



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

**DETERMINACIÓN DE PÉRDIDAS DE CALOR Y PROPUESTAS DE MEJORA
EN CALDERA PARA GENERACIÓN DE VAPOR DEL INGENIO SANTA ANA**

Guillermo Antonio Chocano Martínez

Asesorado por el Ing. Edwin Estuardo Sarceño Zepeda

Guatemala, febrero de 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DETERMINACIÓN DE PÉRDIDAS DE CALOR Y PROPUESTAS DE MEJORA
EN CALDERA PARA GENERACIÓN DE VAPOR DEL INGENIO SANTA ANA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

GUILLERMO ANTONIO CHOCANO MARTÍNEZ

ASESORADO POR EL ING. EDWIN ESTUARDO SARCEÑO ZEPEDA

A CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, FEBRERO DE 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton De León Bran
VOCAL IV	Br. Christian Moisés De La Cruz Leal
VOCAL V	Br. Kevin Vladimir Armando Cruz
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Ing. Roberto Guzmán Ortiz
EXAMINADOR	Ing. Carlos Aníbal Chicojay Coloma
EXAMINADOR	Ing. Edwin Estuardo Sarceño Zepeda
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

DETERMINACIÓN DE PÉRDIDAS DE CALOR Y PROPUESTAS DE MEJORA EN CALDERA PARA GENERACIÓN DE VAPOR DEL INGENIO SANTA ANA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la carrera de Ingeniería Mecánica, con fecha 21 agosto de 2018.


Guillermo Antonio Chocano Martínez



UNIDAD DE EPS

Guatemala, 12 de octubre de 2020
REF.EPS.DOC.CM.11.08.2020

Ingeniero
Oscar Argueta Hernández
Director Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ing. Argueta Hernández:

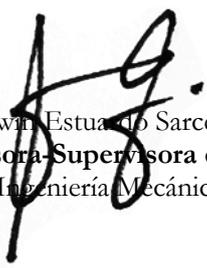
Por este medio atentamente le informo que como Asesora-Supervisora de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S.) del estudiante universitario de la Carrera de Ingeniería Mecánica, **Guillermo Antonio Chocano Martínez, Registro Académico No. 201123048** procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **DETERMINACIÓN DE PÉRDIDAS DE CALOR Y PROPUESTAS DE MEJORA EN CALDERA PARA GENERACIÓN DE VAPOR DEL INGENIO SANTA ANA.**

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"


Ing. Edwin Estuardo Sarceño Zepeda
Asesora-Supervisora de EPS
Área de Ingeniería Mecánica Industrial


Universidad de San Carlos de Guatemala
Ing. Edwin Estuardo Sarceño Zepeda
ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
Facultad de Ingeniería

EESZ/es



UNIDAD DE EPS

Guatemala, 9 de octubre de 2020.
REF.EPS. D.112.03.2020

Ing. Gilberto Enrique Morales Baiza
Director de Escuela de Ingeniería Mecánica
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ing. Morales Baiza

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S.) titulado **DETERMINACIÓN DE PÉRDIDAS DE CALOR Y PROPUESTAS DE MEJORA EN CALDERA PARA GENERACIÓN DE VAPOR DEL INGENIO SANTA ANA.**, que fue desarrollado por el estudiante universitario, **Guillermo Antonio Chocano Martínez**, Registro Académico No. 201123048 y CUI No. 2105578420101, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Edwin Estuardo Sarceño Zepeda.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del Asesor-Supervisor de EPS, en mi calidad de Director, apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Oscar Argueta Hernández
Director Unidad de EPS





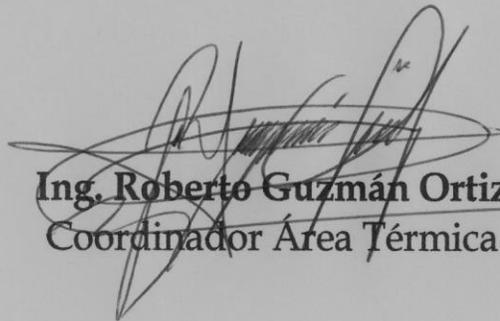
USAC

TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica

El Coordinador del Área Térmica de la Escuela de Ingeniería Mecánica, luego de conocer el dictamen favorable del Asesor-Supervisor y del Director de la Unidad de E. P. S. procedió a la revisión completa del trabajo de graduación titulado **“DETERMINACIÓN DE PÉRDIDAS DE CALOR Y PROPUESTAS DE MEJORA EN CALDERA PARA GENERACIÓN DE VAPOR DEL INGENIO SANTA ANA”** desarrollado por el estudiante **Guillermo Antonio Chocano Martínez**, la que siendo favorable autoriza la Revisión de Escuela y recomienda su aprobación.

ID Y ENSEÑAD A TODOS



Ing. Roberto Guzmán Ortiz *Roberto Guzmán Ortiz*
Coordinador Área Térmica INGENIERO MECANICO
COLEGIADO No. 4465

Guatemala, septiembre del 2,020

RGO/



USAC

TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Mecánica

Ref.E.I.M.026.2021

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor y con la aprobación del Coordinador del Área Térmica del trabajo de graduación titulado: **DETERMINACIÓN DE PÉRDIDAS DE CALOR Y PROPUESTAS DE MEJORA EN CALDERA PARA GENERACIÓN DE VAPOR DEL INGENIO SANTA ANA** del estudiante **Guillermo Antonio Chocano Martínez, CUI 2105578420101, Reg. Académico 201123048** y luego de haberlo revisado en su totalidad, procede a la autorización del mismo.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"



Ing. Gilberto Enrique Morales Baiza
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica

Guatemala, febrero 2021

/aej

DTG. 057.2021.

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, al Trabajo de Graduación titulado: **DETERMINACIÓN DE PÉRDIDAS DE CALOR Y PROPUESTAS DE MEJORA EN CALDERA PARA GENERACIÓN DE VAPOR DEL INGENIO SANTA ANA**, presentado por el estudiante universitario: **Guillermo Antonio Chocano Martínez**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Inga. Anabela Cordova Estrada
Decana



Guatemala, febrero de 2021.

AACE/asga

ACTO QUE DEDICO A:

Dios

Por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso que doy. Por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante toda esta etapa.

Mis padres

Ana Elena Martínez Navas y Sergio Federico Chocano Linde (q. e. p. d.), por darme la oportunidad de estudiar y apoyarme en todo momento; por su infinito amor, consejos y palabras de aliento. Por enseñarme buenos principios y valores que me han ayudado a cumplir mis metas. Gracias a ustedes hoy culmino otra etapa de estudios y cumpla un gran sueño.

Mis hermanos

Ana Elena, Karin Cristina y Sebastián Adolfo Chocano Martínez, por confiar en mí, por estar en cada momento que los necesito y por formar parte de los momentos más importantes de mi vida.

Mis abuelos, tíos y primos

Por ser el ejemplo de una familia unida. Porque han estado pendientes de mí siempre y han sido parte importante de mi crecimiento como persona y profesional. Admiro mucho a cada uno y les agradezco su apoyo en todo momento.

**Mis amigos y
compañeros**

Pedro Tzay, Herbert Saravia, Walter Diéguez, Kevin Mantar, Alexander Vásquez y Rony Hernández, por ser la mejor compañía y apoyo durante la formación profesional y por compartir muy buenos momentos.

AGRADECIMIENTOS A:

Ingenio Santa Ana	Por abrirme sus puertas y permitirme elaborar mi Ejercicio Profesional Supervisado.
Los ingenieros	José Miguel Esquivel, Carlos Esteban, Roberto Guzmán y Byron Palacios, por transmitirme sus conocimientos y brindarme toda su ayuda y amistad a lo largo de este proceso.
Mi asesor	Ing. Edwin Sarceño, por su tiempo y por guiarme durante todo mi EPS.
Facultad de Ingeniería	Por brindarme las herramientas necesarias para instruirme durante toda la carrera, así como asignar a profesionales capacitados para compartir sus conocimientos.
Universidad de San Carlos de Guatemala	Por egresar de sus aulas como profesional de la ingeniería.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS.....	VII
GLOSARIO.....	IX
RESUMEN.....	XI
OBJETIVOS	XIII
INTRODUCCIÓN.....	XV
1. GENERALIDADES.....	1
1.1. Descripción de la empresa	1
1.1.1. Ubicación	1
1.1.2. Historia.....	2
1.1.3. Misión	3
1.1.4. Visión.....	3
1.1.5. Valores.....	3
1.1.6. Organigrama	4
1.2. Descripción del problema	5
1.2.1. Antecedentes.....	5
1.2.2. Justificación	6
1.2.3. Formulación y delimitación del problema	6
1.2.4. Alcances o límites	7
1.3. Conceptos básicos	7
1.3.1. Caldera	8

1.3.1.1.	Accesorios de la caldera.....	9
1.3.1.1.1.	Medición de presión	9
1.3.1.1.2.	Medición de temperatura	11
1.3.1.1.3.	Indicadores de nivel	11
1.3.1.1.4.	Medidores de flujo.....	12
1.3.1.1.5.	Válvulas de purga	12
1.3.1.1.6.	Válvulas de seguridad ..	12
1.3.2.	Equipo auxiliar de la caldera.....	13
1.3.2.1.	Parrilla	13
1.3.2.2.	Hogar.....	13
1.3.2.3.	Paredes de agua	13
1.3.2.4.	Superficie de vapor	14
1.3.2.5.	Sobrecalentadores.....	14
1.3.2.6.	Equipos de recuperación de calor.....	14
1.3.2.6.1.	Economizador	15
1.3.2.6.2.	Pre calentador de aire ...	15
1.3.2.7.	Equipo complementario	16
1.3.2.7.1.	Baffles	16
1.3.2.7.2.	Chimeneas	16
1.3.2.7.3.	Trampas de vapor	17
1.3.3.	Sistema de alimentación de bagazo	17
1.3.3.1.	Conductores de bagazo.....	18
1.3.4.	Círculo de condensados	19
1.3.4.1.	Bombas de condensados	20
1.3.4.2.	Calentadores de agua de alimentación	20
1.3.4.3.	Desaireador	21
1.3.4.4.	Bombas de agua de alimentación.....	21

	1.3.4.5.	Atemperación	22
	1.3.4.6.	Tanque de almacenamiento	22
1.3.5.		Equipo de suministro de agua.....	22
	1.3.5.1.	Torre de enfriamiento	22
	1.3.5.2.	Planta desmineralizadora	23
1.3.6.		Termografía	23
	1.3.6.1.	Historia de la termografía	24
	1.3.6.2.	Aplicaciones de la termografía	26
		1.3.6.2.1. Eléctrica.....	26
		1.3.6.2.2. Mecánica	27
		1.3.6.2.3. Industrial	28
2.		FASE DE INVESTIGACIÓN	29
	2.1.	Pérdidas de calor	29
		2.1.1. Análisis termográfico de la caldera.....	29
		2.1.2. Histórico de las propiedades del bagazo.....	35
		2.1.3. Cálculo de pérdidas de calor	39
	2.2.	Pérdidas económicas	44
		2.2.1. Costo total por las pérdidas de calor	44
		2.2.1.1. Consumo de combustible	45
3.		FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL.....	47
	3.1.	Oportunidades de ahorro energético	47
		3.1.1. Rehabilitación de refractario y aislamiento	
		técnico	47
		3.1.1.1. Situación propuesta.....	48
		3.1.1.2. Cálculo de pérdidas con rehabilitación	
		de aislamiento	48

3.1.1.3.	Comparativa de situación actual versus situación propuesta	52
3.2.	Inversión para implementación de mejoras	54
3.2.1.	Estimación de materiales	54
3.2.2.	Periodo necesario para reparación.....	56
3.2.3.	Costo total de la intervención	56
3.3.	Periodo de recuperación de la inversión	57
4.	FASE DE DOCENCIA	59
4.1.	Programa de capacitación sobre seguridad y salud ocupacional	59
4.1.1.	Charla: “Instructivo de seguridad”	60
4.1.2.	Charla: “Manipulación de cargas”	62
4.1.3.	Charla: “Protección de las manos”	63
4.1.4.	Charla: “Protección de los ojos”	64
4.2.	Programa de capacitación sobre buenas prácticas en la instalación de refractarios	66
4.2.1.	Asesorías durante la instalación de aislamiento térmico	66
	CONCLUSIONES	69
	RECOMENDACIONES	71
	BIBLIOGRAFÍA	73
	APÉNDICE	75

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

1.	Ubicación de ingenio Santa Ana	2
2.	Organigrama ingenio Santa Ana. Presidencia y gerencias de División.....	4
3.	Caldera acuotubular	8
4.	Manómetro Bourdon, tipo simple	10
5.	Manómetro de diafragma	10
6.	Diagrama de sistemas de condensados	20
7.	Termografía de un circuito de vapor sobrecalentado	25
8.	Termografía de transformador recalentado	27
9.	Termografía de un rodamiento con lubricación deficiente	28
10.	Pared lateral caldera número 6	33
11.	Aislamiento en mal estado de ventilador <i>over fire</i>	33
12.	Pared lateral en mal estado por sobrecalentamiento	34
13.	Ducto sin aislamiento técnico	34
14.	Charla sobre seguridad industrial al equipo operativo de calderas	60
15.	Charla “Instructivo de seguridad”	61
16.	Instructivo de charla “Manipulación manual de cargas”	62
17.	Charla “Protección de las manos”	63
18.	Charla “Protección de los ojos”	65
19.	Preparación de mezcla, manera correcta/manera incorrecta.....	67
20.	Instalación de aislamiento térmico.....	68

TABLAS

I.	Datos tabulados de termografías realizadas en la caldera No. 6	29
II.	Propiedades del bagazo	35
III.	Pérdidas de calor (situación actual)	40
IV.	Resumen de pérdidas de calor en caldera número 6.....	44
V.	Resumen propiedades del bagazo de caña	45
VI.	Pérdidas de calor con rehabilitación de aislamiento.....	49
VII.	Situación actual versus situación propuesta	54
VIII.	Listado de materiales para la propuesta de mejora.....	55

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
\$	Dólar estadounidense
EPP	Equipo de protección personal
°F	Grados Fahrenheit
Hr.	Hora
Lb vapor	Libras de vapor
PSI	Libras por pulgada cuadrada
Ft²	Pies cuadrados
SSO	Seguridad y salud ocupacional
Ton	Tonelada
BTU	Unidad térmica británica

GLOSARIO

Área confinada	Área que tiene limitadas o restringidas la entrada o la salida, y que no resulta apropiada para que el hombre la ocupe de manera permanente o continua.
Bagazo	Residuo de materia después de extraído el jugo de la caña de azúcar.
Caldera	Equipo dotado de una fuente de calor donde se calienta o se hace hervir el agua y que puede tener varias aplicaciones.
Calor	Energía que produce un estado de agitación de las moléculas de un cuerpo o sistema.
Energía	Capacidad de un sistema para producir un trabajo.
Hogar	Equivalente a horno.
Poder calorífico	Cantidad de energía desprendida en la relación de combustión, referida a la unidad de masa de combustible.
Refractario	Material que repele y evita la transferencia de calor de un lugar a otro, que posee un alto punto de fusión o combustión.

Termografía	Técnica que permite registrar gráficamente las temperaturas de distintas zonas de un cuerpo.
<i>Trash</i> mineral	Residuos minerales existentes en alguna substancia, por ejemplo: piedras, tierra, entre otros.
Vapor	Agua en estado gaseoso.
Zafra	Periodo en el cual se recolecta caña para ser procesada y transformada en azúcar.

RESUMEN

El trabajo de investigación y aplicación titulado “Determinación de pérdidas de calor y propuestas de mejoras en caldera para generación de vapor del Ingenio Santa Ana”, se realizó en el ingenio Santa Ana, ubicado en el departamento de Escuintla.

La empresa tiene como principal fuente de ingresos la venta de azúcar en diferentes presentaciones, así como la venta de energía eléctrica. Para ambos procesos dispone de calderas acuotubulares, que son las máquinas encargadas de la generación de vapor de agua, el cual se utiliza para mover turbogeneradores eléctricos para elevar la temperatura de aguas de procesos de extracción del azúcar y esterilizar equipos.

La intervención se realizará en la caldera #6 perteneciente al área de calderas de fábrica, la cual produce vapor que es utilizado para la generación de energía eléctrica, en un turbo generador de ciclo abierto, por lo que el vapor sobrante es utilizado después en el proceso de extracción del azúcar.

Tiene como objetivo determinar las pérdidas de calor en las paredes de la caldera por mal aislamiento térmico, analizar el estado de dicha máquina, con el fin de conseguir un ahorro energético, el cual se traducirá en beneficios económicos, como lo serian mayor disponibilidad de combustible (bagazo), así como también mejorar la eficiencia de la caldera, por lo que se conseguiría reducir las emisiones de gases de escape.

Para lograr el objetivo se implementará un programa de capacitaciones, con el que se busca estandarizar los procesos de instalación de aislamientos térmicos, así como las buenas prácticas en el mantenimiento de estos. También tiene parte del objeto de intervención promover un ambiente de trabajo que cumpla con los requisitos mínimos de seguridad industrial.

OBJETIVOS

General

Determinar las pérdidas de calor y realizar una propuesta de mejora en caldera para generación de vapor del ingenio Santa Ana.

Específicos

1. Proponer mejoras para un aprovechamiento eficaz de los recursos utilizados en la generación de vapor mediante una caldera.
2. Capacitar el personal sobre buenas prácticas de seguridad en sus áreas de trabajo.
3. Dar a conocer los avances obtenidos con el desarrollo del Ejercicio Profesional Supervisado en la empresa, con especial atención en el departamento encargado de las calderas, con el fin principal de mejora en la caldera de generación de vapor.

INTRODUCCIÓN

Las calderas son equipos generadores de vapor utilizados alrededor del mundo; en Guatemala, la totalidad de los ingenios azucareros se sirven de ellos para la producción de vapor; estos son utilizados tanto en el proceso de extracción de azúcar, como en la generación de energía eléctrica a través del aprovechamiento de la energía del vapor.

El propósito del presente informe es determinar las pérdidas ocasionadas por el mal manejo e instalación de los materiales aislantes con los que son recubiertas las paredes de una caldera, lo cual provoca una baja eficiencia por las pérdidas mencionadas.

Consta de cuatro capítulos: en el primero se describe a la empresa en donde se realizó el Ejercicio Profesional Supervisado, los equipos básicos con los que cuentan las calderas y la introducción a la termografía infrarroja.

En el segundo capítulo, que corresponde a la fase de investigación, se da a conocer el análisis térmico del equipo por medio de termografías infrarrojas, utilizando tecnología de punta para la obtención de los resultados, la cuantificación de las pérdidas de calor superficial de la caldera, y la cantidad de calor que se transfiere al exterior, situación que incide en una disminución de su eficiencia; también se presenta el valor económico que estas pérdidas ocasionan.

En el tercer capítulo se desarrolla la propuesta de mejora para lograr un ahorro tanto energético como económico; se propone el mejoramiento de los aislamientos y se presenta un escenario con la situación actual versus la situación

propuesta; se hace la comparativa tanto en pérdidas de calor, como en beneficios económicos que se pueden obtener si se implementa la mejora propuesta.

El capítulo cuatro, llamado fase de docencia, incluye varias capacitaciones que se trabajaron dentro de la empresa, con el fin de mejorar aspectos como la seguridad industrial para el beneficio de los colaboradores, instalaciones de refractarios y buenas prácticas en la preparación e instalación de los diferentes materiales sugeridos, con el fin de apoyar la propuesta realizada.

1. GENERALIDADES

1.1. Descripción de la empresa

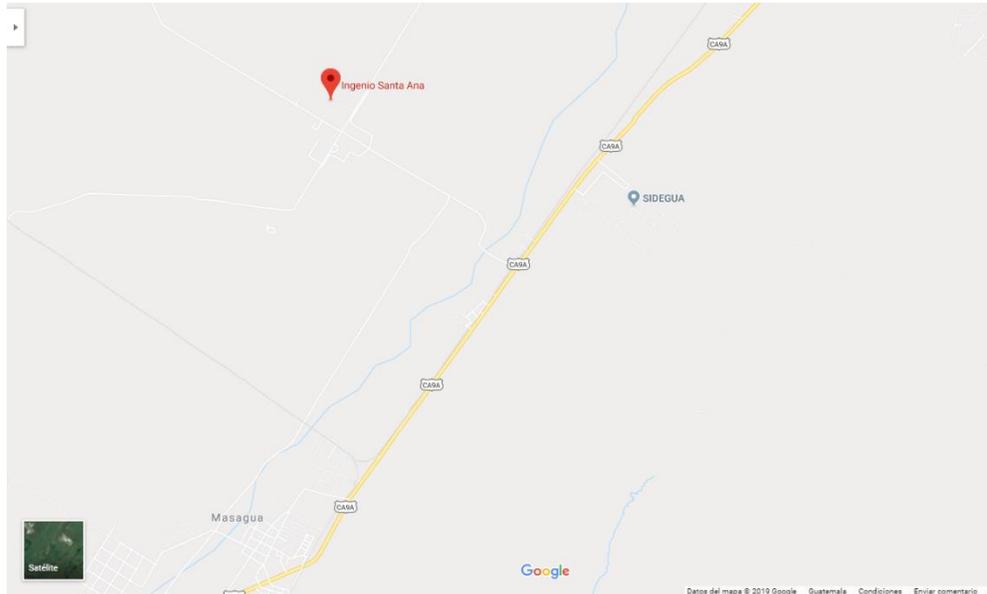
En 1968, un grupo de empresarios adquirió parte del equipo de los ingenios Santa Juana y Canóvanas de Puerto Rico; con este equipo inició el montaje del ingenio, Santa Ana, el cual se ubicó en la finca “Cerritos”, a 64,5 Km al sur de la Ciudad de Guatemala, en el departamento de Escuintla.

En 1969, se realizó la primera zafra, que realmente fue una prueba, moliéndose 154 973,75 toneladas de caña produciendo 239 525 quintales de azúcar en 136 días; la capacidad en esa época era de 3 500 ton/día. En 1993, queda instalada la refinería para elaborar azúcar de alta calidad, partiendo de azúcar blanca sulfatada, (procesada con químicos azufrosos) con capacidad de 500 toneladas de endulzante por día. Durante la zafra de 1983 a 1984 se inició la cogeneración, entregando a la Empresa Eléctrica de Guatemala una potencia de 800 kW.

1.1.1. Ubicación

La empresa ingenio Santa Ana se encuentra ubicada en la carretera hacia Santa Lucía Cotzumalguapa, en el interior de la Finca Cerritos, Escuintla, Guatemala.

Figura 1. **Ubicación ingenio Santa Ana**



Fuente: Google Maps. *Ubicación de ingenio Santa Ana.*

1.1.2. Historia

Ingenio Santa Ana, fue fundado en 1968. En el período entre 1977 a 1978 se inicia la administración de caña propia y su corte. En 1984 se superaron las 46 000 toneladas métricas de azúcar envasada, con 500 000 toneladas de caña molida. Los productos elaborados en el ingenio son los siguientes:

- Azúcar crudo
- Azúcar refino
- Azúcar estándar
- Melaza
- Energía eléctrica (a partir del bagazo de la caña)

Se produce el azúcar que consumen empresas grandes como: PepsiCo, Coca-Cola, Nestlé y Pfeifer & Langer.

1.1.3. Misión

“Producir y comercializar azúcar, melaza y energía eléctrica a través del uso eficiente de nuestros recursos, generando desarrollo para mantenernos como una empresa competitiva y rentable en el mercado nacional e internacional”¹.

1.1.4. Visión

“Ser una organización líder en la agroindustria azucarera guatemalteca, comprometida con nuestros clientes, la sociedad y el medio ambiente; manteniendo la sustentabilidad del negocio, a través de la eficiencia operacional y financiera, generando bienestar para nuestros accionistas, colaboradores, clientes, proveedores y al país en general”.²

1.1.5. Valores

- Responsabilidad
- Transparencia
- Flexibilidad
- Honestidad
- Disciplina

¹ Departamento de capacitación y desarrollo. *Manual de Inducción, División de Recursos Humanos, Grupo Corporativo Santa Ana, 2014.*

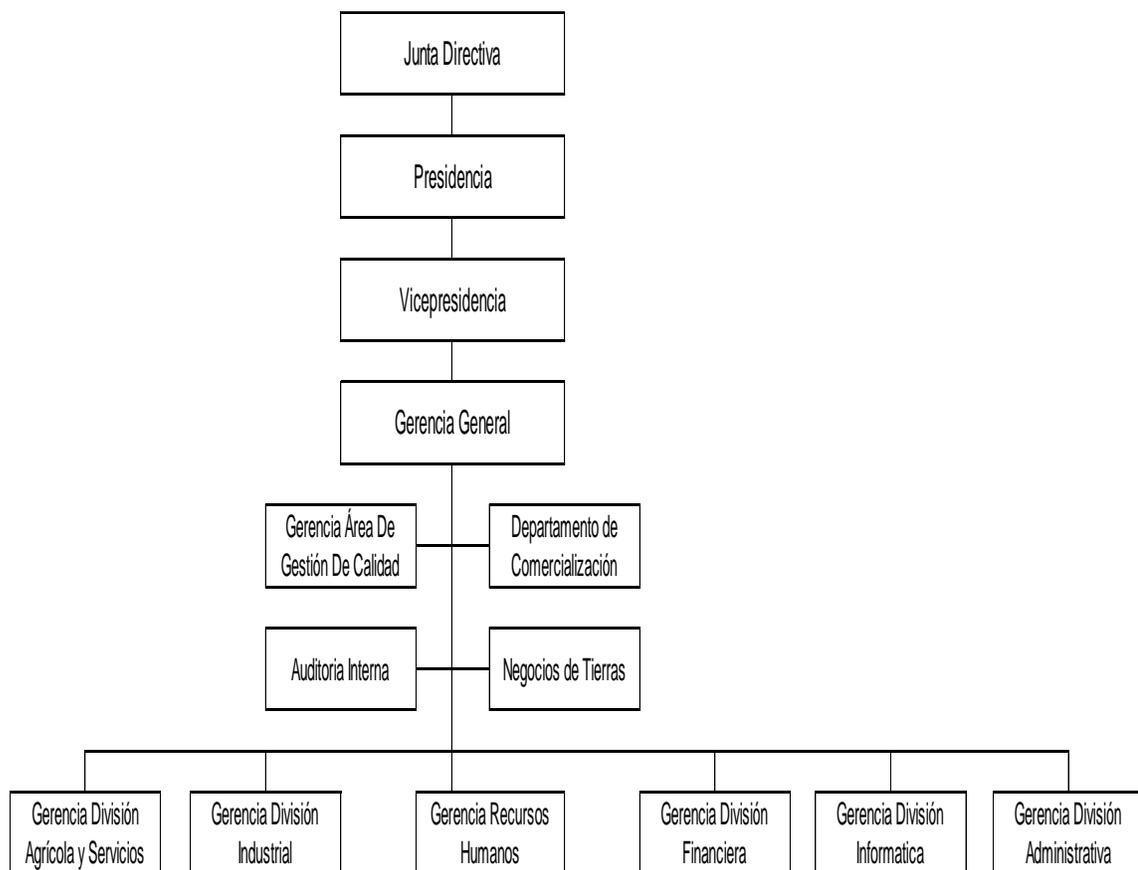
² *Ibíd.*

- Respeto
- Lealtad

1.1.6. Organigrama

A continuación se incluye el organigrama de los puestos gerenciales y de presidencia.

Figura 2. **Presidencia y gerencias de división**



Fuente: Departamento de capacitación y desarrollo. *Manual de Inducción, División de Recursos Humanos, Grupo Corporativo Santa Ana, 2014.*

1.2. Descripción del problema

Las calderas del ingenio Santa Ana utilizan biomasa proveniente de la caña de azúcar como combustible para generar el calor necesario para su funcionamiento, a la que se le conoce como bagazo; dichas calderas operan únicamente durante la época denominada zafra; este es el periodo durante el cual la empresa extrae el azúcar de la caña por medio de diversos procesos, relacionando procesos tanto químicos como mecánicos.

1.2.1. Antecedentes

Durante la combustión del bagazo de caña se transfiere calor al agua, la cual absorbe la energía generada en la combustión y por medio de procesos termodinámicos esta cambia su estado de líquido a gaseoso (vapor de agua); dicho producto es utilizado para diversas tareas como: mover turbinas para la generación de energía eléctrica, molinos, calentadores, entre otras.

Al momento de ser combustionado el bagazo, se aprovecha el poder calorífico del mismo para transferirse al agua; por tal motivo el aislamiento térmico es una parte crucial en la estructura de una caldera, ya que este es el encargado de no dejar transmitir esa energía generada por la combustión hacia el exterior de la caldera, esto con el fin que la mayor parte de la misma energía sea absorbida por el agua y así lograr pasar de un estado líquido a estado de vapor sobrecalentado.

1.2.2. Justificación

El presente trabajo se enfocará en el estudio de la eficiencia energética en una caldera utilizada para la producción de vapor, debido a que existen condiciones inseguras para el trabajo en las mismas durante su operación. La investigación permitirá demostrar cuáles son los puntos donde se necesita mejorar el aislamiento térmico, así también se cuantificarán las pérdidas de energía calórica que no se está aprovechando y cuál es el costo de estas.

Se busca mejorar las técnicas de trabajo en la empresa, para implementar de manera correcta las mejoras necesarias para optimizar la eficacia de la caldera. Se busca transformar también las técnicas de trabajo de los colaboradores, con el fin de reducir los accidentes laborales y así tener un ambiente con las condiciones de seguridad necesarias para el resguardo de la salud e integridad física de los trabajadores.

1.2.3. Formulación y delimitación del problema

El principal problema dentro del departamento de calderas es el mal estado de las paredes de los equipos de generación de vapor (calderas); esto posiblemente se da por el mal diseño de las paredes y sus aislamientos, los materiales de baja calidad y/o una mala técnica de instalación y cuidado del mismo aislante térmico, lo que ocasiona condiciones inseguras para el personal encargado de las calderas.

Otra de las consecuencias derivadas de esta condición es, la reducción de la eficiencia del equipo, debido a que no logra alcanzar los parámetros de operación necesarios para su funcionamiento. Otro problema que se da es la alta contaminación de los gases de combustión. Esto se debe que la mayoría de los

equipos son antiguos; se sabe que en épocas pasadas no existían tantas regulaciones ambientales, ni se estaba comprometido con la conservación de los recursos naturales. Por tal motivo es importante la implementación de sistemas que ayuden a disminuir la contaminación.

1.2.4. Alcances o límites

El proyecto tiene como finalidad proponer mejoras a los equipos, luego de hacer un análisis y estudios de eficiencia energética; así podrá aprovecharse la mayor parte de poder calorífico del combustible utilizado para la generación de vapor de agua sobrecalentado. También busca proyectar un ahorro económico considerable, para demostrar la viabilidad de la inversión respecto de los posibles gastos en que podrá incurrirse si se llevasen a cabo las mejoras propuestas.

Como parte del Ejercicio Profesional Supervisado se trabajará de manera conjunta con el departamento de seguridad industrial, para capacitar al personal de la empresa sobre las buenas prácticas para la realización de los diversos trabajos en el área de calderas; así también se trabajará con el personal de ingeniería para brindar una capacitación sobre las buenas prácticas de instalación y mantenimiento de aislamientos térmicos y refractarios.

1.3. Conceptos básicos

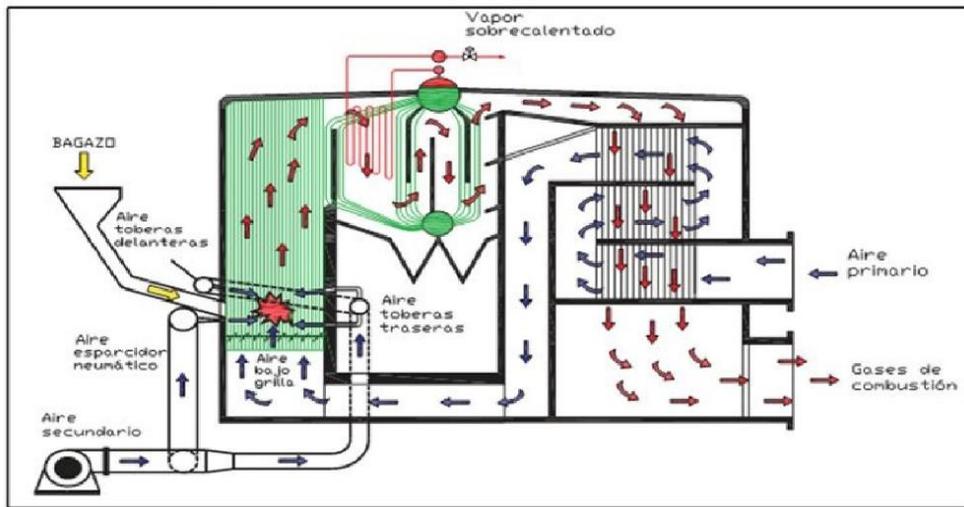
A continuación, se describen los componentes esenciales del área de calderas.

1.3.1. Caldera

El término caldera se aplica a un dispositivo que se utiliza en la generación de vapor para procesos industriales, calefacción, o para generación de energía eléctrica. En términos generales, se define una caldera como un generador de vapor. Las calderas para producción de vapor, por el contenido de los tubos, se clasifican en calderas piro-tubulares; en ellas el fuego o los gases de combustión pasan por el interior de los tubos y el agua está en el exterior.

En las calderas acuotubulares el agua pasa por el interior de los tubos y los gases calientes, producto de la combustión; pasa después al exterior a fin de transferir el calor necesario para elevar la temperatura y llevar a su punto de ebullición dicho líquido.

Figura 3. Caldera acuotubular



Fuente: TURMERO, Pablo. *Calderas acuotubulares*.

<https://www.monografias.com/trabajos104/rendimiento-calderas/rendimiento-calderas.shtml>.

Consulta: mayo de 2020.

1.3.1.1. Accesorios de la caldera

Los accesorios utilizados en la caldera son: medidores de presión, medidores de temperatura, nivel de agua, regulador del agua de alimentación, válvulas de seguridad, válvulas de purga, sopladores de hollín, indicadores de tiro y aparatos de control.

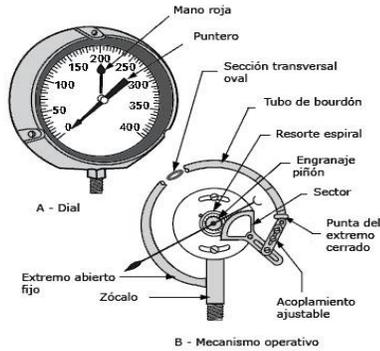
1.3.1.1.1. Medición de presión

La presión es la fuerza unitaria impuesta sobre una unidad de área por un fluido líquido o gaseoso; esta fuerza también actúa sobre las paredes de un recipiente. En unidades inglesas se expresa en libras por pulgada cuadrada (psi), y en el sistema internacional de medidas, en kilogramo por centímetro cuadrado.

Los manómetros son instrumentos utilizados para la medición de la presión manométrica local de los diferentes procesos de la caldera, los más utilizados son los manómetros de Bourdon y de diafragma.

Manómetro Bourdon consisten en tubos curvados en arco de sección oval. A medida que se aplica presión al interior del tubo, éste tiende a enderezarse. El trayecto del movimiento se transmite a un mecanismo y es la medida de presión que se indica mediante una aguja.

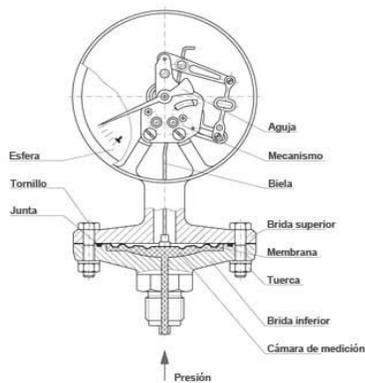
Figura 4. **Manómetro Bourdon tipo simplex**



Fuente: BONILLA, José Salvador *Calibración de Manómetros, Indicador de presión de tubo de Bourdon tipo simplex pag.5.* <https://qdoc.tips/calibracion-manometros-pdf-free.html>. Consulta: mayo de 2020.

Manómetro de diafragma dispositivo de medición que se basa en una membrana interna, la cual al ser accionada por la presión de un fluido se deforma y a su vez mueve el mecanismo interno que mueve la aguja de la carátula del dispositivo.

Figura 5. **Manómetro de diafragma**



Fuente: PARRAGUEZ, Franco. *Elementos primarios de medición elásticos, partes del manómetro con diafragma.* <https://pt.slideshare.net/FranciscoTorresHerrera/elementos-primarios-de-medicin-elsticos/7>. Consulta: mayo de 2020.

1.3.1.1.2. Medición de temperatura

Para el monitoreo de la temperatura la planta térmica dispone de termómetros mecánicos los más utilizados son el de tipo bimetálico y el termómetro de gas o líquido, estos termómetros son de lectura local, para la lectura remota se utilizan los termómetros a base de resistencia RTD y los termopares.

La operación de la RTD se basa en el principio de que la resistencia eléctrica de un conductor metálico varía linealmente con la temperatura, estos medidores electrónicos se emplean para la comprobación de las lecturas mecánicas.

1.3.1.1.3. Indicadores de nivel

Para la medición de nivel de la caldera se cuenta con tres dispositivos para la comprobación, esto se debe a que el agua es un punto crítico para el funcionamiento de la unidad, y se requiere de una medición exacta, por tanto, consta de:

- Medidores de nivel visual, colocados en los extremos del domo superior de la caldera y para la verificación del nivel el operador tiene que observar el medidor físicamente.
- Comprobación de nivel por medio de luces, este es un medidor eléctrico en el cual se tiene 5 luces piloto o posiciones, cada posición o nivel está previamente calibrado y representa el nivel real de agua en la caldera.

- Comprobación de nivel desde una pantalla, este es un medidor de nivel electrónico de presión diferencial que funciona por medio de una celda de nivel instalada en el domo superior de la caldera el cual censa continuamente el nivel y transfiere esta información a monitores remotos.

1.3.1.1.4. Medidores de flujo

Son instrumentos de medición de flujo instantáneo o caudal que puede variar de un momento a otro, los más comunes son los de placa de orificio y los medidores que utilizan el principio del Venturi. Existen cuatro razones primordiales para utilizar sistemas de medición de flujo son el conteo, la evaluación del funcionamiento, la investigación y el control de procesos.

1.3.1.1.5. Válvulas de purga

Están instaladas en la parte más baja de la caldera; se utilizan para eliminar cierta cantidad de agua con el propósito de extraer de la caldera los lodos, sedimentos y espumas. Se utiliza también como medida de eliminación de agua del sistema de la caldera de modo que pueda añadirse agua nueva para mantener la concentración de los sólidos por debajo del punto donde puede haber dificultades.

1.3.1.1.6. Válvulas de seguridad

Es un dispositivo de alivio de presión y se utiliza para impedir que en la caldera se desarrollen presiones de vapor excesivas, abriéndose automáticamente a una presión determinada y dejando escapar el vapor, el accionamiento debe ser de apertura rápida para trabajar y rebajar la presión inmediatamente.

1.3.2. Equipo auxiliar de la caldera

Para entender el funcionamiento de la caldera, es conveniente conocer el funcionamiento de las partes que la conforman.

1.3.2.1. Parrilla

Es una estructura metálica estacionaria utilizada para sostener el bagazo en el hogar y a dar paso al aire secundario para la combustión; la parrilla está compuesta por planchas de hierro fundido sujetas con tornillos tipo herradura, para evitar el movimiento ante las altas temperaturas que estas soportan; dichas planchas son de dos tipos: las parrillas corrientes que tienen varios agujeros para la distribución del aire secundario para la combustión y refrigeración de la parrilla y las que poseen toberas; estas van unidas a una tubería de vapor mediante juntas de expansión, y se utilizan para la limpieza de la parrilla mediante un flujo de vapor seco.

1.3.2.2. Hogar

El hogar o cámara de combustión es el lugar donde se realiza la combustión y está compuesta por las paredes de agua, sobrecalentadores, parrilla y tubería de convección.

1.3.2.3. Paredes de agua

Las paredes de agua constan de tubos verticales relativamente próximos y conformando los cuatro muros o paredes del hogar, y fueron diseñados para enfriar y proteger el revestimiento del refractario del hogar, absorber calor del

hogar para incrementar la capacidad de la unidad generadora y hacer sello en la caldera.

1.3.2.4. Superficie de vapor

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

1.3.2.5. Sobrecalentadores

Cada presión de vapor saturado tiene su temperatura correspondiente, el calor añadido al vapor seco a presión constante se conoce como sobrecalentamiento y da como resultado una mayor temperatura que la indicada en la curva para la presión correspondiente, el sobrecalentamiento se da cuando el vapor saturado sale del domo superior de la caldera y es conducido a un banco de tuberías en donde el vapor absorbe mayor cantidad de energía por radiación y convección.

1.3.2.6. Equipos de recuperación de calor

Con la finalidad de aprovechar al máximo el calor generado por los gases de combustión en la caldera, con el consecuente ahorro de combustible, es recomendable la instalación de equipo especial para la recuperación de calor.

1.3.2.6.1. Economizador

En la caldera, el economizador constituye una porción aislada de superficie de intercambio de calor, que tiene como objetivo recuperar parte del calor excedente de los gases de combustión para transferirlo como calor sensible al agua de alimentación de la caldera, antes de que se mezcle con el agua que circula dentro de ésta. Este calor añadido mejora la economía del generador de vapor.

En sí, el economizador no es más que un intercambiador de calor, diseñado para transferir el calor excedente de los gases a un fluido, generalmente agua de alimentación para la caldera, un economizador típico consiste en un arreglo de tubos dentro de los cuales circula el agua de alimentación para la caldera antes de entrar a ella; los gases de combustión pasan por fuera, a través del arreglo de tubos, cediendo parte de su calor al agua contenida en ellos.

1.3.2.6.2. Precalentador de aire

El precalentador tiene como finalidad calentar el aire de admisión de la combustión; el calor que se recupera de los gases recicla al hogar junto con el aire de combustión y cuando se agrega a la energía térmica liberada por el combustible, se convierte en energía disponible. El uso de aire precalentado para la combustión acelera la ignición y fomenta una combustión rápida y completa del combustible. Las ventajas que se obtienen con precalentar el aire de combustión:

- Incremento en la producción de vapor de la caldera.
- Aprovechamiento del calor que de otra forma se perdería, lo que significa aumento del rendimiento de la unidad generadora de vapor o economía del combustible.

1.3.2.7. Equipo complementario

A continuación, se describe el equipo complementario de la caldera.

1.3.2.7.1. Baffles

Son deflectores que están instalados en el interior de la caldera para dirigir el flujo de gases calientes convenientemente entre los pasos de los tubos el número de veces necesario o cambios de dirección para posibilitar una mayor absorción térmica por los tubos de la caldera.

Los baffles también permiten un diseño para mejorar las diferencias de temperatura entre tubos y gases a través de la caldera. Los baffles ayudan a mantener la velocidad de los gases, eliminan las bolsas y los depósitos en zonas muertas y evitan las pérdidas elevadas de tiro.

1.3.2.7.2. Chimeneas

La chimenea es un conducto o pasaje de salida hacia la atmósfera de los gases de combustión, así como cualquier calor residual, es aquí donde se tiene la mayor cantidad de pérdida de calor.

1.3.2.7.3. Trampas de vapor

El vapor generado en la caldera es transportado a través de tuberías hasta la turbina y a los equipos auxiliares que consumen vapor. Estas deben de estar correctamente aisladas o con recubrimiento con el fin de prever la pérdida de calor, no obstante parte del calor es radiado al ambiente. En este transporte el vapor cede calor a las paredes de la tubería y empieza a condensar en agua caliente y a depositarse en el fondo de la tubería.

El condensado en las líneas de vapor ocasiona pérdidas de calor, como daño en los equipos, por tanto, es necesario evacuarlo del sistema. Las trampas de vapor se utilizan para drenar el condensado de las líneas de consumo sin permitir la fuga de vapor. Además, cuando se interrumpe el flujo de vapor en las líneas de consumo, el aire ingresa en las tuberías para ocupar el espacio del vapor en compañía del condensado generado. Las trampas de vapor deben por tanto desalojar ese aire en el momento de arranque de estos sistemas. En resumen, las tres funciones de las trampas de vapor son: descargar el condensado, no permitir las fugas de vapor, y ser capaces de desalojar aire y gases.

1.3.3. Sistema de alimentación de bagazo

El bagazo es el subproducto o residuo de la molienda de la caña de azúcar, en él permanecen el jugo residual y la humedad provenientes del proceso de extracción. El bagazo producido, que equivale aproximadamente a una tercera parte de la caña molida, se utiliza como combustible para la generación de vapor y potencia eléctrica.

1.3.3.1. Conductores de bagazo

El bagazo se lleva directamente de la salida del molino a las calderas por conductores de bagazo, aproximadamente la tercera parte del total de bagazo producido es desviado por transportadores de arrastre y utilizado en la caldera para la generación de energía eléctrica.

Son construidos básicamente de estructura metálica y se mueven por medio de motorreductores que les transmite movimiento a través de un mecanismo de *sprockets* y cadena, el cual mueve un eje motriz que da movimiento a la cadena de arrastre y tablillas que realizan el transporte de bagazo. El otro tipo de conductor es conocido como faja conductora de bagazo y consiste en una banda de hule que circula sobre rodillos y que obtiene su movimiento por medio de un motorreductor.

El bagazo transportado pasa entonces de los conductores a los alimentadores de bagazo por medio de ductos, estos equipos hidráulicos rotatorios constituidos por tambores movidos mecánicamente descargan el bagazo a través de un chifle en cuyo fondo un flujo de aire caliente empuja las partículas de bagazo hacia el hogar; las partículas más finas se secan y queman al caer y las más gruesas arden sobre la parrilla.

Estos dispositivos automáticos regulan la cantidad de bagazo alimentado a la caldera, dependiendo de las condiciones de operación de la planta termoeléctrica.

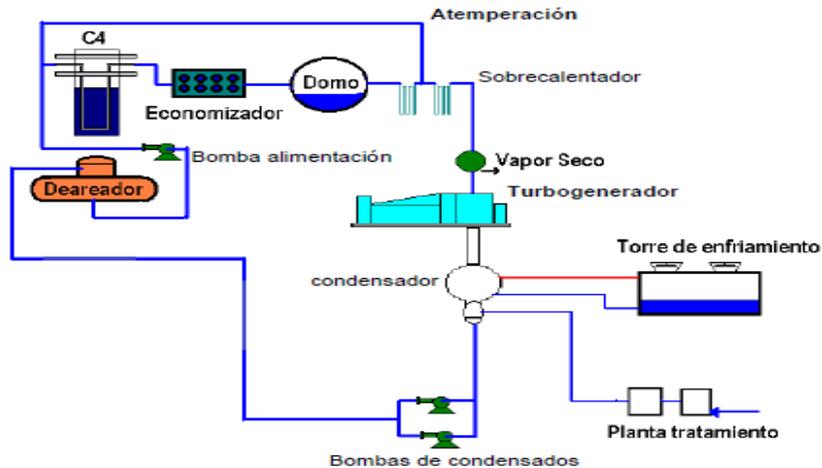
Estos transportadores de velocidad variable operan de forma conjunta con un equipo automático manteniendo una alimentación uniforme, una adecuada relación aire combustible y una buena eficiencia de la caldera.

Parte del bagazo transportado por los conductores no es utilizado en la caldera ya que el porcentaje de bagazo quemado en el hogar depende de la razón de generación de energía eléctrica, la capacidad de molienda en el ingenio y el volumen almacenado, por lo que el excedente es almacenado en un área denominada bagacera.

1.3.4. Circuito de condensados

El circuito de condensados es un punto vital para la transformación de la energía contenida en el agua de alimentación y para su funcionamiento se requiere de un sistema de bombeo, distribución, almacenaje y calentamiento a fin de mantener las condiciones operativas diseño dentro de los límites, en la figura 3 se describen los equipos más elementales para el funcionamiento del sistema de agua de alimentación de la planta termoeléctrica.

Figura 6. Diagrama de sistema de condensados



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

1.3.4.1. Bombas de condensados

El vapor después de haber cedido la mayor parte de su energía interna en la turbina pasa por un condensador de agua donde por transferencia de calor se condensa y es recolectado en un tanque o pozo caliente.

Esta cantidad de agua es bombeada por bombas de condensado y conducida hacia un grupo de calentadores de contacto cerrado y contacto directo, en el cual el agua se precalienta y se eliminan los gases no condensables, ver esquema anterior de ciclo del agua.

1.3.4.2. Calentadores de agua de alimentación

Los calentadores cerrados de agua de alimentación se utilizan en el ciclo termodinámico para precalentar el agua de alimentación por etapas, extrayendo

vapor de la turbina, estos calentadores se utilizan para llevar esta agua de alimentación a la temperatura próxima a la del agua de la caldera.

Con el aumento de la temperatura del agua de alimentación, el rendimiento de la caldera se incrementa, debido al ahorro de combustible que sería necesario para calentar el agua de caldera en igual proporción, una ventaja adicional es que los esfuerzos térmicos en la caldera se pueden evitar alimentando con agua a temperaturas elevadas.

El venteo es importante en el calentador, para eliminar los gases no condensables que pueden desprenderse de los productos químicos del agua de alimentación y del aire que haya podido introducirse.

1.3.4.3. Desaireador

El desaireador es un calentador de contacto directo que se utiliza para precalentar el agua de alimentación y reducir el oxígeno y otros gases disueltos en la planta de vapor. El vapor usado en el desaireador aumenta la temperatura del agua de alimentación y esto rebaja la solubilidad del oxígeno en el agua, abandonando el oxígeno al agua y siendo venteado como gas.

1.3.4.4. Bombas de agua de alimentación

Todas las bombas centrífugas están diseñadas para operar con líquidos, siempre que se formen mezclas de líquido y vapor o aire, pueden esperarse daños para la vida de los elementos rotativos. Si el líquido está a una temperatura elevada o el vapor está presente en el agua de alimentación de la caldera, puede ocurrir una destrucción rápida de la carcasa o envolvente de la bomba. Para el suministro agua de alimentación la caldera utiliza una bomba centrífuga principal

impulsada por un motor eléctrico de corriente trifásica, ésta bomba es la encargada de abastecer de agua a la caldera en operación normal.

1.3.4.5. Atemperación

Es un sistema auxiliar de la caldera el cual inyecta a presión una cantidad de agua tomada de la descarga de la bomba de alimentación y dirigida hacia la salida del sobre calentador de convección a fin de controlar el grado de sobrecalentamiento, reduciendo la temperatura del vapor sobrecalentado, la atemperación se incrementa cuando aumenta el porcentaje de bagazo quemado en el hogar de la caldera.

1.3.4.6. Tanque de almacenamiento

El tanque de almacenamiento o tanque de agua desmineralizada almacena el agua tratada químicamente en la planta de desmineralización a fin de mantener cierta cantidad de agua para reposición del ciclo termodinámico.

1.3.5. Equipo de suministro de agua

A continuación, se describen todos los elementos que conforman el equipo para el suministro de agua.

1.3.5.1. Torre de enfriamiento

La torre de enfriamiento es una instalación cuya función principal es la disipación del calor del agua, por medio de una evaporación controlada por el contacto directo del agua con el aire.

Para lograr este efecto dentro de la torre es necesario que la gota de agua tenga un tamaño menor durante su caída para que en el recorrido tenga mayor área superficial en contacto con el aire.

Cuando el agua es reutilizada, se bombea desde la torre de enfriamiento para luego ser reintroducida al sistema de aguas de procesos.

1.3.5.2. Planta desmineralizadora

Funciona mediante la recepción de agua del tanque elevado, luego entra a la planta de tratamiento, cabe mencionar que en la planta se disponen de 2 equipos en caso que se produjera algún fallo, el proceso de desmineralización que se da en la planta es posible por medio de un tratamiento con resinas de intercambio iónico, lo que hacen es la absorción de todos los minerales pesados y una vez saturados se utiliza un proceso para la limpieza de las resinas y que vuelvan a quedar listas para producción, por lo tanto se tienen 2 procesos en la planta que son el de preparación o ciclo regenerativo que es donde se limpia la resina y se prepara, y el de producción que es cuando ya se empieza a producir el agua desmineralizada.

1.3.6. Termografía

Es una técnica que permite determinar temperaturas a distancia y sin necesidad de contacto físico con el objeto a estudiar. La termografía permite captar la radiación infrarroja del espectro electromagnético, utilizando cámaras térmicas o de termovisión.

1.3.6.1. Historia de la termografía

En 1738, nació en Hannover (Alemania) el astrónomo y músico Frederick William Herschel. Con 19 años se trasladó a Inglaterra. Se dedicó en un principio a la música, pero pronto empezó a interesarse por las matemáticas y la astronomía, emprendiendo la construcción de potentes telescopios.

En 1774 con la ayuda y colaboración de su hermana Carolina, también astrónoma, comenzó un estudio sistemático del firmamento y en 1781 descubrió un nuevo planeta que llamó Georgium Sidus en honor a su rey Jorge III. Este planeta es el actualmente conocido como Urano.

Durante 1800, Herschel se dispuso a medir las cualidades del espectro de luz solar; para ello descomponía la luz solar con un prisma y medía las temperaturas correspondientes a las zonas de distinto color en que se descompone la luz. Para su sorpresa observó que el termómetro mostraba la mayor subida de temperatura en una banda inmediatamente contigua a la banda roja del espectro visible, lo que le llevó a pensar que se trataba de una manifestación de luz invisible por completo al ojo humano, y la denominó ultrarroja; es decir, más allá del rojo. (Actualmente, el nombre de infrarroja hace referencia a la frecuencia de dicha luz, que es tanto menor cuanto más se avanza a lo largo del espectro de luz visible, desde el extremo violeta al rojo).

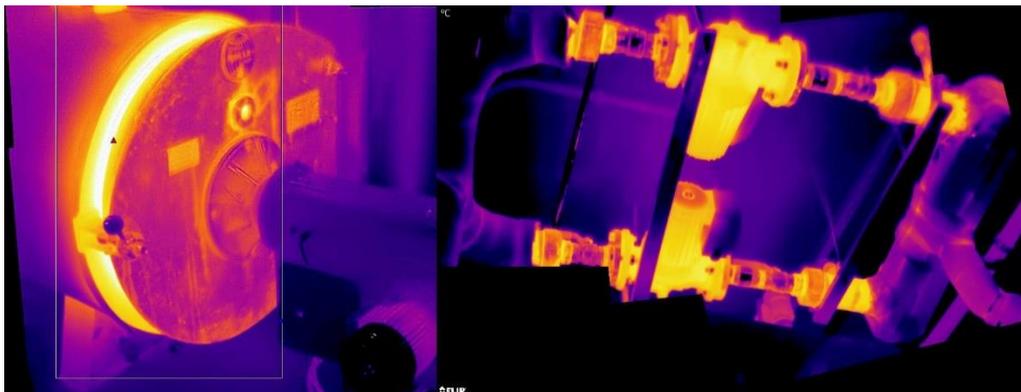
A mediados del siglo veinte se desarrollaron los primeros sistemas infrarrojos, compuestos de varias unidades modulares de gran tamaño que formaban conjuntos pesados y difíciles de manejar. El elemento sensor era una aleación de diferentes elementos como HgCdTe (teluro de mercurio-cadmio, material semiconductor) que por efecto fotoeléctrico producían una señal eléctrica al incidir la radiación infrarroja sobre él. El inconveniente que tenía esta

técnica era que el sensor se calentaba y se necesitaba un sistema paralelo de refrigeración, que evolucionó desde los ciclos de Stirling mediante nitrógeno líquido hasta la refrigeración termoeléctrica mediante células Peltier.

Sobre la década de los ochenta apareció otra tecnología que revolucionó el mundo de la medida de temperatura sin contacto. Se desarrollaron los sensores de efecto térmico o también llamados micro bolómetros. Estos, a diferencia de los anteriores, utilizan el efecto térmico de la radiación infrarroja para variar las condiciones eléctricas de una micro resistencia compuesta por un material semiconductor, y así obtener una señal proporcional a la potencia del infrarrojo recibido.

Esta tecnología ya no necesitaba ningún tipo de refrigeración y por tanto se pudo reducir de manera asombrosa el tamaño y el peso de los sistemas termográficos. Hoy en día estos sistemas tienen el tamaño de una cámara portátil y pueden ser manejados con una sola mano.

Figura 7. **Termografía de un circuito de vapor sobrecalentado**



Fuente: Infratermic. *Termografía de un circuito*. <http://www.infratermic.es/inspeccion-mediante-termografia-infrarroja/>. Consulta: abril de 2020.

1.3.6.2. Aplicaciones de la termografía

Desde que se popularizó el uso de la medición de temperatura mediante termografía, se han ido descubriendo paulatinamente los usos y las utilidades de esta técnica. Al mismo tiempo, la reducción en el precio en las cámaras termográficas ha contribuido a aumentar los usos y las posibilidades de aplicación.

1.3.6.2.1. Eléctrica

Ningún sistema eléctrico tiene una eficiencia total. Siempre hay una pequeña cantidad de energía que se transforma en calor debido al paso de la corriente eléctrica. El tiempo, cargas elevadas o fluctuantes, vibraciones, fatiga de materiales, condiciones ambientales, entre otros, provocan que tanto los componentes como las superficies de contacto se vayan deteriorando, y por tanto aumentando la resistencia eléctrica, que lleva asociado un aumento de la temperatura.

Poder detectar este incremento de temperatura sin modificar las condiciones de trabajo, es fundamental adelantarse a la avería y así evitar un posible desastre futuro.

Es aquí donde la termografía infrarroja se convierte en un instrumento eficaz en el mantenimiento predictivo y preventivo ya que de una manera rápida y visual el termógrafo podrá determinar el estado de la instalación eléctrica, así como el de los componentes que la forman.

Figura 8. **Termografía de transformador recalentado**



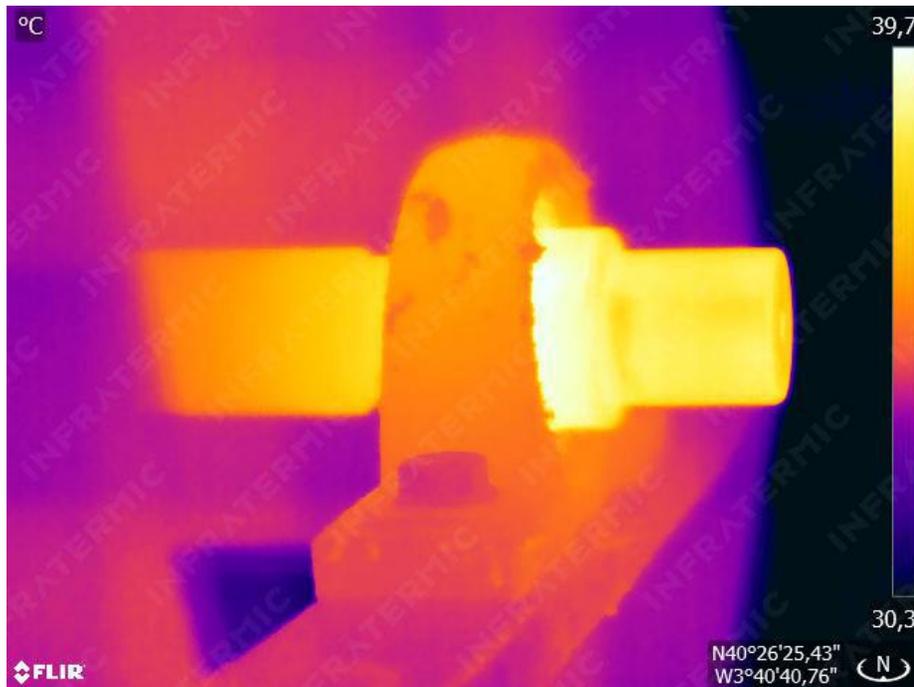
Fuente: Infratermic. *Termografía de un transformador sobrecalentado.*

<http://www.infratermic.es/inspeccion-mediante-termografia-infrarroja/>. Consulta: abril de 2020.

1.3.6.2.2. Mecánica

La temperatura en los sistemas mecánicos es de vital importancia, y viene definida por todos los fabricantes de máquinas y herramienta. Rozamientos, fricciones, malos alineamientos, entre otros, pueden producir elevadas temperaturas que acorten la vida útil de las máquinas y sistemas de transmisión, o incluso problemas más serios como gripajes o deformación de materiales.

Figura 9. **Termografía de un rodamiento con lubricación deficiente**



Fuente: Infratermic. *Termografía de fallos de funcionamiento en motores.*
<http://www.infratermic.es/inspeccion-mediante-termografia-infrarroja/>. Consulta: abril de 2020.

1.3.6.2.3. Industrial

La termografía es ampliamente utilizada en la industria en los nuevos métodos de ensayos no destructivos, para la detección de fallas y prevención de estas. Por tal motivo es aplicado para la realización de mantenimientos preventivos y predictivos en la industria, con el fin de la obtención de información para lograr un diagnóstico acertado. Lo cual beneficia a la vida útil de los equipos, así como también, disminuye gastos de por tiempos perdidos y aumenta la producción.

2. FASE DE INVESTIGACIÓN

2.1. Pérdidas de calor

Las pérdidas de calor de los objetos ocurren por diferentes mecanismos. No hay material que pueda evitar por completo las pérdidas de calor, las pérdidas de calor solo se pueden minimizar.

2.1.1. Análisis termográfico de la caldera

Mediante la utilización de la cámara termográfica Fluke Ti 400, se obtuvieron los termogramas utilizados para el análisis de puntos calientes en la caldera número 6 del ingenio Santa Ana.

Tabla I. Datos tabulados de termografías realizadas en la caldera No. 6

Imagen	Temperatura promedio en °F	Ft ²
1	485,96	3,55
2	230,80	1,25
3	434,40	0,36
4	512,20	1,65
5	675,10	4,50
6	474,70	0,31
7	186,60	0,62
8	223,60	1,84

Continuación de la tabla I.

9	223,3	0.54
10	283,6	13,14
11	376,3	11,95
12	177,9	1,56
13	231,4	2,56
14	285,1	30,82
15	251,6	111,88
16	288,6	1,08
17	263,7	0,83
18	235,6	0,48
19	200,1	0,38
20	638,9	7,96
21	453,2	0,90
22	455,5	0,82
23	300	5,00
24	500	1,21
25	194	6,39
26	216,9	1,08
27	205,9	0,42
28	207,6	0,11
29	247,8	720,00
30	238,3	0,21
31	193	0,08
32	576,4	2,01
33	237,3	4,59
34	358	4,04
35	194	0,13
36	194	1,16

Continuación de la tabla I.

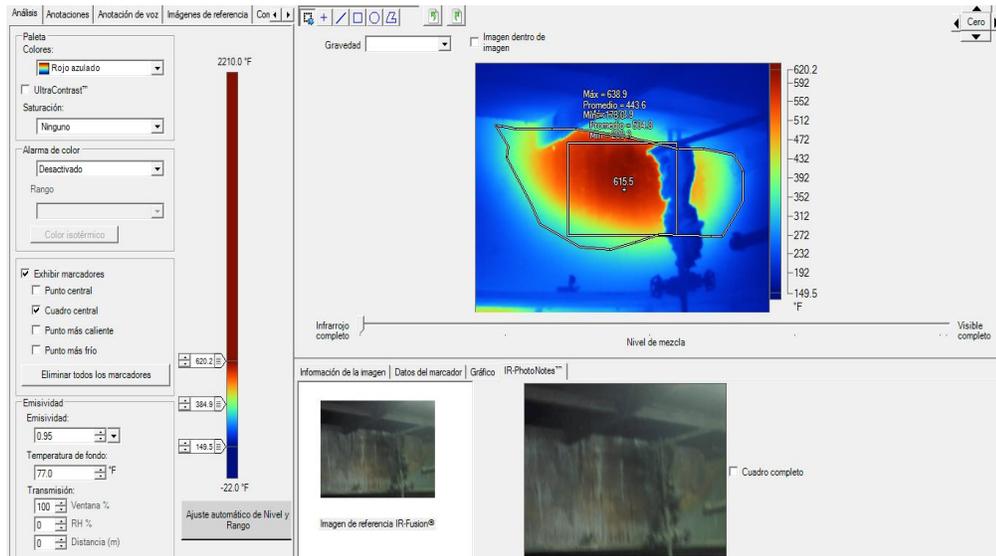
37	165,1	1,68
38	180	2,46
39	184,4	1,16
40	153,1	0,27
41	500	586,45
42	256,3	383,01
43	199,5	1,92
44	186,1	0,66
45	226,8	137,78
46	194	1,56
47	194	0,36
48	253,3	0,23
49	286,9	3,75
50	155,3	1,32
51	194	48,00
52	194	109,54
53	390,6	47,66
54	401,4	47,66
55	368,7	16,55
56	394,1	0,84
57	352,4	0,53
58	378,5	0,70
59	194	2,00
60	218,2	1,01
61	396,1	1,04
62	300,5	3,97
63	326,8	0,08

Continuación de la tabla I.

64	396,5	3,64
65	500	0,09
66	287,8	1,56
67	285,2	2,08
68	179,4	0,54
69	191,4	0,18
70	318,8	3,04
71	194	1,76
72	234,8	1,76
73	436,6	28,54
74	407,2	28,54
75	208,4	1,44
76	369,2	0,88
77	171,1	6,14
78	176,3	0,29
79	443	0,53
80	404,9	0,53
81	304,6	0,21
82	261,2	1,94
83	239,2	47,90

Fuente: elaboración propia, con datos recopilados en el ingenio Santa Ana, realizada en Microsoft Excel 2016.

Figura 10. Pared lateral caldera número 6



Fuente: elaboración propia, fotografía tomada en la pared lateral de la caldera número 6, ingenio Santa Ana, utilizando software Smart View.

Figura 11. Aislamiento en mal estado de ventilador "over fire"



Fuente: elaboración propia, fotografía tomada en la instalación donde está el ventilador, ingenio Santa Ana.

Figura 12. **Pared lateral en mal estado por sobrecalentamiento**



Fuente: elaboración propia, fotografía tomada en la pared lateral donde se ubica la caldera, ingenio Santa Ana.

Figura 13. **Ducto sin aislamiento térmico**



Fuente: elaboración propia, fotografía tomada en el ducto térmico del ingenio Santa Ana.

2.1.2. Histórico de las propiedades del bagazo

El bagazo de caña de azúcar es la principal fuente de combustible utilizado en el ingenio Santa Ana para la generación de vapor de agua, por lo cual se analizaron los datos históricos del mismo para posteriormente utilizar dicha información para la cuantificación de pérdidas caloríficas en las paredes de la caldera No. 6 a estudiar.

El bagazo posee características como: poder calorífico, humedad, trash mineral, se lleva un registro de estos valores, ya que son de importancia para verificar el rendimiento del combustible. La tabla 2 muestra la información diaria del análisis de bagazo en la zafra 2017 - 2018.

Tabla II. **Propiedades del bagazo**

ZAFRA 2017-2018				
Día	Humedad [%]	Fibra [%]	Poder calorífico	Trash mineral
001 - 15/11/2017	49,63	46,58	3 566,25	2,40
002 - 16/11/2017	49,12	47,64	3 818,00	2,78
003 - 17/11/2017	48,30	48,21	3 905,50	2,33
004 - 18/11/2017	49,63	46,63	3 218,50	2,53
005 - 19/11/2017	47,63	49,38	3 508,00	2,70
006 - 20/11/2017	48,47	48,01	3 644,00	2,74
007 - 21/11/2017	48,67	47,85	3 555,67	2,30
008 - 22/11/2017	47,50	49,27	3 747,67	2,83
009 - 23/11/2017	48,85	47,99	3 547,00	2,76
010 - 24/11/2017	47,37	49,34	3 613,33	2,73

Continuación de la tabla II.

011 - 25/11/2017	47,97	49,19	3 764,33	2,51
012 - 26/11/2017	46,62	50,18	3 745,00	3,17
013 - 27/11/2017	47,37	49,12	3 872,50	2,57
014 - 28/11/2017	46,67	50,13	3 689,50	2,44
015 - 29/11/2017	46,83	50,24	3 807,50	3,01
016 - 30/11/2017	46,83	49,70	3 862,67	3,47
017 - 01/12/2017	47,60	48,74	4 096,67	3,52
018 - 02/12/2017	49,23	47,90	3 799,00	2,82
019 - 03/12/2017	48,76	47,98	3 981,33	2,66
020 - 04/12/2017	50,10	46,65	4 130,67	2,33
021 - 05/12/2017	50,03	46,61	3 859,67	3,10
022 - 06/12/2017	47,80	49,02	4 183,00	2,89
023 - 07/12/2017	46,73	49,92	3 865,00	2,77
024 - 08/12/2017	47,33	49,50	3 718,00	4,03
025 - 09/12/2017	48,70	47,71	3 731,00	3,52
026 - 10/12/2017	48,25	48,41	3 657,33	3,01
027 - 11/12/2017	48,50	48,39	3 986,33	2,68
028 - 12/12/2017	49,50	47,17	3 704,50	2,97
029 - 13/12/2017	47,64	49,21	3 939,00	2,75
030 - 14/12/2017	48,00	48,55	3 896,00	2,85
031 - 15/12/2017	47,30	49,79	4 006,67	2,33
032 - 16/12/2017	48,13	48,30	3 922,67	2,83
033 - 17/12/2017	46,93	50,00	3 675,00	2,79
034 - 18/12/2017	47,65	49,09	4 331,00	3,14
035 - 19/12/2017	47,63	49,23	3 953,33	3,25

Continuación de la tabla II.

036 - 20/12/2017	48,27	48,71	3 873,33	3,26
037 - 21/12/2017	48,15	48,65	3 919,33	2,50
038 - 22/12/2017	48,97	47,85	3 923,67	2,46
039 - 23/12/2017	47,47	49,35	3 847,00	2,25
040 - 24/12/2017	46,83	50,14	3 935,00	3,14
041 - 25/12/2017	47,70	49,49	4 059,67	2,68
042 - 26/12/2017	46,97	49,86	3 781,67	2,75
043 - 27/12/2017	47,33	49,99	3 883,33	2,67
044 - 28/12/2017	47,03	49,98	3 799,33	3,16
045 - 29/12/2017	46,73	50,15	4 156,67	2,27
046 - 30/12/2017	47,17	50,05	3 744,00	2,64
047 - 31/12/2017	47,37	49,82	3 755,33	2,41
048 - 01/01/2018	46,67	50,50	3 922,33	2,55
049 - 02/01/2018	46,89	50,31	3 747,67	2,83
050 - 03/01/2018	47,00	50,07	3 936,33	4,26
051 - 04/01/2018	47,07	50,04	4 020,67	2,64
052 - 05/01/2018	47,10	50,07	3 756,33	2,46
053 - 06/01/2018	46,73	50,36	3 988,00	2,28
054 - 07/01/2018	47,37	49,58	3 845,67	2,52
055 - 08/01/2018	47,03	50,43	3 830,33	2,74
056 - 09/01/2018	46,33	50,84	3 895,67	3,66
057 - 10/01/2018	47,03	50,10	3 955,00	2,54
058 - 11/01/2018	47,30	49,75	3 838,67	2,35
059 - 12/01/2018	47,43	49,89	3 882,00	2,66
060 - 13/01/2018	46,70	50,48	3 887,67	2,89

Continuación de la tabla II.

061 - 14/01/2018	48,23	48,74	3 552,67	2,58
062 - 15/01/2018	46,43	50,82	4 021,33	2,74
063 - 16/01/2018	47,27	49,48	3 736,33	2,78
064 - 17/01/2018	47,27	49,81	3 937,33	2,71
065 - 18/01/2018	47,03	50,12	3 951,00	2,54
066 - 19/01/2018	46,76	50,59	3 735,67	3,99
067 - 20/01/2018	46,67	50,41	3 930,33	2,40
068 - 21/01/2018	47,30	49,65	3 920,00	2,50
069 - 22/01/2018	46,63	50,55	3 683,67	2,97
070 - 23/01/2018	46,30	50,77	3 845,67	3,02
071 - 24/01/2018	46,40	50,70	3 900,33	2,64
072 - 25/01/2018	47,33	49,06	3 827,00	2,55
073 - 26/01/2018	46,97	50,08	3 969,67	2,57
074 - 27/01/2018	48,13	48,88	3 803,67	2,25
075 - 28/01/2018	48,50	48,42	3 888,00	2,61
076 - 29/01/2018	47,77	49,51	3 791,33	2,12
077 - 30/01/2018	47,00	49,94	3 832,00	2,08
078 - 31/01/2018	47,53	49,45	3 694,00	2,32
079 - 01/02/2018	46,87	50,23	3 793,33	2,12
080 - 02/02/2018	46,73	50,32	3 801,67	2,52
081 - 03/02/2018	45,96	50,95	3 750,00	2,66
082 - 04/02/2018	46,33	50,50	3 787,00	2,21
083 - 05/02/2018	47,83	48,84	3 833,00	3,70
084 - 06/02/2018	46,93	49,87	3 781,67	2,95
085 - 07/02/2018	47,20	49,69	3 891,33	3,23

Continuación de la tabla II.

086 - 08/02/2018	46,33	50,68	3 731,67	3,21
087 - 09/02/2018	47,77	49,45	4 028,67	2,85
088 - 10/02/2018	48,25	49,21	4 098,33	3,05
089 - 11/02/2018	47,03	50,09	3 635,33	2,85
090 - 12/02/2018	47,37	50,15	4 031,00	2,38
091 - 13/02/2018	46,84	50,47	3 799,33	3,94
092 - 14/02/2018	47,67	49,58	3 670,00	3,04
093 - 15/02/2018	47,97	49,26	3 996,67	2,07
094 - 16/02/2018	47,07	49,97	3 845,67	2,40
095 - 17/02/2018	47,50	49,38	3 809,00	2,30
096 - 18/02/2018	47,53	49,51	3 923,00	2,42
097 - 19/02/2018	47,77	49,32	3 936,67	3,91
098 - 20/02/2018	47,37	50,03	4 034,67	3,49
099 - 21/02/2018	47,63	49,60	4 139,33	3,39
100 - 22/02/2018	49,04	48,44	3 918,33	
Promedio	47,54	49,41	3 847,42	1314,79

Fuente: elaboración propia, con información proporcionada por el laboratorio de la empresa, realizada en Microsoft Excel 2016.

2.1.3. Cálculo de pérdidas de calor

Las pérdidas de calor se determinaron mediante la utilización de las leyes de enfriamiento de Newton y la ley de transferencia de calor de Fourier; estas toman en cuenta el flujo de calor dentro y fuera de la caldera, también aspectos como el coeficiente de convección de los materiales involucrados y las áreas superficiales donde se está transfiriendo la energía calórica.

Utilizando los datos obtenidos mediante la termografía infrarroja que fueron realizadas en la superficie exterior de la caldera número 6, se obtuvieron los siguientes datos:

Tabla III. **Pérdidas de calor (situación actual)**

Imagen	Temperatura promedio en °F	Ft ²	BTU/Ft ² Hr	3E+ [BTU/Ft ² Hr]
1	485,96	6	1 772,17	1 426,0
2	230,8	0,83	403,46	316,7
3	434,4	11,64	1 418,49	1 136,0
4	512,2	14,54	1 967,17	1 584,0
5	675,1	4.5	3 404,04	2 841,0
6	474,7	0,31	1 691,60	1 357,0
7	186,6	0,63	263,56	194,8
8	223,6	1,83	378,72	295,6
9	223,3	0,54	377,70	294,7
10	283,6	13,14	608,20	486,6
11	376,3	11,96	1 066,74	854,5
12	177,9	1,56	239,41	172,9
13	231,4	6,5	405,56	318,4
14	285,1	30,92	614,62	491,8
15	251,6	111,78	479,23	380,4
16	288,6	1,07	629,71	504,1
17	263,7	0,83	526,23	419,4
18	235,6	0,49	420,38	331,0
19	200,1	0,38	303,25	230,1

Continuación de la tabla III.

20	638,9	7,94	3 051,04	2 520,0
21	453,2	0,9	1 542,93	1 237,0
22	455,5	0,83	1 558,51	1 249,0
23	300	5	680,13	545,0
24	500	0,95	1 875,25	1 508,0
25	194	6,39	284,99	213,9
26	216,9	1,08	356,37	276,4
27	205,9	0,42	321,12	245,7
28	207,6	0,1	326,45	250,4
29	247,8	63	464,91	368,4
30	238,3	0,21	430,05	485,6
31	193	0,08	282,04	211,3
32	576,4	2,01	2 486,90	2 024,0
33	237,3	4,58	426,46	336,1
34	358	4,03	966,22	774,4
35	194	0,13	284,99	213,9
36	194	1,17	284,99	213,9
37	165,1	1,67	205,89	124,1
38	180	2,44	245,14	178,1
39	184,4	1,17	257,35	189,2
40	153,1	0,26	176,65	114,6
41	500	171,24	1 875,25	1 508,0
42	256,3	382,91	497,23	395,4
43	199,5	1,92	301,43	228,4

Continuación de la tabla III.

44	186,1	0,66	262,15	193,5
45	226,8	138,33	389,62	304,9
46	194	1,56	284,99	213,9
47	194	0,35	284,99	213,9
48	253,3	0,22	485,70	385,8
49	286,9	3,75	622,36	498,2
50	155,3	1,33	181,85	119,6
51	194	48	284,99	213,9
52	194	63,75	284,99	213,9
53	390,6	47,56	1 148,71	919,9
54	401,4	47,57	1 212,61	971,0
55	368,7	16,65	1 024,40	820,8
56	394,1	0,83	1 169,23	936,3
57	352,4	0,53	936,44	750,6
58	378,5	0,69	1 079,16	846,4
59	194	2	284,99	213,9
60	218,2	1	360,66	280,0
61	396,1	1,04	1 181,04	945,8
62	300,5	3,97	682,39	546,8
63	326,8	0,08	806,18	646,5
64	396,5	3,65	1 183,41	947,6
65	500	0,08	1 875,25	1508,0
66	287,8	1,56	626,25	501,3
67	285,2	2,09	615,05	492,2

Continuación de la tabla III.

68	179,4	0,54	243,49	176,6
69	191,4	0,18	277,37	207,1
70	318,8	3,04	767,45	615,4
71	194	1,78	284,99	213,9
72	234,8	1,78	417,54	328,6
73	436,6	28,54	1 432,78	1 148,0
74	407,2	28,54	1 247,64	999,0
75	208,4	1,44	328,98	252,6
76	369,2	0,88	1 027,15	823,0
77	171,1	6,14	221,30	156,3
78	176,3	0,29	235,09	169,0
79	443	11,64	1 474,77	1 181,0
80	404,9	11,64	1 233,69	987,8
81	304,6	0,21	701,02	561,9
82	261,2	1,94	516,34	411,2
83	239,2	47,92	433,29	341,9

Fuente: elaboración propia, con datos recopilados por el investigador, realizada en Microsoft Excel 2016.

En la tabla III se observan los valores calculados mediante la utilización de las leyes antes mencionadas y el valor obtenido utilizando el programa 3E Plus, diseñado por NAIMA, asociación de fabricantes de aislamientos de Norteamérica. Los valores muestran una variación del 22 % con respecto a los calculados mediante las fórmulas, esto debido a que se toman aspectos como la velocidad del viento, tipo de superficie y propiedades específicas de las aislantes.

Tabla IV. **Resumen de pérdidas de calor en caldera número 6**

Temperatura promedio [°F]	Superficie sin aislar [ft²]	Pérdidas sin aislamiento [BTU/hr*ft²]
295	1413,63	894 084

Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Excel 2016.

2.2. Pérdidas económicas

Las pérdidas generadas por el deficiente aislamiento térmico en el equipo en análisis son elevadas, lo cual torna elevados los costos de operación del equipo.

2.2.1. Costo total por las pérdidas de calor

Dentro de los factores más notorios en los costos se encuentra el desperdicio del combustible, porque su poder calorífico no es aprovechado para la transformación de agua a vapor de agua, sino que esta energía es liberada al ambiente, ocasionando la disminución de la eficiencia de la caldera, volviendo la operación muy costosa y peligrosa para el personal a cargo del funcionamiento de la caldera.

2.2.1.1. Consumo de combustible

Ingenio Santa Ana tiene una zafra de 180 días, la caldera número 6 produce 260 000 lb_{vapor}/hr; a 600 psi. Esta caldera es alimentada con bagazo de caña, este combustible posee las propiedades que se muestran en la tabla V.

Tabla V. Resumen propiedades del bagazo de caña

Humedad [%]	Fibra [%]	Poder calorífico [BTU/lb]	Trash mineral	Costo [USD/Ton]
47,54	49,41	3847,42	1314,79	60

Fuente: elaboración propia, información proporcionada por el laboratorio de fábrica de la empresa, realizada en Microsoft Excel 2016.

Pérdidas de combustible_{zafra/sin aislamiento}

$$= \frac{\text{Pérdida energética}_{\text{sin aislamiento}} \frac{\text{BTU}}{\text{Hr.}}}{\text{Poder calorífico} \frac{\text{BTU}}{\text{lb}} * 2204.62 \frac{\text{lb}}{\text{Ton}}} * \frac{\text{Horas de operación}}{1 \text{ año zafra}} \left[\text{Ton}/\text{zafra} \right]$$

Pérdidas de combustible_{zafra/sin aislamiento}

$$= \frac{894\,084 \frac{\text{BTU}}{\text{Hr.}}}{3847,42 \frac{\text{BTU}}{\text{lb}} * 2204.62 \frac{\text{lb}}{\text{Ton}}} * \frac{4\,320 \text{ Hr.}}{1 \text{ año zafra}} \left[\text{Ton}/\text{zafra} \right]$$

$$\text{Pérdidas de combustible}_{\text{año/sin aislamiento}} = 455,36 \frac{\text{Ton}}{\text{zafra}}$$

$$\text{Costo de combustible}_{\text{año/sin aislamiento}} = 455,36 \frac{\text{Ton}}{\text{zafra}} * 60 \frac{\text{USD}}{\text{Ton}}$$

$$\text{Costo de combustible}_{\text{año/sin aislamiento}} = 27\,321,60 \frac{\text{USD}}{\text{zafra}}$$

La energía calorífica que no es aprovechada dentro de la caldera, tal y como se observa en los cálculos anteriores, es una cantidad considerable; lo que ocasiona el no aprovechamiento de 456 toneladas de combustible al año, a un costo de US\$ 60,00 la tonelada; lo cual, traducido a moneda local corresponde a Q 210 000,00 anuales.

3. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL

3.1. Oportunidades de ahorro energético

La disminución de consumo de bagazo de caña es la principal oportunidad para lograr tanto un ahorro económico, como el aumento de la eficiencia de la caldera, teniendo más disponibilidad de producción de vapor de agua.

Estas acciones serian positivas para la empresa, tanto para la reducción de costos de operación, como para el ambiente, por la disminución de quema de combustible.

Una de las principales causas de las pérdidas de calor en la caldera es el aislamiento deficiente o inexistente en el equipo, lo cual provoca la pérdida de energía por la radiación y convección en la superficie de la caldera. Por lo que la reparación o mejoramiento del aislamiento es de gran beneficio para reducir las pérdidas energéticas.

3.1.1. Rehabilitación de refractario y aislamiento térmico

Con base en los estudios de la fase de anterior se determinó que el refractario y aislamiento térmico se encuentran en mal estado, esto a causa de su mal manejo al momento de la instalación. Por esta razón se propone la rehabilitación de estos materiales para obtener un ahorro energético.

3.1.1.1. Situación propuesta

La propuesta de mejora se basará en los parámetros de seguridad admitidos para garantizar el bienestar de los colaboradores que se encuentren trabajando en los alrededores de los equipos en investigación. Para ello se define como temperatura máxima 140 °F en las superficies.

Dentro de las mejoras a realizar está el reemplazo de 1 414 pies cuadrados de fibra minera, para lo cual se utilizaría fibra de alta densidad con capacidad de soporte de hasta 2 000 °F; para lograr las mejoras se requiere instalar una capa de fibra de 1,24 pulgadas de espesor, por lo que se propone la utilización de un espesor de dos pulgadas en las paredes y techo de la caldera. También se cambiaría la lámina que esté dañada, esto para las paredes laterales de la caldera. Para el techo de la caldera se recomienda el cambio del cemento refractario por uno nuevo, para evitar las fugas de gas del hogar hacia el exterior de la caldera.

3.1.1.2. Cálculo de pérdidas con rehabilitación de aislamiento

Tomando en cuenta lo establecido sobre la temperatura máxima admitida, se deben realizar los cálculos correspondientes para la determinación de las pérdidas, habiendo implementado las mejoras antes propuestas.

En la tabla VI se muestran los resultados obtenidos:

Tabla VI. **Pérdidas de calor con rehabilitación de aislamiento**

IMAGEN	TEMP promedio en °F	Ft²	BTU/Ft²Hr	3E+	BTU/hr
1	140	6,00	147,15	62,0	372
2	140	0,83	147,15	31,6	26
3	140	11,64	147,15	41,4	482
4	140	14,54	147,15	39,4	573
5	140	4,50	147,15	43,8	197
6	140	0,31	147,15	40,3	13
7	140	0,63	147,15	33,6	21
8	140	1,83	147,15	29,8	55
9	140	0,54	147,15	29,8	16
10	140	13,14	147,15	32,8	430
11	140	11,96	147,15	40,4	483
12	140	1,56	147,15	30,2	47
13	140	6,50	147,15	31,8	207
14	140	30,92	147,15	33,0	1 022
15	140	111,78	147,15	37,0	4 131
16	140	1,07	147,15	33,7	36
17	140	0,83	147,15	40,1	33
18	140	0,49	147,15	32,9	16
19	140	0,38	147,15	39,0	15
20	140	7,94	147,15	40,1	318
21	140	0,90	147,15	37,5	34
22	140	0,83	147,15	37,8	31

Continuación de la tabla V.

23	140	5,00	147,15	36,0	180
24	140	0,95	147,15	43,7	42
25	140	6,39	147,15	36,5	233
26	140	1,08	147,15	28,2	30
27	140	0,42	147,15	25,5	11
28	140	0,10	147,15	25,9	3
29	140	63,00	147,15	36,0	2 266
30	140	0,21	147,15	33,5	7
31	140	0,08	147,15	36,1	3
32	140	2,01	147,15	41,9	84
33	140	4,58	147,15	33,3	152
34	140	4,03	147,15	37,3	150
35	140	0,13	147,15	36,5	5
36	140	1,17	147,15	36,5	43
37	140	1,67	147,15	15,8	26
38	140	2,44	147,15	19,2	47
39	140	1,17	147,15	20,3	24
40	140	0,26	147,15	13,0	3
41	140	171,24	147,15	43,7	7 487
42	140	382,91	147,15	38,2	14 620
43	140	1,92	147,15	23,9	46
44	140	0,66	147,15	20,7	14
45	140	138,33	147,15	30,6	4 236
46	140	1,56	147,15	36,5	57

Continuación de la tabla V.

47	140	0,35	147,15	36,5	13
48	140	0,22	147,15	37,4	8
49	140	3,75	147,15	26,2	98
50	140	1,33	147,15	13,5	18
51	140	48,00	147,15	36,5	1 754
52	140	63,75	147,15	36,5	2 329
53	140	47,56	147,15	42,8	2 036
54	140	47,57	147,15	44,7	2 125
55	140	16,65	147,15	39,1	651
56	140	0,83	147,15	43,4	36
57	140	0,53	147,15	36,4	19
58	140	0,69	147,15	40,8	28
59	140	2,00	147,15	36,5	73
60	140	1,00	147,15	28,5	28
61	140	1,04	147,15	43,8	46
62	140	3,97	147,15	36,0	143
63	140	0,08	147,15	32,3	3
64	140	3,65	147,15	43,8	160
65	140	0,08	147,15	43,7	3
66	140	1,56	147,15	33,6	52
67	140	2,09	147,15	33,1	69
68	140	0,54	147,15	19,1	10
69	140	0,18	147,15	21,9	4
70	140	3,04	147,15	31,1	94

Continuación de la tabla V.

71	140	1,78	147,15	36,5	65
72	140	1,78	147,15	32,6	58
73	140	28,54	147,15	41,8	1 192
74	140	28,54	147,15	45,7	1 304
75	140	1,44	147,15	26,1	38
76	140	0,88	147,15	39,2	34
77	140	6,14	147,15	17,1	105
78	140	0,29	147,15	18,4	5
79	140	11,64	147,15	42,7	497
80	140	11,64	147,15	37,2	433
81	140	0,21	147,15	36,9	8
82	140	1,94	147,15	39,5	77
83	140	47,92	147,15	33,8	1 618

Fuente: elaboración propia, con datos obtenidos en la empresa, realizada en Microsoft Excel
2016

3.1.1.3. Comparativa situación actual *versus* situación propuesta

En la tabla VII se observa el comportamiento de las pérdidas en la caldera, esto si se implementaran las mejoras propuestas en el aislamiento térmico. Con la información obtenida se determina que:

$$Pérdida\ energética_{sin\ aislamiento} = 894,084 \frac{BTU}{Hr.}$$

$$P\acute{e}rdida\ energ\u00e9tica_{con\ aislamiento} = 53,390 \frac{BTU}{Hr.}$$

$$Ahorro\ energ\u00e9tico = 840,694 \frac{BTU}{Hr.}$$

$$Ahorro\ energ\u00e9tico_{anual} = 3\ 631\ 798,080 \frac{BTU}{a\u00f1o}$$

$$P\acute{e}rdidas\ de\ combustible_{a\u00f1o/sin\ aislamiento} = 455,36 \frac{Ton}{zafra}$$

$$P\acute{e}rdidas\ de\ combustible_{\frac{zafra}{con\ aislamiento}} = \frac{53\ 390 \frac{BTU}{Hr.}}{3847,12 \frac{BTU}{lb} * 2204,62 \frac{lb}{Ton}} * \frac{4\ 320\ Hr.}{1\ a\u00f1o\ zafra} [Ton/a\u00f1o]$$

$$P\acute{e}rdidas\ de\ combustible_{zafra/con\ aislamiento} = 27,17 \frac{Ton}{zafra}$$

$$Ahorro\ de\ combustible = 455,36 - 27,17 \frac{Ton}{zafra}$$

$$Ahorro\ de\ combustible = 428,19 \frac{Ton}{zafra}$$

$$Beneficio\ econ\u00f3mico = 428,19 \frac{Ton}{zafra} * 60 \frac{USD}{Ton}$$

$$Beneficio\ econ\u00f3mico = 25691,40 \frac{USD}{zafra} \cong 196\ 000 \frac{QTZ}{zafra}$$

Se puede observar que si se realizaran las mejoras propuestas se podr\u00edan reducir las p\u00e9rdidas hasta en un 94 %, lo cual generar\u00eda un beneficio econ\u00f3mico de Q196 000,00 para la empresa.

En la siguiente tabla puede observarse la comparativa de la situaci\u00f3n actual versus la situaci\u00f3n propuesta.

Tabla VII. **Situación actual versus situación propuesta**

Acciones	Unidad de medida	Cantidad
Días de operación zafra	Día/zafra	180
Superficie sin aislar	Pie ²	1 414
Pérdida energética por área (sin aislamiento)	BTU/hora	894 084
Pérdida de bagazo por día	Ton/día	2,53
Pérdida de bagazo (zafra)	Ton/zafra	455,36
Costo de pérdidas sin aislamiento	USD	27 321,84
Pérdida energética por área (con aislamiento)	BTU/hora	53 390
Pérdida de bagazo por día	Ton/día	0,15
Pérdida de bagazo (zafra)	Ton/zafra	27,17
Costo de pérdidas con aislamiento	USD	1 631,52

Fuente: elaboración propia, realizada en Microsoft Office 2016

3.2. Inversión para implementación de mejoras

En seguida se describen los costos calculados en relación con la implementación propuesta.

3.2.1. Estimación de materiales

Los materiales a utilizar se muestran en la tabla 8; estos se calcularon con base en el área superficial que se encuentra en mal estado.

Tabla VIII. **Listado de materiales para la propuesta de mejora**

Descripción	Unidad	Costo unitario	Total USD
Lámina lisa aluminizada c. 26, Econoalum	200	46	1 202,6
Tornillo busca rosca de 1/4 x 1-1/2 punta de broca	275	0,2	7,2
Remache de 1/8 x3/4" pop	200	0,08	2,1
Concreto refractario aislante k-1000	13	324,8	551,9
Alambre de amarre corriente	7,1	4,8	4,5
Broca de 5/32" p/hierro	4	9,8	5,1
Broca de cobalto de 1/8"	6	17,0	13,3
Cilindro de oxígeno	1	168,5	22,0
Disco de corte de acero inox. de 4.1/2" (met. 115 x 1,0 x 22,23 mm, 4.1/2" x 0,040 x 7/8")	5	13,4	8,8
Disco de pulir 1/4" x 9"	4,3	37,1	20,8
Electrodo de 1/8 6011	41,4	8,0	43,3
Electrodo de 1/8 7018 h. fundido	14,3	7,8	14,6
Hembra de 3/8" x 3"	14,3	15,7	29,4
Nylon plástico color negro	7,1	6,4	5,9
Remache de 1/8 x3/4" pop	5 000	0,1	45,8
Tiza	2	0,6	0,1
Tornillo p/lámina de 1/4" x 1" <i>polzer</i> punta tipo broca	1 333	0,2	40,1
Vidrio claro p/careta	12	0,7	1,0
Vidrio oscuro p/careta # 12	3	1,7	0,7
Fibra mineral Morgan 2"	1 414	0,71	997,86

\$ 3 016,55

Fuente: elaboración propia, realizada en Microsoft Excel 2016

3.2.2. Periodo necesario para reparación

La implementación de las mejoras se llevaría a cabo en el periodo denominado “reparación”, el cual es de aproximadamente seis meses; de mayo a octubre; en dicho periodo se realizará el mantenimiento correctivo y preventivo de los equipos de la empresa, ya que la caldera debe estar totalmente fría. Para el cumplimiento de las metas propuestas deberá participar todo el personal operativo del departamento de calderas, un equipo aproximado de 36 personas, entre quienes se encuentran albañiles, soldadores, mecánicos y personal de limpieza.

3.2.3. Costo total de la intervención

La inversión para realizar el mejoramiento del estado de la caldera número 6, es de aproximadamente de US\$ 3 500,00 en materiales.

Debido a políticas de la empresa no se logró tener acceso a la información sobre costos de mano de obra, por lo cual solo se tomará el material a utilizar dentro de la inversión que debería realizarse para el mejoramiento. Por tal motivo se tomará como base el salario mínimo; para la realización de las mejoras se tomarán un promedio de 8 personas durante los 6 meses de intervención. Con lo cual se obtiene una inversión en mano de obra de US\$ 18 000.00 para la reparación.

3.3. Periodo de recuperación de la inversión

Con base en la oportunidad de ahorro económico obtenido por las mejoras propuestas y tomando en cuenta los costos de inversión de aproximadamente US\$ 21 500,00 se obtiene:

$$\text{Recuperación de inversión} = \frac{\text{Inversión USD}}{\text{Oportunidad de ahorro} \frac{\text{USD}}{\text{año}}}$$

$$\text{Recuperación de inversión} = \frac{21\,500 \text{ USD}}{25\,700 \frac{\text{USD}}{\text{año}}} = 0,83 \text{ años}$$

Una atractiva tasa de recuperación de la inversión; lo cual hace rentable la intervención.

4. FASE DE DOCENCIA

4.1. Programa de capacitación sobre seguridad y salud ocupacional

Este programa se llevó a cabo con el apoyo del departamento de seguridad industrial de la empresa, el cual es liderado por el Ing. Walter Canales; se implementó con el fin de promover las buenas prácticas en la realización de las diversas tareas dentro de la empresa.

Para ello se crearon instructivos simples, con la información adecuada, con base en las normativas nacionales vigentes, como el Acuerdo Gubernativo 229-2014 y sus reformas, así también la Norma de reducción de desastres número dos (NRD-2).

El programa consistió en la realización de charlas semanales para el personal operativo, y así concientizarlos sobre la importancia de las buenas prácticas, con el fin de evitar los accidentes y mejorar la calidad de vida laboral en los colaboradores.

Estas charlas se impartieron a los colaboradores del departamento de patios y calderas del ingenio Santa Ana, en grupos de 60. Se realizaron una vez por semana, con una duración aproximada de 20 minutos.

Figura 14. **Charla sobre seguridad industrial al equipo operativo de calderas**



Fuente: elaboración propia, fotografía tomado por el investigador.

En el programa establecido se impartieron las charlas que se mencionan a continuación:

4.1.1. Charla “Instructivo de seguridad”

Realizada la primera semana de reparación del 2018, este instructivo tiene como objetivo dar a conocer la normativa interna de trabajo de la empresa; así como informar cuál es el equipo de protección mínimo que se debe utilizar y los diferentes tipos de trabajos especiales que se realizan dentro de la empresa.

Figura 15. Charla "Instructivo de seguridad"

[Mostrar la página anterior (tecla izquierda)]

Trabajos especiales.

Para trabajos que presentan un alto riesgo para los colaboradores se han implementado procedimientos para garantizar la salud y seguridad por lo que su cumplimiento es de carácter obligatorio.

Si usted desarrolla alguna de las siguientes actividades.

1. Trabajos en Altura (trabajo a más de 1.8 mts).
2. Trabajos en Caliente (Riesgo de incendio).
3. Trabajos de mantenimiento o limpieza de la Sub-estación eléctrica.
4. Trabajos en áreas confinadas.

Es necesario que solicite los procedimientos anteriores a su supervisor inmediato y cumpla con las indicaciones y registros que allí se indican.



Prevención de Incendios

Los equipos contra incendios son para usarlos únicamente en caso de incendio. Está prohibido su uso para algún otro fin sin la debida autorización.

Se prohíbe el almacenamiento de materiales cerca o alrededor de los extintores o equipo contra emergencias que puedan impedir el libre acceso a los mismos.

Recomendaciones

Cumpla con las normas de seguridad establecidas para el desarrollo de sus actividades.

Utilice correctamente su equipo de seguridad.

Reporte las condiciones inseguras de trabajo a su jefe o supervisor inmediato.

Evite las situaciones de riesgo e **INFÓRMESE** antes de realizar un trabajo donde desconozca el procedimiento seguro.

Instructivo de seguridad



1. Política de Seguridad Industrial

En Grupo Corporativo Santa Ana, estamos comprometidos a proveer y mantener ambientes seguros e higiénicos de trabajo, para proteger la vida y la salud de todos nuestros colaboradores.

Siendo de nuestro interés que ningún trabajo será tan importante o urgente que no tome en cuenta para su desarrollo las normas de seguridad establecidas.

[Mostrar la página siguiente (tecla derecha)]

**CHARLA DE SEGURIDAD No.1
INSTRUCTIVO DE SEGURIDAD INDUSTRIAL.**

Para lograr un ambiente seguro e higiénico dentro de nuestras instalaciones le solicitamos leer y cumplir las siguientes normas:

Normas internas de trabajo:

1. Mantenga siempre limpia y ordenada su área de trabajo. (se realizan auditorias para evaluar cada área de trabajo)



2. Use los equipos de protección personal requeridos para el trabajo que realiza y pida su reposición cuando se deterioren.
3. Debe prestar siempre atención a su trabajo. La falta de atención es una de las principales causas de accidentes

4. Antes de utilizar cualquier herramienta, verifique el buen estado de la misma. Si encuentra algún daño o desperfecto no la utilice y repórtela al jefe o supervisor.



5. Use la herramienta apropiada para cada trabajo, hágalo en forma correcta y segura.
6. Evite bromas y juegos en el trabajo, éstos causan accidentes.
7. Debe prestar siempre atención a su trabajo. La falta de atención es una de las principales causas de accidentes.
8. Fumar, ingerir licor o consumir cualquier tipo de alimento dentro del ingenio está totalmente prohibido.



9. Esta prohibido el uso de audifonos

Equipo de Protección Personal

Es responsabilidad del jefe de seguridad determinar y proporcionar el equipo e protección personal requerido de acuerdo a la actividad que usted desempeña, y es responsabilidad del trabajador usarlos durante su jornada de trabajo.

Para poder ingresar a las instalaciones de la división industrial usted debe portar:

1. Camet de identificación
2. Uniforme proporcionado por el ingenio
3. Casco de protección
4. Zapatos industriales

Para realizar sus distintas tareas debe utilizar el equipo de seguridad adecuado, por ejemplo:

Es obligatorio el uso de lentes para trabajos de cincelado, aire comprimido, limpieza o cuando exista el peligro de partículas proyectadas o de herramientas que puedan astillarse.

El uso de guantes es obligatorio para las actividades que así lo requieran, siendo las características del guante adecuadas a los riesgos propios de los trabajos a ejecutar.

Es obligatorio el uso de careta de soldador y gafas protectoras para todos los trabajo de corte y soldadura.

Fuente: documento proporcionado por el departamento de SSO de la empresa.

4.1.2. Charla “Manipulación de cargas”

El objetivo de esta charla es demostrar cuáles son los factores que influyen para el levantamiento de cargas, así como los riesgos que se corren al no realizar de manera de adecuada la tarea. Entre las consecuencias se pueden encontrar lesiones en la columna, esguinces en los tobillos y muñecas, entre otros; por ello deben de seguirse los pasos expuestos en la charla.

Figura 16. Instructivo de charla "Manipulación manual de cargas"

MANIPULACIÓN MANUAL DE CARGAS

La manipulación manual de cargas favorece procesos en las empresas, pero de igual forma puede entrañar efectos negativos, por lo cual es indispensable tener en cuenta criterios de seguridad y salud en el trabajo.

Las consecuencias desfavorables se evidencian en la salud de la población laboral, durante la manipulación de cargas se pueden presentar accidentes de trabajo que dan lugar a traumatismos agudos, como: **esguinces, desgarros musculares, fracturas, ruptura de ligamentos, contusiones por caída de objetos, atrapamientos, heridas y traumas superficiales con bordes, aristas o superficies irregulares, entre otros.**

Los problemas de la espalda son los más comunes, pero de igual forma, otras partes del cuerpo se pueden ver afectadas, de acuerdo con las exigencias y las características de la tarea que se ejecute. Es así como puede aca-

rrrear enfermedades músculo esqueléticas en los hombros.

Variables determinantes de posibles peligros en la manipulación manual de cargas, género, edad, peso, talla, estado de salud, estilos de vida, capacidad física.

Antes de manipular una carga asegúrese de revisar las siguientes condiciones.

1. Espacio: puede incidir en la postura.



2. Piso: debe evitar trasladar cargas en piso con desniveles, inestable y resbaladizo.

3. Temperatura y humedad del ambiente: Puede incrementar la fatiga. Un ambiente cálido acelera la transpiración y ante la presencia de sudor dificulta en algunos casos el manejo de las herramientas y el agarre de las cargas, implicando que se ejerza mayor fuerza.

4. Iluminación: Si es insuficiente puede aumentar el riesgo de presentar accidentes y llevar a adoptar posturas incómodas para poder visualizar lo que se está realizando.

5. Tamaño de la carga: Si la carga es grande, no es posible seguir las recomendaciones básicas de levantamiento y transporte, como es el caso de mantenerla lo más cerca posible del cuerpo, dado que los músculos se cansarán rápidamente. Igualmente, la forma o el tamaño de la carga, pueden dificultar la visibilidad del trabajador, lo que aumenta las posibilidades de resbalar, tropezar, caer o chocar.

6. Facilidad de agarre: Si existe dificultad para agarrar la carga, puede dar lugar a que el objeto se resbale y ocurran accidentes. Igualmente, si los bordes son afilados o se trata de un material peligroso, puede acarrear lesiones en los trabajadores, en este caso revisar siempre la carga antes de levantarla y utilizar guantes.



7. Estabilidad, compensación: Cuando una carga está descompensada o existe inestabilidad, las exigencias de los músculos y demás estructuras del cuerpo son desiguales, pudiendo dar lugar a fatiga, debido a que el centro de gravedad del objeto se aleja del eje central del cuerpo del trabajador.

Pasos a seguir para levantar una carga.

a) Colocarse cerca de la carga, con los pies separados a fin de mantener el equilibrio, y con el pie derecho hacia adelante.

b) Agacharse, doblando las piernas, manteniendo la espalda en línea recta, para sujetar la carga con la mano completa, no con la punta de los dedos.



Coloca los pies Espalda recta

c) La posición de la barbilla debe ser hacia adentro.

d) Se debe levantar la carga con los brazos, acercándola al cuerpo.

e) Debe levantarse con la fuerza de las piernas, manteniendo el tronco, recto, los brazos flexionados y los codos cerca del cuerpo.

f) La carga se debe mantener cerca del tronco y se debe sostener con la fuerza de los brazos.



Asegura El agarre Camina con paso seguro Primero suelta luego ajusta

Seguridad Industrial

MANIPULACIÓN MANUAL DE CARGAS



SANTA ANA
Grupo Corporativo

Política de Seguridad Industrial

En Grupo Corporativo Santa Ana, estamos comprometidos a proveer y mantener ambientes seguros e higiénicos de trabajo, para proteger la vida y la salud de todos nuestros colaboradores.

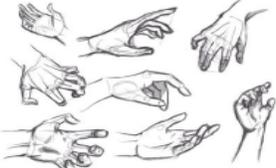
Siendo de nuestro interés que ningún trabajo será tan importante o urgente que no tome en cuenta para su desarrollo las normas de seguridad establecidas.

Fuente: documento proporcionado por el departamento de SSO de la empresa.

4.1.3. Charla “Protección de las manos”

Las manos constituyen una de las posesiones más valiosas que posee el ser humano; estas permiten manejar muchas herramientas que facilitan y hacen mejor la calidad de vida. Sabiendo esto, se creó esta charla para hacer conciencia entre los colaboradores respecto de que todos deben utilizar sus equipos de seguridad con el fin de resguardar la integridad de sus manos al momento de realizar las tareas que se les asignen. Se recalca no solo la utilización del EPP, sino mantener el mismo en buen estado, porque de nada sirve contar con todo el equipo, si este no se encuentra en condiciones óptimas para brindar la seguridad mínima en cada persona.

Figura 17. Charla "Protección de las manos"

<p style="text-align: center;">LAS MANOS</p>  <p>EN LOS TIEMPOS modernos la industria ha desarrollado técnicas y avances de incalculable valor. Casi podría asegurarse que existe una máquina perfecta para cualquier tarea que se realice en la industria. Sin embargo, ¿se han puesto ustedes a pensar en una máquina que pueda apretar, exprimir, torcer, halar, empujar, levantar y aún más, capaz de hablar y sentir? Sí, sí, en serio, ¿saben a qué me refiero? Me refiero a la mano humana.</p> <p>Constantemente usamos nuestras manos, prácticamente cada segundo de cada día. Pero, la mayoría de las veces no prestamos atención a cómo las</p> <th data-bbox="690 1064 1036 1753"><p>usamos. Las manos son una de las posesiones más valiosas que poseemos, pero sin embargo son muy vulnerables. Con demasiada frecuencia ponemos en peligro nuestras manos.</p><p>Se pueden mencionar infinidad de accidentes que han ocurrido a través de años y años, pero a manera de recuento a continuación se mencionaran cuatro de las lesiones en las manos más comunes:</p><p>La primera se refiere a los cortes. La mayoría de las veces ocurren con objetos cortantes como cuchillos, tijeras, hachas, en nuestro entorno esto puede ser provocado por la manipulación de laminas, materiales o herramientas de hierro etc.;</p><p>En este caso debemos utilizar guantes anti corte o guantes de cuero</p><p>En segundo lugar están las lesiones causadas por objetos rotativos, como por ejemplo, por máquinas o aparatos que tienen aletas giratorias</p><p>En tercer lugar tenemos los objetos punzantes. Efectivamente hay infinidad de éstos que pueden provocar lesiones, por ejemplo: destornilladores, varillas de hierro.</p><th data-bbox="1063 1064 1421 1753"><p>Y, en cuarto lugar se puede mencionar los golpes aplastantes. ¿Quién aquí nunca ha pasado por la experiencia de martillarse un dedo? <i>(El Supervisor debe dar cierto tiempo a los participantes para que expresen sus experiencias)</i>. Hasta una pequeña cortada en un dedo suele resultar molesta y sumamente incómoda para la realización de nuestras tareas diarias.</p><p>Nuestras manos están constantemente expuestas a peligros. Cada año miles de manos y dedos se lesionan, y muchos se pierden, por accidentes sufridos en el trabajo o fuera del trabajo. Las lesiones en las manos ocupan el segundo lugar en la escala de accidentes ocupacionales.</p><p>En nuestra planta, como ustedes saben, han ocurrido algunos de estos accidentes. Para que no se repitan, hoy debemos recordar que debemos emplear procedimientos correctos cada vez que utilicen las manos, manténganlas fuera de los lugares donde puedan ser atrapadas al manejar materiales, enganchar eslingas, empujar carretillas, limpiar válvulas, trabajar con polipastos y trabajar con sierras u otras máquinas semejantes. Nunca metan las manos dentro de una maquinaria en movimiento para repararla, aceitarla o</p></th></th>	<p>usamos. Las manos son una de las posesiones más valiosas que poseemos, pero sin embargo son muy vulnerables. Con demasiada frecuencia ponemos en peligro nuestras manos.</p> <p>Se pueden mencionar infinidad de accidentes que han ocurrido a través de años y años, pero a manera de recuento a continuación se mencionaran cuatro de las lesiones en las manos más comunes:</p> <p>La primera se refiere a los cortes. La mayoría de las veces ocurren con objetos cortantes como cuchillos, tijeras, hachas, en nuestro entorno esto puede ser provocado por la manipulación de laminas, materiales o herramientas de hierro etc.;</p> <p>En este caso debemos utilizar guantes anti corte o guantes de cuero</p> <p>En segundo lugar están las lesiones causadas por objetos rotativos, como por ejemplo, por máquinas o aparatos que tienen aletas giratorias</p> <p>En tercer lugar tenemos los objetos punzantes. Efectivamente hay infinidad de éstos que pueden provocar lesiones, por ejemplo: destornilladores, varillas de hierro.</p> <th data-bbox="1063 1064 1421 1753"><p>Y, en cuarto lugar se puede mencionar los golpes aplastantes. ¿Quién aquí nunca ha pasado por la experiencia de martillarse un dedo? <i>(El Supervisor debe dar cierto tiempo a los participantes para que expresen sus experiencias)</i>. Hasta una pequeña cortada en un dedo suele resultar molesta y sumamente incómoda para la realización de nuestras tareas diarias.</p><p>Nuestras manos están constantemente expuestas a peligros. Cada año miles de manos y dedos se lesionan, y muchos se pierden, por accidentes sufridos en el trabajo o fuera del trabajo. Las lesiones en las manos ocupan el segundo lugar en la escala de accidentes ocupacionales.</p><p>En nuestra planta, como ustedes saben, han ocurrido algunos de estos accidentes. Para que no se repitan, hoy debemos recordar que debemos emplear procedimientos correctos cada vez que utilicen las manos, manténganlas fuera de los lugares donde puedan ser atrapadas al manejar materiales, enganchar eslingas, empujar carretillas, limpiar válvulas, trabajar con polipastos y trabajar con sierras u otras máquinas semejantes. Nunca metan las manos dentro de una maquinaria en movimiento para repararla, aceitarla o</p></th>	<p>Y, en cuarto lugar se puede mencionar los golpes aplastantes. ¿Quién aquí nunca ha pasado por la experiencia de martillarse un dedo? <i>(El Supervisor debe dar cierto tiempo a los participantes para que expresen sus experiencias)</i>. Hasta una pequeña cortada en un dedo suele resultar molesta y sumamente incómoda para la realización de nuestras tareas diarias.</p> <p>Nuestras manos están constantemente expuestas a peligros. Cada año miles de manos y dedos se lesionan, y muchos se pierden, por accidentes sufridos en el trabajo o fuera del trabajo. Las lesiones en las manos ocupan el segundo lugar en la escala de accidentes ocupacionales.</p> <p>En nuestra planta, como ustedes saben, han ocurrido algunos de estos accidentes. Para que no se repitan, hoy debemos recordar que debemos emplear procedimientos correctos cada vez que utilicen las manos, manténganlas fuera de los lugares donde puedan ser atrapadas al manejar materiales, enganchar eslingas, empujar carretillas, limpiar válvulas, trabajar con polipastos y trabajar con sierras u otras máquinas semejantes. Nunca metan las manos dentro de una maquinaria en movimiento para repararla, aceitarla o</p>
--	---	--

Continuación de la figura 17.

<p>ajustarla. Cada vez que tengan que manejar materiales ásperos, usen los guantes adecuados. Recuerden que un mismo tipo de guante no es adecuado para todas las tareas.</p> <p>Nunca usen anillos o pulseras dentro del ingenio o donde puedan quedar éstos enganchados.</p> <p>En caso que alguien se lesione, no importa qué tipo de lesión sea, incluso si se trata sólo de un rasguño, obtengan los primeros auxilios necesarios. Un simple medicamento y un pedazo de gasa puede ser todo lo que se requiera para una cortada pequeña, sin embargo han ocurrido casos de "simples rasguños" que por no ser atendidos y limpiados a tiempo, han quedado expuestos a los microbios y se ha producido una infección que con el paso del tiempo se ha convertido en gangrena y ha sido necesario amputar una mano o un brazo por "un simple rasguño".</p> <p>Para terminar, recuerden una vez más que las manos son verdaderamente, piezas maravillosas que deben admirarse ya que permiten que nos podamos desempeñar eficientemente con poco esfuerzo muy frecuentemente, en forma automática por lo que tenemos que cuidarlas y tratarlas con es-</p>	<p>pecial cuidado y consideración.</p>  <p>Ejemplo de daño causado por golpe aplastante.</p> <p>"La educación de un hombre nunca se completa, sino hasta su lecho de muerte" - Robert E. Lee</p> 	<p>Seguridad Industrial LAS MANOS</p>  <p>SANTA ANA Grupo Corporativo</p> <p>Política de Seguridad Industrial</p> <p>En Grupo Corporativo Santa Ana, estamos comprometidos a proveer y mantener ambientes seguros e higiénicos de trabajo, para proteger la vida y la salud de todos nuestros colaboradores.</p> <p>Siendo de nuestro interés que ningún trabajo será tan importante o urgente que no tome en cuenta para su desarrollo las normas de seguridad establecidas.</p>
---	--	---

Fuente: documento proporcionado por el departamento de SSO de la empresa.

4.1.4. Charla "Protección de los ojos"

La vista es uno de los sentidos más necesarios para la realización de cualquier tipo de tarea, por tal motivo esta charla trató sobre la importancia del cuidado de este órgano, ya que una pérdida del miembro ocular provocaría la incapacidad de laborar casi en cualquier trabajo de precisión, como el que se lleva a cabo dentro del departamento. Se hace recomendación especial sobre el uso de los protectores oculares tales como, gafas, caretas para soldar, caretas al momento de realizar cortes, entre otros.

Figura 18. Charla "Protección de los ojos"



1. Pulidoras, utilizar lentes claros



3. Protección al utilizar equipo de soldadura, Careta de soldador y lentes para cortar.

4. Otro de las tareas donde es obligatorio el uso de lentes es cuando se utiliza el esmeril.

Una de las formas más fáciles y más baratas de proteger nuestros ojos es usando protección ocular. De acuerdo al trabajo que cada uno desempeñe, debemos mantener presente que los lentes regulares, esto es, los recetados para corregir algún defecto de la vista, no proveen la protección adecuada. Aunque las gafas de protección son la mejor protección posible contra peligros oculares, sólo pueden proteger nuestros ojos cuando las usamos. Si la mayoría del tiempo se dejan las gafas protectoras en un bolsillo o en la caja de herramientas, de nada sirve que la empresa se haya ocupado y preocupado para darles a cada uno de ustedes la protección ocular necesaria.

Es importante que se mantengan las gafas de protección en la mejor condición posible. No las dejen tiradas u olvidadas. Es importante también que limpien las gafas regularmente.



Seguridad Industrial
LOS OJOS



SANTA ANA
Grupo Corporativo

Política de Seguridad Industrial

En Grupo Corporativo Santa Ana, estamos comprometidos a proveer y mantener ambientes seguros e higiénicos de trabajo, para proteger la vida y la salud de todos nuestros colaboradores.

Siendo de nuestro interés que ningún trabajo será tan importante o urgente que no tome en cuenta para su desarrollo las normas de seguridad establecidas.

LOS OJOS



Uno de los órganos más valiosos de nuestro cuerpo son los ojos. La vista es uno de los sentidos más necesarios para nuestro desempeño en la vida. Si nos pudiéramos a hablar de todas las ventajas que tenemos con el don de la vista, sería interminable. Basta sólo con cerrar los ojos y pensar que tenemos que vivir toda la vida en ese estado de oscuridad, para comprender de inmediato su utilidad incalculable. *(El supervisor puede pedir a los presentes que cierran los ojos por unos segundos). Traten a ver cuántas cosas podrán hacer y a cuántos lugares podrían ir en esas condiciones. Creo que esa prueba es suficiente demostración del valor incalculable de nuestros ojos.*

Ahora bien, ¿cuidamos suficientemente y protegemos totalmente a nuestros ojos?

La naturaleza nos ha dotado con diferentes defensas para proteger nuestros ojos:

- * **Pestañas.** Se ocupan de capturar el polvo o las pequeñas partículas para que éstas no lleguen a nuestros ojos;
- * **Cejas.** Sirven como un cojín protector para detener, entre otras cosas, el sudor para que no llegue a los ojos;
- * **Lágrimas.** Tienen la función de lubricar los ojos y limpiarlos de cualquier partícula extraña que llegue hasta nuestros ojos; y,
- * **Pupilas.** Se contraen para proteger los ojos de las luces intensas.

Estas defensas naturales protegen a los ojos de posibles lesiones pequeñas, pero no son suficientes para proteger nuestro maravilloso sentido de la vista, que está expuesto muchas veces a peligros mayores, sobre todo en el ambiente de trabajo. Los ojos efectivamente necesitan protección extra cuando se realicen ciertos trabajos, por ejemplo: Hay que protegerse de chispas y salpicaduras

que pueden producirse cuando se corta o martilla algo; cuando se realizan tareas de fundición, protegerse de las chispas de los metales calientes que pueden saltar; y, si se trabaja con sustancias corrosivas o sustancias químicas, como ácidos, usar la protección ocular necesaria, ya que estas sustancias pueden quemar y dañar la superficie del ojo.



1. Protección al manejar productos químicos, utilizar mascarilla Full Face o mascarilla media cara

Fuente: documento proporcionado por el departamento de SSO de la empresa.

4.2. Programa de capacitación sobre buenas prácticas en la instalación de refractarios

Durante la realización del Ejercicio Profesional Supervisado, y tomando en cuenta su objetivo, se vio la necesidad de realizar esta capacitación al verificar que no todo el personal encargado de la instalación de los refractarios está capacitado para la realización de dicha tarea. Por tal motivo se conformó un grupo integrado por colaboradores encargados de la aplicación de los refractarios, supervisores, ingenieros y personal de diferentes casas distribuidoras de material aislante, con el fin de formar personas con los conocimientos necesarios para la manipulación de los materiales.

Como seguimiento de la capacitación, se participó en el seminario de refractarios impartido por la empresa *Allied Mineral Products* en las instalaciones de CENGICAÑA. A la misma asistieron supervisores de obras para ampliar sus conocimientos técnicos de las propiedades de los materiales.

4.2.1. Asesorías durante la instalación de aislamiento térmico

Dentro del programa de capacitación al equipo se estuvo al tanto de la rehabilitación de los materiales en una de las calderas de la empresa, en donde se observaron los errores que se cometían y se brindó la asesoría necesaria para explotar todas las propiedades de los materiales utilizados, que a su vez alargarían la vida útil de los mismos, viéndose beneficiada la empresa porque obtendrían un ahorro económico por tal acción.

En las asesorías impartidas, estuvo la correcta preparación de ladrillos refractarios utilizando cemento refractario K-1000. Uno de los principales errores que se cometían eran la mala mezcla de los materiales (agua y cemento K-1000),

la proporción de la mezcla no era la indicada por el fabricante, por lo que se procedió a la demostración sobre cómo realizar la mezcla de manera adecuada, utilizando las herramientas correctas y el material necesario como una mezcladora mecánica, agua a la temperatura y cantidad ideal, y vibrador para la extracción de las burbujas de aire dentro de la mezcla.

También se instruyó al personal sobre cómo se debían instalar los anclajes antes de la aplicación, tanto de refractarios como de fibras minerales, dependiendo de la aplicación.

Figura 19. **Preparación de mezcla, manera correcta/manera incorrecta**



Fuente: elaboración propia, fotografía tomada en instalaciones de la empresa.

Figura 20. **Instalación de aislamiento térmico**



Fuente: elaboración propia, fotografía tomada en instalaciones de la empresa.

CONCLUSIONES

1. Se determinaron las pérdidas de calor que se encontraban en la superficie de las paredes de la caldera a analizar, en donde se pudo observar que en el 80 % de la superficie de esta se encontraban puntos calientes; esto debido a la mala instalación de los materiales refractarios y aislantes, al momento del montaje o reparación de las paredes de la caldera.
2. Con base en las termografías y análisis de estas, pudo determinarse que las pérdidas ocasionadas por la deficiencia en el aislamiento térmico de la caldera son considerables, lo cual se traduce en una pérdida económica de Q 210 000,00 anuales; esto reduce la rentabilidad del equipo. Por tal motivo es importante la mejora del equipo con el fin de eficientar la caldera, lo que sería un ahorro no solo económico sino energético, aprovechando la capacidad total del poder calorífico del combustible y una reducción de contaminantes por combustible quemado que no se aprovecha su potencial energético.
3. Es de vital importancia la implementación de capacitaciones periódicas con la finalidad de mejorar los procesos, actualizar los métodos de instalación y realizar las reparaciones, así como la mejora continua en temas de seguridad industrial para mejorar la calidad de vida dentro del ambiente laboral, que se refleja en el bienestar de los colaboradores, incrementando la productividad de la empresa.

RECOMENDACIONES

Al departamento de patios y calderas

1. Realizar evaluaciones periódicas a los equipos de generación de vapor (calderas), para tomar acciones correctivas o de mejora en el momento adecuado, antes que estos equipos fallen o bajen su eficiencia.
2. Capacitar al personal técnico operativo sobre las buenas prácticas de reparación y uso correcto de los materiales utilizados, para cumplir con los mantenimientos.
3. Proponer e implementar mejoras que garanticen la buena utilización de los recursos de la empresa; con esto pueden reducir los costos de cada reparación, porque se prolonga la vida útil de los materiales y equipos.

Al departamento de Seguridad Industrial:

4. Investigar a profundidad cuáles son los puntos débiles en el tema de la seguridad ocupacional, velando por el bienestar, tanto de los trabajadores como de la infraestructura de la empresa.
5. Invertir en equipo de protección personal de una calidad superior, debido que a los de menor calidad, cierto son más económicos, pero menos duraderos y seguros para los colaboradores. Es importante que el EPP cuente con certificaciones internacionales como las normas lo indican.

A los técnicos:

6. Utilizar siempre el equipo de protección personal necesario según el tipo de trabajo que se esté realizando.
7. Seguir las indicaciones que los superiores les den, para garantizar el buen desempeño de sus tareas de reparación, evitando desperdicios o pérdidas de tiempo innecesarias.
8. Participar de manera activa en las capacitaciones que se les brinden con el fin de un crecimiento laboral y obtener los conocimientos necesarios para mejorar las tareas que se les asigne.

BIBLIOGRAFÍA

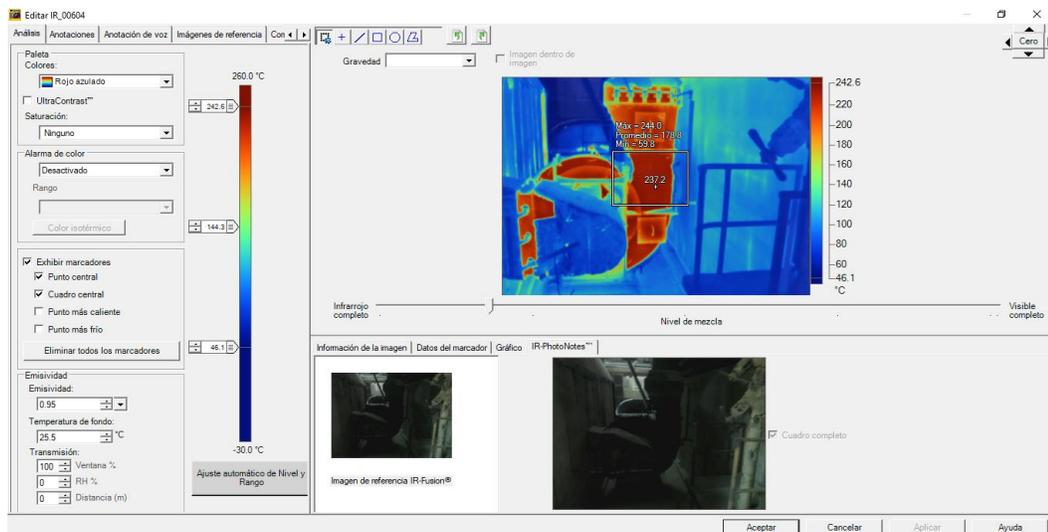
1. AVALLONE, Eugene A; BAUMEISTER, Theodore. *Manual del Ingeniero Mecánico MRKS*. 3a. ed. México: McGraw-Hill, 1995. 25 p.
2. CHINCHILLA, Hugo. *Manual Trainee Cogeneración*. 3a. ed. Guatemala : Santa Ana, 2015. 62 p.
3. SOLIS, Sonia Miguel. *El motor diésel en el automóvil*. Barcelona: CEAC, S. A. 1987. 222 p.
4. *Funcionamiento del motor diésel*. [en línea]. <<https://www.ngk.de/es/tecnologendetalle/calentadores/principiosde-loscalentadores/funcionamiento-del-motor-diesel/>>. [Consulta: abril de 2013].
5. Guatemala. Congreso de la República. *Decreto 14-41, Código de Trabajo*. Guatemala: Ayala & Jiménez Sucesores, 1971. 228 p.
6. GUTIÉRREZ PULIDO, Humberto. *Calidad Total y Productividad*. 1a. ed. México. McGraw-Hill 1997. 403 p.
7. HUGOT, E. *Manual para ingenieros azucareros*. México: CIA, Continental S. A. de C. V. 803 p.
8. NIEBEL, Benjamín; FREIVALDS, Andris. *Ingeniería industrial*. 10a ed. México: Alfaomega, 2001. 585 p.

APÉNDICE

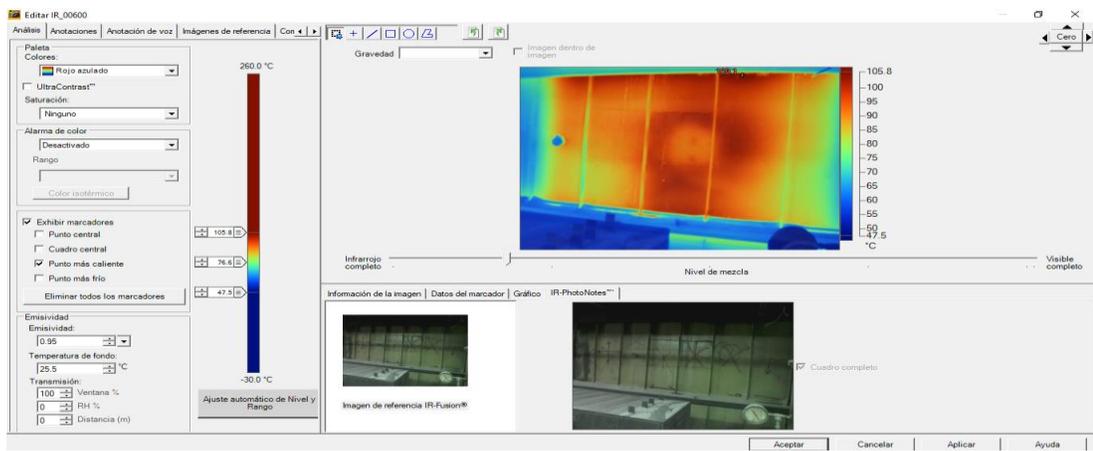
Apéndice 1. Termografías de la caldera número 6

Ventilador *over fire* caldera 6

Ducto de aire precalentado

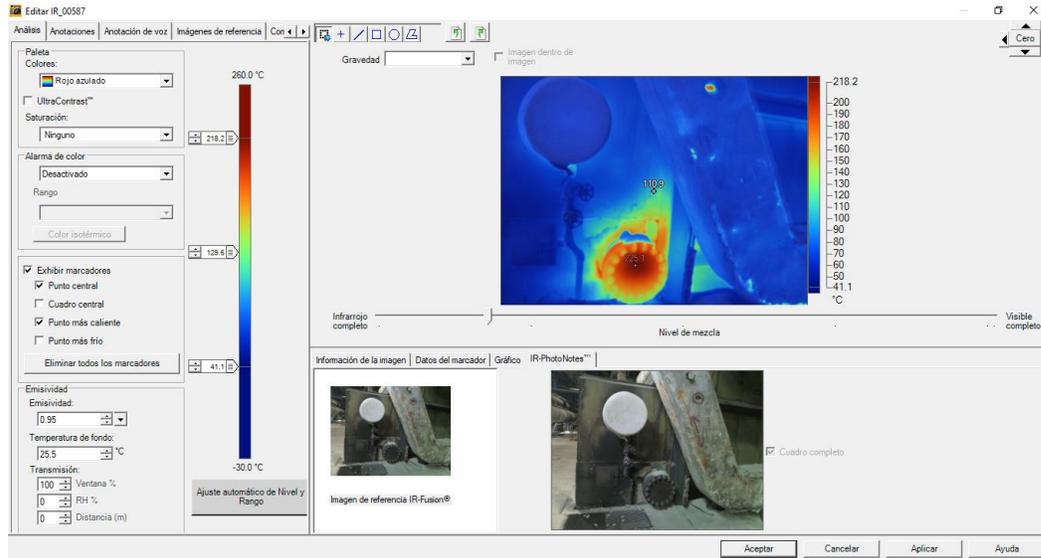


Pared lateral del hogar

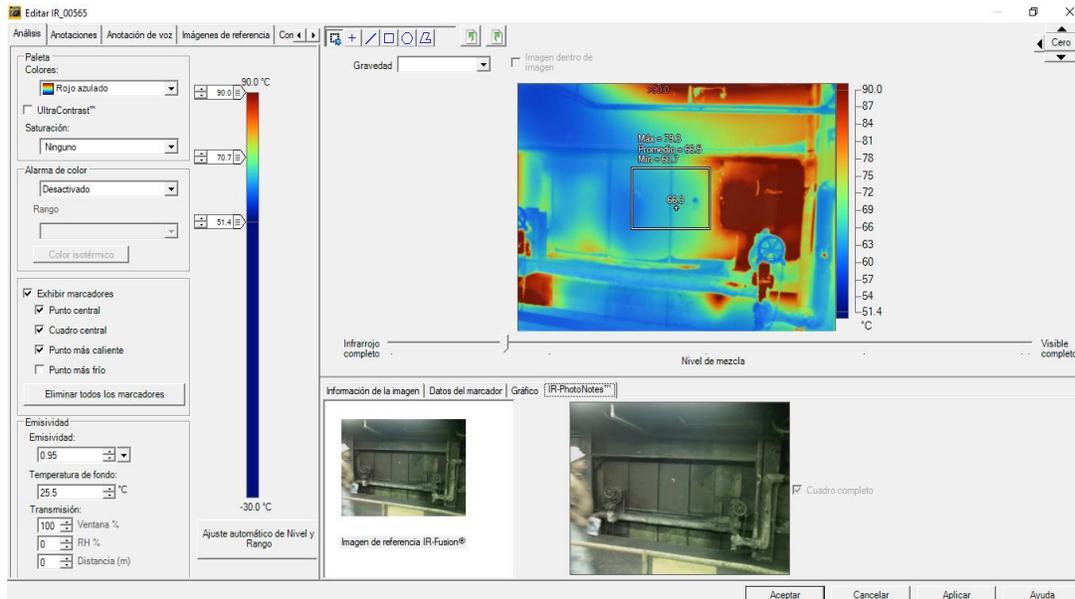


Continuación de apéndice 1.

Flange de tubería de vapor sin aislamiento

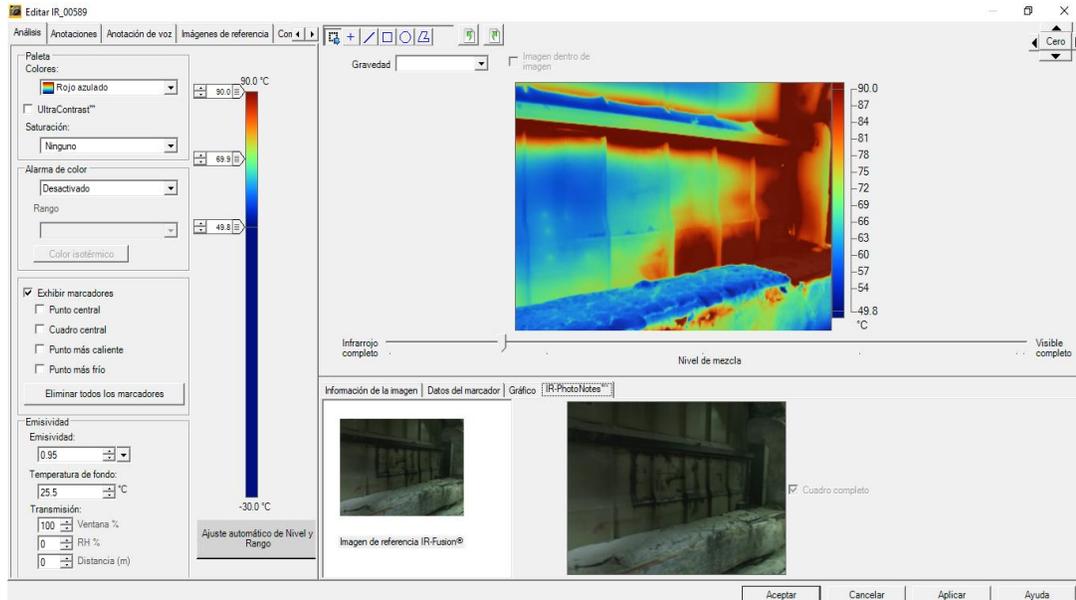


Escotillas de acceso para sopladores de hollín



Continuación de apéndice 1.

Pared del hogar a la altura de la parrilla



Fuente: elaboración propia, con datos obtenidos en las instalaciones de la empresa, utilizando cámara termográfica Fluke ti400 y software de análisis de datos termográficos Fluke SmartView.