



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

**ANÁLISIS DE COSTOS Y ENERGÍA DE UNA CALDERA BIOMASA, UTILIZANDO  
DESECHOS DE LA PLANTA, PARA BENEFICIO DEL MEDIO AMBIENTE EN UNA  
EMPRESA DE ALIMENTOS**

**Rodrigo Estuardo Guerra Figueroa**

Asesorado por el Ing. Oscar Estuardo Guerra Rosal

Guatemala, abril de 2021



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ANÁLISIS DE COSTOS Y ENERGÍA DE UNA CALDERA BIOMASA, UTILIZANDO  
DESECHOS DE LA PLANTA, PARA BENEFICIO DEL MEDIO AMBIENTE EN UNA  
EMPRESA DE ALIMENTOS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**RODRIGO ESTUARDO GUERRA FIGUEROA**

ASESORADO POR EL ING. OSCAR ESTUARDO GUERRA ROSAL

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO INDUSTRIAL**

GUATEMALA, ABRIL DE 2021



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

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

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADORA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADORA	Inga. Priscila Yohana Sandoval Barrios
EXAMINADOR	Ing. Aldo Rodolfo Herrera Herrera
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López



## **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:

**ANÁLISIS DE COSTOS Y ENERGÍA DE UNA CALDERA BIOMASA, UTILIZANDO  
DESECHOS DE LA PLANTA, PARA BENEFICIO DEL MEDIO AMBIENTE EN UNA  
EMPRESA DE ALIMENTOS**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 23 agosto del 2016.

**Rodrigo Estuardo Guerra Figueroa**

Guatemala 07 de septiembre de 2020.

Ingeniero  
Cesar Urquizú  
Director de Escuela  
Ingeniería Mecánica Industrial  
Presente

Por este medio me permito informarle que he procedido a revisar el trabajo de graduación titulado **“Análisis de costos y energía de una caldera de biomasa, utilizando desechos de la planta, para beneficio del medio ambiente en una empresa de alimentos.”** Elaborado por el estudiante Rodrigo Estuardo Guerra Figueroa quien se identifica con el número de carné 201212676 a mi criterio, el mismo cumple con los objetivos trazados según el protocolo presentado, por lo que apruebo su publicación

Sin otro particular,

Atentamente,

f. \_\_\_\_\_



Ing. Oscar Estuardo Guerra Rosal  
Col. No. 7510  
Asesor

**Oscar E. Guerra Rosal**  
INGENIERO INDUSTRIAL  
COL. No. 7510 CIG



ESCUELA DE  
INGENIERÍA MECÁNICA INDUSTRIAL  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

REF.REV.EMI.118.020

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **ANÁLISIS DE COSTOS Y ENERGÍA DE UNA CALDERA BIOMASA, UTILIZANDO DESECHOS DE UNA PLANTA PARA BENEFICIO DEL MEDIO AMBIENTE EN UNA EMPRESA DE ALIMENTOS**, presentado por el estudiante universitario **Rodrigo Estuardo Guerra Figueroa**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

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



Guatemala, noviembre de 2020.

/mgp



ESCUELA DE  
INGENIERÍA MECÁNICA INDUSTRIAL  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

REF.DIR.EMI.034.021

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 **ANÁLISIS DE COSTOS Y ENERGÍA DE UNA CALDERA BIOMASA, UTILIZANDO DESECHOS DE UNA PLANTA PARA BENEFICIO DEL MEDIO AMBIENTE EN UNA EMPRESA DE ALIMENTOS**, presentado por el estudiante universitario **Rodrigo Estuardo Guerra Figueroa**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



Firmada digitalmente por Cesar Ernesto Urquizu Rodas  
Motivo: Ingeniero Industrial  
Ubicación: Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería  
Mecánica Industrial, USAC  
Colegiado 4,272

**Ing. César Ernesto Urquizú Rodas**  
**DIRECTOR**  
**Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial**

Guatemala, abril de 2021.  
/mgp

DTG. 185.2021.

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al Trabajo de Graduación titulado: **ANÁLISIS DE COSTOS Y ENERGÍA DE UNA CALDERA BIOMASA, UTILIZANDO DESECHOS DE LA PLANTA, PARA BENEFICIO DEL MEDIO AMBIENTE EN UNA EMPRESA DE ALIMENTOS**, presentado por el estudiante universitario: **Rodrigo Estuardo Guerra Figueroa**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
DECANA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
★

Inga. Anabela Cordova Estrada  
Decana

Guatemala, abril de 2021.

AACE/asga



## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Dios</b>	Todopoderoso.
<b>Mis padres</b>	Oscar Estuardo Guerra Rosal y Lesdy Arely Figueroa Ramírez.
<b>Mi hermana</b>	Karla Maria Guerra Figueroa.
<b>Mis abuelos</b>	Anibal Guerra (q. e. p. d.), Carmen Rosal, David Figueroa y Judith Ramírez.
<b>Mi familia</b>	Tanto materna como paterna.
<b>Mis amigos</b>	Carlos Velásquez, Bryan Argueta, Brayan Auyon, Brian Jiménez, José Humberto, Ricardo Escobar, Gesler Reyes.
<b>Mi novia</b>	Mayra Alejandra Agreda Pivaral.



## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>Dios, Jesús y Virgen María</b>	Por la vida y darme la oportunidad de terminar una de muchas metas trazadas.
<b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	Mi <i>Alma máter</i> , la más excelente casa de estudios de Guatemala.
<b>Facultad de Ingeniería</b>	Por los conocimientos brindados durante estos años de carrera.
<b>Mis padres</b>	Por la vida, por su apoyo y su amor incondicional.
<b>Mi familia</b>	Por brindarme siempre su apoyo.
<b>Mis amigos</b>	Por acompañarme durante mi carrera y formar parte de mi infancia.
<b>Mi novia</b>	Por su apoyo incondicional siempre.
<b>Asesor y padre Ing. Oscar Estuardo Guerra Rosal</b>	Por su guía incondicional, sus conocimientos compartidos, su amor, su paciencia y todos los valores inculcados.

**Industria Procesadora  
de Lácteos S.A.**

Por haberme abierto las puertas de sus instalaciones para realizar el presente trabajo de graduación.

**Colegio San José  
de los Infantes**

Por la formación académica durante 13 años y su enseñanza de perseverancia, responsabilidad y honradez.

**Todos los catedráticos**

Por todas sus enseñanzas y lecciones de vida que al día de hoy se reflejan. Muchas gracias.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS .....	IX
GLOSARIO .....	XI
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN.....	XVII
1. ANTECEDENTES GENERALES .....	1
1.1. Información general.....	1
1.1.1. Historia de la empresa.....	1
1.1.2. Descripción de la empresa .....	1
1.1.3. Misión .....	2
1.1.4. Visión.....	2
1.1.5. Política de calidad e inocuidad .....	2
1.1.6. Productos de la empresa.....	2
1.2. Tipo de organización .....	3
1.2.1. Organigrama del área.....	3
1.2.2. Análisis de puestos.....	4
1.3. Planeamiento de la distribución interna y del manejo de materiales.....	6
1.3.1. Diagrama de operaciones.....	6
1.3.2. Diagrama de flujo.....	8
1.3.3. Diagrama de recorrido .....	10
1.3.4. Cuello de botella .....	11
1.3.5. Tiempo de ocio .....	13

1.3.6.	Accidentes laborales .....	13
1.4.	Distribuciones de planta .....	13
1.4.1.	Distribución de acuerdo al proceso .....	14
2.	SITUACIÓN ACTUAL .....	15
2.1.	Análisis del problema .....	16
2.2.	Materia prima .....	18
2.3.	Descripción del equipo .....	19
2.3.1.	Maquinaria.....	20
2.3.2.	Equipo .....	21
2.4.	Descripción del proceso .....	21
2.4.1.	Área de extracción de biomasa .....	21
2.4.2.	Área de triturado.....	22
2.4.3.	Área de exprimido .....	22
2.4.4.	Área de secado .....	23
2.4.5.	Área de quemado.....	23
2.5.	Etapas del proceso.....	23
2.5.1.	Recolección.....	23
2.5.2.	Triturado .....	24
2.5.3.	Exprimido .....	24
2.5.4.	Secado .....	25
2.5.5.	Quemado.....	26
2.6.	Planeación del proceso .....	26
2.6.1.	Distribución del proceso .....	26
2.6.2.	Diagrama de operaciones .....	27
2.6.3.	Diagrama de flujo .....	30
2.6.4.	Diagrama de recorrido.....	33
2.7.	Análisis de desempeño .....	35
2.7.1.	Estándares .....	35

2.7.2.	Factores que afectan la biomasa.....	36
2.8.	Mantenimiento de maquinaria y equipo .....	36
2.8.1.	Preventivo.....	37
2.8.2.	Correctivo .....	37
3.	ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE LA BIOMASA .....	39
3.1.	Toma de datos de calderas .....	39
3.1.1.	Materia prima actual .....	39
3.1.2.	Desechos de planta procesados.....	40
3.1.3.	Cantidad de energía requerida .....	41
3.1.4.	Tiempo de quemado de la madera .....	42
3.1.5.	Tiempo de quemado de los desechos .....	43
3.2.	Estudio de costos del proceso.....	43
3.2.1.	Compra de materia prima .....	44
3.2.2.	Maquinaria utilizada para el proceso .....	45
3.2.3.	Mano de obra.....	48
3.3.	Cálculo de tiempos para el secado del bagazo del coco .....	50
3.3.1.	Secado en horno .....	50
3.3.2.	Secado por ventilador.....	54
3.3.3.	Secado al aire libre .....	55
3.4.	Utilización de alternativas .....	55
3.4.1.	Briquetas.....	56
3.4.2.	Costo de las briquetas .....	59
3.4.3.	Cantidad de energía generada por briquetas .....	60
3.5.	Propuesta de mejora del proceso .....	61
3.5.1.	Mejora del proceso .....	61
3.5.2.	Diagrama de recorrido mejorado (propuesta) .....	62
3.5.3.	Automatización del proceso.....	63

4.	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	65
4.1.	Resultados obtenidos.....	65
4.1.1.	Datos energía generada por calderas .....	65
4.1.2.	Cantidad necesaria de biomasa para producir energía .....	95
4.1.2.1.	Madera .....	95
4.1.2.2.	Desechos de la empresa.....	95
4.2.	Análisis de alternativas.....	96
4.2.1.	Análisis de briquetas .....	96
4.2.2.	Energía generada con briquetas .....	96
4.2.3.	Comparación de energía comparada con briquetas.....	97
4.3.	Análisis de costos.....	99
4.3.1.	Costo de la materia prima actual para calderas .....	99
4.3.2.	Costo de procesado de bagazo del coco .....	100
4.4.	Comparación de gastos para la empresa.....	101
4.5.	Beneficios adicionales.....	102
4.5.1.	Medio ambiente .....	102
4.5.2.	Otros usos del bagazo del coco .....	103
4.5.2.1.	Aceite de coco.....	103
4.5.2.2.	Venta de pacas de estopa de coco ....	103
4.5.2.3.	Aprovechamiento de la carnaza del coco.....	104
5.	SEGUIMIENTO O MEJORA .....	105
5.1.	Propuesta de alternativa .....	105
5.1.1.	Utilización briquetas .....	105
5.1.2.	Obtención hornos Industriales para el secado acelerado.....	105

5.2.	Ventajas y beneficios.....	106
5.3.	Ahorro de gastos de materia prima para la empresa.....	106
5.4.	Mantenimiento a calderas de biomasa .....	107
5.4.1.	Preventivo.....	107
5.4.2.	Proactivo.....	108
5.4.3.	Predictivo.....	108
CONCLUSIONES .....		109
RECOMENDACIONES.....		111
BIBLIOGRAFÍA.....		113
APÉNDICES .....		115



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Organigrama del área de mantenimiento.....	4
2.	Convenciones de los diagramas de flujo.....	7
3.	Diagrama de recorrido Industria de cinturones de vestir.....	11
4.	Diagrama Ishikawa para análisis cualitativo del problema.....	17
5.	Diagrama de operaciones de procesamiento de desechos.....	27
6.	Diagrama de flujo de proceso actual del desecho.....	30
7.	Diagrama de recorrido.....	34
8.	Diagrama de recorrido mejorado.....	62

### TABLAS

I.	Materia prima actual.....	39
II.	Desglose de capacidad de las ollas.....	41
III.	Tiempo de quemado de los desechos.....	43
IV.	Compra de materia prima.....	44
V.	Costo total de materia prima.....	44
VI.	Datos generales de estudio realizado.....	45
VII.	Costo de trituradora.....	45
VIII.	Costo de energía eléctrica.....	46
IX.	Costo de prensa eléctrica.....	47
X.	Costo de energía eléctrica 2.....	48
XI.	Datos de información de las máquinas.....	48
XII.	Costo por hora.....	49

XIII.	Prueba de laboratorio 1, porcentaje eliminado .....	52
XIV.	Prueba de laboratorio 1, porcentaje de materia prima útil .....	52
XV.	Prueba de laboratorio 2, porcentaje eliminado .....	52
XVI.	Prueba de laboratorio 2, porcentaje de materia prima útil .....	53
XVII.	Prueba de laboratorio 3, porcentaje eliminado .....	53
XVIII.	Prueba de laboratorio 3, porcentaje de materia prima útil .....	53
XIX.	Lectura de barómetro por hora en prueba núm. 1 .....	56
XX.	Lectura de barómetro por hora en prueba núm. 2 .....	58
XXI.	Costo total de la briquetas .....	59
XXII.	Cantidad de energía generada por briquetas .....	60
XXIII.	Prueba 1 .....	96
XXIV.	Prueba 2 .....	97
XXV.	Comportamiento normal de la caldera .....	98
XXVI.	Costo de la compra de madera por mes.....	99
XXVII.	Costo total de materia prima utilizada para las calderas de biomasa por mes.....	99
XXVIII.	Costo de procesado de bagazo de coco.....	100
XXIX.	Total del costo para el procesado del bagazo de coco .....	100
XXX.	Datos estimados para el consumo de biomasa de las calderas .....	101
XXXI.	Datos comparativos de gastos mensuales .....	101

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>Amp</b>	Amperios
<b>Q</b>	Calor absorbido
<b>I</b>	Corriente
<b>R</b>	Escala de medida de Rankine para temperatura
<b>Fp</b>	Factor de Potencia
<b>C</b>	Grados Celsius
<b>G</b>	Gramo
<b>HZ</b>	<i>Hertz</i>
<b>hr</b>	Hora
<b>hp</b>	<i>Horse Power</i> , Caballo de fuerza
<b>KG</b>	Kilogramo
<b>kW</b>	kilo Watt
<b>kWH</b>	Kilo Watt por hora
<b>Lbs</b>	Libras
<b>M</b>	Masa
<b>min</b>	Minuto
<b>P</b>	Potencia eléctrica
<b>PSI</b>	<i>Pounds Square Inch</i> (Libras por pulgada cuadrada)
<b>V</b>	Voltaje



## GLOSARIO

<b>Autoclave</b>	Cámara que se utiliza para llevar a cabo reacciones químicas a alta presión y temperatura.
<b>Bagazo de coco</b>	Basura del coco luego de ser extraída el agua.
<b>Briqueta</b>	Conglomerado de carbón u otra materia combustible en forma de prisma rectangular.
<b>BTU</b>	<i>British Thermal Unit</i> (Unidad de medida de energía) Una BTU representa la cantidad de energía que se requiere para elevar en un grado Fahrenheit la temperatura de una libra de agua en condiciones atmosféricas normales.
<b>Estopa de coco</b>	Basura del coco triturada.
<b>Marmita</b>	Olla de diferentes capacidades, utilizada para el cocimiento de alimentos varios.



## RESUMEN

El análisis de costos y energía de una caldera biomasa se realizó con el fin de hacer un estudio para el aprovechamiento del desperdicio de la empresa, que es bagazo del coco (pasado por el debido proceso para ser utilizado como materia prima), tarimas de madera quebradas, cajas de cartón recicladas de las materias primas que maneja la empresa, papeles, entre otros.

Este estudio beneficiará a la empresa en su reducción de gastos, los cuales debe hacer para el debido desecho de los desperdicios. También beneficiará al medio ambiente en la reducción de desechos descartados a la basura.

Las calderas de biomasa son muy importantes para la empresa, ya que gracias a ellas es posible llevar a cabo la producción diaria. Actualmente utilizan únicamente madera como fuente de energía, pero con el proyecto se analiza la factibilidad de utilizar los desechos reciclados de la empresa, ya mencionados, para reducir la cantidad de madera que se necesita comprar y así optimizar la utilización de los recursos disponibles.

El fin de la investigación es analizar si es posible utilizar estos desechos como materia prima dentro de la caldera. Es posible que el desecho que se queme dentro de la caldera no genere la cantidad de energía necesaria para hacer funcionar las marmitas del área de producción.



## **OBJETIVOS**

### **General**

Análisis de costos y energía de una caldera biomasa, utilizando desechos de la planta de una empresa de alimentos, con la finalidad de reducir los impactos ambientales.

### **Específicos**

1. Recopilar información cuantitativa del método actual del funcionamiento de la caldera en condiciones normales.
2. Cuantificar la energía generada por la caldera al quemar los desechos de la empresa y compararla con la energía generada por la madera para analizar si esta puede ser reemplazada.
3. Comparar el valor de ahorro porcentual que se obtiene al utilizar los desechos de planta para el funcionamiento de la caldera contra la fuente de alimentación actual.
4. Estandarizar el proceso por el que debe pasar el bagazo de coco antes de ser quemado en la caldera.
5. Determinar la necesidad de continuar comprando madera para el funcionamiento de las calderas, contra la posibilidad de reemplazo total de la materia prima con desechos de planta.

6. Identificar si el impacto ambiental de utilizar los desperdicios en la caldera y no desecharlos a la basura es positivo, tanto para el medio ambiente como para la empresa.

## INTRODUCCIÓN

La empresa Industria Procesadora de Lácteos S.A (INPROLACSA), se dedica a la fabricación de jugos, mezclas lácteas y diversos productos de consumo humano.

INPROLACSA tiene dos calderas que son utilizadas para la generación de energía de la planta de producción. Las calderas son pirotubulares de biomasa y usan la madera como materia prima para generar energía. La energía se genera a través del calor transformado en vapor y con ello hacen funcionar las máquinas.

La madera de desecho se compra y se quema para hacer funcionar las calderas. La madera no es algo barato y la empresa debe incurrir en un gasto alto para generar la energía a través de esta. Además tiene un impacto negativo con el medio ambiente por su consumo.

La empresa se dedica al procesamiento de diferentes jugos naturales, como el agua de coco. Para producirla deben ingresar cocos y partarlos para obtener el agua. Luego la cáscara es desechada. De ello surge la idea de aprovechar este desecho como materia prima en las calderas, evitar la contaminación al medio ambiente y obtener un ahorro para la empresa al reducir o eliminar la compra de madera.

Dado el problema, se plantea el análisis de costos y energía de una caldera biomasa, que utiliza desechos de la planta para beneficio del medio ambiente en una empresa de alimentos.

Con este estudio se busca analizar si se puede reducir los costos en la compra de madera para la empresa y beneficiar al medio ambiente. Se evita desperdiciar el bagazo del coco y se aprovecha para generar energía en las máquinas de la planta de producción a un menor costo.

# 1. ANTECEDENTES GENERALES

## 1.1. Información general

A continuación, se presentan datos históricos de la empresa INPROLACSA.

### 1.1.1. Historia de la empresa

Es fundada en 1990 por un empresario guatemalteco. Se dedicaba a la producción de yogur y la sede principal estaba en Guatemala. Un año después el crecimiento de INPROLACSA era muy bueno, amplió su mercado con jugos de naranja y miel de maple. Contaban únicamente con 10 colaboradores y sus clientes solo eran algunas cadenas de restaurantes.

El crecimiento de la empresa fue muy bueno. En 1994 crean los productos de jugos de sabores tropicales y logran abarcar un mercado más amplio. Después de dos años, se crea una línea de productos más, con clientes exclusivos. En el 2002 la compañía llega a tener el apoyo de 120 colaboradores, aumentó su producción y logró posicionarse en el mercado. Con el gran crecimiento de la empresa, surge la necesidad de trasladarse a nuevas instalaciones a San José Villa Nueva, donde se encuentra actualmente.

El crecimiento es notable, ya que logra presencia en toda Centro América. En 2006 incursiona en nuevos mercados como Panamá, México y Costa Rica. Se crean alianzas importantes con cadenas de comida rápida en Centroamérica y la empresa se convierte en proveedor clave en la categoría de jugos y mezclas lácteas.<sup>1</sup>

### 1.1.2. Descripción de la empresa

Industria Procesadora de Alimentos S.A., por sus siglas INPROLACSA, es una empresa dedicada a la elaboración de productos alimenticio de consumo diario, tales como jugos naturales de diversos sabores, mieles, salsas, entre otros.

INPROLACSA es más conocida por los consumidores por los jugos naturales de marca Rabinal y Lozano, con una gran variedad de sabores. Aparte de ello,

---

<sup>1</sup> OBIOLS, C.A 2015. *Nuestra historia*. <http://www.inprolacsagt.com/#!/-rabinal/NuestraHistoria/>.

también es conocida por diferentes abarrotos, tales como salsa tipo ketchup Season's Fresh y miel Winter Cabin.<sup>2</sup>

### **1.1.3. Misión**

“Ser creadores de ideas y soluciones en la fabricación de productos alimenticios, con los más altos estándares de calidad, satisfaciendo las necesidades de nuestros clientes, la comunidad y los accionistas”.<sup>3</sup>

### **1.1.4. Visión**

“Ser reconocidos por nuestra calidad, servicio e innovación en la fabricación de productos alimenticios. Manteniendo un crecimiento sostenido, ayudando a la comunidad y contando con colaboradores creativos, comprometidos y motivados”.<sup>4</sup>

### **1.1.5. Política de calidad e inocuidad**

Somos una empresa comprometida en el procesamiento y comercialización de productos alimenticios inocuos, de calidad, que cumplen con los requisitos exigidos por la ley. Buscamos constantemente la mejora continua, trabajando en equipo con nuestros proveedores para satisfacer la expectativa de nuestros clientes.<sup>5</sup>

### **1.1.6. Productos de la empresa**

INPROLACSA es una empresa que puede producir una gran cantidad y variedad de productos, tales como jugos naturales, jugos con sabor artificial, diferentes tipos de abarrotos, tamal con chipilín, jalapeños en escabeche, piña en almíbar, mermeladas, entre otros.

---

<sup>2</sup> DONIS, Beltran; AUYON, Antonio. *Manual de introducción a la empresa: Industria procesadora de lácteos, S.A.* p. 84.

<sup>3</sup> *Ibíd.*

<sup>4</sup> *Ibíd.*

<sup>5</sup> *Ibíd.*

Para elaborar todos estos productos cuenta con diferentes áreas específicas donde se elabora cada uno; son áreas separadas para los abarrotes, para la salsa kétchup y mieles.

La empresa cuenta con diversas marcas y variedad de productos, entre ellas se encuentran: jugos naturales Rabinal (naranja, coco, mango, manzana, melocotón, te frío, mandarina, mora, toronja), jugos Lozano (uva, manzana, mandarina y citrus punch), mermeladas Lozano (piña, fresa y manzana), línea Season's Fresh (salsa kétchup, aderezo ranch, barbacoa, mermelada), abarrotes Lozano (piña en almíbar, manzana en almíbar, vinagre, salsa soya, salsa verde, salsa roja, salchichas en salsa, frijoles volteados, frijoles parados, arroz chino, tamal con frijol, jalapeños en escabeche).<sup>6</sup>

## **1.2. Tipo de organización**

A continuación, se describe la organización de la empresa INPROLACSA.

### **1.2.1. Organigrama del área**

El área de mantenimiento de la empresa está compuesta por tres diferentes categorías y cinco puestos:

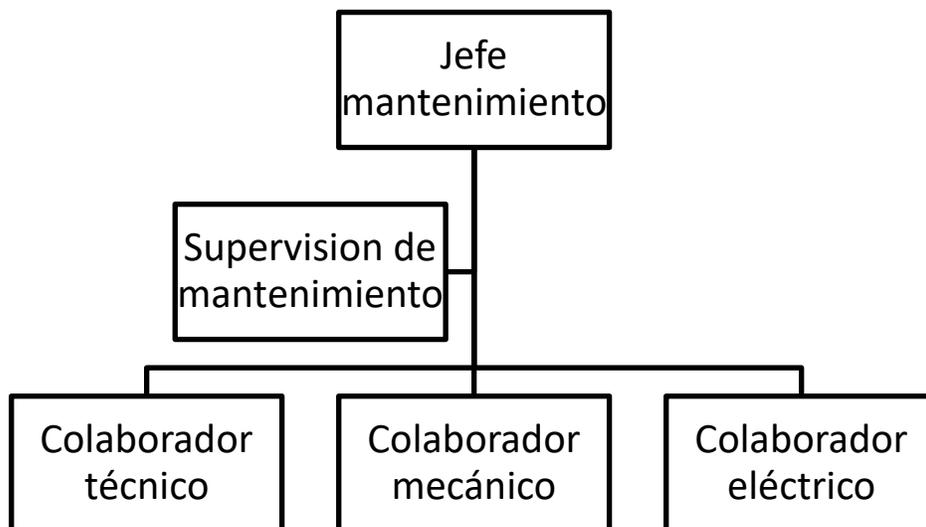
- Jefe de Mantenimiento
- Supervisor de Mantenimiento
- Colaboradores de mantenimiento: técnico, mecánico y eléctrico

El organigrama está distribuido en la jerarquía representada en la figura 1.

---

<sup>6</sup> DONIS, Beltran; AUYON, Antonio. *Manual de introducción a la empresa: Industria procesadora de lácteos, S.A.* p. 94.

Figura 1. **Organigrama del área de mantenimiento**



Fuente: elaboración propia.

### 1.2.2. **Análisis de puestos**

La descripción de los puestos del área de mantenimiento se describe a continuación:

- **Jefe mantenimiento:** es el encargado de todo el mantenimiento, correcciones, instalación y modificación de los equipos con los que cuenta la empresa. Vela por el cumplimiento técnico y óptimo de la maquinaria utilizada dentro de la planta para toda la producción de empaque, almacenaje y comercialización de los productos. La persona encargada debe tener un título universitario en Ingeniería Eléctrica, Electrónica, Mecánica o afín, con al menos 5 años de experiencia en puestos similares y edad comprendida entre 35 a 55 años. De preferencia, con estudios de posgrado en mantenimiento de maquinaria industrial.

- Supervisor de mantenimiento: es quien recibe órdenes del jefe de mantenimiento sobre las actividades que debe ejecutar. Es el encargado de dar seguimiento y dirigir las operaciones técnicas, eléctricas y mecánicas del área. La persona a cargo debe tener al menos pensum cerrado en Ingeniería Eléctrica, Electrónica, Mecánica o afín, con al menos 2 años de experiencia en puestos similares y una edad comprendida entre 25 a 35 años. De preferencia, con cursos técnicos de mantenimiento industrial.
- Colaborador técnico: es el encargado de llevar a cabo todas las instalaciones, reparaciones técnicas y físicas de la maquinaria industrial. Debe tener al menos certificados de escolaridad media, con 18 años de edad (mínimo) y con deseos de superación personal y profesional.
- Colaborador mecánico: es el encargado de llevar a cabo todas las instalaciones mecánicas, reparaciones de motores y servicios motrices de la maquinaria industrial. Debe tener estudios técnicos en mecánica, con al menos 18 años de edad y deseos de superación personal y profesional.
- Colaborador eléctrico: es el encargado de llevar a cabo todas las instalaciones eléctricas y reparaciones eléctricas de la maquinaria industrial. Debe tener estudios técnicos en electricidad, con al menos 18 años de edad y con deseos de superación personal y profesional. También tiene a cargo las actividades del procesamiento de desechos y suministro de energía por medio de las calderas.

### **1.3. Planeamiento de la distribución interna y del manejo de materiales**

A continuación, se describe el planeamiento de la distribución interna y del manejo de materiales.

#### **1.3.1. Diagrama de operaciones**

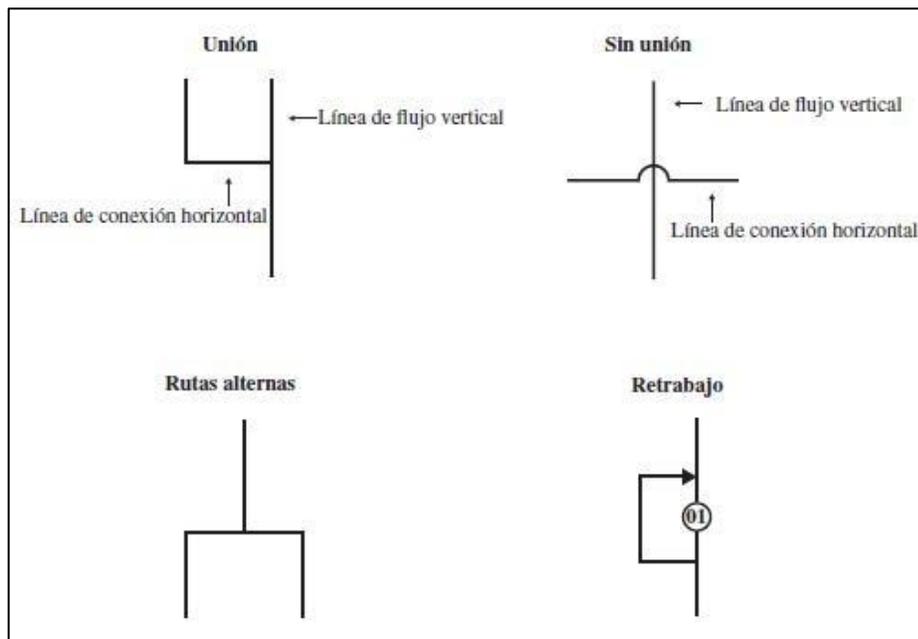
Un diagrama de proceso muestra la secuencia cronológica de todas las operaciones, inspecciones, tiempos permitidos y materiales que se utilizan en un proceso de manufactura o de negocios, desde la llegada de la materia prima hasta el empaquetado del producto terminado. La gráfica muestra la entrada de todos los componentes y subensambles al ensamble principal. De la misma manera como un esquema muestra detalles de diseño tales como partes, tolerancias y especificaciones, la gráfica del proceso operativo ofrece detalles de la manufactura y del negocio con solo echar un vistazo.

Se utiliza dos símbolos para construir la gráfica del proceso operativo: un pequeño círculo representa una operación y un pequeño cuadrado representa una inspección. Una operación se lleva a cabo cuando una parte bajo estudio se transforma intencionalmente, o cuando se estudia o se planea antes de que se realice cualquier trabajo productivo en dicha parte. Una inspección se realiza cuando la parte es examinada para determinar su cumplimiento con un estándar.

Las líneas verticales indican el flujo general del proceso a medida que se realiza el trabajo, mientras que las líneas horizontales que alimentan a las líneas de flujo vertical indican materiales, ya sea comprados o elaborados durante el proceso. Las partes se muestran como ingresando a una línea

vertical para ensamblado, o abandonando una línea vertical para desensamblado. Los materiales que son desensamblados o extraídos se representan mediante líneas horizontales de materiales y se dibujan a la derecha de la línea de flujo vertical, mientras que los materiales de ensamblado se muestran mediante líneas horizontales dibujadas a la izquierda de la línea de flujo vertical, como se observa en la figura 2.

Figura 2. **Convenciones de los diagramas de flujo**



Fuente: BERENSON, Mark; LEVINE, David. *Estadística básica en administración, conceptos y aplicaciones*. p. 541.

Los valores del tiempo, basados en estimaciones o en mediciones reales, pueden asignarse a cada operación o inspección. El diagrama de proceso operativo terminado ayuda a los analistas a visualizar el método en curso, con todos sus detalles, de tal forma que se pueden identificar nuevos y mejores procedimientos.

Este diagrama muestra a los analistas qué efecto tendrá un cambio en una determinada operación en las operaciones precedentes y subsecuentes. Es muy usual lograr 30 % de reducción de tiempo mediante el uso de los principios del análisis de operaciones en conjunto con el diagrama de procesos operativos, el cual sugiere inevitablemente posibilidades para la mejora.

Asimismo, puesto que cada etapa se muestra en su secuencia cronológica apropiada, el diagrama en sí mismo constituye una distribución ideal de la planta. En consecuencia, los analistas de métodos consideran esta herramienta extremadamente útil para desarrollar nuevas distribuciones y mejorarlas existentes.

### **1.3.2. Diagrama de flujo**

Es una representación gráfica de un proceso, en donde cada paso del proceso está representado por un símbolo específico que representa una breve descripción de la etapa del proceso. Los símbolos se conectan entre sí con flechas que indican la dirección del flujo. Esto permite tener una descripción visual de las actividades y evidenciar la relación secuencial entre ellas. Facilita la comprensión de cada actividad y la relación con las demás actividades, el flujo de la información y los materiales, los procedimientos dentro del proceso, la existencia de los bucles repetitivos, el número de pasos, las operaciones interdepartamentales e incluso la selección de indicadores de proceso.

El conjunto de actividades, relaciones e incidencias de un proceso no puede ser esclarecido a simple vista. La diagramación hace posible aferrar el conjunto e ir más allá, centrándose en aspectos específicos del mismo, y apreciando las interrelaciones que forman parte del proceso, incluyendo las que se dan con otros procesos y subprocesos.<sup>7</sup>

Las principales funciones de un diagrama de flujo son:

- Facilita la obtención de una visión transparente del proceso.

---

<sup>7</sup> BERENSON, Mark; LEVINE, David. *Estadística básica en administración, conceptos y aplicaciones*. p. 420.

- Permite definir los límites de un proceso.
- Facilita la identificación de los clientes, sus necesidades y permite ajustar el proceso hacia el cumplimiento de expectativas y la satisfacción de necesidades.
- Estimula el pensamiento analítico para generar alternativas útiles.
- Proporciona un método de comunicación más eficaz, al introducir un lenguaje común.
- Ayuda a establecer el valor agregado de cada una de las actividades que componen el proceso.
- Constituye una referencia fiable para establecer mecanismos de control y mejora de los procesos.
- Constituye el punto de comienzo indispensable para acciones de mejora, rediseño o reingeniería.

Un diagrama de flujo de procesos ilustra las relaciones entre los principales componentes de una planta industrial. Se usa para documentar o mejorar un proceso o modelar uno nuevo. Emplea un conjunto de símbolos y notaciones para describir un proceso; sin embargo, los símbolos cambian en distintos lugares y los diagramas pueden variar desde simples garabatos trazados a mano hasta diagramas de aspecto profesional con información detallada desarrollados mediante un software.<sup>8</sup>

---

<sup>8</sup> MEYERS, Fred, *Estudio de tiempos y movimientos*. p. 156.

### **1.3.3. Diagrama de recorrido**

Es un modelo que muestra el lugar donde se efectúan actividades determinadas y el trayecto seguido por los trabajadores, los materiales o el equipo para ejecutarlas.

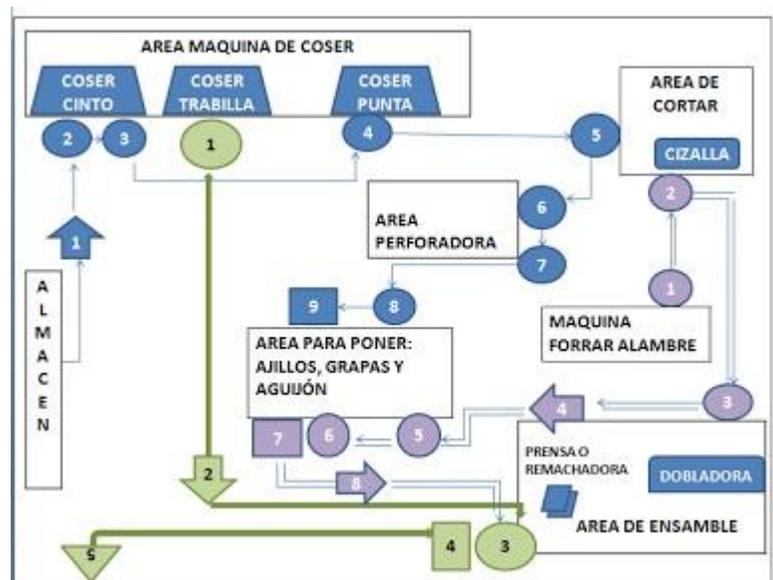
Muestra gráficamente la forma del proceso operativo, desde la recepción de la materia prima hasta que el producto terminado es colocado en los almacenes de producto final. Sirve para un control visual de las operaciones y tomar decisiones para mejoras con el tiempo y eficiencia de los procesos de producción.

Existen cinco factores determinantes relacionados con las instalaciones, pues es en estas en donde se puede atacar una serie de problemas que surgen en el transcurso del proceso o actividad a desarrollar. Los factores son:

- Distribución de la planta, es decir, la disposición física de las instalaciones.
- Manejo de materiales y los medios para trasladar dichos materiales.
- Comunicaciones, o sistemas para transmitir información.
- Servicios o disposición de elementos como luz, agua, gas, entre otros.
- Edificios.

“Un diagrama de recorrido pretende esquematizar, casi a escala, la distribución. A continuación, en la figura 3, se presenta un ejemplo de un diagrama de recorrido de una industria de cinturones de vestir”.<sup>9</sup>

Figura 3. Diagrama de recorrido Industria de cinturones de vestir



Fuente: BERENSON, Mark; LEVINE, David. *Estadística básica en administración, conceptos y aplicaciones*. p. 420.

### 1.3.4. Cuello de botella

Una operación es denominada cuello de botella cuando en ella es más lento el proceso de producción y causa retrasos dentro de la planta. El tener conocimiento de la operación denominada cuello de botella es importante, ya

<sup>9</sup> BERENSON, Mark; LEVINE, David. *Estadística básica en administración, conceptos y aplicaciones*. p. 420.

que muestra el ritmo más rápido que puede tener el proceso productivo debido a la capacidad de producción de los procesos.

Las causas principales de la generación de un cuello de botella son:

- Falta de materiales: un proceso de producción requiere de insumos y maquinaria en buenas condiciones, por lo que es necesario llevar a cabo un inventario correcto para reconocer los implementos que presentan fallas, con el fin de evitar retrasos en el proceso y aumento en los costos.
- Falta de capacitación de personal: contar con un personal idóneo y preparado hará que el proceso de producción avance de manera compacta. Tener un trabajador que no conoce el proceso o es ineficiente, puede causar pérdidas económicas en la empresa e incluso pérdidas humanas.
- Falta de almacenes: las empresas tienen generalmente problemas para dejar los productos que fabrican por falta de espacio. Para evitarlo, se recomienda instalar almacenes intermedios entre aquellos procesos donde se puede producir un cuello de botella, para evitar pérdidas de materiales y económicas.
- Desinterés administrativo: los gerentes y jefes de la empresa deben estar al tanto de todo el proceso de producción y prever las posibles fallas que puedan generarse, para mitigar los daños. Si falta de interés, los tiempos establecidos no serán cumplidos con eficiencia y habrá pérdidas para la empresa.

Identificar los cuellos de botella en un proceso de producción ayudará a maximizar el valor de la empresa y evitar contratiempos y pérdidas difíciles de recuperar.

### **1.3.5. Tiempo de ocio**

Se llama así al tiempo en que el trabajador está realizando tareas o actividades no relacionadas al puesto de trabajo. El tiempo de almuerzo o comida no se toma en cuenta dentro del tiempo de ocio, ya que estas son actividades que debe tomar el ser humano para su propia salud y buen desempeño en el trabajo.

### **1.3.6. Accidentes laborales**

Los accidentes laborales son aquellos que sufre el trabajador cuando está realizando una actividad dentro de su horario de trabajo y por actividades relacionadas al mismo. En los accidentes laborales no se toman en cuenta aquellos accidentes ocasionados por actividades o maniobras fuera del trabajo. Sí se considera accidente laboral cuando el trabajador es enviado fuera del país por motivos del trabajo y sufre accidente debido a la realización de actividades laborales.

## **1.4. Distribuciones de planta**

La distribución de planta es la forma en que los procesos de producción están distribuidos dentro de la empresa. Estos se ordenan de muchas maneras, por tamaños, formas, espacios, conveniencia, eficiencia, etc. El punto de la distribución de la planta es tener un orden secuencial de actividades con el fin de que el proceso se realice lo mejor y más rápido posible.

#### **1.4.1. Distribución de acuerdo al proceso**

La distribución de acuerdo al proceso se basa en el ordenamiento adecuado de las actividades, de modo que las secuencias sean seguidas y de la manera más rápida posible, para que el proceso sea lo más productivo que se pueda y que no existan demoras a causa de carga y descarga de contenedores debido al transporte, ni pérdidas de tiempo por la misma causa.

## 2. SITUACIÓN ACTUAL

Actualmente, la empresa cuenta con dos calderas pirotubulares que funcionan a base de biomasa. Para hacer funcionar estas calderas y que le den energía a las máquinas dentro de la planta de producción, es necesario comprar varios cientos de quintales de madera, para quemarla dentro de las mismas y suministrar energía.

Dentro de la variedad de productos que la empresa fabrica está el agua natural de coco, por lo que para producirla es necesario comprar coco en fruta. Este es llevado al área de producción y se le extrae el agua. El bagazo es desechado, por lo que para evitar la contaminación del medio ambiente y evitar incurrir en el gasto de compra de madera, se ha tomado la decisión de tomar ese bagazo y procesarlo para utilizarlo como biomasa. Así podrá ser quemado en las calderas pirotubulares para la generación de energía. Con ello disminuiría o se evitaría la compra de madera, lo cual favorecería a la empresa de cierta manera, ya que ahorraría en compra de dicho material, se incrementa la utilidad de la empresa o se utiliza para la compra de otros materiales.

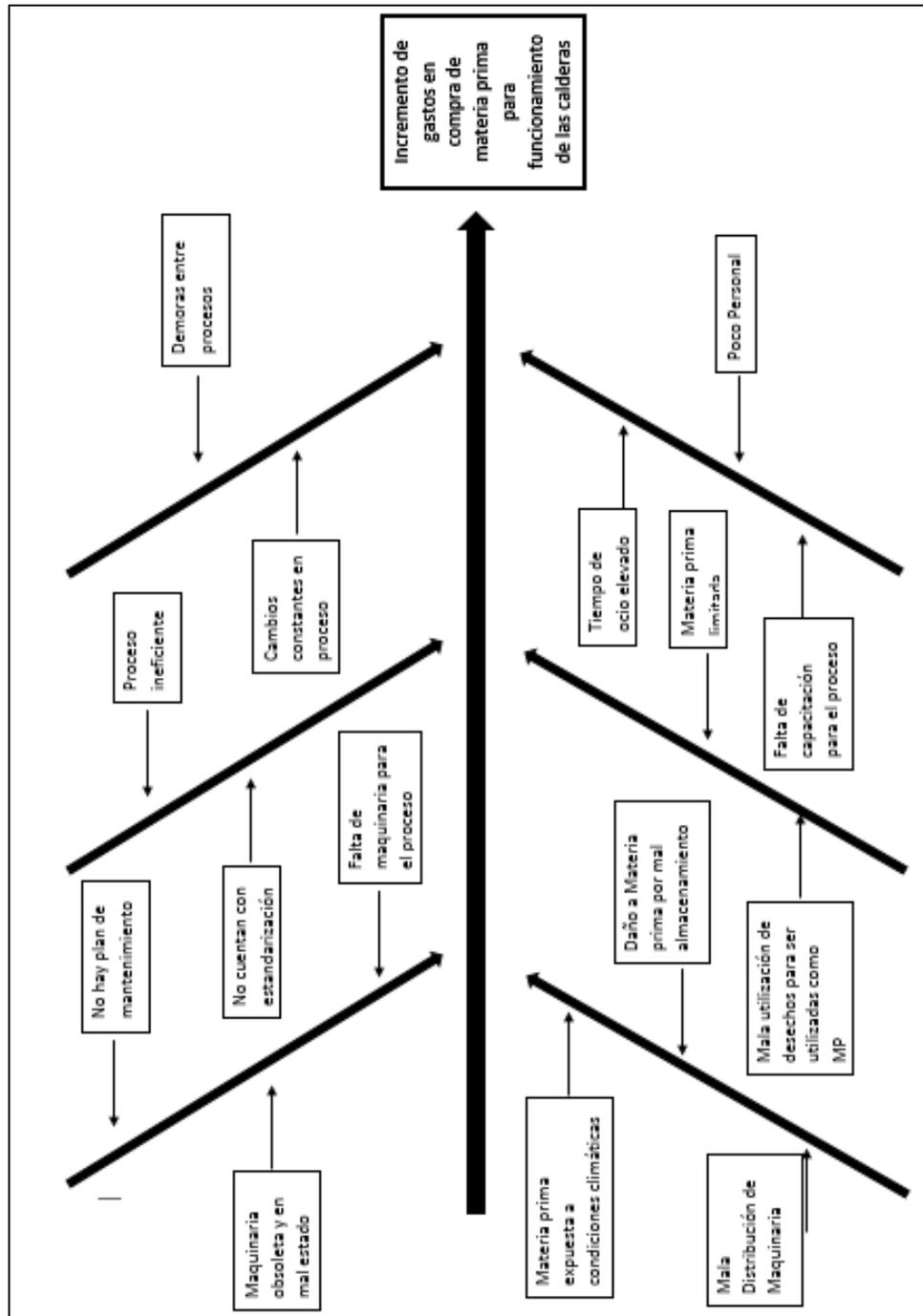
Para que el proyecto sea factible, es necesario que el bagazo del coco pase por un proceso previo a su quema en la caldera, ya que no es posible introducir el coco entero dentro de las calderas.

El proceso por el cual deberá pasar el bagazo del coco será primero el triturado, luego el exprimido y por último el secado, previo a su quema en las calderas.

## **2.1. Análisis del problema**

Es importante analizar el funcionamiento actual de las calderas utilizadas para la generación de energía de la empresa, con el fin de definir las causas del incremento de gastos en compra de materia prima. Para ello, se utilizó un diagrama Ishikawa sobre la variabilidad de la eficiencia, donde se determinó cualitativamente los factores que influyen en el problema. Este diagrama permite hacer una clasificación de las causas en mano de obra, maquinaria, métodos, manufactura, medio ambiente, materia prima. Para la utilización de la caldera, los factores más representativos son la materia prima y el medio ambiente.

Figura 4. Diagrama Ishikawa para análisis cualitativo del problema



Fuente: elaboración propia.

Este diagrama muestra que la carencia de un plan de mantenimiento es un factor que afecta significativamente el deterioro de la maquinaria, lo que hace que la esta permanezca en mal estado y sea obsoleta. Además, el proceso no puede ser completado de manera eficiente, debido a que hace falta maquinaria para el proceso.

En cuanto a los problemas referidos al método, se deben a que no se cuenta con una estandarización del proceso, lo que da lugar a ineficiencias dentro del mismo. Así mismo, existen demoras y cambios constantes en el proceso que afectan su optimización.

La materia prima está expuesta a condiciones climáticas externas que conllevan a un daño. Además, la materia prima puede dañarse por causa del mal almacenamiento. Otro factor medioambiental que contribuye a la problemática es la mala distribución de la maquinaria por falta de espacio en la planta de producción.

El gasto aumenta por la materia prima limitada y su afectación por las condiciones ambientales, así como el desperdicio del bagazo del coco, que es un desecho que podría ser utilizado como materia prima para la alimentación de la caldera.

## **2.2. Materia prima**

Las calderas de biomasa, tal como su nombre lo indican, funcionan con materiales naturales renovables como madera, cartón, papel, hojas secas, entre otros.

La biomasa es conseguida del medio ambiente pero siempre se debe controlar lo que se utiliza; en el caso de la madera, para no deforestar los bosques o tener siembras para que haya un equilibrio y no afectar al medio ambiente.

Las calderas piro tubulares de INPROLACSA actualmente funcionan únicamente con madera; sin embargo, el fin de esta investigación es analizar la factibilidad de utilizar desechos de la planta dentro de la caldera, tales como cajas de cartón que son desechadas, hojas de papel reciclado dentro de la empresa y el bagazo de coco previamente procesado, para ser quemado dentro de la caldera.

La madera seca logra fácilmente mantener el nivel de presión dentro de la caldera para la generación de energía para toda la planta de producción, pero los desechos de la planta se deben observar, estudiar y analizar para demostrar que el proyecto es factible y puede ser llevado a cabo.

Pero no únicamente se quemará el bagazo del coco procesado, sino que también el estudio analizará la utilización fuentes de biomasa alternativas, como las briquetas y desechos de la planta mezclado con el bagazo del coco y madera.

### **2.3. Descripción del equipo**

El equipo a utilizar será:

- Pallets para transporte de materia prima.

- Contenedor para transportar el bagazo del coco, cartón y demás desecho de planta.
- Trituradora.
- Prensa.
- Ventilador industrial.
- Tarimas.
- Estantería.

### **2.3.1. Maquinaria**

Lo clasificado como maquinaria será la trituradora y la prensa. Ambas con funcionamiento eléctrico, conectadas a una fuente de electricidad con capacidad de 220 voltios. Estas servirán para el procesamiento del bagazo del coco.

Como su nombre lo indica, la trituradora triturará el coco y lo volverá estopa húmeda, que será exprimida en la prensadora y luego se procederá al secado, para lo cual se utilizará un ventilador (de tamaño industrial) eléctrico, con una fuente de 110 voltios, para cierta cantidad de estopa y la cantidad restante será secada a la intemperie.

### **2.3.2. Equipo**

El equipo serán las tarimas de madera, donde se colocará la estopa del coco para su secado.

Las pallets y los contenedores, que se utilizarán para el transporte de los desechos y bagazo de coco al área de procesado.

Una estantería, donde se colocará cantidad de la estopa del coco para su secado por medio de ventilador.

## **2.4. Descripción del proceso**

El proceso empieza con la extracción de los desechos de la planta, pero no todos sino únicamente los que pueden ser quemados dentro de las calderas de biomasa, tales como tarimas de madera quebradas, bagazo de coco, papeles reciclados y cartón que ya será desechado. Luego, únicamente el bagazo del coco debe ser pasado por un proceso previo a la quema dentro de la caldera y, por último, el análisis de energía generada por la caldera. (Ver secciones 2.6.2, 2.6.3 y 2.3.4 para la visualización gráfica del proceso).

A continuación, se ampliará el proceso por el que debe pasar el bagazo de coco para su quemado en la caldera.

### **2.4.1. Área de extracción de biomasa**

Esta área es específicamente toda la empresa, ya que de todos lados se recolectará los desechos que pueden ser utilizados para generar energía dentro

de la caldera. Luego se hace una recolección general, donde se juntan todos y son transportados al área donde se encuentran las calderas.

#### **2.4.2. Área de triturado**

El área de triturado se encuentra en la parte trasera de la planta de producción. Allí se llevará a cabo la trituración del bagazo del coco, ya que es imposible introducirlo entero a la caldera porque ocasionaría problemas en la caldera y no generaría presión suficiente para abastecer de energía las máquinas de la planta de producción.

El proceso de triturado es manual, ya que se debe introducir coco por coco en la máquina para no atascarla y que se puedan triturar bien. La trituradora expulsa la estopa del coco a varios metros de distancia, por lo que luego se debe juntar toda la estopa generada en montañas para luego ser pasada al área de exprimido.

#### **2.4.3. Área de exprimido**

Se encuentra seguida del área de triturado. Aquí, la estopa del coco es introducida dentro de una prensa hidráulica accionada mediante energía eléctrica, para exprimir la estopa.

Es necesario exprimirla porque luego de la trituración contiene un alto porcentaje de agua, lo que hace que su quemado dentro de la caldera sea imposible y lo único que provoca es gran cantidad de humo y nada de presión interna.

Luego del proceso de exprimido mediante la prensa hidráulica, la estopa aún contiene un porcentaje de agua, pero en un grado mucho más bajo del que se tenía previo al proceso de exprimido.

Una vez exprimida se procede a retirarla para empezar a acumularla y luego pasarla al proceso de secado.

#### **2.4.4. Área de secado**

Luego de exprimida la estopa del coco, se procede al secado. Después de salir de la prensa hidráulica, la estopa es reunida y se coloca sobre tarimas de madera que se encuentran en el suelo y expuestas al sol, para que se seque a la intemperie, con el calor producido por el sol y el aire.

#### **2.4.5. Área de quemado**

Luego de secada la estopa, se envía al área de quemado, o sea, las calderas. No se quemará únicamente la estopa, sino que otros desechos de la planta, como hojas de papel reciclado, el cartón que no se utiliza, las tarimas quebradas, y si en caso fuera necesario, madera.

### **2.5. Etapas del proceso**

A continuación, se describen las etapas del proceso.

#### **2.5.1. Recolección**

Se lleva a cabo con el apoyo de todas las áreas de la empresa, ya que primero es reciclado el papel, el cartón y las tarimas de madera que salen de

las diferentes áreas de la organización, tales como administración, producción, ventas, compras, entre otros.

Luego, el personal de limpieza es encargado de recolectar todos los desechos en un solo lugar, para que los operarios los tomen y los transporten al área donde serán procesados previo a su quemado en la caldera.

### **2.5.2. Triturado**

Es el proceso que requiere mayor tiempo y atención de los operarios, ya que a diario son procesados aproximadamente 500 cocos, los cuales deben ser ingresados a la trituradora uno por uno, para que la máquina funcione sin demoras y de corrido.

Debido a que la trituradora es de un tamaño pequeño, no se pueden introducir varios cocos a la vez, sino uno por uno para no causar atascos.

Luego de triturados, lo que queda es estopa de coco regada por el suelo a varios metros de distancia de la trituradora. Se procede a formar pequeñas montañitas de estopa para agruparla y llevarla al otro proceso de manera ordenada.

### **2.5.3. Exprimido**

El proceso previo es el triturado. Cuando es triturada, la estopa de coco tiene un alto grado de humedad por el agua residual en el bagazo y la carnaza, por lo que no puede ser quemada directamente en la caldera.

La estopa es ingresada en la prensa hidráulica durante 15 o 20 minutos. Se le aplica fuerza (se prensa) poco a poco, de modo que pierda agua y el proceso posterior se pueda llevar a cabo más rápidamente.

Después es retirada y reunida por pacas en un espacio libre a la par del área de secado.

#### **2.5.4. Secado**

Es el paso que sigue al exprimido y recolectado en pacas. La estopa se puede secar de dos formas, pero hay una tercera únicamente a nivel de pruebas. Son:

- Secado a la intemperie: la estopa es colocada sobre tarimas de madera que se encuentran en el suelo del área libre de la parte trasera de la planta de producción, donde se deja por aproximadamente 3 días. El procedimiento no es así de simple, ya que los operarios la rotan porque si solo la dejan y no la mueven, únicamente se seca la parte de arriba. Esto dejaría cierto porcentaje de estopa aun húmeda, lo que dificultaría su quemado dentro de la caldera, afectaría la presión que debe tener dentro de la misma y no se generaría energía suficiente.
- Secado por ventilador: para este tipo de secado se construyó una estantería de 4 niveles cubierta por nilón, para que el aire pueda llegar a todos los niveles y seque bien la estopa en un tiempo más corto que a la intemperie. Para este secado se utiliza un ventilador de 8:00 a. m. a 6:00 p. m. El aire expulsado seca la estopa en un periodo más corto de aproximadamente 1 día y medio.

- Secado por horno: solo se usará para pruebas y consiste en tomar cierta cantidad de muestra, colocarla en bandejas e ingresarla al horno por periodos y temperaturas variables. Luego se evalúa su porcentaje de humedad, para determinar el tiempo y temperatura a la cual se seca mediante hornos. Pero como se comentó previamente, es para pruebas.

### **2.5.5. Quemado**

Se procede al quemado después de que el proceso de secado es completado al 100 %. Una vez la estopa ha pasado todos los procesos de secado es recolectada en grupos para trasladarla al área de quemado, en este caso, las calderas piro tubulares.

La estopa es ingresada a la caldera constantemente y por cantidades pequeñas, pero no se quema únicamente esta sino también los desechos recolectados como el cartón, las hojas recicladas y las tarimas quebradas. Todo se ingresa por pocos, de modo que la caldera se mantenga en presión constante y generando energía. Hasta que ya queda poca biomasa se procede a traer más cantidad.

## **2.6. Planeación del proceso**

A continuación, se describe la planeación del proceso.

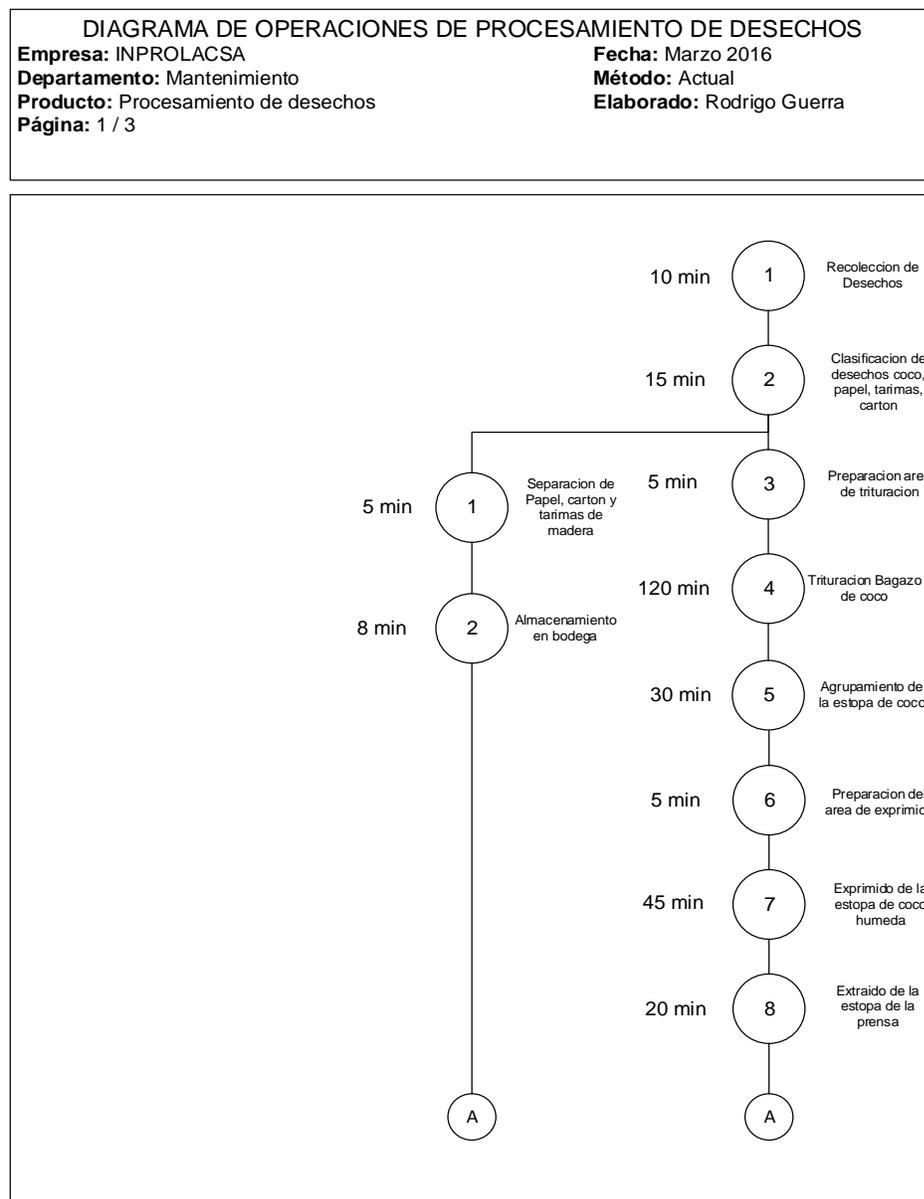
### **2.6.1. Distribución del proceso**

El proceso para el procesamiento del desecho ya fue descrito. Ahora se mostrará un diagrama de operaciones, diagramas de flujo de operaciones y un diagrama de recorrido de las actividades por realizar.

## 2.6.2. Diagrama de operaciones

A continuación, se presenta el diagrama de operaciones de procesamiento de desechos.

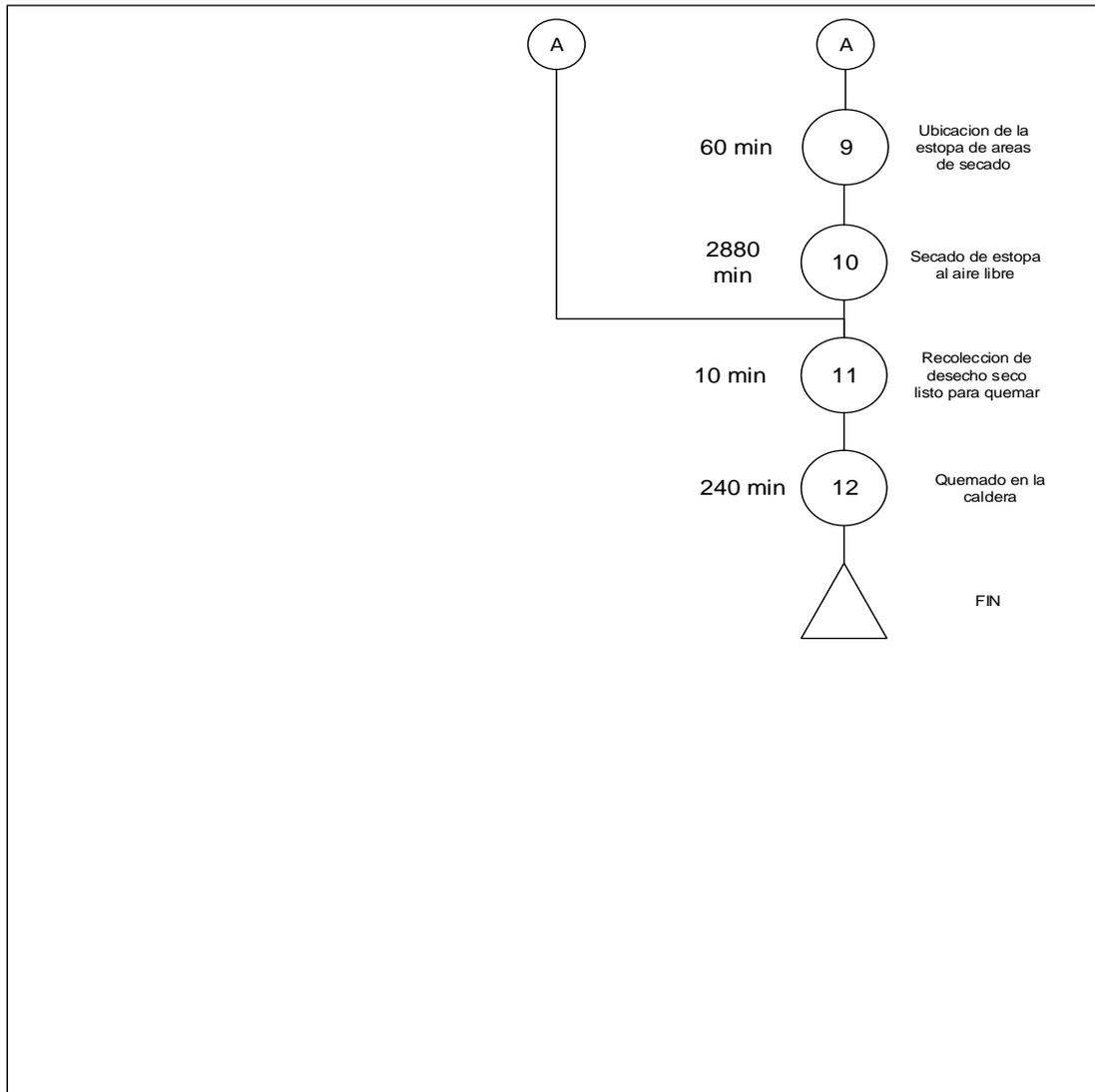
Figura 5. Diagrama de operaciones de procesamiento de desechos



Continuación de la figura 5.

**DIAGRAMA DE OPERACIONES DE PROCESAMIENTO DE DESECHOS**

<b>Empresa:</b> INPROLACSA	<b>Fecha:</b> Marzo 2016
<b>Departamento:</b> Mantenimiento	<b>Método:</b> Actual
<b>Producto:</b> Procesamiento de desechos	<b>Elaborado:</b> Rodrigo Guerra
<b>Página:</b> 2 / 3	



Continuación de la figura 5.

<b>DIAGRAMA DE OPERACIONES DE PROCESAMIENTO DE DESECHOS</b>	
<b>Empresa:</b> INPROLACSA	<b>Fecha:</b> Marzo 2016
<b>Departamento:</b> Mantenimiento	<b>Método:</b> Actual
<b>Producto:</b> Procesamiento de desechos	<b>Elaborado:</b> Rodrigo Guerra
<b>Página:</b> 3 / 3	

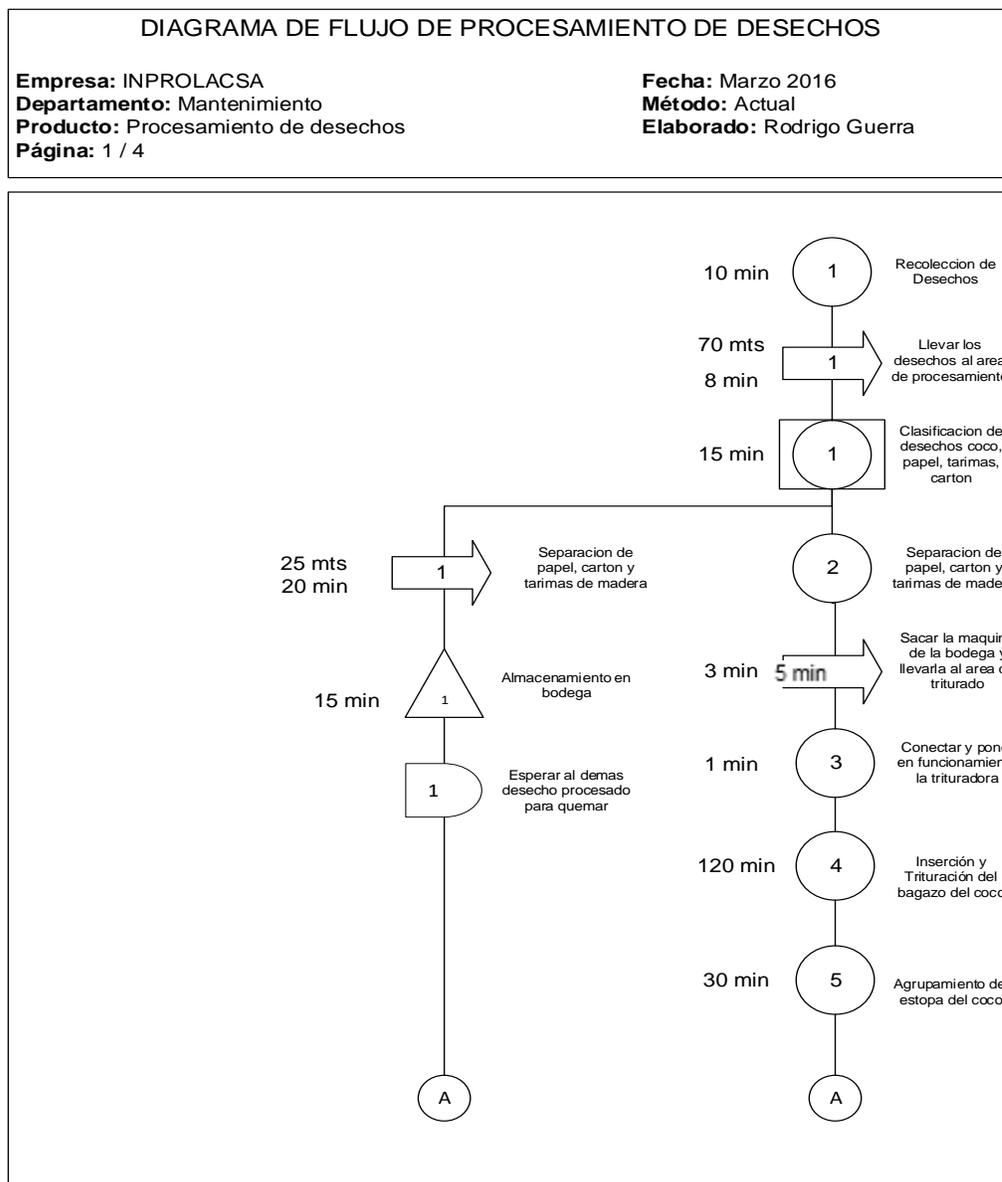
Resumen		
ACTIVIDAD	SIMBOLO	CANTIDAD
OPERACION		14
INSPECCION		0
TOTAL		14

Fuente: elaboración propia.

### 2.6.3. Diagrama de flujo

A continuación, se presenta el diagrama de flujo de proceso actual del desecho.

Figura 6. Diagrama de flujo de proceso actual del desecho

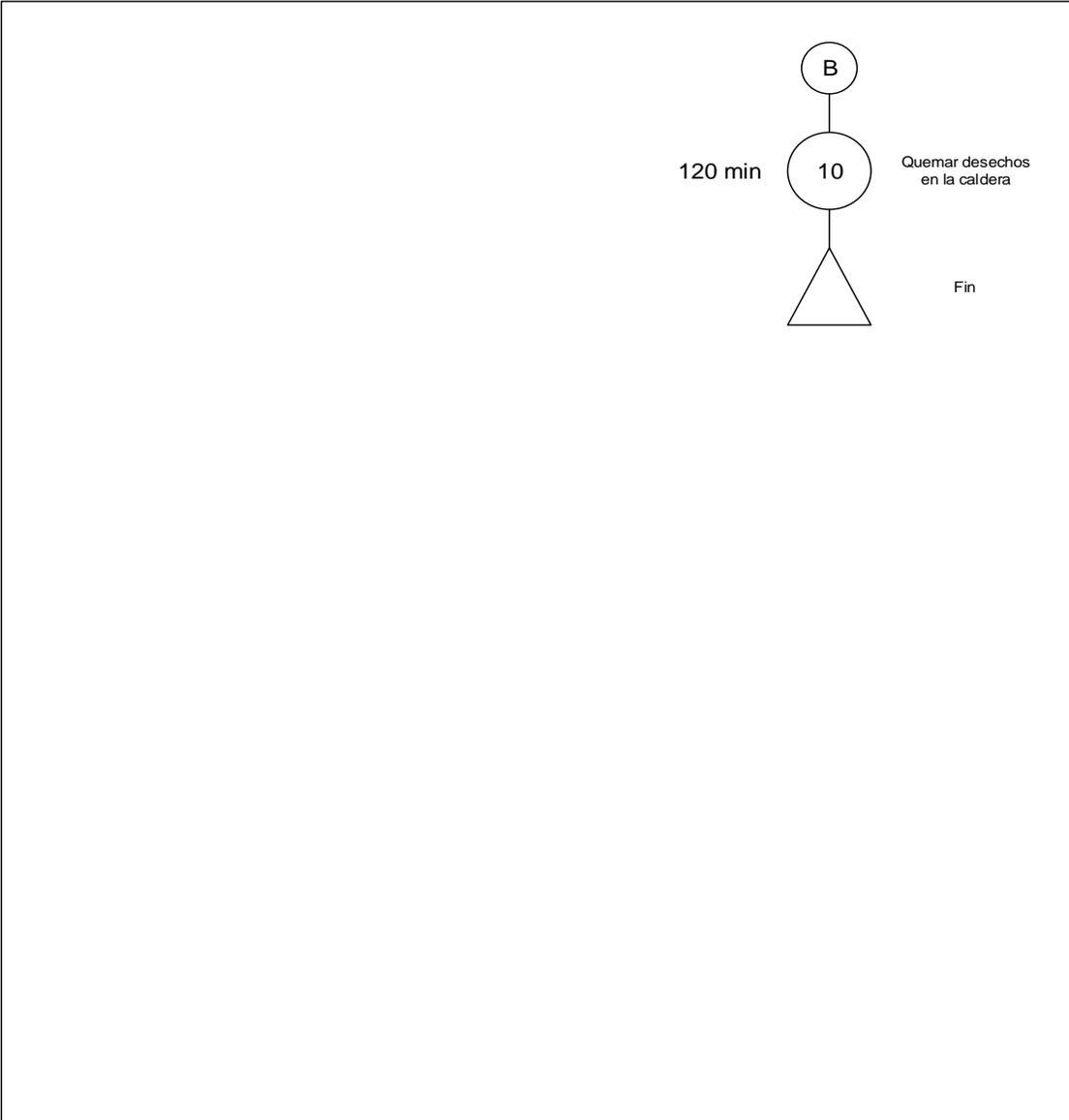




Continuación de la figura 6.

**DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESAMIENTO DE DESECHOS**

<b>Empresa:</b> INPROLACSA <b>Departamento:</b> Mantenimiento <b>Producto:</b> Procesamiento de Desechos <b>Página:</b> 3 / 4	<b>Fecha:</b> Marzo 2016 <b>Método:</b> Actual <b>Elaborado:</b> Rodrigo Guerra
--	---



Continuación de la figura 6.

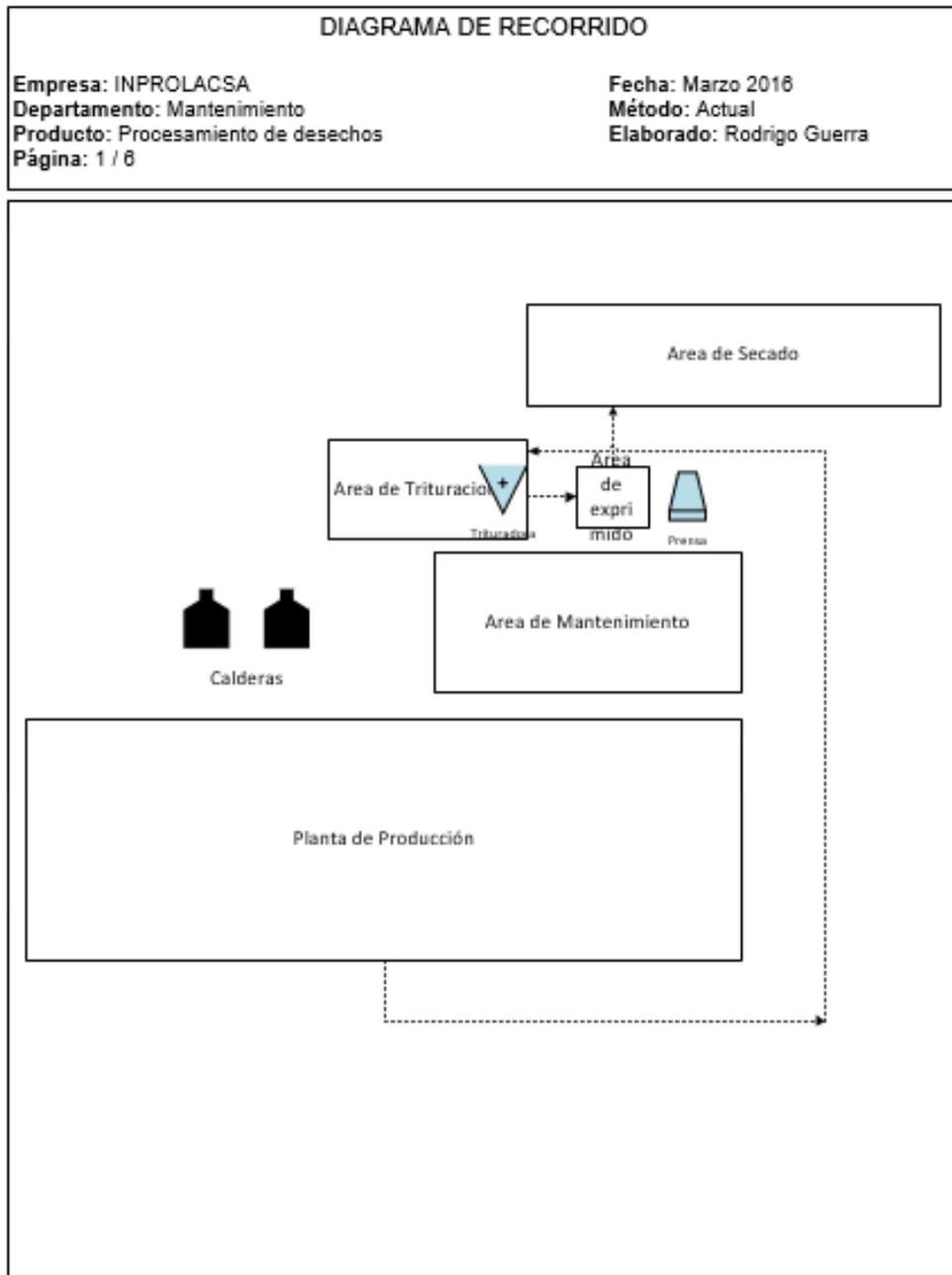
DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESAMIENTO DE DESECHOS				
<b>Empresa:</b> INPROLACSA		<b>Fecha:</b> Marzo 2016		
<b>Departamento:</b> Mantenimiento		<b>Método:</b> Actual		
<b>Producto:</b> Procesamiento de desechos		<b>Elaborado:</b> Rodrigo Guerra		
<b>Página:</b> 4 / 4				
Resumen				
ACTIVIDAD	SIMBOLO	CANTIDAD	DISTANCIA (metros)	TIEMPO (min)
Operación		10	0	366
Inspección		0	0	0
Transporte		6	155	136
Demora		2	0	4320
Combinada		1	0	15
TOTAL		19	155	4837

Fuente: elaboración propia.

#### 2.6.4. Diagrama de recorrido

A continuación, se presenta el diagrama de recorrido.

Figura 7. Diagrama de recorrido



Fuente: elaboración propia.

## **2.7. Análisis de desempeño**

A continuación, se describe el análisis de desempeño.

### **2.7.1. Estándares**

Para la estandarización del proceso se utilizará indicadores clave de rendimiento, o KPI por sus siglas en inglés. Un indicador clave de rendimiento es una medida del nivel de rendimiento de un proceso, relacionado con un objetivo ya establecido y expresado en un valor porcentual. Un KPI puede orientarse a todas las áreas de una empresa, por ejemplo, compras, ventas, servicio al cliente, logística, entre otras. El fin de un KPI es evidenciar si las acciones desarrolladas dentro de cada área favorecen a la empresa y contribuyen a alcanzar la maximización del valor de la misma, o si el progreso podría mejorar porque no es como se esperaba.

Los KPI son herramientas que permiten definir líneas de acción para la mejora continua de una empresa. En la utilización de estos indicadores es importante aplicar la monitorización de actividad de negocio, con el fin de valorar actividades complicadas de medir, como los beneficios de desarrollo de líderes, el compromiso de los empleados, el servicio o la satisfacción de los clientes.

Los KPI permiten la participación de los niveles jerárquicos más bajos dentro de las empresas, pues les involucra directamente en la realización de los objetivos estratégicos.

Para estandarizar el funcionamiento del proceso de utilización de la caldera se establecieron los siguientes KPI:

$$\% \text{ de utilización del bagazo de coco} = \frac{\text{Total de cocos utilizados en la producción}}{\text{Total de cocos utilizados para caldera}} * 100$$

$$\% \text{ de reducción de compra de madera} = \frac{Q \text{ mes } 1 - Q \text{ mes } 2}{Q \text{ mes } 1} * 100$$

$$\% \text{ de ahorro en gastos} = \frac{\text{Gasto del mes } 1 - \text{gasto del mes } 2}{\text{Gasto del mes } 1} * 100$$

$$\% \text{ de material triturado} = \frac{\text{Cantidad de cocos triturados}}{\text{Cantidad de cocos recolectados para proceso}} * 100$$

$$\% \text{ prensado} = \frac{\text{lb prensadas}}{\text{lb trituradas}} * 100$$

$$\% \text{ cantidad de material reciclado utilizado en la caldera} = \frac{\text{lb de estopa quemadas}}{\text{lb de estopa seca}}$$

### **2.7.2. Factores que afectan la biomasa**

El único factor que puede afectar la biomasa es la intemperie, que abarca condiciones climáticas tales como lluvia, lloviznas, aire, condiciones de clima nublado. Estas harán que el proceso de secado de la biomasa tarde más porque la estopa, cartón o tarimas de madera podrían mojarse y se deba proceder a secarlas.

### **2.8. Mantenimiento de maquinaria y equipo**

Actualmente no se cuenta con un plan de mantenimiento de equipo y maquinaria establecido, por lo que se propone el siguiente plan:

### **2.8.1. Preventivo**

El mantenimiento preventivo lleva consigo la lubricación de las máquinas, como la trituradora y la prensa, el afilado de las cuchillas de la trituradora, su respectiva limpieza, su adecuado ensamble y tratamiento.

Se deberá dar cada 2 meses, o bien cuando sea considerado necesario.

### **2.8.2. Correctivo**

Lo ideal del proceso es que las máquinas siempre estén en óptimas condiciones para trabajar al 100 %, pero para que se mantengan así, es necesario llevarles un adecuado mantenimiento preventivo y un tratamiento. De lo contrario pueden fallar en cualquier momento y será necesario un mantenimiento correctivo.

Este tipo de mantenimiento tiene un costo elevado, dependiendo de la falla que tenga la máquina. Estos son gastos en los que incurre la empresa que no se tienen contemplados y pueden causar problemas financieros.

No solo es la falla y el gasto que genera arreglarla, sino que también es la pérdida de tiempo mientras la maquina se encuentra sin funcionamiento y lo que se deja de hacer a causa de la falla.

El equipo de mantenimiento siempre se encuentra al tanto de los mantenimientos preventivos para que no sucedan cosas graves.



### 3. ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE LA BIOMASA

#### 3.1. Toma de datos de calderas

A continuación, se describe la toma de datos de las calderas.

##### 3.1.1. Materia prima actual

La empresa compra 10 toneladas semanales, lo que representa una compra mensual de 40 toneladas de madera (88 000 libras), utilizadas para generar energía para la planta de producción en las calderas de biomasa. Se compra 1100 galones de diésel al mes para las calderas de combustible.

En la siguiente tabla se muestra el consumo de materia prima para las calderas de biomasa y diésel:

Tabla I. **Materia prima actual**

<b>Materia prima</b>	<b>Cantidad mensual</b>	<b>Costo unitario (tonelada, galón)</b>
<b>Madera</b>	40 toneladas (88 000 lb)	\$. 79,20
<b>Diésel</b>	1 200 galones	Q. 17,00 (Sujeto a cambios)

Fuente: elaboración propia.

Actualmente, la empresa no produce 24/7; su producción es intermitente y se realiza en la jornada diurna normal, para lo cual únicamente es necesario la utilización de las 2 calderas de biomasa.

Existen temporadas donde la producción es elevada, por lo que se necesita trabajar turnos dobles o nocturnos, pero las calderas biomasa solo se utilizan para el primer turno y para el siguiente turno, que ya es por la noche, entran a funcionar las 2 calderas de combustible diésel, que realizan la misma labor de las calderas de biomasa, aunque su funcionamiento es más costoso.

### **3.1.2. Desechos de planta procesados**

Los desechos de planta procesados son una mínima cantidad. En comparación con la cantidad de madera utilizada para la generación de energía en las calderas, entre tarimas y cartón reducen en 7,38 % la compra de madera, ya que el cartón que se quema dentro de las calderas es el de las materias primas que vienen en caja.

El 0,57 % de ahorro de compra de madera en peso lo representa 500 libras de cartón al mes, y el 6,81 % restante en peso (6 000 libras) son las tarimas de madera que se deben desechar debido al estado en que estas se encuentran.

Por otra parte, el desecho de planta que no se ha tomado en cuenta es el bagazo del coco, que como se explicó, debe ser primero triturado, luego prensado y por último, secado. Este proceso representa 15 días del mes para que el bagazo sea quemado dentro de la caldera.

El proceso es de 15 días debido al secado del bagazo. Un día trituran alrededor de 5 000 cocos, al siguiente día se prensa el total de bagazo triturado

para quitarle lo más que se pueda el agua que tiene. Los 13 días restantes son para el proceso de secado al aire libre. Si no se cumple con la totalidad del proceso y se ingresa a quemar la estopa del coco sin cumplir con el secado, la estopa lo único que produce es humo. Las calderas no llegan a la presión de vapor requerida y esto provocaría problemas al área de producción.

### 3.1.3. Cantidad de energía requerida

La empresa cuenta con 4 calderas, 2 de combustible diésel, con capacidad de generar 60 hp/hr, y 2 calderas de biomasa con la misma capacidad (60 hp/hr).

En total, dentro de la planta de producción al momento cuentan con 15 ollas o marmitas de cocimiento, cada una de diferente capacidad; sin embargo, todas cuentan con algo en común: el vapor utilizado para trabajar, que es brindado por las calderas.

El desglose de capacidad de las ollas se detalla a continuación:

Tabla II. **Desglose de capacidad de las ollas**

Núm.	Marmita	Capacidad
1	Marmita JL1	100 galones
2	Marmita JL2	200 galones
3	Marmita ML1	500 libras
4	Marmita ML2	500 libras
5	Marmita ML3	500 libras
6	Autoclave 1	400 libras
7	Autoclave 2	400 libras
8	Marmita ML4	50 galones
9	Marmita ML5	25 galones
10	Marmita JL3	800 galones
11	Marmita PL1	800 galones
12	Marmita PL2	350 galones
13	Marmita PT1	600 galones
14	Marmita F1	400 galones
15	Marmita F2	400 galones

Fuente: elaboración propia.

Las marmitas no trabajan al mismo, unas lo hacen antes que otras, y el consumo de vapor no es al mismo tiempo. Si fuera de esta manera, las calderas deberían de trabajar las 4 a la vez, pero unas utilizan consumo de vapor antes que otras y, por lo mismo, es que únicamente se utilizan las dos calderas de biomasa.

El consumo de libras de vapor de cada marmita es diferente, ya que depende de la capacidad de cada una. Las marmitas que consumen más libras de vapor son las que realizan productos más densos, ya que el tiempo de cocimiento es mayor, por lo que el tiempo de cocción también es mayor.

En resumen, la energía es brindada por las calderas de biomasa, que como se menciona, únicamente son para el turno diurno. Si fuese necesaria la producción en el turno nocturno, debido al personal que labora en las calderas y que no se cuenta con personal para las noches, las calderas de diésel sustituyen a las de biomasa para abastecer al área de producción con vapor.

#### **3.1.4. Tiempo de quemado de la madera**

Anteriormente se hace mención a la cantidad de madera que se compra mensualmente (88 000 lb). Como la producción no es continua y los sábados únicamente se labora medio día y el domingo se labora ocasionalmente, los días totales de quemado de madera son 26 días. Se quema más de lunes a viernes y la mitad los sábados, por el horario de trabajo.

El total de madera quemada aproximadamente por día es de 3 600 a 3 700 lb diarias (lunes a viernes) y un promedio de 1 900 a 2 000 lb el sábado. Si por algún motivo se debe laborar los domingos, no se usa las calderas de biomasa sino las de combustible.

### 3.1.5. Tiempo de quemado de los desechos

Los desechos como el cartón, papel y el bagazo de coco se consumen más rápido que la madera, por lo que para mantener las calderas de biomasa funcionando normalmente con la presión adecuada para abastecer al área de producción es necesaria la utilización de tres veces el total de madera. Esto encarece la materia prima para las calderas y representa la compra de mayor cantidad de desechos.

En datos tomados en el proceso esto sería de la siguiente forma:

Tabla III. **Tiempo de quemado de los desechos**

<b>Materia Prima</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Tiempo de consumo</b>
Madera	463 lb	1,5 hora
Desechos planta	65 lb	5 min

Fuente: elaboración propia.

A las calderas no se les introduce únicamente los desechos de planta, ya que por la rapidez en la que estos se consumen, se necesitaría demasiada cantidad para mantener la presión en la caldera durante todo el día. Entonces, para el procesamiento de estos, se introducen los desechos junto con la madera, con el fin de reducir el consumo de madera, aunque sea en una mínima cantidad.

### 3.2. Estudio de costos del proceso

A continuación, se describe el estudio de costos del proceso.

### 3.2.1. Compra de materia prima

El costo de la compra de madera por mes se desglosa de la siguiente manera:

Tabla IV. **Compra de materia prima**

<b>Materia prima</b>	<b>Cantidad mensual</b>	<b>Costo unitario (tonelada, galón)</b>	<b>Costo total (mes)</b>
<b>Madera</b>	40 toneladas (88 000 lb)	\$. 79,20 (Sujeto al cambio del dólar)	\$. 3 168,00 (Sujeto al cambio del dólar)
<b>Combustible diésel</b>	1200 galones	Q. 17,00 (Sujeto a cambios)	Q. 20 400,00 (Sujeto a cambios)

Fuente: elaboración propia.

Tiene como resultado un costo total de:

Tabla V. **Costo total de materia prima**

<b>Materia prima</b>	<b>Costo total</b>
Madera	Q. 23 538,24 (cambio día \$ 7,43)
Combustible diésel	Q. 20 400,00
<b>Total</b>	<b>Q. 43 938,24</b>

Fuente: elaboración propia.

El costo total de materia prima utilizada para las calderas de biomasa por mes es aproximadamente de Q. 43 938,24. No es una cantidad fija para todos los meses, ya que el dato puede variar (ser más alto o más bajo), debido a los cambios del dólar y los precios del combustible.

### 3.2.2. Maquinaria utilizada para el proceso

Para el proceso de quemado únicamente se utiliza las calderas, una trituradora y una prensadora. Las dos últimas se utilizan para procesar el bagazo del coco, el cual, como se explicó, primero es triturado, luego prensado y por último secado, para luego ser introducido como materia prima dentro de la caldera.

El costo de operación de las calderas únicamente se le atribuye a la materia prima utilizada para su quemado. Ahora, por el lado del proceso de la estopa del coco, se utilizan más gastos:

- Datos generales: se detallan los datos con los cuales se realizó el estudio y para determinar los costos.

Tabla VI. Datos generales de estudio realizado

Cantidad de Cocos al día	Peso por coco	Libras de estopa al día	Cantidad de cocos a la semana	Libras a la semana
800	3,75	3 000	4 000	15 000

Fuente: elaboración propia.

- Costo de trituradora: datos tomados de la información de la máquina:

Tabla VII. Costo de trituradora

Frecuencia (Hz)	Fases	Corriente (Amp)	Voltaje (V)
60	3	11,3	440

Fuente: elaboración propia.

Entonces:

$$P = (V * I)$$

Donde:

- P = potencia eléctrica
- V = voltaje (voltios)
- I = corriente (Amp)
- FP = factor de potencia

$$P = (440 * 11,3)$$

$$P = 4,97 \text{ kW}$$

Para la trituración de 800 cocos diarios se utiliza la máquina 2 horas, entonces:

$$P = 4,97 \text{ kW} * 2 \text{ hrs}$$

$$P = 9,94 \text{ kW} * \text{hr}$$

La potencia utilizada para las dos horas de uso es de 11,04 kW. El costo de la energía eléctrica al día es de Q. 1,64 kWh, entonces:

Tabla VIII. **Costo de energía eléctrica**

Potencia	Precio	Total	Total mensual
9,94 kW	Q 1,64 kWh	Q. 16,31	Q. 424,01

Fuente: elaboración propia.

- Costo de prensa eléctrica: datos tomados de la información de la máquina:

Tabla IX. **Costo de prensa eléctrica**

<b>Frecuencia (Hz)</b>	<b>Fases</b>	<b>Corriente (Amp)</b>	<b>Voltaje (V)</b>
60	3	38	230

Fuente: elaboración propia.

Entonces:

$$P = (V * I)$$

Donde:

- P = potencia eléctrica
- V = voltaje (voltios)
- I = corriente (Amp)

$$P = (230 * 38)$$

$$P = 8,74 \text{ kW}$$

Para la extracción de agua del bagazo del coco de un total de 800 cocos diarios se utiliza la máquina 1 hora, entonces:

$$P = 8,74 \text{ kW} * 1 \text{ hrs}$$

$$P = 8,74 \text{ kW} * \text{hr}$$

La potencia utilizada para la hora de uso es de 8,74 kW. El costo de la energía eléctrica al día es de Q.1,64 kWh, entonces:

Tabla X. **Costo de energía eléctrica 2**

<b>Potencia</b>	<b>Precio</b>	<b>Total</b>	<b>Total mensual</b>
8,74 kW	Q 1,64 kWh	Q. 14,33	Q. 372,67

Fuente: elaboración propia.

Con los datos calculados con base en los datos obtenidos por la información de las máquinas se tiene:

Tabla XI. **Datos de información de las máquinas**

<b>Máquina</b>	<b>Consumo mensual (Q)</b>
Trituradora	Q. 424,01
Prensa eléctrica	Q. 372,67
<b>Total mensual</b>	<b>Q. 796,68</b>

Fuente: elaboración propia.

### **3.2.3. Mano de obra**

En el área de la caldera actualmente hay 3 personas, las cuales se dividen de la siguiente forma:

- Calderista
- Triturador
- Prensador

El calderista es el encargado de estar introduciendo la biomasa a las calderas para que se mantengan en la presión necesaria para abastecer al área de producción.

El triturador es el encargado de triturar el bagazo del coco.

El prensador es el encargado de prensar el bagazo del coco para extraerle la mayor cantidad de agua y que su secado sea más rápido.

El triturador y el prensador son encargados de recoger el coco del área donde es desechado. También deben secar la estopa y luego, ponerla a disposición del calderista para que la ingrese a la caldera para su quemado.

- Costo de mano de obra

El personal labora con base en la jornada diurna, de lunes a viernes 8 horas y sábado medio día.

El costo por hora está regulado por el salario mínimo 2017, que es de Q. 79 48 por día.

Tabla XII. **Costo por hora**

<b>Personal</b>	<b>Horas al día/ persona</b>	<b>Horas a la semana / persona</b>	<b>Total mes</b>
3	8	44	Q. 8 002,56

Fuente: elaboración propia.

### **3.3. Cálculo de tiempos para el secado del bagazo del coco**

Como ya se explicó, el bagazo contiene un gran porcentaje de humedad y se debe secar muy bien antes de introducirlo a la caldera. Caso contrario, no se logrará la presión adecuada para cubrir la demanda de producción y generará una gran cantidad de humo, lo que obstruiría la vista dentro de la caldera y ocasionaría mayor contaminación al ambiente.

Para extraer el porcentaje de humedad que aún tiene el bagazo del coco son necesarios otros métodos de secado, los cuales se evalúa a continuación:

#### **3.3.1. Secado en horno**

Para la prueba de secado en horno se utilizó la estopa de coco que ya estaba prensada para hacer la comparación.

Para la prueba se utilizó 550 cocos, los cuales se trituraron y se pesaron. Luego se prensó la estopa y se pesó de nuevo,

El peso de la estopa luego de triturada: 2 040 lb

El peso de la estopa luego de prensada: 1 435 lb

Entonces:

$$\%E = \frac{\text{Peso inicial} - \text{Peso final}}{\text{Peso Inicial}} * 100$$

Donde:

- %E = porcentaje en peso de agua eliminado
- Peso inicial = peso de estopa de coco sin prensar
- Peso ginal = peso de estopa de coco prensado

Con ello se analiza el porcentaje de humedad eliminado de la estopa por el prensado:

$$\%E = \frac{2\,040 - 1\,435}{2\,040} * 100$$

$$\%E = 29,66 \%$$

El porcentaje de humedad eliminado de la estopa de coco es del 29,66 %, pero esto aún no es suficiente. Entonces se procede al secado en su totalidad previo a la quema en la caldera. Para secarla en el horno, únicamente se realizaron 3 pruebas a nivel de laboratorio, debido a que no se cuenta con un horno industrial para este fin.

- Prueba de laboratorio 1: se utilizaron 200 gramos de estopa de coco y se obtuvo los siguientes datos:

Tabla XIII. **Prueba de laboratorio 1, porcentaje eliminado**

<b>Tiempo (min)</b>	<b>Masa (g)</b>	<b>Porcentaje eliminado</b>
0	200	0 %
5	192,84	3,58 %
10	166,75	16,63 %
15	143,46	28,27 %
20	96,75	51,63 %
25	59,71	70,15 %
30	45,54	77,23 %

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIV. **Prueba de laboratorio 1, porcentaje de materia prima útil**

<b>Muestra inicial (g)</b>	<b>Muestra final (g)</b>	<b>Porcentaje de materia prima útil</b>
200	45,54	22,77 %

Fuente: elaboración propia.

- Prueba de laboratorio 2: se utilizó 200 gramos de estopa de coco y se obtuvo los siguientes datos:

Tabla XV. **Prueba de laboratorio 2, porcentaje eliminado**

<b>Tiempo (min)</b>	<b>Masa (g)</b>	<b>Porcentaje Eliminado</b>
0	200	0 %
5	192,84	16,68 %
10	166,75	37,87 %
15	143,46	58,1 %
20	96,75	72,81 %

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVI. **Prueba de laboratorio 2, porcentaje de materia prima útil**

Muestra Inicial (g)	Muestra Final (g)	Porcentaje de materia prima Útil
200	54,38	27,19 %

Fuente: elaboración propia.

- Prueba de laboratorio 3: se utilizó 150 gramos de estopa de coco y se obtuvo los siguientes datos:

Tabla XVII. **Prueba de laboratorio 3, porcentaje eliminado**

Tiempo (min)	Masa (g)	Porcentaje Eliminado
0	150	0 %
5	114,89	23,40 %
10	76,34	48,84 %
15	48,80	67,47 %

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVIII. **Prueba de laboratorio 3, porcentaje de materia prima útil**

Muestra Inicial (g)	Muestra Final (g)	Porcentaje de materia prima Útil
150	48,80	32,53 %

Fuente: elaboración propia.

En promedio se tiene un 27,50 % de estopa utilizable para quemar, y si se usara un horno para el secado de la misma,

*0,200 kg – 20 min*

*652,27 kg – X min*

Entonces:

$$X = 65\,227 \text{ min}$$

$$X = 1\,087 \text{ hrs}$$

$$X = 45 \text{ dias}$$

Estas pruebas se realizaron en un horno microondas, dando lapsos de 5 min para darle rotación a la estopa y que pudiera recibir calor en todos lados.

El tiempo total es muy elevado para su secado, debido a que solamente se hizo la prueba en un horno microondas y la cantidad que se puede ingresar en el mismo, por lo cual este método se descartó.

Para evaluar la viabilidad de este, se tendría que realizar pruebas con más microondas funcionando todos al mismo tiempo o en hornos industriales, que mantienen temperaturas más elevadas y túneles de mayor capacidad y sistemas de vibración o volteo para que la estopa reciba un calor constante y se pueda eliminar el porcentaje de agua dentro de ella en un menor tiempo.

### **3.3.2. Secado por ventilador**

Para las pruebas de ventilador se utilizó una estantería de 3 niveles, las cuales por nivel tenían 100 lb de estopa. Se le introducía aire por medio de un ventilador para hacer una simulación de secado al aire libre, pero con un flujo de aire mayor, con el fin de acelerar el proceso de secado.

Las 300 lb de estopa se secaron en un total de 6 días, con el ventilador funcionando únicamente de 8:15 a. m. a 4:45 p. m.

Para un total de 1435 lb, el tiempo necesario en la estantería con ventilación artificial sería de 28 días, para una estantería de capacidad de 300 lb.

El tiempo se reduciría si se utilizara más estanterías para mayor capacidad y aprovechamiento de secado en el mismo tiempo.

### **3.3.3. Secado al aire libre**

El método de secado al aire libre consiste únicamente en poner la estopa de coco sobre tarimas de madera en el suelo y dejarla a la intemperie, con el fin de que la energía solar y las condiciones climáticas la sequen.

Para esta prueba se dejaron las 1 435 lb de estopa de coco sobre las tarimas. Día a día se rotó para que las condiciones climáticas la fueran afectando toda. Al cabo de 15 días estaba completamente seca y lista para su quema en la caldera.

Este método es más complicado, ya que en época de invierno la estopa no se podría secar en su totalidad e incluso podría aumentar su cantidad de agua debido a las lluvias, y esto haría imposible quemarla.

### **3.4. Utilización de alternativas**

A continuación, se describe la utilización de alternativas.

### 3.4.1. Briquetas

Para el ahorro de madera se propone la utilización de briquetas para la generación de energía. Existen muchos tipos de briquetas, ya que pueden estar fabricadas con diversos materiales compactados. La materia prima de la briqueta puede ser biomasa natural (aserrín), biomasa residual (procedente de la industria agrícola), carbón vegetal o simplemente una mezcla de todas ellas. Para las pruebas realizadas se utilizó briquetas de aserrín compactado.

Se realizaron dos pruebas y los resultados se muestran a continuación:

- Prueba número 1: se procedió a quemar 379 libras de briquetas. Se introdujo la totalidad en un lapso de 1 hora: cada 15 minutos 76 lb (38 lb por caldera), y se tomaba la lectura del barómetro para controlar la presión y el comportamiento de las mismas.

Tabla XIX. **Lectura de barómetro por hora en prueba número 1**

<b>Hora</b>	<b>Caldera 1 (Psi)</b>	<b>Caldera 2 (Psi)</b>
12:00	73	78
12:15	73	80
12:30	87	90
12:45	80	80
13:00	80	85
13:15	80	83
13:30	51	40
13:45	44	32

Fuente: elaboración propia.

Se dejó de introducir briquetas a las 13:00 h y se empezó a introducir leña a las 13:45; de igual manera, cada 15 min se tomaba la lectura para analizar el

comportamiento de estas dentro de la caldera. Como se puede observar, a las 13:30 empezó a disminuir la presión y a las 13:45 h se comenzó a introducir leña nuevamente para recuperar las presiones.

Cálculo de la cantidad de briquetas:

$$1,75 \text{ hrs} = 379 \text{ lbs}$$

$$12 \text{ hrs} = X \text{ lbs}$$

Entonces:

$$X = \frac{12\text{h} * 379 \text{ lb}}{1,75\text{h}}$$

$$X = 2\,598,86 \text{ lbs}$$

El cálculo estimado para 12 horas de trabajo es de 2 600 lb de briquetas para sustituir la briqueta por la leña. Estos son los resultados de la prueba número 1.

Para un análisis más profundo, se realizó la segunda prueba con más libras de briqueta.

- Prueba número 2: se procedió a quemar 510 libras de briquetas. Para el día de la prueba, la caldera 1 se encontraba en mantenimiento, por lo cual solo se utilizó la caldera 2. Se introdujo las 510 lb en un lapso de 4 horas; cada 15 minutos se introducía 35 lb y se tomaba la lectura del barómetro para controlar la presión y el comportamiento de las mismas.

Tabla XX. **Lectura de barómetro por hora en prueba número 2**

<b>Hora</b>	<b>Caldera 2 (Psi)</b>
08:00	80
08:15	85
08:30	90
08:45	95
09:00	100
09:15	85
09:30	80
09:45	90
10:00	100
10:15	85
10:30	60
10:45	85
11:00	80
11:15	60
11:30	70
11:45	110
12:00	90

Fuente: elaboración propia.

Se dejó de introducir briquetas a las 12:00 y se empezó a introducir leña a las 12:05 h.

Cálculo de la cantidad de briquetas:

$$4 \text{ hrs} = 510 \text{ lb}$$

$$12 \text{ hrs} = X \text{ lb}$$

Entonces:

$$X = \frac{12\text{h} * 510 \text{ lb}}{4\text{h}}$$

$$X = 1\ 530 \text{ lb}$$

El cálculo estimado para 12 horas de trabajo es de 1 530 libras de briquetas para 1 caldera, pero como se utilizan las dos, esto sería multiplicado por 2, lo que daría un total de 3 060 lb. Estas 400 lb de más que tiene de diferencia con la primera prueba se deben a que entre las 9:00 a 11:00 horas, la planta consume más energía y se debe elevar la presión de las calderas a 100 psi, lo que representa el quemado de mayor cantidad de briquetas. Estos son los resultados de la prueba número 2.

Por tanto, se puede concluir que el total de briquetas requeridas para un día es aproximadamente 3 000 lb diarias.

### 3.4.2. Costo de las briquetas

Según los resultados obtenidos de las pruebas de briquetas, se necesitaría un total de 3 000 lb diarias (lunes a viernes). El fin de semana se seguirá utilizando las calderas de combustible diésel, debido al descanso del técnico a cargo de las calderas.

Los detalles del costo total se muestran a continuación:

Tabla XXI. Costo total de la briquetas

Cantidad	Costo	Total
3 000 libras = 1 363,63 kg	Q. 3,15/kg	Q. 4 295,45 diarios

Fuente: elaboración propia.

### 3.4.3. Cantidad de energía generada por briquetas

La energía generada por las briquetas es la misma que se genera con la madera, únicamente que es la opción más costosa. Esto se debe al proceso que lleva la briketa como tal, ya que se debe juntar el aserrín y ser sometido a un proceso donde se compacta y se pueda vender como briketa.

Anteriormente se muestran los costos de las briquetas comparados con los costos de la madera actual. Se puede observar cómo incrementan los costos considerablemente; sin embargo, esto no es perjudicial, ya que se describe a continuación las ventajas de utilizar 100 % briquetas como una alternativa:

Tabla XXII. **Cantidad de energía generada por briquetas**

<b>Ventajas briquetas</b>	<b>Ventajas ambientales</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Mayor poder calorífico que la leña</li><li>• Fácil y rápido encendido</li><li>• Baja humedad</li><li>• Alta densidad</li><li>• Ocupa menos espacio</li><li>• Limpias</li><li>• Homogéneas</li><li>• Fácil manipulación</li><li>• Sin olores, humos ni chispas</li><li>• Sin aglutinantes ni aditivos</li><li>• Menor porcentaje de cenizas</li><li>• 100 % ecológicas y naturales</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Energía limpia no contaminante</li><li>• Fuente renovable</li><li>• Fabricados con restos forestales contribuye a la limpieza del medio ambiente</li><li>• 100 % reciclado</li><li>• Natural, no tóxico</li><li>• Sin conservantes, químicos ni aditivos</li><li>• Producen poco humo</li><li>• Sin malos olores</li><li>• Menos ceniza</li><li>• CO2 neutro, lo que evita el efecto invernadero, cambio de clima y calentamiento global</li><li>• No genera impacto ambiental</li><li>• Ayuda a preservar el ambiente</li></ul>

Fuente: Tienda biomasa. *¿Qué son las briquetas?* <http://tiendabiomasa.com/briketa>. Consulta: julio de 2017.

### **3.5. Propuesta de mejora del proceso**

A continuación, se presenta la propuesta de mejora del proceso.

#### **3.5.1. Mejora del proceso**

Una vez estudiado el proceso de utilización de desechos, se observa que está abierto a mejoras que se puedan implementar con el fin de reducir tiempos, mano de obra e incluso hacer eficiente el proceso para que se aproveche la materia prima en su totalidad.

Entre las mejoras que se propone esta la adquisición de un horno industrial con una banda transportadora; así el procedimiento del secado sería más rápido y con capacidad de secar más estopa de coco y para disminuir la cantidad de madera, los gastos para la extracción del mismo bagazo del coco y aprovechar los desperdicios de la planta.

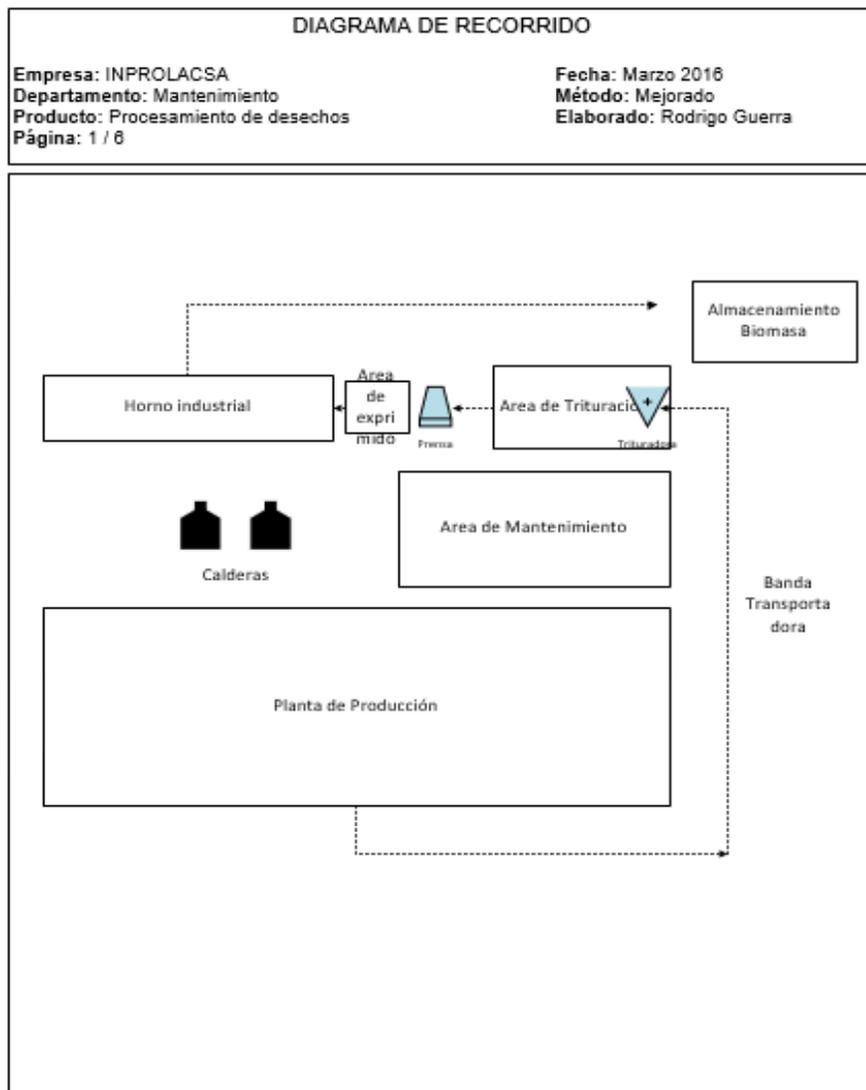
Otra propuesta de mejora es la compra de una máquina que recolecte la estopa de coco y la preñe, a modo de realizar una paca de estopa de coco, venderla y que la empresa pueda obtener un ingreso extra.

Se puede instalar una banda transportadora del área de extracción de agua de coco hacia el lugar de procesamiento, para evitar utilizar mano de obra encargada de la recolección del bagazo y transporte al área. Esto también evitaría la acumulación de bagazo de coco en el área, lo cual daría una mejor limpieza e inocuidad al lugar y disminuiría los tiempos de transporte de bagazo, ya que sería directo.

### 3.5.2. Diagrama de recorrido mejorado (propuesta)

A continuación, se muestra la propuesta de diagrama de recorrido mejorado para el área:

Figura 8. Diagrama de recorrido mejorado



Fuente: elaboración propia.

### **3.5.3. Automatización del proceso**

Entre las propuestas de mejora se incluye las automatizaciones, que incluyen el horno y la banda transportadora. Aunque la inversión es alta, la eficiencia y el ahorro se verán reflejados a lo largo del tiempo.

Esto permitiría a la empresa el ahorro de mano de obra y gastos diversos en materiales que se utilizan actualmente, que ya no serían necesarios con las automatizaciones. Entre ellos se encuentran:

- Mano de obra (2 personas encargadas para transporte de bagazo de coco).
- Pallets industriales (para cargar el bagazo del coco).
- Tiempo en transporte.

La automatización también permitiría el secado sin importar el estado del clima. Con esto se podría procesar el bagazo del coco todos los días en una jornada diurna normal, ya que cuando no se esté produciendo agua de coco, no existiría bagazo para procesar.



## 4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 4.1. Resultados obtenidos

A continuación, se presentan los resultados obtenidos.

#### 4.1.1. Datos energía generada por calderas

En la tabla II se hace referencia a las máquinas/marmitas que requieren vapor para funcionar. Los cálculos de vapor que requiere cada una se detallan a continuación:

- Marmita JL1
  - Datos tomados en planta
    - Volumen: 100 galones
    - Tinicial: 23 C
    - Tfinal: 100 C
    - Tiempo: 30 minutos

El cálculo de consumo de energía es para el jugo de mayor rotación en la empresa, que es el de manzana.

$$Cp = 0,910 \frac{Btu}{lb * R}$$

- Cálculo del flujo de calor

$$Q = m * Cp * (T2 - T1) * t$$

Donde:

- $Q = \text{calor absorbido } \left(\frac{Btu}{h}\right)$
- $m = \text{masa del producto (lb)}$
- $Cp = \text{calor especifico } \left(\frac{Btu}{lb * R}\right)$
- $T2 = \text{temperatura final (R)}$
- $T1 = \text{temperatura inicial (R)}$
- $t = \text{tiempo (h)}$
- $R = C * 1,8 + 491,67$

Entonces:

$$Q_1 = \left(100 \text{ gal} * 8,33 \frac{\text{lb}}{\text{gal}}\right) \left(0,910 \frac{\text{Btu}}{\text{lb} * \text{R}}\right) (671,67 \text{ R} - 533,07 \text{ R}) \left(\frac{60 \text{ min}}{1 \text{ hr}} * \frac{1}{30 \text{ min}}\right)$$

$$Q_1 = 210,126 \frac{\text{Btu}}{\text{h}}$$

- Libras de vapor

$$1 \text{ lb de vapor} = 1\,000 \text{ Btu}$$

Entonces:

$$210\,126 \frac{\text{Btu}}{\text{h}} * \frac{1 \text{ lb de vapor}}{1\,000 \text{ Btu}}$$

$$\text{Libras de vapor} = \frac{210,13 \text{ lb de vapor}}{\text{h}}$$

- Cálculo de Hp

$$Q_1 \left( \frac{\text{Btu}}{\text{h}} \right) = X \text{ hp} \left( 34,5 \frac{\text{lb de vapor}}{\text{hp} * \text{h}} \right) \left( 1\,000 \frac{\text{Btu}}{\text{lb de vapor}} \right)$$

Entonces:

$$X = \frac{(210\,126 \frac{\text{Btu}}{\text{h}})}{(34,5 \frac{\text{Lb de vapor}}{\text{hp} * \text{h}}) (1\,000 \frac{\text{Btu}}{\text{lb de vapor}})}$$

$$X = 6,10 \text{ hp}$$

- Marmita JL2
  - Datos tomados en planta:
    - Volumen: 200 galones
    - Tinicial: 23 C
    - Tfinal: 100 C
    - Tiempo: 30 minutos

El cálculo de consumo de energía es para el jugo de mayor rotación en la empresa, el de manzana.

$$Cp = 0,910 \frac{Btu}{lb * R}$$

- Cálculo del flujo de calor

$$Q_2 = m * Cp * (T2 - T1) * t$$

Entonces:

$$Q_2 = \left( 200 \text{ gal} * 8,33 \frac{lb}{gal} \right) \left( 0,910 \frac{Btu}{lb * R} \right) (671,67 R - 533,07 R) \left( \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ hr}} * \frac{1}{30 \text{ min}} \right)$$

$$Q_2 = 420\,252 \frac{Btu}{h}$$

- Libras de vapor

$$1 \text{ lb de vapor} = 1\,000 \text{ Btu}$$

Entonces:

$$420\,252 \frac{Btu}{h} * \frac{1 \text{ lb de vapor}}{1\,000 \text{ Btu}}$$

$$\text{Libras de vapor} = \frac{420,25 \text{ lb de vapor}}{h}$$

- Cálculo de Hp

$$Q_2 \left( \frac{Btu}{h} \right) = X \text{ hp} \left( 34,5 \frac{\text{lb de vapor}}{\text{hp} * h} \right) \left( 1\ 000 \frac{Btu}{\text{lb de vapor}} \right)$$

Entonces:

$$X = \frac{(420\ 252 \frac{Btu}{h})}{(34,5 \frac{\text{Lb de vapor}}{\text{hp} * h}) (1\ 000 \frac{Btu}{\text{lb de vapor}})}$$

$$X = 12,18 \text{ h}$$

- Marmita ML1
  - Datos tomados en planta:
    - Masa: 500 libras
    - Tinicial: 23 C
    - Tfinal: 80 C
    - Tiempo: 30 minutos

El cálculo de consumo de energía es para mermelada de mayor rotación en la empresa, la de manzana.

$$Cp = 0,922 \frac{Btu}{\text{lb} * R}$$

- Cálculo del flujo de calor

$$Q_3 = m * Cp * (T2 - T1) * t$$

Entonces:

$$Q_3 = (500 \text{ lbs}) \left( 0,922 \frac{\text{Btu}}{\text{lb} * \text{R}} \right) (635,67 \text{ R} - 533,07 \text{ R}) \left( \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ hr}} * \frac{1}{30 \text{ min}} \right)$$

$$Q_2 = 94\,597 \frac{\text{Btu}}{\text{h}}$$

- Libras de vapor

$$1 \text{ lb de vapor} = 1\,000 \text{ Btu}$$

Entonces:

$$94\,597 \frac{\text{Btu}}{\text{h}} * \frac{1 \text{ lb de vapor}}{1\,000 \text{ Btu}}$$

$$\text{Libras de vapor} = \frac{94,60 \text{ lb de vapor}}{\text{h}}$$

- Cálculo de Hp

$$Q_3 \left( \frac{\text{Btu}}{\text{h}} \right) = X \text{ hp} \left( 34,5 \frac{\text{lb de vapor}}{\text{hp} * \text{h}} \right) \left( 1\,000 \frac{\text{Btu}}{\text{lb de vapor}} \right)$$

Entonces:

$$X = \frac{(94\,597 \frac{Btu}{h})}{(34,5 \frac{Lb\ de\ vapor}{hp * h})(1\,000 \frac{Btu}{lb\ de\ vapor})}$$

$$X = 2,74\ hp$$

- Marmita ML2
  - Datos tomados en planta
    - Masa: 500 libras
    - Tinicial: 23 C
    - Tfinal: 80 C
    - Tiempo: 30 minutos

El cálculo de consumo de energía es para mermelada de mayor rotación en la empresa, la de manzana.

$$Cp = 0,922 \frac{Btu}{lb * R}$$

- Cálculo del flujo de calor

$$Q_4 = m * Cp * (T2 - T1) * t$$

Entonces:

$$Q_4 = (500 \text{ lbs}) \left( 0,922 \frac{\text{Btu}}{\text{lb} * \text{R}} \right) (635,67 \text{ R} - 533,07 \text{ R}) \left( \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ hr}} * \frac{1}{30 \text{ min}} \right)$$

$$Q_2 = 94\,597 \frac{\text{Btu}}{\text{h}}$$

- Libras de vapor

$$1 \text{ lb de vapor} = 1\,000 \text{ Btu}$$

Entonces:

$$94\,597 \frac{\text{Btu}}{\text{h}} * \frac{1 \text{ lb de vapor}}{1\,000 \text{ Btu}}$$

$$\text{Libras de vapor} = \frac{94,60 \text{ lb de vapor}}{\text{h}}$$

- Cálculo de Hp

$$Q_4 \left( \frac{\text{Btu}}{\text{h}} \right) = X \text{ hp} \left( 34,5 \frac{\text{lb de vapor}}{\text{hp} * \text{h}} \right) \left( 1\,000 \frac{\text{Btu}}{\text{lb de vapor}} \right)$$

Entonces:

$$X = \frac{(94\,597 \frac{\text{Btu}}{\text{h}})}{(34,5 \frac{\text{Lb de vapor}}{\text{hp} * \text{h}}) (1\,000 \frac{\text{Btu}}{\text{lb de vapor}})}$$

$$X = 2,74 \text{ hp}$$

- Marmita ML3
  - Datos tomados en planta
    - Masa: 500 libras
    - Tinicial: 23 C
    - Tfinal: 80 C
    - Tiempo: 30 minutos

El cálculo de consumo de energía es para mermelada de mayor rotación en la empresa, de manzana.

$$Cp = 0,922 \frac{Btu}{lb * R}$$

- Cálculo del flujo de calor

$$Q_5 = m * Cp * (T2 - T1) * t$$

Entonces:

$$Q_5 = (500 \text{ lbs}) \left( 0,922 \frac{Btu}{lb * R} \right) (635,67 R - 533,07 R) \left( \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ hr}} * \frac{1}{30 \text{ min}} \right)$$

$$Q_5 = 94 597 \frac{Btu}{h}$$

- Libras de vapor

$$1 \text{ lb de vapor} = 1\,000 \text{ Btu}$$

Entonces:

$$94\,597 \frac{\text{Btu}}{h} * \frac{1 \text{ lb de vapor}}{1\,000 \text{ Btu}}$$

$$\text{Libras de vapor} = \frac{94,60 \text{ lb de vapor}}{h}$$

- Cálculo de Hp

$$Q_5 \left( \frac{\text{Btu}}{h} \right) = X \text{ hp} \left( 34,5 \frac{\text{lb de vapor}}{\text{hp} * h} \right) \left( 1\,000 \frac{\text{Btu}}{\text{lb de vapor}} \right)$$

Entonces:

$$X = \frac{(94\,597 \frac{\text{Btu}}{h})}{(34,5 \frac{\text{lb de vapor}}{\text{hp} * h}) (1\,000 \frac{\text{Btu}}{\text{lb de vapor}})}$$

$$X = 2,74$$

- Autoclave 1

- Datos tomados en planta:

- Masa: 4 quintales (400 lb)
- Tinicial: 23 C

- Tfinal: 80 C
- Tiempo: 30 minutos

El cálculo de consumo de energía es para la materia prima que es más compleja de procesar (papas).

$$Cp = 0,868 \frac{Btu}{lb * R}$$

- Cálculo del flujo de calor

$$Q_6 = m * Cp * (T2 - T1) * t$$

Entonces:

$$Q_6 = (400 lb) \left( 0,868 \frac{Btu}{lb * R} \right) (635,67 R - 533,07 R) \left( \frac{60 min}{1 hr} * \frac{1}{30 min} \right)$$

$$Q_6 = 71\,245 \frac{Btu}{h}$$

- Libras de vapor

$$1 lb de vapor = 1\,000 Btu$$

Entonces:

$$71\,245 \frac{Btu}{h} * \frac{1 lb de vapor}{1\,000 Btu}$$

$$Libras de vapor = \frac{71,25 lb de vapor}{h}$$

- Cálculo de Hp

$$Q_6 \left( \frac{Btu}{h} \right) = X \text{ hp} \left( 34,5 \frac{\text{lb de vapor}}{\text{hp} * h} \right) \left( 1\ 000 \frac{Btu}{\text{lb de vapor}} \right)$$

Entonces:

$$X = \frac{(71\ 245 \frac{Btu}{h})}{(34,5 \frac{\text{Lb de vapor}}{\text{hp} * h}) (1\ 000 \frac{Btu}{\text{lb de vapor}})}$$

$$X = 2,06 \text{ hp}$$

- Autoclave 2

- Datos tomados en planta:

- Masa: 4 quintales (400 lb)
- Tinicial: 23 C
- Tfinal: 80 C
- Tiempo: 30 minutos

El cálculo de consumo de energía es para la materia prima que es más compleja de procesar (papas).

$$Cp = 0,868 \frac{Btu}{\text{lb} * R}$$

- Cálculo del flujo de calor

$$Q_7 = m * Cp * (T2 - T1) * t$$

Entonces:

$$Q_7 = (400 \text{ lbs}) \left( 0,868 \frac{\text{Btu}}{\text{lb} * \text{R}} \right) (635,67 \text{ R} - 533,07 \text{ R}) \left( \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ hr}} * \frac{1}{30 \text{ min}} \right)$$

$$Q_7 = 71\,245 \frac{\text{Btu}}{\text{h}}$$

- Libras de vapor

$$1 \text{ lb de vapor} = 1\,000 \text{ Btu}$$

Entonces:

$$71\,245 \frac{\text{Btu}}{\text{h}} * \frac{1 \text{ lb de vapor}}{1\,000 \text{ Btu}}$$

$$\text{Libras de vapor} = \frac{71,25 \text{ lb de vapor}}{\text{h}}$$

- Cálculo de Hp

$$Q_7 \left( \frac{\text{Btu}}{\text{h}} \right) = X \text{ hp} \left( 34,5 \frac{\text{lb de vapor}}{\text{hp} * \text{h}} \right) \left( 1\,000 \frac{\text{Btu}}{\text{lb de vapor}} \right)$$

Entonces:

$$X = \frac{(71\,245 \frac{Btu}{h})}{(34,5 \frac{Lb\ de\ vapor}{hp * h})(1\,000 \frac{Btu}{lb\ de\ vapor})}$$

$$X = 2,06\ hp$$

- Marmita ML4
  - Datos tomados en planta:
    - Volumen: 50 galones
    - T<sub>inicial</sub>: 23 C
    - T<sub>final</sub>: 80 C
    - Tiempo: 30 minutos

El cálculo de consumo de energía es para mermelada de mayor rotación en la empresa, la de manzana.

$$Cp = 0,910 \frac{Btu}{lb * R}$$

- Cálculo del flujo de calor

$$Q_8 = m * Cp * (T_2 - T_1) * t$$

Entonces:

$$Q_8 = \left( 50 \text{ gal} * 8,33 \frac{\text{lb}}{\text{gal}} \right) \left( 0,910 \frac{\text{Btu}}{\text{lb} * \text{R}} \right) (635,67 \text{ R} - 533,07 \text{ R}) \left( \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ hr}} * \frac{1}{30 \text{ min}} \right)$$

$$Q_8 = 155\,548 \frac{\text{Btu}}{\text{h}}$$

- Libras de vapor

$$1 \text{ lb de vapor} = 1\,000 \text{ Btu}$$

Entonces:

$$155\,548 \frac{\text{Btu}}{\text{h}} * \frac{1 \text{ lb de vapor}}{1\,000 \text{ Btu}}$$

$$\text{Libras de vapor} = \frac{155,55 \text{ lb de vapor}}{\text{h}}$$

- Cálculo de Hp

$$Q_8 \left( \frac{\text{Btu}}{\text{h}} \right) = X \text{ hp} \left( 34,5 \frac{\text{lb de vapor}}{\text{hp} * \text{h}} \right) \left( 1\,000 \frac{\text{Btu}}{\text{lb de vapor}} \right)$$

Entonces:

$$X = \frac{(155\,548 \frac{\text{Btu}}{\text{h}})}{(34,5 \frac{\text{lb de vapor}}{\text{hp} * \text{h}}) (1\,000 \frac{\text{Btu}}{\text{lb de vapor}})}$$

$$X = 4,50 \text{ hp}$$

- Marmita ML5
  - Datos tomados en planta:
    - Volumen: 25 galones
    - Tinicial: 23 C
    - Tfinal: 80 C
    - Tiempo: 30 minutos

El cálculo de consumo de energía es para mermelada de mayor rotación en la empresa, de manzana.

$$Cp = 0,910 \frac{\text{Btu}}{\text{lb} * R}$$

- Cálculo del flujo de calor

$$Q_9 = m * Cp * (T2 - T1) * t$$

Entonces:

$$Q_9 = \left( 25 \text{ gal} * 8,33 \frac{\text{lb}}{\text{gal}} \right) \left( 0,910 \frac{\text{Btu}}{\text{lb} * R} \right) (635,67 R - 533,07 R) \left( \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ hr}} * \frac{1}{30 \text{ min}} \right)$$

$$Q_9 = 77\,774 \frac{\text{Btu}}{\text{h}}$$

- Libras de vapor

$$1 \text{ lb de vapor} = 1\,000 \text{ Btu}$$

Entonces:

$$77\,774 \frac{\text{Btu}}{\text{h}} * \frac{1 \text{ lb de vapor}}{1\,000 \text{ Btu}}$$

$$\text{Libras de vapor} = \frac{77,77 \text{ lb de vapor}}{\text{h}}$$

- Cálculo de Hp

$$Q_9 \left( \frac{\text{Btu}}{\text{h}} \right) = X \text{ hp} \left( 34,5 \frac{\text{lb de vapor}}{\text{hp} * \text{h}} \right) \left( 1\,000 \frac{\text{Btu}}{\text{lb de vapor}} \right)$$

Entonces:

$$X = \frac{(77\,774 \frac{\text{Btu}}{\text{h}})}{(34,5 \frac{\text{Lb de vapor}}{\text{hp} * \text{h}}) (1\,000 \frac{\text{Btu}}{\text{lb de vapor}})}$$

$$X = 2,25 \text{ hp}$$

- Marmita JL3
  - Datos tomados en planta:
    - Volumen: 800 galones
    - Tinicial: 23 C

- Tfinal: 80 C
- Tiempo: 30 minutos

El cálculo de consumo de energía es para mermelada de mayor rotación en la empresa, la de manzana.

$$Cp = 0,910 \frac{Btu}{lb * R}$$

- Cálculo del flujo de calor

$$Q_{10} = m * Cp * (T2 - T1) * t$$

Entonces:

$$Q_{10} = \left( 800 \text{ gal} * 8,33 \frac{lb}{gal} \right) \left( 0,910 \frac{Btu}{lb * R} \right) (635,67 R - 533,07 R) \left( \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ hr}} * \frac{1}{30 \text{ min}} \right)$$

$$Q_{10} = 1\,244\,382 \frac{Btu}{h}$$

- Libras de vapor

$$1 \text{ lb de vapor} = 1\,000 \text{ Btu}$$

Entonces:

$$1\,244\,382 \frac{Btu}{h} * \frac{1 \text{ lb de vapor}}{1\,000 \text{ Btu}}$$

$$\text{Libras de vapor} = \frac{1\,244,38 \text{ lb de vapor}}{h}$$

- Cálculo de Hp

$$Q_{10} \left( \frac{\text{Btu}}{h} \right) = X \text{ hp} \left( 34,5 \frac{\text{lb de vapor}}{\text{hp} * h} \right) \left( 1\,000 \frac{\text{Btu}}{\text{lb de vapor}} \right)$$

Entonces:

$$X = \frac{(1\,244\,382 \frac{\text{Btu}}{h})}{(34,5 \frac{\text{Lb de vapor}}{\text{hp} * h}) (1\,000 \frac{\text{Btu}}{\text{lb de vapor}})}$$

$$X = 36 \text{ hp}$$

- Mamita PL1
  - Datos tomados en planta:
    - Volumen: 800 galones
    - Tinicial: 23 C
    - Tfinal: 75 C
    - Tiempo: 70 minutos

El cálculo de consumo de energía es para mezcla de helado.

$$Cp = 0,940 \frac{\text{Btu}}{\text{lb} * R}$$

- Cálculo del flujo de calor

$$Q_{11} = m * Cp * (T2 - T1) * t$$

Entonces:

$$Q_{11} = \left(800 \text{ gal} * 8,33 \frac{\text{lb}}{\text{gal}}\right) \left(0,940 \frac{\text{Btu}}{\text{lb} * \text{R}}\right) (626,67 \text{ R} - 533,07 \text{ R}) \left(\frac{60 \text{ min}}{1 \text{ hr}} * \frac{1}{70 \text{ min}}\right)$$

$$Q_{11} = 502\,564,608 \frac{\text{Btu}}{\text{h}}$$

- Libras de vapor

$$1 \text{ lb de vapor} = 1\,000 \text{ Btu}$$

Entonces:

$$502\,564,61 \frac{\text{Btu}}{\text{h}} * \frac{1 \text{ lb de vapor}}{1\,000 \text{ Btu}}$$

$$\text{Libras de vapor} = \frac{502,56 \text{ lb de vapor}}{\text{h}}$$

- Cálculo de Hp

$$Q_{11} \left(\frac{\text{Btu}}{\text{h}}\right) = X \text{ hp} \left(34,5 \frac{\text{lb de vapor}}{\text{hp} * \text{h}}\right) \left(1\,000 \frac{\text{Btu}}{\text{lb de vapor}}\right)$$

Entonces:

$$X = \frac{(502\,564,61 \frac{Btu}{h})}{(34,5 \frac{Lb\ de\ vapor}{hp * h})(1\,000 \frac{Btu}{lb\ de\ vapor})}$$

$$X = 14,57\ hp$$

- Marmita PL2
  - Datos tomados en planta:
    - Volumen: 350 galones
    - Tinicial: 23 C
    - Tfinal: 75 C
    - Tiempo: 60 minutos

El cálculo de consumo de energía es para mezcla de helado.

$$Cp = 0,940 \frac{Btu}{lb * R}$$

- Cálculo del flujo de calor

$$Q_{12} = m * Cp * (T2 - T1) * t$$

Entonces:

$$Q_{12} = \left(350\ gal * 8,33 \frac{lb}{gal}\right) \left(0,940 \frac{Btu}{lb * R}\right) (626,67\ R - 533,07\ R)(1hr)$$

$$Q_{12} = 256\,517,352 \frac{Btu}{h}$$

- Libras de vapor

$$1 \text{ lb de vapor} = 1\,000 \text{ Btu}$$

Entonces:

$$256\,517,35 \frac{Btu}{h} * \frac{1 \text{ lb de vapor}}{1\,000 \text{ Btu}}$$

$$\text{Libras de vapor} = \frac{256,52 \text{ lb de vapor}}{h}$$

- Cálculo de Hp

$$Q_{12} \left( \frac{Btu}{h} \right) = X \text{ hp} \left( 34,5 \frac{\text{lb de vapor}}{\text{hp} * h} \right) \left( 1\,000 \frac{Btu}{\text{lb de vapor}} \right)$$

Entonces:

$$X = \frac{(256\,517,35 \frac{Btu}{h})}{(34,5 \frac{\text{Lb de vapor}}{\text{hp} * h}) (1\,000 \frac{Btu}{\text{lb de vapor}})}$$

$$X = 7,44 \text{ hp}$$

- Marmita PT1
  - Datos tomados en planta:
    - Volumen: 600 galones
    - Tinicial: 23 C
    - Tfinal: 75 C
    - Tiempo: 40 minutos

El cálculo de consumo de energía es para jugos con concentrado natural.

$$Cp = 0,910 \frac{Btu}{lb * R}$$

- Cálculo del flujo de calor

$$Q_{13} = m * Cp * (T2 - T1) * t$$

Entonces:

$$Q_{13} = \left( 600 \text{ gal} * 8,33 \frac{lb}{gal} \right) \left( 0,910 \frac{Btu}{lb * R} \right) (626,67 R - 533,07 R) \left( \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ hr}} * \frac{1}{40 \text{ min}} \right)$$

$$Q_{13} = 638\,564,47 \frac{Btu}{h}$$

- Libras de vapor

$$1 \text{ lb de vapor} = 1\,000 \text{ Btu}$$

Entonces:

$$638\,564,47 \frac{\text{Btu}}{\text{h}} * \frac{1 \text{ lb de vapor}}{1\,000 \text{ Btu}}$$

$$\text{Libras de vapor} = \frac{933,29 \text{ lb de vapor}}{\text{h}}$$

- Cálculo de Hp

$$Q_{13} \left( \frac{\text{Btu}}{\text{h}} \right) = X \text{ hp} \left( 34,5 \frac{\text{lb de vapor}}{\text{hp} * \text{h}} \right) \left( 1\,000 \frac{\text{Btu}}{\text{lb de vapor}} \right)$$

Entonces:

$$X = \frac{(638\,564,47 \frac{\text{Btu}}{\text{h}})}{(34,5 \frac{\text{lb de vapor}}{\text{hp} * \text{h}}) (1\,000 \frac{\text{Btu}}{\text{lb de vapor}})}$$

$$X = 18,50 \text{ hp}$$

- Marmita F1

- Datos tomados en planta:

- Volumen: 300 galones
- T<sub>inicial</sub>: 30 C
- T<sub>final</sub>: 70 C
- Tiempo: 30 minutos

El cálculo de consumo de energía es para salsa de tomate.

$$Cp = 0,868 \frac{Btu}{lb * R}$$

- Cálculo del flujo de calor

$$Q_{14} = m * Cp * (T2 - T1) * t$$

Entonces:

$$Q_{14} = \left( 300 \text{ gal} * 8,33 \frac{lb}{gal} \right) \left( 0,868 \frac{Btu}{lb * R} \right) (617,67 R - 545,67 R) \left( \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ hr}} * \frac{1}{30 \text{ min}} \right)$$

$$Q_{14} = 312\,355,01 \frac{Btu}{h}$$

- Libras de vapor

$$1 \text{ lb de vapor} = 1\,000 \text{ Btu}$$

Entonces:

$$312\,355,01 \frac{Btu}{h} * \frac{1 \text{ lb de vapor}}{1\,000 \text{ Btu}}$$

$$\text{Libras de vapor} = \frac{312,36 \text{ lb de vapor}}{h}$$

- Cálculo de Hp

$$Q_{14} \left( \frac{Btu}{h} \right) = X \text{ hp} \left( 34,5 \frac{\text{lb de vapor}}{\text{hp} * h} \right) \left( 1\ 000 \frac{Btu}{\text{lb de vapor}} \right)$$

Entonces:

$$X = \frac{(312\ 355,01 \frac{Btu}{h})}{(34,5 \frac{\text{Lb de vapor}}{\text{hp} * h}) (1\ 000 \frac{Btu}{\text{lb de vapor}})}$$

$$X = 9,05 \text{ hp}$$

- Marmita F2

- Datos tomados en planta:

- Volumen: 400 galones
- Tinicial: 23 C
- Tfinal: 98 C
- Tiempo: 3 hrs

El cálculo de consumo de energía es para frijoles volteados.

$$Cp = 0,730 \frac{Btu}{\text{lb} * R}$$

- Cálculo del flujo de calor

$$Q_{15} = m * Cp * (T2 - T1) * t$$

Entonces:

$$Q_{15} = \left(400 \text{ gal} * 8,33 \frac{\text{lb}}{\text{gal}}\right) \left(0,730 \frac{\text{Btu}}{\text{lb} * \text{R}}\right) (668,07 \text{ R} - 533,07 \text{ R})(3 \text{ hrs})$$

$$Q_{15} = 683\,006,69 \frac{\text{Btu}}{\text{h}}$$

- Libras de vapor:

$$1 \text{ lb de vapor} = 1\,000 \text{ Btu}$$

Entonces:

$$683\,006,69 \frac{\text{Btu}}{\text{h}} * \frac{1 \text{ lb de vapor}}{1\,000 \text{ Btu}}$$

$$\text{Libras de vapor} = \frac{683,00 \text{ lb de vapor}}{\text{h}}$$

- Cálculo de Hp:

$$Q_{15} \left(\frac{\text{Btu}}{\text{h}}\right) = X \text{ hp} \left(34,5 \frac{\text{lb de vapor}}{\text{hp} * \text{h}}\right) \left(1\,000 \frac{\text{Btu}}{\text{lb de vapor}}\right)$$

Entonces:

$$X = \frac{(683\,006 \frac{\text{Btu}}{\text{h}})}{(34,5 \frac{\text{Lb de vapor}}{\text{hp} * \text{h}})(1\,000 \frac{\text{Btu}}{\text{lb de vapor}})}$$

$$X = 19,80 \text{ hp}$$

Ya realizado el cálculo de libras de vapor utilizadas por cada máquina y su consumo de fuerza, se procede a realizar el cálculo total de las mismas.

- Demanda térmica en función del calor absorbido en los equipos de transferencia de calor:

$$Q_{Total} = \sum_{i=1}^n Q_n$$

$$Q_{Total} = 210\ 126 + 420\ 252 + 94\ 597 + 94\ 597 + 94\ 597 + 71\ 245 \\ + 71\ 245 + 155\ 548 + 77\ 774 + 1\ 244\ 382 + 502\ 564 + 256\ 517 \\ + 638\ 564 + 312\ 355 + 683\ 006$$

$$Q_{Total} = 4\ 856\ 124 \frac{Btu}{h}$$

- Cálculo HP en función de la demanda térmica total

$$Q_{TOT} \left( \frac{Btu}{h} \right) = X \text{ hp} \left( 34,5 \frac{\text{lb de vapor}}{\text{hp} * h} \right) \left( 1\ 000 \frac{Btu}{\text{lb de vapor}} \right)$$

Entonces:

$$X = \frac{(4\ 856\ 124 \frac{Btu}{h})}{(34,5 \frac{\text{Lb de vapor}}{\text{hp} * h}) (1\ 000 \frac{Btu}{\text{lb de vapor}})}$$

$$X = 140,72 \text{ hp}$$

- Demanda térmica en función del calor absorbido en los equipos de transferencia de calor.

$$hp_{total} = \sum_{i=1}^n hp_n$$

$$hp_{total} = 6,10 + 12,18 + 2,74 + 2,74 + 2,74 + 2,06 + 2,06 + 4,50 + 2,25 + 36 \\ + 14,57 + 7,44 + 18,50 + 9,05 + 19,80$$

$$hp_{total} = 142,02 \text{ hp}$$

- Dimensionamiento por consumo de combustible.

$$Consumo = 525 \frac{\text{gal diesel}}{\text{semana}} * 1 \frac{\text{semana}}{5 \text{ dias}} * \frac{1 \text{ día}}{8 \text{ hrs}} = 13,125 \frac{\text{gal diesel}}{\text{hr}}$$

- Libras de vapor producidas.

$$Produccion \text{ de vapor} = 13,125 \frac{\text{gal diesel}}{\text{hr}} * \frac{140 \text{ 000 Btu}}{\text{gal diesel}} * \frac{1 \text{ lb vapor}}{1 \text{ 000 Btu}}$$

$$Produccion \text{ de vapor} = 1 \text{ 837,5} \frac{\text{lb de vapor}}{\text{hr}}$$

- Demanda térmica

$$Demanda \text{ termica} = 13,125 \frac{\text{gal diesel}}{\text{hr}} * \frac{140 \text{ 000 Btu}}{\text{gal diesel}}$$

$$Demanda\ termica = 1\ 837\ 500 \frac{Btu}{hr}$$

- Cálculo hp

$$Q_{TOT} \left( \frac{Btu}{h} \right) = X\ hp \left( 34,5 \frac{lb\ de\ vapor}{hp * h} \right) \left( 1\ 000 \frac{Btu}{lb\ de\ vapor} \right)$$

$$X = \frac{(1\ 837\ 500 \frac{Btu}{h})}{(34,5 \frac{Lb\ de\ vapor}{hp * h}) (1\ 000 \frac{Btu}{lb\ de\ vapor})}$$

$$X = 53,26\ hp$$

Con base en los cálculos realizados, se obtiene un consumo total de 140,72 hp calculados de las libras de vapor consumidas, y 142,02 hp de la suma total de fuerza. Por lo que se tiene un cálculo de 142,02 hp para el abastecimiento de toda la planta de producción, asumiendo que todas trabajan a su capacidad máxima al mismo tiempo.

Sin embargo, la capacidad de las calderas biomasa es de 60 hp cada una, y la fuerza total generada por ambas calderas sería de 120 hp. Lo que indica que estas calderas no se darían abasto para cumplir la demanda de producción, para lo cual, se cuenta con otras dos calderas de combustible diésel.

Pero debido a que no todas las marmitas se utilizan al mismo tiempo, ni se usan con máxima capacidad (esto depende de la producción del día) entonces únicamente se utilizan las 2 calderas de biomasa (el dato promedio aproximado de utilización de hp en la caldera diarios son 70-90 hp, según datos brindados por el jefe de mantenimiento).

#### **4.1.2. Cantidad necesaria de biomasa para producir energía**

A continuación, se describe la cantidad necesaria de biomasa para producir energía.

##### **4.1.2.1. Madera**

La cantidad de madera necesaria para mantener abastecida a producción mensualmente son 88 000 libras, la cuales se reparten en 4 entregas al mes (1 vez por semana) de 10 toneladas cada entrega (22 000 lb). Esta cantidad de madera genera la energía suficiente para abastecer la producción de energía.

Se utilizan alrededor de 3 600 a 3 700 lb a diario (lunes a viernes) y un promedio de 1 900 a 2 000 lb el sábado, que generan el promedio de 70-90 hp. (el análisis se puede ver previamente.)

##### **4.1.2.2. Desechos de la empresa**

La cantidad de desechos totales que se requiere para la caldera es la misma, 88 000 lb. La diferencia es que, en lugar de comprar madera para la generación de energía, únicamente se utilizarían los desechos. Esto incluye, como anteriormente se menciona, tarimas de madera, cartón y bagazo de coco en grandes cantidades, para sustituir por completo el uso de la madera.

Estos desechos únicamente sirven como ayuda para disminuir la cantidad de madera para comprar, ya que reunir los desechos de la empresa no logra juntar la totalidad de libras necesarias para producir energía para producción.

## 4.2. Análisis de alternativas

A continuación, se presenta el análisis de alternativas.

### 4.2.1. Análisis de briquetas

En el capítulo 3, inciso 3.4., se observa el resultado de los análisis realizados con briquetas. En resumen, se obtiene que la cantidad necesaria de briquetas diarias son 3 000 lb, divididas en 1 500 libras para cada caldera, capaces de generar 60 hp para el abastecimiento de energía para las áreas de producción.

### 4.2.2. Energía generada con briquetas

A continuación, se muestra las tablas de las pruebas realizadas con briquetas: estos datos fueron tomados del capítulo 3, se utilizan con fines comparativos y resumen la descripción del proceso previamente especificado.

Tabla XXIII. Prueba 1

Hora	Caldera 1 (Psi)	Caldera 2 (Psi)
12:00	73	78
12:15	73	80
12:30	87	90
12:45	80	80
13:00	80	85
13:15	80	83
13:30	51	40
13:45	44	32

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIV. **Prueba 2**

<b>Hora</b>	<b>Caldera 2 (Psi)</b>
08:00	80
08:15	85
08:30	90
08:45	95
09:00	100
09:15	85
09:30	80
09:45	90
10:00	100
10:15	85
10:30	60
10:45	85
11:00	80
11:15	60
11:30	70
11:45	110
12:00	90

Fuente: elaboración propia.

La cantidad de presión necesaria es de 90 psi, y como se observa, las presiones con las briquetas se mantienen para ambas pruebas. Como resultado final se observa que las briquetas cumplen su función como sustituto de la madera.

#### **4.2.3. Comparación de energía comparada con briquetas**

La tabla XXII muestra el comportamiento normal de la caldera trabajando con madera todo el día, mientras que la tabla XXIII muestra el comportamiento de la caldera trabajando con briquetas.

Tabla XXV. **Comportamiento normal de la caldera**

<b>Hora</b>	<b>Caldera 2 (Psi)</b>
08:00	80
08:15	85
08:30	90
08:45	95
09:00	100
09:15	85
09:30	80
09:45	90
10:00	100
10:15	85
10:30	60
10:45	85
11:00	80
11:15	60
11:30	70
11:45	110
12:00	90

Fuente: elaboración propia.

Se observa en las tablas comparativas que el comportamiento de las presiones es similar, con la diferencia que de madera se consumen aproximadamente 3 600 – 3 700 lb diarias, mientras que para las briquetas se consumen 3 000 lb diarias (datos teóricos). Se ahorraría 600 libras diarias de madera, pero se debe realizar pruebas de días completos con briquetas para obtener un dato más exacto. Se introducen aproximadamente 150 libras de madera cada hora por caldera (para 12 horas de trabajo), lo que al día da un total de 1 800 lb por caldera.

Con briquetas, la cantidad que se introdujo para las pruebas fueron aproximadamente 35 lb cada quince minutos, que en una hora representa 140 lb, comparado con la madera, representa 10 libras de ahorro por hora, (6,67 % de ahorro de madera por hora).

Esto indica que las briquetas representan un ahorro del 16,66 % de cantidad de madera utilizada a la semana.

#### 4.3. Análisis de costos

A continuación, se presenta el análisis de costo de la materia prima actual para calderas.

##### 4.3.1. Costo de la materia prima actual para calderas

En la tabla XXVI se describe el costo de la compra de madera por mes.

Tabla XXVI. Costo de la compra de madera por mes

Materia prima	Cantidad mensual	Costo unitario (tonelada, galón)	Costo total (mes)
Madera	40 toneladas (88 000 lb)	\$. 79,20 (Sujeto al cambio del dólar)	\$. 3 168,00 (Sujeto al cambio del dólar)
Combustible diésel	1 200 galones	Q. 17,00 (Sujeto a cambios)	Q. 20 400,00 (Sujeto a cambios)

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVII. Costo total de materia prima utilizada para las calderas de biomasa por mes

Materia prima	Costo total
Madera	Q. 23 538,24 (cambio día \$ 7,43)
Combustible diésel	Q. 20 400,00
<b>Total</b>	<b>Q. 43 938,24</b>

Fuente: elaboración propia.

El costo total de materia prima utilizada para las calderas de biomasa por mes es aproximadamente de Q. 43 938,24. No es una cantidad fija para todos los meses, ya que el dato puede variar (ser más alto o más bajo), debido a los cambios del dólar y los precios del combustible.

#### 4.3.2. Costo de procesado de bagazo del coco

Los costos tomados en cuenta para el procesado del bagazo del coco son los siguientes, según datos tomados del capítulo 3 inciso 2 sección 2 y 3:

Tabla XXVIII. Costo de procesado de bagazo de coco

Máquina	Consumo mensual (Q)
Trituradora	Q. 424,01
Prensa eléctrica	Q. 372,67
<b>Total mensual</b>	<b>Q. 796,68</b>

Personal	Horas al día/ persona	Horas a la semana / persona	Total mes
3	8	44	Q. 8 002,56

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIX. Total del costo para el procesado del bagazo de coco

Descripción	Cantidad
Trituradora	Q. 424,01
Prensa eléctrica	Q. 372,67
Personal	Q. 8 002,56
<b>Total mensual</b>	<b>Q. 8 799,24</b>

Fuente: elaboración propia.

El total del costo para el procesado del bagazo de coco es de Q. 8 799,24 mensuales, que se sumarían al total de gastos por la compra de madera, en menor cantidad, ya que el proceso de generación de bagazo de coco no es suficiente para mantener la presión necesaria de las calderas. Sin embargo, representa un porcentaje significativo del costo total de la compra de madera.

#### 4.4. Comparación de gastos para la empresa

A continuación, se presenta una tabla comparativa entre los datos estimados para el consumo de biomasa de las calderas:

Tabla XXX. **Datos estimados para el consumo de biomasa de las calderas**

<b>Descripción</b>	<b>Q. por día</b>	<b>Días mes</b>	<b>Total</b>
Madera	Q. 784,61	30	Q. 23 538,24
Briquetas	Q. 4 295,45	30	Q. 128 863,50

Fuente: elaboración propia.

Se puede observar en la tabla los datos comparativos de gastos mensuales de compra de briquetas vs la compra de madera y se obtiene una diferencia de Q. 105 325,26, un 81 % más elevado, esto es derivado de:

Tabla XXXI. **Datos comparativos de gastos mensuales**

<b>Descripción</b>	<b>Precio unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio por KG</b>
Madera	Q. 588,46/1 000 kg	1 000 kg	Q. 0,5884
Briquetas	Q. 31,50/10 kg	10 kg	Q. 3,15

Fuente: elaboración propia.

Se observa que el costo por kg de briquetas es mayor por Q. 2,56, (el 81 % más elevado) el costo por kg de briqueta vs madera.

#### **4.5. Beneficios adicionales**

Se menciona los beneficios adicionales de hacer uso de los materiales reciclados como materia prima para la caldera. Son los siguientes:

##### **4.5.1. Medio ambiente**

En la actualidad, se sabe cómo día a día se generan miles de toneladas de basura. Todo esto tiene repercusiones en el medio ambiente, por lo cual el tema ha ganado auge dentro de las gestiones para las empresas, que toman muy en cuenta las auditorías ambientales para analizar cómo estas contaminan y cómo puede utilizar métodos de reciclaje o compensación al medio ambiente.

El beneficio que tiene la utilización de los desechos de la empresa tales como las tarimas de madera, cartón, papel reciclado y bagazo de coco como materia prima para la caldera es evitar deshacerse de estos junto con el desecho general, ya que si esto se descarta con todo el desecho de la empresa, ya no podrá ser utilizado como material para reciclaje o bien para uso mismo de la empresa.

La utilización del bagazo del coco dentro de la caldera minimiza la cantidad de basura que se desecha diariamente. Aproximadamente se desechan 3 000 cocos, que a pesar de ser fruta, genera contaminación al medio ambiente y es bastante cantidad, por lo que el quemado del bagazo dentro de la caldera beneficiaría al medio ambiente por parte de la empresa.

#### **4.5.2. Otros usos del bagazo del coco**

El bagazo del coco, por ser la cantidad mayor de desechos de la empresa, toma un papel importante para analizar de qué otras formas se pueden utilizar y evitar tanto el desperdicio como la contaminación al medio ambiente. Por tanto, se estudia las siguientes posibilidades de reutilización del bagazo del coco.

##### **4.5.2.1. Aceite de coco**

El aceite de coco es extraído de la carnaza del coco, la cual se extrae del bagazo del coco (una vez extraída el agua). Se debe quitar toda la cáscara para únicamente dejar la carnaza, luego esta se debe picar y luego se fríe en una sartén para que suelte el aceite.

Debido a la gran cantidad de coco que utiliza la empresa, esta es una buena propuesta de utilización del bagazo, ya que con ello se puede tener un nuevo producto para la venta e incluso generar más ingresos.

##### **4.5.2.2. Venta de pacas de estopa de coco**

Las pacas de coco se obtienen a partir del procesado del bagazo del coco. Primero se debe triturar el bagazo y posteriormente se procede a prensarlo. Con este procedimiento se obtiene una paca que luego de ser prensada se le ponen cinchos para dejarla asegurada y así venderla. Estas pacas podrían ser compradas como comida, abono orgánico o para otros usos de granjas o industrias.

#### **4.5.2.3. Aprovechamiento de la carnaza del coco**

Otros de los usos del bagazo es quitarle totalmente la cáscara para luego utilizar la carnaza para consumo o producto de la empresa. Esta se puede empacar y vender (pasando por procesos que aseguren un tiempo de vida promedio para que no se tenga que desechar rápidamente) o utilizar la carnaza para obtener leche de coco, utilizando las herramientas necesarias para la obtención de la misma. Con ello la empresa podría seguir creciendo con nuevos productos que, a su vez, reducen la contaminación del medio ambiente.

## **5. SEGUIMIENTO O MEJORA**

### **5.1. Propuesta de alternativa**

A continuación, se presenta la propuesta de alternativa.

#### **5.1.1. Utilización briquetas**

Entre las propuestas de alternativas, la utilización de briquetas es una opción que junto a la utilización de los desechos de la planta, puede brindar un ahorro en los gastos, pues estas están hechas de aserrín compactado, que es el desperdicio de la madera al ser cortada. Su costo es más elevado que el de la madera como materia prima, pero su beneficio es mejor, ya que su duración de quemado dentro de la caldera es mayor y aporta mayor tiempo energía al ser un material más susceptible al calor (el estudio de las briquetas se encuentra en el sección 4.4.2)

#### **5.1.2. Obtención hornos Industriales para el secado acelerado**

Al tomar la propuesta de adquirir hornos industriales para el secado acelerado de la estopa, se piensa a futuro en un plan de utilización de todo el bagazo de coco para ser aprovechado en la caldera (aproximadamente 10 000 cocos diarios). En promedio se habla de 10 000 a 12 000 lb de estopa al día, con trabajos continuos de trituración y prensado a fin de aprovechar la capacidad de los hornos para el secado total de la estopa. Esto se puede implementar una vez el proyecto pueda mostrar un retorno, pues los hornos industriales con banda transportadora oscilan entre los \$ 50 000 a \$ 75 000

según capacidad y tamaño. Sin embargo, la propuesta del secado con hornos se analiza en la sección 3.3.1, donde se realiza un estudio con un horno de estufa (una pequeña muestra) y da como resultado una pérdida considerable de humedad en un tiempo aceptable. Pero esto no se puede realizar para la cantidad de libras totales diarias, por lo que la propuesta queda en análisis para la empresa.

## **5.2. Ventajas y beneficios**

Las ventajas que trae la utilización de los desechos como materia prima para la caldera se listan a continuación:

- Disminución de contaminación al ambiente
- Ahorro de gastos para la empresa
- Reutilización de recursos

Estas ventajas se verán con el transcurso del tiempo. Ahora, con los beneficios, se encuentran los siguientes:

- Mejora conciencia ambiental de la empresa
- Mejora de utilidad al mes
- Crecimiento de la empresa

Entre otros beneficios que tendrá la empresa al reutilizar recursos.

## **5.3. Ahorro de gastos de materia prima para la empresa**

El fin del proyecto de la utilización de los desechos de la empresa como materia prima para la caldera biomasa tiene como objetivo la reducción de

gastos. El objetivo principal es la reducción de desechos, la reutilización de bagazo, cartón y tarimas y, por ende, la disminución de contaminación al medio ambiente. Pero todo esto beneficia a la empresa directa e indirectamente, al capital de trabajo con el que cuenta.

#### **5.4. Mantenimiento a calderas de biomasa**

A continuación, se describe el mantenimiento a calderas de biomasa.

##### **5.4.1. Preventivo**

El mantenimiento preventivo menor se deberá realizar cada mes. Conlleva limpieza del hogar (sacar ceniza para depositarla en toneles), limpieza de cámara de agua (lavar con agua a presión la cámara de agua), limpieza de los tubos frozen, del blower y chimenea; revisión de estopa de compuerta superior (revisión del hogar), limpieza exterior para quitar suciedad y evitar óxido, revisión de tuberías de agua y vapor; revisión de sello mecánico de bomba y de cheques, limpieza de calderín y prueba de llenado de agua. Limpieza de tablero eléctrico (contactores, relays, variador de frecuencia) medición de voltaje y amperaje, limpieza y revisión de electrodos, revisión de tubo de nivel de agua.

El mantenimiento preventivo mayor se realizará semestralmente. Aplica para el cambio de estopa y de sello mecánico de bomba, mantenimiento al motor de la bomba (barnizado, alineado, cojinetes, pruebas eléctricas de amperaje y voltaje), pintado de caldera, mantenimiento del motor del blower (barnizado, alineado, cojinetes, pruebas eléctricas de amperaje y voltaje).

#### **5.4.2. Proactivo**

El mantenimiento proactivo será utilizado en la empresa como el plan de mantenimiento para todos los equipos. El jefe de mantenimiento, junto con el supervisor de mantenimiento, serán los encargados de realizar el plan con fechas y tiempos establecidos para cada máquina dentro de la empresa, con el fin de evitar las fallas y tener un control y monitoreo de los equipos utilizados.

#### **5.4.3. Predictivo**

El mantenimiento predictivo se realizará cuando se detecten anomalías en las calderas previo a la realización del mantenimiento preventivo. En estos casos, el técnico encargado de la caldera detecta anomalías en la caldera y avisa al jefe de mantenimiento, con el fin de que antes de que el equipo falle, se realice su mantenimiento y evitar así paros y pérdidas de tiempo en producción que representan pérdidas monetarias en la empresa. Para este tipo de mantenimiento se lleva un registro de que anomalías se detectan, cuándo se detectan y el procedimiento de mantenimiento.

## CONCLUSIONES

1. Se recopiló satisfactoriamente la información cuantitativa del método actual del funcionamiento de la caldera en condiciones normales, la cual demuestra que la caldera mantiene una presión constante de 90 psi con la utilización de madera, en un horario laboral de 7:00 a 17:00 hrs.
2. La presión de las calderas se mantuvo constante a 80- 90 psi al quemar los desechos de la empresa, así como cuando se utiliza madera como fuente de alimentación. Sin embargo, la diferencia entre estos radica en que se debe utilizar más desechos, ya que el cartón y la estopa de coco se consumen un 60 % más rápido que la madera. Por tanto, se debe introducir más cantidad en menor tiempo para mantener la caldera a la presión necesaria.
3. El ahorro económico es de Q. 18 050,00 que se desglosan en Q. 14 520,00 de fletes de bagazo del coco y Q. 3 530,00 de ahorro de compra de madera. En lugar de comprar 88,000 lb de madera al mes, se compraría 74 800 lb y el resto de materia prima necesaria se generaría a través de los desechos.
4. Se estableció que el proceso por el que debe pasar el bagazo de coco antes de ser quemado en la caldera es: primero, ser trasladado al área de trituración, luego es triturado y convertido en estopa. Después es trasladada al área de prensado, donde le será extraído un porcentaje de agua. Luego, si la empresa decidiera la compra del horno industrial,

pasará al área de secado para la completa eliminación de agua y luego será trasladada al área de calderas, donde esperará para ser quemada.

5. Se determinó que a pesar de utilizar los desechos de planta como fuente de alimentación de las calderas, es persistente la necesidad de continuar comprando madera para el funcionamiento las mismas, ya que únicamente se logró sustituir 13 200 lb de madera. Esto implica la compra del resto de la materia prima para mantener la presión constante.
6. Se identificó que el impacto ambiental de utilizar los desperdicios en la caldera y no desecharlos a la basura es positivo, tanto para el medio ambiente como para la empresa, ya que diariamente se desechan 3 500 cocos al basurero municipal de Villa Nueva, que en peso representa 128 toneladas de desechos al mes. Al reintroducirlos al proceso se evitará la contaminación del suelo y de los afluentes de la cuenca del lago de Amatitlán por lixiviados. Las emisiones de gases de efecto invernadero no aumentan significativamente al sustituir la madera por los desechos.

## RECOMENDACIONES

1. Evaluar la propuesta y analizar a profundidad de la sustitución de la madera por los desechos de la planta de producción, y así determinar factores finales para llevar a cabo lo propuesto en este trabajo de graduación.
2. Considerar el impacto positivo al medio ambiente que genera la reintroducción de los desechos al sistema, pues esto podría ser de utilidad al momento de que la empresa desee aplicar a alguna certificación ISO.
3. Si la generación de desechos aumenta, como consecuencia del aumento en la producción, utilizar la metodología propuesta en este estudio para calcular el porcentaje de ahorro económico que se puede llegar a alcanzar al sustituir una mayor cantidad de madera para la alimentación de las calderas.
4. Considerando que los desechos contienen altos niveles de humedad y se dificulta el secado al aire libre, para la óptima utilización de los desechos se sugiere la compra de dos hornos industriales que aceleren el proceso de secado.
5. Para facilitar la segregación de los desechos es necesaria la asignación de un espacio específico para almacenar la materia prima y el bagazo de coco seco. Para que no dificulte la utilización de la biomasa en la

caldera, es importante tomar medidas para aislar la humedad del ambiente exterior o reducirla, si fuera necesario.

## BIBLIOGRAFÍA

1. BERENSON, Mark, LEVINE, David. *Estadística básica en administración, conceptos y aplicaciones*. 6a ed. México: Pearson Educacion, 2011. 768 p.
2. DONIS, Beltran; AUYON, Antonio. *Manual de introducción a la empresa: Industria procesadora de lácteos, S.A.* Guatemala: SAT, 2003. 287 p.
3. FERNANDEZ SALGADO, José María. *Guía completa de la biomasa y los biocombustibles*. 1a ed. Madrid, España: AMV ediciones, 2010. 336 p.
4. MEYERS, Fred, *Estudio de tiempos y movimientos*. 2a ed. México: Pearson Educación, 2012. 337 p.
5. OBIOLS, C.A. *Nuestra historia*. [en línea]. <<http://www.inprolacsagt.com/#!/-rabinal/NuestraHistoria/>>. [Consulta: 15 de agosto de 2016].
6. OROZCO DE LEON, José Miguel. *Estudio de factibilidad para la generación de energía eléctrica en Olmeca, S.A.* Trabajo de graduación de Ing. Mecánico Industrial. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2012. 187 p.

7. RAMIREZ, Cesar, *Seguridad industrial: Un enfoque integral*. 2a ed. México: Limusa, 2005. 508 p.
8. SANCHEZ, Juan, *Organización de la producción: Distribuciones en planta y mejora de los métodos de los tiempos: teoría y práctica*. 3a ed. Madrid, España: Editorial Pirámide, 2013. 542 p.
9. SANZ DEL AMO, Manuel; PATIÑO MOLINA, Rosario. *Manual práctico del operador de calderas industriales*. 1a ed. Madrid, España: Paraninfo, 2014. 229 p.
10. SEVERNS, William; DEGLER, H.E, MILES, J.C. *Energía mediante vapor, aire o gas*. 1a ed. Barcelona, España: Editorial Reverté, 2007. 495 p.
11. TOSCANO MORALES, Luis Alberto. *Análisis de los parámetros y selección de hornos para la combustión de la biomasa*. Guayaquil, Ecuador: Escuela superior politécnica del litoral, 2009. 182 p.

## APÉNDICES

### Apéndice 1. Briquetas de aserrín



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. **Toneladas de madera**



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. **Toneladas semanales madera**



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 4. **Tarimas madera recicladas**



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 5. **Tarimas tapadas por la época de lluvia**



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 6. **Estopa de coco**



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 7. **Paca de estopa de coco**



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 8. **Aceite de coco producido a partir del bagazo**



Fuente: elaboración propia.

