67	100,84
Agosto	102,51	51,91	101,67	111,07
Septiembre	112,09	51,91	101,67	66,70
Octubre	83,61	51,91	101,67	
Noviembre	46,15	51,91	54,91	
Diciembre	89,40	51,91	54,91	
Total	1166,51	716,40	939,48	695,55
Promedio	97,21	59,70	78,29	77,28

Fuente: Elaborado mediante datos proporcionados

Tabla 17. Promedio de Compra de energía en 4 años

Promedio mensual por año				
Tipo de energía	Año 2011	Año 2012	Año 2013	Año 2014
Electricidad	2284,44	1997,04	1774,37	1964,11
Combustible	756,15	756,15	777,75	864,28
Agua	63,01	63,03	64,82	96,03

Fuente: Autora

Figura 16. Promedio de Compra de energía en 4 años



Fuente: Autora

3.6 Descripción detallada del sistema de distribución de vapor

La guía técnica de la distribución de vapor editado por la Spirax Sarco, afirma que: “El sistema de distribución de vapor es el enlace importante entre la fuente generadora del vapor y el usuario. La fuente generadora de vapor puede ser la caldera o una planta de cogeneración. Ésta debe proporcionar vapor de buena calidad en las condiciones de Caudal y Presión requeridas, y debe realizarlo con el mínimo de pérdidas de calor y atenciones de mantenimiento”.

Esta distribución debe proporcionar vapor con contenido de entalpía lo más alta posible con ausencia partículas de agua suspendido en el vapor (calidad del vapor) con el caudal y presión requerido en el proceso, con el mínimo de pérdidas de calor. Condiciones que no se cumplen apropiadamente en La Ibérica. La realidad de nuestra planta en análisis es como se describe a continuación

3.6.1 *Características de la operación del sistema de distribución de vapor.* El sistema opera diariamente entre las 07h00 u 08h00, hasta las 17h00, de lunes a viernes.

Mientras se prepara la materia prima para que ingrese al proceso de cocción, en donde realmente se utiliza el vapor, la caldera es encendida por el técnico operador y encargado de mantenimiento de la planta, para obtener la presión de trabajo requerida (110 psi) alrededor de las 09h30. Esta condición operativa permite que el arranque de la caldera sea adecuado, pues alcanza a cubrir las condiciones necesarias para un calentamiento progresivo en fuego bajo; para después pasar a fuego alto.

3.6.2 *Parámetros del sistema de distribución de vapor a los usos finales.*

3.6.2.1 *Presión según exigencias del proceso.* La presión de operación del sistema de vapor es de 110 PSI porque el proceso de cocción de los hornos exige 6 bares (90 PSI) en el sistema de alta presión y de 0,5 a 1,2 bar el sistema de baja presión.

El sistema de alta presión es el que define la calibración de la presión de trabajo de la caldera, la baja presión del sistema se la obtiene con reguladoras de presión. Las Marmitas que son los otros usuarios del vapor se calientan con inyección directa, lo que permite utilizar el vapor a la presión que llegue al equipo, y se controla el proceso solamente con un solenoide, que es activado por un sensor de temperatura.

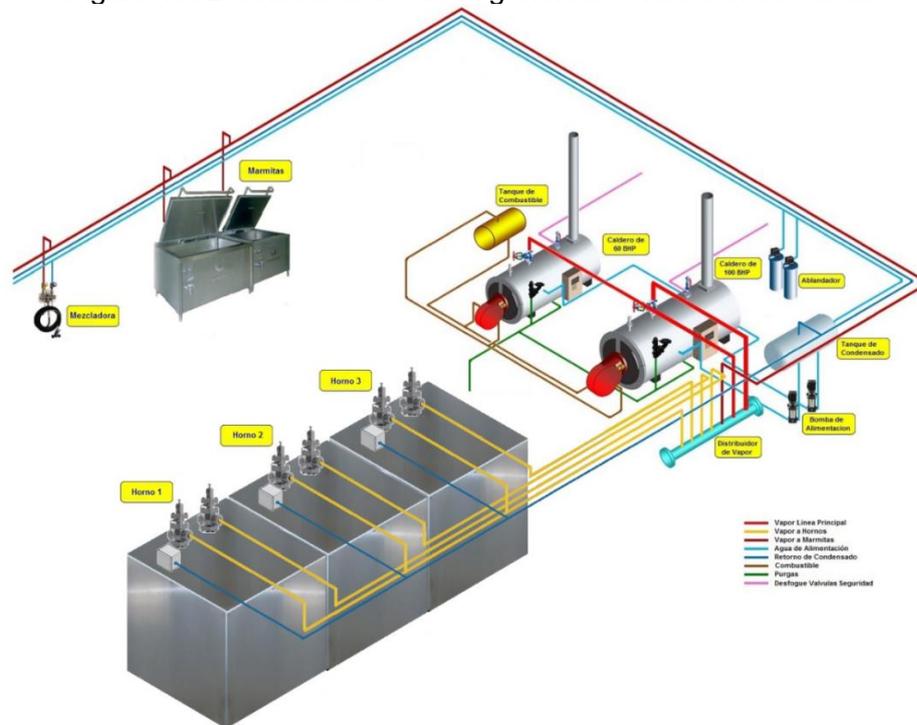
El otro usuario es el sistema de limpieza, que igualmente opera a la presión de (30 psig) por medio de un regulador de presión.

Finalmente las mezcladoras de vapor/agua requieren vapor a presiones de trabajo de la caldera.

Cabe mencionar que el exceso de presión (20 psi) es para enfrentar los efectos de caídas de presión en la distribución de vapor desde la caldera hasta los usuarios de vapor

3.6.3 Esquema del sistema de distribución desde la generación hasta el uso final.

Figura 17. Distribución desde la generación hasta el uso final.



Fuente: Ing. Ángel Ramírez

3.6.3.1 *Díametros y longitudes del trayecto de la tubería.* El gráfico indica la distribución de las tuberías del sistema. En el cuadro se dan todas las dimensiones y diámetros existentes en la distribución de vapor y retorno de condensado. Descritos por tramos para una mejor visualización de todas las dimensiones. Se encuentran tomadas por tramos y por distancias desde cada elemento que se encuentra dentro de las instalaciones a estudiar se toma en cuenta todos los tramos de tubería que se pretende recubrir con aislamiento térmico, dentro del estudio económico del sistema para verificar la inversión que esta por dar como una propuesta de mejora.

Tabla 18. Diámetros y longitudes del trayecto de la tubería.

Diámetros y longitudes de las tuberías del sistema de vapor	Tubería diámetro nominal [plg]	Tuberías longitud [m]	Tuberías longitud [pies]
Caldero 1 KEWANEE-distribuidor	4,00	3,19	10,466
Caldero 2 YORK SHIPLEY-distribuidor	2,00	6,36	20,86
Distribuidor	8,00	1,74	5,71
Línea de servicio marmitas	1,00	38,70	126,967
Lavadora	1,00	6,50	21,33
Marmita grande	1,00	3,07	10,07
Marmita pequeña	1,00	2,91	9,55
Línea para mezcladoras	1,00	74,88	245,66
Mezcladora 1 (reloj)	1,00	1,56	5,12
Mezcladora 2	1,00	29,00	95,14
Línea servicio hornos alta presión	2,00	20,00	65,62
Horno 1	1,25	4,25	13,94
Horno 2	1,25	4,35	14,27
Horno 3	1,25	4,05	13,28
Horno 1 baja presión	1,00	12,50	41,01
Horno 1 baja presión	1,25	6,00	19,68
Horno 2 baja presión	1,00	17,46	57,28
Horno 1 baja presión	1,25	6,00	19,68
Horno 3 baja presión	1,00	18,73	61,45
Horno 1 baja presión	1,25	6,00	19,68
Línea servicio inyectores	1,00	18,32	60,11
Horno 1	1,00	2,46	8,07
Horno 2	1,00	2,22	7,28
Horno 3	1,00	2,15	7,05
Retorno de condensado	1,50	24,00	78,74
Retorno de condensado	1,00	33,00	108,26

Fuente: Autora

3.6.3.2 Aislamiento térmico. Uno de los parámetros más importantes en el ahorro energético en un sistema de vapor es el aislamiento térmico de las líneas de vapor, distribución y retorno de condensado. Dentro de las instalaciones de cualquier fábrica se debe tomar en cuenta estos tres parámetros que deben encontrarse aislados térmicamente para no contar con pérdidas de calor y no incidan en los costos

El aislante térmico está constituido por el revestimiento exterior que cubre las tuberías de distribución de vapor y retornos de condensado, cuya función principal es reducir substancialmente y retardar la pérdida de calor a través de las paredes de las tuberías. De no usar aislante para recubrir la tubería la pérdida de calor ocasionaría gastos de combustible que pueden llegar a triplicar el costo del aislante en menos de un año de uso.

Para sellar las juntas entre bloques o Láminas de materiales aislantes y para aislar superficies irregulares tales como unión, codos, bridas, etc., se usa cemento aislante que se moldea directamente sobre la tubería. Para que el aislante trabaje en condiciones adecuadas debe mantenerse seco sin grietas y su espesor deber ser uniforme.

En la fábrica de embutidos La Ibérica, ninguno de los elementos antes anotados tiene recubrimiento térmico de ninguna naturaleza como se puede verificar en las siguientes gráficas.

Figura 18. Líneas de distribución de vapor casa de máquinas



Fuente: LA IBÉRICA CIA. LTDA.

Figura 19. Líneas de distribución de vapor, estación reductora horno N° 1



Fuente: LA IBÉRICA CIA. LTDA.

Figura 20. Líneas de vapor para los procesos



Fuente: LA IBÉRICA CIA. LTDA.

Figura 21. Líneas de vapor en hornos



Fuente: LA IBÉRICA CIA. LTDA.

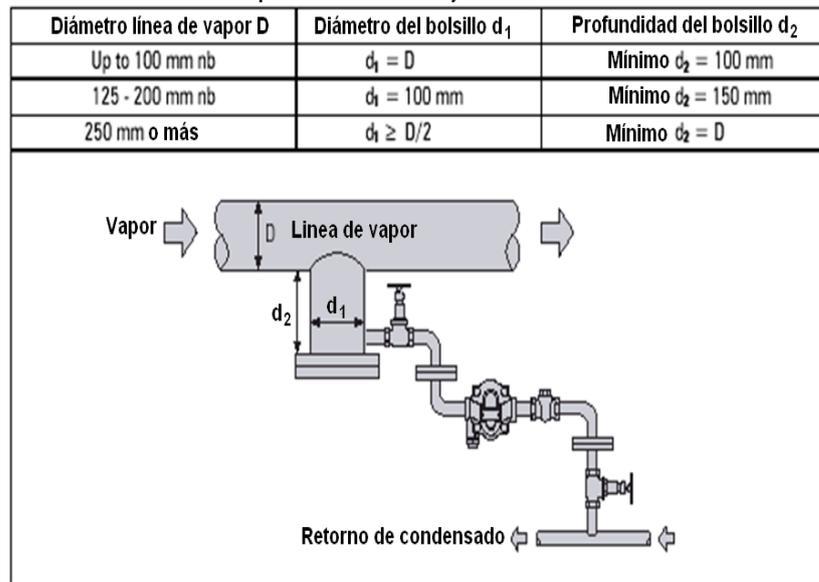
Figura 22. Líneas de distribución de vapor a marmitas



Fuente: LA IBÉRICA CIA. LTDA.

3.6.3.3 Sistema de drenaje. Los drenajes de condensado instalados cumplen con las especificaciones técnicas para tener una adecuada recolección de condensado, fundamentalmente en las líneas de servicio se han construido los bolsillos apropiados para la recolección del condensado. Como se puede verificar en la figura 23

Figura 23. Elaboración de pozuelos para recolección de condensado
Dimensiones recomendadas para bolsillos de drenaje



Fuente: Hook Up Spirax Sarco

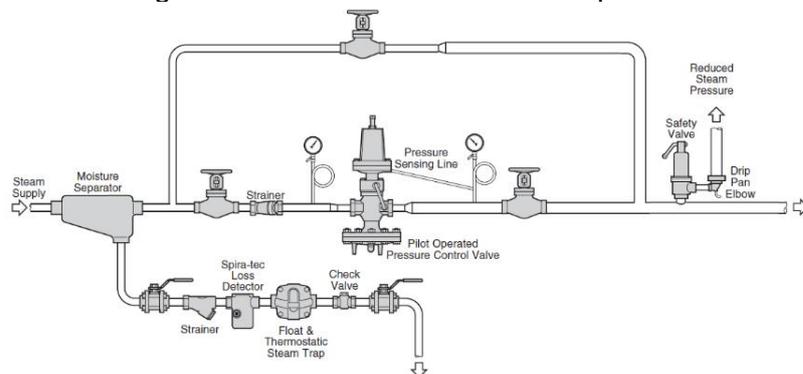
Figura 24. Como están los pozuelos de recolección en la planta



Fuente: LA IBÉRICA CIA. LTDA.

3.6.3.4 Sistema de reducción de presión.

Figura 25. Estimación reductora de presión



Fuente: Hook Up Spirax Sarco página 89

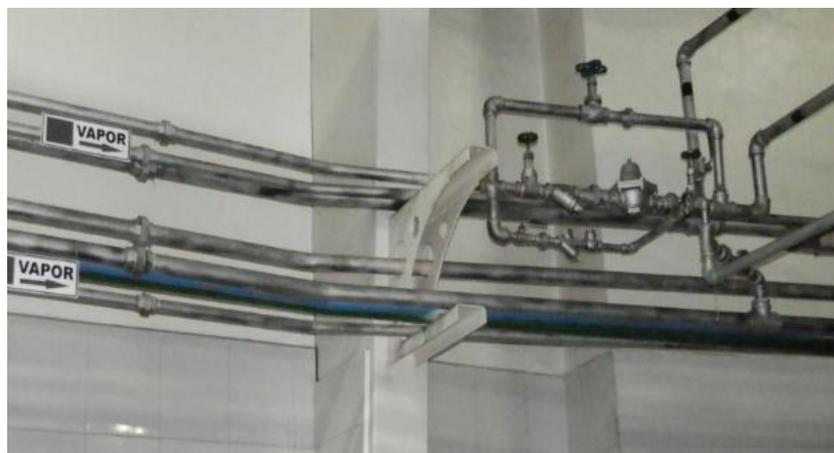
Las fotos siguientes muestran cómo están instaladas las estaciones reductoras en la fábrica

Figura 26. Como están instalados las estaciones reductoras de presión Horno 2



Fuente: LA IBÉRICA CIA. LTDA.

Figura 27. Como están instalados las estaciones reductora de presión Horno 1



Fuente: LA IBÉRICA CIA. LTDA.

3.6.3.5 Trampas. Las trampas utilizadas en el sistema de distribución de vapor están instaladas en:

- Distribuidor de vapor (termodinámica)
- Antes de las estaciones reductoras de presión (termodinámicas)
- Finales de líneas (termodinámicas)

Las ventajas de elegir el tipo de trampa de vapor más adecuado para una determinada aplicación facilita notablemente la transferencia de calor a un sistema de calentamiento. Este buen seleccionamiento debe ir acompañado con una instalación apropiadamente realizada, de tal manera que el condensado fluya por efecto de la gravedad y se acumule en las partes bajas del sistema, por tanto las trampas deben montarse en estos puntos bajos.

Las trampas fueron monitoreadas durante la operación del sistema y se sacaron varias termografías. De esto se pudo determinar una trampa en especial, la que está instalada en el horno N° 3, según la termografía siempre estaba fría cuando el horno se encontraba en funcionamiento como se indica en la figura 28.

Figura 28. Termografía trampa horno N° 3



Fuente: Autora

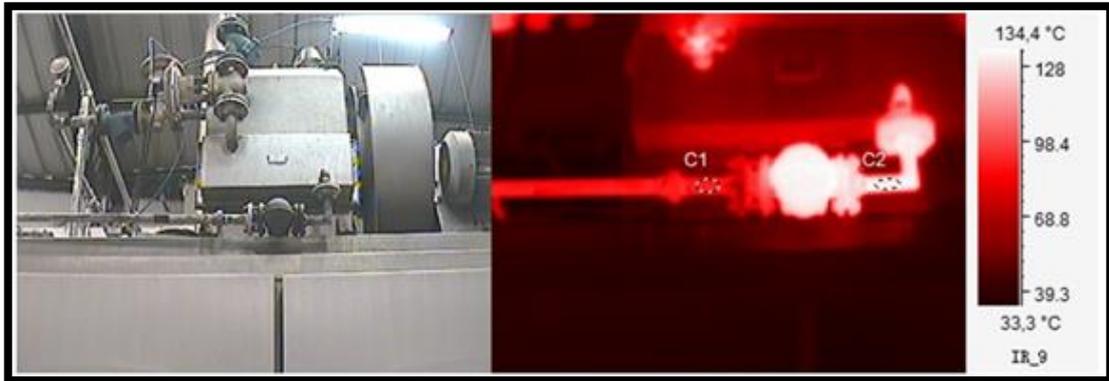
Tabla 19. Temperatura de la trampa de vapor del horno 3.

File Name	IR_11 - Trampa H3.SAT
C2:Min Temp	29,9 °C
C2:Max Temp	34,4 °C
R1:Min Temp	31,4 °C
R1:Max Temp	37,4 °C

Fuente: Autora

En relación a las otras 2 trampas que se encuentran instaladas en los hornos 1 y 2 se ve claramente en la termografía la diferencia de temperatura. El análisis de las trampas de vapor incide en la recolección de condensado y en el funcionamiento adecuado de cada proceso ya que las trampas de vapor el un excelente funcionamiento permite que los productos que se elaboran dentro de los hornos tengan la temperatura que cada producto requiere.

Figura 29. Termografía trampa horno N° 2



Fuente: Autora

Tabla 20. Temperatura de la trampa de vapor del horno 1

File Name	IR_9 - Trampa H1.SAT
C1:Min Temp	90,9 °C
C1:Max Temp	100,5 °C
C2:Min Temp	126,0 °C
C2:Max Temp	134,1 °C

Fuente: Autora

La justificación a este efecto es que en este horno se procesaban productos que no necesitan aire caliente por lo tanto no es necesario este sistema en este horno.

Aquí se puede deducir que si en este horno (N°3) siempre se van a procesar este tipo de productos no era necesario adquirirlo con este sistema, debido a que está instalado un recurso que no va a ser utilizado, y se pudo tener un ahorro muy significativo en la adquisición de este equipo.

3.6.3.5.1 Estado actual de las trampas

Tabla 21. Estado actual de las trampas

Cant.	Proceso	Tipo de trampa	Estado
1	Distribuidor de vapor	Termodinámica	Operando
3	estación reguladora de presión	Termodinámica	Operando
3	Salida del intercambiador de calor	Flotador	Operando
3	Antes de la válvula neumática alta presión	Termodinámica	Operando
3	Antes de la válvula neumática baja presión	Balde invertido	Operando
3	Finales de líneas	Termodinámica	Operando
3	Línea de inyección agua caliente hornos	Termodinámica	Operando

Fuente: Autora

3.6.4 Valor de la caída de presión hasta uso final de vapor. Para el cálculo de la caída de presión en las tuberías que transportan el vapor se utilizó el software libre de la TLV (compañía especialista en vapor).

Tabla 22. Valor de la caída de presión hasta uso final del vapor

Diámetros y longitudes de las tuberías del sistema de vapor	Tubería diámetro nominal [plg]	Tuberías longitud[m]	Caída de presión [bar]
Caldero 1 KEWANEE-distribuidor	4,00	3,19	0,0013
Caldero 2 YORK SHIPLEY-distribuidor	2,00	6,36	0,00435
Distribuidor	8,00	1,74	0,00000507
Línea de servicio distribuidor-marmitas	1,00	38,70	0,844
Distribuidor-lavadora	1,00	6,50	0,0122
Línea de servicio-marmita grande	1,00	3,07	0,045
Línea de servicio-marmita pequeña	1,00	2,91	0,0335
Distribuidor-mezcladoras	1,00	74,88	0,141
Línea servicio-mezcladora 1 (reloj)	1,00	1,56	0,0037
Línea de servicio-mezcladora 2	1,00	29,00	0,0546
Línea servicio distribuidor-hornos alta presión	2,00	20,00	0,1303
Línea servicio-horno 1	1,25	4,25	0,02449
Línea servicio-horno 2	1,25	4,35	0,02449
Línea servicio-horno 3	1,25	4,05	0,02449
Distribuidor-horno 1 baja presión	1,00	12,50	0,0235
Reductora de presión-horno 1	1,25	6,00	0,2843
Distribuidor-horno 2 baja presión	1,00	17,46	0,0339
Reductora de presión-horno 2	1,25	6,00	0,0042
Distribuidor-horno 3 baja presión	1,00	18,73	0,0357
Reductora de presión-horno 3	1,25	6,00	0,0042
Línea servicio distribuidor-inyectores	1,00	18,32	0,013
Línea de servicio inyectores-horno 1	1,00	2,46	0,0017
Línea de servicio inyectores-horno 2	1,00	2,22	0,0017
Línea de servicio inyectores-horno 3	1,00	2,15	0,0017

Fuente: Autora

El dimensionamiento de los diámetros de la tubería están bien, por lo tanto no existe caídas de presión en las líneas, como se comprobó con el cálculo de las caídas de presión, los valores obtenidos son relativamente bajos como se pudo en la tabla de resultados

3.6.5 Condiciones de presión y/o temperatura para áreas y usos finales

Tabla 23. Condiciones de presión y/o temperatura para áreas y usos finales

Usuarios	Presión [PSI]	Temperatura vapor [°C]	temperatura proceso [°C]
Hornos	Alta 90	166	75
	Baja 25	130	75
Marmita grande	De la red 90	166	75-80
Marmita pequeña	De la red 91	166	75-80
Lavadora de jabas	30	134	70
Mescladora	De la red 90	166	40

Fuente: Autora

3.7 Descripción detallada del sistema de vapor usos finales.

3.7.1 Descripción de los usos finales de vapor.

Tabla 24. Usos finales de vapor

Usuarios	Presión [PSI]	Temperatura vapor [°C]	Temperatura proceso [°C]	Demanda vapor [kg/h]	Tipo de calentamiento
Hornos	Alta 90	166	75	350	Indirecto
	Baja 25	130	75	120	Directo
Marmita grande	De la red 90	166	75-80	250	Directo
Marmita pequeña	De la red 91	166	75-80	170	Directo
Lavadora de jabas	30	134	70	80	Directo
Mescladora	30-150	166	máximo 95		Directo

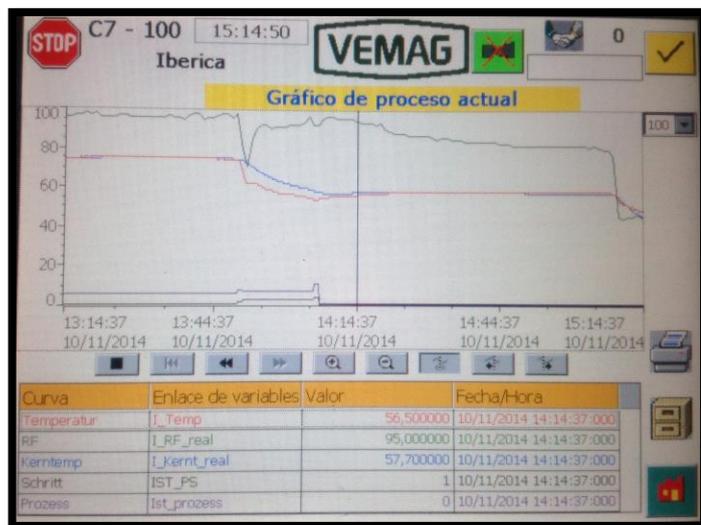
Fuente: Autora

El control de flujo del vapor se realiza de las siguientes maneras

- En la salida de la casa de máquinas por medio del sistema de válvulas incorporadas en el distribuidor.

- En línea antes de ingresar a los procesos de baja presión por estaciones reguladoras de presión.
- En el proceso por medio de sistemas de control integrado en los equipos como el de la pantalla en los hornos.
- O en el tablero de control de las marmitas.

Tabla 25. Control de la temperatura en el proceso de cocción en hornos



Fuente: LA IBÉRICA

Tabla 26. Control de la temperatura en el proceso de cocción en marmitas



Fuente: LA IBÉRICA

3.7.2 *Horas de operación del usuario final, materiales, productos o subproductos que se procesan y condiciones de trabajo.*

Tabla 27. Usuarios finales de vapor, condiciones de trabajo que se requiere

Tipo de producto que se procesa	Tiempo de operación [h]	Condiciones de trabajo temperatura [°C]	Temperatura a la que llega el núcleo del producto [°C]
Mortadela especial	3:15	80	72 -75
Mortadela corriente	3:15	80	72 -75
Salchicha vienesa	1:15	80	72 -75
Salchicha vienesa especial	0:45	65	± 16
Salchicha para Hot Dog	1:15	80	72 -75
Queso de chancho	1:30	78	
Jamón prensado	5	80	72 -75
Jamonada	3:15	80	72 -75
Pastel mexicano	3:15	80	72 -75
Salami	3:15	80	72 -75
Pate de hígado	1:15	80	72 -75
Tocino ahumado	4	80	72 -75
Salchicha colombiana	1:15	80	72 -75
Salchicha de pollo	1:15	80	72 -75
Salchicha parrillera argentina	1:15	80	72 -75
Lomo ahumado	4	80	72 -75
Morcilla de sangre	0:30	75	72
Chuleta ahumada	4	80	72 -75

Fuente: LA IBÉRICA CIA. LTDA.

3.8 Sistema de retorno de condensado.

3.8.1 *Porcentaje y parámetros de retorno del condensado.* El porcentaje de condensado que retorna es considerable, los equipos del proceso que más aportan con condensado de retorno son los hornos, estos equipos están dotados con intercambiadores de calor para calentar aire y la cantidad hora de vapor que cada horno requiere según datos de placa es, 350 [kg/h] de vapor a 6 bar manométricos, y 120 [kg/h] de vapor de 0.5 – 1,2 [bar], respectivamente.

Al analizar cómo opera el equipo, se comprueba que el vapor de alta presión es el que retorna como condensado debido a que es un proceso de calentamiento indirecto en un intercambiador de calor; el vapor de baja presión se inyecta directamente al proceso y no tiene condensado de recuperación porque este vapor es para calentamiento directo.

Haciendo un análisis operativo del proceso el condensado que retorna sería 350 kg/h por máquina, son 3 hornos, el tiempo que dura cada proceso de cocción es de 3 a 4 horas.

Calculando este tipo de operación se tendrá:

$$X_{\text{condensado}} = 350 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \times 3.5\text{h} = 1225 [\text{kg}]$$

Donde, $X_{\text{condensado}}$ es la cantidad de condensado por horno

El resto de condensado que se suma a esta cantidad es el condensado que sale del distribuidor, de las trampas de final de línea, de las trampas colocadas en línea y las trampas colocadas antes de las estaciones reguladoras de presión.

Este condensado que retorna es el que mantiene la temperatura del agua del tanque de reposición entre 50 y 60 °C

El resto del vapor empleado en el proceso no retorna, porque es de uso directo en las marmitas, lavador de jabas, mezcladoras para agua caliente, y el que entra a los hornos en la fase de inyección directa para humidificar el producto que se está cocinando.

La cantidad de condensado factible de recobrar es del 70% del vapor generado que es bastante positivo para los efectos de eficiencia térmica del sistema. En el esquema se detalla el recorrido (línea color azul) que tiene el retorno de condensado existente en la empresa.

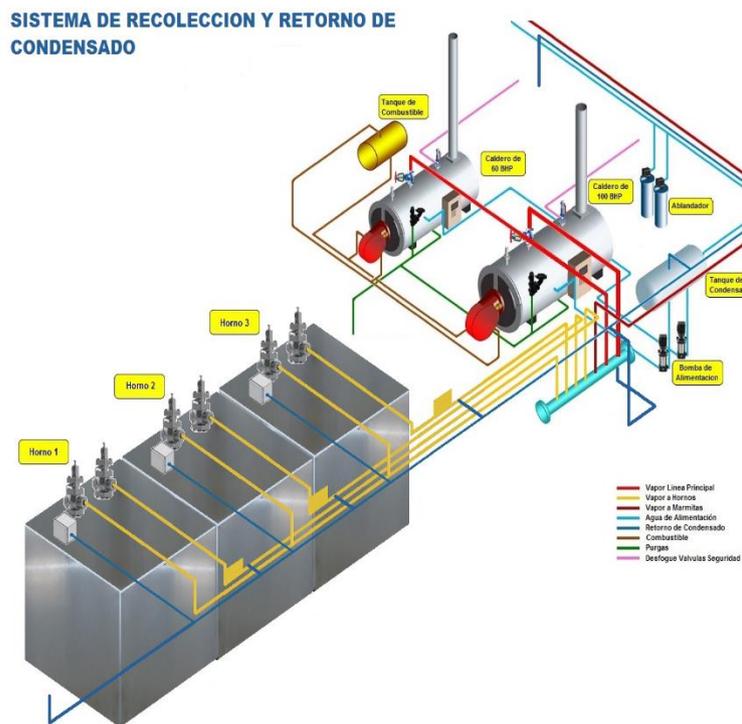
En el sistema tenemos 4 lugares donde se recolecta el condensado para retorno:

- En el distribuidor de vapor
- En los hornos en la salida del intercambiador de calor.

- Antes de las estaciones reductoras de presión.
- Al final de las líneas de servicio

En las marmitas, lavadora de jabas, mezcladoras no se tiene retorno de condensado porque el uso del vapor para calentamiento es de inyección directa al proceso.

Figura 30. Esquema de sistema de recolección de condensado



Fuente: Ing. Ángel Ramírez

3.8.2 Clasificación de los condensados contaminados o no contaminados. El condensado se contamina porque el vapor entra en contacto con el producto que se está procesando y no retorna al sistema, se lo envía al drenaje.

El condensado que se recolecta a la salida del intercambiador de calor para calentar el aire es de buena calidad por lo tanto se lo recolecta el 100 % hacia el tanque de suministro del agua de alimentación.

CAPÍTULO IV

4. ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA DEL CALDERO.

Para determinar la eficiencia se procedió de la siguiente manera:

Se instaló un medidor de flujo para saber la cantidad de agua que ingresa a la caldera, esta agua será la que se transforma en vapor.

Figura 31 Instalación del medidor de flujo y equipo de medición



Fuente: LA IBÉRICA CIA. LTDA.

Se procedió a medir la cantidad de combustible que se consume y se anotaron los datos de las condiciones atmosféricas a las que se estaba trabajando. Se colocó una escala en el tanque de combustible para poder medir el consumo de combustible.

Figura 32. Tanque de combustible.



Fuente: LA IBÉRICA CIA. LTDA.

Con estas adecuaciones se obtuvo la siguiente tabla.

Tabla 28. Resultados de la masa de combustible y agua

Hora	Presión caldero [PSI]	Temperatura agua alimentación [°C]	Masa combustible [kg/h]	Masa de agua equivalente a vapor [kg/h]	
Encendido				390	
8:20	60,0	65,0	0,8	purga	100
8:40	58,0	64,0	1,2		60
8:50	55,0	64,0	2		90
9:38	48,0	59,0	0,6	Proceso de generación de vapor	40
9:42	46,0	57,0	0,4		50
9:45	45,0	54,0	0,3		50
9:55	45,0	54,0	0,6		50
10:00	43,0	52,0	0,1		50
10:05	42,0	52,0	0,6		40
10:12	45,0	50,0	0,4		60
10:20	48,0	50,0	1,0		30
10:25	41,0	50,0	0,1		60
10:33	45,0	50,0	0,6		10
10:40	55,0	52,0	0,7		50
10:49	59,9,0	52,0	0,4		50
10:54	59,9	52,0	0,4		40
11:02	58,0	50,1	0,7		50
11:12	55,0	48,5	0,3		20
11:22	55,0	46,0	0,4		80
11:25	58,0	42,0	0,4		10
11:35	55,0	30,0	0,7		70
11:47	58,0	30,0	0,3		30
11:53	55,0	29,0	0,6		10
12:01	56,0	28,0	0,4		70
10:09	70,0	28,0	0,9		20
12:24	94,0	27,0	0,7		0
12:34	110,0	25,0	0,7	80	
12:55	100,0	23,0	0,3	30	
13:08	120,0	23,0	0,2	50	
13:24	105,0	22,0	0,4	80	
13:40	109,0	21,0	0,9	60	
13:55	100,0	21,0	0,5	100	
14:08	109,0	20,0	0,9	80	
Total purga + producción				2060	

Fuente: Autora

Para el cálculo de la eficiencia se tienen los siguientes datos

Las condiciones atmosféricas en Riobamba donde se encuentra la fábrica de embutidos son

Altitud = 9000 pies sobre el nivel del mar

Presión barométrica = 10.5 PSI (0,723 bar)

Temperatura promedio del agua de alimentación 51°C

Presión de la caldera =49,7 [PSI] Presión promedio

HHV_{combustible}= 45125 [kJ/kg]

h_{agua de alimentación}= 213,595 [kJ/kg]

h_{vapor} = 2743, 28 [kJ/kg]

m_{vapor}= 380 [kg/h]

m_{combustible} =24,52 [kg/h]

Aplicando la ecuación

$$\eta_{caldera} = \frac{m_{vapor}(h_{vapor} - h_{agua\ de\ alimentación})}{m_{combustible} \times HHV_{combustible}} \times 100 \quad (1)$$
$$\eta_{caldera} = \frac{380 \frac{kg}{h} - (2743,28 \text{ kJ/kg} - 213,595 \text{ kJ/kg})}{24,52 \frac{kg}{h} \times 45125 \text{ kJ/kg}} \times 100$$

Tenemos una eficiencia 86% de eficiencia de la caldera principal.

4.1 Estado actual del aislamiento térmico.

Para el análisis del estado del aislamiento térmico se realizó termografía de las compuertas, el cuerpo de la caldera y refractarios, para determinar la temperatura y verificar el correcto aislamiento, la correspondiente pérdida de calor se puede localizar con facilidad, puesto que la transmisión de calor se observa claramente en la termografía. Para el análisis se tomó como referencia temperatura a la que debería encontrarse las partes de la caldera como se está demostrando dentro del estudio, las termografías son analizadas individualmente por ende ninguna temperatura es similar.

Tabla 29. Termografía compuerta delantera lado izquierdo.

Min Temp	30,5 °C
Max Temp	175,1 °C
File Name	IR_3 - Compuerta delantera. SAT
Tool	Value
C1:Min Temp	135,2 °C
C1:Max Temp	140,0 °C

Fuente: Autora

Distancia de la termografía 1m

Figura 33. Termografía compuerta delantera lado izquierdo



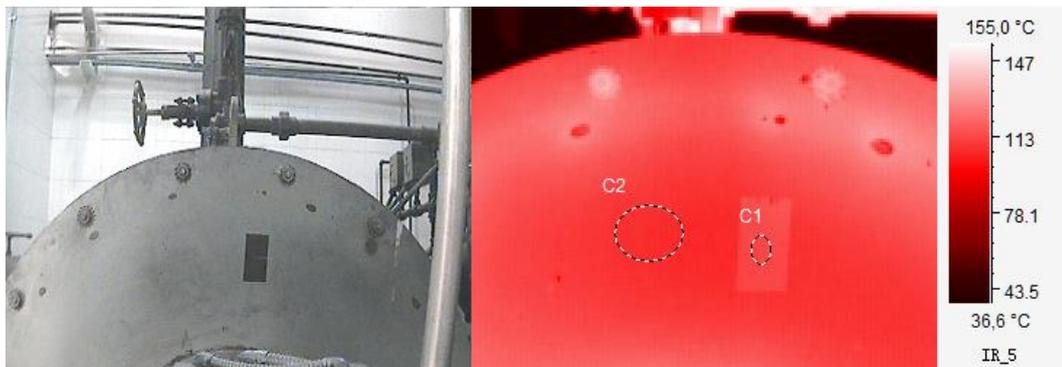
Fuente: Autora

Tabla 30. Termografía compuerta delantera lado superior

File Name	IR_5 - Compuerta delantera. SAT
Tool	Value
C2:Min Temp	115,5 °C
C2:Max Temp	118,4 °C
C1:Min Temp	120,6 °C
C1:Max Temp	122,7 °C

Fuente: Autora

Figura 34. Termografía de la compuerta delantera lado superior



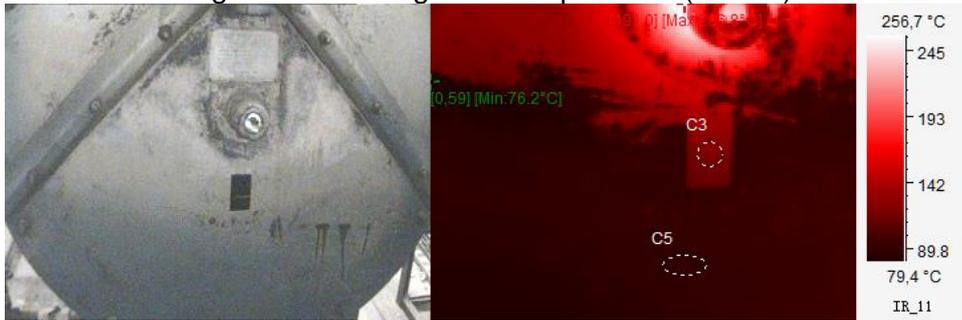
Fuente: Autora

Tabla 31. Termografía de la compuerta delantera lado superior

Min Temp	76,2 °C
File Name	IR_11 - Compuerta trasera.SAT
C3:Min Temp	127,2 °C
C3:Max Temp	138,3 °C

Fuente: Autora

Figura 35. Termografía lado posterior (inferior)



Fuente: Autora

Tabla 32. Termografía lado posterior (derecho)

Min Temp	34,7 °C
File Name	IR_13 - Compuerta trasera..SAT
C3:Min Temp	125,6 °C
C3:Max Temp	133,0 °C

Fuente: Autora

Figura 36. Termografía lado posterior (derecho)



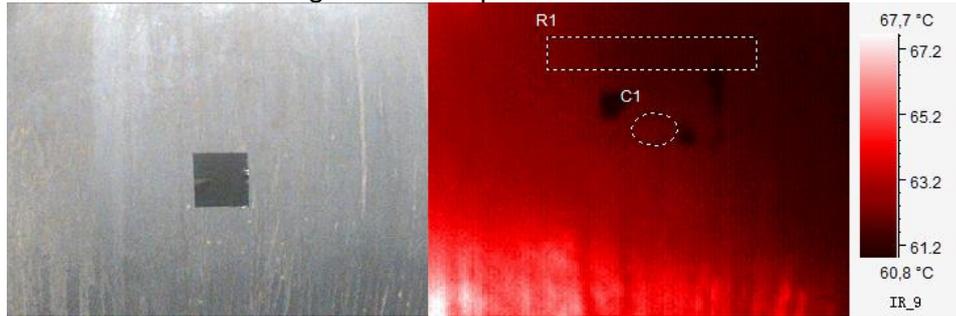
Fuente: Autora

Tabla 33. Cuerpo de la caldera

File Name	IR_9 - Cuerpo de la caldera.SAT
C1:Min Temp	61,7 °C
C1:Max Temp	62,4 °C
R1:Min Temp	60,6 °C
R1:Max Temp	62,6 °C

Fuente: Autora

Figura 37 Cuerpo de la caldera



Fuente: Autora

Como se puede apreciar en todas las termografías realizadas los rangos de temperatura están dentro de los rangos normales, por lo que el aislamiento de la carcasa, refractarios, compuerta delantera y posterior se encuentran en buenas condiciones

4.1.1 *Calidad del agua de alimentación.* El agua que se utiliza en la planta la suministra la Empresa Pública Municipal de Agua Potable de Riobamba. El tratamiento y control de la calidad del agua para la caldera está a cargo de la empresa “CHEM ACUA”, la misma que entrega reportes mensuales de la calidad de agua

A continuación se muestra el detalle de los registros del tratamiento de agua de la empresa CHEM AQUA encargada del control del agua de suministro a la caldera.

Tabla 34. Calidad del agua de alimentación año 2013

Caldero KEWANEE 2013														
														
Límites óptimos caldero	Límites óptimos sistema enfriamiento	Análisis	Unidades	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre
10,5-11,5	7-8	pH	PPM	11,5	11	11	10,5	Caldero esta en mantenimiento anual. Yodo esta correcto y se realizó lavado químico	11,5	11	11,5	11,5	11	11
Max 3000		STD	PPM	2500	2300	3000	1800		2500	2800	2800	2300	2500	1800
30-60	5 - 15	Fosfatos	PPM	50	60	60	60		40	60	50	60	50	60
		Sulfitos	PPM	60	40	60	40		50	40	60	50	60	50
		Alcalinidad f	PPM	800	800	300	800		500	750	1000	700	450	900
200		Alcalinidad T	PPM	500	1300	500	1200		550	950	1700	1300	700	1200
0		Carbonatos	PPM	800	440	100	800		440	700	300	100	200	600
200-2400		Bicarbonatos	PPM	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0
Máx. 10	Max. 5	Hidróxidos	PPM	1200	600	400	400		120	600	1400	1200	500	600
Máx. 50		Hierro	PPM											
		Dureza total	PPM											

Fuente: Informe empresa CHEM AQUA

Tabla 35. Calidad del agua del ablandador año 2013

ABLANDADOR 2013 												
Análisis	Unidades	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre
pH	PPM	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
STD	PPM	300	200	400	220	300	400	200	220	200	220	200
Dureza total	PPM	30	30	20	20	20	10	20	30	30	40	30

Fuente: Informe empresa CHEM AQUA

Tabla 36. Calidad del agua del ablandador año 2014

ABLANDADOR 2014 											
Análisis	Unidades	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre
pH	PPM	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
STD	PPM	260	230	240	230	260	240	240	230	269	230
Dureza total	PPM	30	2	30	50	30	20	30	20	30	50

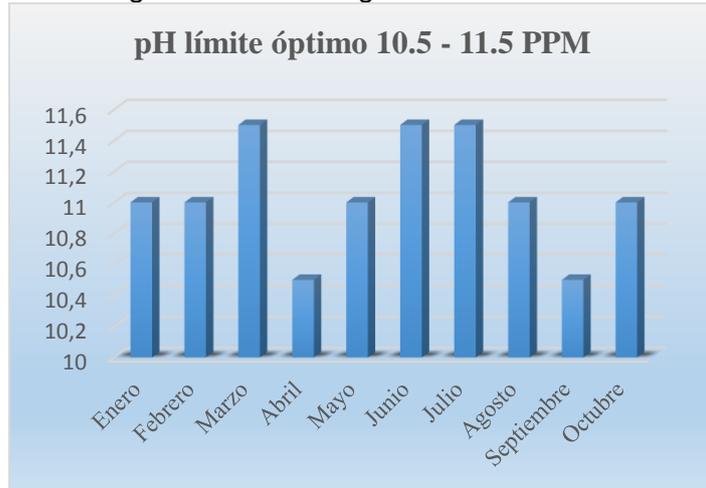
Fuente: Informe empresa CHEM AQUA

Tabla 37. Calidad del agua de alimentación año 2014

Caldero KEWANEE 2014													
													
Límites óptimos caldero	Límites óptimos sistema enfriamiento	Análisis	Unidades	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre
7-8	10,5-11,5	pH	PPM	11	11	11,5	10,5	11	11,5	11,5	11	10,5	11
	Max 3000	STD	PPM	2800	3000	2100	1800	1800	1500	1800	2100	2200	2400
5 - 15	30-60	Fosfatos	PPM	60	60	50	60	60	60	60	50	50	40
	30 - 60	Sulfitos	PPM	40	60	40	40	60	40	60	40	60	60
		Alcalinidad f	PPM	750	300	370	800	500	500	408	500	800	980
	200	Alcalinidad T	PPM	950	500	500	1200	660	700	605	1200	700	1180
	0	Carbonatos	PPM	700	100	260	800	320	400	394	400	400	400
	200-2400	Bicarbonatos	PPM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Max. 5	Máx. 10	Hidróxidos	PPM	600	400	240	340	340	300	211	300	300	780
	Máx. 50	Hierro	PPM										
		Dureza total	PPM										

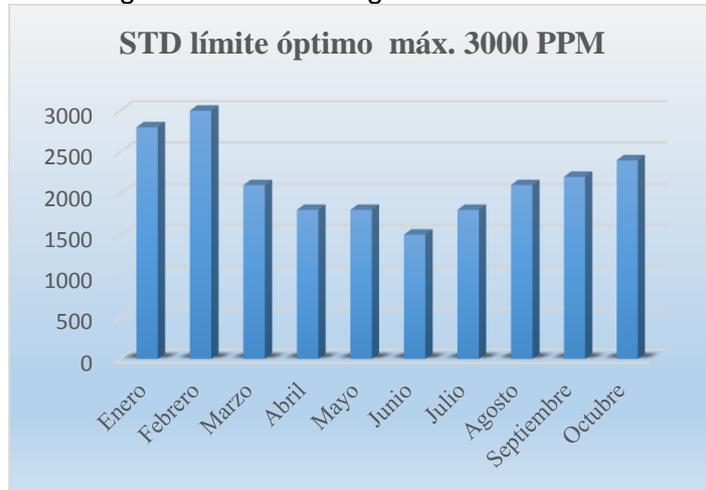
Fuente: Informe empresa CHEM AQUA

Figura 38. PH del agua de alimentación



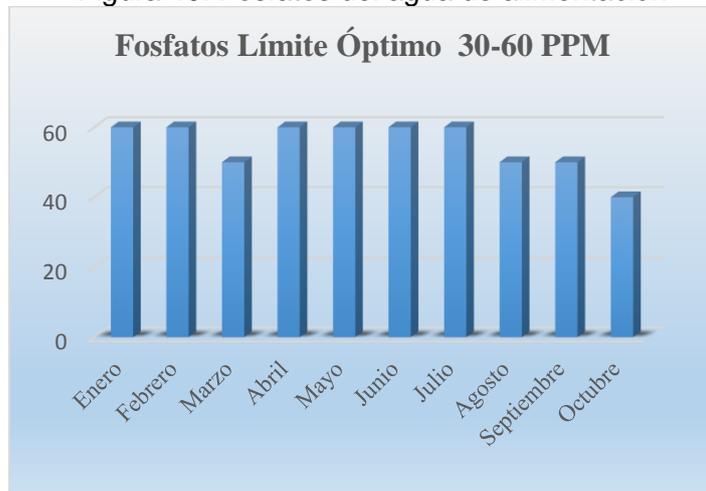
Fuente: Autora

Figura 39. STD del agua de alimentación



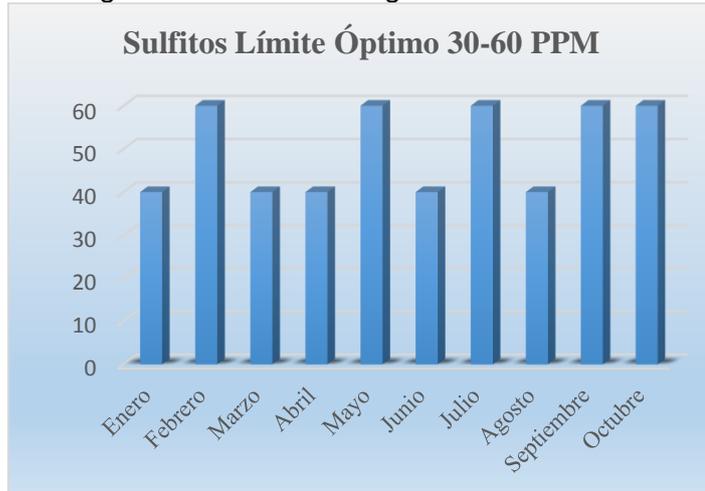
Fuente: Autora

Figura 40. Fosfatos del agua de alimentación



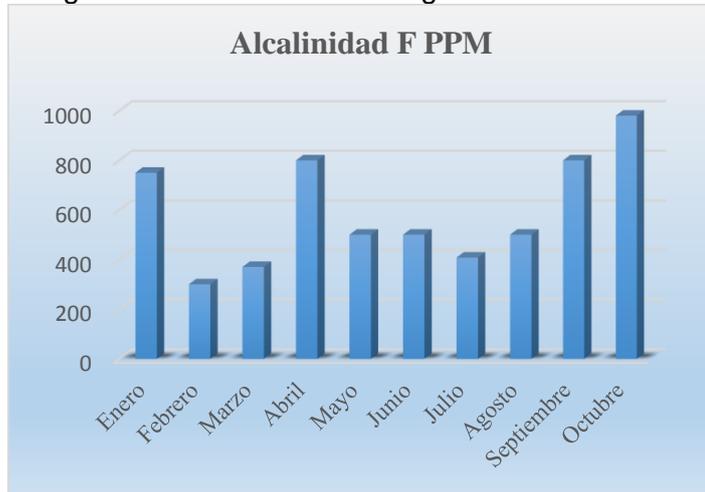
Fuente: Autora

Figura 41. Sulfitos del agua de alimentación



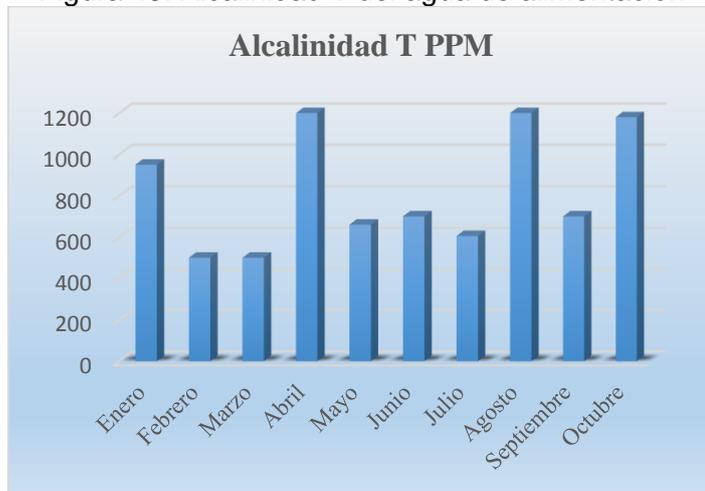
Fuente: Autora

Figura 42. Alcalinidad F del agua de alimentación



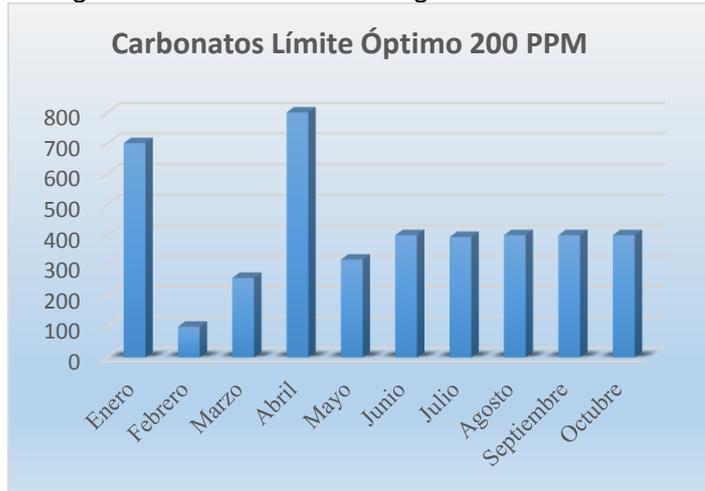
Fuente: Autora

Figura 43. Alcalinidad T del agua de alimentación



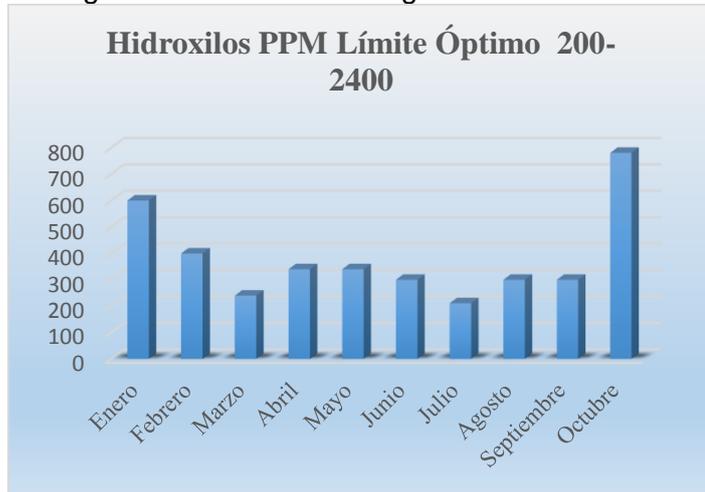
Fuente: Autora

Figura 44. Carbonatos del agua de alimentación



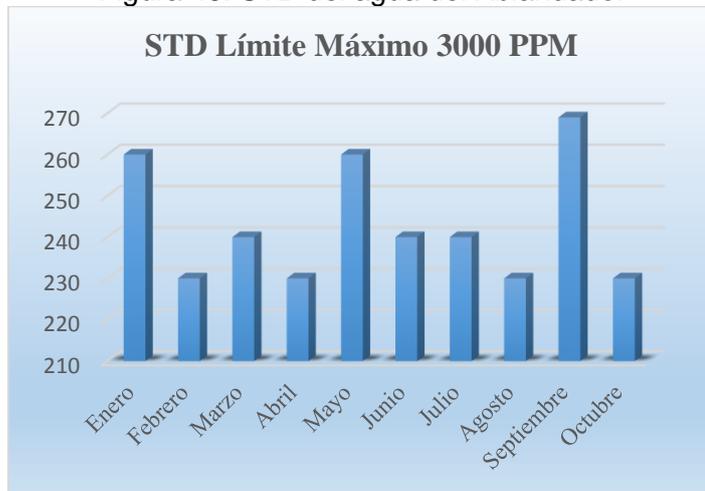
Fuente: Autora

Figura 45. Hidroxilos del agua de alimentación



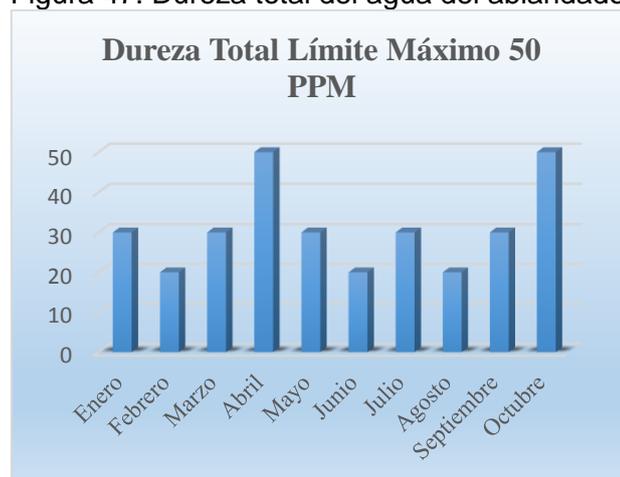
Fuente: Autora

Figura 46. STD del agua del Ablandador



Fuente: Autora

Figura 47. Dureza total del agua del ablandador



Fuente: Autora

Todas las gráficas de esta página son del Informe empresa CHEM AQUA.

Con la información proporcionada posteriormente se realizara el formato de inspección de la calidad de agua o de purga. Cabe mencionar que las purgas se las realiza una vez por turno en forma manual, las de fondo y la de los controles no tienen purga de superficie

4.2 Gestión del mantenimiento.

En este ítem cabe mencionar no existe un plan de mantenimiento del sistema, porque lo único que hacen es operar la caldera con el mantenimiento de rutina respectivo.

- Al arranque recuperación de nivel de agua de operación
- Introducción de dosificación de químicos.
- Verificación de operación de bomba de alimentación.
- Control del ablandador
- Reposición de sal si fuera necesario.
- La caldera ha alcanzado una presión de 70psi se procede a las purgas de fondo
- Igualmente se realiza la purga en el control de nivel.

Estas son las operaciones que realiza el operador y encargado del mantenimiento de la empresa.

El control de la calidad del agua lo realiza la empresa CHEM AQUA en visitas mensuales con reportes como los indicados anteriormente analizados.

Cuando tienen un problema mayor tercerizan este el servicio de mantenimiento.

El afinamiento de la combustión solo se lo realiza cuando se realiza un hover houl

Este es otro de los objetivos de este proyecto, dar los lineamientos del mantenimiento adecuado al sistema de vapor, conocer los indicadores de eficiencia de la generación de vapor y realizar los formatos de registro utilizados en el mantenimiento centrado en la eficiencia energética.

En conclusión no existe un plan de mantenimiento para el sistema de vapor.

CAPÍTULO V

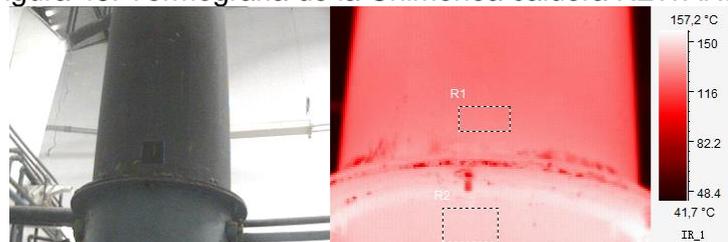
5. PROGRAMA DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

5.1 Indicadores de mantenimiento centrado en la eficiencia en la generación de vapor

5.1.1 *Diferencia de temperatura de los gases de chimenea y la temperatura de vapor.* Este indicador nos permite evaluar el grado de transferencia de calor de los humos al agua de la caldera e indirectamente el ensuciamiento de la caldera. El estándar del indicador es 59°C y la desviación es 35-65°C, para este análisis se realizó varias termografías para el análisis de temperaturas.

Temperatura de los gases de Chimenea caldera KEWANEE

Figura 48. Termografía de la Chimenea caldera KEWANEE



Fuente: Autora

Tabla 38. Temperatura de los gases de Chimenea caldera KEWANEE

File Name	IR_1 - Chimenea.SAT
R1:Min Temp	134,1 °C
R1:Max Temp	137,4 °C
R2:Min Temp	147,8 °C
R2:Max Temp	151,1 °C

Fuente: Autora

Figura 49 Termografía de la Salida del vapor



Fuente: Autora

Tabla 39. Temperatura de la salida de vapor

File Name	IR_1 - Salida del vapor SAT
R1:Min Temp	143,4 °C
R1:Max Temp	151,2 °C

Fuente: Autora

Tabla 40. Resultados del indicador.

Gases de chimenea	Temperatura de vapor
109,4	123,2
Desviación	13,8

Fuente: Autora

Según los resultados obtenidos de la desviación de temperaturas el grado de transferencia de calor de los humos al agua de la caldera son eficientes por ende no se encuentra ensuciamiento dentro de la caldera.

5.1.2 *% O₂ de los gases de combustión.* Este indicador nos permite evaluar la efectividad con que el contenido de calor del combustible, es convertido en calor útil. El estándar del indicador para diferentes combustibles se presenta en la tabla 5.

Tabla 41. Porcentaje de O₂

Combustible	O ₂	Resultados		
		Fuego Bajo	Fuego medio	Fuego Alto
N ₂ fuel oil	0 a 20,9 %	9,3	11	7,4

Fuente: Autora

Como se puede analizar los resultados del % O₂ se encuentran dentro de los estándares requeridos entonces por ende el contenido de calor del combustible, es convertido con efectividad en calor útil dentro de la combustión.

5.1.3 *Formatos de registros utilizados en el mantenimiento centrado en la eficiencia energética (ECM) de los generadores de vapor.*

A continuación se listan los formatos para la inspección, revisión y registro del programa ECM de los generadores de vapor. Estos formatos se pueden observar en el Anexo C.

- Formato de inspección general de funcionamiento de la caldera.
- Formato de registro diario de la caldera

- Formato de revisión de temperatura y composición de humos.
- Formato de inspección de purgas.
- Formato de inspección al aislamiento de la caldera.
- Formato de inspección diario de la caldera.
- Formato de inspección semanal de la caldera.
- Formato de inspección mensual de la caldera

CAPÍTULO VI

6. COSTOS DEL SISTEMA A IMPLEMENTARSE

6.1 Revisión de aislamiento térmico.

6.1.1 *Necesidades de colocación y/o reparación de aislamiento.* Realmente este es la condición de optimización energética en la empresa de embutidos LA IBERICA, pues el distribuidor, las líneas que salen de la caldera, todas las líneas de distribución de vapor, y retorno de condensado no se encuentran aisladas, como se ven en las fotografías siguientes:

Figura 50 Distribuidor sin recubrimiento



Fuente: Foto tomada en la planta

Figura 51. Tuberías y estaciones reductoras sin recubrimiento



Fuente: Foto tomada en la planta

Figura 52. Tuberías de distribución sin recubrimiento



Fuente: Foto tomada en la planta

Figura 53. Tuberías de distribución sin recubrimiento hornos

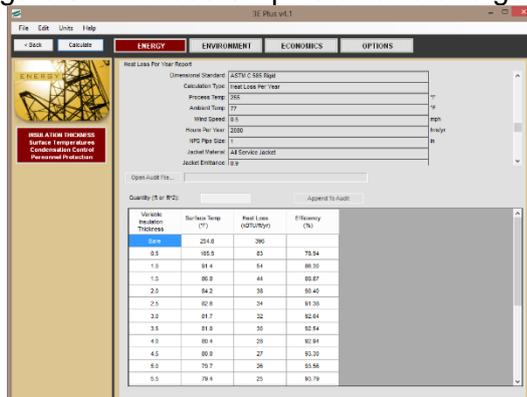


Fuente: Foto tomada en la planta

6.2 Situación funcional del aislamiento térmico: ubicación de tramos – diámetros de tubería temperatura superficial

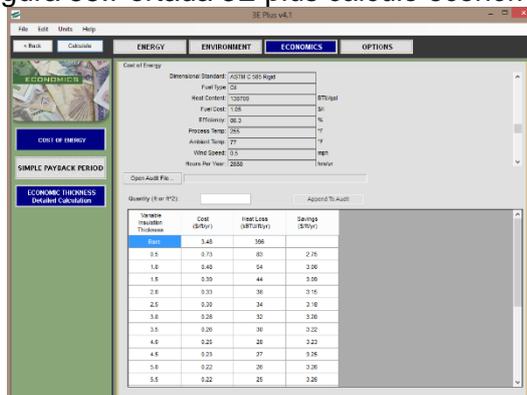
Para este análisis se utilizó el software libre 3E plus en lo relacionado a balance en pérdidas energéticas e impacto económico al sistema. Dentro del software se necesita los datos de la temperatura ambiente, temperatura del proceso, tipo de tubería, tipo de combustible, costo del combustible, velocidad de trabajo, tipo del cálculo, tipo del material eficiencia anteriormente calculada, etc.

Figura 54. Portada 3E plus calculo energético



Fuente: Software 3EPLUS

Figura 55. Portada 3E plus cálculo económico



Fuente: Software 3E PLUS

6.2.1 *Diámetros y longitudes tubería a recubrir.*

Tabla 42. Diámetros y longitudes tubería a recubrir.

Diámetros y Longitudes de las tuberías del sistema de vapor	Tubería diámetro nominal [pulgada]	Tuberías longitud [m]	Tuberías longitud [pies]
Caldero 1 kewanee-distribuidor	4,00	3,19	10,46
Caldero 2 york shipley distribuidor	2,00	6,36	20,86
Distribuidor	8,00	1,74	5,709
Línea de servicio marmitas	1,00	38,70	126,96
Lavadora	1,00	6,50	21,33
Marmita grande	1,00	3,07	10,07
Marmita pequeña	1,00	2,91	9,55
Línea para mezcladoras	1,00	74,88	245,66
Mezcladora 1 (reloj)	1,00	1,56	5,12
Mezcladora 2	1,00	29,00	95,14
Línea servicio hornos alta presión	2,00	20,00	65,62
Horno 1	1,25	4,25	13,94
Horno 2	1,25	4,35	14,27
Horno 3	1,25	4,05	13,28
Horno 1 baja presión	1,00	12,50	41,01
Horno 1 baja presión	1,25	6,00	19,68
Horno 2 baja presión	1,00	17,46	57,28
Horno 1 baja presión	1,25	6,00	19,68
Horno 3 baja presión	1,00	18,73	61,45
Horno 1 baja presión	1,25	6,00	19,68
Línea servicio inyectores	1,00	18,32	60,11
Horno 1	1,00	2,46	8,07
Horno 2	1,00	2,22	7,28
Horno 3	1,00	2,15	7,05
Retorno de condensado	1,50	24,00	78,74
Retorno de condensado	1,00	33,00	108,26

Fuente: Autora

6.3 Perdidas de energía y costos.

Tabla 43. Perdidas de energía

Líneas a recubrir	Tubería diámetro nominal [pulgada]	Tuberías longitud [m]	Tuberías longitud [pies]	Temperatura ambiente [°C]	Temperatura proceso [°C]	Temperatura tubo aislado [°C]	Perdida calor sin aislar [kbtu/ft/año]
Caldero 1 KEWANEE-distribuidor	4,00	3,19	10,46	86	320	114,4	1677
Caldero 2 YORK SHIPLEY-distribuidor	2,00	6,36	20,86	86	320	110,5	945
Distribuidor	8,00	1,74	5,71	86	320	103,2	3086
Línea de servicio marmitas	1,00	38,70	126,97	77	255	91,4	396
Lavadora	1,00	6,50	21,33	77	255	91,4	396
Marmita grande	1,00	3,07	10,07	77	255	91,4	396
Marmita pequeña	1,00	2,91	9,56	77	255	91,4	396
Línea para mezcladoras	1,00	74,88	245,66	77	203	86,7	260
Mezcladora 1 (reloj)	1,00	1,56	5,12	77	203	86,7	260
Mezcladora 2	1,00	29,00	95,14	77	203	86,7	260
Línea servicio hornos alta presión	2,00	20,00	65,62	77	310	101,5	922
Horno 1	1,25	4,25	13,94	77	310	102,4	679
Horno 2	1,25	4,35	14,27	77	310	102,4	679
Horno 3	1,25	4,05	13,28	77	310	102,4	679
Horno 1 baja presión	1,00	12,50	41,01	77	310	97,0	560
Horno 1 baja presión	1,25	6,00	19,68	77	310	102,4	679
Horno 2 baja presión	1,00	17,46	57,28	77	310	97,0	560
Horno 1 baja presión	1,25	6,00	19,68	77	310	102,4	679
Horno 3 baja presión	1,00	18,73	61,45	77	310	97,0	560
Horno 1 baja presión	1,25	6,00	19,68	77	310	102,4	679
Línea servicio inyectores	1,00	18,32	60,11	77	290	94,9	498
Horno 1	1,00	2,46	8,07	77	310	97,0	560
Horno 2	1,00	2,22	7,28	77	310	97,0	560
Horno 3	1,00	2,15	7,05	77	310	97,0	560
Retorno de condensado	1,50	24,00	78,74	77	190	88,0	338
Retorno de condensado	1,00	33,00	108,26	77	190	86,4	253

Fuente: Autora

Tabla 44. Perdas de costos

Líneas a recubrir	Tubería diámetro nominal [pulgada]	Tuberías longitud [m]	Tuberías longitud [pies]	Perdida calor sin aislar [kbtu/ft/año]	Perdida calor tubo aislado [kBTU/ft/año]	% eficiencia	espesor 1" aislamien	Costo tubo desnudo [\$/ft/yr]	Costo total perdida tubo desnudo [\$]
Caldero 1 KEWANEE-distribuidor	4,00	3,19	10,46	1677	195		88,41	3,38	35,37
Caldero 2 YORK SHIPLEY-distribuidor	2,00	6,36	20,86	945	120		87,34	2,18	45,49
Distribuidor	8,00	1,74	5,71	3086	201		93,49	24,99	142,66
Línea de servicio marmitas	1,00	38,70	126,97	396	54		86,30	3,48	441,85
Lavadora	1,00	6,50	21,33	396	54		86,30	3,48	74,21
Marmita grande	1,00	3,07	10,07	396	54		86,30	3,48	35,05
Marmita pequeña	1,00	2,91	9,55	396	54		86,30	3,48	33,22
Línea para mezcladoras	1,00	74,88	245,66	260	36		86,17	0,61	149,86
Mezcladora 1 (reloj)	1,00	1,56	5,12	260	36		86,17	0,61	3,12
Mezcladora 2	1,00	29,00	95,14	260	36		86,17	0,61	58,04
Línea servicio hornos alta presión	2,00	20,00	65,62	922	116		87,38	2,13	139,76
Horno 1	1,25	4,25	13,94	679	99		85,46	1,60	22,31
Horno 2	1,25	4,35	14,27	679	99		85,46	1,60	22,83
Horno 3	1,25	4,05	13,28	679	99		85,46	1,60	21,26
Horno 1 baja presión	1,00	12,50	41,01	560	76		86,37	1,31	53,72
Horno 1 baja presión	1,25	6,00	19,68	679	99		85,46	1,60	31,50
Horno 2 baja presión	1,00	17,46	57,28	560	76		86,37	1,31	75,04
Horno 1 baja presión	1,25	6,00	19,68	679	99		85,46	1,60	31,50
Horno 3 baja presión	1,00	18,73	61,45	560	76		86,37	1,31	80,50
Horno 1 baja presión	1,25	6,00	19,68	679	99		85,46	1,6	31,50
Línea servicio inyectoras	1,00	18,32	60,11	498	68		86,35	1,16	69,72
Horno 1	1,00	2,46	8,07	560	76		86,37	1,31	10,57
Horno 2	1,00	2,22	7,28	560	76		86,37	1,31	9,54
Horno 3	1,00	2,15	7,05	560	76		86,37	1,31	9,24
Retorno de condensado	1,05	24,00	78,74	338	46		86,50	0,79	62,20
Retorno de condensado	1,00	33,00	108,26	253	35		86,16	0,59	63,88
							2250,32	TOTAL	1753,94

Fuente: Autora

6.4 Cálculo económico.

Tabla 45. Cálculo económico

Líneas a recubrir	Tubería diámetro nominal [pulgadas]	Tuberías longitud [m]	Tuberías longitud [pies]	Temperatura ambiente [°C]	Temperatura proceso [°C]	Temperatura tubo aislado [°C]	Perdida calor sin aislar [kbtu/ft/año]	Perdida calor tubo aislado [kbtu/ft/año]	% eficiencia espesor 1" aislamiento	Costo tubo desnudo [\$ /ft/yr]	Costo total pérdida tubo desnudo [\$]	COSTO TUBO AISLADO [\$/ft/yr]	COSTO TOTAL PERDIDA TUBO AISLADO [\$]	AHORRO [\$ /ft/yr]	AHORRO TOTAL ANUAL [\$ /ft/yr]
Alcornoque 1 KEWANEE-distribuidor	4,00	3,19	10,47	86	320	114,4	1677	195	88,41	3,38	35,37	0,44	4,60	3,39	35,
Alcornoque 2 YORK SHIPLEY-distribuidor	2,00	6,36	20,87	86	320	110,5	945	120	87,34	2,18	45,49	0,28	5,84	1,90	39,
Distribuidor	8,00	1,74	5,71	86	320	103,2	3086	201	93,49	24,99	142,66	1,63	9,31	23,36	133,
Línea de servicio marmitas	1,00	38,70	126,97	77	255	91,4	396	54	86,30	3,48	441,85	0,48	60,94	3,00	380,
Evaporadora	1,00	6,50	21,33	77	255	91,4	396	54	86,30	3,48	74,21	0,48	10,24	3,00	63,
Armita grande	1,00	3,07	10,07	77	255	91,4	396	54	86,30	3,48	35,05	0,48	4,83	3,00	30,
Armita pequeña	1,00	2,91	9,55	77	255	91,4	396	54	86,30	3,48	33,22	0,48	4,58	3,00	28,
Línea para mezcladoras	1,00	74,88	245,67	77	203	86,7	260	36	86,17	0,61	149,86	0,08	19,65	0,53	130,
Escaldadora 1 (reloj)	1,00	1,56	5,12	77	203	86,7	260	36	86,17	0,61	3,12	0,08	0,41	0,53	2,
Escaldadora 2	1,00	29,00	95,14	77	203	86,7	260	36	86,17	0,61	58,04	0,08	7,61	0,53	50,
Línea servicio hornos alta presión	2,00	20,00	65,62	77	310	101,5	922	116	87,38	2,13	139,76	0,27	17,72	1,86	122,
Horno 1	1,25	4,25	13,94	77	310	102,4	679	99	85,46	1,60	22,31	0,23	3,21	1,37	19,
Horno 2	1,25	4,35	14,27	77	310	102,4	679	99	85,46	1,60	22,83	0,23	3,28	1,37	19,
Horno 3	1,25	4,05	13,29	77	310	102,4	679	99	85,46	1,60	21,26	0,23	3,06	1,37	18,
Horno 1 baja presión	1,00	12,50	41,01	77	310	97,0	560	76	86,37	1,31	53,72	0,18	7,38	1,13	46,
Horno 1 baja presión	1,25	6,00	19,68	77	310	102,4	679	99	85,46	1,60	31,50	0,23	4,53	1,37	26,
Horno 2 baja presión	1,00	17,46	57,28	77	310	97,0	560	76	86,37	1,31	75,04	0,18	10,31	1,13	64,
Horno 1 baja presión	1,25	6,00	19,68	77	310	102,4	679	99	85,46	1,60	31,50	0,23	4,53	1,37	26,
Horno 3 baja presión	1,00	18,73	61,45	77	310	97,0	560	76	86,37	1,31	80,50	0,18	11,06	1,13	69,
Horno 1 baja presión	1,25	6,00	19,68	77	310	102,4	679	99	85,46	1,60	31,50	0,23	4,53	1,37	26,
Línea servicio inyectoras	1,00	18,32	60,10	77	290	94,9	498	68	86,35	1,16	69,72	0,16	9,62	1,00	60,
Horno 1	1,00	2,46	8,07	77	310	97,0	560	76	86,37	1,31	10,57	0,18	1,45	1,13	9,
Horno 2	1,00	2,22	7,28	77	310	97,0	560	76	86,37	1,31	9,54	0,18	1,31	1,13	8,
Horno 3	1,00	2,15	7,05	77	310	97,0	560	76	86,37	1,31	9,24	0,18	1,27	1,13	7,
Horno de condensado	1,50	24,00	78,74	77	190	88,0	338	46	86,50	0,79	62,20	0,11	8,66	0,68	53,
Horno de condensado	1,00	33,00	108,27	77	190	86,4	253	35	86,16	0,59	63,88	0,08	8,66	0,51	55,

Fuente: Autora

6.5 Propuesta de mejora.

Luego de analizado la perdida energética y la económica, se procedió a la búsqueda de la mejor oferta, la que nos ha permitido desarrollar el siguiente cuadro. Para la cotización se ha considerado un recubrimiento con cañuelas de fibra de vidrio de un espesor de 1" recubierta con foil de aluminio.

Tabla 46.Propuesta de mejora

Líneas a recubrir	Tubería diámetro nominal [pulgada]	Tuberías longitud [m]	Cañuelas cantidad	Costo unitario cañuela [€]	Costo total cañuela [€]	Costo montaje unitario [€]	Costo total montaje [€]
Caldero 1 KEWANEE-distribuidor	4,00	3,19	4	15,48	61,92	4,00	16,00
Caldero 2 YORK SHIPLEY-distribuidor	2,00	6,36	7	11,03	77,21	3,50	24,50
Distribuidor	8,00	1,74	2	40,00	80,00	20,00	40,00
Línea de servicio marmitas	1,00	38,70	43	8,04	345,72	3,00	129,00
Lavadora	1,00	6,50	7	8,04	56,28	3,00	21,00
Marmita grande	1,00	3,07	3	8,04	24,12	3,00	9,00
Marmita pequeña	1,00	2,91	3	8,04	24,12	3,00	9,00
Línea para mezcladoras	1,00	74,88	83	8,04	667,32	3,00	249,00
Mezcladora 1 (reloj)	1,00	1,56	1	8,04	8,04	3,00	3,00
Mezcladora 2	1,00	29,00	32	8,04	257,28	3,00	96,00
Línea servicio hornos alta presión	2,00	20,00	22	11,03	242,66	3,50	77,00
Horno 1	1,25	4,25	4	8,44	33,76	3,00	12,00
Horno 2	1,25	4,35	4	8,44	33,76	3,00	12,00
Horno 3	1,25	4,05	4	8,44	33,76	3,00	12,00
Horno 1 baja presión	1,00	12,50	13	8,04	104,52	3,00	39,00
Horno 1 baja presión	1,25	6,00	6	8,44	50,64	3,00	18,00
Horno 2 baja presión	1,00	17,46	19	8,04	152,76	3,00	57,00
Horno 1 baja presión	1,25	6,00	6	8,44	50,64	3,00	18,00
Horno 3 baja presión	1,00	18,73	20	8,04	160,80	3,00	60,00
Horno 1 baja presión	1,25	6,00	6	8,44	50,64	3,00	18,00
Línea servicio inyectores	1,00	18,32	20	8,04	160,80	3,00	60,00
Horno 1	1,00	2,46	2	8,04	16,08	3,00	6,00
Horno 2	1,00	2,22	2	8,04	16,08	3,00	6,00
Horno 3	1,00	2,15	2	8,04	16,08	3,00	6,00
Retorno de condensado	1,50	24,00	26	8,67	225,42	3,50	91,00
Retorno de condensado	1,00	33,00	36	8,04	289,44	3,50	126,00
				TOTAL	3239,85		1214,50

Fuente: Autora

El coste total del recubrimiento es de [€] 4454,35 dólares americanos. Con el ahorro energético y luego de recubierta la tubería la inversión estará recuperada en 3 años.

CAPÍTULO VI

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 Conclusiones

Se elaboró un marco teórico donde se puede explicar los criterios de eficiencia energética para la realización de este proyecto.

Se realizó las diferentes termografías dentro de la planta para determinar que pérdida de energía más prominente es por radiación térmica al ambiente, económicamente esta representa el 17.6 % de la cantidad pagada por combustibles.

El sistema de vapor está funcionando en su totalidad, pero no con las normativas que rigen estos sistemas. La caldera está operando con una combustión no adecuada, porque según los resultados del análisis de gases residuos de la combustión, existe exceso de oxígeno, que es una clara muestra de una excesiva cantidad de aire que no aporta al proceso de la combustión y botamos energía térmica al ambiente, hay que analizar el sistema de inyección de combustible, porque también tenemos un alto contenido de CO² (monóxido de carbono), ya con estos resultados se ha podido tomar las respectivas correcciones para reducir la contaminación al ambiente para el ahorro de energía para la empresa.

Se realizó el programa de mantenimiento centrado en la eficiencia energética con el fin de ahorrar energía para la empresa.

Se analizó económica y financieramente el sistema que se va a implementar y se deduce la rentabilidad a largo plazo

7.2 Recomendaciones.

Es necesario instruir al personal de la planta para concientizar que cualquier sistema debe funcionar enmarcado en normas fundamentales de aprovechamiento energético, porque esto no solamente es económico sino también de impacto ambiental. Es necesario afinar la caldera periódicamente, para mantener las emisiones dentro de los parámetros exigidos por las normativas ambientales, se sugiere que por lo menos cada tres meses se proceda a una afinación del proceso de la combustión.

Es necesario someter al quemador a un over hault, debido a que el CO presente en el análisis de gases esta alto, sugiero un cambio de boquillas, revisión de la presión de la bomba, no se pudo obtener una lectura de presión de combustible, porque los manómetros están dañados.

Revisar el proceso de purgas para normar esta acción.

Respecto al aislamiento térmico de las tuberías es inmediato porque a más de tener la pérdida energética del 17 % del gasto por combustible, los elementos de control de vapor pueden verse afectado por la presencia de humedad golpes de ariete en el vapor que está controlando, también nos puede provocar ruidos y golpes, por la presencia de humedad.

Es necesario tomar en cuenta todos los datos y evaluaciones realizadas dentro de este proyecto para las siguientes inspecciones ambientales dentro de la empresa

BIBLIOGRAFÍA

David Gómez Fontanills. 2012. wiki, EOI 2012. [Citado el: 29 de 03 de 2016]
http://www.eoi.es/wiki/index.php/Calderas,_generadores_de_vapor,_hornos_y_secaderos_en_Eficiencia_energ%C3%A9tica.

Grupo de gestión eficiente de energía, Kaí. 2009. *Manual de mantenimiento centrado en la eficiencia energética para sistemas industriales*. Barranquilla : calidad grafica s.a, 2009.

Gusmán, Daniel Roberto Bohórquez. 2013. "Auditoria Energética del circuito de vapor y condensado de una planta de Elaboración de café liofilizado". 2013. [Citado el: 16 de 02 de 2016.]
<http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/21705/1/TESIS%20FINAL.pdf>.

Jorge Jara. 2011. La Ibérica. 2011. [Citado el: 23 de 04 de 2016.]
<http://www.laiberica.com/#/HOME-01-00/>.

Lenntech BV. Agua de alimentación de la caldera. [Citado el: 13 de 04 de 2016.]
<http://www.lenntech.es/agua-de-alimentacion-de-la-caldera.htm>.

Manual de capacitación_OSV. 2014. *Manual de capacitación_OSV*. 2014.

TLV. 2016. Que es el vapor de agua. *TLV.com*. 2016. [Citado el: 23 de 01 de 2016.]
<http://www.tlv.com/global/LA/steam-theory/what-is-steam.html>.