



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

**OPTIMIZACIÓN DEL CONSUMO DE ÓLEO COMBUSTIBLES POR
HECTOLITRO DE CERVEZA PRODUCIDO EN LA EMPRESA
AMBEV CENTROAMÉRICA**

Dennis Fernando Paiz Chacón

Asesorado por la Inga. Norma Ileana Sarmiento

Guatemala, septiembre de 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**OPTIMIZACIÓN DEL CONSUMO DE ÓLEO COMBUSTIBLES POR
HECTOLITRO DE CERVEZA PRODUCIDO EN LA EMPRESA AMBEV
CENTROAMÉRICA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

DENNIS FERNANDO PAIZ CHACÓN
ASESORADO POR LA INGA. NORMA ILEANA SARMIENTO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

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

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADORA	Inga. Norma Ileana Sarmiento
EXAMINADORA	Inga. Sigrid Calderón
EXAMINADOR	Ing. César Urquizú
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

OPTIMIZACIÓN DEL CONSUMO DE ÓLEO COMBUSTIBLES POR HECTOLITRO DE CERVEZA PRODUCIDO EN LA EMPRESA AMBEV CENTROAMÉRICA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha octubre de 2006.

Dennis Fernando Paiz Chacón



Guatemala, 11 de enero de 2011.
REF.EPS.D.15.01.11

Ingeniero
César Ernesto Urquizú Rodas
Director Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ing. Urquizú Rodas.

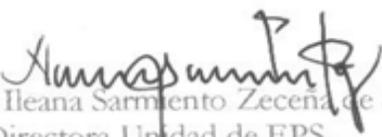
Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **“OPTIMIZACIÓN DEL CONSUMO DE ÓLEO COMBUSTIBLES POR HECTOLITRO DE CERVEZA PRODUCIDO EN LA EMPRESA AMBEV CENTROAMERICA”** que fue desarrollado por el estudiante universitario, **Dennis Fernando Paiz Chacón** quien fue debidamente asesorado y supervisado por la Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña de Serrano.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo como Asesora-Supervisora y Directora apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

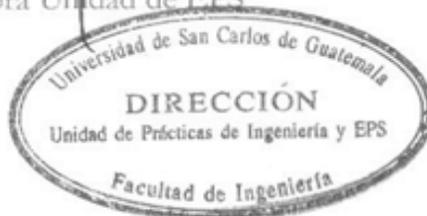
Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”


Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña de Serrano
Directora Unidad de EPS

NISZ/ra





REF.REV.EMI.002.011

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **OPTIMIZACIÓN DEL CONSUMO DE ÓLEO COMBUSTIBLES POR HECTOLITRO DE CERVEZA PRODUCIDO EN LA EMPRESA AMBEV CENTROAMERICA**, presentado por el estudiante universitario **Dennis Fernando Paiz Chacón**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

A handwritten signature in black ink, enclosed within a large, hand-drawn oval. The signature is cursive and appears to read 'César Ernesto Urquizú Rodas'.

Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, enero de 2011.

/mgp



REF.DIR.EMI.127.011

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **OPTIMIZACIÓN DEL CONSUMO DE ÓLEO COMBUSTIBLES POR HECTOLITRO DE CERVEZA PRODUCIDO EN LA EMPRESA AMBEV CENTROAMÉRICA**, presentado por el estudiante universitario **Dennis Fernando Paiz Chacón**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


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



Guatemala, septiembre de 2011.

/mgp



DTG. 329.2011.

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **OPTIMIZACIÓN DEL CONSUMO DE ÓLEO COMBUSTIBLES POR HECTOLITRO DE CERVEZA PRODUCIDO EN LA EMPRESA AMBEV CENTROAMÉRICA**, presentado por el estudiante universitario **Dennis Fernando Paiz Chacón**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos
Decano



Guatemala, 6 de septiembre de 2011.

/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Iluminación constante en el transcurrir de mi carrera universitaria para poder vencer todos los obstáculos que se presentaron.
- Mis padres** Apoyo incondicional en cualquier momento de mi vida estudiantil lo que me permitió alcanzar la meta trazada.
- Mi esposa** Por estar presente en los buenos y malos momentos que se presentaron y por su alto grado de comprensión.
- Mi hijo** Bendición de Dios y fuente de inspiración para poder ser cada día mejor y luchar por salir adelante.
- Mi abuela** Siempre estar pendiente de los acontecimientos familiares e inspirándonos a salir adelante siempre.
- Mis amigos** Compartiendo alegrías, tristezas, preocupaciones y penas pero siempre con visión de alcanzar nuestras metas juntos.

AGRADECIMIENTOS A:

- Dios** Por permitirme alcanzar una de mis principales metas en la vida y poder ser un profesional exitoso.
- Mis padres** Por brindarme el apoyo moral y económico en todo momento, para poder alcanzar este logro tan importante.
- USAC** Por abrirme las puertas y poder ingresar al mundo del saber para poder ser una persona útil al desarrollo de nuestra querida patria.
- Colegio La Salle** Por haber sido uno de mis pilares fundamentales en mi formación académica y de esta manera alcanzar el éxito profesional.
- San Vicente** Por ser el rincón de oriente que vio nacer y estar rodeado de personas colaboradoras en cualquier momento.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
GLOSARIO	XI
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN	XVII
1. GENERALIDADES DE AMBEV CENTROAMÉRICA	1
1.1. Reseña histórica	1
1.2. Actividades y servicios.....	3
1.3. Visión	4
1.4. Misión	4
1.5. Valores.....	4
1.6. Políticas	5
1.7. Estructura organizacional	7
2. MARCO TEÓRICO.....	11
2.1. Teoría de combustibles.....	11
2.1.1. El petróleo.....	11
2.1.1.1. Propiedades energéticas	12
2.1.2. Aceites combustibles	12
2.1.3. Descripción del sistema de alimentación de búnker ...	16
2.2. Orígenes del vapor	18
2.2.1. Productores de vapor.....	19
2.2.2. Propiedades del vapor	20
2.3. Transferencia de calor	23

2.3.1.	Mecanismos de transferencia de calor	23
2.3.2.	Recuperación de calor en las calderas.....	30
2.4.	Calentadores de combustible	31
2.4.1.	Tipos de calentadores de combustible	31
2.4.2.	Funcionamiento de los calentadores de combustible ..	37
2.5.	Desechos industriales	38
2.5.1.	Tipos de desechos industriales	38
2.5.2.	Tratamiento de desechos industriales	40
2.5.3.	Impacto de los desechos industriales al ambiente	42
2.6.	Descripción de operaciones	43
2.6.1.	Diagramas de operaciones.....	43
2.6.2.	Importancia de los diagramas de operaciones	44
2.6.3.	Estructura de los diagramas de operaciones.....	45
3.	SITUACIÓN ACTUAL	49
3.1.	Diagnóstico.....	49
3.1.1.	Diagnóstico general ambev centroamérica.....	49
3.1.2.	Diagnóstico específico de ambev centroamérica	53
3.2.	Secuencia de operaciones	54
3.2.1.	Área de <i>packaging</i>	54
3.2.1.1.	Descripción del proceso	54
3.2.1.2.	Diagramas del área de <i>packaging</i>	59
3.2.1.2.1.	Diagrama de flujo de operaciones.....	60
3.2.1.2.2.	Diagrama de operaciones.....	62
3.2.1.2.3.	Diagrama de recorrido ..	63
3.2.1.3.	Consumo de vapor	64
3.2.1.4.	Producción líquida	65

3.2.2.	Área de fabricación	66
3.2.2.1.	Descripción del proceso.....	67
3.2.2.2.	Diagramas del área de fabricación	72
3.2.2.2.1.	Diagrama de flujo de operaciones	72
3.2.2.2.2.	Diagrama de operaciones	74
3.2.2.2.3.	Diagrama de recorrido..	75
3.2.2.3.	Consumo de vapor.....	76
3.2.3.	Área de filtración	78
3.2.3.1.	Descripción del proceso.....	78
3.2.3.2.	Diagramas del proceso	80
3.2.3.2.1.	Diagrama de operaciones	80
3.2.3.2.2.	Diagrama de recorrido..	82
3.2.3.3.	Consumo de vapor.....	83
3.3.	Sistema de combustible.....	84
3.3.1.	Tratamiento del búnker	84
3.3.2.	Almacenaje y transporte	85
3.3.3.	Funcionamiento	88
3.4.	Sistema de combustión.....	90
3.4.1.	Presión.....	90
3.4.2.	Temperatura	91
3.4.3.	Prueba de gases de la chimenea.....	93
3.4.4.	Eficiencia de combustión	95
3.5.	Sistema de utilización	98
3.5.1.	Gasto de combustible utilizable y no utilizable.....	99
3.5.2.	Vapor utilizable y no utilizable.....	100
3.5.3.	Rendimiento de los combustibles	102

3.6.	Desechos industriales	104
3.6.1.	Tipos de desechos industriales	105
3.6.2.	Tratamiento de desechos industriales	107
3.6.3.	Impacto al ambiente de desechos industriales	108
3.6.4.	Costo del tratamiento de desechos industriales	110
4.	PROPUESTA DE INSTALACIÓN DE CALENTADOR DE BÚNKER	113
4.1.	Instalación	113
4.1.1.	Diseño	113
4.1.2.	Ubicación.....	116
4.1.3.	Instalación	118
4.2.	Operación.....	120
4.2.1.	Sistema de activación y desactivación	120
4.2.2.	Relación calentador-vapor-caldera	122
4.2.3.	Alternativa en caso de falla.....	125
4.3.	Indicadores.....	127
4.3.1.	Relación kilogramos de vapor vrs. kilogramos búnker.....	127
4.3.2.	Relación kilogramos de vapor vrs. costo de búnker.....	130
4.4.	Capacitación.....	131
4.5.	Análisis de consumos de combustibles antes y después de instalado el economizador.....	133
4.5.1.	Monitoreo de consumos después de mejora	138
4.6.	Mantenimiento	140
4.6.1.	Equipo de alimentación de combustible	140
4.6.1.1.	Tanques de almacenamiento	140
4.6.1.2.	Bombas de búnker	141
4.6.1.3.	Tuberías de búnker	143

4.6.2.	Calderas.....	143
4.6.3.	Tuberías de vapor.....	144
4.6.4.	Equipos de medición.....	145
4.6.4.1.	Manómetros.....	145
4.6.4.2.	Caudalímetros	146
4.6.4.3.	Termómetros	147
4.7.	Propuesta de listado de chequeo de capacitación del sistema de vapor.....	148
4.8.	Costos del funcionamiento del economizador	150
5.	MEJORA CONTINUA EN EL TRATAMIENTO DESECHOS INDUSTRIALES	153
5.1.	Optimización del agua en el proceso cervecero	153
5.2.	Reutilización de insumos en el proceso productivo	154
5.3.	Mejora en la utilización de desechos industriales	155
5.4.	Capacitación	157
5.5.	Costos.....	160
	CONCLUSIONES	163
	RECOMENDACIONES.....	165
	BIBLIOGRAFÍA.....	167
	APÉNDICE.....	169

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Organigrama de Ambev Centroamérica	10
2.	Precalentador de aire.....	36
3.	Calentador de combustible	38
4.	Simbología de los diagramas de operaciones	48
5.	Ilustración de llenado de la botella con cerveza	57
6.	Diagrama de proceso del área de <i>packaging</i>	60
7.	Diagrama de operaciones del área de <i>packaging</i>	62
8.	Diagrama de recorrido del área de <i>packaging</i>	63
9.	Gráfica de consumo de vapor en el área de <i>packaging</i>	64
10.	Gráfica de producción líquida en Ambev Centroamérica.....	66
11.	Proceso de limpieza de malta.....	69
12.	Proceso de preparación de mosto de cerveza.....	70
13.	Diagrama de proceso del área de fabricación	73
14.	Diagrama de operaciones del área de fabricación.....	75
15.	Diagrama de recorrido del área de fabricación	76
16.	Gráfica de consumo de vapor área de fabricación	77
17.	Diagrama de operaciones del área de filtración.....	81
18.	Diagrama de recorrido del área de filtración	82
19.	Consumo de vapor área de filtración	83
20.	Sistema de admisión de búnker hacia los tanques de almacenamiento.....	86
21.	Descarga de búnker hacia el sistema de vapor	87
22.	Precalentamiento de búnker en tanques de almacenamiento	88
23.	Sistema de ignición en la caldera	89

24.	Medidor de escala Firyte para gases de combustión	93
25.	Tratamiento de desechos industriales	107
26.	Dimensiones de la caldera	114
27.	Dimensiones de la estructura del economizador de combustible.....	115
28.	Hoja de detalles del economizador	116
29.	Perfiles de acero utilizados para la estructura del economizador	117
30.	Vista frontal del economizador	119
31.	Funcionamiento economizador-caldera.....	123
32.	Temperaturas mínimas recomendadas para el agua de alimentación.....	126
33.	Gráfica de kilogramos de vapor.....	129
34.	Gráfica de kilogramos de búnker.....	129
35.	Gráfica de kilogramos de vapor.....	130
36.	Gráfica de costo de búnker.	131
37.	Valor presente neto	139
38.	Gráfica de índice de agua real vrs. índice meta	154

TABLAS

I.	Tipos de tubería para economizadores de combustible	32
II.	Listado de fortalezas y oportunidades	50
III.	Listado de debilidades y amenazas.....	51
IV.	Matriz FODA.....	52
V.	Cuadro de resumen diagrama de proceso del área de <i>packaging</i>	61
VI.	Cuadro de resumen diagrama de operaciones del área de <i>packaging</i>	63

VII.	Historial de consumo de vapor en el área de <i>packaging</i>	64
VIII.	Producción líquida de cerveza en Ambev Centroamérica	65
IX.	Cuadro resumen diagrama de flujo de operaciones de fabricación.....	74
X.	Cuadro resumen diagrama de operaciones de fabricación.....	74
XI.	Historial de consumo de vapor del área de fabricación	77
XII.	Cuadro resumen diagrama de operaciones de área de filtración.....	80
XIII.	Historial de consumo de vapor del área de filtración	83
XIV.	Datos de combustión	92
XV.	Valores de eficiencia de combustión	94
XVI.	Pérdidas que afectan directamente la eficiencia de combustión .	96
XVII.	Pérdidas que afectan directamente la eficiencia de combustión .	99
XXVIII.	Costos del tratamiento de desechos industriales.....	111
XIX.	Desglose del costo de salarios en el tratamiento de desechos industriales.....	111
XX.	Desglose del costo de mantenimiento en el tratamiento de desechos industriales.....	112
XXI.	Desglose del costo de servicios contratados en el tratamiento de desechos industriales.....	112
XXII.	Relación de kilogramos de vapor vrs. kilogramos de búnker.....	128
XXIII.	Relación de kilogramos de vapor vrs. costo de búnker.....	130
XXIV.	Control de capacitación a operadores de Ambev Centroamérica	132
XXV.	Muestras de gases de combustión.	133
XXVI.	Historial de eficiencia de combustión.....	134
XXVII.	Estadísticas sin economizador	135
XXVIII.	Estadísticas después de instalar economizador	136
XXIX.	Ahorros obtenidos después de instalado el economizador.....	137

XXX.	Diferencia entre inversión y ahorro.....	139
XXXI.	Propuesta de hoja de control de mantenimiento de tanques de almacenamiento	141
XXXII.	Propuesta de hoja de control de mantenimiento de bombas de búnker.....	142
XXXIII.	Propuesta de hoja de control de mantenimiento de tuberías de búnker.....	143
XXXIV.	Propuesta de hoja de control de mantenimiento de calderas.....	144
XXXV.	Propuesta de hoja de control de mantenimiento de tuberías que conducen vapor	145
XXXVI.	Propuesta de hoja de control de mantenimiento de manómetros.....	146
XXXVII.	Propuesta de hoja de control de mantenimiento de caudalímetros	147
XXXVIII.	Propuesta de hoja de control de mantenimiento de termómetros.....	148
XXXIX.	Propuesta de listado de chequeo de capacitación acerca del sistema de vapor	149
XL.	Costos de mantenimiento.....	151
XLI.	Comparación entre índice de agua real vrs índice meta	153
XLII.	Clasificación de residuos.....	155
XLIII.	Cronograma de capacitación área de medio ambiente	157
XLIV.	Control de capacitaciones a personal de Ambev Centroamérica	158
XLV.	Listado de chequeo de puntos de control en área de Medio Ambiente	159
XLVI.	Costo de operación medio ambiente	160

GLOSARIO

Absorción	Asimilación de moléculas o de otras sustancias dentro de la estructura física de un líquido o de un sólido sin reacción química.
Aditivo	Son componentes químicos que se agregan al aceite lubricante, con el fin de mejorar su rendimiento.
Búnker	Aceite combustible derivado del petróleo, clasificado No. 6.
Carbón	Es un combustible sólido de color negro o café negruzco, el cual se forma por la descomposición de la vegetación en ausencia de aire.
Deaeración	Proceso en el intercambio de calor a través del cual la mezcla directa de vapor y agua, expulsa los gases como O ₂ y CO ₂ contenidos en ésta.
Economizador	Es un intercambiador de calor ubicado en la descarga de los gases de combustión. Transfiere el calor de agua de los gases al agua de alimentación de la caldera.
Flujo másico	Es la cantidad de masa que fluye por unidad de tiempo.
Golpe de ariete	Es el golpe que realiza un fluido contra la pared de un tubo o bordes del equipo.

Hollín	Parte no gaseosa de los gases de combustión, que forma todo el material sólido que está suspendido en los gases. Resulta de una combustión incompleta.
Punto de rocío	Es la temperatura a la cual una unidad cúbica de aire se satura completamente de vapor de agua, provocando a continuación condensación.
Refinado	Es el proceso de destilación fraccionada a la que se somete el petróleo crudo para extraer distintas calidades de combustible.
Serpentín	Tubería, normalmente de cobre, que conduce un fluido refrigerante o bien calefactor. Junto a la carcasa o concha constituye un intercambiador de calor.
Termostato	Dispositivo electromecánico que regula automáticamente la temperatura de un sistema, manteniéndola constante o variándola dentro de un rango específico.
Valor de rescate	Dinero que una empresa recupera de la inversión de un activo, después de que este ha finalizado su vida útil.
Válvula	Dispositivo mecánico empleado para controlar el flujo de un gas o líquido, en la tubería o equipo perteneciente al sistema de una planta.
Vapor flash	Conocido como vapor rápido, es el que se produce debido a la reducción de presión de agua caliente.

RESUMEN

Ambev es la mayor industria privada de bienes de consumo de Brasil y la mayor cervecera de Latinoamérica. La Compañía fue creada el primero de julio de 1999, con la sociedad de las cervecerías Brahma y Antártica.

En Guatemala, inicia sus operaciones en el 2003 con su marca líder Brahma, para Centroamérica se convierte en Brahma, poco tiempo después se realiza exportación a Nicaragua y El Salvador.

Para el desarrollo de sus operaciones Ambev Centroamérica necesita de una serie de procesos, los cuales funcionan a base de equipos que son puestos en marcha por medio de energía eléctrica, aire comprimido, vapor, entre otros.

En el desarrollo de las operaciones de cualquier proceso industrial se tiene el objetivo de optimizar los recursos que en el intervienen, para lograr esta optimización, es necesario crear alternativas que nos permitan reducir costos pero manteniendo nuestros estándares de calidad para satisfacer a nuestros clientes.

Una industria en la cual su funcionamiento depende en gran porcentaje de los óleos combustibles es de suma importancia implementar técnicas que nos permitan la optimización de los mismos, debido al alto costo que estos tienen en el mercado y la alta variabilidad de precios que sufren en lapsos cortos de tiempo.

Debido a estas situaciones de mercado se orientó a trabajar internamente en el sistema de vapor, realizando la propuesta de instalar un economizador de combustible en las chimeneas de las calderas, para poder aumentar la temperatura del agua de alimentación de las mismas, para tener menos tiempo de producción de vapor y por consiguiente menos consumo de combustible, con esta propuesta se logró incrementar la eficiencia de la caldera en un 3.25%.

OBJETIVOS

General

Optimizar el consumo de óleo-combustibles por hectolitro de cerveza producido en la empresa Ambev Centroamérica para garantizar el funcionamiento de las diferentes áreas de trabajo, utilizando la mínima cantidad de estos posible y así no se eleve el costo de producción.

Específicos

1. Instalar un economizador de combustible en las chimeneas de las calderas para aprovechar la temperatura y poder calentar el agua de alimentación.
2. Minimizar el consumo de óleo-combustibles en la producción de vapor para las diferentes estaciones de trabajo.
3. Aumentar la eficiencia de las calderas en un 3.25% para reducir el consumo de óleo combustibles en la producción de vapor.
4. Recuperar la inversión de la instalación del economizador en un plazo no mayor a un año.
5. Minimizar costos tanto en la producción de vapor como en el mantenimiento de las máquinas.

6. Conocer los tipos de residuos industriales que existen, para poder aplicar un correcto tratamiento a los mismos y así no causar problemas al medio ambiente.

7. Capacitar al personal sobre los mecanismos de producción de vapor y la importancia de los mismos, para hacer los sistemas más eficientes y de esta manera reducir los costos de producción

INTRODUCCIÓN

La producción mundial de cerveza es de aproximadamente 1.5 millones de hectolitros al año. El mayor productor mundial es EE.UU. que actualmente posee el 32% de la producción debido a la fusión de la marca Budweiser con la internacional Brahma, le siguen Alemania con el 15%, China con el 11% y Argentina aporta el 1 % debido a que su enfoque principal es la producción de malta.

La producción cervecera en Guatemala era un monopolio hasta principios del año 2003, cuando se inician las operaciones de montaje de la cervecería Río, actualmente posee el nombre de AMBEV CENTROAMÉRICA, es una empresa que captó el 30% del mercado nacional en su primer año de funcionamiento.

La planta de producción cuenta con cuatro áreas principalmente, que son embotellado, filtración, centrifugación y fabricación, las cuales para realizar su funciones necesitan de energía generada por vapor, el cual es suministrado por dos calderas accionadas por óleo-combustibles, dichas calderas poseen diferente eficiencia cada una, pero en el suministro de vapor a las diferentes áreas mencionadas se producen algunos inconvenientes como roturas en las tuberías conductoras, no poder trabajar dos áreas simultáneamente, fallas en las máquinas, y otros.

En cualquier planta industrial es vital el control de todos los insumos que intervienen en la producción, principalmente que el consumo de vapor sea menor al vapor que se está produciendo y así poder asegurar la eficiencia en las calderas y evitar demoras en las diferentes áreas de trabajo, siempre teniendo en cuenta el costo del combustible de accionamiento de dichas calderas.

El objeto de este trabajo de graduación, desarrollado a través del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS), es establecer la cantidad de vapor necesaria para el funcionamiento de las diferentes áreas de la empresa sin elevar el costo del óleo-combustible, de esta manera, se realiza en el capítulo 1 una breve reseña de la empresa, en el capítulo 2 un marco teórico referente a óleo-combustibles, a los orígenes del vapor, calentadores de combustible, entre otros.

El capítulo tres presenta la situación de operación actual en lo referente a las distintas etapas del proceso de elaboración de la cerveza, y su relación con la producción de vapor para el funcionamiento de las mismas.

El capítulo cuatro presenta una propuesta de mejora para la producción de vapor y para el ahorro de combustible en la producción del mismo, por medio de la instalación de un calentador de búnker para el aprovechamiento de los gases de chimenea de las calderas.

El capítulo cinco realiza una propuesta para el mejoramiento del tratamiento de desechos industriales en la empresa y los efectos que pueden ocasionar a nuestro medio ambiente.

1. GENERALIDADES DE AMBEV CENTROAMÉRICA

Ambev Centroamérica es una empresa dedicada a la producción de cerveza, este producto es distribuido en los mercados de Guatemala, Nicaragua y El Salvador.

En todo sistema de producción se tiene como principal objetivo minimizar costos y por ende maximizar las ganancias, para esto, se tiene que conocer las diferentes etapas del proceso cervecero, entre las cuales están: fabricación, filtración y *packaging* (producción), también se tiene que tener identificados los diferentes recursos que intervienen en el desarrollo de las mismas, entre los cuales se pueden mencionar: presión de vapor, energía eléctrica, aire comprimido, entre otros.

1.1. Reseña histórica

Ambev Centroamérica es la mayor industria privada de bienes de consumo de Brasil y la mayor cervecería de Latinoamérica. La Compañía fue creada el 1 de julio de 1999, con la sociedad de las cervecerías Brahma y Antártica. El Consejo Administrativo de Defensa Económica (CADE) aprobó la fusión el día 30 de marzo del año 2000. Líder en el mercado brasileño de cervezas, Ambev está presente en 14 países, siendo una referencia mundial en gestión, crecimiento y rentabilidad. Con la alianza global firmada con Inbev, el 3 de marzo de 2004, la Compañía pasó a tener operaciones en América del Norte con la incorporación de Labatt canadiense, volviéndose en la Cervecería de las Américas.

Con una estrategia de crecimiento basada en principios de gestión de ingreso, Ambev busca continuamente la mayor eficiencia en costos y considera su principal ventaja competitiva su gente y su cultura. La Compañía es hoy una referencia mundial entre las industrias de bebidas. El EBITDA (*Earnings Before Income taxes, Depreciation and Amortization*) consolidado de 2008 fue de US 2,245 millones, ante US 2,004 millones de 2007, esto principalmente afectado por el costo de la cebada y la malta que tiene que ser compensado con la negociación de los contratos de azúcar para toda la producción de cerveza a nivel mundial.

En septiembre de 2003 la compañía Ambev decide abrir una planta productora de cerveza en Guatemala, con una inversión de 60 millones de dólares que incluye capacitación de personal y construcción de la planta.

A inicios de operaciones en el año 2003 se alcanzó un volumen de venta de 4,000,000 litros mensuales, alcanzando una participación de mercado de 28%, en diciembre 2009 se tiene un volumen de 2,247,000 litros mensuales y una participación de mercado de 15.9%. Lo cual muestra un descenso tanto en el volumen de venta como en el porcentaje de participación de mercado, esto es debido a la introducción de un nuevo producto lo que provoca una expectación en la población por el mismo, esto repercute en indicadores altos al inicio de las operaciones de producción y venta.

En lo que respecta a la planta Guatemala se tuvo un EBITDA en el año 2007 de US 652,000.00, presentando un crecimiento para el año 2008 de 52% con un EBITDA de US 991,000.00. En los últimos dos años se tuvo un crecimiento de las ganancias de la empresa sin realizar modificaciones estructurales en la planta de producción.

La planta Guatemala desarrolla sus operaciones en sociedad con la empresa de bebidas Pepsi, que es la responsable de la distribución de cerveza para el mercado nacional; además, existe el mercado de exportación, que lo forman los países de Nicaragua y El Salvador.

1.2. Actividades y servicios

Brahva llegó hace seis años a la región de Centroamérica, ubicando su planta en Teculután, Zacapa, con el respaldo y la experiencia de la compañía cervecera número 1 del mundo, se dio a conocer como Cervecería Río y que ahora se llama: Ambev Centroamérica.

Es una compañía generadora de cambios positivos y desde su ingreso se ha dinamizado el mercado brindando nuevas y mejores oportunidades para los guatemaltecos.

- Producción de cerveza de calidad y bajo costo
- Monitoreo de la emanación de gases durante el proceso productivo
- Cuidado del consumo de agua en el proceso cervecero
- Capacitación acerca de temas ambientales a escuelas de Teculután, Zacapa
- Aprovechamiento de residuos industriales
- Donación de víveres a comunidades pobres del municipio de Teculután, Zacapa, una vez por semestre
- Programas de incentivo a las escuelas para crear en el estudiante conciencia de práctica de reciclaje
- Siembra de árboles en el municipio de Teculután, Zacapa

1.3. Visión

La visión de Ambev Centroamérica es:

“Ser la empresa cervecera número uno del mundo en continuo crecimiento, que se distinga por proporcionar una calidad de servicio excelente a sus clientes y una rentabilidad sostenida a sus accionistas”.

La visión define y describe la situación futura que desea tener la empresa, el propósito es guiar, controlar y alentar a la organización en su conjunto para alcanzar el estado deseable de la organización.

1.4. Misión

La misión de Ambev Centroamérica es la siguiente:

“Crear vínculos fuertes y duraderos con los consumidores de cerveza, brindándoles las mejores marcas y servicios siempre teniendo en cuenta el respeto por el medio ambiente”.

Define el negocio al que se dedica, las necesidades que cubren con sus productos y servicios, el mercado en el cual se desarrolla y la imagen pública de la empresa u organización.

1.5. Valores

Ambev Centroamérica tiene diversos valores, entre los principales se pueden mencionar:

- Orientación al cliente
- Compromiso con los resultados
- Sostenibilidad
- Interés por las personas
- Responsabilidad social
- Integridad

Los valores definen el conjunto de principios, creencias, reglas que regulan la gestión de la organización. Constituyen la filosofía institucional y el soporte de la cultura organizacional.

El objetivo básico de la definición de valores corporativos es el de tener un marco de referencia que inspire y regule la vida de la organización.

1.6. Políticas

Ambev Centroamérica tiene diversas políticas, entre las más importantes se pueden mencionar:

Política de calidad

La política de calidad se rige en brindar a los consumidores productos de óptima calidad y agregar valor en cada acción que se realiza.

- Comunicación interna y externa: de manera sincera, sencilla, precisa, oportuna y personalizada.
- Creatividad e Innovación: se anticipan las necesidades y deseos de clientes, compañeros y accionistas, para crear formas nuevas y rentables de satisfacción.

- Cumplimiento: se entrega lo acordado a tiempo, excediendo las expectativas.
- Cabalidad: se hace todo con exactitud y se termina con precisión aquello a lo que se compromete, cuidando los detalles.

Política de Medio Ambiente

Se tiene como política, respetar el medio ambiente en el desarrollo de sus actividades, productos y servicios, ejerciendo una postura pro-activa y contribuyendo al crecimiento ambiental.

Para que esa política se realice, se establecen como compromisos permanentes:

- Garantizar el cumplimiento de los requisitos y reglamentaciones legales
- Buscar y aplicar tecnologías, procesos e insumos que minimicen impactos al medio ambiente
- Mantener al equipo consciente, entrenado y calificado para promover la mejoría continua de nuestra performance ambiental
- Desarrollar, promover y apoyar programas de difusión de conciencia y educación ambiental junto a los clientes, proveedores y a la comunidad
- Monitorear en forma continua y evaluar periódicamente nuestro desempeño ambiental

Política de Seguridad

En industrias multinacionales se tiene un profundo compromiso de proveer un ambiente sano y seguro a los colaboradores, con el fin de preservar la salud e integridad de todas las personas, siguiendo estos principios:

- La seguridad es lo primero, ningún otro objetivo o prioridad puede estar por encima de la conservación de la integridad y la salud de las personas que trabajan o visitan nuestra organización.
- Ninguna situación de emergencia, producción o resultados puede justificar la falta de seguridad de las personas.
- La empresa es responsable de proveer los medios y recursos necesarios para que todas las actividades sean ejecutadas con seguridad.
- Cada líder debe velar por el cumplimiento de las normas de seguridad que eviten accidentes en sus áreas de responsabilidad.

1.7. Estructura organizacional

Ambev Centroamérica tiene una estructura organizacional funcional, la cual posee las siguientes características:

Autoridad funcional o dividida: es una autoridad sustentada en el conocimiento, ningún superior tiene autoridad total sobre los subordinados, sino autoridad parcial y relativa, es decir, que la autoridad se realiza liderando por medio del ejemplo, antes de dar una orden se tiene que conocer plenamente cuales serán sus repercusiones.

Línea directa de comunicación: no hay intermediarios para trasladar las informaciones, busca la mayor rapidez posible en el traslado de la misma entre los diferentes niveles, no se tienen divisiones entre los distintos mandos en lo que respecta a comunicación, se facilitan los medios de comunicación como

teléfono, correo electrónico y comunicación verbal para solucionar lo más rápido posible los problemas.

La empresa Ambev Centroamérica, en su estructura organizacional, está dividida en cinco líneas de mando, entre las cuales se tienen:

- Gerencia general
- Gerentes de cada área
- *Staff* de las áreas de mayor impacto en el proceso
- Supervisores y analistas
- Operadores, verificadores y técnicos

Ambev Centroamérica está dividida en áreas de trabajo para el desarrollo de sus funciones, las cuales están distribuidas de la siguiente manera:

- Área de calidad asegurada: es la responsable de velar por la calidad de todos los productos, desde el recibimiento de materiales hasta el despacho de producto terminado.
- Área de gente y gestión: es la responsable de velar por el bienestar laboral de todos los empleados, trámites legales y condiciones básicas de trabajo.
- Área de logística: es la responsable por la programación de producción, programación de distribución, almacén de producto terminado y la compra de todos los insumos (materia prima, embalajes, etc.).
- Área de *packaging*: es la responsable por el funcionamiento de toda la línea de producción, asegurando la eficiencia y productividad de la empresa, además de la calidad de los productos.

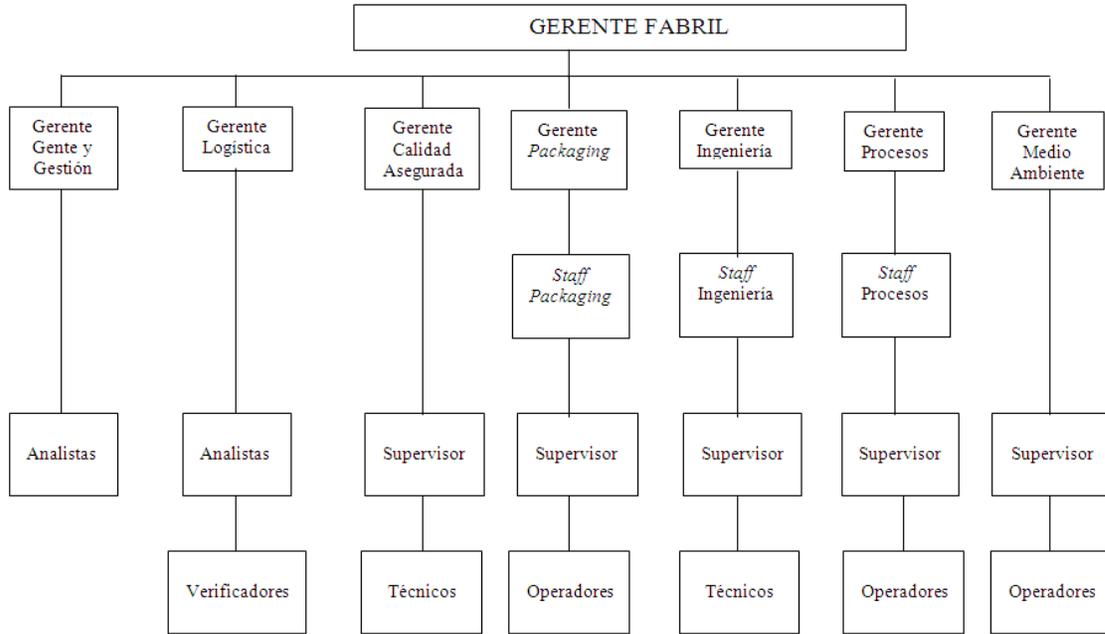
- Área de ingeniería: es la responsable por el mantenimiento preventivo y correctivo de todos los equipos y también responsable de la casa de máquinas (calderas, compresores de amoníaco, compresor de aire).
- Área de procesos: es la responsable de la operación de cada etapa para la elaboración de la cerveza (fabricación, maduración y filtración), asegurando la calidad del producto en cada una de ellas.
- Área de medio ambiente: es la responsable del tratamiento de efluentes industriales y el tratamiento de agua, además de garantizar la no existencia de riesgos ambientales que pueda causar demandas legales.

En lo que respecta al desarrollo de la cultura organizacional, en Ambev Centroamérica, es una cultura totalmente abierta que permite la participación de todos los técnicos y operadores, de manera que lleva a que ellos mismos adquieran responsabilidades y compromisos sin tener una supervisión directa de su jefe inmediato.

El clima organizacional de Ambev Centroamérica es un clima de trabajo alegre donde predomina la confianza entre jefes y subordinados, se tiene una comunicación abierta entre ambos lazos de mando y permite un acercamiento a los operadores para que puedan comunicar los diferentes inconvenientes que tengan en la realización de sus tareas.

En la figura 1 se muestran los diferentes mandos existentes en la organización de Ambev Centroamérica, las diferentes áreas que la conforman con su respectivo gerente, los *staff* de las áreas de mayor volumen de actividades con sus respectivos supervisores y técnicos-operadores.

Figura 1. Organigrama de Ambev Centroamérica



Fuente: documento organigrama, departamento de Gente y Gestión, Ambev Centroamérica.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Teoría de combustibles

“A pesar de que combustibles opcionales, tales como el bagazo de caña y el carbón han ganado popularidad, los combustibles más frecuentemente utilizados en las calderas industriales son los hidrocarburos, tales como: gas natural, aceites combustibles y carbón mineral. Quizás la característica más importante de cualquier combustible es su poder calorífico. Este se refiere a la cantidad de calor generado por la combustión completa de una unidad dada de combustible. Para una sustancia de composición invariable, éste será un valor constante entre una muestra y otra”¹.

2.1.1. El petróleo

Es una sustancia en estado líquido que en la actualidad tiene una influencia importante en el desarrollo productivo de cualquier industria, debido a que tiene diversos usos, principalmente se usa para generar energía por medio de vapor de agua, la cual es elevada a altas temperaturas por medio de calderas, dichos equipos utilizan el petróleo para su funcionamiento, porque es el combustible por medio del cual generan la chispa para calentar el agua antes mencionada.

¹ RODRIGUEZ ARCON, Jorge Estuardo. “Instalación de un economizador en una caldera como ventaja económica en una planta industrial”. Universidad de San Carlos de Guatemala, escuela de Mecánica industrial, 2000. p. 1

2.1.1.1. Propiedades energéticas

Todos los tipos de petróleo se componen de hidrocarburos, aunque también suelen contener unos pocos compuestos de azufre y de oxígeno; el contenido de azufre varía entre un 0.1% y un 5%. El petróleo contiene elementos gaseosos, líquidos y sólidos. La consistencia del petróleo varía desde un líquido tan poco viscoso como la gasolina hasta un líquido tan espeso que apenas fluye. Por lo general hay pequeñas cantidades de compuestos gaseosos disueltos en el líquido; cuando las cantidades de estos compuestos son mayores, el yacimiento de petróleo está asociado con un depósito de gas natural.

“Existen tres grandes categorías de petróleos crudos: los de tipo parafínico, los de tipo asfáltico y los de base mixta. Los petróleos parafínicos están compuestos por moléculas en las que el número de átomos de hidrógeno es siempre superior en dos unidades al doble del número de átomos de carbono. Las moléculas características de los petróleos asfálticos son los naftenos, que contienen exactamente el doble de átomos de hidrogeno que de carbono. Los petróleos de base mixta contienen hidrocarburos de ambos tipos”².

2.1.2. Aceites combustibles

Dependiendo de su peso relativo los aceites combustibles se dividen en grados. Se producen por destilación fraccionada del petróleo crudo.

² RODRIGUEZ ARCON, Jorge Estuardo. “Instalación de un economizador en una caldera como ventaja económica en una planta industrial”. Universidad de San Carlos de Guatemala, escuela de Mecánica industrial, 2000. p. 2

Los aceites más livianos, como los de grado #1 y #2, se conocen como aceites combustibles destilados, mientras que los de grado #4, #5 y #6 (búnker) son más pesados y se conocen como aceites combustibles residuales.

El aceite combustible de grado #1 se utiliza en quemadores del tipo vaporizante, y cuando se quema adecuadamente produce un mínimo de residuos. El de grado #2 (diesel) es un poco más pesado y se fabrica para utilizarse en el transporte pesado y en quemadores del tipo presión – atomizadora conocidos como quemadores de pistola. Estos quemadores rocían el aceite en la cámara de combustión donde el vapor del aceite atomizado se mezcla con aire para quemarse. El aceite combustible #2 es uno de los más usados como combustible para calderas industriales. Aunque actualmente se usa en la industria del transporte pesado.

El aceite de grado #4, aunque algunas veces se trata de un destilado del tipo pesado, es generalmente un aceite residual liviano. También se utiliza en quemadores – atomizadores, pero estos están diseñados para funcionar con viscosidades más altas que aquellos que se utilizan con el aceite de grado #2. El aceite de grado #5 (pesado) es aún más viscoso y puede necesitar precalentamiento, dependiendo del clima y del tipo de equipo que se utilice.

El de grado #6, también conocido como búnker C, es altamente viscoso y si necesita precalentamiento adicional en el quemador entre 165HF (60 °C) a 200°F (79 °C) para ser atomizados.

El combustible empleado en la industria requiere de varias propiedades para quemarse en forma eficiente sin dañar el ambiente, los equipos y el proceso de cada planta. A continuación se mencionan algunas propiedades:

- Viscosidad

Es la propiedad que muestra qué tan grueso (espeso) o delgado (ralo) es el aceite. Es la cantidad de tiempo que necesita una muestra de aceite para fluir a través de un orificio estándar a una temperatura dada. Existen varios métodos para expresar la viscosidad de un aceite; entre ellos está la expresada en Segundos *Saybolt Universal* (ssu), según la definición anterior.

Una viscosidad de 120 segundos *Saybolt* a 1400°F (746°C) significa que una muestra de aceite requerirá de 120 segundos a 100°F (24°C) para pasar por el orificio. Si la viscosidad fuera de 200, por ejemplo, esto demostraría que el aceite es casi el doble de espeso, puesto que le tomaría el doble de tiempo para fluir por el mismo agujero.

La viscosidad varía con la temperatura, la proporción del cambio se denota con un índice de viscosidad: cuanto más alto sea el índice de viscosidad, menor efecto tendrá el cambio de temperatura en la fluidez del aceite combustible. La viscosidad se puede describir como si estuviera dividida en dos partes:

- Cuerpo y fluidez

El cuerpo significa la resistencia a la penetración o perforación de la película de aceite durante las cargas pesadas. La fluidez tiene que ver con la facilidad que fluye el aceite en las tuberías o conductos. En algunos aspectos, fluidez y cuerpo son características opuestas, ya que mientras un aceite sea más fluido, tendrá menos cuerpo.

- Punto de inflamación

Es la temperatura a la cual el combustible empieza a despedir un vapor, que se inflama de inmediato, si hay una chispa o una llama. El punto de inflamación de los aceites combustibles empleados para alimentar hornos es bastante alto por lo que a temperaturas atmosféricas normales no se corre el riesgo que despidan vapores, lo cual los hace más seguros para el manejo y almacenamiento, en comparación con la gasolina que se vaporiza a todas las temperaturas atmosféricas normales.

- Temperatura de ignición

Es la temperatura a la cual el combustible atomizado se inflama y arde sin la ayuda de una chispa. Una baja temperatura de auto ignición, en el caso de los motores de combustión interna, significa que el motor arrancará con facilidad y funcionará con menor cascabeleo. El búnker posee una temperatura de auto ignición sumamente alta, debido a que es muy viscoso o semisólido a temperatura ambiente, por lo que se hace necesario precalentarlo para su combustión.

- Punto de fluidez

Es también conocido como punto de escurrimiento. Se define como la facilidad con la cual el aceite combustible fluye en las tuberías o conductos. Cuanto más fluido esté tendrá menos dificultad para desplazarse. Por ello es que en la fluidez la temperatura juega un papel importante. Cuando aumenta la temperatura también lo hace la fluidez.

- Densidad

En general, es la relación que existe entre la masa y el volumen. Los aceites más ligeros o menos densos tienen más energía por unidad de masa que los aceites más densos como el búnker. De allí que la gasolina (C₈H₁₈) que es un hidrocarburo de origen mineral, sea menos densa y por lo tanto con mayor energía disponible por unidad de masa. Su menor masa le permite vaporizar mayores porcentajes de volúmenes a temperaturas bajas. Es decir, que el búnker, con una mayor densidad es menos volátil.

- Potencia calorífica

Es también nombrado como calor de combustión. Expresa la cantidad de energía calorífica que es capaz de desarrollar el combustible por cada unidad de su masa. “La potencia calorífica es dada en BTU/Lb para el sistema inglés (USCS) y en kJ/kg para el sistema internacional (SI). La potencia calorífica tiene su efecto principal en la transformación de agua a vapor, al transferir su calor de combustión”³.

2.1.3. Descripción del sistema de alimentación de búnker

El aceite combustible llega en cisternas a la planta, procedente de las refinerías, debiendo poseer las cualidades siguientes:

- Temperatura adecuada
- Bajos niveles de azufre
- Carencia de agua

³ RODRIGUEZ ARCON, Jorge Estuardo. “Instalación de un economizador en una caldera como ventaja económica en una planta industrial”. Universidad de San Carlos de Guatemala, escuela de Mecánica industrial, 2000. pp. 6-10

- Ausencia de contaminantes disueltos y en suspensión
- Volúmenes requeridos

El sistema de alimentación típico de aceite combustible utilizado para alimentar hornos y hogares de calderas se divide de la siguiente manera:

- Cuando el aceite combustible llega a la planta se requiere que esté caliente, para que las bombas positivas puedan trasegarlo fácilmente hacia los tanques de almacenamiento.

El volumen de los tanques depende de la demanda de combustible necesaria para generar las libras de vapor requeridas en la planta. Los tanques de almacenamiento deben estar instalados dentro de muros cerrados, con el fin de evitar grandes derrames, cuando éstos registren fugas.

- Una vez se encuentra el búnker dentro de los tanques, éste debe cumplir con ciertas normas de almacenamiento:
 - ❖ Protección colindante anti derrames
 - ❖ Serpentes de precalentamiento para mantener temperaturas adecuadas
 - ❖ Controles de nivel
- El búnker pasa del tanque de almacenamiento a un sistema de bombeo centrífugo en donde por la acción mecánica de las bombas son precipitados al fondo los sólidos en suspensión que pueda contener el combustible.

- El combustible continúa su recorrido hasta una unidad de filtración y bombeo, previos al llegar al quemador de la caldera el cual genera la llama adecuada para provocar el calor de vaporización. Esta unidad consiste en dos o tres bombas con sus respectivos filtros los cuales se instalan de acuerdo con el uso y con el número de calderas que se deseen alimentar.
- Finalmente, el combustible en condiciones de limpieza y temperatura adecuadas, llega al quemador en donde por la misma acción atomizante del aire presurizado (aire primario) se quema con el aire de combustión (aire secundario). “Antes de llegar a este quemador para por un último filtro que se encuentra ubicado dentro de los accesorios de la tubería; éste es conocido como filtro de línea. Así mismo, pasa por un último calentamiento generado por dos fuentes: mecánica y eléctrica (vapor y resistencias eléctricas”⁴).

2.2. Orígenes del vapor

El vapor es agua en estado gaseoso, que se emplea para generar energía en muchos procesos industriales. Esto hace que las técnicas de generación y uso del vapor de agua sean componentes importantes de la ingeniería tecnológica. La producción de electricidad depende en gran medida de la generación de vapor, para lo que el calor puede provenir de la combustión de carbón o gas, de la combustión de desechos como bagazo de caña de azúcar entre otros.

⁴ RODRIGUEZ ARCON, Jorge Estuardo. “Instalación de un economizador en una caldera como ventaja económica en una planta industrial”. Universidad de San Carlos de Guatemala, escuela de Mecánica industrial, 2000. pp. 6-10

El vapor de agua también se sigue usando mucho para la calefacción de edificios, y sirve para propulsar a la mayoría de los barcos comerciales del mundo.

2.2.1. Productores de vapor

Un productor de vapor es una máquina o dispositivo de ingeniería donde la energía química se transforma en energía térmica. Generalmente es utilizado en las turbinas de vapor para generar vapor, habitualmente vapor de agua, con energía suficiente como para hacer funcionar una turbina. Los generadores de vapor se diferencian de las calderas por ser más grandes y complicados.

Un economizador es un dispositivo mecánico de transferencia de calor que calienta un fluido hasta su punto de ebullición, sin pasar de él. Hacen uso de la entalpía en fluidos que no están lo suficientemente calientes como para ser usados en una caldera, recuperando la potencia que de otra forma se perdería, y mejorando el rendimiento del ciclo de vapor. Puede ayudar a ahorrar energía en edificios, utilizando el aire exterior como medio de enfriamiento.

Cuando la entalpía del aire exterior es menor que la entalpía del aire recirculado, enfriar el aire del exterior es más eficiente, energéticamente hablando, que enfriar al aire que ha recirculado. Ahorra costes por consumo de energía en climas templados y fríos, pero no es apropiado en climas calientes y húmedos.

Un recalentador es un dispositivo instalado en una caldera que recibe vapor súper calentado que ha sido parcialmente expandido a través de la turbina. La función del recalentador en la caldera es la de volver a súper calentar este vapor a una temperatura deseada.

“En el ciclo *Ramkine* el recalentador se coloca en la salida del generador de vapor con para aumentar aún más la temperatura del vapor antes de ser introducido a la turbina, con el fin de aumentar la eficiencia del ciclo, cierta cantidad de este vapor ya expandido en la turbina es utilizado en los calentadores de agua que pueden ser de tipo cerrado o abierto⁵.”

2.2.2. Propiedades del vapor

Algunas de las propiedades físicas del vapor que interesan definir para este caso son:

- Temperatura

Propiedad de los sistemas que determinan si están en equilibrio térmico. El concepto de temperatura se deriva de la idea de medir el calor o frialdad relativos y de la observación de que el suministro de calor a un cuerpo conlleva un aumento de su temperatura mientras no se produzca la fusión o ebullición.

En el caso de dos cuerpos con temperaturas diferentes, el calor fluye del más caliente al más frío hasta que sus temperaturas sean idénticas y se alcance el equilibrio térmico. Por tanto, los términos de temperatura y calor, aunque relacionados entre sí, se refieren a conceptos diferentes: la temperatura es una propiedad de un cuerpo y el calor es un flujo de energía entre dos cuerpos a diferentes temperaturas.

⁵ AGUER, Mario. *El ahorro energético: estudios de viabilidad económica*.4ª ed. España: Díaz de Santos, 2004 p. 92

- Presión

En mecánica, fuerza por unidad de superficie que ejerce un líquido o un gas perpendicularmente a dicha superficie. La presión suele medirse en atmósferas (atm), en el Sistema Internacional de unidades (SI), la presión se expresa en newton por metro cuadrado; un newton por metro cuadrado es un pascal (Pa). La atmósfera se define como 101.325 Pa (1.01325 bar.), y equivale a 760 mm de mercurio en un barómetro convencional. La presión del vapor juega un papel muy importante en los procesos de producción y en los consumos de combustible.

Cuanto mayor sea la presión de diseño para satisfacer la demanda de vapor de la planta, mayor serán los consumos de combustible por unidad de tiempo. Es decir, cuando se desea elevar la presión de vapor, se debe aumentar el régimen de fogeo en el quemador, para que éste a su vez eleve la temperatura, y en consecuencia vaporice mayor volúmenes de agua por unidad de tiempo.

Debe entenderse que la presión de cualquier caldera está gobernada por un “*switch*” de presión; de lo contrario la presión de la caldera aumentaría indefinidamente, posibilitando riesgos de explosión y elevando consumos de combustible.

- Volumen específico

El volumen específico se ha definido como el volumen por unidad de masa de una sustancia; corresponde, por lo tanto, al recíproco de la densidad. Las unidades en las que se expresa el volumen específico son: m^3/kg para el SI y pie^3/lbm para el USCS.

Los volúmenes específicos en metros cúbicos ocupados por un kilogramo de vapor varían de manera inversa con la presión. Es decir, cuanto mayor es la presión que desarrolla la caldera en su operación, el volumen por cada kilogramo de vapor es menor debido a que la materia (en este caso el agua) se ha expandido más.

- Entalpía

Cantidad de energía que un sistema termodinámico puede intercambiar con su entorno. Por ejemplo, en una reacción química a presión constante, el cambio de entalpía del sistema es el calor absorbido o desprendido en la reacción. En un cambio de fase, por ejemplo de líquido a gas, el cambio de entalpía del sistema es el calor latente, en este caso el de vaporización.

En un simple cambio de temperatura el cambio de entalpía por cada grado de variación corresponde a la capacidad calorífica del sistema a presión constante. Los conceptos definidos en el párrafo anterior corresponden a la situación operacional de una caldera. En una caldera, la fuente de calor se toma de la reacción química que produce la combustión de un hidrocarburo. Este calor es el que absorbe el agua para modificar su entalpía y con ello la fase del agua.

- Entropía

Medida del desorden de un sistema físico, por tanto de su proximidad al equilibrio térmico. Es la cantidad de calor en BTU o KJ que se le aplica a una libra o kilogramo de vapor a una temperatura determinada. En una caldera toda la vaporización del agua se da a temperatura y presión constante, cuando se han alcanzado parámetros de operación.

Mientras mayor sea la presión a la que quiera enviar vapor a la planta mayor será su temperatura; por lo tanto menor será la entropía de dicha masa. Como la entropía varía con la temperatura de ebullición, lo hace a temperatura constante. “ Es decir, que si se transformara un volumen de agua a una presión crítica (muy elevada), lo haría también a una temperatura crítica, lo cual provocaría un cambio instantáneo de fase y un valor de entropía igual a cero. $Q = \text{temperatura} \times \text{entropía}$ ”⁶.

2.3. Transferencia de calor

Proceso por el que se intercambia energía en forma de calor entre distintos cuerpos o entre diferentes partes de un mismo cuerpo que están a distinta temperatura.

El calor se transfiere mediante convección, radiación o conducción. Aunque estos tres procesos pueden tener lugar simultáneamente, puede ocurrir que uno de los mecanismos predomine sobre los otros dos. Por ejemplo, el calor se transmite a través de la pared de una casa fundamentalmente por conducción; el agua de una cacerola situada sobre un quemador de gas se calienta en gran medida por convección y la tierra recibe calor del sol casi exclusivamente por radiación.

2.3.1. Mecanismos de transferencia de calor

Existen muchos mecanismos de transferencia de calor, de los cuales se puede mencionar:

⁶ RODRIGUEZ ARCON, Jorge Estuardo. “Instalación de un economizador en una caldera como ventaja económica en una planta industrial”. Universidad de San Carlos de Guatemala, escuela de Mecánica industrial, 2000 pp. 17-20

- Conducción

En los sólidos la única forma de transferencia de calor es la conducción. Si se calienta un extremo de una varilla metálica, de forma que aumente su temperatura, el calor se transmite hasta el otro extremo más frío por conducción. No se comprende en su totalidad el mecanismo exacto de la conducción de calor en los sólidos, pero se cree que se debe, en parte, al movimiento de los electrones libres que transportan energía cuando existe una diferencia de temperatura.

Esta teoría explica por qué los buenos conductores eléctricos también tienden a ser buenos conductores de calor. En 1822 el matemático francés Barón Joseph Fourier dio una expresión matemática precisa que hoy se conoce como ley de Fourier de la conducción del calor. Esta ley afirma que la velocidad de conducción de calor a través de un cuerpo por unidad de sección transversal es proporcional al gradiente de temperatura que existe en el cuerpo (con el signo cambiado).

El factor de proporcionalidad se denomina conductividad térmica del material. Los materiales como el oro, la plata o el cobre tienen conductividades térmicas elevadas y conducen bien el calor, mientras que materiales como el vidrio o el amianto tienen conductividades cientos e incluso miles de veces menores; conducen muy mal el calor, y se conocen como aislantes.

En ingeniería resulta necesario conocer la velocidad de conducción del calor a través de un sólido en el que existe una diferencia de temperatura conocida. Para averiguarlo se requieren técnicas matemáticas muy complejas, sobre todo si el proceso varía con el tiempo; en este caso, se habla de conducción térmica transitoria.

- Convección

Este movimiento transfiere calor de una parte del fluido a otra por un proceso llamado convección. El movimiento del fluido puede ser natural o forzado. Si se calienta un líquido o un gas, su densidad (masa por unidad de volumen) suele disminuir. Si el líquido o gas se encuentra en el campo gravitatorio, el fluido más caliente y menos denso asciende, mientras que el fluido más frío y más denso desciende. Este tipo de movimiento, debido exclusivamente a la no uniformidad de la temperatura del fluido, se denomina convección natural.

La convección forzada se logra sometiendo el fluido a un gradiente de presiones, con lo que se fuerza su movimiento de acuerdo a las leyes de la mecánica de fluidos. Supongamos, por ejemplo, que calentamos desde abajo una cacerola llena de agua. El líquido más próximo al fondo se calienta por el calor que se ha transmitido por conducción a través de la cacerola.

Al expandirse, su densidad disminuye y como resultado de ello el agua caliente asciende y parte del fluido más frío baja hacia el fondo, con lo que se inicia un movimiento de circulación.

El líquido más frío vuelve a calentarse por conducción, mientras que el líquido más caliente situado arriba pierde parte de su calor por radiación y lo cede al aire situado por encima. De forma similar, en una cámara vertical llena de gas, como la cámara de aire situada entre los dos paneles de una ventana con doble vidrio, el aire situado junto al panel exterior – que está más frío – desciende, mientras que al aire cercano al panel interior – más caliente – asciende, lo que produce un movimiento de circulación.

El calentamiento de una habitación mediante un radiador no depende tanto de la radiación como de las corrientes naturales de convección, que hacen que el aire caliente suba hacia el techo y el aire frío del resto de la habitación se dirija hacia el radiador.

Debido a que el aire caliente tiende a subir y el aire frío a bajar, los radiadores deben colocarse cerca del suelo (y los aparatos de aire acondicionado cerca del techo) para que la eficiencia sea máxima. De la misma forma, la convección natural es responsable de la ascensión del agua caliente y el vapor en las calderas de convección natural, y del tiro de las chimeneas. La convección también determina el movimiento de las grandes masas de aire sobre la superficie terrestre, la acción de los vientos, la formación de nubes, las corrientes oceánicas y la transferencia de calor desde el interior del sol hasta su superficie.

Este mecanismo es el modo en que el calor fluye por fluidos, ya sean líquidos o gases. Al pasar fluidos sobre objetos calientes, recogen energía calorífica y la lleva a áreas más frías. Este movimiento convectivo enfría la fuente del calor al calentar el área alrededor.

Flujos convectivos en líquidos y gases pueden ocurrir naturalmente debido a diferenciales de temperatura o el flujo puede producirse artificialmente con una bomba o ventilador. En un espacio cerrado el flujo convectivo natural causa que fluidos circulen: una masa caliente sube, desplazando fluido más frío, que se sume hacia abajo a la fuente de calor y se calienta a su vez. El flujo convectivo natural es como una estufa, continuamente calienta el aire, en un cuarto: aire caliente sube, empujando aire mas frío hacia la estufa para calentarse.

- Radiación

La radiación presenta una diferencia fundamental respecto a la conducción y la convección: las sustancias que intercambian calor no tienen que estar en contacto, sino que pueden estar separadas por un vacío. La radiación es un término que se aplica genéricamente a toda clase de fenómenos relacionados con ondas electromagnéticas.

Algunos fenómenos de la radiación pueden describirse mediante la teoría de ondas, pero la única explicación general satisfactoria de la radiación electromagnética es la teoría cuántica. En 1905 Albert Einstein sugirió que la radiación presenta a veces un comportamiento cuantizado: en el efecto fotoeléctrico, la radiación se comporta como minúsculos proyectiles llamados fotones y no como ondas. La naturaleza cuántica de la energía radiante se había postulado antes de la aparición del artículo de Einstein y en 1900 el físico alemán Max Planck empleó la teoría cuántica y el formalismo matemático de la mecánica estadística para derivar una ley fundamental de la radiación.

La expresión matemática de esta ley, llamada distribución de Planck, relaciona la intensidad de la energía radiante que emite un cuerpo en una longitud de onda determinada con la temperatura del cuerpo. Para cada temperatura y cada longitud de onda existe un máximo de energía radiante. Sólo un cuerpo ideal (cuerpo negro) emite radiación ajustándose exactamente a la ley de Planck. Los cuerpos reales emiten con una intensidad algo menor.

La contribución de todas las longitudes de onda a la energía radiante emitida se denomina poder emisor del cuerpo, y corresponde a la cantidad de energía emitida por unidad de superficie del cuerpo y por unidad de tiempo.

El factor de proporcionalidad se denomina constante de Stefan-Boltzmann en honor a dos físicos austriacos, Joseph Stefan y Ludwing Boltzmann que, en 1879 y 1884 respectivamente, descubrieron esta proporcionalidad entre el poder emisor y la temperatura.

Según la ley de Planck, todas las sustancias emiten energía radiante sólo por tener una temperatura superior al cero absoluto. Cuanto mayor es la temperatura, mayor es la cantidad de energía emitida. Además de emitir radiación, todas las sustancias son capaces de absorberla. Por eso, aunque un cubito de hielo emite energía radiante de forma continua, se funde si se ilumina con una lámpara incandescente porque absorbe una cantidad de calor mayor de la que emite.

Las superficies opacas pueden absorber o reflejar la radiación incidente. Generalmente, las superficies rugosas absorben más calor que las superficies brillantes y pulidas, y las superficies brillantes reflejan más energía radiante que las superficies. Además, las sustancias que absorben mucha radiación también son buenos emisores; las que reflejan mucha radiación y absorben poco son malos emisores. Por eso, los utensilios de cocina suelen tener fondos mates para una buena absorción y paredes pulidas para una emisión mínima, con lo que maximizan la transferencia total de calor al contenido de la cazuela.

Algunas sustancias, entre ellas muchos gases y el vidrio, son capaces de transmitir grandes cantidades de radiación. Se observa experimentalmente que las propiedades de absorción, reflexión y transmisión de una sustancia dependen de la longitud de onda de la radiación incidente. El vidrio, por ejemplo, transmite grandes cantidades de radiación ultravioleta, de baja longitud de onda, pero es un mal transmisor de los rayos infrarrojos, de alta longitud de onda.

Una consecuencia de la distribución de Planck es que la longitud de onda a la que un cuerpo emite la cantidad máxima de energía radiante disminuye con la temperatura.

La ley de desplazamiento de *Wien*, llamada así en honor al físico alemán *Wilhelm Wien*, es una expresión matemática de esta observación y afirma que la longitud de onda que corresponde a la máxima energía, multiplicada por la temperatura absoluta del cuerpo, es igual a una constante, 2.878 micrómetros-Kelvin.

Este hecho, junto con las propiedades de transmisión del vidrio antes mencionadas, explica el calentamiento de los invernaderos. La energía radiante del sol máxima en las longitudes de onda visibles, se transmite a través del vidrio y entra en el invernadero.

En cambio la energía emitida por los cuerpos del interior del invernadero, predominantemente de longitudes de ondas mayores, correspondientes al infrarrojo, no se transmiten al exterior a través del vidrio. Así, aunque la temperatura del aire en el exterior del invernadero sea baja, la temperatura que hay dentro es mucho más alta porque se produce una considerable transferencia de calor hacia su interior.

Además de los procesos de transmisión de calor que aumentan o disminuyen las temperaturas de los cuerpos afectados, la transmisión de calor también puede producir cambios de fase, como la fusión del hielo o la ebullición del agua.

En ingeniería, los procesos de transferencia de calor suelen diseñarse de forma que aprovechan estos fenómenos.

Por ejemplo, las cápsulas espaciales que regresan a la atmósfera de la tierra a velocidades muy altas, están dotadas de un escudo térmico que se funde de forma controlada en un proceso llamado ablación para impedir un sobrecalentamiento del interior de la cápsula.

La mayoría del calor producido por el rozamiento con la atmósfera se emplea en fundir el escudo térmico y no en aumentar la temperatura de la cápsula.

2.3.2. Recuperación de calor en las calderas

En muchas calderas existen oportunidades potenciales para recuperar calor. Hay fuentes de pérdida de calor en un sistema de calderas: gases de chimenea, purga y sistema de trampas de vapor. Los principales métodos de recuperación de calor en calderas industriales utilizan intercambiadores de calor instalados en la salida de la chimenea para recuperar algo de calor que de otra manera se perdería.

Estos intercambiadores de calor se dividen en dos categorías: economizadores y precalentadores de aire. “Los economizadores son usados para elevar la temperatura del agua de alimentación (agua fresca) que entra a la caldera, mientras que los precalentadores de aire son usados para precalentar el aire de combustión que se alimenta al quemador. Otros métodos de recuperación de calor incluyen el uso de intercambiadores de calor con la purga (concha y tubo); sistemas de tanques de vaporización instantánea, retorno de condensado y turbinas con estrangulamiento”⁷.

⁷ RODRIGUEZ ARCON, Jorge Estuardo. “Instalación de un economizador en una caldera como ventaja económica en una planta industrial”. Universidad de San Carlos de Guatemala, escuela de Mecánica industrial, 2000 pp. 21-27

2.4. Calentadores de combustible

Los calentadores de combustible son muy importantes en el sistema de vapor de cualquier nave industrial, porque estos realizan un mejor aprovechamiento de los gases de chimenea, ya sea para calentar el agua de alimentación de la caldera o el aire de la misma.

2.4.1. Tipos de calentadores de combustible

Existen diversos tipos de economizadores para calderas, entre los cuales se pueden mencionar:

- Economizador

Cuando el calor perdido de los gases de chimenea es recuperado para calentar líquidos, con el propósito de suministro doméstico de agua caliente, calentamiento de agua de alimentación en calderas de vapor, o para el uso de agua en sistemas de calefacción, generalmente se usa un intercambiador de calor de superficies extendidas. Los tubos que contienen líquido que ha de calentarse conectan en forma agrupada y llevan soldadas en el exterior aletas de metal con el propósito de aumentar el área de transferencia de energía contenida en los gases.

Los tubos están a menudo conectados en serie, pero también pueden estar ordenados en serie y en paralelo para controlar la caída de presión del lado de líquido. La caída de presión del lado de aire es controlada por el espacio que existe entre los tubos dentro del ducto.

Los intercambiadores de tubos extendidos están disponibles en forma empacada en diversos tamaños o pueden ser fabricados de acuerdo a las especificaciones del cliente.

El control de temperatura del líquido calentado se logra mediante un ducto de desviación (by-pass) el cual varía el flujo de los gases calientes que entran al intercambiador de calor. Los materiales para los tubos y las aletas son seleccionados para resistir la acción corrosiva de líquidos y/o gases de chimenea. Todos los economizadores son parecidos, ya que los flujos de gas y agua, espaciamiento de tubos, y demás accesorios varían muy poco.

Los economizadores de tipo 1 son tubos desnudos de acero al C de 2" de diámetro externo que tienen un dobléz de 180 grados y que están soldados uno con otro en los extremos, configurando entre 8 y 12 pasos.

Tabla I. **Tipos de tubería para economizadores de combustible**

Tipo	Descripción del tipo	Tipo de combustible
1	Para tubos desnudos	Todos
2	Tubos de acero al carbono con aletas de hierro fundido	Todos
3	Tubos de acero al carbono con aletas de $\frac{3}{4}$ " de alto, distribuidas a razón de 2.5" a 4"	Aceite o gas combustible
4	Tubo de acero al carbono con aletas de $\frac{3}{4}$ " de alto, 5 aletas por pulgada.	Aceite o gas combustible

Fuente: Instituto Tecnológico de Georgia. Estación Experimental de Ingeniería.
 "Mejoramiento de la eficiencia de operación de calderas de vapor". p. 113.

Este tipo usualmente usado por calderas que queman carbón, gas y aceite combustible. Es fácil mantenerlos limpios con sopladores de hollín para el lavado con agua se instalan dispositivos interiormente. Hay espacios de aproximadamente 16" a 18" (40.64 cm a 45.72 cm) para acceso, limpieza y observación.

Puede haber problemas de corrosión debido a una baja carga de operación y alto contenido de azufre en el combustible. Este puede ser aliviado mediante el diseño para bajas cargas de operación o adicionando un calentador en la línea de alimentación de agua para elevar la temperatura de ésta lo suficiente y prevenir la corrosión en el economizador. Algunas calderas nuevas utilizan serpentines para el calentamiento del agua que entra al economizador a niveles más bajos.

El tipo 2 es un economizador de tubos con aletas de hierro fundido tiene dos pulgadas de diámetro externo, con superficies extendidas anulares de hierro fundido unidas a los tubos, en algunos casos, con las aletas fundidas sobre los tubos. La unidad pesa más comparada con un economizador de tubos desnudos de acero al carbono, pero requiere menos espacio debido a haberse aumentado la superficie de calentamiento por pie de longitud de tubería. Los tubos de superficie extendida con aletas de hierro fundido son más resistentes a la corrosión que los tubos desnudos de acero al carbono y se utilizan generalmente con carbón combustible u otro tipo de combustible sólido.

Los de tipo 3 son economizadores con tubos de acero al carbono de 2" de diámetro externo (5.08 cm), que tienen soldadas aletas de acero de $\frac{3}{4}$ " de alto y 0.05" de espesor, espaciadas a razón de 2 $\frac{1}{2}$ " aletas por pulgada cuando se trabaja con aceite combustible No. 6.

Cuando se quema aceite combustible No. 2, las aletas son normalmente de $\frac{3}{4}$ " pulgada (1.91 cm) de alto y 0.06 pulgada (0.1524 cm) de espesor separadas a razón de cuatro aletas por pulgada.

Estas unidades son muy compactas y, en la mayoría de los casos son vendidas completamente ensambladas; antes de ser retiradas de la fábrica son examinadas rigurosamente y certificadas de acuerdo a normas ASME. El aislamiento puede ser instalado en la fábrica.

La unidad posee bridas de unión para las conexiones de entrada y salida de gas, y al lado del banco de tubos se dispone espacio para el soplador de hollín. Los ventiladores de hollín pueden también ser instalados por la fábrica.

El lavado con agua es algunas veces necesario, requiriéndose entonces de un drenaje en el compartimiento de gas. También pueden ser incorporadas tolvas para hollín en el economizador. Este tipo de economizador no debe colocarse directamente arriba de la salida de los gases de chimenea en las calderas empacadas, porque puede introducirse hollín o agua de lavado en la tubería de la caldera, ocasionando problemas de limpieza.

Al igual que en el economizador de tubos desnudos de acero al carbono este tipo de unidad es susceptible a los problemas de corrosión con baja carga de operación.

Los de tipo 4 son economizadores con tubos de acero y aletas que tienen mucho parecido al 3, excepto que las aletas tienen 0.060 por pie 0 5 por pulgada y son usados solamente para gas, puesto que la mayor proximidad entre las aletas dificulta la limpieza de hollín con sopladores cuando se utilizan líquidos combustibles tales como aceites, etc.

- Precalentadores de aire

El objeto de los precalentadores de aire es calentar el aire que se envía al hogar para la combustión, aprovechando parte del calor contenido en los humos antes que éstos lleguen a la chimenea. El calor así recuperado, que vuelve al hogar, representa economía del combustible y el aumento del rendimiento de la caldera. Las ventajas son:

- ❖ Aprovechamiento de calor que en otra forma se perdería, lo que significaría aumento del rendimiento de la unidad generadora de vapor
- ❖ La combustión es más completa
- ❖ Aumenta la producción de la caldera

Las desventajas son:

- ❖ Fuertes corrosiones del lado de los gases de la combustión
- ❖ La elevación de temperatura facilita la fusión de la escoria. Por esto puede haber problemas en la explotación de ciertos carbones para los cuales la temperatura de fusión (de las cenizas) no se alcanzaría sin el precalentador de aire, y es sobrepasada con el empleo de este aparato.

Tipos de precalentadores:

- ❖ Recuperativo
- ❖ Regenerativo

En el recuperativo, los dos fluidos están separados por una superficie metálica a través de la cual se transmite el calor. Según la forma de estas superficies se subdividen a su vez en precalentadores:

- ❖ Tubulares
- ❖ De placas

En el tipo regenerativo, la superficie es calentada intermitentemente en ambas caras por los humos, y enfriada también intermitentemente en ambas caras, por el aire.

Figura 2. **Precalentador de aire**



Fuente: Ambev Centroamérica. Manual técnico de calderas. p. 18.

Un precalentador de aire tubular está constituido por un haz de tubos, encerrado en una cubierta y con uno o más tabiques para obtener la circulación de los fluidos. Un precalentador de placas está constituido por elementos de chapas de acero, en forma de cajas, dispuestos uno a lado del otro, cada uno de ellos con cubiertas laterales para la entrada y salida de aire con espaciadores interiores y exteriores para mantener la distancia correcta entre placas y los elementos adyacentes y actuar simultáneamente como guías de las corrientes gaseosas.

El precalentador regenerativo continuo más difundido, en las instalaciones de calderas, es el “*Ljungtrom* para ser empleado en la primera locomotora de turbina. Su principio de funcionamiento se trata de un rotor constituido por una masa de metal desplegado, con canales muy estrechos que es calentada, alternativamente, por los humos y es enfriada alternativamente por el aire. En cada vuelta de rotor, se cumple un ciclo completo de intercambio de calor⁸.”

2.4.2. Funcionamiento de los calentadores de combustible

El economizador es básicamente un intercambiador de calor gases-agua, diseñado teniendo en cuenta las particularidades de su trabajo con gases de combustión y aplicando la tecnología de las superficies extendidas.

El economizador instalado en una caldera consigue aprovechar el calor residual de los gases de combustión, traspasándolo al agua de alimentación de la caldera, con lo que se consigue reducir el consumo de combustible y mejorar el rendimiento de manera considerable. Consta de dos circuitos:

- Circuito de agua

Consiste en un haz de tubos unidos por codos de acero soldados a los tubos.

- Circuito de gases

Dispuesto en contracorriente del circuito del agua está formado por una carcasa en chapa de acero y perfiles laminados, diseñada para una presión interior de los gases de 500 mm.c.a.

⁸ ACEDO SANCHEZ, José. *Control avanzado de procesos*. 2ª ed. España: Díaz de Santos, 2004. p. 363.

Figura 3. **Calentador de combustible**



Fuente: Ambev Centroamérica. Manual técnico de Calderas. p. 17.

2.5. Desechos industriales

Los desechos industriales son el sobrante de los insumos utilizados en los procesos de producción, los cuales se pueden reaprovechar por medio de un tratamiento especial de acuerdo a la clasificación correcta de los mismos.

2.5.1. Tipos de desechos industriales

Existen diversos tipos de desechos industriales, entre los cuales se mencionan los siguientes:

- Residuos sólidos

Los residuos sólidos son fracción de los materiales de desecho que se producen tras la fabricación, transformación o utilización de bienes de consumo, que no se presentan en estado líquido o gaseoso.

En los últimos años, las naciones del mundo industrializado han cuadruplicado su producción de desechos domésticos, incrementándose esta cifra en un dos o en un tres por ciento por año.

El volumen de producción de desechos es inversamente proporcional al nivel de desarrollo del país que se trate. Diariamente consumimos y tiramos a la basura gran cantidad de productos de corta duración, desde los pañales del bebé hasta el periódico.

Se estima que los envases de los productos representan el 40% de la basura doméstica, siendo nocivos para el medio ambiente y además encarecen el producto. Una vez puesta la tapa en el cesto de basura, se olvida el problema; a partir de ahí es asunto de los municipios. “Estos tienen varias posibilidades: arrojar la basura en vertederos (solución económica pero peligrosa); incinerarla (costosa pero también contaminante); o separarla en plantas de tratamiento para reciclar una parte y convertir en abono los residuos orgánicos. Esta sería una solución mucho más ecológica, pero también más costosa⁹.”

- Residuos tóxicos

Se comprende por desechos tóxicos, los desechos que son perjudiciales para la salud humana y para el desarrollo de la vida, es decir que puedan contaminar de alguna manera el medio ambiente y que este pueda ser modificado, entre estos ejemplos están, la radiación y desechos químicos como los ácidos.

⁹ NADAL EGEA, Alejandro. *Desarrollo sustentable y cambio global*. 4ª ed. México: El colegio de México AC, 2007. p. 370

Los principales componentes que dan a los residuos su carácter peligroso son: metales pesados, cianuros, dibenzo-p-dioxinas, biocidas y productos fitosanitarios, éteres, amianto, hidrocarburos aromáticos poli cíclicos, fósforo y sus derivados, y compuestos inorgánicos del flúor.

Las actividades principales que generan este tipo de residuos son la minería, la energía nuclear y la industria en general (papelera, química o siderúrgica, entre otras).

2.5.2. Tratamiento de desechos industriales

La eliminación de residuos mediante vertido controlado es el método más utilizado. El resto de los residuos se incinera y una pequeña parte se utiliza como fertilizante orgánico. La selección de un método u otro de eliminación se basa sobre todo en criterios económicos, lo que refleja circunstancias locales.

- Vertido controlado

El vertido controlado es la manera más barata de eliminar residuos, pero depende de la existencia de emplazamientos adecuados. En general, la recolecta y transporte de los residuos suponen el 75% del costo total del proceso.

Este método consiste en almacenar residuos en capas en lugares excavados. Cada capa se prensa con máquinas hasta alcanzar una altura de 3 metros; entonces se cubre con una capa de tierra y se vuelve a prensar. Es fundamental elegir el terreno adecuado para que no se produzca contaminación ni en la superficie ni en aguas subterráneas.

Para ello se nivela y se cultiva el suelo encima de los residuos, se desvía el drenaje de zonas más altas, se seleccionan suelos con pocas filtraciones y se evitan zonas expuestas a inundaciones o cercanas a manantiales subterráneos. La descomposición anaeróbica de los residuos orgánicos genera gases. Si se concentra una cantidad considerable de metano se pueden producir explosiones, por lo que el vertedero debe tener buena ventilación.

- Incineración

Las incineradoras convencionales son hornos o cámaras refractarias en las que se queman los residuos; los gases de la combustión y los sólidos que permanecen se queman en una segunda etapa.

Los materiales combustibles se queman en un 90%. Además de generar calor, utilizable como fuente energética, la incineración genera dióxido de carbono, óxidos de azufre y nitrógeno y otros contaminantes gaseosos, cenizas volátiles y residuos sólidos sin quemar. La emisión de cenizas volátiles y otras partículas se controla con filtros, lavadores y precipitadores electrostáticos.

- Elaboración de fertilizantes

La elaboración de fertilizantes o abonos a partir de residuos sólidos consiste en la degradación de la materia orgánica por microorganismos aeróbicos. Primero se clasifican los residuos para separar materiales con alguna otra utilidad y los que no pueden ser degradados, y se entierra el resto para favorecer el proceso de descomposición.

El humus resultante contiene de un 1 a un 3% de nitrógeno, fósforo y potasio, según los materiales utilizados. Después de tres semanas, el producto está preparado para mezclarlo con aditivos, empaquetarlo y venderlo.

2.5.3. Impacto de los desechos industriales al ambiente

Los desechos industriales producen diversos impactos al ambiente, entre los cuales se mencionan:

- Dióxido de carbono

Uno de los impactos que el uso de combustibles fósiles ha producido sobre el medio ambiente terrestre es el aumento de la concentración de dióxido de carbono (CO₂) en la atmósfera. La cantidad de CO₂ atmosférico había permanecido estable, aparentemente durante siglos, pero desde 1750 se ha incrementado en un 30% aproximadamente.

Lo significativo de este cambio es que puede provocar un aumento de la temperatura de la Tierra a través del proceso conocido como efecto invernadero. El dióxido de carbono atmosférico tiende a impedir que la radiación de onda larga escape al espacio exterior; dado que se produce más calor y puede escapar menos, la temperatura global de la Tierra aumenta.

- Acidificación

Asociada también al uso de combustibles fósiles y se debe a la emisión de dióxido de azufre y óxidos de nitrógeno por las centrales térmicas y por los escapes de los vehículos a motor. Estos productos interactúan con la luz del Sol, la humedad y los oxidantes produciendo ácido sulfúrico y nítrico, que son

transportados por la circulación atmosférica y caen a tierra, arrastrados por la lluvia y la nieve en la llamada lluvia ácida, o en forma de depósitos secos, partículas y gases atmosféricos.

- Hidrocarburos clorados

El uso extensivo de pesticidas sintéticos derivados de los hidrocarburos clorados en el control de plagas ha tenido efectos colaterales desastrosos para el medio ambiente. Estos pesticidas organoclorados son muy persistentes y resistentes a la degradación biológica. Muy poco solubles en agua, se adhieren a los tejidos de las plantas y se acumulan en los suelos, el sustrato del fondo de las corrientes de agua y los estanques, y la atmósfera. “Una vez volatilizados, los pesticidas se distribuyen por todo el mundo, contaminando áreas silvestres a gran distancia de las regiones agrícolas, e incluso en las zonas ártica y antártica¹⁰.”

2.6. Descripción de operaciones

La descripción de operaciones de un proceso, es de vital importancia para conocer la secuencia del mismo, el tiempo de cada operación y los materiales que se requieren para la misma.

2.6.1. Diagramas de operaciones

Los diagramas generales son representaciones gráficas que reúnen todos los hechos necesarios relacionados con la operación o el proceso en forma clara, a fin de que se puedan examinar de modo crítico y así poder implantar el método más práctico, económico y eficaz.

¹⁰ SANCHEZ GOMEZ, Jorge. *Manejo de desechos industriales*. p. 32

Cada diagrama general tiene una función o utilidad específica, razón por la cual un ingeniero industrial debe aprovechar estos instrumentos con el propósito de emplear solo aquel que le permita resolver un problema determinado. Se clasifican en: diagrama de procesos, diagrama de operaciones y diagrama de recorrido. Tanto los diagramas de operaciones, de proceso y de recorrido tienen importancia en el proceso de mejoras, su utilización correcta ayudará a formular el problema, resolverlo y hacer que se acepte su solución e implantarlo.

Estos diagramas son auxiliares-descriptivos e informativos valiosos para entender un proceso y sus actividades relacionadas. Además, cuentan con simbología específica para clasificar cada una de las acciones que se llevan a cabo en un determinado proceso para detectar y eliminar posibles ineficiencias.

2.6.2. Importancia de los diagramas de operaciones

Los diagramas generales son una representación gráfica que muestran en forma clara las diferentes actividades que se llevan a cabo durante un proceso industrial y administrativo. Son de mucha importancia, ya muestra la secuencia cronológica de todas las operaciones del proceso de producción, inspecciones, márgenes de tiempo y materiales a utilizar tanto en un proceso de fabricación como en uno administrativo, desde la llegada de la materia prima hasta el empaque o arreglo final del producto terminado.

Señala la entrada de todos los componentes y subconjuntos al ensamble con el conjunto principal. De igual manera que un plano o dibujo de taller presenta en conjunto detalles de diseño como ajustes tolerancia y especificaciones, todos los detalles de fabricación o administración se aprecian globalmente en un diagrama de operaciones de proceso.

2.6.3. Estructura de los diagramas de operaciones

Para elaborar cada uno de los diagramas generales, es necesario cumplir una serie de principios a fin de presentar correctamente todas las actividades de modo que permita una clara interpretación de lo ocurrido durante un determinado proceso o procedimiento.

Los diagramas del proceso de la operación difieren ampliamente entre si como consecuencia de las diferencias entre los procesos que refleja, por tanto no resulta practico utilizar un formato preparado que no mostrará sino información de identificación.

- **Identificación**

Este se indica a través de un título colocado en la parte superior del diagrama que dice "Diagrama de proceso", además debe contener información referida al método (si es actual o propuesto) asunto diagramado, su fecha de elaboración así como el (los) nombre(s) del (los) diagramador(es) y el número de páginas del diagrama.

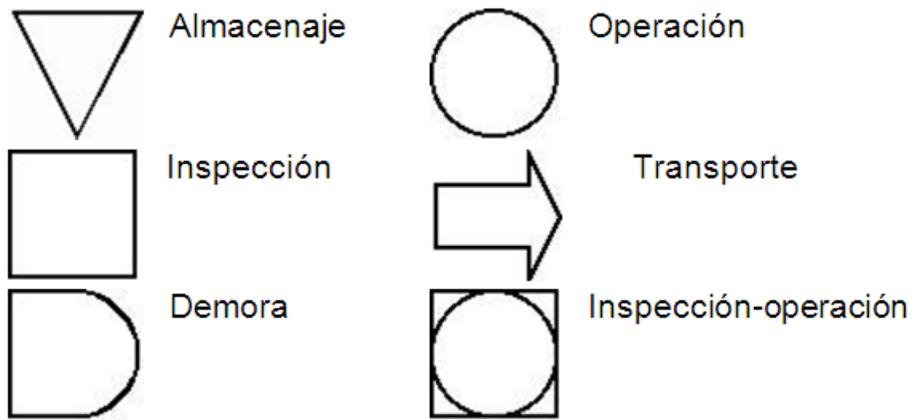
- **Inicio del diagrama**

- ❖ Se inicia en el extremo derecho de la hoja tomada para el diagrama hacia el extremo izquierdo de la misma, conforme se va desarrollando.
- ❖ La primera vertical corresponderá al componente principal de la pieza a elaborar o aquel en el que se realice el mayor número de operaciones.

- ❖ En el caso del diagrama de operaciones, para indicar el material que se utilizará en la obtención de cada componente (materia prima) se designará a través de una línea horizontal, sobre la cual se coloca una breve descripción del material.
 - ❖ En cuanto al diagrama de proceso, se coloca al inicio un almacenaje que indica que el material se encuentra en el almacén de materia prima o de componentes.
 - ❖ Luego se procede a colocar cada una de las actividades según el orden en que ocurran, y al lado de las mismas, se anota una breve descripción de ellas.
 - ❖ Conforme se indican las actividades se enumeran de acuerdo a su ocurrencia. Dicha numeración debe colocarse dentro de los símbolos de cada actividad.
 - ❖ En cuanto al diagrama de recorrido, se refiere a la representación del diagrama de proceso pero en el plano de la planta de producción, indicándose cada actividad en su respectivo departamento o área de ejecución.
- Simbología de las diversas actividades
 - ❖ Operación: es cuando se cambia intencionalmente en cualquiera de sus características físicas o químicas, es montado o desmontado de otro objeto, o se arregla, o prepara para otra operación, transporte, inspección o almacenaje.

- ❖ Transporte: es cuando un objeto es trasladado de un lugar a otro, excepto cuando dichos traslados son una parte de la operación o bien son ocasionado por el operario en el punto de trabajo durante una operación o inspección.
- ❖ Inspección: tiene lugar una inspección cuando un objeto es examinado para su identificación, se verifica su calidad o cantidad en cualquiera de sus características.
- ❖ Demora: es cuando ocurre un retraso a un objeto cuando las condiciones excepto aquellas que intencionalmente cambian las características químicas o físicas del objeto, no permiten una inmediata realización de la acción planeada siguiente.
- ❖ Almacenaje: tiene lugar un almacenaje cuando un objeto se mantiene y protege contra un traslado no autorizado, indicado por triangulo invertido.
- ❖ Actividad combinada: es cuando se desea indicar actividades realizadas conjuntamente o por el mismo operario en el mismo punto de trabajo los símbolos empleados para dichas actividades se combinan como por ejemplo el círculo inscrito en un cuadrado para representar una operación e inspección combinada.

Figura 4. **Simbología de los diagramas de operaciones**



Fuente: Fred Meyers. Estudio de tiempos y movimientos. p. 127.

3. SITUACIÓN ACTUAL

3.1. Diagnóstico

La elaboración de diagnósticos para cualquier empresa industrial es de suma importancia, porque de esta manera se pueden determinar los puntos fuertes y débiles en el desarrollo de las operaciones, para luego impulsar planes de acción para establecer las estrategias a tomar para atacar dichos puntos débiles, todo esto realizado para buscar la mejora continua en las organizaciones.

3.1.1. Diagnóstico general Ambev Centroamérica

La empresa Ambev Centroamérica realiza sus operaciones debido al funcionamiento de diversas áreas, las cuales son: fabricación, filtración y producción.

Las áreas, antes mencionadas, necesitan para su funcionamiento vapor debido a que están conformadas por equipos que utilizan el mismo para generar presión y operar adecuadamente; para la generación se utilizan dos calderas, dichas calderas son alimentadas por óleo-combustibles, es decir, que en el desarrollo de las operaciones, una mala programación de producción o falta de mantenimiento de los equipos puede repercutir en incrementos de consumo de óleo-combustibles, debido al alto costo de los mismos, puede causar un aumento considerable del costo del producto.

Una herramienta que permite visualizar los factores antes mencionados es el análisis FODA, dicha herramienta permite establecer la situación actual de la organización para crear estrategias que permitan disminuir los puntos negativos y aumentar los puntos positivos.

Tabla II. **Listado de fortalezas y oportunidades**

FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
<p>Sistema de gestión basado en alcance de metas, porque dichas metas son las que mayor utilidad le generan a la organización.</p>	<p>Bajo tipo de cambio de quetzales por dólares, porque a menor tipo de cambio se obtiene mayor utilidad en todas importaciones de materiales.</p>
<p>Gestión de seguridad, porque se preserva la integridad física antes de la realización de cualquier tarea.</p>	<p>Nuevos mercados de exportación (Honduras y Nicaragua), porque de esta manera aumenta el volumen de producción y por ende las utilidades.</p>
<p>Comunicación abierta, porque permite la toma de decisiones de manera conjunta y correcta.</p>	<p>Incremento de consumo en presentaciones descartables, porque son productos con mayor margen de contribución.</p>
<p>Capacitación constante al personal, porque se asegura el crecimiento profesional de los miembros de la organización y la mejora continua en los procesos</p>	

Fuente: elaboración propia.

Tabla III. **Listado de debilidades y amenazas.**

DEBILIDADES	AMENAZAS
<p>Flujo de comunicación formal, porque muchas situaciones se trasladan de forma personal o por teléfono y esto repercute en acciones no realizadas.</p> <p>Sistema de gestión de mantenimiento completo, porque existen muchas actividades de frecuencia semanal y quincenal que no se realizan totalmente y por ende no se asegura un mantenimiento preventivo.</p> <p>Sistema de compra de piezas para mantenimiento, porque se tiene un sistema de gestión con personas de Brasil, lo que repercute en tiempos elevados de llegada de materiales y altos costos de transporte.</p> <p>Falta de información de inventarios de producto terminado y activos de giro en poder del socio (Pepsi), porque de esta manera hace más difícil la toma de decisiones respecto a volumen de facturación y producción.</p>	<p>Desastres naturales, porque según los daños que provoquen imposibilitan la distribución de producto a ciertos lugares y por ende baja de volumen de venta.</p> <p>Escasos profesionales residentes en la región, porque esto conduce a la contratación de personal de ciudades lejanas, que a cierto tiempo produce rotación de personal.</p> <p>Altos índices de pobreza, porque esto provoca consumidores con escaso poder adquisitivo y por ende menor consumo.</p> <p>Creación de nuevos productos por la competencia, porque se tiene una amplia oferta de productos más económicos lo que lleva a una reducción de la demanda.</p>

Fuente: elaboración propia.

Tabla IV. **Matriz FODA**

<p>Factores internos</p> <p>Factores externos</p>	<p>Lista de Fortalezas</p> <p>F1. Sistema de gestión basado en alcance de metas.</p> <p>F2. Gestión de seguridad.</p> <p>F3. Comunicación abierta.</p> <p>F4. Capacitación constante al personal.</p>	<p>Lista de Debilidades</p> <p>D1. Flujo de comunicación formal.</p> <p>D2. Sistema de gestión de mantenimiento completo.</p> <p>D3. Sistema de compra de piezas para mantenimiento.</p> <p>D4. Falta de información de inventarios de producto terminado y activos de giro.</p>
<p>Lista de Oportunidades</p> <p>O1. Bajo tipo de cambio de quetzales por dólares.</p> <p>O2. Nuevos mercados de exportación (Honduras y Nicaragua)</p> <p>O3. Incremento de consumo en presentaciones descartables.</p>	<p>FO (MAXI-MAXI)</p> <p>Estrategia para maximizar las fortalezas y maximizar las oportunidades.</p> <p>Establecer metas en la operación relacionadas con el volumen de ventas. (F1,F3,O2,O3).</p>	<p>DO (MINI-MAXI)</p> <p>Estrategia para minimizar las debilidades y maximizar las oportunidades.</p> <p>Implementar un sistema de compra de piezas nacionales y utilizar como moneda el quetzal. (D2,D3,O1).</p>
<p>Lista de Amenazas</p> <p>A1. Desastres naturales.</p> <p>A2. Escasos profesionales residentes en la región.</p> <p>A3. Altos índices de pobreza.</p> <p>A4. Creación de nuevos productos por la competencia.</p>	<p>FA (MAXI-MINI).</p> <p>Estrategia para maximizar las fortalezas y minimizar las amenazas.</p> <p>Diseñar una planificación consistente de capacitación al personal. (F1,F4,A2,A3)</p>	<p>DA (MINI-MINI)</p> <p>Estrategia para minimizar las debilidades y minimizar las amenazas.</p> <p>Diseñar un sistema de reclutamiento de personal con capacidades técnicas y habilidad de negociación. (D2,D3,A2,A3).</p>

Fuente: elaboración propia.

3.1.2. Diagnóstico específico de Ambev Centroamérica

Ambev Centroamérica en el desarrollo de sus operaciones por medio de la utilización de vapor puede mejorar el aprovechamiento de óleo-combustibles y al mismo tiempo obtener producto a un costo menor que el que se tiene actualmente, para tratar estos puntos se tiene el siguiente análisis. Se tienen cuatro factores principales que influyen directamente en el consumo de los óleo-combustibles, entre estas están las personas, las calderas, el equipo de medición y los óleo combustibles.

En lo que respecta a las personas es muy importante la capacitación que tengan los funcionarios, principalmente de casa de máquinas, para la operación de los equipos adecuadamente y de esta manera hacer eficiente dicha operación.

En lo referente a calderas es de vital importancia el programa de mantenimiento tanto preventivo como correctivo que estas puedan tener un programa de mantenimiento efectivo garantizará una operación optimizada de las mismas, al iniciar el funcionamiento de las calderas, es necesario realizar un calentamiento adecuado para garantizar una operación adecuada de las mismas y el alargue de su vida útil, al finalizar el funcionamiento, también es necesario tener un cronograma de limpieza de los equipos para evitar inconvenientes en el próximo arranque.

Los equipos de medición forman parte fundamental en la optimización del consumo de óleo combustible, porque son éstos los que darán los parámetros de medición para determinar la eficiencia con la que están funcionando los equipos.

Los óleos combustibles poseen ciertas características que pueden influir directamente en el consumo de los mismos, es por eso que es de vital importancia conocer parámetros como el poder calorífico de estos, viscosidad, densidad, entre otros, es necesario solicitar al proveedor de óleos combustibles un certificado de calidad antes de la utilización para garantizar el desempeño de estos.

3.2. Secuencia de operaciones

En el análisis de cualquier situación de una empresa industrial, es necesario conocer cuál es la secuencia de sus operaciones, porque de esta manera se puede conocer el funcionamiento de cada una de sus áreas, el recorrido del producto en cada una de ellas y de esta manera determinar acciones que puedan mejorar la operación.

3.2.1. Área de *packaging*

El área de *packaging* es una de las principales consumidoras de vapor, porque se tienen equipos que demandan gran cantidad de presión para realizar las operaciones, por eso es necesario que la producción sea realizada con un número alto de eficiencia para no elevar el consumo de óleo-combustible y por ende el costo del producto.

3.2.1.1. Descripción del proceso

El proceso de *packaging* se inicia en la despaletizadora, en la cual se retiran las cajas que están estibadas sobre el *pallet* para colocarlas en el transporte, el proceso tarda 32 segundos.

En seguida las cajas son transportadas a la desencajadora este proceso requiere 25 m y 1.5 minutos, en la desencajadora se procede a retirar las botellas para que entren a la línea, este proceso requiere 20 segundos.

Una vez colocadas en la línea, las botellas son transportadas a la lavadora (en filas de 48 botellas) este proceso requiere 20 metros y 37 segundos, en la lavadora pasan por 5 tanques en serie de enjuague para que las botellas puedan ser lavadas interna y externamente, este proceso requiere 35 minutos. El contenido de los tanques es:

- Tanque 1: agua con concentración de soda a 75°C (inmersión)
- Tanque 2: agua con menos concentración de soda. Junto con el primer tanque, se retira el rotulo utilizando una turbina que gira el mismo para una malla. Unas escobas retiran el rótulo de esta malla y lo colocan en la tubería, donde será enviado para almacenamiento después de retirada la mayor cantidad de soda posible.
- Tanque 3: agua con menos concentración de soda
- Tanque 4: agua con soda por arrastre de los tanques anteriores a 55°C
- Tanque 5: agua con soda por arrastre de los tanques anteriores a 55°C
- Tanque de agua noble: para enjuague

Existen 2 ítems de control en la fase de lavado de botellas, el primero es la inserción de residuos cáusticos, que es evaluada por medio de fenolftaleína. El segundo es la inserción de suciedad, para esto se retiran 48 botellas que pasan por la lavadora. Después de la lavadora las botellas son transportadas para los inspectores electrónicos, este proceso requiere 28 metros y 1.9 minutos, los cuales poseen 6 cámaras y otros sensores (residuo cáustico, residuo líquido y color) para ser inspeccionadas las botellas requieren de 25 segundos.

Sino hubiere ningún problema, los inspectores dejan seguir por la línea a la botella. Dependiendo del tipo de problema que tuviere la botella, es automáticamente retirada de la línea (quebrada). Los inspectores electrónicos analizan las botellas para verificar si estas tienen algún defecto, entre los defectos más comunes están: botellas más altas y más bajas que la botella estándar, botellas con cuello diferente y botellas con distinto color, si existieran otros problemas adicionales, las botellas son devueltas a la lavadora para pasar por un proceso de relavado.

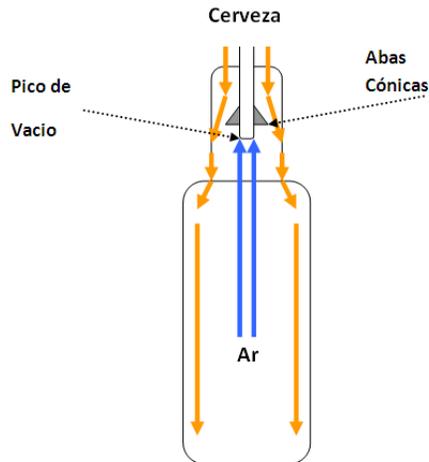
Después de la inspección las botellas son transportadas a una de las dos llenadoras circulares, este proceso requiere 35 metros y 1.4 minutos, donde existen 96 picos en cada una, estas inyectan cerveza en la botella con velocidad de 45,000 botellas por hora. El envase es llenado con presión de CO₂ y realizada de la siguiente manera

- Llenado de la botella con CO₂
- Realizar vacío para retirar el CO₂
- Llenado (2-3°C)
- Despresurización

El llenado se realiza en la botella por medio de los bordes de la misma, para reducir la cantidad de espuma formada.

Para el llenado se iguala la presión de la cúpula de la llenadora con la botella. Con esto, la cerveza entra en la botella para igualar la presión (isobárica). En la figura 3 se ilustra el llenado de la botella.

Figura 5. **Ilustración de llenado de la botella con cerveza**



Fuente: Efren Esquivel. Proyecto Trainee 2006 de Ambev Centroamérica.p. 49.

Después del llenado, un pequeño chorro de agua a 80°C es aplicado a la botella para generar más espuma. Esto ocurre poco antes de que la botella llegue a la selladora para que la espuma ayude a expulsar el aire que permanece en el interior de la botella, encima del nivel de cerveza, el último paso en la llenadora es la colocación de la tapa que requiere 10 segundos. Luego sigue por la línea donde encuentra un sensor que expulsa las botellas con nivel de líquido irregular, este proceso requiere 20 metros y 35 segundos.

Este equipo utiliza una fuente radioactiva e impide que las botellas con mayor o menor cantidad de cerveza sigan por el proceso, en un tiempo de 5 segundos.

Para la cerveza que pasa por la llenadora se realiza análisis de TPO (*Total Packaged Oxygene*) en el laboratorio de control de calidad, para saber cuál es la tasa de oxígeno contenida en cada botella llena con cerveza. Para esto se agitan 4 botellas por 5 minutos, se descansa por 5 minutos para mantener el mismo nivel que la botella original que fue realizado el análisis de TPO.

Después de esto se realiza un análisis sin agitar para conocer cuanto oxígeno ingresó después de la llenadora. Con esto, si el valor está mayor para las botellas sin agitación, quiere decir, que el oxígeno ingresó durante el proceso en otras áreas.

Las botellas son transportadas al pasteurizador (PZ), este proceso requiere 30 metros y 1.6 minutos donde se eliminan los microorganismos capaces de afectar el sabor de la cerveza o la salud de los consumidores. En el PZ las botellas son sometidas hasta 61°C y enfriadas a 32 o 33°C. Este proceso demora entre 48 a 50 minutos, un tiempo de 10-12 minutos la cerveza permanece en una zona llamada crítica (55-61°C). Este proceso garantiza que la cerveza tenga de 10 a 18 UP (unidades de pasteurización) que es un balance entre tiempo y temperatura a la cual la cerveza es sometida.

Cuanto mayor sea la temperatura, menor es el tiempo necesario para obtener la UP. La temperatura tiene que ser mayor que un límite establecido porque sino algunos microorganismos no se morirían.

Por ser un ítem crítico se realiza una medición de UP cada 2 horas para saber si la estación del PZ está funcionando correctamente. La importancia de la UP está directamente relacionada con la calidad del producto. Si se tuviera una UP debajo de 10, probablemente el plazo de validez será menor, si fuera encima de 18, se pierde el sabor original de la cerveza.

Las botellas ya pasteurizadas son transportadas a la rotuladora, este proceso requiere 27 metros y 2.6 minutos, donde se procede a colocar 3 tipos de rótulos: back (atrás), front (frente), neck (cuello). Todos estos rótulos son verificados por 4 sensores, entre ellos el sensor de nivel, que expulsa las botellas con nivel irregular.

En el rotulado también existe un fechador que es el encargado de colocar informaciones de lote y fecha de vencimiento, cuando este no funciona, suena una alarma, porque estas botellas no serán detectadas por los sensores, este proceso requiere 54 segundos.

Después de la rotuladora las botellas son transportadas a la encajonadora, este proceso requiere 50 metros y 2.4 minutos, se utilizan las cajas que fueron retiradas de la desencajonadora a inicio del proceso. Éstas son giradas para ser lavadas y luego giradas nuevamente para recibir las botellas en un tiempo de 25 segundos, luego pasan por un sensor de cajas, que no permite que pasen cajas con menos cantidad de botellas.

Después las cajas son transportadas para la paletizadora, este proceso requiere 32 metros y 52 segundos, luego las cajas son estibadas en los pallets en un tiempo de 3 minutos, el estibamiento se realiza de 5 filas de 9 cajas cada una para completar 45 cajas por pallets y luego son transportadas para la bodega de producto terminado por medio de un monta carga, este proceso requiere 30 metros y 2.5 minutos.

Para certificar que la cerveza está dentro de especificación, se realiza un IFQ (Inspección Final de Calidad después del rotulado), se toma 1 caja cada media hora y se realizan análisis de lavado, llenado, rotulado, codificación y aspecto.

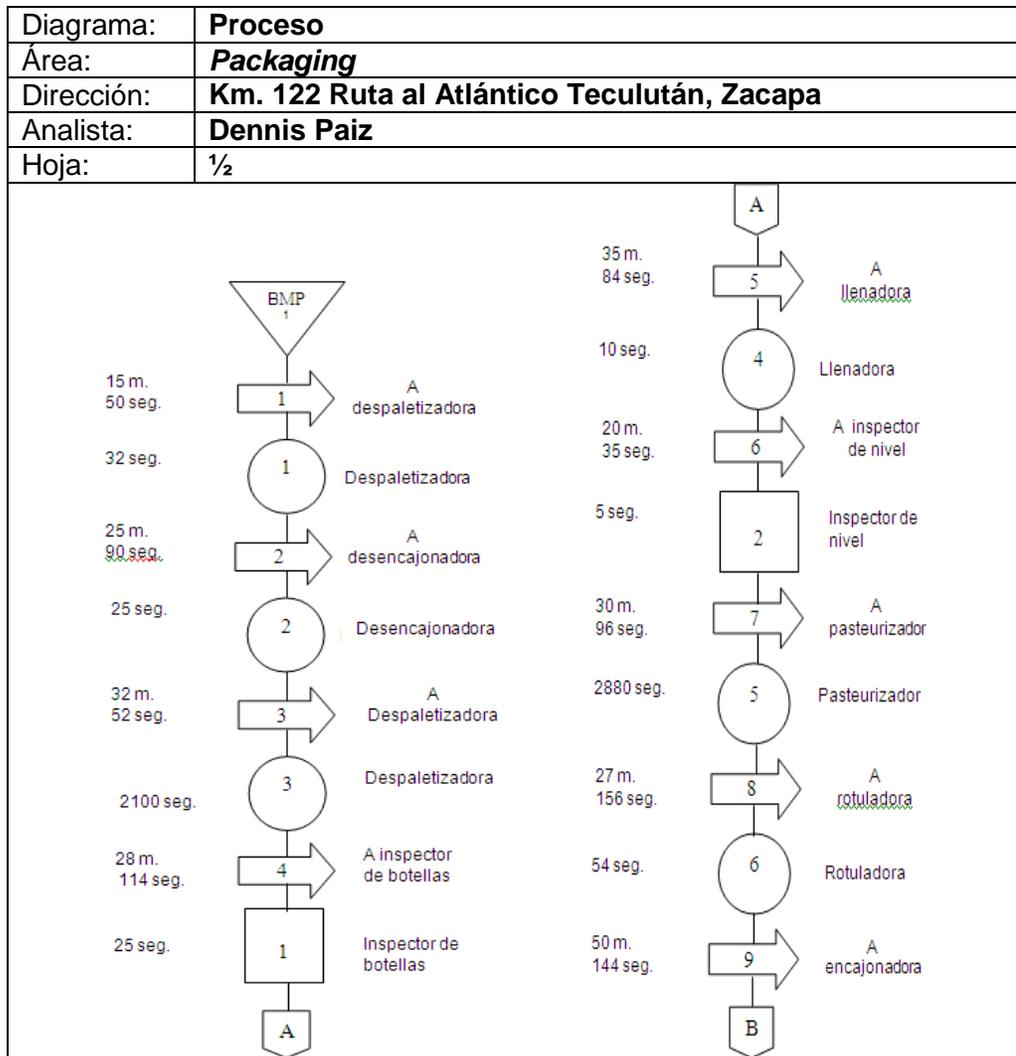
3.2.1.2. Diagramas del área de *packaging*

El área de *packaging* es una de las más importantes en el proceso cervecero, porque involucra a todas las actividades relacionadas con el proceso de producción, en los siguientes apartados se encontrará el análisis de las diferentes actividades que conforman dicho proceso.

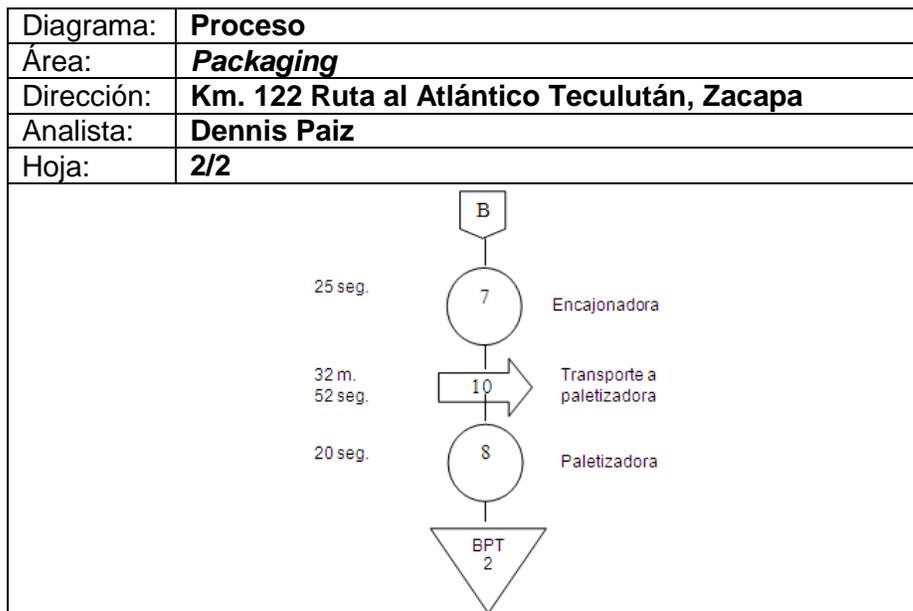
3.2.1.2.1. Diagrama de flujo de operaciones

Después de conocer la descripción del proceso de producción, es necesario realizar todos los diagramas que nos permitan visualizar los tiempos y recorridos involucrados en dicho proceso, para conocer plenamente el mismo y tomar decisiones acertadas si existiera necesidad de realizar alguna modificación. Ver figura 6.

Figura 6. Diagrama de proceso del área de *packaging*

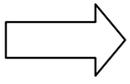


Continuación de figura 6



Fuente: elaboración propia.

Tabla V. **Cuadro de resumen diagrama de proceso del área de *packaging***

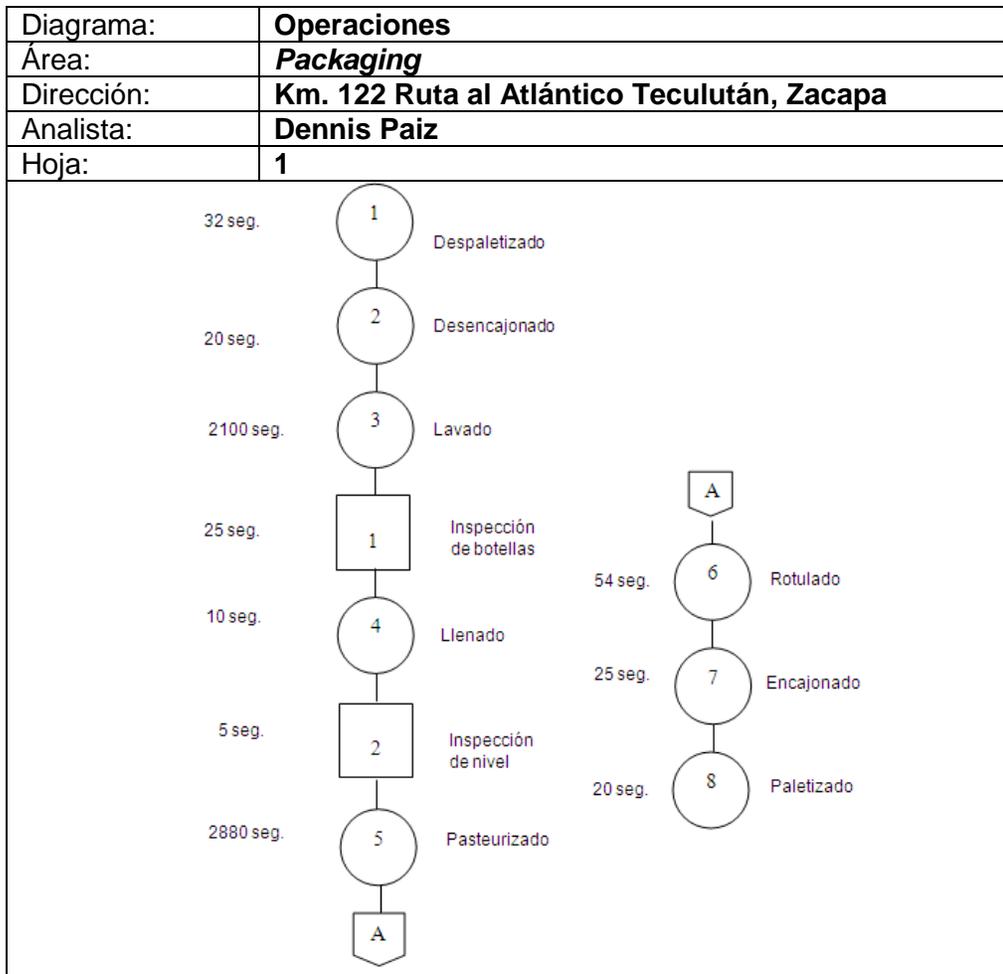
CUADRO RESUMEN			
SÍMBOLO	CANTIDAD	TIEMPO	DISTANCIA
	8	5136 seg. 85.6 min.	--
	10	858 seg. 14.3 min.	282 m.
	2	30 seg. 0.5 min.	--
	2	--	--
TOTALES		6024 seg. 100.4 min	282 m

Fuente: elaboración propia.

3.2.1.2.2. Diagrama de operaciones

Luego de realizar el diagrama de proceso de determinada área de una organización, es necesario elaborar el diagrama de operaciones, el cual permite visualizar solamente las operaciones e inspecciones involucradas en el mismo, para posteriormente decidir si se realiza algún cambio ya sea en las operaciones o en los tiempos de éstas. Ver figura 7.

Figura 7. Diagrama de operaciones del área de *packaging*



Fuente: elaboración propia.

Tabla VI. **Cuadro de resumen diagrama de operaciones del área de *packaging***

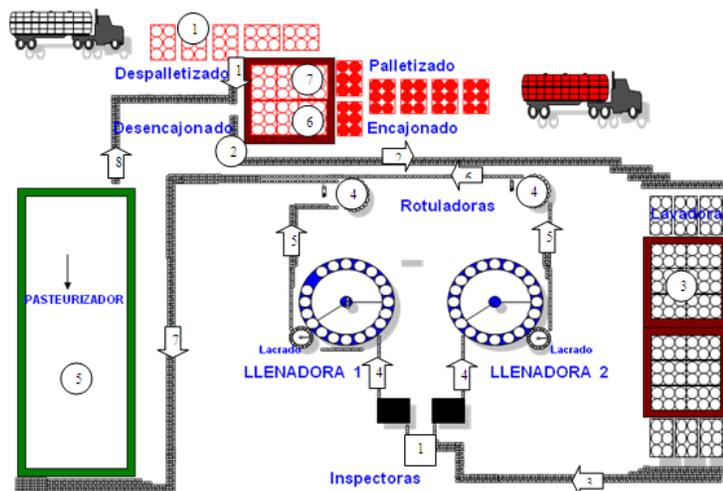
CUADRO RESUMEN			
SIMBOLO	CANTIDAD	TIEMPO	DISTANCIA
○	8	5136 seg. 85.6 min.	--
□	2	30 seg. 0.5 min.	--
TOTALES		5166 seg. 86.1 minutos	

Fuente: elaboración propia.

3.2.1.2.3. Diagrama de recorrido

El diagrama de recorrido de un proceso es presentar la secuencia del mismo en la distribución de planta, de esta manera se puede determinar si es necesario hacer una redistribución de equipos. (Ver figura 8).

Figura 8. **Diagrama de recorrido del área de *packaging***



Fuente: Efrén Esquivel. Proyecto Trainee 2006 de Ambev Centroamérica. p. 68.

3.2.1.3. Consumo de vapor

El consumo de vapor de *packaging* es uno de los mayores de todas las áreas productivas. Ver tabla VII.

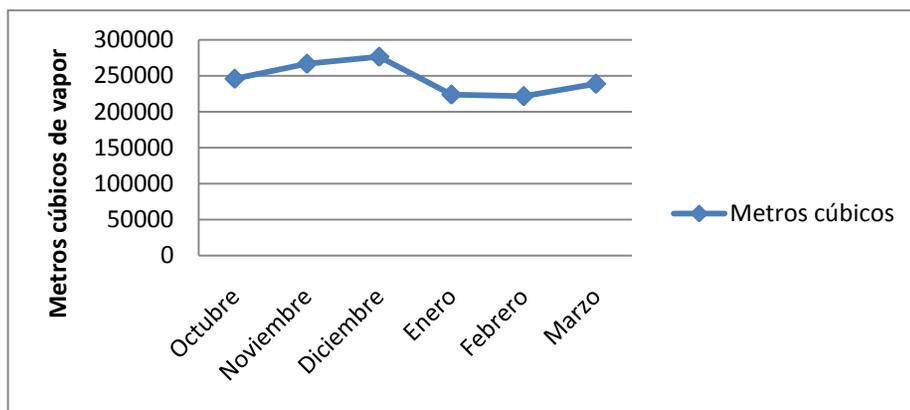
Tabla VII. **Historial de consumo de vapor en el área de *packaging***

Mes	Metros cúbicos de vapor
Octubre	245614
Noviembre	266547
Diciembre	276315
Enero	223547
Febrero	221369
Marzo	238654

Fuente: elaboración propia.

Los datos mostrados en la tabla VII muestran como el consumo de vapor del área de *Packaging* aumenta y disminuye de acuerdo a la demanda del mercado. Ver figura 9.

Figura 9. **Gráfica de consumo de vapor en el área de *packaging***



Fuente: elaboración propia.

El consumo es proporcional a la demanda de cerveza del mercado, como se puede observar en la figura 9, el consumo en metros cúbicos de vapor depende de la producción líquida de cada mes en estudio.

3.2.1.4. Producción líquida

Como se mencionó anteriormente, el consumo de óleo-combustibles es calculado de acuerdo a la razón entre los kilogramos consumidos dividido entre la producción líquida de cada mes. (Ver tabla VI y anexos acumulada de cada mes).

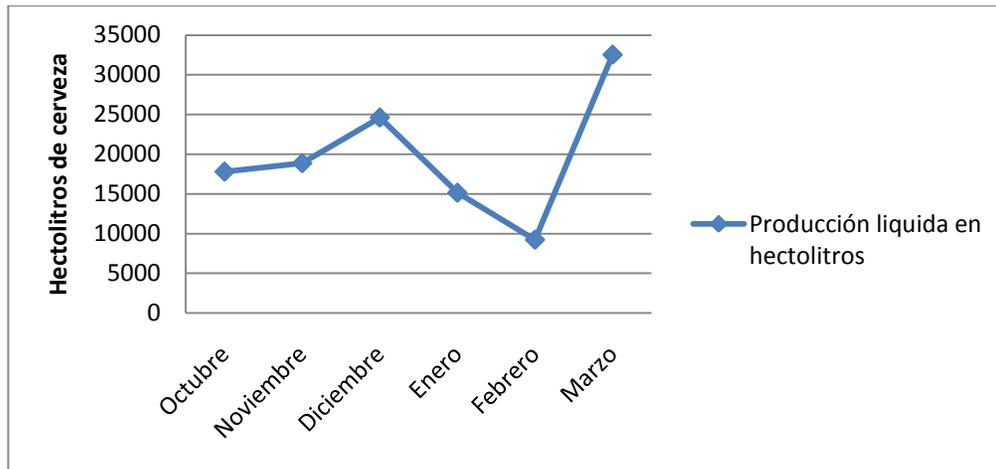
Tabla VIII. **Producción líquida de cerveza en Ambev Centroamérica**

Mes	Producción líquida en hectolitros (hl)
Octubre	17800
Noviembre	18866
Diciembre	24612
Enero	15143
Febrero	9231
Marzo	32524

Fuente: elaboración propia.

Los datos que se presentan en la tabla VI, muestran como la demanda de cerveza es mayor en las temporadas de fin de año y para la época de verano. Ver figura 10.

Figura 10. **Gráfica de producción líquida en Ambev Centroamérica**



Fuente: elaboración propia.

La memoria de cálculo del índice de consumo de búnker permite alcanzar cierta meta establecida cada mes, es por eso que los meses de marzo y diciembre la meta se bate fácilmente, pero los meses restantes se tiene un consumo elevado con relación a la producción elaborada.

El volumen alto puede llevar a no tomar acciones correctivas con base a que se está alcanzando la meta, pero en realidad el problema si existe.

3.2.2. Área de fabricación

Después del área de *packaging*, el área de fabricación es una de las mayores consumidoras de vapor, porque se tienen equipos de alta capacidad accionados totalmente por presión de vapor.

3.2.2.1. Descripción del proceso

La fabricación consiste básicamente en la fabricación de mosto que puede ser separada en las siguientes fases:

- Ensilado
- Recibimiento de malta
- Proceso de limpieza
- Humidificación
- Pre – mix
- Preparación de mosto

En la producción de cerveza, las principales materias primas recibidas son: Malta, *High Maltosa*, Caramelo, azúcar, ácido fosfórico y cloruro de calcio. Para cada una de éstas, es realizada una inspección para verificar la carga recibida. Otros insumos también son utilizados durante el proceso, como soda caústica, divosán, etc. Estos materiales son conocidos como MIP (material intermediario de producción) y son recibidos en las áreas donde serán utilizados.

- Ensilado

El proceso de almacenamiento de malta se realiza a través de silos de forma cilíndrica con un cono en la parte inferior para facilitar la descarga. Los silos están elaborados de lámina de zinc y tienen una capacidad de 250,000 Kg cada uno, se debe tener especial cuidado al vaciar cada uno de ellos porque conlleva un proceso de sanitización para el combate de plagas que puedan causar contaminación en la malta y reducir la calidad de la misma en el proceso de elaboración de cerveza.

- Recibimiento de malta

En el caso de la malta se recibe una carga de 250,000 kg cada dos meses, la cual es almacenada en 2 silos, de 250,000 kg de capacidad cada uno, se estaba utilizando un almacenamiento externo, donde la malta era transportada de la ciudad capital para Teculután de acuerdo a la necesidad de producción.

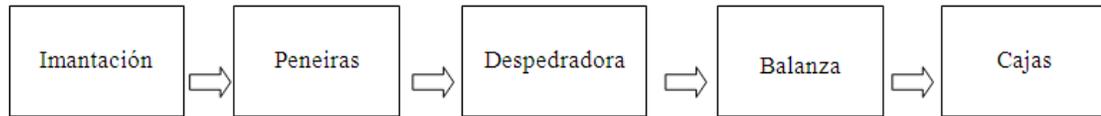
El transporte tiene una compuerta inferior lo que facilita la descarga, la cual se realiza en 35 minutos cada camión. Por disminución de costos de almacenaje se tomó la decisión de recibir la malta directamente en planta, la cual viene en contenedores a granel, debido a esto hay que contratar personal para realizar la descarga de dicho insumo, entonces el proceso de descarga se lleva un tiempo de un camión en un día.

Previamente a descargar cada camión, se realiza una separación entre el polvo de malta y la malta, se realiza inspección visual de color y olor, se recaban muestras para poder analizar la presencia de plagas, dicho análisis se lleva a cabo en el laboratorio de control de calidad.

- Proceso de limpieza

Esta fase del proceso consiste en mejorar la materia prima recibida, haciéndola apta para el proceso de humidificación. La etapa de limpieza puede ser esquematizada de la siguiente manera:

Figura 11. **Proceso de limpieza de malta**



Fuente: elaboración propia.

Para dar inicio al proceso la sala elige cual silo será utilizado para el proceso y retirar de éste los granos de malta. En seguida, la malta pasa a un transporte donde existe un tramo imantado, este proceso requiere 30 metros y 1.7 minutos, éste consigue retirar pedazos de metales contenidos en la malta, luego existe una limpieza por medio de peneiras, este proceso requiere 2 minutos, que consigue retirar objetos mayores a los granos de malta, al mismo tiempo los materiales con peso menor son aspirados en espacios específicos del transporte.

Luego la malta es transportada a la despedradora, este proceso requiere 30 metros y 1.9 minutos, en la despedradora se consigue retirar aquellos materiales que tuvieren un peso mayor a la malta en un tiempo de 37 minutos.

Después de estas 3 fases de limpieza la malta es transportada a una balanza, 33 metros 2.5 minutos, donde se puede pesar la cantidad de malta requerida en la balanza este proceso requiere 135 minutos, luego dicha malta es transportada a las cajas de malta, 28 metros 1.6 minutos, después la malta reposa en las cajas de malta durante 150 minutos.

- Humidificación

Después de la separación de la cantidad de malta en las cajas, los granos pasan por una humidificación de tipo acondicionada.

Esta humidificación, es con poco agua adicionada al proceso. Para realizar la humidificación, se utilizan 3 pares de cilindros que trabajan para que se consiga una humidificación de buena calidad. La mayor dificultad en esta etapa es conseguir abrir los granos para que el almidón quede expuesto a cocimiento sin que la cascara sea perjudicada.

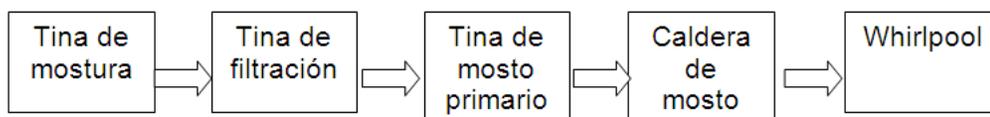
- Pre mix

En la tina son colocados los granos de malta ya humedecida y agua para que sea formado el caldo de mosto. Después se colocan 10 kg de Cloruro de Calcio (CaCl_2).

Este producto será importante para crear un efecto de estabilidad (mayor estabilidad de PH dentro de un rango definido) durante la fase de fermentación de mosto. Después se coloca ácido fosfórico (H_3PO_4) para corregir el PH. Finalmente se adicionan las cascara de los granos aspiradas anteriormente durante la limpieza.

- Preparación de mosto

Figura 12. **Proceso de preparación de mosto de cerveza**



Fuente: elaboración propia.

La malta es transportada a la tina de mostura, este proceso requiere 30 metros 1.6 minutos. En la tina de mostura, se recibe el mosto proveniente del pre-mix en un tiempo de 70 minutos.

Este caldo se almacenará en la primera tina, recibirá una enzima llamada Betaglucanase (para activación de glucosa en el mosto) y pasará por aumentos sucesivos de temperatura. Para la mayoría de cervezas el proceso inicia en 44°C y permanece en reposo durante 20 minutos.

Luego aumenta la temperatura a 52°C y reposa otros 20 minutos. En seguida se eleva la temperatura entre 69-74°C y permanece de 20-30 minutos. Finalmente, la temperatura se eleva a 76°C y luego se transfiere la tina a filtración, este proceso requiere 22 metros y 2.7 minutos.

Los aumentos de temperatura ocurren a una tasa de 1°C por minuto, haciendo que en esta fase dure de 1.5 a 2 horas. Para cada temperatura, tenemos una acción de mejorar las encimas naturales de granos de cebada, las cuales participan en las quiebras de proteínas y quiebra de azúcares como almidón.

Luego de ser transferido a la tina de filtración, el mosto ya filtrado es transferido para una tina intermediaria, denominada tina de mosto primario, este proceso requiere 23 metros y 1.8 minutos. Donde será dosificado Cloruro de calcio (CaCl₂), importante para la fermentación en la fase de Adegas, en un tiempo de 240 minutos.

Luego sigue para la tina de fermentación, este proceso requiere 35 metros 2.9 minutos, donde la temperatura será aumentada gradualmente, durante la fermentación, en un tiempo de 120 minutos, se adicionará ácido fosfórico, Lúpulo amargor, *High* maltosa, caramelo, *Whirfloc* y Lúpulo aromático.

El *Whirfloc* será importante para el *Whirlpool* en cuanto al aroma de la cerveza, no debe pasar mucho tiempo en fermentación para que no se altere el sabor ni el olor característico de la misma.

Finalmente, el mosto es transferido al *Whirlpool*, este proceso requiere 28 metros 3.3 minutos, una tina con fondo levemente inclinado (entre 1 y 2°).

Donde ocurre una decantación (reunión de residuos, como proteínas y lúpulo) en un tiempo de 18 minutos.

Esta decantación es facilitada por el *Whirfloc*. Luego se comienza a bombear el mosto para la fase siguiente, comenzando en la parte de arriba y terminando al final del plano inclinado.

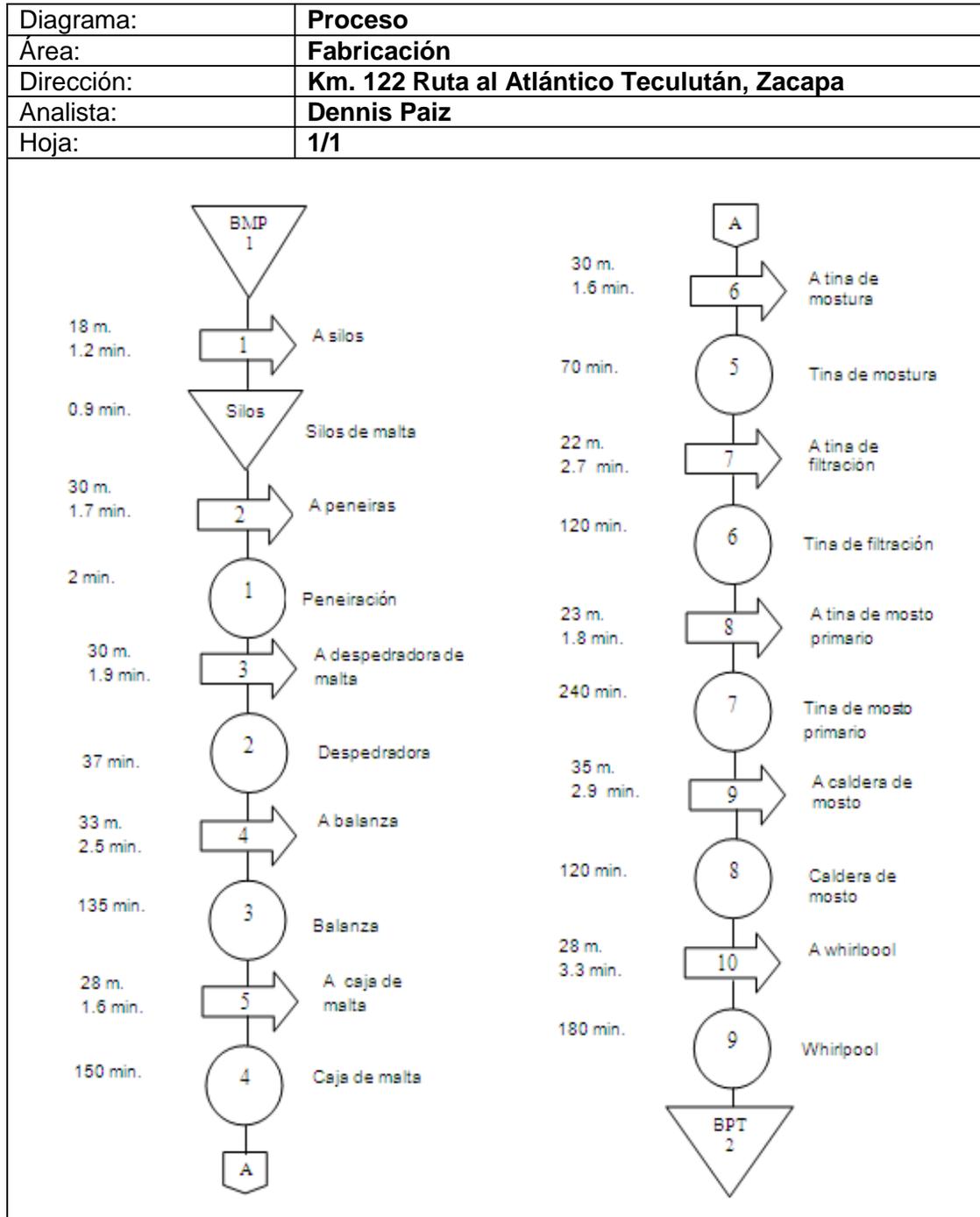
3.2.2.2. Diagramas del área de fabricación

El área de fabricación es el proceso inicial de la elaboración de la cerveza, debido a esto es importante analizar las diferentes operaciones que en ella se realizan y los tiempos que estas requieren para poder visualizar si existen cambios a realizar en dicho proceso.

3.2.2.2.1. Diagrama de flujo de operaciones

En el diagrama de proceso del área de fabricación se detallan todas las operaciones que se realizan con el detalle de sus respectivos tiempos, este detalle es una herramienta de mucha utilidad para tomar decisiones acerca de cambios a realizar en dicha área y sus posibles beneficios y repercusiones.

Figura 13. Diagrama de proceso del área de fabricación



Fuente: elaboración propia.

Tabla IX. **Cuadro resumen diagrama de flujo de operaciones de fabricación**

SIMBOLO	CANTIDAD	TIEMPO	DISTANCIA
	9	1054 min.	--
	10	21.2 min.	277 m.
	2	--	--
TOTALES		1075.2 Minutos	277 m.

Fuente: elaboración propia.

3.2.2.2. Diagrama de operaciones

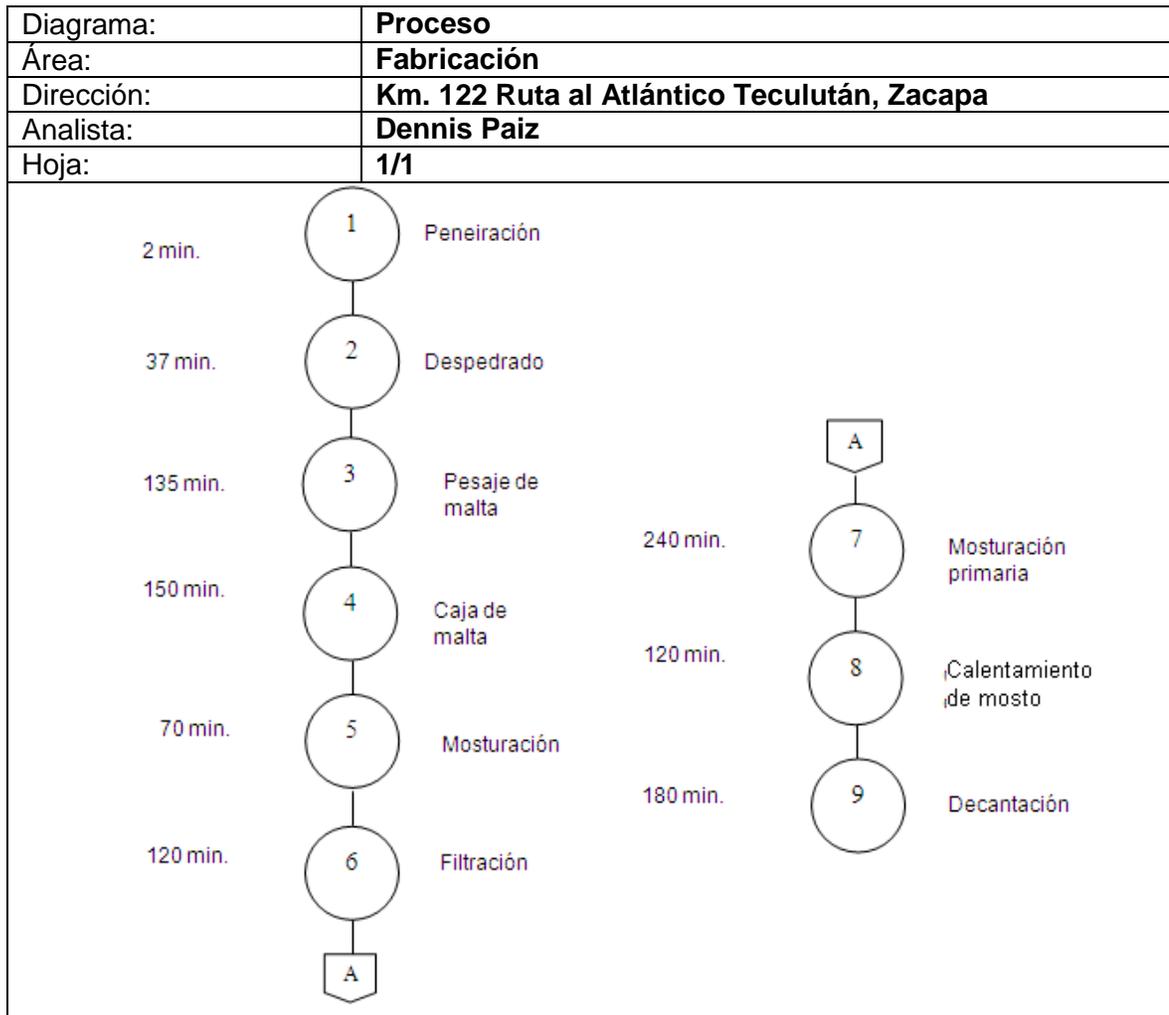
El diagrama de operaciones del área de fabricación, permite conocer detalladamente las operaciones e inspecciones que en el intervienen y pueden analizar la calidad y eficiencia con la que estas se realizan, para implementar ciertos cambios si fuera necesario.

Tabla X. **Cuadro resumen diagrama de operaciones de fabricación**

CUADRO RESUMEN			
SIMBOLO	CANTIDAD	TIEMPO	DISTANCIA
	9	1054 min.	--
TOTALES		1054.9 min	

Fuente: elaboración propia.

Figura 14. Diagrama de operaciones del área de fabricación

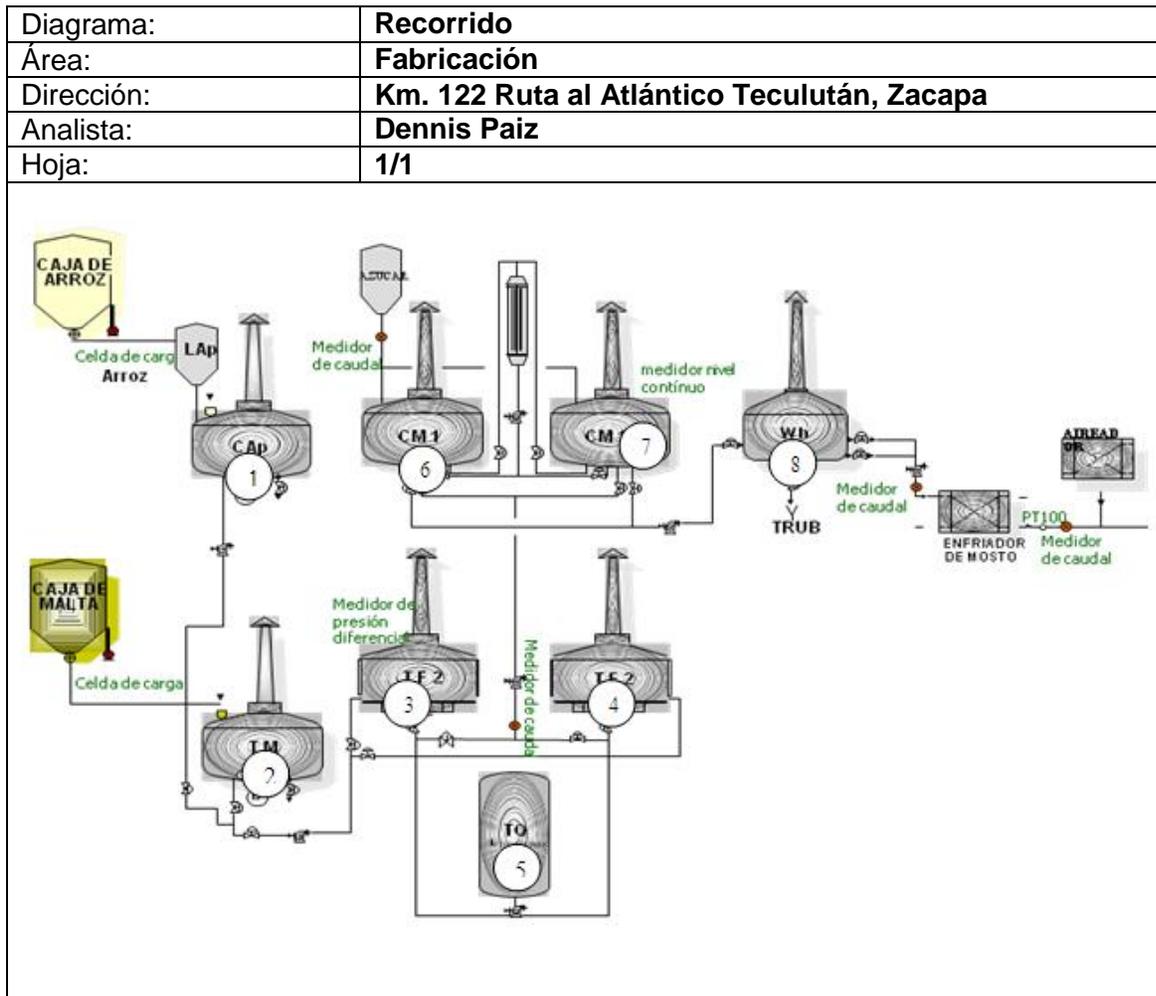


Fuente: elaboración propia.

3.2.2.2.3. Diagrama de recorrido

En el diagrama de recorrido se puede identificar la secuencia de operaciones en la distribución de planta, dicha identificación permite evaluar la calidad y productividad alcanzada en el proceso e impulsar mejoras para obtener los mayores indicadores posibles.

Figura 15. Diagrama de recorrido del área de fabricación



Fuente: elaboración propia.

3.2.2.3. Consumo de vapor

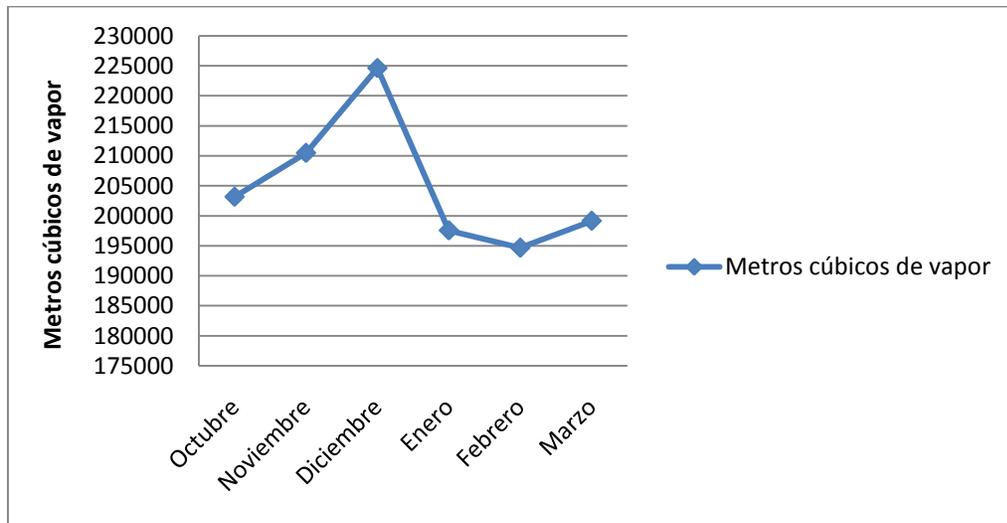
El consumo de vapor de fabricación es uno de los más altos junto al área de *packaging*, por lo que es necesario establecer los valores para realizar un seguimiento detallado de dicho consumo para evitar pérdidas de combustible en las cuales se desconocen sus causas.

Tabla XI. **Historial de consumo de vapor del área de fabricación**

Mes	Metros cúbicos
Octubre	203154
Noviembre	210458
Diciembre	224597
Enero	197547
Febrero	194657
Marzo	199145

Fuente: elaboración propia.

Figura 16. **Gráfica de consumo de vapor área de fabricación**



Fuente: elaboración propia.

El consumo de fabricación es un poco desplazado debido a que la cerveza que se fabrica una semana se envasa dos semanas después, es decir en los meses de alto volumen el consumo de vapor es en las dos últimas semanas del mes anterior.

3.2.3. Área de filtración

La filtración es un proceso básico en la industria química que también se emplea para fines tan diversos como la preparación de café, la clarificación del azúcar o el tratamiento de aguas residuales. El líquido a filtrar se denomina suspensión, el líquido que se filtra, el filtrado, y el material sólido que se deposita en el filtro se conoce como residuo.

3.2.3.1. Descripción del proceso

En filtración el agua carbonatada y cerveza pasan por el filtro KG y por 2 filtros de seguridad. Éstos últimos hacen una segunda filtración para retener los residuos restantes. Durante el proceso es agregada al proceso Tierra Infusoria (tierra formada por exoesqueletos de animales marinos) en cerveza, antes del filtro KG. Para realizar el proceso de filtración, se coloca una mezcla de los insumos a utilizar en el filtro KG, cada una de estas mezclas se les conoce con el nombre de pre camadas. Los pres camadas colocadas poseen las siguientes composiciones:

Pre camada 1

68,2 Kg (3 sacos) de Hyflo (Tierra Gruesa)

5,865 Kg (1/2 saco) de BH-40 (Celulosa)

Pre camada 2

45,4 Kg (2 sacos) de Hyflo (Tierra Gruesa)

34,05 Kg (1,5 saco) de Estándar (Tierra media)

Junto con las pre camadas se tiene la dosificación de la tierra infusoria.

El proceso de filtración se inicia con el llenado de la línea con agua carbonatada, este proceso requiere 12 minutos, luego se colocan 20 hl de agua en el tanque pulmón de cerveza centrifugada (TPCC) para realizar una atmósfera de CO₂ en el filtro KG.

Este proceso requiere 22 minutos, luego se llena el filtro KG con 60 hl de agua carbonatada, este proceso requiere 21 minutos, luego el mismo se vacía empujando el agua carbonatada con CO₂, este proceso requiere 19 minutos, para después llenarlo nuevamente con agua carbonatada, esta operación requiere 21 minutos, luego sigue un proceso de circulación y desaeración del agua carbonatada, esto requiere 25 minutos.

Para luego transferir la primera camada, esta operación requiere 15 minutos, luego se transfiere la segunda camada en un tiempo de 15 minutos y se realiza una circulación de agua carbonatada en 10 minutos, luego se transfiere cerveza al tanque pulmón de cerveza centrifugada (TPCC) durante 10 minutos, se realiza una circulación por el turbidímetro 1 durante 15 minutos para medir la turbidez de la cerveza, si el vaciado es menor a 500 hl se vuelve a circular por el turbidímetro, si es mayor se pasa agua por el filtro y se drena por 8 minutos.

Luego se realiza la fase anterior agregando tierra infusoria en 2 minutos, se realiza filtración en el filtro KG y filtros de seguridad en un tiempo de 600 minutos, luego se llena el tanque pulmón de cerveza filtrada (TPCF) en 20 minutos, si el volumen no es mayor a 30 hl se vuelve a llenar el TPCF y si es mayor se realiza la fase final y se envía cerveza para el tanque de presión en un tiempo de 13 min.

3.2.3.2. Diagramas del proceso

El área de filtración es un área intermedia entre las áreas de fabricación y *packaging*, es la fase anterior al proceso de llenado de las botellas con cerveza, es por eso que es vital el control de todos los parámetros involucrados en las operaciones de la misma, por medio de los diagramas de proceso y operaciones se puede conocer la secuencia y desempeño de cada una de estas.

3.2.3.2.1. Diagrama de operaciones

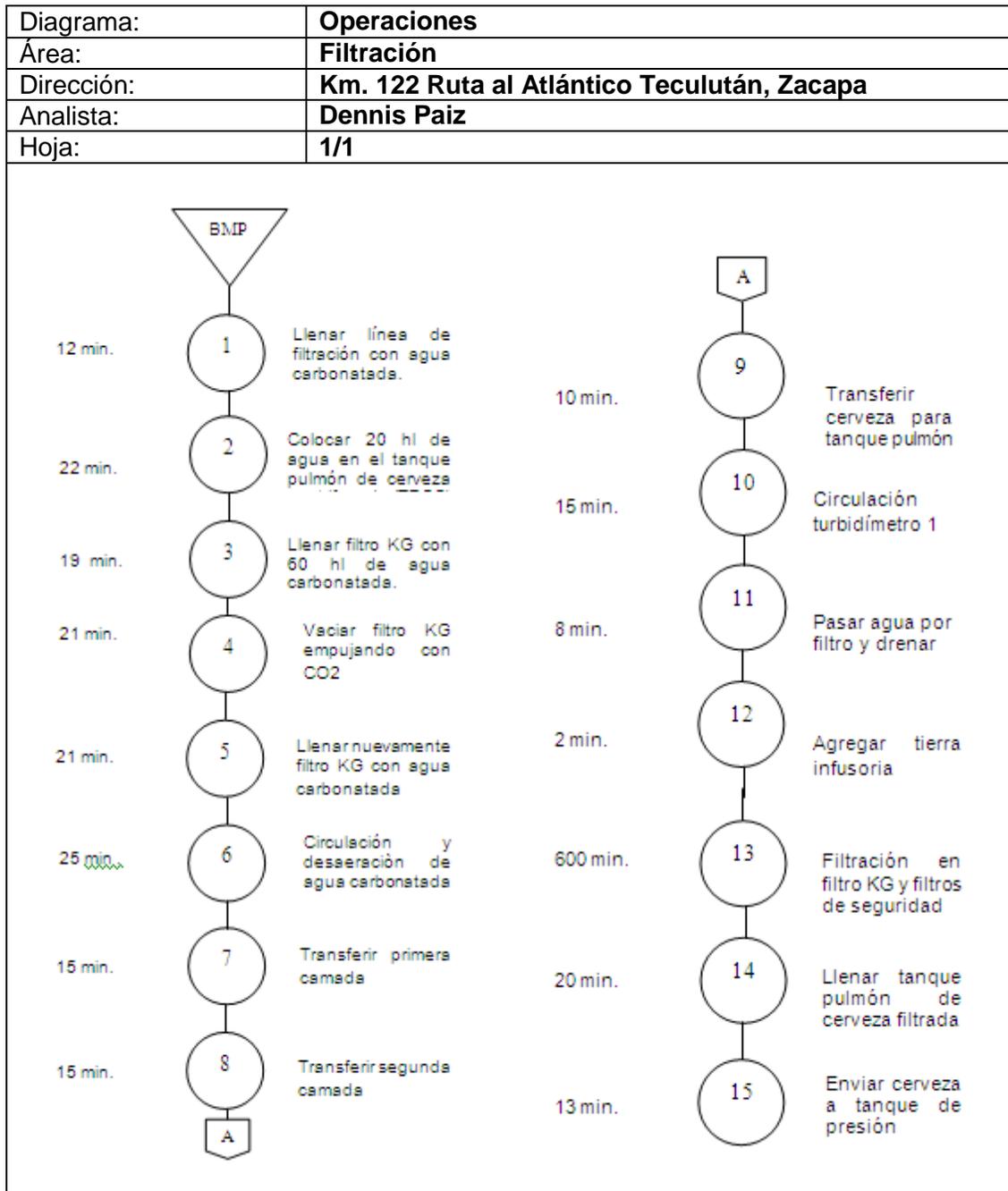
Los diagramas de operaciones nos permiten conocer la secuencia de las mismas y los tiempos involucrados en ellas, en el área de filtración es vital el cumplimiento de tiempos de todas las funciones realizadas, porque cualquier aumento o disminución provoca ciertos cambios en el desarrollo del proceso que influyen directamente en la calidad del producto.

Tabla XII. Cuadro resumen diagrama de operaciones de área de filtración

CUADRO RESUMEN			
SÍMBOLO	CANTIDAD	TIEMPO	DISTANCIA
	15	818 min.	--
TOTALES		818 min	

Fuente: elaboración propia.

Figura 17. Diagrama de operaciones del área de filtración

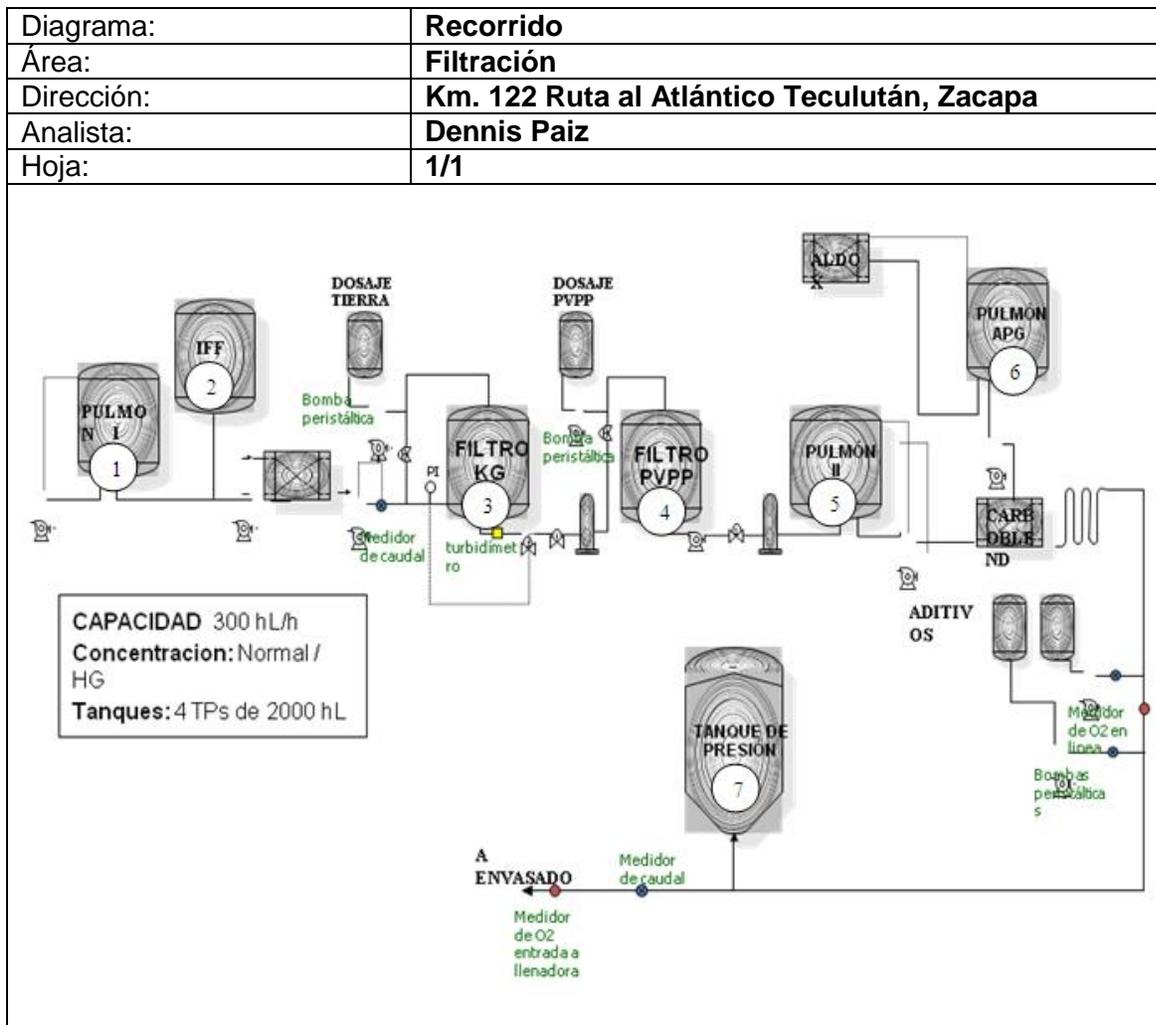


Fuente: elaboración propia.

3.2.3.2.2. Diagrama de recorrido

Los diagramas de recorrido presentan una visión general del proceso y las operaciones que en el intervienen, de esta manera se pueden establecer mejoras en el desarrollo del mismo, minimizando costos y sin comprometer la calidad del producto terminado.

Figura 18. Diagrama de recorrido del área de filtración



Fuente: elaboración propia.

3.2.3.3. Consumo de vapor

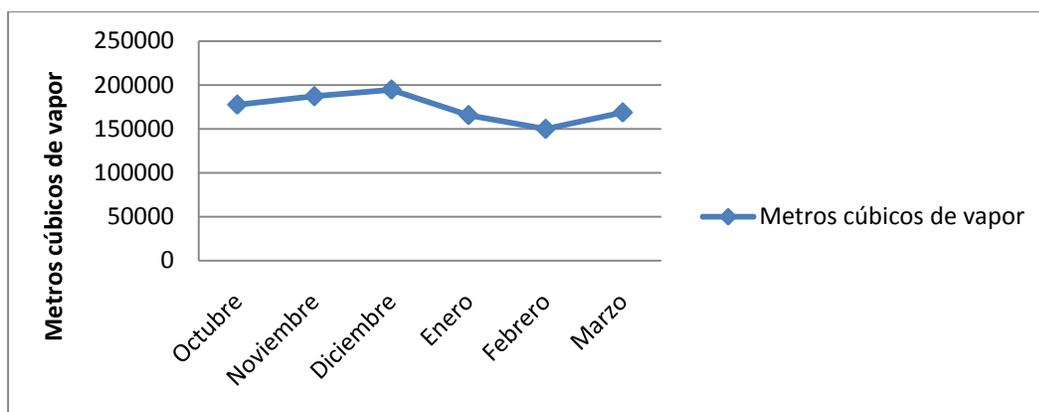
El consumo de vapor del área de filtración es el menor de las tres áreas en estudio, porque la mayoría de sus equipos trabajan con presión de aire comprimido, permitiendo un consumo menor de presión de vapor.

Tabla XIII. **Historial de consumo de vapor del área de filtración**

Mes	Metros cúbicos
Octubre	177458
Noviembre	186987
Diciembre	194527
Enero	165492
Febrero	149856
Marzo	168582

Fuente: elaboración propia.

Figura 19. **Consumo de vapor área de filtración**



Fuente: elaboración propia.

El consumo varía de acuerdo a la demanda del mercado porque el volumen a filtrar es igual al volumen a envasar. El consumo de vapor de filtración, como se mencionó anteriormente, es minoritario en comparación con las otras áreas, entonces para proporcionar un ahorro mayor se trata de trabajar simultáneamente el área de fabricación y filtración para aprovechar mejor la presión de vapor y trabajar con la caldera arrancada de manera homogénea y no estar alternando en arranques, ya que éstos provocan un aumento del consumo de óleo-combustibles.

3.3. Sistema de combustible

Existen variables importantes que actualmente se toman en consideración para hacer que el sistema de alimentación de combustible opere:

- Tratamiento del búnker en el proceso de descarga y ubicación en los tanques de almacenamiento
- Las condiciones de almacenamiento y la manera de trasegarlo hacia los puntos de servicio, para que este sea funcional

3.3.1. Tratamiento del búnker

El búnker es transportado en pipas de 7,000 galones, las cuales poseen una bomba para impulsar el búnker hacia los tanques de almacenamiento a través de una manguera que se instala de la pipa a la tubería conductora del combustible.

Ya estando el búnker en los tanques de almacenamiento recibe tratamiento en lo que respecta a nivel de llenado para evitar derrames y provocar accidentes tanto humanos como ambientales; evitar que se adicione

agua debido a la lluvia y evitar posibles chispas que puedan provocar un incendio en el área de recepción del combustible.

3.3.2. Almacenaje y transporte

Actualmente el proceso cervecero en la planta demanda 300,000 lb/día (136,079.1 kg/día) de vapor, utilizando para ello 2,512 galones de búnker por día, el consumo de búnker está directamente relacionado con las áreas que estén trabajando y el área de *packaging* (línea de producción) tiene un funcionamiento de 60 horas a la semana, lo que representa un consumo de 7,536 galones a la semana. Con este consumo se hace un pedido de 7,000 galones y se reparte entre los dos tanques de almacenamiento, esto obedece a dos razones:

La primera es que en el fondo de los tanques se precipita materia extraña al búnker como agua, sedimentos, etc. Succionar este fluido extraño hacia el quemador de caldera provocaría paradas innecesarias al bloquear la combustión normal de la llama. La segunda razón obedece al servicio brindado por los proveedores o cualquier inconveniente fuera del alcance humano, es decir, escasez de producto, retraso de pedidos, problemas laborales, huracanes, etc. Los datos antes mencionados están de acuerdo a horas de producción, es decir, las tres áreas (fabricación, filtración y *packaging*) en pleno funcionamiento.

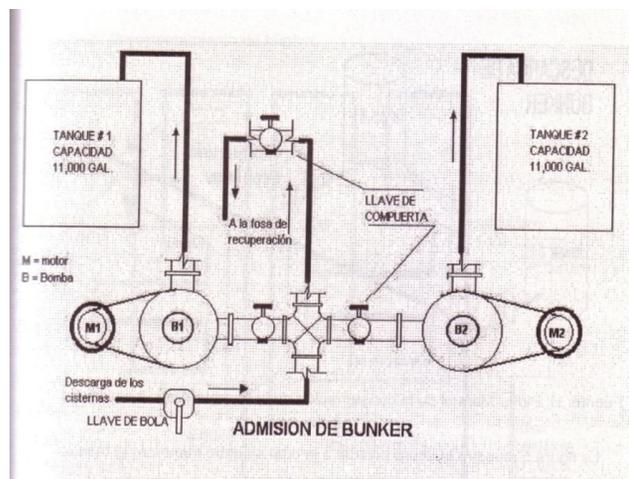
De acuerdo a los datos mencionados, se tienen dos tanques de almacenamiento con capacidad de 11,000 galones cada uno, según políticas de prevención y reserva se deben mantener a una capacidad mínima de 4,095. Los tanques de almacenamiento poseen las siguientes características:

- Admisión
- Descarga
- Precalentamiento

La admisión se realiza a través de dos bombas positivas conectadas de manera alterna y hacia cada tanque. Los dos tanques son llenados por las bombas antes mencionadas. En algunas ocasiones es llenado solamente uno, o los dos a la vez.

La fosa de recuperación tiene como función recibir las cantidades de búnker que quedan en las mangueras de descarga de los camiones cisterna. Una vez que esta fosa se ha llenado, se debe abrir la válvula de compuerta que da hacia la fosa. Al conectar cualquiera de las dos bombas, estas cantidades de búnker serán bombeadas hacia los tanques.

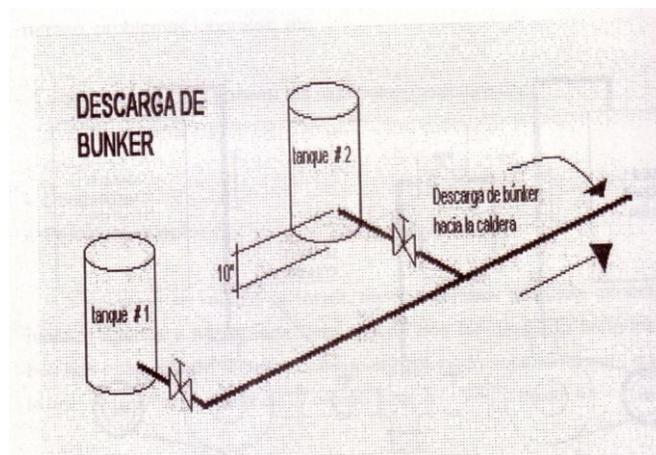
Figura 20. **Sistema de admisión de búnker hacia los tanques de almacenamiento**



Fuente: Ambev Centroamérica. Manual técnico de Calderas. p. 27

La descarga del búnker hacia el sistema se realiza hacia la tubería general de admisión. La tubería general de descarga en cada tanque está situada 10 pulgadas (25.4 cm y 2100 galones) sobre la base de cada tanque, con el fin de garantizar el trasiego de búnker y evitar que se filtren materiales extraños ya mencionados.

Figura 21. **Descarga de búnker hacia el sistema de vapor**

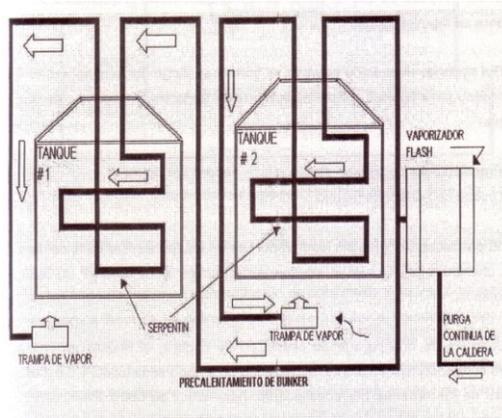


Fuente: Ambev Centroamérica. Manual técnico de Calderas. p. 35

La figura 21 muestra la altura mínima a la cual se debe mantener el búnker dentro de los tanques es de 10" (25.4 cm), medida equivalente a 2100 galones. Operar con valores inferiores supone conducir hacia el quemador, materiales ajenos al combustible, lo que puede causar interrupciones inesperadas en la operación de la caldera.

Cada tanque de búnker cuenta con unos serpentines de vapor que actúan como intercambiadores de calor como se ve en la figura. El serpentín es provisto de vapor-flash proveniente de un vaporizador, el cual a su vez es alimentado con la purga continua o de superficie de la caldera. La cantidad de calor e BTU que transfiere cada serpentín a los tanques, disminuye la viscosidad del búnker almacenado en los tanques, posibilitando su fluidez.

Figura 22. **Pre calentamiento de búnker en tanques de almacenamiento**



Fuente: Ambev Centroamérica. Manual técnico de Calderas. p. 4.

3.3.3. **Funcionamiento**

Después de que el búnker sale de cada tanque por una tubería de 4” (10.16 cm) de diámetro y una temperatura de 50°C, se dirige a un segundo módulo de bombeo. El segundo módulo de bombeo está compuesto por un sistema de dos bombas con sus filtros, los cuales deben alternarse en su uso cada semana. Estas bombas positivas tienen la función principal de hacer recircular el búnker por todo el sistema. Los filtros mejoran aún más en este punto, la limpieza del búnker.

La tubería de este módulo se reduce a 3” de diámetro (7.62 cm). Cada bomba establece una presión de 96 psi (6.62 bar) en el sistema. La temperatura del búnker en las tuberías, después de que ha salido de los tanques hacia el quemador de la caldera se mantiene igual. Este equipo auxiliar de la caldera, consta de dos partes:

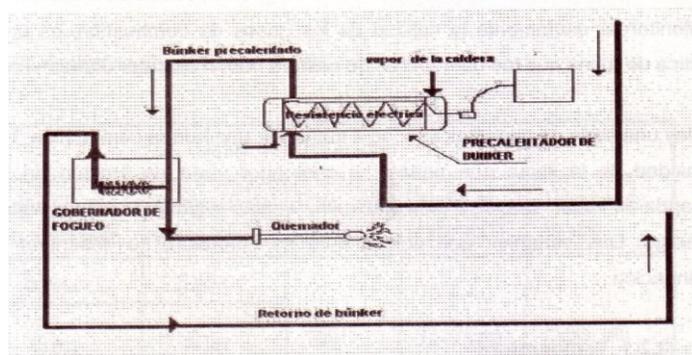
- Precalentador de búnker electricidad – vapor (ver figura 21)
- Unidad de control de fogeo.

El precalentador (electricidad – vapor) es un equipo auxiliar de la caldera que disminuye la viscosidad adecuada del búnker para obtener un buen encendido.

Después de una parada de operación de caldera, el búnker se enfría hasta la temperatura ambiente alcanzando un estado semisólido. Su estado dentro de las tuberías por consiguiente, hace difícil su combustión con el aire, cuando se desea arrancar la caldera. Por ello, al iniciarse un arranque el precalentador posee una resistencia eléctrica que eleva inicialmente la temperatura del búnker para poderlo quemar y luego, poder arrancar.

Cuando la caldera comienza a generar vapor, éste pasa a través del precalentador, desconectando la resistencia eléctrica por medio de un termostato. El vapor del precalentador cede su calor al búnker, condensándose. El condensado que se forma se drena por una trampa de vapor.

Figura 23. **Sistema de ignición en la caldera**



Fuente: Ambev Centroamérica. Manual técnico de Calderas. p. 48

La unidad de control de fogeo tiene la función de regular el volumen y la presión adecuados de aire (primario y secundario) y búnker de acuerdo con la demanda de vapor.

Esta regulación es gobernada a su vez por una parte electrónica llamada modutrol y una parte mecánica compuesta por unas varillas de transmisión que controlan el flujo de aire a través del dámper y el flujo de búnker a través de una leva que utiliza como seguidor, el vástago de una válvula reguladora. Este seguidor cierra y abre el paso de búnker, de acuerdo con la demanda, reduciéndolo de 96 psi (6.62 bar) a 40 psi (2.76 bar) para atomizarlo con el aire.

Finalmente, el búnker es descargado por un sistema de retorno a 35 psi con 222°C y en una tubería de ½ pulgada de diámetro (1.27 cm) se descarga en la tubería general de retorno de 2" de diámetro (5.08 cm) hacia los tanques de búnker.

3.4. Sistema de combustión

Monitorear diariamente la calidad de los gases de combustión es una práctica de rutina que los operadores de caldera deben ejecutar de manera correcta y con la mayor precisión posible.

Hay una serie de aspectos ligados a mantener una buena combustión. La intensidad de la llama que genera el quemador varía en función de la demanda de vapor. Debido a esta situación, se dan regularmente altos y bajos de fuego. Dos variables que actualmente se controlan, se describen a continuación.

3.4.1. Presión

El término presión en esta sección está referido a la diferencia de presión que debe existir entre el hogar de la caldera y la salida de los gases a la atmósfera. Este factor de diseño es llamado tiro.

El tiro puede ser natural o forzado. La caldera en estudio es piro tubular y está clasificada como caldera de consumo alto.

De acuerdo con esta clasificación, mantener la diferencia de presión entre la cámara de combustión y la atmósfera no es significativa, debido a que la velocidad de vaporización es rápida y en consecuencia la formación de los gases de combustión también lo es. Esto hace que los gases tengan la facilidad de evacuarse hacia lugares de menor presión, en este caso, la presión atmosférica. Cuando el hogar de la caldera forma gases de combustión en un tiempo menor es necesario utilizar ventiladores que induzcan los gases por la chimenea.

3.4.2. Temperatura

La temperatura de los gases de combustión es un parámetro que gobierna la eficiencia de la caldera. Es un índice de que tan eficientemente la reacción química del búnker-aire, transfiere su calor a los tubos por donde circula el fuego.

Para que el operador tenga una idea clara en cuanto a la interpretación de esta variable se vale de dos medios:

- La utilización de un termómetro instalado en la chimenea de la caldera
- La medición de CO₂ y O₂ (dióxido de carbono y oxígeno) en los gases de combustión

De acuerdo con las prácticas de rutina monitoreadas se ha establecido una temperatura asociada a un régimen de fuego, es decir, para situaciones de fuego alto o bajo debe registrarse a una temperatura normal asociada. Si el

operador registrara una temperatura de 550°F (273.55°C) en el termómetro ubicado en chimenea de la caldera, y si además su medición de gases le registrara un 15% de exceso de aire, entonces de acuerdo a una gráfica establecida se tendría una eficiencia de combustión de 81.5 %.

Tabla XIV. **Datos de combustión**

Datos de combustión				
Presión a la que se quema el búnker	Presión a la que retorna el búnker	Temperatura en la chimenea	Presión de atomización	Régimen de fogueo
Ingreso	Salida	550 F	23-25 psi	Fuego alto
40 psi	30 psi			
40 psi	30 psi	480 F	15-17 psi	Fuego bajo

Fuente: elaboración propia.

Cuando se está en fuego alto y se observan en el termómetro de la chimenea temperaturas mayores de 550°F (273.55°C); o bien se está en fuego bajo y se tienen temperaturas menores de 480°F (234.66°C), se dice que no se tiene una combustión adecuada. A estos datos se le suman los del análisis de CO₂ y O₂. En fuego bajo o alto las concentraciones de CO₂ no deben variar significativamente.

Entre las medidas correctivas para alcanzar datos que mejoren la eficiencia de combustión están:

- Aumentar o disminuir las presiones de búnker en el controlador de fogueo.
- Aumentar o disminuir las presiones del aire de atomización
- Soplar la chimenea de la caldera
- Regular la temperatura del búnker

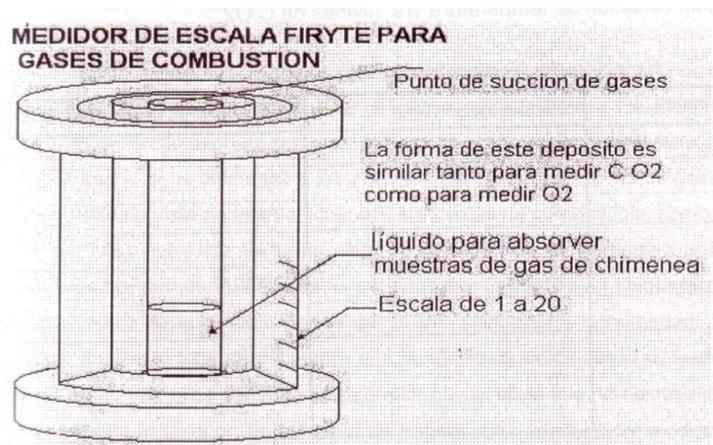
3.4.3. Prueba de gases de la chimenea

El mercado actual ofrece una serie de alternativas en cuanto a equipos, para la medición de la eficiencia de gases en calderas.

- Analizador Orsat
- Pistola de análisis
- Analizadores digitales
- Analizador de escala (Fyrite)

Para este caso de estudio, actualmente se utiliza el analizador de gases a escala. Este es un equipo que analiza muestras de CO₂ y O₂ únicamente. Su principio de operación consiste en bombear una muestra de gas hasta el interior de un reservorio. El volumen de gas absorbido reacciona con un agente químico que se encuentra contenido en dicho reservorio. Cuando la muestra de gas reacciona con el líquido aumenta su volumen, tanto para la medición de dióxido de carbono (CO₂), como para la medición del porcentaje de oxígeno (O₂). Esta reacción se presenta en cada reservorio en particular.

Figura 24. **Medidor de escala *Firyte* para gases de combustión**



Fuente: Ambev Centroamérica. Manual técnico de calderas .p. 53.

Para el CO₂ el agente a utilizar es el hidróxido de potasio. El hidróxido de potasio (KOH), llamado también potasa cáustica, un sólido blanco que se disuelve con la humedad del aire, se prepara por la electrólisis del cloruro de potasio o por reacción del carbonato de potasio y el hidróxido de calcio; se usa en la fabricación de jabón y es un importante reactivo químico.

Se disuelve en menos de su propio peso de agua desprendiendo calor y formando una disolución fuertemente alcalina. En forma líquida posee un color rojo el cual absorbe el dióxido de carbono. El incremento de volumen se puede observar en la escala que posee el reservorio. La escala es de 1 a 20. Mientras mayor sea este número, con una temperatura baja, se tendrá una mayor eficiencia en los gases de combustión.

En la tabla se muestran algunos valores de eficiencia de combustión, los cuales dependen del porcentaje de lectura en la escala del reservorio y de la temperatura a la que se haga la medición, no existe una memoria de cálculo establecida para la eficiencia de combustión, está influenciada directamente con la habilidad del operador para utilizar el equipo y su forma de observar el valor de la misma.

Tabla XV. **Valores de eficiencia de combustión**

Temperatura (F)	Porcentaje CO₂	Eficiencia de combustión
400	13	84.25
400	10	82
400	8	79.25
500	13	82
500	10	78.75
500	8	75.5
550	13	80.75
550	8	73.75

Fuente: elaboración propia.

Operando la caldera con bajas temperaturas y altos contenidos de CO₂, como producto de una combustión completa, se obtiene mayor eficiencia de combustión.

Para medir el O₂ se utiliza ácido pirogálico o ácido fosfórico (H₃PO₄). Éste constituye la fuente de compuestos de importancia industrial llamados fosfatos. El ácido es muy útil en el laboratorio debido a su resistencia a la oxidación, a la reducción y a la evaporación.

Después de hacer una absorción de muestra de gas de la chimenea de la caldera el líquido de color azul aumenta su volumen. Este incremento se aprecia en la escala del reservorio. De 1 a 20, estas lecturas deben ser relativamente bajas, ya que altos niveles de oxígeno indican combustión incompleta dando paso a la formación de monóxido de carbono; además del robo de calor al calentar en forma adicional, el nitrógeno y el oxígeno contenidos en las masas de aire que ingresan al proceso de combustión.

3.4.4. Eficiencia de combustión

El término eficiencia de combustión se usa muy a menudo como sinónimo de eficiencia de caldera, aunque su definición no es la misma.

La eficiencia de combustión se expresa como 100% menos la suma de las pérdidas por gases secos de la chimenea y las pérdidas de combustible, como tal las pérdidas por transmisión de calor en la superficie de la caldera y las pérdidas por purgas.

Tabla XVI. **Pérdidas que afectan directamente la eficiencia de combustión**

Pérdidas por gases secos	Pérdidas por combustible	Pérdidas por transmisión de calor	Eficiencia de combustión
5.25	6.32	4.18	84.25
4.25	7.2	6.55	82
3.8	7.8	9.15	79.25
6.1	5.9	6	82
5.7	6.7	8.85	78.75
5.2	7.7	11.6	75.5
4.9	6.6	7.75	80.75
6.3	5.9	10.55	77.25
8.2	7.4	10.65	73.75

Fuente: datos obtenidos por medio de la medición de gases de chimenea.

La eficiencia de combustión es la resta del 100% menos las pérdidas obtenidas en el proceso, dichas pérdidas no se calculan directamente que sino se obtienen mediante la constante medición de los gases de chimenea de la caldera.

Aunque estas pérdidas son pequeñas en comparación con la suma de la pérdida de los gases de chimenea y la humedad de estos, su efecto total será siempre que la eficiencia de caldera (la cual si toma en cuenta tales pérdidas) sea menor que la eficiencia de combustión. No obstante lo anterior, un aumento de eficiencia de combustión conducirá en general, a un aumento de eficiencia de caldera, ambas expresiones son sinónimas como medida del rendimiento operativo de la unidad.

Por medio del análisis de combustión se puede determinar la eficiencia de la caldera, que puede ser mayor que el rendimiento estándar de cualquier caldera. Si este análisis es pasado por alto, es seguro que no se obtendrá un rendimiento óptimo.

Cualquiera que sea la medición que se efectúe en la chimenea ya sea CO₂, CO, exceso de O₂, humo, temperaturas, etc. Es importante que haga sobre una muestra respectiva del volumen de gases de chimenea.

La localización del lugar en donde se obtiene la muestra de gases de combustión y la temperatura de la chimenea es tan importante como la misma medición. Los análisis de los gases de combustión tiene por objeto determinar:

- Análisis de los gases de combustión

En la composición de los gases de combustión, el quemador está sujeto a una producción adecuada de CO₂ en los gases de la chimenea. Esto permite la tasación de la caldera sobre una base de comparación. Es tan factible la obtención de rendimiento irregular afectado por la prueba en condiciones ideales. Un quemador puede desarrollar eficiencias que no es posible lograr en el campo de aplicación.

- Temperaturas de los gases de escape

Una temperatura máxima de los gases de escape de la chimenea, durante el rendimiento máximo de la caldera, asegura la operación económica favorable y elimina los riesgos de incendio.

- Pérdida de tiro a través de la caldera

La pérdida excesiva de tiro, precisará la instalación de una chimenea más alta o de otra manera dará lugar a dificultades como consecuencias con la combustión defectuosa resultante.

- Densidad del humo

El humo grueso indica combustión incompleta, operación poco eficiente y en general acarreará condiciones indeseables de trabajo.

- Eficiencia de combustión

Debido a que la eficiencia de combustión se expresa como el 100% menos las pérdidas debido a los gases de combustión, obviamente la eficiencia depende tanto del exceso de O₂, como el de la temperatura de los gases de combustión.

Las mejoras en la eficiencia de la caldera son principalmente, el resultado de reducciones de las pérdidas de energía térmica en los gases de chimenea y en el agua expelida. Los procedimientos que disminuyen el contenido de energía de estas corrientes benefician directamente la operación de la unidad. La eficiencia máxima se obtiene cuando la combustión es completa y se reducen al mínimo las pérdidas de calor.

3.5. Sistema de utilización

En el desarrollo de las operaciones del sistema de vapor se tienen pérdidas en el transcurso de envío hacia las áreas productivas, éstas se dan por diversas causas, eficiencia de caldera, mala transferencia de calor, entre otras. Por eso es necesario establecer los consumos productivos y no productivos del sistema de alimentación de vapor.

3.5.1. Gasto de combustible utilizable y no utilizable

El vapor que actualmente es enviado a la planta no es aprovechado en un 100%; es decir, una parte es productiva y el resto se pierde. Expresando esta situación en términos de productividad, se puede calcular la fracción:

$$\text{Productividad} = \frac{\text{BTU (productivas)} + \text{BTU (no productivas)}}{\text{HI de cerveza (envasado)}}$$

$$\text{Productividad} = \frac{\text{BTU (productiva)}}{\text{HI (envasado)}} + \frac{\text{BTU (no productiva)}}{\text{hl (envasado)}}$$

$$\text{Productividad} = \text{fracción productiva} + \text{fracción no productiva.}$$

Tabla XVII. **Pérdidas que afectan directamente la eficiencia de combustión**

Mes	Producción líquida hectolitros	Consumo de vapor área de <i>packaging</i> m ³	Consumo de vapor área de fabricación m ³	Consumo de vapor área de filtración m ³
Octubre	17,800	245,614	203,154	177,458
Noviembre	18,866	266,547	210,458	186,987
Diciembre	24,612	276,315	224,597	194,527
Enero	15,143	223,547	197,547	165,492
Febrero	9,231	221,369	194,657	149,856
Marzo	32,524	238,654	199,145	168,582
	Consumo de vapor total de las áreas m ³	Indicador real m ³ /hectolitro	Indicador óptimo m ³ /hectolitro	Diferencia entre indicador real e indicador óptimo
Octubre	626,226	35.18	36.00	0.82
Noviembre	663,992	35.20	36.00	0.80
Diciembre	695,439	28.26	36.00	7.74
Enero	586,586	38.74	36.00	-2.74
Febrero	565,882	61.30	36.00	-25.30
Marzo	606,381	18.64	36.00	17.36

Fuente: elaboración propia.

Como puede observarse en la tabla anterior, existe una relación directa entre el consumo de metros cúbicos de vapor y la cantidad de hectolitros de cerveza envasada, los números que están negativos en la columna de diferencia entre indicador real e indicador óptimo, significa que hubo pérdida de metros cúbicos de vapor; es decir, se tuvo tiempo de funcionamiento de calderas el cual no fue aprovechado el vapor producido por las mismas, los números positivos indican que hubo un aprovechamiento de vapor óptimo en el desarrollo de las operaciones.

3.5.2. Vapor utilizable y no utilizable

La energía productiva está en función de las libras de vapor procesadas en cada máquina y depende esencialmente de las técnicas del procesamiento utilizadas, de los materiales utilizados y de la eficiencia del equipo. Entre los factores que influyen en un incremento del total de vapor no utilizable están los siguientes:

- Los problemas de fabricación, entre los cuales se puede mencionar, atrasos en los arranques por problemas mecánicos, lo cual produce un desfase entre las áreas.
- El área de fabricación tiene un consumo de combustible de 62 galones por hora, el promedio de atrasos durante el mes es de 13 horas, es decir, se tiene una pérdida mensual de $62 \text{ galones/hora} * 13 \text{ horas} = 806 \text{ galones}$ durante el mes.
- Los problemas de filtración por ciclos de filtrado muy grandes y por optimizar los insumos causa incrustación del filtro, lo cual indica que se debe filtrar nuevamente.

El ciclo máximo de filtrado son 4500 hectolitros, el caudal de filtración es de 250 hectolitros/hora; es decir, un ciclo dura 18 horas de filtración, en algunas ocasiones se ha sobrepasado el nivel máximo del ciclo y se ha incrementado a 4800 hectolitros, lo que ha provocado que el filtro esté arriba de su capacidad nominal y se tape, al pasar esto se tiene que volver a iniciar todo el proceso de filtración.

El área de filtración tiene un consumo de combustible de 34 galones por hora, por baja eficiencia de los equipos, se tienen pérdidas de 7 horas mensuales, siempre teniendo ciclos de 4500 hectolitros, es decir, se tiene una pérdida mensual de 34 galones/hora * 7 horas = 238 galones durante el mes.

- Los problemas en la línea de envasado, nivel bajo, quiebra, nivel alto, pasteurización baja, pasteurización alta, lo cual reduce la cantidad de cerveza producida y aumenta el consumo de vapor.

El área de *packaging*, presenta pérdidas de eficiencia debido a situaciones como las mencionadas anteriormente, el impacto causado por estas es el siguiente:

- Producción mensual promedio: 18,000 hl
- Producción en hectolitros por hora = 139 hl / hora
- Consumo de vapor por hora = 83 galones / hora
- Problema de nivel bajo = 1.32% = 18,000 * 1.32% = 237 hl
- Problema de quiebra = 0.79% = 18,000 * 0.79% = 142 hl
- Problema de nivel alto = 1.1 % = 18,000 * 1.1% = 198 hl
- Problema de pasteurización alta = 0.62% = 18,000 * 0.62% = 111 hl
- Problema de pasteurización baja = 0.43% = 18,000 * 0.43% = 77 hl

$$\begin{aligned} &\text{Horas pérdidas en producción} = \\ &(237 + 142 + 198 + 111 + 77) \text{ hectolitros} / 139 \text{ hectolitros por hora} = \\ &765 \text{ hectolitros} / 139 \text{ hectolitros por hora} = 5.5 \text{ horas} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &\text{Galones perdidos mensuales} = \\ &5.5 \text{ horas} * 83 \text{ galones por hora} = \\ &457 \text{ galones perdidos al mes.} \end{aligned}$$

El vapor no utilizable está en función del tiempo y siempre va a estar presente en cualquier tipo de proceso. Sin embargo, su reducción a un mínimo es importante para mejorar la eficiencia energética, especialmente de la caldera. Dada esta situación, la caldera debe producir los mismos flujos de vapor por unidad de tiempo reduciendo el consumo de combustible.

3.5.3. Rendimiento de los combustibles

Este término se refiere al aprovechamiento eficiente de un galón de búnker utilizado para producir cierta cantidad de kilogramos de vapor. Maximizar el rendimiento significaría producir la mayor cantidad de kilogramos de vapor empleando el mismo galón. Enfocado de un segundo modo, es producir la misma cantidad de kilogramos empleando el menor volumen de búnker posible.

El vapor que está generando la caldera representa actualmente el 30% de los costos de servicios. Al mejorar el rendimiento, se debe generar la misma producción un menor costo. Una de varias opciones es recuperar calor de desecho y recalentar el agua para aumentar la entalpía del líquido y así, emplear menores volúmenes de combustible para vaporizar los mismos flujos de agua. Esto se puede lograr con un economizador de combustible.

Al generar vapor se deben tomar en cuenta dos costos que van implícitos:

- El costo del combustible utilizado
- El costo del vapor generado.

Si el precio del búnker por galón aumenta, esto implica que el costo de vapor por kilogramo generado también aumente.

Por ejemplo, El precio de un galón de búnker hoy es de Q17.30, y actualmente se están produciendo 300,000 lb. (136,079.1 Kg.) de vapor cada 24 horas, utilizando 2,512 galones de búnker diarios. El costo de cada kilogramo de vapor por hora se calcula de la siguiente manera:

Datos:

- Precio de galón = Q17.30
- Producción de vapor = 300,000 lb/24hrs = 12,500 lb /hr (5,669.9628 kg/hr)
- Consumo de combustible = 2,512 galones/24hrs = 104.66 galones/hr
- Costo de combustible = Tasa de consumo X precio unitario de cada galón
- Costo de vapor = Costo de combustible / producción de vapor
- Costo de combustible = 104.66 gal/hr * Q17.30 = 1,810.618 Q/hr
- Costo de combustible = 1,810.62 Q/hr.
- Costo de vapor = 1,810.62.62 Q/hr / 5,669.9628 Kg/hr
- Costo de vapor = 0.3193 Q/kg de vapor.

Teniendo en cuenta que el precio del galón es una variable cuyo comportamiento no depende de las funciones técnicas de la planta, la alternativa a seguir es reducir el gasto volumétrico de búnker; ello implica en

consecuencia la disminución del costo de la producción de vapor, es decir, se tiene un índice de quetzales por kilogramo menor.

De acuerdo al ejemplo anterior, el costo mensual real que actualmente tiene el uso de búnker, y por consiguiente la generación de vapor es:

Costo anual del combustible

Costo anual = costo promedio mensual * 12 meses de operación

$$\begin{aligned} \text{Costo anual} &= 29,523 \text{ gal/mes} * \text{Q}17.30 \text{ Q/gal} = \\ &510,747950 \text{ Q/mes} * 12 \text{ meses} = \text{Q}6,128,974/\text{año}. \end{aligned}$$

Costo anual de producción de vapor

$$\begin{aligned} \text{Costo anual} &= \\ &\text{producción de vapor} * \text{costo promedio mensual de producción de vapor} \\ &0.3193 \text{ Q/kg de vapor} * 105,678 \text{ kg/mes} = \\ &33,742.98 \text{ Q/mes} * 12 \text{ meses} = 404,915.82 \text{ Q/año}. \end{aligned}$$

3.6. Desechos industriales

Los desechos industriales que se producen en la transformación de cualquier materia prima son factores que pasan desapercibidos por la mayoría de industrias en nuestro país, produciendo una gran contaminación ambiental porque se tiene una idea errónea acerca del tratamiento de desechos, porque priorizan costos y no destinan cierta parte de esos costos a la preservación del medio ambiente.

3.6.1. Tipos de desechos industriales

La cantidad de residuos que genera una industria es función de la tecnología del proceso productivo, calidad de las materias primas o productos intermedios, propiedades físicas y químicas de las materias auxiliares empleadas, combustibles utilizados y los envases y embalajes del proceso.

- Residuo peligroso

Son residuos que por su naturaleza son inherentemente peligrosos de manejar y/o disponer y pueden causar muerte, enfermedad; o que son peligrosos para la salud o el medio ambiente cuando son manejados en forma inapropiada.

- Residuo inerte

Residuo estable en el tiempo, el cual no producirá efectos ambientales apreciables al interactuar en el medio ambiente.

El área de medio ambiente es responsable por la gestión de residuos y subproductos. La diferencia entre residuo y subproducto es la generación de ingresos o descarte. Residuo son aquellas sobras generadas por la fábrica que deben ser descartadas. Los subproductos son aquellos materiales que sobran del proceso productivo y pueden ser reaprovechados o vendidos a cualquier persona tercera.

Según la legislación ambiental, los residuos y subproductos generados son responsabilidad de la fábrica aún después de la salida de estos. Ver tabla XVI.

Es por eso que Ambev Centroamérica realiza auditorías con los terceros para evaluar el tipo de tratamiento que estos le dan a los desechos o si están causando algún tipo de impacto ambiental.

Tabla XVI. **Clasificación de residuos industriales en Ambev Centroamérica**

Residuos peligrosos	Residuos inertes
Agua con soda cáustica utilizada en el proceso de lavado de botellas.	Etiqueta y tapa utilizada en el proceso de producción de cerveza.
Solución de ácido fosfórico utilizada en el proceso de limpieza del área de fabricación.	Madera y cartón proveniente de los insumos utilizados en producción de cerveza.
Agua con jabón utilizada en el proceso de limpieza del área de <i>packaging</i> .	Levadura orgánica proveniente del proceso de fabricación.
Agua con diesel utilizada para la limpieza del área de casa de máquinas.	Plástico proveniente de insumos utilizados en producción.
Óleo combustibles utilizados en el proceso de producción de vapor.	Papel proveniente de todo el proceso administrativo.

Fuente: elaboración propia.

Entre los residuos se pueden clasificar en clases 1, 2 ó 3, en orden decreciente de contaminación. Residuos de clase 1 son aquellos altamente contaminados, tales como aceites, grasas con amoníaco, colas vencidas, entre otros. Estos residuos no pueden ser descartados por lo tanto son incinerados.

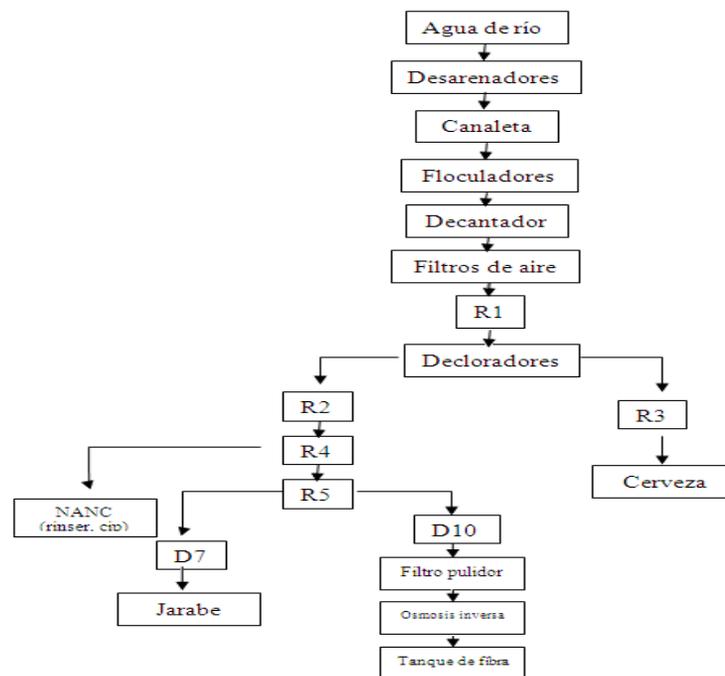
Los residuos de clase 2 tampoco pueden ser descartados fácilmente pero si tratados por empresas especializadas, estos residuos pueden ser llevados a terrenos específicos y permanecer ahí hasta que sean degradados. Con relación a los subproductos, se tiene, rótulo, pita usada para amarrar pallet, papel, vidrio, latas, bagazo, tierra infusoria, fermento, entre otros.

En algunos casos, se trabaja para aumentar su valor agregado, como ejemplo se puede mencionar, el retiro de la máxima cantidad de soda de rótulo, otro ejemplo es separar al máximo el vidrio para poder venderlo limpio, es decir, con poco rótulo y tapa. El área de medio ambiente también es la encargada del área de derrame, que es la segregación del líquido de las botellas de mala calidad o reclamos de mercado para poder vender dichas botellas ya limpias para subproductos.

3.6.2. Tratamiento de desechos industriales

En la planta se cuenta con una área específica para el tratamiento de desechos industriales que tiene el nombre de ETEI (Estudio de tratamiento de efluentes industriales) y también existe otra área con el nombre de ETA (Estudio de tratamiento de agua).

Figura 25. Tratamiento de desechos industriales



Fuente: elaboración propia.

Desde que inicia se realiza un proceso de retirar toda la arena que pueda traer implícita y se procede a retirar todos los flóculos, materiales extraños para asegurar la calidad del agua utilizada y por ende asegurar la calidad del producto terminado.

El tratamiento de agua que se tiene en Ambev Centroamérica es uno de los métodos más efectivos en lo que a pureza del agua se refiere, por ser uno de los más adecuados para las empresas industriales porque después de utilizar agua en todo el proceso productivo, para poder desechar esta agua tiene que tener una calidad como si fuera a ser consumida por seres humanos.

3.6.3. Impacto al ambiente de desechos industriales

- Contaminación de aguas

La preservación del recurso hídrico es uno de los más importantes al realizar cualquier operación en la cual participa el agua como materia prima, la disposición no apropiada de residuos puede provocar la contaminación de los cursos superficiales y subterráneos de agua, además de contaminar la población que habita en estos medios. Ambev Centroamérica tiene un sistema de tratamiento de aguas residuales antes de desechar el agua utilizada en el proceso, que se desecha a un río aledaño a la ubicación de la planta.

- Contaminación atmosférica

Ambev Centroamérica cuida de manera estricta el olor que puede provocar el área de tratamiento de desechos industriales, es por eso que se realizan estudios de carga orgánica en las dos lagunas utilizadas para el tratamiento de desechos industriales.

Porque además de causar daño a la población aledaña, alrededor de la planta existen industrias de alimentos, colegios, entre otros, de esta manera la legislación ambiental exige esta clase de tratamientos.

- Contaminación de suelos

Ambev Centroamérica para contribuir con la disminución de la contaminación de los suelos, impulsa proyectos de desarrollo comunitario cada dos meses, impulsando la reforestación de determinada área, los mecanismos que se utilizan son la donación de cierta cantidad de árboles para que puedan ser plantados en determinados lugares de la comunidad.

- Problemas paisajísticos y riesgo

La acumulación en lugares no aptos de residuos trae consigo un impacto paisajístico negativo, además de tener en algunos casos asociados un importante riesgo ambiental, pudiéndose producir accidentes, tales como explosiones o derrumbes.

Ambev Centroamérica como se ha mencionado anteriormente, los residuos son eliminados internamente y los subproductos son vendidos a cierto valor monetario a empresas terceras, pero el subproducto tiene un seguimiento por medio de auditorías para evaluar la manera en que estas empresas terceras realizan la eliminación o aprovechamiento de estos subproductos y evitar cualquier impacto ambiental que pueda existir.

- Salud mental

La contaminación ambiental es un factor determinante en la salud mental de las personas, porque cuando el medio ambiente está saturado de elementos contaminantes, las personas absorben dichas sustancias y no les permite desarrollarse ampliamente en su lugar de vivienda, lugar de trabajo, entre otros.

Ambev Centroamérica para minimizar los impactos al medio ambiente, extiende sus operaciones a otras industrias, para realizar una eliminación de desechos en forma conjunta.

Un claro ejemplo es que todo el desecho de rótulo es llevado por Cementos Progreso para ser quemado en los hornos que ellos poseen, en términos financieros, Ambev le paga cierta cantidad de dinero a Cementos Progreso para que pueda retirar dicho desecho.

3.6.4. Costo del tratamiento de desechos industriales

Los costos relacionados con medio ambiente conlleva todo lo relacionado con mano de obra, depreciación de equipo, mantenimiento de las áreas ETA (estudio de tratamiento de agua) y ETEI (estudio de tratamiento de efluentes industriales) entre otros.

Lo mencionado anteriormente es una salida de flujo de efectivo para el área de medio ambiente; pero al realizar el análisis se tiene una entrada de efectivo que es la venta de subproductos, que proporciona una ayuda al costo total del área de medio ambiente.

Tabla XVIII. **Costos del tratamiento de desechos industriales**

Tipo de Gasto	Valor/mes
Salarios/Encargos/Otras Despensas	Q 33048.70
Mantenimiento	Q 7700.48
Servicio Contratado	Q 115281.97
Despensas Generales	Q 0.00
Utilidades	Q 0.00
Depreciación	Q 101578.00
Total	Q 257,609.15/mes

Fuente: elaboración propia.

Se muestra el desglose de los principales rubros que integran el costo del tratamiento de desechos industriales, pero es necesario realizar un desglose para cada uno de estos rubros para establecer de una manera clara donde está el mayor impacto en el costo. (ver tablas XIX, XX y XXI).

Tabla XIX. **Desglose del costo de salarios en el tratamiento de desechos industriales**

Sueldos	Q19275.41
Horas extras	Q 4091.46
Vacaciones	Q 0.00
Seguridad Social Patrimonial	Q 2770.52
Cargas	Q 2962.64
Consumo interno	Q 0.00
Practicante	Q 0.00
Asistencia Medica	Q 62.5
Transporte	Q 0.00
Entrenamiento	Q 0.00
Vestimenta	Q 0.00
Medicamentos	Q 0.00
Seguridad de trabajo	Q 568.77
Productos Alimenticios	Q 3317.4

Fuente: elaboración propia.

Tabla XX. **Desglose del costo de mantenimiento en el tratamiento de desechos industriales.**

Consumo materiales retirados de almacén de repuestos	Q 682.63
Mantenimiento edificios	Q 0.00
Maquinaria y equipos	Q 7017.85
3eros eventual	Q 0.00
3eros permanente	Q 0.00

Fuente: elaboración propia.

El costo del tratamiento de desechos industriales lo conforman 4 rubros importantes que son: salarios, mantenimiento de los equipos de la estación de agua y tratamiento de efluentes, servicios contratados y depreciación.

De dichos rubros el de mayor costo es el de servicios contratados, porque en el se engloba el costo del retiro de todos los subproductos (bagazo, tierras usadas en filtración, levadura, entre otros) además del costo de la limpieza del área de ETEI (estación de tratamiento de efluentes industriales) que tiene un costo de Q105460.54, otro rubro de alto costo es la depreciación de maquinaria y equipo y por ser una maquinaria que se compró a un precio elevado presenta un costo de depreciación mensual de Q10,1578.00

Tabla XXI. **Desglose del costo de servicios contratados en el tratamiento de desechos industriales**

Retiro de subproductos	Q 9,821.43
Gastos de laboratorio	Q0.00
Limpieza Eventual	Q0.00
Limpieza ETEI	Q 105,460.54

Fuente: elaboración propia.

4. PROPUESTA DE INSTALACIÓN DE CALENTADOR DE BÚNKER

El costo de operación de equipos que funcionan a base de óleo combustibles es elevado debido al precio de los mismos en el mercado y la alta variabilidad que este presenta, es por eso que es de suma importancia aprovechar al máximo los recursos para poder hacer eficiente nuestro sistema, la instalación de un calentador de búnker o economizador de combustible, ayuda al aprovechamiento de los gases de la chimenea para calentar el agua de alimentación de la caldera y ahorrar energía que por ende provoca una disminución de costos de operación.

4.1. Instalación

Para realizar la instalación de cualquier equipo es necesario tomar en cuenta algunos aspectos importantes del mismo, como: diseño, ubicación e instalación del mismo, para garantizar el óptimo funcionamiento del mismo.

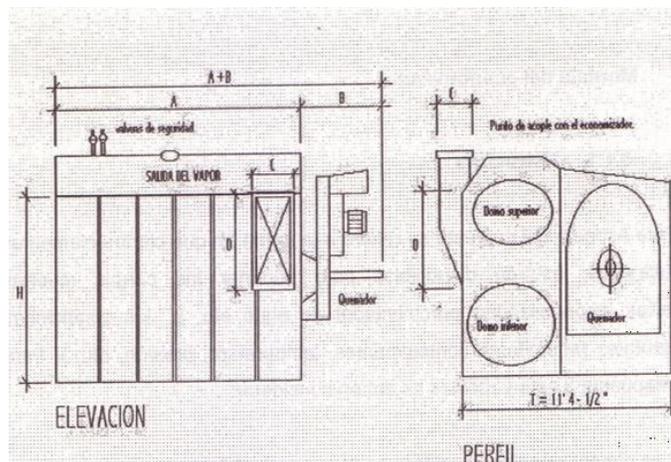
4.1.1. Diseño

Cuando se habla de diseño se refiere a la forma en que ciertos elementos estructurales, estarán disponibles para soportar las cargas muertas (tuberías, economizador, precalentador de agua etc.); las condiciones ambientales (atmósferas contaminantes, temperatura, presión, etc.). El economizador a instalar para el aprovechamiento de gases de chimenea ya está diseñado, entonces se procede a analizar las variables para establecer las condiciones en las cuales este va a ser instalado.

Para dar respuesta a estas variables se debe considerar:

- Las dimensiones de la caldera en la que se instalará el economizador
- El peso del sistema a instalar (economizador y los equipos auxiliares)

Figura 26. Dimensiones de la caldera



Fuente: Ambev Centroamérica. Manual técnico de Calderas. p. 71

El alto (H) y el ancho (T) de las dimensiones de la caldera mostradas en el diagrama se conservan constantes.

Las especificaciones de la caldera son:

- A = Longitud
- B = Longitud del quemador
- C = Longitud de la chimenea
- D = Altura de la salida de los gases
- H = Altura de la caldera, la cual permanece constante y es igual a 12' 6" (3.81 m)

La caldera donde se instalará el economizador posee una capacidad nominal de 23,540 lb. de vapor /hr (10,677.67 kg/ hr), las calderas se clasifican de acuerdo a la capacidad nominal que estas poseen, para realizar esta clasificación se utiliza una tabla que tiene rangos de capacidades y a cada rango le asigna un modelo, de acuerdo a las características mencionadas anteriormente, la caldera es modelo 42, por lo tanto, las dimensiones a utilizar para este modelo son:

- A = 14'3" = 4.5 m
- B = 4'11" = 1.5 m
- C = 2'3" = 0.7 m
- D = 4'6" = 1.5 m

$$A = 14' * \frac{1 \text{ m}}{3.28'} + 3'' * \frac{1 \text{ m}}{39.36''} = 4.34 \text{ m}$$

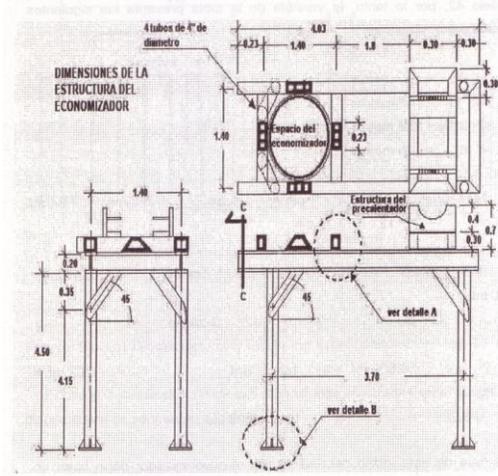
$$B = 4' * \frac{1 \text{ m}}{3.28'} + 11'' * \frac{1 \text{ m}}{39.36''} = 1.49 \text{ m}$$

$$C = 2' * \frac{1 \text{ m}}{3.28'} + 3'' * \frac{1 \text{ m}}{39.36''} = 0.68 \text{ m}$$

$$D = 4' * \frac{1 \text{ m}}{3.28'} + 6'' * \frac{1 \text{ m}}{39.36''} = 1.36 \text{ m}$$

De acuerdo con los resultados obtenidos las dimensiones de la estructura se presentan en las figuras con detalles y textos.

Figura 27. **Dimensiones de la estructura del economizador de combustible**

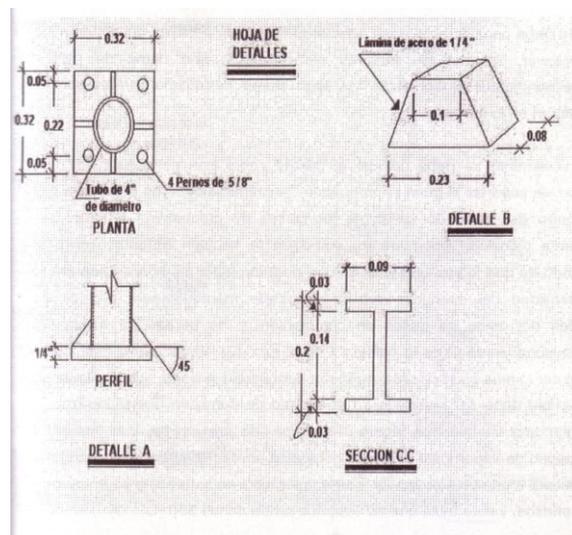


Fuente: Ambev Centroamérica. Manual técnico de Calderas. p. 75

Existe una tabla que permite determinar las medidas de la estructura del economizador a utilizar en cada tipo de caldera de acuerdo a la capacidad nominal de cada una de éstas. En el caso en estudio no se tiene la tabla, pero con la capacidad nominal de 10677.67 kg/ hr se consultó a un proveedor de Brasil para establecer el modelo de economizador a utilizar, de acuerdo a este modelo se presentan las medidas de cada parte del mismo.

Es necesario que estos detalles se cumplan a cabalidad porque de esta manera se asegura el correcto funcionamiento del mismo y se evita cualquier accidente industrial que pueda ocurrir.

Figura 28. **Hoja de detalles del economizador**



Fuente: Ambev Centroamérica. Manual técnico de Calderas. p. 78.

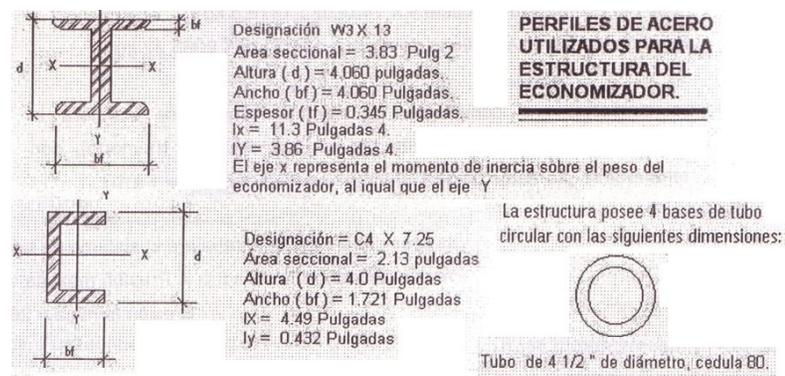
4.1.2. Ubicación

De acuerdo con las especificaciones de fabricación del economizador, el peso del economizador es el siguiente:

- Peso del economizador vacío 4,232 lb (1,919.62 kg)
Peso del economizador lleno de agua = 4,643 lb (2,106.05 kg)
- La atmósfera o condiciones ambientales donde se instalará el economizador posee una humedad relativa del 85% (húmedo), con temperatura promedio de 37°C y vibración 6 en escala de 1 a 10.
- Las presiones a las que trabajará el sistema de tuberías serán:
Presión de la tubería de agua
Presión máxima = 340 psi (23.43 bar)
Presión mínima = 260 psi (17.92 bar)
- Temperaturas de la tubería de agua
Temperatura máxima = 130°C
Temperatura mínima = 100 °C

Una vez establecidos los datos anteriores, se procederá a seleccionar la estructura de sustentación.

Figura 29. **Perfiles de acero utilizados para la estructura del economizador**



Fuente: Ambev Centroamérica. Manual técnico de Calderas. p. 82

4.1.3. Instalación

Una vez se encuentren disponibles todos los elementos estructurales, que soporten el proyecto se proceden a instalar los accesos o líneas de servicio como agua, vapor etc., que se requieran. Las líneas que el equipo necesita son:

- Instalación del economizador

Se debe considerar el paso adecuado del vapor a través del sistema del *sootblower*. Aunque los factores mencionados son datos de diseño correspondientes al fabricante.

Inicialmente se debe colocar la unidad sobre una estructura que sea capaz de soportar el peso en operación. Las dimensiones de la caldera y el diámetro del ducto de salida de los gases de combustión tendrán que haberse calculado previamente.

Tener el cuidado de que las tuberías queden en posición horizontal para asegurar la drenabilidad del economizador en casos de mantenimiento. Soldar los bordes del ducto de gases de combustión a los bordes de salida del dimensionamiento C de la caldera.

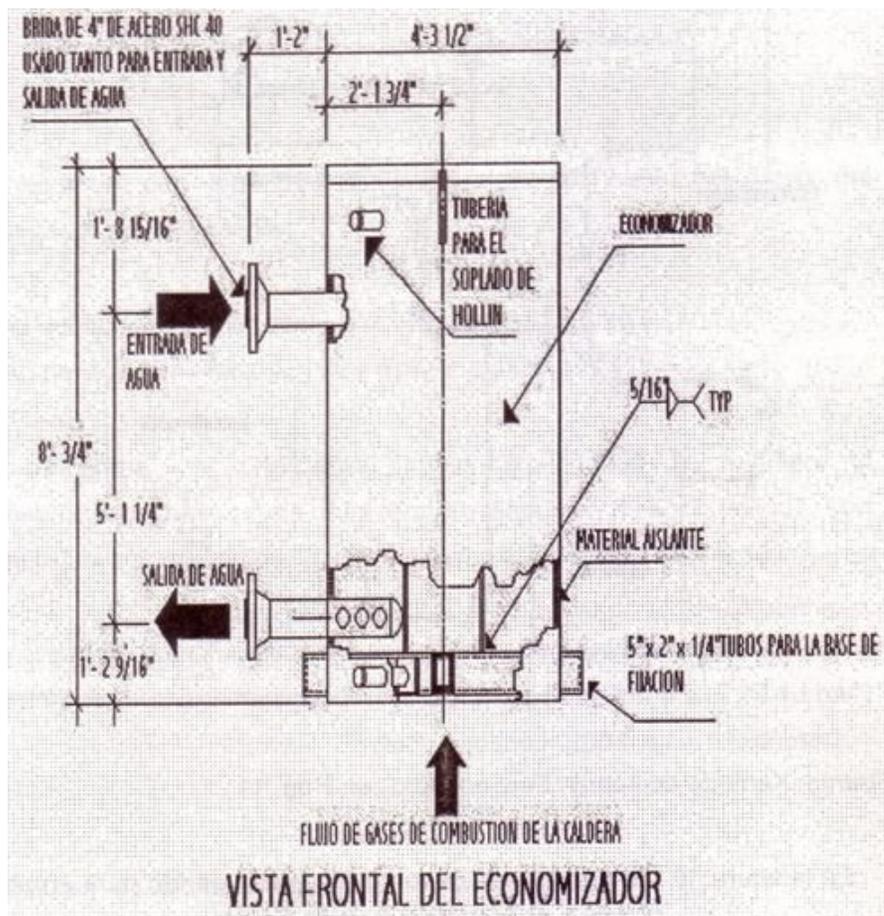
El acceso a este ducto debe ser lo más corto posible, en forma hermética y aislada. Una válvula de seguridad debe ser instalada en el acceso de conexión al economizador. Instalar una válvula que regule el agua a una presión tal que, impida la formación de vapor y así evitar los golpes de ariete. Recordar que cuando el agua está a una presión mayor a su temperatura de saturación se encuentra comprimida y esto evita que se vaporice arriba de los 300°C.

- Instalación de la tubería de agua

Una vez se haya fijado y asegurado el economizador en el lugar requerido se procederá a instalar el sistema de agua. Al instalar la tubería de agua se debe considerar lo siguiente:

- ❖ Protección contra las sobre presiones
- ❖ Aseguramiento que durante las paradas de producción, se pueda independizar el equipo para efectuar inspección y mantenimiento

Figura 30. Vista frontal del economizador



Fuente: Ambev Centroamérica. Manual técnico de Calderas .p. 88.

Se puede analizar un diagrama sugerido para entubar la conducción del agua dentro del sistema. Agua tratada, procedente de dicho proceso es bombeada hacia el precalentador como primer paso. La válvula v1 debe estar abierta y la v2 cerrada. Cuando se efectúen trabajos de inspección y mantenimiento cerrar v1 y v3, asegurándose de esta forma que el agua pasará directamente hacia la caldera, sin pasar por el economizador. La función que cumple v2 es conocida como *by pass*.

Las válvulas v4 y v5 son válvulas de alivio y tienen como función proteger el equipo contra efectos de sobre presión, lo cual incluye los tubos de intercambio, tanto en el economizador como en el precalentador respectivamente.

4.2. Operación

El conocimiento de la operación de cualquier equipo y la realización de su mantenimiento tanto preventivo como correctivo, son la base para el correcto funcionamiento del mismo, por medio de ésta se puede lograr un proceso de producción más eficiente y una vida útil del equipo más larga.

4.2.1. Sistema de activación y desactivación

Para la activación y desactivación de cualquier equipo es necesario tener una guía para la correcta realización de las estas actividades, entre las actividades a realizar están:

- Para el encendido inicial, abrir la válvula de venteo. Llenar el economizador de combustible, desde el fondo de la unidad, el cual forzará cualquier “bolsa de aire atrapada” a través de la salida.

- Cerrar la válvula de venteo y ejecutar el procedimiento normal del encendido de la caldera.

Se recomienda no arrancar el economizador mientras la caldera está alcanzando la presión de trabajo. Cualquier operación del economizador de combustible con agua fría puede dañar severamente la unidad.

- Mantener la temperatura de entrada del agua de alimentación recomendada. Esta acción evitará daños de corrosión tanto en el lado de agua como de gases de combustión, de las superficies de calentamiento.
- Calentar el agua de alimentación que va al economizador. Esto protegerá de la corrosión debido a la formación de ácido sulfúrico. Este agente químico se forma en los gases de combustión, cuando el dióxido de azufre reacciona con el vapor de agua condensado, como producto de haber alcanzado su punto de rocío debido a bajas temperaturas registradas en la chimenea.
- Calentar el agua hasta el punto de ebullición cerrando el paso de ésta, antes de bombear el agua hacia la caldera. Esta acción producirá deaireación, la cual consiste en la expulsión del oxígeno contenida en el agua fría. A través de la deaireación y el tratamiento del agua cruda, se evitará la incrustación de la superficie interna de los tubos del economizador de combustible.
- Una vez se genere vapor hacia la planta se debe abrir el paso directo de agua hacia el economizador. Debido a que el vapor existente podrá cumplir la función de ceder su energía de vaporización al agua en el

sistema precalentador, garantizando la protección del economizador de combustible.

- Cuando la caldera vaya a detener sus operaciones asegurarse de que el serpentín del economizador quede totalmente lleno de agua, lo cual evitará que se produzcan metalúrgicos en el material, si éste queda vacío debido a que se expondría a un enfriamiento brusco. Considere el material del serpentín.

Se recomienda en este paso soplar el economizador con vapor de la caldera, abriendo las llaves del sistema de soplado de la caldera, seguidamente proceder con el apagado de la caldera, apagar la bomba de alimentación y dejar lleno de agua caliente el economizador, cerrando las llaves de entrada y salida. Cuando se inicie un nuevo arranque asegúrese de abrirlas o de lo contrario provocará sobre presiones en el equipo.

4.2.2. Relación calentador-vapor-caldera

Basados en la figura 31 se describirá la forma en que trabajará el economizador, una vez que se encuentre acoplado a la caldera.

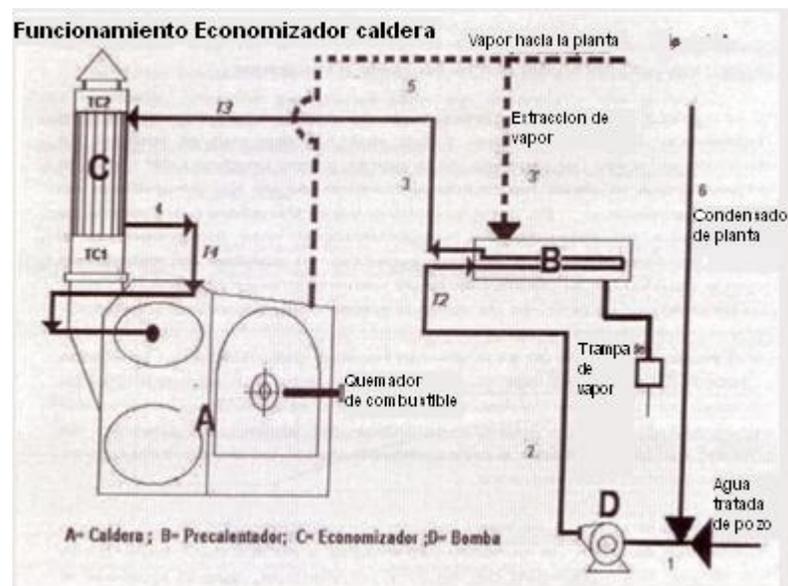
En el punto 1 de la figura 29 se tiene agua procedente de dos fuentes disponibles para ser bombeada hacia la caldera. Estas dos fuentes son el retorno de condensado obtenido del proceso de la planta, como producto del calor de vaporización que el vapor ha cedido a las diferentes máquinas que intervienen en el proceso cervecero. Es decir, cuando el vapor transfiere calor pierde su energía interna de vaporización, manifestándose este fenómeno en el descenso de temperatura, y en consecuencia su cambio de estado de gaseoso

a líquido. La segunda fuente de alimentación es el agua de pozo, que ha pasado por un proceso de ablandamiento en caliente y deaeración.

En el punto 2 el agua de alimentación ha sido comprimida por la boja D a 300 psi (20.68 bar.), conservando aun sus condiciones de temperatura. Antes de ser inyectada en la caldera, el agua debe incrementar su temperatura, tomando energía calorífica del vapor en proceso de intercambio del precalentador y principalmente de los gases de combustión, cuando pasa por el economizador.

Del punto 2 al punto 3 se debe instalar un precalentador de agua. Este intercambiador de calor de concha, vapor-agua a contra flujo, tiene como función elevar la temperatura del agua a un valor tal, que al ingresar al economizador no enfríe totalmente los gases de combustión de donde toma su segundo incremento de calor.

Figura 31. **Funcionamiento economizador-caldera**



Fuente: Ambev Centroamérica. Manual técnico de Calderas. p. 93.

Este fenómeno provoca que el vapor de agua contenido en dichos gases, se condense, y al entrar en contacto íntimo con el dióxido de azufre (SO_2) y trióxido de carbono (SO_3) reaccionen como ácido sulfúrico (H_2SO_4). El ácido sulfúrico es altamente corrosivo y en pocos meses destruye el economizador.

Cuando el agua alcanza el estado 3, ingresa entonces al economizador. Es aquí donde se realiza el intercambio de energía que el proyecto propone. Los gases de combustión ingresarán al economizador procedente del horno de la caldera a una temperatura TC1.

La TC1 tiene el mismo valor que la temperatura con que el agua saldrá del economizador (T4). La temperatura T3 con que ingresa el agua al economizador equivale a la temperatura con que salen los gases de combustión de la chimenea al ambiente. Si la temperatura T3 es muy fría, los gases se enfrían tanto a la salida, que provocan corrosión.

Al salir el agua del economizador a la temperatura T4 ingresa a la caldera de 30 a 36°C mas caliente. Este incremento de temperatura constituye un nivel de entalpía más alto en el agua. Termodinámicamente se sabe que mientras mayor sea la entalpía del fluido que ingresa a la caldera, menor será la entalpía de vaporización para convertir el agua en vapor. Dicho en otras palabras, el quemador necesitaría menores volúmenes de búnker para vaporizar el mismo volumen de agua que ingresa.

Al salir vapor de la caldera se encuentra a una temperatura T5. De esta extracción se derivan tres sangrados: uno para el precalentador, otro para soplar el economizador y el que va para el proceso de la planta. Cuando el vapor cede su energía, cae su presión y consecuentemente su temperatura desciende hasta una temperatura T6.

4.2.3. Alternativa en caso de falla

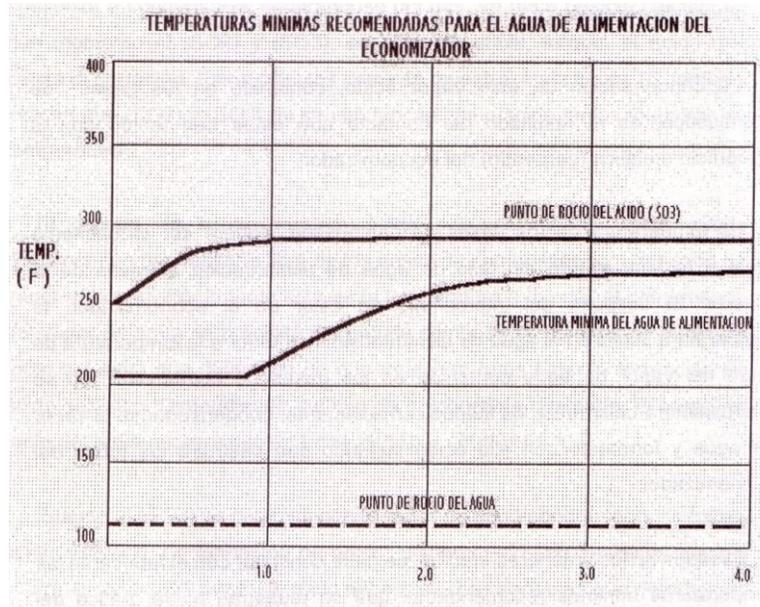
El uso del economizador puede estar sujeto a varias condiciones de temperatura, presión, entre otros. En el funcionamiento del mismo, se pueden dar fallas como: corrosión, sobre presiones, temperatura baja del agua de alimentación, etc. Entre las posibles causas de falla tenemos:

- Si la temperatura de entrada del agua de alimentación es mantenida a niveles apropiados, con toda seguridad los productos del combustible que han sido quemados, tienen el potencial de causar corrosión por baja de temperatura.
- Aceite combustible, gas natural y carbón contienen los elementos carbón e hidrógeno. Ellos también pueden contener ciertas cantidades de azufre. Durante los procesos de combustión, estos elementos son rápidamente oxidados. Si el azufre se presenta en el combustible, éste se combinará con el oxígeno para formar dióxido de azufre (SO₂). Si existe la presencia de este óxido de azufre en el combustible, entonces se tiene un gran potencial que cause corrosión al economizador.

Para combatir estas causas de falla, se puede realizar lo siguiente:

- Determinando el punto de rocío o la temperatura a la cual la mezcla comienza a condensarse separándose del gas, se hace posible calcular en que momento el (SO₂) y (SO₃), en el combustible, forman el ácido que causa la corrosión.

Figura 32. **Temperaturas mínimas recomendadas para el agua de alimentación**



Fuente: Ambev Centroamérica. Manual técnico de Calderas. p. 101

Las variables que determinan tanto la formación del ácido sulfúrico como el punto de rocío son:

- La cantidad de exceso de aire de combustión
- La mezcla contenida del gas
- La cantidad de azufre contenida en el combustible
- Cuando la caldera se encuentra bajo condiciones normales de operación, el punto de rocío del ácido o la temperatura a la cual el vapor de ácido sulfúrico comienza a condensarse se encuentra en un rango comprendido entre 240°F y 280°F
- La temperatura con que ingresa al economizador el agua de alimentación proveniente del precalentador.

4.3. Indicadores

El análisis de indicadores de consumo es importante para establecer la eficiencia de trabajo de todo el sistema de vapor, al mismo tiempo se pueden identificar puntos débiles y puntos fuertes de dicho sistema y enfocar recursos a la solución de puntos problemáticos que puedan estar entorpeciendo una reducción de costos y una mejor calidad en el funcionamiento del mismo, los indicadores principales para evaluar el rendimiento de la producción de vapor son: kilogramos de vapor vrs. kilogramos de búnker y kilogramos de vapor vrs. costo del búnker.

4.3.1. Relación kilogramos de vapor vrs. kilogramos búnker

En la relación entre kilogramos de vapor vrs. kilogramos de búnker está directamente relacionada la eficiencia de la caldera; en dicha eficiencia hay factores que intervienen directamente como el poder calorífico del búnker, la temperatura del agua de alimentación, entre otros. Manteniendo los siguientes valores, la caldera trabaja con una eficiencia del 85% como se presenta en el cálculo siguiente:

- Cantidad de vapor (mv) = 11.15 m³
- Cantidad de combustible (mc) = 1 gal
- Temperatura agua de alimentación (ha) = 85 °C
- Presión de vapor producido (hv) = 110 psi
- Poder calorífico del búnker (pc) = 6.34 mbtu/bl
- Conversiones:

$$Mv = 11.15 \text{ m}^3 * \frac{4.8 \text{ kg}}{1 \text{ m}^3} * \frac{2.2046 \text{ lb}}{1 \text{ kg}} = 118.2792 \text{ lbs}$$

$$M_c = 1 \text{ gal} * \frac{3.781 \text{ l}}{1 \text{ gal}} * \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ l}} = 0.003781 \text{ m}^3$$

- $H_a = (85 \text{ }^\circ\text{C} * 9/5) + 32 = 185 \text{ }^\circ\text{F}$ la entalpía a esta temperatura es 151.92 btu/lb
- $H_v = 110 \text{ psi}$ la entalpía a esta presión es 1,187.8 btu /lb
- $P_c = 6.34 \text{ mbtu/bl} = 38,109,206.32 \text{ btu/m}^3$
- Calor liberado por combustible (Q) = $m_c * p_c = 0.003871 \text{ m}^3 * 38,109,206.32 \text{ btu/m}^3 = 144,090.9091 \text{ btu}$
- Calor absorbido por el fluido (Qa) = $m_v * (h_v - h_a) = 118.2792 \text{ lbs} * (1,187.8 \text{ btu /lb} - 151.92 \text{ btu/lb}) = 122,523.05 \text{ btu.}$
- Eficiencia = $Q_a / Q = 122,523.05 \text{ btu} / 144,090.9091 \text{ btu} = 0.85 * 100 = 85\%$

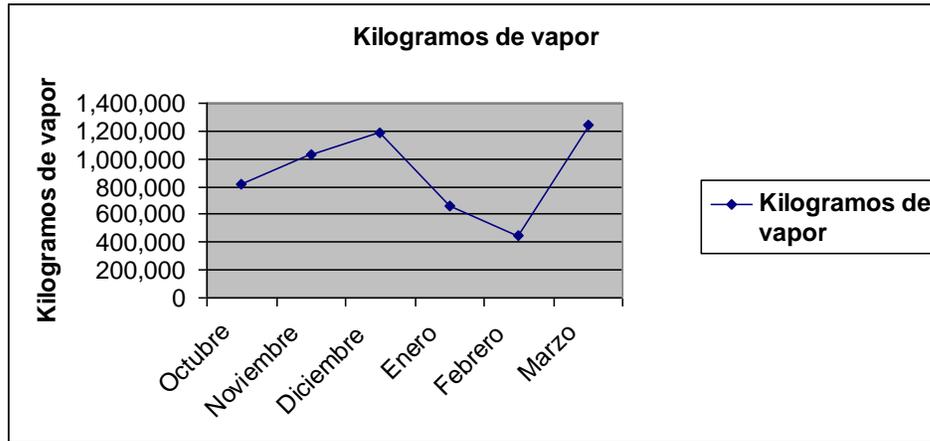
Es decir que cuando la caldera produce 11.15 m³ de vapor con 1 galón de búnker, y manteniendo los otros parámetros, está trabajando con una eficiencia del 85%.

Tabla XXII. **Relación de kilogramos de vapor vrs. kilogramos de búnker**

Mes	Kilogramos vapor	Kilogramos búnker
Octubre	1,512,030	815,460
Noviembre	1,936,582	1,032,492
Diciembre	2,114,875	1,189,534
Enero	1,286,524	662,576
Febrero	976,599	442,594
Marzo	2,289,632	1,245,783

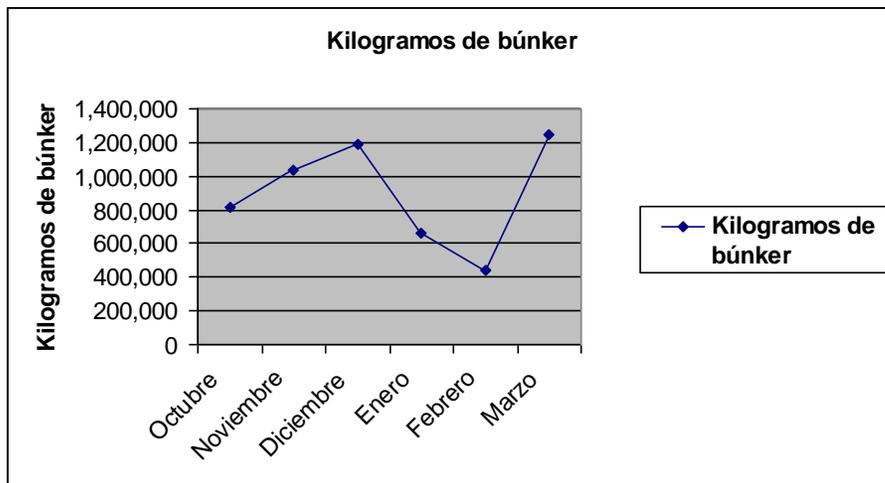
Fuente: elaboración propia.

Figura 33. **Gráfica de kilogramos de vapor**



Fuente: elaboración propia.

Figura 34. **Gráfica de kilogramos de búnker**



Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar en las gráficas anteriores, el consumo de búnker está directamente relacionado con la producción de vapor, es decir, la eficiencia de la caldera está por el valor esperado.

4.3.2. Relación kilogramos de vapor vrs. costo de búnker

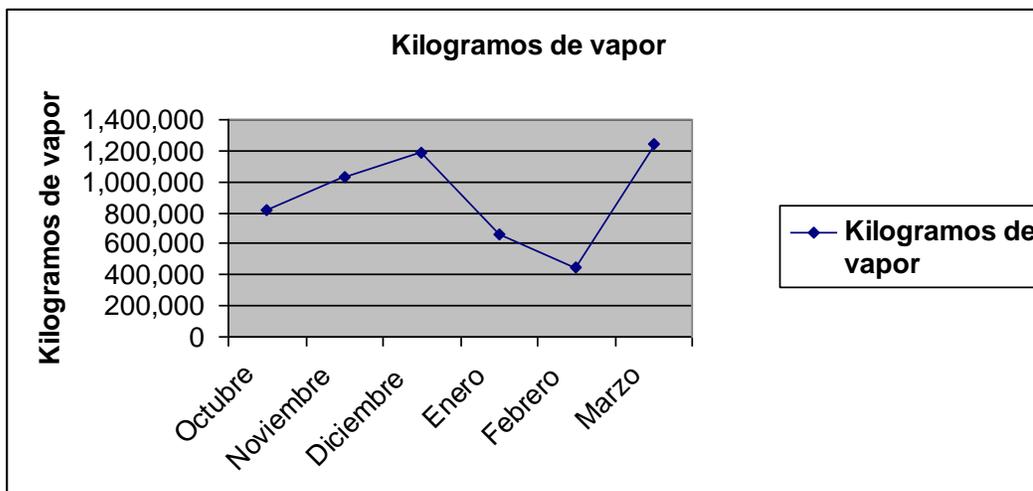
Tomando en cuenta la relación de eficiencia de caldera, se puede establecer que por cada galón de búnker consumido se producen 11.15 m³ de vapor (53.6315 Kg. de vapor) y con los valores de los parámetros constantes se tiene una eficiencia de 85%.

Tabla XXIII. Relación de kilogramos de vapor vrs. costo de búnker

Mes	Kilogramos vapor	Costo de búnker
Octubre	1,512,030	Q487,737.97
Noviembre	1,936,582	Q624,686.40
Diciembre	2,114,875	Q682,198.66
Enero	1,286,524	Q414,996.13
Febrero	976,599	Q315,023.12
Marzo	2,289,632	Q738,570.31

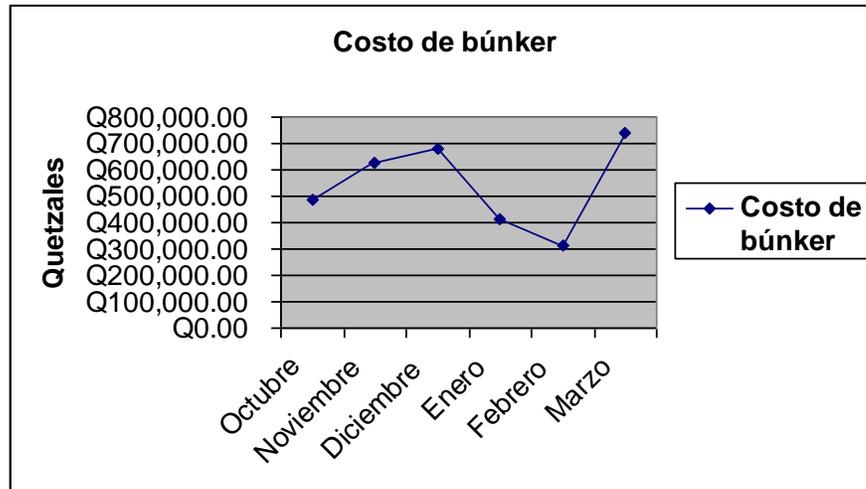
Fuente: elaboración propia.

Figura 35. Gráfica de kilogramos de vapor



Fuente: elaboración propia.

Figura 36. **Gráfica de costo de búnker.**



Fuente: elaboración propia.

4.4. **Capacitación**

La empresa Ambev Centroamérica trabaja de una manera sistemática a base de padrones operacionales. Un padrón es un procedimiento escrito de las funciones a realizar, las herramientas a utilizar, el tiempo que se debe llevar cada operación, entre otros. Cada área posee los padrones aplicables para la misma.

Dichos padrones son modificados constantemente de acuerdo a determinados cambios a realizar en los procesos, debido a esto, se implementó un sistema de control para el registro de capacitación de los padrones a cada operador cuando el padrón sufra modificaciones, estableciendo un plazo de 30 días para capacitar en todos los padrones modificados a todos los operadores del área.

Es decir, que los operadores de las distintas áreas tienen una capacitación constante acerca de todo lo que ellos ejecutan en su rutina diaria.

Tabla XXIV. **Control de capacitación a operadores de Ambev
Centroamérica**

Nombre del padrón		OPERACION ETA	MANTENIMIENTO DE POZOS TUBULARES PROFUNDOS	MEDICION DEL TENOR DE ARENA EN POZOS TUBULARES	OPERACION DE POZOS TUBULARES PROFUNDOS	OPERACIÓN DE OSMOSE REVERSA
Número de revisión		2	1	1	2	1
Nombre	Función	2601544-PO-6010501-0001	2601544-PO-0000000-0001	2601544-PO-0000000-0002	2601544-PO-0000000-0003	2601544-PO-6010704-0001
David Franco	Operador área medio ambiente	1	1	1	1	1
Eliezar Galindo	Operador área medio ambiente	1	1	1	1	1
José Sierra	Operador área medio ambiente	1	1	1	1	1

Fuente: elaboración propia.

Se puede observar cómo se lleva el control de capacitación en padrones para cada uno de los operadores, se establece el número de padrón, nombre del padrón, número de revisión, nombre del funcionario, función que desempeña, se coloca el número 1 en la tabla si dicho operador ya fue capacitado en determinado padrón.

4.5. Análisis de consumos de combustibles antes y después de instalado el economizador

Toda operación a ejecutar, modificación a realizar o decisión a tomar, se debe enfocar desde el punto de vista financiero, porque de esta manera se puede determinar si es factible la propuesta, en cuanto tiempo se recupera la inversión. Para calcular la eficiencia de combustión se debe proceder de la siguiente forma:

El equipo para medir las muestras de gases de combustión de la caldera es un analizador de escala (*Fyrite*), conocido comúnmente como “*bacharach*”. Cálculo del exceso de aire utilizado en la combustión:

Basados en las muestras de gases de combustión, tomadas con el equipo “*bacharach*”, las muestras se realizan en la chimenea de la caldera, haciendo pasar cierta cantidad de gas por el aparato durante 3 minutos y el equipo tiene una regla calibrada donde se pueden observar las cantidades de cada elemento.

Tabla XXV. Muestras de gases de combustión.

Compuesto	% gas	Moles de O ₂	Temperatura chimenea (f)
Oxígeno	3	3	450
Dióxido de carbono	12.9	12.9	450
Nitrógeno	84.1	0	450
Porcentaje de muestra	100		

Fuente: elaboración propia.

- Moles de oxígeno suministrados en el aire de combustión:

$$\frac{84.1 \text{ mol N}_2 \times 21 \text{ mol O}_2}{79 \text{ mol N}_2} = 22.33 \text{ mol de O}_2$$

- Moles de oxígeno quemados durante la combustión:

$$3 \text{ mol de O}_2 + 12.9 \text{ mol de CO}_2 = 15.9 \text{ mol de O}_2$$

Los tres moles de esta suma son adicionales a la combustión estequiométrica. Cuando estos moles reaccionan roban calor, junto a los moles de nitrógeno al salir por la chimenea.

Una de las formas de medir la eficiencia de combustión es por medio del historial de eficiencias de combustión que se han tenido en la caldera, estas se presentan a continuación.

Tabla XXVI. **Historial de eficiencia de combustión.**

HISTORIAL DE EFICIENCIA DE COMBUSTIÓN		
Meses de estudio	Temperatura promedio (F)	Eficiencia promedio (%)
Octubre	471	78.1
Noviembre	473	79.4
Diciembre	468	81.4
Enero	479	80.3
Febrero	466	79.2
Marzo	476	81.6
Promedio	472	80

Fuente: elaboración propia.

Las estadísticas que se tienen sin economizador durante estos meses de estudio son:

Tabla XXVII. **Estadísticas sin economizador**

Mes	KG de vapor producidos	Galones de búnker consumidos	Costo mensual de búnker	Costo de producción de vapor (Q/KG)
Octubre	1 204 145.26	23 073.00	Q 399 162.90	0.3314906539
Noviembre	1 666 564.90	30 853.00	Q 533 756.90	0.3202736951
Diciembre	1 910 660.14	34 126.00	Q 590 379.80	0.3089925771
Enero	1 040 391.17	20 367.00	Q 352 349.10	0.3386698303
Febrero	755 604.82	14 320.00	Q 247 736.00	0.3278645029
Marzo	2 110 680.72	36 813.00	Q 636 864.90	0.3017343621
TOTAL		159,552	Q2,760,249.60	

Fuente: elaboración propia.

- Consumo de combustible real aprovechado en la combustión, tomando la eficiencia de combustión como 80% es:

$$CCr = 159552 \text{ gal} * 0.80 = 127641 \text{ galones}$$

- Consumo de combustible perdido en la combustión es:

$$CCp = 159552 \text{ gal} - 127641 \text{ gal} = 31910 \text{ gal.}$$

- Costo de combustible perdido al generar vapor por semestre es:

$$CCps = 31910 \text{ gal} * 17.3 \text{ Q/gal} = Q552043.00$$

De acuerdo a los datos de diseño del economizador, este equipo está diseñado en la capacidad de aumentar la eficiencia de combustión de la caldera en un 3.25%. Es decir que la nueva eficiencia de combustión deberá ser de 83.25%.

- Energía diaria utilizada (E) = Poder calorífico (pc) * consumo por día (cd)
 $E = 386665.59 \text{ BTU / gal} * 2512 \text{ gal*dia} = 971303962,1 \text{ BTU}$
 Energía por hora (E/hr) = $971303962.1 \text{ BTU} / 24 \text{ hr} = 40470998.4 \text{ BTU/hr}$
- Calor extraído por el economizador = 1315307 BTU / hr

Al transferir este calor al agua de alimentación, este se vaporiza con menos consumo de combustible.

La relación que existe entre la energía que recupera el equipo con respecto a la que agrega en la generación de vapor sin el economizador se expresa de la siguiente manera:

Incremento de eficiencia (Ie) = calor extraído por el economizador / (E/hr)

$$Ie = \frac{1315307 \text{ BTU / hr} * 100}{40470998.4 \text{ BTU / hr}} = 3.25 \%$$

La nueva eficiencia de combustión debe ser : 80% + 3.25% = 83.25%

Tabla XXVIII. **Estadísticas después de instalar economizador**

Mes	Galones de búnker consumidos	Galones reales	Costo mensual del búnker
Octubre	23 073	19 201.35	332 183.355
Noviembre	30 853	25 675.86	444 192.378
Diciembre	34 126	28 399.65	491 313.945
Enero	20 367	16 949.41	293 224.793
Febrero	14 320	11 917.1	206 165.83
Marzo	36 813	30 635.77	529 998.821
Totales	159 552	132 779.2	2 297 079.641

Fuente: elaboración propia.

- Galones reales aprovechados en la combustión (Gr) = galones consumidos X eficiencia del economizador:

$$Gr = 159552 \text{ gal} * 0.8325 = 132827.04 \text{ gal.}$$

- Consumo de combustible perdido en la combustión (CCp)

$$CCp = 159552 \text{ gal} - 132827.04 \text{ gal} = 26724.96 \text{ gal}$$

- Costo del combustible perdido al generar vapor por semestre (CCps)

$$CCps = 26724.96 \text{ gal} * 17.30 \text{ Q/ga} = 462341.80 \text{ Q/gal.}$$

A continuación se presenta el ahorro que se obtiene en cada variable, al implementar el economizador.

Tabla XXIX. **Ahorros obtenidos después de instalado el economizador**

Variabes	Sin economizador	Con economizador	Ahorro
Tasa de consumo	159 552 gal/semestre	159 552 gal/semestre	
Consumo de galones reales que aprovecha la caldera	127 641,6 gal/semestre	132827,17 gal/semestre	5 186,57 gal/semestre
Galones perdidos en los gases de chimenea	31 910,4 gal/semestre	26724,82 gal/semestre	5 185,57 gal/semestre
Costo del consumo real de combustible	2 208 199,68 Q/semestre	2297910.04 Q/semestre	89 710,36 Q/semestre
Costo del combustible perdido en los gases	552 049,92 Q/semestre	462 339,38 Q/semestre	89 710,36 Q/semestre

Fuente: elaboración propia.

El ahorro que se observa en el consumo de galones reales que aprovecha la caldera, significa los galones potenciales que el economizador recuperará de los gases de combustión que salen por la chimenea en los primeros seis meses a partir de que se comience a obtener ahorros de combustible generados por el economizador.

El ahorro que se observa en los galones perdidos en los gases de chimenea, es similar al de los galones reales que aprovecha la caldera, debido a que significan los galones por semestre que dejan de llevarse por la chimenea. En forma de calor, los gases de combustión.

4.5.1. Monitoreo de consumos después de mejora

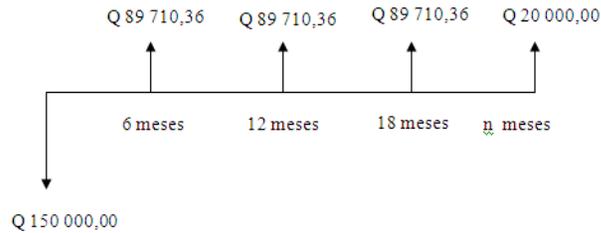
En los cálculos de ahorros no se utilizará tasa de interés asumiendo que el pago del economizador será total al inicio del proyecto, de igual manera con el costo de instalación debe ser cancelado todo al inicio del mismo.

Los costos de mantenimiento se deben negociar con la empresa que instalará el equipo para que sea parte del costo total del proyecto.

Utilizando los siguientes datos:

- Costo de inversión del economizador = Q 150 000,00
- Gastos de mantenimiento = Q 0,00
- Valor de rescate = Q 20 000,00
- Ahorro por semestre = Q 89 710,36
- Costo total de inversión = Q 150 000,00 = Q 150 000,00

Figura 37. **Valor presente neto**



Fuente: elaboración propia.

- $Vp1 = Q89710.36/(1+0.1)^{0.5} = Q85535.47$
- $Vp2 = Q89710.36/(1+0.1)^1 = Q81554.87$
- $Vp3 = Q89710.36/(1+0.1)^{1.5} = Q77759.52$
- $Vp \text{ total} = Q244849.86$

Tabla XXX. **Diferencia entre inversión y ahorro**

Tiempo	Costo total - ahorro por semestre	Saldo
1 semestre	Q 150,000 - Q 89,710.36	Q 60,289.64
2 semestre	Q 60,289.64 - Q 89,710.36	Q 0.00

Fuente: elaboración propia.

La relación que existe entre la inversión total del proyecto y la cantidad monetaria por semestre que la empresa irá recuperando, da como resultado el tiempo necesario para que los saldos de esta diferencia sean ahorros semestrales.

$$N = \frac{\text{Costo total de la inversión}}{\text{Ahorro por semestre}} = \frac{Q 150,000.00}{Q/\text{semestre } 89,710.36} = 1.67 \text{ semestres}$$

$$\text{Años} = 1.67 \text{ semestres} / 2 \text{ semestres} = 0.835 \text{ años} = 10 \text{ meses}$$

A partir de que se instale el economizador, la empresa recuperará la inversión en 10 meses.

4.6. Mantenimiento

El mantenimiento en cada uno de los equipos es de suma importancia para el buen funcionamiento de los mismos, porque de esta manera se asegura la eficiencia del sistema, la calidad del mismo y por ende por ser una área de servicio se asegura la eficiencia de funcionamiento de las otras áreas.

4.6.1. Equipo de alimentación de combustible

El sistema de vapor tiene un equipo de alimentación de combustible, entre los cuales se encuentran, los tanques de almacenamiento, bombas de envío de búnker, tuberías de búnker entre otros.

4.6.1.1. Tanques de almacenamiento

Los tanques de almacenamiento tienen una operación especial, debido a que es en ellos donde se inicia el proceso de alimentación de búnker a las calderas. En la planta se maneja un sistema de mantenimiento llamado GEMAN (gerenciamiento de mantenimiento) en el cual al detectar una anomalía, se carga al sistema una SS (solicitud de servicio), luego esta es tratada por el departamento de mantenimiento y se convierte en una OS (orden de servicio) la cual va direccionada al tipo de mantenimiento que se debe ejecutar, ya sea mecánico, eléctrico o automatización. Entre los mantenimientos a realizar a los tanques de recepción de búnker, están entre otros, principalmente de seguridad, como evitar derrames, incendios etc.

Tabla XXXI. **Propuesta de hoja de control de mantenimiento de tanques de almacenamiento**

Equipo	Tiempo (min)	Frecuencia (días)	Servicio
Tanque recepción búnker 2	60	90	Verificación de pérdidas de vapor en la red de calentamiento de búnker Tanque recepción búnker 2
Tanque recepción búnker 2	960	180	Inspección / limpieza de los tubos del precalentador del tanque recepción búnker 2
Tanque recepción búnker 1	960	180	Inspección / limpieza de los tubos del precalentador del tanque recepción búnker 1
Tanque recepción búnker 2	30	90	Verificación de pérdidas de vapor en la red de calentamiento de búnker tanque recepción Bunker 2
Tanque recepción búnker 1	30	90	Verificación de pérdidas de vapor en la red de calentamiento de búnker tanque recepción búnker 1
Tanque recepción búnker 1	120	0	Colocar tonel con tapadera para arena de emergencia en el área de recepción de búnker 1

Fuente: elaboración propia.

Se puede observar que el sistema permite ingresar el equipo a realizar mantenimiento, el tiempo que se llevará el mismo, la periodicidad con que se debe realizar y el servicio a realizar.

4.6.1.2. Bombas de búnker

Las bombas de búnker necesitan tener un mantenimiento periódico con una frecuencia alta, debido a la viscosidad del búnker tienden a sufrir fallas en periodos cortos de tiempo.

Tabla XXXII. **Propuesta de hoja de control de mantenimiento de bombas de búnker**

Equipo	Tiempo (min)	Frecuencia (días)	Servicio
Bombas de búnker	60	90	Cambio de sello mecánico de la bomba de búnker
Bombas de búnker	30	60	Verificación de fugas de óleo de bombas de óleo diesel de transferencia
Bombas de búnker	120	60	Revisar el motor y la bomba de búnker 1.
Bombas de búnker	30	30	Verificación de pérdidas de búnker y estopas de bombas de búnker de transferencia y de la caldera
Bombas de búnker	60	60	Revisión de bomba de búnker
Bombas de búnker	120	30	Revisar fugas de búnker en bomba, cambiar estopa o anillos de teflón
Bombas de búnker	240	360	Inspección y revisión del motor eléctrico de la bomba de búnker de la caldera

Fuente: elaboración propia.

El sistema permite que el mecánico, eléctrico o automatización ingrese el servicio a realizar.

Éste tiene que ser lo más detallado posible para saber exactamente donde está la falla y como se puede solucionar y garantizar el mantenimiento para que no vuelva a suceder en un periodo menor al estimado de tiempo.

4.6.1.3. Tuberías de búnker

Las tuberías de búnker tienen un mantenimiento periódico en el sentido de evitar fugas en las mismas y revisar periódicamente el recubrimiento térmico de las mismas para evitar que la temperatura ambiente, que sea menor que el fluido, afecte la temperatura del mismo.

Tabla XXXIII. **Propuesta de hoja de control de mantenimiento de tuberías de búnker.**

Equipo	Tiempo (min)	Frecuencia (días)	Servicio
Tubería de búnker	60	30	Limpieza del filtro de búnker en la línea de transferencia del tanque diario de búnker
Tubería de búnker	120	30	revisar fugas en válvulas, antes de la trampa de vapor del manifull
Tubería de búnker	960	180	Inspección / Limpieza de los tubos del precalentador del Tanque Recepción Bunker 2
Tubería de búnker	240	120	Verificación de pérdidas de búnker en las tuberías, válvulas y conexiones

Fuente: elaboración propia.

El mantenimiento de tuberías de búnker se centra específicamente en reparación de fugas e inspección de limpieza de las mismas.

4.6.2. Calderas

El mantenimiento de calderas es fundamental en toda la sala de vapor, debido a que son vasos de alta presión y cualquier falla en las mismas puede causar grandes pérdidas tanto humanas como materiales.

Tabla XXXIV. **Propuesta de hoja de control de mantenimiento de calderas**

Caldera 1	960	22/04/2007	360	Efectuar limpieza interna de los tubos de gases / hornalla
Caldera 1	480	13/04/2007	360	Efectuar inspección / revisión del ventilador
Caldera 1	240	01/04/2007	60	Efectuar limpieza, inspección y revisión del conjunto copo rotativo / difusor
Caldera 1	60	03/04/2007	15	Efectuar inspección / revisión del conjunto de ignición (pico, electrodos de ignición)
Caldera 1	30	11/04/2007	15	Descarga Automática y Manual de las válvulas de seguridad

Fuente: datos elaboración propia.

El mantenimiento de calderas es completo, porque también incluye el mantenimiento de todos los equipos que llevan consigo, ventilador, electrodos, válvulas de seguridad entre otros.

4.6.3. Tuberías de vapor

Las tuberías que conducen vapor se enfocan en el mantenimiento al igual que las tuberías de búnker, a la eliminación de fugas, recubrimiento térmico e inspección periódica de las mismas.

Tabla XXXV. **Propuesta de hoja de control de mantenimiento de tuberías que conducen vapor**

Equipo	Tiempo (min)	Frecuencia (días)	Servicio
Tuberías de vapor	60	360	Realizar inspección de tubería de vapor que conduce a fabricación
Tuberías de vapor	60	360	Repara fuga de vapor en el maniful de distribución
Tuberías de vapor	60	360	Revisión de aislamiento térmico en tubería de vapor a fabricación
Tuberías de vapor	60	360	Cambio de aislamiento de tubería de vapor al área de <i>Packaging</i>
Tuberías de vapor	60	360	Inspección de válvulas en el maniful de distribución

Fuente: elaboración propia.

4.6.4. Equipos de medición

Entre los equipos de medición se tienen, manómetros, caudalímetros y termómetros, el mantenimiento de estos equipos es de vital importancia, porque una lectura errada de presión, caudal o temperatura, puede causar una distorsión en el funcionamiento del sistema.

4.6.4.1. Manómetros

Los manómetros como instrumentos de medición de presión son necesarios que se tengan un mantenimiento periódico correcto tanto para garantizar la confiabilidad de los datos como para evitar cualquier indicio que pueda provocar algún accidente a la operación.

Tabla XXXVI. **Propuesta de hoja de control de mantenimiento de manómetros**

Equipo	Tiempo (min)	Frecuencia (días)	Servicio
Manómetro	60	360	Calibración: Manómetro General Caldera 2 (PTU VAPOR IC 1)
Manómetro	60	360	Calibración: Manómetro General Caldera 1 (PTU VAPOR IC 1)
Manómetro	30	180	Revisión del manómetro de oleo de la Válvula comando de Fuego
Manómetro	30	180	Revisión del Manómetro sistema del Tanque Calentamiento de óleo Bunker

Fuente: datos de campo monitoreados.

Los manómetros necesitan mantenimiento principalmente en lo que respecta a calibración, lo cual permite que los valores establecidos estén dentro de los parámetros de especificación y de esta manera garantizar la calidad de los procesos y la seguridad de los mismos.

4.6.4.2. Caudalímetros

Los caudalímetros, al igual que los nanómetros, requieren un mantenimiento de calibración para garantizar la fiabilidad de los datos y el control de los consumos.

La lectura de los caudalímetros es de fundamental importancia para el cálculo, tanto para el consumo de agua como para la eficiencia de la caldera, por tanto, es vital que los mismos tengan un mantenimiento periódico.

Tabla XXXVII. **Propuesta de hoja de control de mantenimiento de caudalímetros**

Equipo	Tiempo (min)	Frecuencia (días)	Servicio
Caudalímetros	60	180	Realizar Calibración Caudalímetros
Caudalímetros	180	0	Montaje de Caudalímetros de bunker para medición de retorno de condensado
Caudalímetros	180	0	Cablear señales para la medición en línea de los Caudalímetros de vapor.
Caudalímetros	420	0	Colocar lectura de Caudalímetros en panel de vapor
Caudalímetros	120	0	Programar el Caudalímetros para los pulsos según el manual y verificar en panel de vapor.

Fuente: datos de campo monitoreados.

4.6.4.3. Termómetros

Los termómetros, siguen el mismo procedimiento de mantenimiento de los equipos anteriores, al igual que ellos, son fundamentales en la calidad de los procesos.

Los termómetros, es necesario que tengan un mantenimiento de calibración y la escala adecuada a la temperatura que va a manejar para no tener varianza en los datos que se esperan obtener.

Tabla XXXVIII. **Propuesta de hoja de control de mantenimiento de termómetros**

Equipo	Tiempo (min)	Frecuencia (días)	Servicio
Termómetro	30	180	Revisión del termómetro sistema de Calentamiento de óleo Bunker
Termómetro	30	180	Calibración del termómetro caldera 1
Termómetro	30	360	cambiar vidrio o termómetro

Fuente: elaboración propia.

4.7. Propuesta de listado de chequeo de capacitación del sistema de vapor

En lo que respecta a mantenimiento se elaboró una capacitación por medio de un listado de chequeo, que se incluyó en el plano de mantenimiento de la planta.

Con respecto al operador, éste, cada semana tiene que realizar un chequeo, acompañado la primera vez por un operador que ya la haya realizado.

La siguiente tabla presenta las rondas que se efectuaron, durante el proceso del operador. Esta ronda se implementó cada 2 horas, tanto para asegurar la confiabilidad de los datos como también para medir la responsabilidad de cada uno de los operadores que realmente vayan a tomar datos.

Tabla XXXIX. **Propuesta de listado de chequeo de capacitación acerca del sistema de vapor**

	Ítem de Verificación	Unidad	Rango Operación	0:00	2:00
CALDERA 1	Vapor de caldera	Bar	7,0 / 9,0		
	Presión del quemador	Bar	Máx. 50		
	Presión de búnker	Bar	Máx. 50		
	Presión de diesel	Bar	< 125		
	Temperatura del quemador	C	60 / 120		
	Nivel de columna de caldera	%	20 / 80		
	Temperatura gases de salida	C	< 250		
	Nivel tanque de diesel	%	>30		
	Caudalímetros de búnker	%	Gls		
CALDERA 2	Vapor de caldera	Bar	7,0 / 9,0		
	Presión del quemador	Bar	Max 50		
	Presión de búnker	Bar	Max 50		
	Presión de diesel	Bar	< 125		
	Temperatura del quemador	C	60 / 120		
	Nivel de columna de caldera	%	20 / 80		
	Temperatura gases de salida	C	< 250		
	Nivel tanque de diesel	%	>30		
	Caudalímetros de búnker	%	Gls		
	Presión de maniful	Bar			
	Caudalímetros proceso	M3			
	Caudalímetros pack	M3			
	Nivel del tanque de agua	%			
	Temperatura del agua	C			
	Nivel del tanque diario	%			
	Temperatura del tanque diario	C			
	Nivel tanque 1 de búnker	PUL.	13" / 95"		

Fuente: elaboración propia.

4.8. Costos del funcionamiento del economizador

Los costos del mantenimiento son muy extensos, debido a que se debe incluir el costo de los repuestos a utilizar, en el caso de la planta muchos repuestos son pedidos a Brasil y el costo se maneja desde sistemas brasileños. Los costos desde el punto de vista de mano de obra, son los siguientes:

Personal existente

- Mecánicos = 8
- Eléctricos = 6
- Instrumentación = 2

Todos estos técnicos tienen un sueldo mensual base de Q3,250.00, es decir que ellos por día tienen el siguiente salario:

- Salario por día = $Q\ 3,250 / 22 = Q\ 147.72$
- Salario por hora = $Q\ 147.72 / 8 = Q\ 18.46 / \text{hora}$
- Hora extra = $Q\ 27.69$

Es decir, que dependiendo el mantenimiento, el costo de los técnicos es Q18.46, por eso es necesario tener una programación donde se puedan cumplir todos los mantenimientos durante la semana y dentro del horario normal de cada uno de ellos.

Dentro del costo de mantenimiento, se tienen varias cuentas que tienen un alto valor. La cuenta de consumo de maquinaria y equipo es una de ellas, ya que es en ella donde se encuentran todos los costos de las piezas utilizadas en las diferentes áreas de operación.

Cada una de las piezas es valorada al precio que tiene el sistema de la compañía, es decir, ya tiene incluido precio de flete, precio de compra, entre otros.

El rubro destinado a maquinaria y equipo, es uno de los rubros que contiene el costo de todas las piezas utilizadas en el mantenimiento de los equipos, es de vital importancia al realizar estos mantenimientos, establecer prioridades, para no hacer pedidos a bodega de materiales que no se van a utilizar y que luego vienen a incrementar el costo de funcionamiento de las mismas.

Tabla XL. **Costos de mantenimiento**

CUENTA	COSTO/MES
Construcción de edificios e instalaciones	Q10,153.00
Consumo de equipo para escritorio	-
Consumo de maquinaria y equipo	Q193,251.00
Consumo de vehículos	-
Consumo vehículos promocionales	-
Despensas de laboratorio	Q25,667.00
Implementos agrícolas	-
Mantenimiento de helicóptero	-
Mantenimiento de elevadores	-
Materiales de higiene y seguridad	-
Servicios terceros de mantenimiento eventual	-
Servicios terceros de mantenimiento permanente	Q2,125.00
Mantenimiento de equipos de refrigeración	Q7,524.00
Mantenimiento de camiones	Q32,499.00
Total	Q271219.00/MES

Fuente: elaboración propia.

5. MEJORA CONTINUA EN EL TRATAMIENTO DESECHOS INDUSTRIALES

5.1. Optimización del agua en el proceso cervecero

La cerveza es 95% de agua es por eso que se lleva un control detallado de todos los consumos que ocurren en la planta, el índice de agua se mide de acuerdo a la producción de cerveza en hl (hectólitros), con una meta de 6.5 hl de agua/hl de cerveza producida.

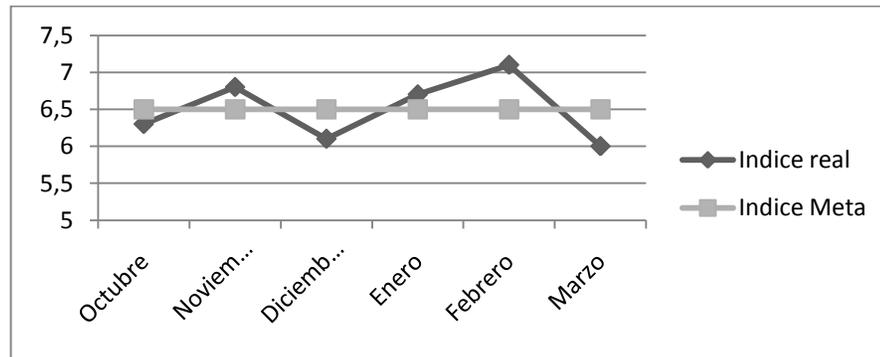
Tabla XLI. Comparación entre índice de agua real vrs índice meta

Mes	Índice Real	Índice Meta	Diferencia entre real y meta	Producción	Ahorro (hl de agua)	Ahorro en Quetzales
Octubre	6.3	6.5	-0.2	17800	3560	53115.2
Noviembre	6.8	6.5	0.3	18866	-5659.8	-84444.216
Diciembre	6.1	6.5	-0.4	24612	9844.8	146884.416
Enero	6.7	6.5	0.2	15143	-3028.6	-45186.712
Febrero	7.1	6.5	0.6	9231	-5538.6	-82635.912
Marzo	6	6.5	-0.5	32524	16262	242629.04
Total					15439.8	Q230361.816

Fuente: elaboración propia.

Esta tabla muestra la relación entre índice real e índice meta mes a mes, haciendo un análisis de los 6 meses en estudio, el ahorro que se tiene en diciembre y marzo es mucho más que el sobre consumo que se tiene en los meses restantes, es decir, que a un precio de Q14.92 por cada hl de agua listo para fabricar cerveza, se tiene un ahorro de Q230361.82 en 6 meses. El costo del agua ya tiene incluido todos los costos implícitos para su elaboración.

Figura 38. **Gráfica de índice de agua real vrs. índice meta**



Fuente: elaboración propia.

Se puede observar que en los meses de mayor demanda de cerveza que es diciembre y marzo el índice presenta valores muy bajos a comparación de la meta, pero en los meses de menor demanda se ejerce un control estricto de la operación en las diferentes áreas para disminuir los consumos y por ende los costos del agua en la planta.

5.2. Reutilización de insumos en el proceso productivo

En lo que respecta a los insumos en la planta, como rótulo y tapa proporcionan un valor extra a la empresa, porque la etiqueta es vendida para empresas que utilizan hornos en sus procesos y esta es utilizada en dichos hornos para quemarla, en lo que respecta a tapa es vendida a recicladoras de aluminio, al igual que la lata de cerveza desechada.

También se tiene un método de colecta selectiva, dicho método consiste en seleccionar la basura en plástico, vidrio, metal, residuos especiales, para facilitar la selección de residuos y que sea más fácil su venta. Se puede presentar una clasificación de los residuos en la planta de la siguiente manera:

Tabla XLII. **Clasificación de residuos**

Componente	Valor promedio (%)	Alto 20,5%	Medio alto 34%	Medio Bajo 31,6%	Bajo 13,7%
Materia orgánica	49,3	48,8	41,8	54,7	56,4
Papeles	18,8	20,4	22	17	12,9
Cenizas	6	5,8	5,8	6,1	7,6
Plásticos	10,2	12,1	11,5	8,6	8,1
Metales	2,3	2,4	2,5	2,1	1,8
Vidrios	1,6	2,5	1,7	1,3	1

Fuente: elaboración propia.

Es necesario establecer la cantidad de cada uno de los desechos, porque de esta manera se puede determinar la cantidad de cada uno de ellos, y estos son utilizados para alimentos de animales, como el bagazo, la levadura entre otros.

5.3. Mejora en la utilización de desechos industriales

En la utilización de desechos industriales es necesario establecer cuáles son los tipos que existen de estos. Un residuo es definido por estado según el estado físico en que se encuentre. Existe por lo tanto tres tipos de residuos desde este punto de vista sólidos, líquidos y gaseosos, es importante notar que el alcance real de esta clasificación puede fijarse en términos puramente descriptivos o, como es realizado en la práctica, según la forma de manejo asociado.

Por ejemplo, un tambor con aceite usado y que es considerado residuo, es intrínsecamente un líquido, pero su manejo va a ser como un sólido pues es transportado en camiones y no por un sistema de conducción hidráulica.

Se puede clasificar un residuo por presentación de algunas características asociadas al manejo que debe ser realizado:

- Residuo peligroso: Son residuos que por su naturaleza son inherentemente peligrosos de manejar y/o disponer y pueden causar muerte, enfermedad; o que son peligrosos para la salud o el medio ambiente cuando son manejados en forma inapropiada.
- Residuo sólido patógeno: residuo que por sus características y composición puede ser reservorio o vehículo de infección a los seres humano.
- Residuo sólido radioactivo: residuo que emite radiaciones electromagnéticas en niveles superiores a las radiaciones naturales de fondo.
- Residuo sólido tóxico: residuo que por sus características físicas o químicas, dependiendo de su concentración y tiempo de exposición, puede causar daño y aun la muerte a los seres vivientes o puede provocar contaminación ambiental.
- Residuo inerte: Residuo estable en el tiempo, el cual no producirá efectos ambientales apreciables al interactuar en el medio ambiente.

Todas estas clasificaciones mencionadas anteriormente se aplican a los residuos de la planta. Se realizó una instalación de una autólisis con el objetivo de matar por completo las levaduras que quedaban en el rechazo de bagazo.

El objetivo de esta autólisis es calentar por medio de vapor las levaduras y matarlas y cuando esta alcance cierta temperatura (90°C) realizar una prueba y si existen células vivas se somete nuevamente a calor, de lo contrario, se dispone para la venta a los ganaderos y agricultores de la zona.

5.4. Capacitación

Se realizó un listado de chequeo para los operadores del área de medio ambiente, para que puedan establecer los parámetros necesarios para optimizar el consumo de agua y mejorar el tratamiento de los desechos industriales.

Tabla XLIII. Cronograma de capacitación área de medio ambiente

Mes	Octubre				Noviembre				Diciembre				Enero				Febrero				Marzo							
Semana	1	8	15	22	5	12	19	26	3	10	17	24	1	7	14	21	5	11	18	25	4	11	18	25	7	14	21	28
	7	14	21	28	11	18	25	2	9	16	23	30	6	13	20	27	10	17	24	3	10	17	24	31	13	20	27	3
Número de riesgos Clase A o B	■																											
Número de multas por riesgos ambientales			■	■																								
Cumplimiento de directrices ambientales (%)					■	■	■	■																				
Cumplimiento de los requisitos legales de las directrices ambientales (%)									■	■	■	■																
Cumplimiento de legislación ambiental (%)											■	■																
Eliminación de pasivos y riesgos ambientales (%)													■	■	■	■												
Índice de consumo de agua (HL/HL)																	■	■	■	■								
Paro de línea por ETA/ETEI																					■	■	■	■				
Ganancia por venta de subproductos.																									■	■	■	■

Fuente: elaboración propia.

El cronograma de capacitación fue realizado con base a los puntos más importantes en el desarrollo de las operaciones del área de medio ambiente, cada punto a tratar, fue realizado en periodos de 2 y 3 semanas. Esto debido a la rotación de turnos en el área. Para llevar un control de los entrenamientos ejecutados a todo el personal, se diseñó un cuadro como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla XLIV. **Control de capacitaciones a personal de Ambev Centroamérica**

NOMBRE	AREA	SGA	PTP AMBIENTAL	LAIA'S	DESCARTE DE EFLUENTES A ETEI
Julio Cesar Gamarra	Recursos Humanos	0	NA	1	NA
Erin Armando Morales	Recursos Humanos	0	NA	1	NA
Ramón Darío López Islas	Producción	0			1
Alejandro Mazariegos Lanceros	Producción	1	1	1	
Estuardo Vinicio León	Producción	0			
Bryan Cordón	Mantenimiento	1	1		1
Ismael Mansilla	Mantenimiento	1	1		
Juan Manuel Hernández	Mantenimiento	1		1	1
Héctor Chacón	Ingeniería	0	1	1	
Manuel Chacón	Ingeniería	1	1		1
Luis Fernando Chávez	Ingeniería	1	1		
José Sierra	Medio Ambiente	1	1		
Edgar Franco	Medio Ambiente	1	1		1
Yunelis Pascual Velásquez	Calidad Asegurada	1		1	
Jessica Rivera Raymundo	Calidad Asegurada	1			
Badner García Cayetano	Logística	1		1	1
Oscar Paz Cruz	Logística	1			

Fuente: elaboración propia.

La tabla muestra el control de capacitaciones a ejecutar para el personal de Ambev Centroamérica, es una manera de poder administrar la ejecución de los entrenamientos aplicables para cada funcionario, se coloca el numero 1 cuando ya fue recibido por cada integrante de la empresa o se le coloca NA si no le aplica el entrenamiento a determinada área de la organización.

Cada punto a tratar, fue explicado ampliamente a cada uno de los operadores con ejemplos de la vida real, explicando detalladamente las directrices que llevan implícitas cada uno de los rubros, la realización de dicha capacitación se pretende poner en práctica a través de la elaboración de un listado de chequeo con una frecuencia mensual, para tener seguimiento de cada uno de los puntos a lo largo de todo el año de operaciones.

Tabla XLV. **Listado de chequeo de puntos de control en área de Medio Ambiente**

	Enero	Febrero	Marzo
Número de riesgos Clase A o B			
Número de multas por riesgos ambientales			
Cumplimiento de directrices ambientales (%)			
Cumplimiento de los requisitos legales de las directrices ambientales (%)			
Cumplimiento de legislación ambiental (%)			
Eliminación de pasivos y riesgos ambientales (%)			
Índice de consumo de agua (HL/HL)			
Paro de línea por ETA/ETEI			
Ganancia por venta de subproductos.			

Fuente: elaboración propia.

5.5. Costos

Los costos implícitos en medio ambiente está todo lo relacionado al consumo de agua, al tratamiento de los residuos industriales, pero también se tiene un margen de subproductos que se maneja desde Brasil. Los márgenes de subproductos viene a mejorar en cierta medida todos los costos que conlleva el tratamiento de los residuos. En lo que respecta a mano de obra podemos citar:

- Técnicos operadores = 6
- Sueldo al mes = Q 3500.00
- Sueldo diario = $Q\ 3500/22 = Q159.10$
- Sueldo por hora = $Q\ 159.10/8 = Q\ 19.88$
- Hora extra = Q 29.83

Es decir el costo total del área de medio ambiente en los turnos normales de trabajo en un mes es:

- Mano de obra directa = 6 Técnicos * Q 3500.00 = Q 21000

Tabla XLVI. **Costo de operación medio ambiente**

Tipo de Gasto	Valor/mes
Salarios/encargos/otras despensas	Q 33048.70
Mantenimiento	Q 7700.48
Servicio Contratado	Q 115281.97
Despensas generales	Q 0.00
Utilidades	Q 0.00
Depreciación	Q 101578.00
Total	Q 257609.15/mes

Fuente: datos de campo monitoreados.

Como se puede observar en la tabla, el costo de operación del área de medio ambiente aproximado por mes es de Q257609.15. Este costo es directamente proporcional a la producción de cada mes.

En la tabla XLVI se puede observar que se tienen costos fijos de operación como: salarios, mantenimiento y depreciación. Dichos costos fijos hay que compensarlos por medio de volumen de producción, es decir, que cuanto más producción exista en un mes determinado, los costos fijos medidos en la relación Q/hl, presentarán un indicador menor y por ende un aumento en las ganancias de la organización.

Aproximadamente se tiene un costo de Q14.92 por hl de agua disponible para producción, este costo tiene implícito todos los costos variables como: energía eléctrica, mano de obra, depreciación, entre otros.

CONCLUSIONES

1. Al incrementar la eficiencia de combustión de la caldera, en un 3,22%, debido a la implementación de un economizador de combustible, se obtendrán ahorros semestrales de Q 75 779, debido a que el agua de alimentación de la caldera entra a una temperatura más elevada y se necesita menos consumo de combustible para llevarla a su punto de ebullición.
2. La instalación del economizador de combustible varía económicamente de acuerdo con el costo de los kilogramos de vapor, del combustible búnker y del equipo citado, con un precio de Q0,27 por kilogramo, un precio de Q14,50 por galón de búnker y una inversión inicial de Q170 000,00 en el economizador, se tiene una recuperación de la inversión en 13,5 meses.
3. La instalación del economizador varía técnicamente de acuerdo con la capacidad nominal de la caldera, con una caldera de capacidad nominal de 10 677,67 kilogramos por hora, el funcionamiento del economizador proporciona un ahorro de 5137 galones en 6 meses esto es sólo aprovechando el calor de los gases de chimenea.
4. Para el óptimo funcionamiento del economizador, es necesario tener un plan de mantenimiento tanto preventivo como correctivo, los costos de mantenimiento tienen varios rubros, pero el rubro de mayor importancia que es el consumo de maquinaria y equipo tiene un costo de Q193 251,00 mensuales.

5. El costo del tratamiento de desechos industriales tiene un costo de Q 257 609,15 mensuales, tomando en cuenta los costos de mano de obra, mantenimiento y depreciación.

RECOMENDACIONES

Al gerente general

1. Proporcionar los recursos económicos necesarios para la instalación del economizador de combustible y darle seguimiento a la instalación y funcionamiento del mismo.

Al gerente de ingeniería

1. Incluir en el cronograma de mantenimiento tanto preventivo como correctivo, todo lo relacionado con el funcionamiento del economizador de combustible para asegurar la eficiencia del mismo como para alargar su vida útil.
2. Monitorear los consumos de combustible diariamente para establecer claramente el correcto funcionamiento del economizador y determinar los ahorros en función del tiempo

Al gerente de logística

1. Dar seguimiento a la programación de planta para establecer la producción de manera simultánea en todas las áreas y de esta forma aprovechar efectivamente toda la presión de vapor generada por el sistema.

Al gerente de *packaging*

1. Aumentar la eficiencia en el formato litro, porque de esta manera se reducen los tiempos de producción y por ende se generan más ahorros de combustible por hectolitro de cerveza producido.

BIBLIOGRAFÍA

1. SANCHEZ GOMEZ, Jorge. Manejo de desechos industriales. 2ª ed. Guatemala: UAA, 2007.
2. NADAL EGEA, Alejandro. Desarrollo sustentable y cambio global. 4ª ed. México: El colegio de México AC, 2007.
3. MARTINEZ AMAYA, Gracia. Disminución de costos energéticos en la empresa. 3ª ed. Guatemala: FC, 2006.
4. ACEDO SANCHEZ, José. Control avanzado de procesos. 2ª ed. España: Díaz de Santos, 2004.
5. AGUER, Mario. El ahorro energético: estudios de viabilidad económica. 4ª ed. España: Díaz de Santos, 2004.
6. BARRERA URRUTIA, Sergio Estuardo. “Diseño de una estrategia óptima de mantenimiento de calderas en una industria”. Trabajo de graduación. Ing. Mecánica Eléctrica. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería. 1993. 158 p.
7. ESQUIVEL, Efren. Proyecto trainee Ambev Centroamérica. Guatemala: Ambev Centroamérica, 2003.
8. GARCIA CRIOLLO, Roberto. Medición del trabajo. 4a ed. Mexico: Mc Graw- Hill, 1998.

9. HODSON, Willian. Maynard Manual del Ingeniero Industrial. 2a ed. Mexico: Mc Graw- Hill, 1996.
10. MEDRANO GOMEZ, Luis Roberto. "Análisis para el mejoramiento de la eficiencia de operación de las calderas de vapor del Hospital General San Juan De Dios". Trabajo de graduación. Ing. Mecánica Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería. 1993. 195 p
11. NIEBEL, Benjamín. Ingeniería Industrial Métodos, tiempos y movimientos. 9a ed. México: Alfaomega, 1996.
12. RODRIGUEZ ARCON, Jorge Estuardo. "Instalación de un economizador en una caldera como ventaja económica en una planta industrial". Trabajo de graduación. Ing. Mecánica Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería. 1993. 250 p.

APÉNDICE

Estadísticas de consumo óleo combustibles

Día	Consumo Gal	Consumo Kg 1A	Consumo Acumulado. Kg 1A	PL Diaria	PL Acumulada	Índice Fuel Oil	Índice Fuel Oil Acumulado
01/10/2006	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00
02/10/2006	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00
03/10/2006	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00
04/10/2006	1.163,0	3.886,4	3.886,4	0,0	0,00	0,00	0,00
05/10/2006	1.500,0	5.012,6	8.899,0	1.651,7	1.651,68	3,03	5,39
06/10/2006	1.650,0	5.513,8	14.412,8	2.209,0	3.860,68	2,50	3,73
07/10/2006	374,0	1.249,8	15.662,6	0,0	3.860,68	0,00	4,06
08/10/2006	426,0	1.423,6	17.086,2	0,0	3.860,68	0,00	4,43
09/10/2006	0,0	0,0	17.086,2	0,0	3.860,68	0,00	4,43
10/10/2006	575,0	1.921,5	19.007,7	0,0	3.860,68	0,00	4,92
11/10/2006	2.125,0	7.101,1	26.108,8	1.656,4	5.517,05	4,29	4,73
12/10/2006	2.100,0	7.017,6	33.126,4	1.774,0	7.291,05	3,96	4,54
13/10/2006	0,0	0,0	33.126,4	164,0	7.455,05	0,0000	4,44
14/10/2006	683,0	2.282,4	35.408,8	0,0	7.455,05	0,00	4,75
15/10/2006	0,0	0,0	35.408,8	0,0	7.455,05	0,00	4,75
16/10/2006	754,0	2.519,7	37.928,4	0,0	7.455,05	0,00	5,09
17/10/2006	2.046,0	6.837,1	44.765,6	2.286,0	9.741,05	2,99	4,60
18/10/2006	2.339,0	7.816,3	52.581,8	1.900,0	11.641,01	4,11	4,52
19/10/2006	0,0	0,0	52.581,8	0,0	11.641,01	0,00	4,52
20/10/2006	0,0	0,0	52.581,8	0,0	11.641,01	0,00	4,52
21/10/2006	0,0	0,0	52.581,8	0,0	11.641,01	0,00	4,52
22/10/2006	0,0	0,0	52.581,8	0,0	11.641,01	0,00	4,52
23/10/2006	1.003,0	3.351,7	55.933,6	0,0	11.641,01	0,00	4,80
24/10/2006	1.133,0	3.786,2	59.719,7	1.227,6	12.868,57	3,08	4,64
25/10/2006	1.465,0	4.895,6	64.615,3	1.557,8	14.426,37	3,14	4,48
26/10/2006	1.987,0	6.640,0	71.255,3	1.837,4	16.263,80	3,61	4,38
27/10/2006	-4.970,0	-16.608,3	54.647,0	1.537,0	17.800,80	-10,81	3,07
28/10/2006	6.720,0	22.456,3	77.103,3	0,0	17.800,80	0,00	4,33
29/10/2006	0,0	0,0	77.103,3	0,0	17.800,80	0,00	4,33
30/10/2006	0,0	0,0	77.103,3		17.800,80	0,00	4,33
31/10/2006	0,0	0,0	77.103,3		17.800,80	0,00	4,33

Fuente: elaboración propia.

Estadísticas de consumo óleo combustibles

Día	Consumo Gal	PL Diaria	PL Acumulada	Índice Fuel Oil	Índice Fuel Oil Acumulado
01/11/2006	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00
02/11/2006	1.557,0	0,0	0,00	0,00	0,00
03/11/2006	1.110,0	0,0	0,00	0,00	0,00
04/11/2006	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00
05/11/2006	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00
06/11/2006	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00
07/11/2006	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00
08/11/2006	549,0	0,0	0,00	0,00	0,00
09/11/2006	921,0	0,0	0,00	0,00	0,00
10/11/2006	1.188,0	0,0	0,00	0,00	0,00
11/11/2006	708,0	0,0	0,00	0,00	0,00
12/11/2006	372,0	0,0	0,00	0,00	0,00
13/11/2006	1.305,0	47,0	47,00	92,79	548,18
14/11/2006	1.065,0	418,0	465,00	8,51	63,06
15/11/2006	1.350,0	725,0	1.190,00	6,22	28,43
16/11/2006	2.020,0	2.030,0	3.219,97	3,33	12,60
17/11/2006	1.455,0	0,0	3.219,97	0,00	14,11
18/11/2006	325,0	0,0	3.219,97	0,00	14,45
19/11/2006	475,0	0,0	3.219,97	0,00	14,94
20/11/2006	1.300,0	1.352,9	4.572,86	3,21	11,47
21/11/2006	2.092,0	1.810,5	6.383,36	3,86	9,31
22/11/2006	2.250,0	1.714,6	8.097,93	4,39	8,27
23/11/2006	2.387,0	1.760,9	9.858,79	4,53	7,60
24/11/2006	1.413,0	1.605,0	11.463,80	2,94	6,95
25/11/2006	700,0	0,0	11.463,80	0,00	7,15
26/11/2006	487,0	1,0	11.464,80	1.627,41	7,30
27/11/2006	1.808,0	2.335,0	13.799,80	2,59	6,50
28/11/2006	746,6	3.393,6	17.193,42	0,74	5,36
29/11/2006	1.420,0	0,0	17.193,42	0,00	5,64
30/11/2006	1.850,0	1.672,8	18.866,22	3,70	5,47

Fuente: elaboración propia.

Estadísticas de consumo óleo combustibles

Día	Consumo Gal	Consumo Kg 1A	Consumo Acumulado. Kg 1A	PL Diaria	PL Acumulada	Índice Fuel Oil	Índice Fuel Oil Acumulado
01/12/2006	1.174,0	3.923,2	3.923,2	1.602,7	1.602,70	2,45	2,45
02/12/2006	475,0	1.587,3	5.510,5	1.140,0	2.742,66	1,39	2,01
03/12/2006	375,0	1.253,1	6.763,6	0,0	2.742,66	0,00	2,47
04/12/2006	725,0	2.422,7	9.186,4	0,0	2.742,66	0,00	3,35
05/12/2006	1.883,0	6.292,4	15.478,8	761,6	3.504,24	8,26	4,42
06/12/2006	2.375,0	7.936,6	23.415,4	1.102,5	4.606,78	7,20	5,08
07/12/2006	2.296,0	7.672,6	31.087,9	1.789,8	6.396,58	4,29	4,86
08/12/2006	680,0	2.272,4	33.360,3	0,0	6.396,58	0,00	5,22
09/12/2006	0,0	0,0	33.360,3	0,0	6.396,58	0,00	5,22
10/12/2006	0,0	0,0	33.360,3	0,0	6.396,58	0,00	5,22
11/12/2006	210,0	701,8	34.062,1	0,0	6.396,58	0,00	5,33
12/12/2006	1.150,0	3.843,0	37.905,0	150,0	6.546,58	25,62	5,79
13/12/2006	2.325,0	7.769,5	45.674,5	3.071,3	9.617,91	2,53	4,75
14/12/2006	2.256,0	7.538,9	53.213,4	4.536,5	14.154,44	1,66	3,76
15/12/2006	1.306,0	4.364,3	57.577,7	0,0	14.154,44	0,00	4,07
16/12/2006	742,0	2.479,6	60.057,2	0,0	14.154,44	0,00	4,24
17/12/2006	799,0	2.670,0	62.727,3	409,2	14.563,60	6,53	4,31
18/12/2006	350,0	1.169,6	63.896,9	0,0	14.563,60	0,00	4,39
19/12/2006	759,0	2.536,4	66.433,2	2.111,7	16.675,33	1,20	3,98
20/12/2006	4.100,0	13.701,0	80.134,2	2.180,2	18.855,57	6,28	4,25
21/12/2006	1.521,0	5.082,7	85.217,0	0,0	18.855,57	0,00	4,52
22/12/2006	1.745,0	5.831,3	91.048,3	1.056,1	19.911,62	5,52	4,57
23/12/2006	1.330,0	4.444,5	95.492,8	0,0	19.911,62	0,00	4,80
24/12/2006	933,0	3.117,8	98.610,6	1.794,8	21.706,45	1,74	4,54
25/12/2006	0,0	0,0	98.610,6	0,0	21.706,45	0,00	4,54
26/12/2006	1.617,0	5.403,5	104.014,1	722,6	22.429,03	7,48	4,64
27/12/2006	1.450,0	4.845,5	108.859,6	1.131,4	23.560,39	4,28	4,62
28/12/2006	1.550,0	5.179,7	114.039,3	1.051,8	24.612,19	4,92	4,63
29/12/2006	0,0	0,0	114.039,3	0,0	24.612,19	0,00	4,63
30/12/2006	0,0	0,0	114.039,3	0,0	24.612,19	0,00	4,63
31/12/2006	0,0	0,0	114.039,3	0,0	24.612,19	0,00	4,63

Fuente: elaboración propia.

Estadísticas de consumo óleo combustibles

Día	Consumo Gal	Consumo Kg 1A	Consumo Acumulado. Kg 1A	PL Diaria	PL Acumulada	Índice Fuel Oil
01/01/2007	0,0	0,0	0,0	2.287,7	2.287,68	0,00
02/01/2007	0,0	0,0	0,0	0,0	2.287,68	0,00
03/01/2007	1.384,0	4.624,9	4.624,9	0,0	2.287,68	0,00
04/01/2007	2.267,0	7.575,7	12.200,6	0,0	2.287,68	0,00
05/01/2007	583,0	1.948,2	14.148,8	104,3	2.391,96	18,68
06/01/2007	0,0	0,0	14.148,8	1.039,4	3.431,40	0,00
07/01/2007	0,0	0,0	14.148,8	0,0	3.431,40	0,00
08/01/2007	516,0	1.724,3	15.873,1	0,0	3.431,40	0,00
09/01/2007	1.477,0	4.935,7	20.808,8	912,1	4.343,47	5,41
10/01/2007	2.090,0	6.984,2	27.793,0	763,9	5.107,36	9,14
11/01/2007	1.887,0	6.305,8	34.098,8	2.158,5	7.265,90	2,92
12/01/2007	1.663,0	5.557,3	39.656,1	1.038,2	8.304,06	5,35
13/01/2007	666,0	2.225,6	41.881,7	2.227,0	10.531,10	1,00
14/01/2007	0,0	0,0	41.881,7	0,0	10.531,10	0,00
15/01/2007	0,0	0,0	41.881,7	0,0	10.531,10	0,00
16/01/2007	0,0	0,0	41.881,7	0,0	10.531,10	0,00
17/01/2007	450,0	1.503,8	43.385,4	0,0	10.531,10	0,00
18/01/2007	934,0	3.121,2	46.506,6	0,0	10.531,10	0,00
19/01/2007	650,0	2.172,1	48.678,7	0,0	10.531,10	0,00
20/01/2007	300,0	1.002,5	49.681,2	0,0	10.531,10	0,00
21/01/2007	525,0	1.754,4	51.435,6	0,0	10.531,10	0,00
22/01/2007	224,0	748,5	52.184,2	0,0	10.531,10	0,00
23/01/2007	338,0	1.129,5	53.313,7	0,0	10.531,10	0,00
24/01/2007	1.728,0	5.774,5	59.088,1	2.916,1	13.447,22	1,98
25/01/2007	2.165,0	7.234,8	66.323,0	1.696,5	15.143,73	4,26
26/01/2007	0,0	0,0	66.323,0	0,0	15.143,73	0,00
27/01/2007	0,0	0,0	66.323,0	0,0	15.143,73	0,00
28/01/2007	0,0	0,0	66.323,0	0,0	15.143,73	0,00
29/01/2007	0,0	0,0	66.323,0		15.143,73	0,00
30/01/2007	0,0	0,0	66.323,0		15.143,73	0,00
31/01/2007	520,0	1.737,7	68.060,6		15.143,73	0,00

Fuente: elaboración propia.

Estadísticas de consumo óleo combustibles

Día	Consumo Gal	Consumo Kg 1A	Consumo Acumulado. Kg 1A	PL Diaria	PL Acumulada	Índice Fuel Oil	Índice Fuel Oil Acumulado
01/02/2007	1.357,0	4.534,7	4.534,7		0,00	0,00	0,00
02/02/2007	0,0	0,0	4.534,7	0,00	0,00	0,00	0,00
03/02/2007	0,0	0,0	4.534,7	0,00	0,00	0,00	0,00
04/02/2007	60,0	200,5	4.735,2	0,00	0,00	0,00	0,00
05/02/2007	0,0	0,0	4.735,2	0,00	0,00	0,00	0,00
06/02/2007	0,0	0,0	4.735,2	0,00	0,00	0,00	0,00
07/02/2007	990,0	3.308,3	8.043,5	0,00	0,00	0,00	0,00
08/02/2007	2.408,0	8.046,8	16.090,3	1.923,13	1.923,13	4,18	8,37
09/02/2007	833,0	2.783,6	18.874,0	0,00	1.923,13	0,00	9,81
10/02/2007	509,0	1.700,9	20.574,9	1.001,10	2.924,23	1,70	7,04
11/02/2007	0,0	0,0	20.574,9	1.033,56	3.957,79	0,00	5,20
12/02/2007	0,0	0,0	20.574,9	0,00	3.957,79	0,00	5,20
13/02/2007	200,0	668,3	21.243,3	2.109,96	6.067,75	0,32	3,50
14/02/2007	1.900,0	6.349,3	27.592,5	1.081,32	7.149,07	5,87	3,86
15/02/2007	2.150,0	7.184,7	34.777,2	0,00	7.149,07	0,00	4,86
16/02/2007	421,0	1.406,9	36.184,1	0,00	7.149,07	0,00	5,06
17/02/2007	0,0	0,0	36.184,1	0,00	7.149,07	0,00	5,06
18/02/2007	0,0	0,0	36.184,1	0,00	7.149,07	0,00	5,06
19/02/2007	0,0	0,0	36.184,1	0,00	7.149,07	0,00	5,06
20/02/2007	0,0	0,0	36.184,1	0,00	7.149,07	0,00	5,06
21/02/2007	0,0	0,0	36.184,1	0,00	7.149,07	0,00	5,06
22/02/2007	1.415,0	4.728,5	40.912,6	0,00	7.149,07	0,00	5,72
23/02/2007	220,0	735,2	41.647,8	0,00	7.149,07	0,00	5,83
24/02/2007	0,0	0,0	41.647,8	0,00	7.149,07	0,00	5,83
25/02/2007	535,0	1.787,8	43.435,6	2.082,71	9.231,79	0,86	4,71
26/02/2007	555,0	1.854,6	45.290,2	0,00	9.231,79	0,00	4,91
27/02/2007	767,0	2.563,1	47.853,3	0,00	9.231,79	0,00	5,18
28/02/2007	0,0	0,0	47.853,3		9.231,79	0,00	5,18

Fuente: elaboración propia.

Estadísticas de consumo óleo combustibles

Día	Consumo Gal	Consumo Kg 1A	Consumo Acum. Kg 1A	PL Diaria	PL Acumulada	Índice Fuel Oil	Índice Fuel Oil Acumulado
01/03/2007	1.958,0	6.543,1	6.543,1	666,5	666,5	9,82	9,82
02/03/2007	2.382,0	7.960,0	14.503,0	759,2	1.425,8	10,48	10,17
03/03/2007	735,0	2.456,2	16.959,2	2.341,1	3.766,8	1,05	4,50
04/03/2007	0,0	0,0	16.959,2	0,0	3.766,8	0,00	4,50
05/03/2007	383,0	1.279,9	18.239,1	0,0	3.766,8	0,00	4,84
06/03/2007	1.517,0	5.069,4	23.308,4	0,0	3.766,8	0,00	6,19
07/03/2007	3.392,0	11.335,1	34.643,5	2.737,5	6.504,3	4,14	5,33
08/03/2007	1.865,0	6.232,3	40.875,8	2.692,0	9.196,3	2,32	4,44
09/03/2007	2.502,0	8.361,0	49.236,8	2.877,7	12.074,0	2,91	4,08
10/03/2007	512,0	1.711,0	50.947,7	0,0	12.074,0	0,00	4,22
11/03/2007	237,0	792,0	51.739,7	0,0	12.074,0	0,00	4,29
12/03/2007	50,0	167,1	51.906,8	0,0	12.074,0	0,00	4,30
13/03/2007	1.025,0	3.425,3	55.332,1	0,0	12.074,0	0,00	4,58
14/03/2007	2.362,0	7.893,1	63.225,2	1.756,3	13.830,3	4,49	4,57
15/03/2007	2.517,0	8.411,1	71.636,3	1.843,3	15.673,6	4,56	4,57
16/03/2007	425,0	1.420,2	73.056,5	0,0	15.673,6	0,00	4,66
17/03/2007	50,0	167,1	73.223,6	0,0	15.673,6	0,00	4,67
18/03/2007	0,0	0,0	73.223,6	0,0	15.673,6	0,00	4,67
19/03/2007	358,0	1.196,3	74.419,9	0,0	15.673,6	0,00	4,75
20/03/2007	892,0	2.980,8	77.400,7	0,0	15.673,6	0,00	4,94
21/03/2007	2.393,0	7.996,7	85.397,4	2.951,7	18.625,3	2,71	4,59
22/03/2007	2.961,0	9.894,8	95.292,3	2.369,6	20.994,9	4,18	4,54
23/03/2007	1.597,0	5.336,7	100.629,0	1.850,3	22.845,1	2,88	4,40
24/03/2007	0,0	0,0	100.629,0	0,0	22.845,1	0,00	4,40
25/03/2007	0,0	0,0	100.629,0	0,0	22.845,1	0,00	4,40
26/03/2007	0,0	0,0	100.629,0	3.179,4	26.024,5	0,00	3,87
27/03/2007	837,0	2.797,0	103.426,0	0,0	26.024,5	0,00	3,97
28/03/2007	2.212,0	7.391,9	110.817,8	1.795,5	27.820,0	4,12	3,98
29/03/2007	2.408,0	8.046,8	118.864,7	1.959,4	29.779,4	4,11	3,99
30/03/2007	1.118,0	3.736,0	122.600,7	2.745,1	32.524,6	1,36	3,77
31/03/2007	125,0	417,7	123.018,4	0,0	32.524,6	0,00	3,78

Fuente: elaboración propia.