



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**PRACTICA PROFESIONAL**

**ESTUDIO DE LA CAUSA DE MICROPAROS POR ALARMA DE BAJO  
NIVEL Y ELABORACION DE PLAN DE MANTENIMIENTO EN LINEAS  
PT1 Y PT2**

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO  
INGENIERO EN MECATRÓNICA**

**PRESENTADO POR:**

**21441139**

**Rolando David Hernández Murcia**

**ASESOR:**

**Ing. Javier Villanueva**

**CAMPUS SAN PEDRO SULA**

**Enero, 2019**

## **AGRADECIMIENTOS**

Este trabajo y la culminación de mi carrera universitaria se la atribuyo antes que todo a Dios por darme el privilegio de haber formado parte de los estudiantes Becados de Unitec. Le doy las gracias a mi familia que siempre estuvo a mi lado ofreciéndome su apoyo incondicional. Además agradezco a mis amigos con quienes curse la mayoría de mis clases y siempre estuvieron en las diversas etapas en el transcurso de mi tiempo como estudiante universitario.

# Índice de Contenido

I. INTRODUCCIÓN .....	7
II. GENERALIDADES DE LA EMPRESA .....	8
2.1 Descripción de la Empresa .....	8
2.2 Historia.....	8
2.3 Ubicación .....	9
2.4 Descripción del Departamento.....	9
2.5 Objetivos .....	10
2.5.1 Objetivo General .....	10
2.5.2 Objetivos Específicos .....	10
III. MARCO TEÓRICO .....	11
3.1 Mantenimiento .....	11
3.1.1 Tipos de Mantenimiento.....	11
3.1.2 Mantenimiento en Alcon .....	12
3.2 Caldera.....	16
3.2.1 Combustible.....	16
3.2.2 Tipos de Calderas.....	19
3.2.3 Quemador.....	19
3.2.4 Mantenimiento de Caldera .....	20
3.2.3 Caldera de Biomasa en Alcon, Cargill de Honduras.....	20
3.3 Embolsadora Automática Premier Tech.....	24
IV. METODOLOGÍA.....	26
4.1 Variables de Investigación.....	26
4.1.1 Variables Dependientes.....	26

4.1.2 Variables Independientes .....	26
4.2 Enfoque y Métodos.....	26
4.3 Técnicas e Instrumentos Aplicados.....	27
4.4 Fuentes de Información.....	27
4.5 Cronograma de Actividades .....	27
V. RESULTADOS Y ANÁLISIS.....	28
5.1 Alarma de Bajo Nivel .....	28
5.2 Plan de Mantenimiento .....	29
VI. CONCLUSIONES.....	31
VII. RECOMENDACIONES .....	32
7.1 Recomendaciones a la Empresa:.....	32
7.2 Recomendaciones a la Universidad .....	32
BIBLIOGRAFÍA.....	33

## Índice de Ilustraciones

<b>Ilustración 1 - Logo de Cargill.....</b>	<b>8</b>
<b>Ilustración 2 - Ubicación de la planta Grupo Alcon .....</b>	<b>9</b>
<b>Ilustración 3 - Formato de PJHA, Planta Alcon.....</b>	<b>13</b>
<b>Ilustración 4 - Formato de Inspección de un Dispositivo Crítico .....</b>	<b>15</b>
<b>Ilustración 5 - Caldera de Biomasa en Alcon.....</b>	<b>21</b>
<b>Ilustración 6 - HMI de Panel en Caldera de Biomasa .....</b>	<b>22</b>
<b>Ilustración 7 - Sistema Automático de Alimentación de Biomasa .....</b>	<b>23</b>
<b>Ilustración 8 - Controlador de Nivel de Agua utilizado en Caldera de Biomasa .....</b>	<b>24</b>
<b>Ilustración 9 - Embolsadora Automática Premier Tech Chronos, Modelo PTH900.....</b>	<b>24</b>
<b>Ilustración 10 - Pantalla de Monitoreo de Agua Suavizada .....</b>	<b>28</b>
<b>Ilustración 11 - Diagrama de Conexión de Controlador de Nivel LC1350 .....</b>	<b>29</b>

## Índice de Tablas

<b>Tabla 1 - Comparación de Precio de Combustibles por MWh .....</b>	<b>20</b>
<b>Tabla 2 - Cronograma .....</b>	<b>27</b>

## **I. INTRODUCCIÓN**

Cargill es una empresa que proporciona alimentos, productos y servicios agrícolas, financieros e industriales a todo el mundo. En Honduras el sector de mayor impacto es el de CFN (por sus siglas en inglés Cargill Feed and Nutrition), el cual engloba marcas de pollo y embutidos, como ser Pollo Norteño, Delicia y Pollo Rico, además de las marcas de nutrición animal. En Cargill Nutrición Animal (CAN), ubicada en Búfalo, Villanueva, se producen las marcas Dogui, Gati y Alcon.

La marca Alcon, cuenta con un fuerte liderazgo en el mercado hondureño. Es una marca preferida por su óptima calidad y valor diferenciado para los dueños de animales de las especies en las que ofrece alimentación como ser: ganado, cerdo, aves de postura, pollo de engorde, caballos, gallos, conejos, camarón y tilapia. Dogui es la marca premium de alimentos para perros, que ofrece tanto variedad de sabores, como alimentos por etapas de vida. Gati es la marca premium de alimento para gatos que cuenta con gran variedad de sabores.

La empresa cuenta con tres diferentes departamentos encargados de supervisar diferentes aspectos del trabajo realizado diariamente., estos son el departamento de proyectos, producción y mantenimiento. El departamento de mantenimiento se subdivide de acuerdo a las plantas de producción dentro de la empresa, Extruder y Balanceados, además del área de planeación.

El área de planeación se encarga de llevar un control y documentación del mantenimiento preventivo y correctivo que realizan los técnicos y los contratistas en ambas plantas, lo cual incluye rutinas diarias, órdenes de trabajo, inspecciones, trabajos de emergencia y permisos de seguridad. Esta área también se encarga de establecer los periodos de tiempo óptimos para inspeccionar los dispositivos críticos de seguridad y analizar datos a tomar en cuenta para el mantenimiento predictivo y así reducir la cantidad de fallas y paros en planta.

## II. GENERALIDADES DE LA EMPRESA

### 2.1 Descripción de la Empresa

Cargill está presente en 70 países con más de 155,000 empleados a nivel mundial. Se encarga de poner en contacto a los agricultores con los mercados, a los clientes con los ingredientes y a las personas y a los animales con los alimentos que necesitan. Cargill combina 153 años de experiencia con nuevas tecnologías y conocimientos en los sectores de alimentación, finanzas y la industria.



*Ilustración 1 - Logo de Cargill*

Fuente: Sitio oficial de Cargill

### 2.2 Historia

- 2017. Cargill anuncia la nueva adquisición de la marca de pollo colombiana Pollo Bucanero®.
- 2015. Cargill anuncia la construcción de una nueva planta elaboradora en Guatemala de 0 millones de dólares, e inaugura un centro de distribución y almacenamiento de carnes de 50 millones de dólares en Nicaragua.
- 2014. Cargill anuncia la inauguración del centro de Cargill Business Services en la ciudad de Heredia, Costa Rica. El centro prestará servicios eficientes, confiables y de alta calidad al negocio, y respaldará la promesa de Cargill de ayudar a todas las partes interesadas a prosperar.
- 2011. Cargill y Pipasa® se unen en Costa Rica y Nicaragua para formar un grupo comercial sólido, líder en la nutrición para animales y seres humanos comprometido con la elaboración y comercialización de productos de alta calidad para deleitar a los clientes y consumidores.
- 2001. Cargill compra Purina Guatemala, una empresa líder en nutrición animal reconocida a nivel mundial, con marcas prestigiosas como Purina® y Nutrena.
- 2000. Cargill compra Tip Top Industrial®, un negocio nicaragüense de carne de aves de corral.
- 1978. En los siguientes 25 años, Cargill expande su negocio de aves de corral y embutidos al invertir en distintas empresas de Honduras, Guatemala y Nicaragua, comenzando por la adquisición de Productos Norteños en Honduras.
- 1969. Cargill ingresa al territorio centroamericano con la adquisición de acciones en Alimentos Concentrados Nacionales (ALCON, en Honduras), una empresa con más de 50 años de experiencia que ofrece calidad, servicio y valor diferenciado en la nutrición de distintas especies de animales.

### 2.3 Ubicación

Cargill opera en Centroamérica desde 1969 con dos negocios principales: Cargill Protein (carnes y aves de corral) y Cargill Feed and Nutrition (nutrición animal). Con presencia en Guatemala, Honduras, Nicaragua, Costa Rica y Colombia, Cargill emplea un equipo de más de 15 000 empleados en la región.

La oficina principal se encuentra en San Pedro Sula, pero cuenta con operaciones en 11 ciudades de todo el país: Tocoa, La Ceiba, San Pedro Sula, Villanueva, Santa Cruz de Yojoa, Siguatepeque, Comayagua, Tegucigalpa, Juticalpa, Danlí y Choluteca.



***Ilustración 2 - Ubicación de la planta Grupo Alcon***

Fuente: ("Google Maps", s. f.)

### 2.4 Descripción del Departamento

En Cargill el departamento de mantenimiento consta de varios supervisores que se encargan de distintas áreas de la planta, además de los técnicos mecánicos y eléctricos que se encargan de realizar las tareas de mantenimiento.

Una de las áreas de mantenimiento es planeación. Esta se encarga de manejar la totalidad de los datos obtenidos mediante las inspecciones y reparaciones y tomarlas en cuenta para establecer un programa de mantenimiento más eficiente y de esta manera reducir la cantidad de paros o micro paros en todos los procesos realizados en la empresa.

## **2.5 Objetivos**

Según Galpin (2013) "La falta de objetivos origina problemas. Sin objetivos claros, las personas normalmente harán lo siguiente: vagar sin metas"

### **2.5.1 Objetivo General**

Desarrollarse como ingeniero mecatrónico en el área de planeación de mantenimiento.

### **2.5.2 Objetivos Específicos**

- Determinar la causa raíz que permiten micro-paros por alarma de nivel de agua en Caldera de Biomasa.
- Establecer un plan de mantenimiento para robots FANUC de las maquinas embolsadoras en las líneas de producción PT1 y PT2 en la planta EXTRUDER.
- Deducir posibles mejoras en el registro y plan de mantenimiento para lograr una mayor eficiencia en las tareas de mantenimiento realizadas.

### **III. MARCO TEÓRICO**

#### **3.1 Mantenimiento**

Mantenimiento en las plantas de producción de cualquier rubro, es uno de los departamentos más indispensables. Cada máquina utilizada en la industria está elaborada mediante varios componentes mecánicos, componentes eléctricos y, las maquinas recientes componentes electrónicos. Estos componentes se encuentran diseñados para funcionar en un rango de condiciones específico, condiciones como temperaturas y presiones muy altas, demasiada fricción o voltajes muy bajos pueden afectar el correcto funcionamiento de las máquinas.

Las maquinas requieren de un mantenimiento constante para cumplir su función de la manera en que fueron diseñadas y de una forma eficiente.

##### **3.1.1 Tipos de Mantenimiento**

###### **3.1.1.1 Mantenimiento Preventivo**

El mantenimiento preventivo se refiere a conocer el estado actual de los equipos a manera de evitar que ocurran averías frecuentemente. Al evitar averías también se reduce la cantidad de veces que es necesario detener la producción mientras se realiza el mantenimiento correctivo.

Este tipo de mantenimiento se planifica de manera sistemática. Se programa de acuerdo a las horas de funcionamiento de la máquina desde su instalación o por periodos específicos de tiempo. Es posible establecer este tipo de mantenimiento solo si se tiene un registro del tiempo que tardan los componentes más importantes en averiarse.

###### **3.1.1.2 Mantenimiento Correctivo**

Según García Garrido (2012):

No es posible gestionar adecuadamente un departamento de mantenimiento si no se establece un sistema que permita atender las necesidades de mantenimiento correctivo (la reparación de averías) de forma eficiente. De poco sirven nuestros esfuerzos para tratar de evitar averías si, cuando éstas se producen, no somos capaces de proporcionar una respuesta adecuada (p.57).

El mantenimiento correctivo se refiere esencialmente a la reparación de fallas en el momento en que estas se presentan, en otras palabras arreglar lo que se rompe.

La ejecución de este tipo de mantenimiento usualmente requiere paralizar la producción, generando pérdidas por el tiempo invertido y los gastos de la reparación. Para minimizar el impacto sobre el proceso de producción es necesario contar con técnicos de mantenimiento disponibles y los repuestos requeridos para reparar las averías en el menor tiempo posible.

### 3.1.1.3 Mantenimiento Predictivo

“El mantenimiento predictivo consiste en el conocimiento permanente del estado y operatividad de los equipos, mediante la medición de determinadas variables. El estudio de los cambios en estas variables determina la actuación o no del mantenimiento correctivo” (Navarro Elola, Pastor Tejedor, & Mugaburu Lacabrera, 1997).

El objetivo de este tipo de mantenimiento es relacionar una variable física con el estado en el que se encuentra la máquina a fin de predecir cuándo empieza a fallar. Este tipo de mantenimiento se desarrolla mediante diferentes estudios, dependiendo del tipo de máquina, como termografías, ultrasonidos, análisis de vibraciones, análisis de combustión, etc.

### **3.1.2 Mantenimiento en Alcon**

El plan de mantenimiento de Alcon consta de un programa de inspecciones de acuerdo a las necesidades de cada equipo, inspecciones mensuales de dispositivos críticos y un sistema de permisos para tareas que involucran un riesgo para el personal.

### 3.1.2.1 S.O.P.

SOP (Standard Operation Procedure) se refiere a los procesos establecidos para realizar una tarea determinada. Estos procedimientos están enfocados a la realización de tareas de una forma segura y estandarizada.

### 3.1.2.2 P.J.H.A.

PJHA (Pre Job Hazzard Analysis) es un análisis de riesgo previo a la realización de una tarea. Este se evalúa mediante un formato, como se observa en la ilustración 3, en el cual se detallan las posibles consecuencias que pueden resultar del manejo inadecuado de la seguridad en una tarea. Estas tareas incluyen trabajos en altura, trabajos de soldadura, trabajos eléctricos, bloqueo y etiquetado, entrada en espacios confinados, entre otros.

<p>Cambio donos de medición en Pellet 400 Superior.</p>		<input type="checkbox"/> PERMISO REQUERIDO TRABAJO EN ALTURA <input type="checkbox"/> PERMISO REQUERIDO TRABAJO DE SOLDADURA <input type="checkbox"/> PERMISO REQUERIDO ENTRADA EN ESPACIOS CONFINADOS		<input type="checkbox"/> PERMISO REQUERIDO MONTAJE Y ELEVACIÓN DE CARGAS <input type="checkbox"/> BLOQUEO Y ETIQUETADO (AISLAMIENTO ENERGÍA) <input type="checkbox"/> PERMISO REQUERIDO TRABAJO DE EXCAVACIÓN Y EN ZANJAS		<input type="checkbox"/> MATERIALES PELIGROSOS <input checked="" type="checkbox"/> TRABAJOS ELÉCTRICOS <input type="checkbox"/> PERMISO REQUERIDO ALMACENAMIENTO Y MANIPULACIÓN DE MATERIALES O OBJETOS		<input type="checkbox"/> EQUIPOS MÓVILES A MOTOR <input type="checkbox"/> VEHÍCULOS DE MOTOR: SEGURIDAD VIAL <input type="checkbox"/> SEGURIDAD FERROVIARIA (MOVIMIENTO DE VAGONES)								
<p>Área de Trabajo: <u>Balancado</u></p> <p>Hora de Inicio: <u>11:30am</u></p> <p>Hora Final: <u>6:00 p.m.</u></p>	<p>Fecha: <u>24/06/18</u></p>	<p>Departamento / Centralista: <u>AINSA</u></p> <p>Líder del Trabajo: <u>David Ortega</u></p>		<p>Pueden aplicar otros permisos, como: Permiso de cambio en el sistema eléctrico, Permiso de salto de línea o línea rota, CSD permiso de by pass en dispositivos críticos de seguridad.</p>		<p>E. Medidas de Control (referirse a la página 2 o al personal).          Consulte la jerarquía de control para eliminar SIF que no pueda ser eliminada con los controles de CTR/SIF.</p>										
<p>C. Desglose de tareas paso a paso e identificación del paso crítico de la tarea</p> <p>Use hojas adicionales si este lugar no es suficiente para enumerar TODOS los pasos de la tarea.</p>		<p>D. Identificación del Peligro. (Referirse a la página 2)</p> <p>En este columna registre el tipo de los rasos, las consecuencias y las tiempos de error</p>		<p>Shock electrica</p> <p>Cuolpes, machucanos</p> <p>Resbalanos y tropelonas</p> <p>Caidas a un mismo nivel</p>		<p>Fpp. adecuada a la tarea realizar.</p> <p>Epp: Guantes, Gafas, Casco, Zapatos con Curo.</p> <p>Trancado y etiquetado</p> <p>ojos y mente en la tarea</p> <p>orden y limpieza.</p>										
<p>1. Desconectar y apagar fuente de energía de Pellet 400 Superior</p> <p>2. Colocar LOTO</p> <p>3. Desconectar líneas en arrancador SVOVE</p> <p>4. Mover donos de medición</p> <p>5.</p> <p>6.</p> <p>7.</p> <p>8.</p>		<p>Marque * detrás del paso de la tarea para indicarlo como "PASO CRÍTICO DE TAREA"</p>		<p>Puede ser por consecuencia / fatalidad / lesión SIF</p>		<p>Peor escenario:</p> <p>CRITERIOS DE DETENCIÓN: Si una actividad / condición insegura ocurre puede causar lesiones o daños a la propiedad, o los pasos o secuencia del trabajo no son los mismos identificados en el PJHA, o la tarea cambia o no sigue el PJHA aprobado (por ejemplo, alcance del trabajo, ubicación, método de trabajo, duración, número de personal que trabajan, condiciones locales, Otros)</p>										
<p>F. Preparación en caso de emergencia para el peor escenario</p> <p>ERT1: Equipo de rescate requerido</p> <p>Ubicación de mandos de emergencia más cercanos</p> <p>Ubicación de armas de incendio</p> <p>Ubicación de los dispositivos de emergencia más cercanos (extintor, Kit de derrames, botiquín de primeros auxilios)</p> <p>Número de Emergencia en la Localidad</p>		<p>G. Cierre de sesión para la aprobación (Después de la validación)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Roles &amp; Posiciones</th> <th>Nombre &amp; Firma</th> <th>Hora</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Líder del Tarea</td> <td><u>David Ortega</u></td> <td><u>11:30am</u></td> </tr> <tr> <td>Rep. de Cargo (PJHA Champion / PJHA Champion)</td> <td><u>Santos Flores</u></td> <td><u>11:30am</u></td> </tr> </tbody> </table>		Roles & Posiciones	Nombre & Firma	Hora	Líder del Tarea	<u>David Ortega</u>	<u>11:30am</u>	Rep. de Cargo (PJHA Champion / PJHA Champion)	<u>Santos Flores</u>	<u>11:30am</u>	<p>H. Firma de las personas que realizaron la tarea.</p> <p>Julio Guillen          Morlon Rodriguez</p> <p>Verificación validada (SIF) CHECKED          PDI: Cde de Planta o representante</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> TODOS LOS TRABAJADORES / EMPLEADOS ESTÁN CALIFICADOS Y CUENTAN CON EXPERIENCIA PARA REALIZAR LAS TAREAS.</p>			
Roles & Posiciones	Nombre & Firma	Hora														
Líder del Tarea	<u>David Ortega</u>	<u>11:30am</u>														
Rep. de Cargo (PJHA Champion / PJHA Champion)	<u>Santos Flores</u>	<u>11:30am</u>														
<p>Seguridad ante las Ganancias; Ningún trabajo es tan importante que no pueda realizarse de manera segura;</p>																

**Ilustración 3 - Formato de PJHA, Planta Alcon**

Fuente: Elaboración Propia

Además de este formato de PJHA para los trabajos de soldadura y trabajos en altura existe otro formato que se debe analizar, el cual incluye consideraciones específicas para estas tareas como ventilación y protección contra quemaduras en el caso de soldadura y ubicación de puntos de apoyo en el caso de trabajos en altura.

### 3.1.2.3 Inspecciones

En Alcon, se planifican tanto inspecciones rutinarias de cada equipo como inspecciones mensuales de dispositivos críticos.

El seguimiento de los equipos y su mantenimiento se realiza mediante un programa de mantenimiento, el cual es propiedad de Cargill. Este se llama MMV2 (Maintenance Manager Version 2). En este programa se encuentra la base de datos de los equipos de las plantas y su planificación de mantenimiento de acuerdo a los tiempos especificados por el fabricante.

Saul

### Dispositivos Críticos de Seguridad Inspección de Lámparas de Emergencia

ITEM	UBICACIÓN	Buena	Mala	Se Reparo (si/no)
1	En Área de Rampla. Sobre Oficina de Logística.	✓		
2	Sobre Entrada a Área de Almacén de Arinas.	✓		
3	Sobre Puerta de Farmacia Frente a Estante de Vitaminas.	✓		
4	Sobre Puerta de Farmacia Parte de Adentro.	✓		
5	Sobre Puerta de Entrada a Mezclado.	✓		
6	Dentro de Oficina de Mezclado.	✓		
7	Sobre Puerta de Acceso a Molino 200 y 100.	✓		
8	Área de Pellet de Camaron.	✓		
9	Área Frente a Embolsadora Inglett.	✓		
10	Sobre el Reloj de la Planta.	✓		
11	Área de Embolsadora Crhonos.		X	
12	Sobre Puerta de Entrada a Oficina de Supervisión.	✓	X	
13	Sala de Conferencia Feed.	✓		
14	Bodega de Vitaminas Climatizada. 2 Lámparas	✓	✓	
15	Baño de Damas Dentro de la Planta. 2 Lámparas	✓	✓	
16	Baño de Hombres Dentro de la Planta.	✓	✓	
17	MCC de Planta, P/A.	✓		
18	MCC DE Plnata, P/B.	✓		
19	Entrada a Bodegas de soya.	✓		
20	Entrada a MCC de los Silos.	✓	X	
21	Dentro del MCC de los Silos.		X	
22	Generador 750KW.	✓		
23	Oficina de Recibo.	✓		
24	MCC Generador 800kw.	✓		
25	MCC Generador 1200Kw.	✓		
26	Oficina de Guardias Peatonal.	✓		
27	Área de Despacho a Granel (Camiones)	✓		
28	Sobre la Escalera Para Bajar al Sotano de P/A	✓		
29	Sobre la Enfriadora 500 de Camaron, Sotano P/A		X	
30	Sobre el Catwat de Mecanizada Subterránea 1 Sotano P/A	✓		
31	Sobre el Catwat del Transportador 203, Sotano P/A.		X	
32	Sobre la Bota de los Elevadores 1 y 3, Sotano P/B.	✓		
33	A la par de la Bota de Elevador 204, Sotano P/B.	✓		
34	Área de Tolvas de Descarga a Transp 192 y 195 Sotano P/B	✓		
35	Frente de la Escaleras que Conducen al Sotano de P/B.		X	si

Comentarios

Tiempo utilizado: 3 horas

Realizado por: Saul Pineda

Aprobado por: Santos Flores

Nota: Áreas con lamp de emerg. no agregadas en lista

Fecha: 20-07-18

#### **Ilustración 4 - Formato de Inspección de un Dispositivo Crítico**

Fuente: Elaboración Propia

El seguimiento de los dispositivos críticos se lleva de manera separada al programa MMV2, debido a que este tipo de inspecciones requiere más atención que las demás. Los dispositivos críticos de seguridad son equipos que en caso de falla puede resultar en fatalidad o detener la producción completamente. Estos dispositivos incluyen lámparas de emergencia, trampas de vapor, sensores de baja velocidad en elevadores, entre otros.

#### 3.1.2.4 Ordenes de Trabajo

En todo programa de mantenimiento es necesario dar un seguimiento al trabajo realizado y de esta manera determinar la cantidad de personas requeridas para realizar las actividades de mantenimiento. En Cargill esto se maneja en el programa de mantenimiento MMV2. Este programa cuenta con un registro de los trabajos realizados en el mes. Los trabajos son asignados por los supervisores a los técnicos. Una vez impresa la orden de trabajo esta es entregada al técnico que realizara la tarea, una vez finalizada esta la firma y se la entrega al supervisor. Estas órdenes de trabajo se archivan detallando el costo y tiempo de realización de la tarea de mantenimiento.

### 3.2 Caldera

“Caldera.-Es todo aparato a presión en donde el calor procedente de cualquier fuente de energía se transforma en utilizable, en forma de calorías, a través de un medio de transporte en fase líquida o vapor” (Lutech, 2009, p. 7).

Una caldera es una máquina compuesta básicamente de un recipiente cerrado cuyo propósito es calentar agua o producir vapor. Su funcionamiento consiste en una cámara donde se mezcla el comburente con el combustible resultando una liberación de energía térmica mediante el proceso conocido como combustión.

La transferencia de calor tiene un papel muy importante en la industria, desde los procesos asociados a la generación de energía térmica (combustión fósil, fusión y fisión nuclear, calderas de biomasa, hornos solares, etc.) hasta todos los procesos para su aprovechamiento (Montes Pita, Muñoz Domínguez, & Rovira de Antonio, 2014, p.23).

#### 3.2.1 Combustible

El combustible es un material capaz de liberar energía en forma de calor cuando reacciona con el oxígeno, transformando su estructura química. Los combustibles son sustancias susceptibles a quemarse.

##### 3.2.1.1 Características de los Combustibles

Todos los combustibles poseen una serie de características de interés.

#### 3.2.1.1.1 Poder Calorífico

Se refiere a la cantidad de energía que es capaz de producir una unidad de combustible en su combustión completa. Este se mide en kWh/kg, para los combustibles sólidos y líquidos, y en kWh/Nm<sup>3</sup> para combustibles gaseosos.

#### 3.2.1.1.2 Composición

“La cantidad de calor desprendido por la combustión completa de la unidad de masa de un cuerpo no depende más que de la composición química del combustible”

(Míguez Gómez, 2013, p. 147).

Examinando la composición de un combustible es posible determinar las características de su combustión así como prever la posible emisión de productos nocivos para el ambiente. Contienen en su composición una serie de elementos químicos que rigen su comportamiento en el proceso de combustión. Son los siguientes:

- **Carbono (C) e Hidrógeno (H):** son los componentes principales para la obtención de energía térmica. Se pueden encontrar en forma libre o combinados en forma de hidrocarburos.
- **Azufre (S):** Este produce compuestos perjudiciales para el medio ambiente durante el proceso de combustión. Debido a esto, se exige cada vez más su reducción en los combustibles.
- **Oxígeno (O):** Este se encuentra presente ya sea combinado con el carbono y el hidrógeno o en forma libre.

#### 3.2.1.1.3 Peso específico y Densidad

- **Peso Específico:** se define como la relación entre el peso y el volumen del combustible en ciertas condiciones de temperatura y presión.
- **Densidad:** se define como la relación.

#### 3.2.1.1.4 Contenido de Azufre

Es importante conocer el contenido de azufre para tomar en cuenta la cantidad de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) que aparecerá como producto de la combustión. Durante el proceso de combustión el azufre reacciona con el oxígeno formando dióxido de azufre. Este dióxido

de azufre luego se hidroliza en la atmósfera produciendo ácido sulfúrico, el responsable de la denominada lluvia ácida.

### 3.2.1.2 Clasificación de los Combustibles

#### 3.2.1.2.1 Combustibles Sólidos

Estos combustibles se caracterizan principalmente por mantener una forma y volumen definidos.

El proceso de combustión de un sólido incluye una fase de secado, en la cual se evapora la humedad contenida en el combustible, elevando la temperatura del combustible hasta la temperatura de pirolisis. Durante la pirolisis del combustible se produce la descomposición térmica del mismo, produciendo volátiles en forma gaseosa y componente carbonosa. Por último ocurre un proceso de oxidación basado en la difusión del comburente en la matriz carbonosa.

#### 3.2.1.2.2 Combustibles Líquidos

Su característica fundamental es que no poseen una forma definida, aunque si mantienen un volumen determinado. Por su característica líquida, en este tipo de combustible es necesario producir una evaporación del líquido para facilitar la reacción combustible – comburente.

Al momento de la combustión, el combustible se pulveriza al entrar en la cámara de combustión, es decir se producen gotas del menor diámetro posible con el propósito de incrementar la superficie de contacto entre el combustible y el comburente. En estas gotas se produce una evaporación del combustible a su alrededor donde se produce la combustión. Para evitar una mala combustión debido a pulverización inadecuada (se producen gotas demasiado grandes), los combustibles líquidos se presurizan previo a su mezcla, introduciéndose a la cámara de combustión mediante inyectores.

#### 3.2.1.2.3 Combustibles Gaseosos

Se caracterizan por tener una forma y volumen variables y ejercen presión sobre las paredes que lo contienen. Al diferencia de los sólidos y líquidos, los gases son

compresibles por lo tanto al indicar su volumen es necesario conocer la presión y temperatura a la que se ha medido.

### **3.2.2 Tipos de Calderas**

La clasificación principal de las calderas se realiza en función del paso de fluido a través de los tubos de intercambio.

#### **3.2.2.1 Calderas Acuotubulares**

Son calderas en las cuales el fluido de trabajo se desplaza por el interior de los tubos durante su calentamiento y los gases de combustión circulan alrededor de dichos tubos.

Este tipo de calderas se aplican usualmente cuando se requieren presiones sobre los 22 bar. Las exigencias de la calidad de agua de alimentación para este tipo de caldera son superiores al requerido por otro tipo. Por su diseño estas calderas tienen un bajo volumen de agua.

#### **3.2.2.2 Calderas Piro-tubulares**

En este tipo de calderas los gases de combustión circulan dentro de los tubos y el líquido se encuentra en un contenedor atravesado por dichos tubos.

Estas calderas poseen un gran volumen de agua debido a su diseño. Esta ventaja les permite adaptarse mejor a las variaciones de la instalación que las calderas acuotubulares. El vapor producido por estas calderas posee bajo contenido de agua por unidad de masa, resultando innecesaria la instalación de equipos auxiliares.

Las exigencias de la calidad de agua de alimentación son menores comparados con las requeridas por las acuotubulares.

### **3.2.3 Quemador**

Una combustión incompleta libera menos energía y además se corre el riesgo de producir un gas tóxico e inflamable (CO). Para evitar esto se procura obtener una combustión con exceso de aire, lo cual ocasiona un impacto en el rendimiento de la combustión. Por lo

tanto se requiere un ajuste equilibrado entre rendimiento y emisiones de CO, esto se logra a través de un buen control de un quemador en una caldera industrial.

### 3.2.4 Mantenimiento de Caldera

El mantenimiento preventivo implementado en una caldera nos ayuda a afrontar ciertos riesgos que conllevan un mal funcionamiento de las calderas. Aun con la caldera funcionando, la ausencia o mal mantenimiento puede ocasionar un aumento en el coste energético porque no se alcance un rendimiento óptimo.

“Fundamentalmente la acción del agua sobre los distintos sistemas tiene dos efectos perjudiciales: corrosión y formación de depósitos” (García Garrido, 2007, p. 183)

### 3.2.3 Caldera de Biomasa en Alcon, Cargill de Honduras

El complejo de plantas de producción de Alcon requiere un suministro de vapor para todas sus plantas. Para cumplir con este requisito, cuenta con 3 calderas de Bunker marca Cleaver Brooks y una caldera de biomasa marca L. Sole.

**Tabla 1 - Comparación de Precio de Combustibles por MWh**

Diesel	99,88 USD\$
Gas	86,93 USD\$
Fuel	85,81 USD\$
Pellet	47,70 USD\$
Biomasa	23,04 USD\$

Fuente: Sitio oficial de LSole

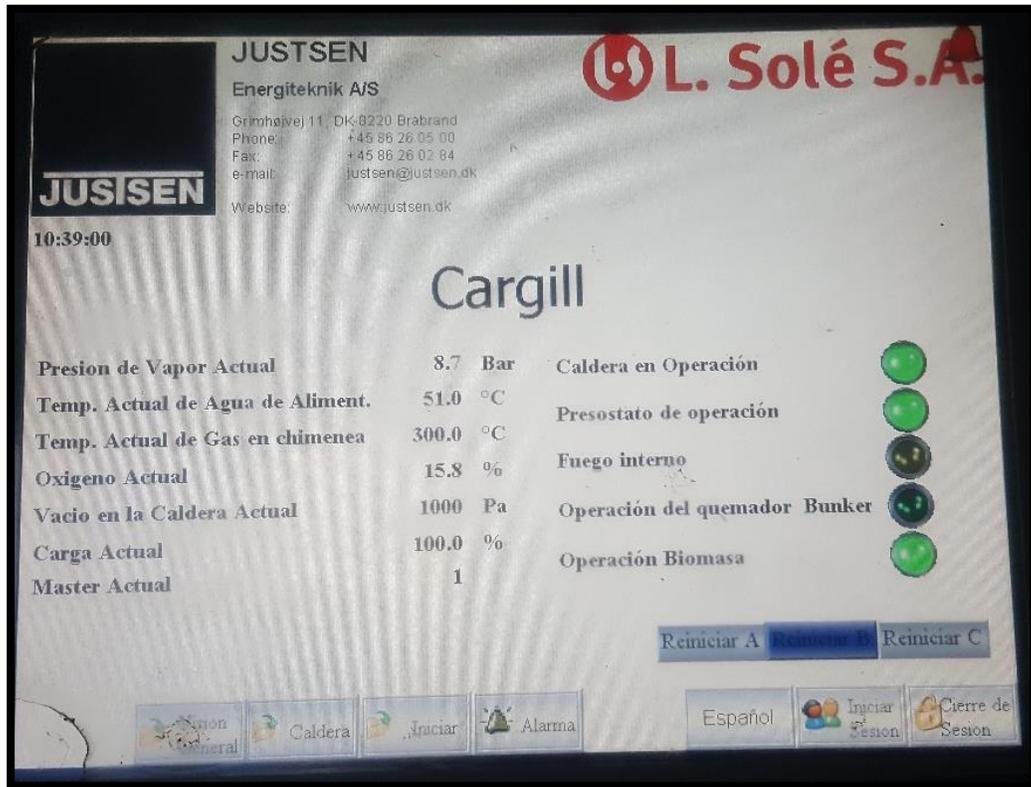
La razón de utilizar una caldera de biomasa en lugar de una caldera de combustibles fósiles es la relación de precio entre estos combustibles. Una caldera de biomasa requiere de una inversión inicial mayor, sin embargo el costo de la biomasa es bastante reducido comparado con los otros combustibles disponibles, como se puede observar en la Tabla 1.



***Ilustración 5 - Caldera de Biomasa en Alcon***

Fuente: Sitio oficial de LSole

La fuente principal de vapor es la caldera de biomasa, mostrada en la ilustración 5 (actualmente la caldera es de color azul). Esta es una caldera pirotubular, diseñada para trabajar específicamente con biomasa, en Alcon se utiliza vuruta o restos de madera como biocombustible. Cuenta con una capacidad máxima de producción de vapor de 5 Ton/h y su presión normal de trabajo es de 8.0 Bar.



**Ilustración 6 - HMI de Panel en Caldera de Biomasa**

Fuente: Elaboración Propia

La caldera cuenta con un sistema automatizado para el control y monitoreo de los procesos indispensables para su funcionamiento. Estos incluyen el sistema de suavizado de agua, temperatura de agua de alimentación, presión de salida de vapor y alimentación de combustible.

En la ilustración 6 se puede observar la pantalla principal de la HMI, la cual muestra medidores de interés. La ilustración 7 muestra una vista del sistema de alimentación de combustible automático de la caldera, que consta de dos tolvas y una banda transportadora hacia la caldera.



***Ilustración 7 - Sistema Automático de Alimentación de Biomasa***

Fuente: Elaboración Propia

La medición del nivel de agua de alimentación se realiza mediante un sistema de electrodos y un controlador de nivel de agua modelo LC1350 marca Spirax Sarco, el cual se puede observar en la ilustración 8.

Los electrodos de nivel mínimo, bajo, alto y máximo van conectados directamente al controlador y el controlador transmite una señal al PLC para que este pueda percatarse de cuándo debe encender o apagar la bomba de agua que llena el tanque. Además este controlador cuenta con 2 alarmas, una para nivel mínimo y otra para nivel máximo.



***Ilustración 8 - Controlador de Nivel de Agua utilizado en Caldera de Biomasa***

Fuente: Sitio Oficial de Spirax Sarco.

### **3.3 Embolsadora Automática Premier Tech**



***Ilustración 9 - Embolsadora Automática Premier Tech Chronos, Modelo PTH900***

Fuente: Sitio Oficial de Premier Tech Chronos.

En la planta Extruder de Alcon se encuentran dos líneas de producción. PT1 es la línea de Pet Food, donde se produce Dogui y Gati. PT2 es la línea de producción Mixta, donde se procesa diversos alimentos concentrados para animales.

Ambas líneas de producción cuentan con un sistema automático para el proceso de embolsado de alimento. En la ilustración 9 se puede apreciar la embolsadora automática modelo PTH-900 de la Línea PT1. La línea PT2 cuenta con una embolsadora similar modelo PTW-1200.

Estas consisten básicamente de una tolva por la cual desciende el producto, un mecanismo para el transporte y apertura de las bolsas en base a pistones neumáticos, una báscula para el llenado de las bolsas en base al peso deseado y un robot FANUC para el sellado de las bolsas y su colocación en la banda transportadora de salida.

Aunque estas máquinas son de modelos distintos, los brazos robóticos utilizados son idénticos y requieren el mismo plan de mantenimiento. Esto se debe a que ambos brazos robóticos cumplen la misma función dentro de las máquinas embolsadoras.

## IV. METODOLOGÍA

Según la Universidad Andrés Bello (2007):

Las variables se pueden definir como todo aquello que vamos a medir, controlar, y estudiar en una investigación o estudio. Por lo tanto, es importante, antes de iniciar una investigación, que sepamos cuáles son las variables que vamos a medir y La manera en que lo haremos. Es decir, las variables deben ser susceptibles de medición.

### 4.1 Variables de Investigación

“Conociendo el campo científico o tecnológico y las variables que intervienen, es usualmente fácil determinar los datos necesarios para atacar el problema” (Cegarra Sánchez, 2004).

#### 4.1.1 Variables Dependientes

Este estudio consta de dos variables dependientes: frecuencia de disparo de alarma de bajo nivel y planificación de mantenimiento de los robots FANUC.

#### 4.1.2 Variables Independientes

Las variables que afectan la frecuencia de disparo de la alarma son:

- Conductividad entre los Electrodo y los Cables de Señal
- Conductividad del Agua en el tanque
- Estado del Controlador de Nivel de Agua LC1350

Las variables que afectan la planificación de mantenimiento son:

- Tipo de sistema empleado en el funcionamiento de la máquina
- Cantidad de horas de trabajo diarias

### 4.2 Enfoque y Métodos

El método científico es el procedimiento planteado que se sigue en la investigación para descubrir las formas de existencia de los procesos objetivos, para desentrañar sus conexiones internas y externas, para generalizar y profundizar los conocimientos así adquiridos, para llegar a demostrarlos con rigor racional y para comprobarlos en el experimento y con las técnicas de su aplicación. (Ruíz, 2007)

La investigación de la causa de la alarma de bajo nivel de agua se ejecutó utilizando un enfoque cualitativo. Se verificó el correcto funcionamiento de los distintos elementos que afectan tanto la detección como las alarmas de nivel bajo y alto de agua. Además de los instrumentos de medición y control se verificaron otras posibles causas ambientales que podían influir sobre esta falla.

### 4.3 Técnicas e Instrumentos Aplicados

Para el estudio sobre la alarma de bajo nivel se utilizó un multímetro para verificar la conductividad de los electrodos y las conexiones en el panel eléctrico. Se recurrió al manual de operación del controlador de nivel de agua LC1350 para corroborar sus conexiones y que las condiciones estuviesen dentro de los intervalos aceptables.

Para la elaboración del plan de mantenimiento a los robots FANUC se utilizó el manual de operación y mantenimiento de la embolsadora automática. El uso del programa de mantenimiento MMV2 también fue de vital importancia ya que este se encarga de incluir el mantenimiento de los robots en el calendario de inspecciones.

### 4.4 Fuentes de Información

Manual de Operación y Mantenimiento de Embolsadora Automática Premier Tech Chronos PTH-900.

Manual de Instalación y Mantenimiento del Controlador de Nivel de Agua LC1350.

Programa de Mantenimiento de Cargill, MMV2.

### 4.5 Cronograma de Actividades

**Tabla 2 - Cronograma**

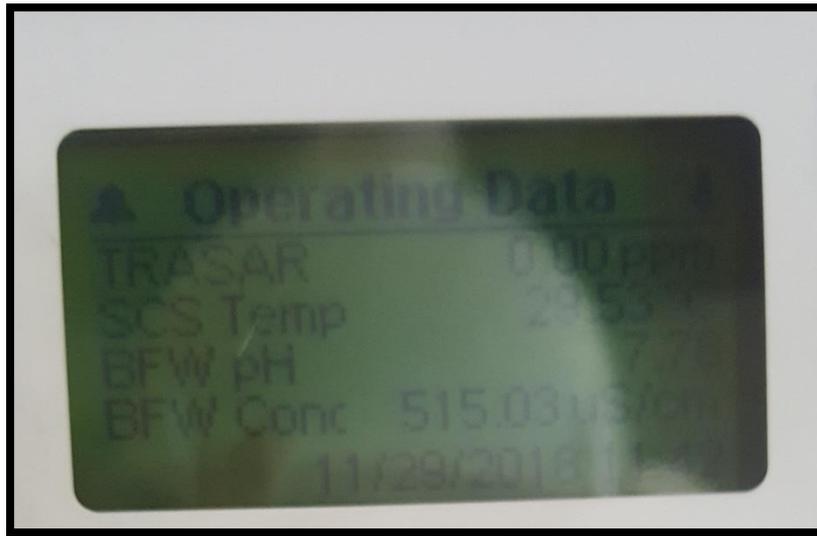
Actividades Realizadas	Semanas																																																	
	Semana 1				Semana 2				Semana 3				Semana 4				Semana 5				Semana 6				Semana 7				Semana 8				Semana 9				Semana 10													
	L	M	Mi	J	V	L	M	Mi	J	V	L	M	Mi	J	V	L	M	Mi	J	V	L	M	Mi	J	V	L	M	Mi	J	V	L	M	Mi	J	V	L	M	Mi	J	V	L	M	Mi	J	V					
Uso de MMV2	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Organizar Rutinas Diarias	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Inspecciones de MMV2																																																		
Reporte de Mantenimiento Preventivo y Correctivo																																																		
Identificación de problema de alarma de bajo nivel																																																		
Identificación de posibles causas, alarma de bajo nivel																																																		
Ejecución de pruebas de elementos en alarma de bajo nivel																																																		

## V. RESULTADOS Y ANÁLISIS

### 5.1 Alarma de Bajo Nivel

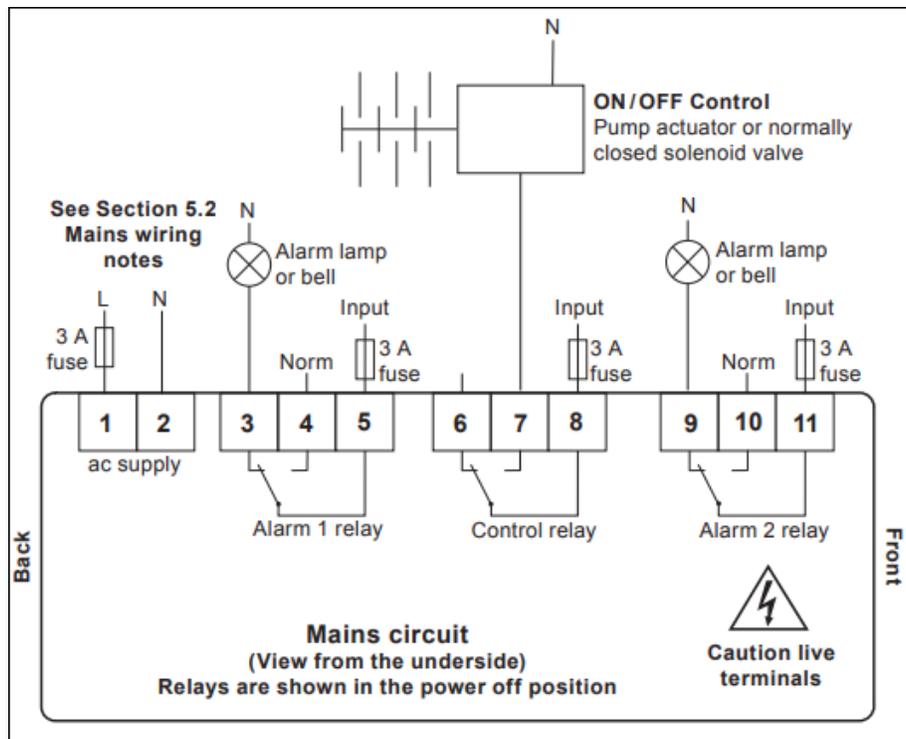
El disparo de la alarma por bajo nivel de agua en la caldera de biomasa es un suceso que ocurría con mucha frecuencia cada día. Luego de Inspeccionar el tanque de agua de alimentación el personal se percató que en realidad era una falsa alarma ya que el nivel de agua en realidad no se encontraba en su nivel mínimo.

Para determinar la causa de la falsa alarma se comenzó examinando el sensor en sí. El sensor se compone de 4 electrodos que hacen contacto entre ellos de acuerdo al nivel del agua, estos electrodos pasan por un conector ubicado sobre el sensor. Se verifico que existiera continuidad entre cada electrodo y su conexión. Además se verifico que la conductividad del agua cumpliera con los requisitos del manual. Como se observa en la ilustración 10 la medida de conductividad es de 515 uS, lo cual está sobre el valor mínimo de 1 uS que especifica el manual.



**Ilustración 10 - Pantalla de Monitoreo de Agua Suavizada**

Fuente: Elaboración Propia



**Ilustración 11 - Diagrama de Conexión de Controlador de Nivel LC1350**

Fuente: Sitio Oficial de Spirax Sarco

Para comprobar las conexiones del controlador se tomó como referencia el diagrama de la ilustración 11, encontrado en el manual del controlador. Las medidas de voltaje y continuidad en las conexiones del controlador dieron como resultado que todo estaba en orden.

Por último se exploró una opción del controlador que consiste en establecer un retardo de 2, 4, 8 o 16 segundos para la detección de condiciones que generan una alarma. Esta opción se utiliza para mitigar el efecto de burbujas dentro del tanque o lecturas falsas por alguna inferencia. Luego de establecer este retardo a 16 segundos, el problema dejó de persistir.

## 5.2 Plan de Mantenimiento

Incluir un nuevo equipo en el plan de mantenimiento se realizó mediante el programa MMV2. Para esto se tomó en cuenta que el robot FANUC es un sistema electromecánico, es decir está compuesto por una parte eléctrica y otra mecánica.

El mantenimiento mecánico requiere inspeccionar lo siguiente:

- Balineras
- Bandas
- Poleas
- Reductor
- Niveles de Aceite
- Lubricación
- Tornillos y Tuercas

El mantenimiento eléctrico requiere inspeccionar lo siguiente:

- Estado de Conectores
- Cables de Alimentación
- Cables de Señal en Cada Eje
- Limpieza de Placa Electrónica de Control

Para asignar el tipo de inspección, así como la frecuencia con la cual deben repetirse se tomó en cuenta las sugerencias en la sección de mantenimiento del robot FANUC en el manual de la embolsadora automática Premier Tech Chronos.

## **VI. CONCLUSIONES**

A palabras de Godoy (2011): "Una conclusión, es una proposición que se mantiene con razonamientos" (p. 14).

- Se determinó la causa raíz que ocasionaba una falsa alarma de bajo nivel de agua en el tanque de alimentación de la caldera de biomas. Incluyendo un retardo programado en el controlador se logró evitar interferencias en la lectura del sensor.
- Se estableció un programa de mantenimiento para los robots FANUC de las embolsadoras de las líneas de producción PT1 y PT2 con el apoyo del programa MMV2.
- Se observaron posibles mejoras en el plan de mantenimiento como ser la inclusión del seguimiento de consumo diario, seguimiento de repuestos y distribución de trabajo.

## **VII. RECOMENDACIONES**

### **7.1 Recomendaciones a la Empresa:**

- Distribuir el trabajo tomando en cuenta la cantidad de personas disponibles por planta para realizar mantenimiento preventivo y correctivo.
- Realizar una revisión del programa de inspección de dispositivos críticos mensualmente.
- Incluir un proceso de secado para la biomasa previo a su utilización como combustible en la caldera de biomasa.

### **7.2 Recomendaciones a la Universidad**

- Reforzar la adquisición de instrumentos para el aprendizaje de funcionamiento y mantenimiento de calderas.
- Incluir más visitas técnicas a ambientes industriales en la planificación de las clases.
- Motivar a los alumnos a involucrarse más en el aprendizaje de la implementación de nuevas tecnologías en las diversas áreas de estudio de la carrera.

## BIBLIOGRAFÍA

- Cegarra Sánchez, J. (2004). *Metodología de la investigación científica y tecnológica*. Madrid, SPAIN: Ediciones Díaz de Santos. Recuperado de <http://ebookcentral.proquest.com/lib/bvunitecvirtualsp/detail.action?docID=31713>  
39
- Galpin, T. J. (2013). *Fijando objetivos*. Madrid, SPAIN: Ediciones Díaz de Santos. Recuperado de <http://ebookcentral.proquest.com/lib/bvunitecvirtualsp/detail.action?docID=32286>  
68
- García Garrido, S. (2007). *Control químico de aguas de caldera y de refrigeración de centrales de ciclo combinado*. Madrid, SPAIN: Ediciones Díaz de Santos. Recuperado de <http://ebookcentral.proquest.com/lib/bvunitecvirtualsp/detail.action?docID=32023>  
71
- García Garrido, S. (2012). *Mantenimiento programado en centrales de ciclo combinado* (Díaz de Santos). Madrid, España.
- Godoy, E. (2011). *Cómo hacer una tesis*. Buenos Aires, ARGENTINA: Valletta Ediciones. Recuperado de <http://ebookcentral.proquest.com/lib/bvunitecvirtualsp/detail.action?docID=32034>  
46
- Lutech, L. (2009). *Energía térmica*. Recuperado de <http://ebookcentral.proquest.com/lib/bvunitecvirtualsp/detail.action?docID=31802>  
88

Míguez Gómez, C. D. (2013). *La eficiencia energética en el uso de la biomasa para la generación de energía eléctrica: optimización energética y exergética*. Madrid, UNKNOWN: Universidad Complutense de Madrid. Recuperado de <http://ebookcentral.proquest.com/lib/bvunitecvirtualsp/detail.action?docID=47221>  
64

Montes Pita, M. J., Muñoz Domínguez, M., & Rovira de Antonio, A. (2014). *Ingeniería térmica*. Madrid, SPAIN: UNED - Universidad Nacional de Educación a Distancia. Recuperado de <http://ebookcentral.proquest.com/lib/bvunitecvirtualsp/detail.action?docID=32268>  
95

Navarro Elola, L., Pastor Tejedor, A. C., & Mugaburu Lacabrera, J. M. (1997). *Gestión integral de mantenimiento*. España: Marcombo S.A.

Ruíz, R. (2007). El método científico y sus etapas. Recuperado 10 de junio de 2018, de <http://www.index-f.com/lascasas/documentos/lc0256.pdf>

Universidad Andrés Bello. (2007). Las Variables. Recuperado de <http://mey.cl/apuntes/variablesunab.pdf>