

**CALDERO INDUSTRIAL DE 15 HP COMO MÓDULO DIDÁCTICO EN EL ITSSB DE LA  
CIUDAD DE GUAYAQUIL**

**Autores:** Ing. Luis Maldonado<sup>1</sup>, Ing. Henry Salvatierra<sup>2</sup>, Ing. Manuel Flores<sup>3</sup>.

---

## **CALDERO INDUSTRIAL DE 15 HP COMO MÓDULO DIDÁCTICO EN EL ITSSB DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL**

### **RESUMEN**

Este estudio se refiere a un caldero pirotubular de 15 HP, sus equipos, ubicación planos eléctricos y repotenciación mediante la automatización, la instalación y puesta en marcha mejoraría el proceso de enseñanza para las 13 carreras que oferta ITSSB. Consta de un ablandador, economizador, tanques de almacenamiento y bombas para agua y combustible, por su tamaño el economizador o calentador se encuentra ubicado en la estructura del mismo caldero y la bomba de combustible instalada en la parte inferior del quemador, una instalación para caldero y sus equipos deben seguir normas internacionales como la Norma Colombiana Sismo Resistente NSR-98 y requisitos de instalación según la categoría de la caldera artículo 24º, se contempla como debe estar construida una sala de caldero, no importa su tamaño, hay que considerar paredes, piso, techo y ventilación. Se considera las seguridades para el manejo del diésel, este es el combustible que utiliza este caldero. El área que se considera para su instalación es el lugar donde se realiza comprobación de hermeticidad de compresores, se elaboran planos de ubicación y eléctricos, de cada uno de los equipos, tratando de aprovechar de mejor manera el espacio disponible. La automatización es un proyecto que servirá para mejor el funcionamiento del caldero, ya que el PLC es el que asume el control principal del funcionamiento, es el que comanda el arranque, operación normal y parada del caldero. Si existe alguna falla el PLC apagará los sistemas de alimentación de combustible y agua.

### **INTRODUCCIÓN**

La necesidad de satisfacer la creciente demanda de la población contribuyó al desarrollo industrial, este desarrollo industrial generó el descubrimiento y control de otros tipos de energía y su aplicación en máquinas destinadas a la producción lo que provocó una transformación técnica, económica, política y social, la creación de las nuevas máquinas fue la lógica consecuencia de importantes descubrimientos y avances de la mecánica, física y química que permitieron importantes avances en la industria.

Dionisio Papin en 1769, fue el primero en construir una pequeña caldera llamada marmita y que generaba vapor húmedo que es un vapor de baja temperatura y que al calentarse la marmita por la transferencia de energía esta dejaba de trabajar y dejaba de producir trabajo útil.

James Watt continuo con estas experiencias y completó en 1776 una máquina de vapor, fue el pionero en el diseño y construcción de calderas, el observo que se podía reemplazar la

fuerza animal y manual con fuerza mecánica, pero este cambio debería ser realizado a través de energía térmica que sería convertida en energía mecánica, de aquí nació la primera caldera y que posteriormente se desarrolló hasta lo que hoy conocemos.

El desarrollo de calderas lleva a su clasificación, esta es muy variada, pero hay una clasificación general que es de acuerdo a su diseño, calderas pirotubulares (humos dentro de los tubos) y acuotubulares (agua dentro de los tubos).

La necesidad de tener equipos como un caldero para enseñanza en los Institutos Tecnológicos es primordial, el sistema de enseñanza basado en las competencias resulta de las nuevas teorías cognoscitivas basadas en los saberes de ejecución o en otras palabras “aprender haciendo”, todo conocimiento implica un saber: saber pensar, saber interpretar, saber desempeñar y saber actuar en deferentes escenarios.

(CHOMSKY, 1985), a partir de las teorías del lenguaje instauro el concepto y define competencias como la capacidad y disposición para el desempeño y la interpretación educativa.

La educación basada en competencia (Holland 1966-97) se centra en las necesidades, estilos de aprendizaje, y potencialidades individuales para que el alumno llegue a utilizar con pericia las habilidades señaladas por el mundo laboral.

En otras palabras, la educación basada por competencias está relacionada directamente con las prácticas y que se enlazan con el conocimiento adquirido en las aulas, la teoría y la experiencia práctica son necesarios para la construcción o desempeño de algo.

En la enseñanza técnica los equipos e instrumentos de medición son muy necesario, la carencia de ellos lleva consigo una deficiencia en los conocimientos de los estudiantes. El caldero es un elemento de trabajo que permitirá una mejor enseñanza práctica, el conocimiento de la generación de vapor es muy importante, en la mayoría de las industrias tienen calderos y el conocimiento de la operación, uso, manejo, control de seguridad y cuidado del agua de alimentación, servirán para fortalecer su aprendizaje y que los tecnólogos sean más competitivos en el campo laboral

Los calderos son equipos que se utilizan en refrigeración en el ámbito de la climatización de espacios como oficinas, residencias, industrias, y en todos los lugares donde sea necesario mantener una temperatura controlada para el bienestar de las personas, además están presentes en casi todos los procesos industriales.

Esta carencia está superada en gran parte, el caldero pirotubular de 15HP marca Carga Boiler que se encuentra en el ITSSB, está inhabilitado, un estudio para la repotenciación del mismo es necesaria y se plantea la siguiente pregunta ¿Cuáles son las características de repotenciación del caldero industrial de 15 HP marca Carga Boiler inhabilitado en el Instituto

Tecnológico Superior Simón Bolívar de la ciudad de Guayaquil como módulo didáctico para las trece carreras que oferta?

Se consideró como opción un caldero pirotubular de 15 HP marca Carga Boiler por ocupar poco espacio con relación a un caldero acuotubular de la misma capacidad, el costo de mantenimiento también es bajo, será utilizado como módulo didáctico para la enseñanza en las 13 carreras que oferta el ITSSB de la ciudad de Guayaquil.

Se plantea como objetivo implementar el caldero industrial de 15 HP marca Carga Boiler implementado en el ITSSB de Guayaquil como módulo didáctico en las 13 carreras tecnológicas que oferta la institución. Y los objetivos específicos son: elaborar plano de ubicación más conveniente para el caldero, elaborar los planos eléctricos de instalación del caldero y realizar estudio de automatización del caldero,

## **DESARROLLO**

Este trabajo es de carácter investigativo, descriptivo modular. Los calderos son equipos indispensables para las industrias, y en climatización son utilizados en los sistemas de calefacción en los lugares de clima frío, además estos son indispensables en todo proceso industrial, utilizan un combustible que puede ser sólido, líquido o gaseoso que mediante la reacción química se genera energía calorífica que será aprovechada por el agua que contiene transformándola en vapor, las calderas tienen las siguientes clasificaciones:

Por su aplicación:

Para usos domésticos. Son utilizados para calefacción doméstica, individual y son de potencia pequeña

Para generación de energía en plantas termoeléctricas: generan vapor sobrecalentado y son utilizados para generación eléctrica

Para plantas de cogeneración: son calderas de grandes potencias, utilizan gases de combustión que entregaran su calor a un fluido térmico y que luego lo cederá en un ambiente determinado

Para aplicaciones marinas en barcos

Para generación de energía en plantas terrestres

Por su diseño

Pirotubulares: de forma general se puede decir que la llama se genera en el hogar de la caldera y sus gases se transportan por dentro de los tubos

Acuotubulares: en este caso la llama que se genera por los quemadores

Los calderos constan de accesorios que tiene la finalidad de asegurar un correcto funcionamiento, brindar todas las seguridades para la protección del equipo y los usuarios y por ultimo obtener la máxima eficiencia, esto accesorios son:

Termómetros

manómetros

visores

Control de nivel, hay dos tipos todo o nada y modulante el sistema todo o nada es el más indicado para nuestra caldera, bajo costo y buena para caldera en espera de servicio

Sistema de seguridad:

Indicadores de nivel

Alarmas de nivel

Válvula de seguridad

Válvula de retención para alimentación de agua

El caldero que se va habilitar en el ITSSB de la ciudad de Guayaquil tiene las siguientes características (fig. 1):

Marca: carga boiler

Combustible: Diésel

Consumo: Max. 5.5 GPH

15 HP de potencia

Pirotubular

Vertical

Máxima presión de operación: 50 PSI

Año de fabricación: 2015



Fig. 1 Caldero Pirotubular

Fuente: Maldonado., L.2016

Los calderos necesitan ciertos equipos para que la eficiencia en la generación de vapor sea óptima:

Tratamiento de agua para alimentación: cuando hablamos de tratamiento del agua nos referimos a evitar corrosión e incrustación, estos son factores que afectan de manera directa la eficiencia de una caldera, para la evitar estos inconvenientes hay tratamiento físico y tratamientos químicos, en este caso particular para evitar la corrosión se realiza el tratamiento físico por precalentamiento del agua para eliminar el oxígeno disuelto en el agua , en este caso se aprovecha el calor que proviene de los gases de combustión antes de que salgan por la chimenea hacia el exterior, mediante un depósito que se encuentra a un lado de la caldera esta energía es aprovechada por el agua para eliminar el oxígeno disuelto y por otro lado permite entrar al agua caliente a la caldera ahorrando combustible, y el tratamiento químico se realiza mediante un ablandador que tiene la particularidad de retener los iones de calcio y magnesio que son los que generan las incrustaciones.

Control de purgas, se lo realiza por una válvula que se encuentra en la parte inferior de la caldera, estas purgas deben ser diarias para evitar que se acumulen lodos en el fondo de la caldera, estos lodos se generan por acumulación de los sólidos totales que se encuentran en el agua de alimentación.

Los presostatos son sistema de seguridad que protegen en caso de sobrepresión de la caldera.

Los manómetros nos permiten controlar la presión dentro de la caldera

Para cualquier tipo de caldero siempre será necesario un quemador, y el tipo de quemador dependerá del tipo de caldero, siendo este un caldero pequeño lo más indicado será un quemador tipo pistola que consta de varios accesorios

Utilizan combustibles como gas, diésel, bunker (residuo de la destilación fraccionada del petróleo), el caldero que se analiza para este proyecto es un caldero de 15 HP, siendo un caldero de una potencia pequeña el tipo de combustible a utilizar será diésel, es más fácil de almacenar y más económico.

Tanto el caldero como sus equipos son elementos que necesitan ser distribuidos de manera correcta siguiendo normas internacionales como la Norma Colombiana Sismo Resistente NSR-98 y requisitos de instalación según la categoría de la caldera artículo 24º, que incluye los siguientes puntos:

El cuarto de la sala de máquina de calderas como paredes, piso y techos, no deben ser de materiales incombustibles, deberán estar limpios libres de combustión y goteos en la temporada invernal, alrededor de la caldera y encima debe de constar con espacio libre de objeto para obtener un mejor sistema de operación.

Se debe realizar un análisis en el suelo y el cálculo de la base o estructura donde va estar asentada la caldera llena de agua.

La caldera debe de estar bien anclada en su base y sujeta por pernos de acero, tal que garantice seguridad al operador.

La sala de máquina debe de constar con una buena iluminación, para dar facilidad al operador en su lectura de manómetro de presiones y su programación del caldero.

Debe de constar con buen drenaje en el suelo.

Las calderas deben de estar ubicadas en un área amplia con buena ventilación.

Dentro de la sala de máquina no debe de estar en Smart bunker de combustible.

La sala de máquina debe de constar con puerta de libre escape que abran hacia el lado externo.

En todo lugar que se instale equipos industriales o se realice algún proceso industrial es necesario constar con la distribución apropiada de cada uno de los equipos que se vaya a utilizar, por eso es necesario tener un diagrama o plano donde conste cada uno de los equipos que formen este sistema

Los combustibles como el diésel, se manejan y almacena de acuerdo a la norma INEN: TNE INEN 2 266:2010.

Se realizó una inspección visual en el área de piscina donde se ejecuta prueba de hermeticidad, se realizaron mediciones y analizaron las ventajas y desventajas del lugar.

#### **Ventajas.**

El área goza con agua potable.

Tablero eléctrico

Renovaciones de aire

Buena visibilidad

Seguridad en las puertas.

#### **Desventajas.**

En la estructura del techo se debe incrementar un metro de alto.

El área se encuentra dividida por una pared de un metro de alto y malla metálica.

En el cubículo derecho se encuentra una piscina de cemento de 2 metro de ancho, 1 metro de alto y un metro de largo

La ubicación del caldero estará en el área de se ejecuta la prueba de hermeticidad de compresores que se encuentra en los talleres de climatización, en ella hay disponibilidad de agua y energía eléctrica considerando las normativas internacionales, en las figuras 2, 3, 4 y 5, se puede observar las condiciones en que se encuentra dicha área. Para transformarla en una sala de caldero se debe demoler la piscina, la pared que divide en dos cubículos y sacar la malla metálica, el área debe de estar completamente despejada. Para la base del caldero se debe construir un contrapiso de concreto de 10 centímetros de alto.

Los planos son necesarios para poder ubicar y poder identificar cada uno de los equipos que componen un caldero, previamente se ha hecho un estudio para su ubicación, se detalla la ubicación de cada uno de los equipos en el plano (Dibujo. 1 y 2).

El área de la piscina donde se ejecuta prueba de hermeticidad es 2 metros cúbicos, y el caldero ocupa 2 m<sup>2</sup>, y el ablandador 1 m<sup>2</sup>, sabiendo que hay que mantener una distancia de 1 m por cada elemento este espacio y este es el recomendado por las normas internacionales.

Elementos que forman parte de un sistema de caldero pirotubular.

Tanque para sal muera.

Bomba de agua.

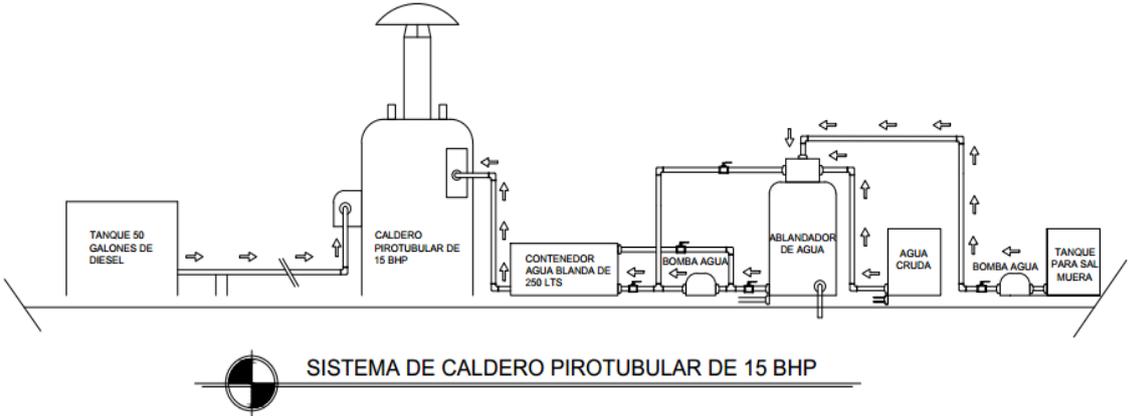
Tanque de agua potable.

Ablandador de agua.

Contenedor de agua blanda.

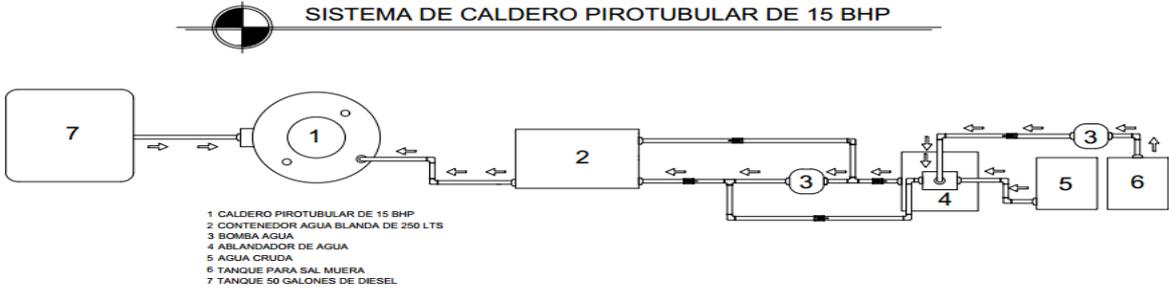
Caldero pirotubular de 15 bhp.

Tanque de diésel.



Dibujo 1. Plano vista frontal

Fuente: Palma, P., 2016



Dibujo 2. Plano Mano alzada

Fuente: Palma, P., 2016

Las instalaciones para la ubicación del caldero y sus equipos deberán ser acondicionadas en estructura civil, las instalaciones de agua y luz ya existen por lo que se deberá instalar caja de Breaker y de ahí tomar la toma de energía para el caldero y las bombas para agua.

El ablandador se estará ubicado al lado izquierdo del caldero y tiene 2 tanques, 2 para agua y uno para salmuera, el tanque de combustible estará del lado derecho del caldero, ambos sistemas de agua y de combustible tendrán filtros que servirán para retener impurezas

La necesidad de tener un caldero en una institución técnica es una herramienta que mejorara el proceso de enseñanza técnico practico, además en un futuro se podría utilizar para generar ingresos realizando algún proceso productivo



Fig. 2: Piscina para comprobación de hermeticidad

Fuente: Palma, P., 2016



Fig. 3: Vista lateral del área de hermeticidad

Fuente: Palma, P., 2016



Fig. 4 Vista de instalación eléctrica

Fuente: Palma, P., 2016



Fig. 5 Vista de instalación de agua

Fuente: Palma, P., 2016

Cuando se realiza la selección de un caldero hay que considerar su ubicación y el espacio disponible, la ubicación del caldero estará en el área de se ejecuta la prueba de hermeticidad

de compresores que se encuentra en los talleres de climatización, en ella hay disponibilidad de agua y energía eléctrica considerando las normativas internacionales.

Además, un caldero pirotubular presenta las siguientes ventajas:

Ocupa poco espacio y se obtiene un alto rendimiento

Menor costo por su simplicidad comparado con los acuotubulares

Facilidades en el mantenimiento del equipo

No requiere costosos tratamientos para el tratamiento del agua, debido a que las incrustaciones son más fáciles de atacar y eliminarlas por las purgas

El diseño del quemador genera una llama del tipo ciclónica, obteniéndose un calentamiento parejo y uniforme en la superficie de calentamiento

La principal desventaja es que no son empleadas para operar a altas presiones, en nuestro caso siendo una caldera de uso didáctico la presión de diseño de la caldera es de 50 PSI, que es más que suficiente para trabajar.

El agua tiene muchas impurezas, entre ellas sustancias disueltas en suspensión como carbonatos de calcio y magnesio, al evaporarse el agua dentro de la caldera estas se van quedando formando incrustaciones, que provocan mayor consumo de combustible y deterioro en las paredes de los tubos por debilitamiento a medida que se hace las limpiezas ácidas, el ablandamiento o tratamiento por zeolitas que no son otra cosa que resinas, es un método muy eficaz para evitar este inconveniente.

Todos los sistemas de refrigeración y calefacción llevan componentes eléctricos, es de suma importancia tener los diagramas eléctricos de cada uno de los componentes que forman un sistema de caldera y también un diagrama eléctrico general del sistema de caldera.

Se realiza una inspección visual de cada uno de los componentes eléctricos que forman la caldera y se procede a tomar nota para realizar los diagramas respectivos, se utilizan amperímetros y frecuencímetros para realizar las mediciones respectivas.

**Bomba:** Las bombas son dispositivos que se encargan de transferir energía a la corriente del fluido impulsándolo, desde un estado de baja presión estática a otro de mayor presión, y son los que alimentan el agua a la caldera y al ablandador, la energía eléctrica es DC, y es de un voltaje de 110V, y son del tipo centrífuga (ver fig. 6 y 7).



Fig. 6: Bomba de alimentación de agua

Fuente: Sánchez, F., 2016

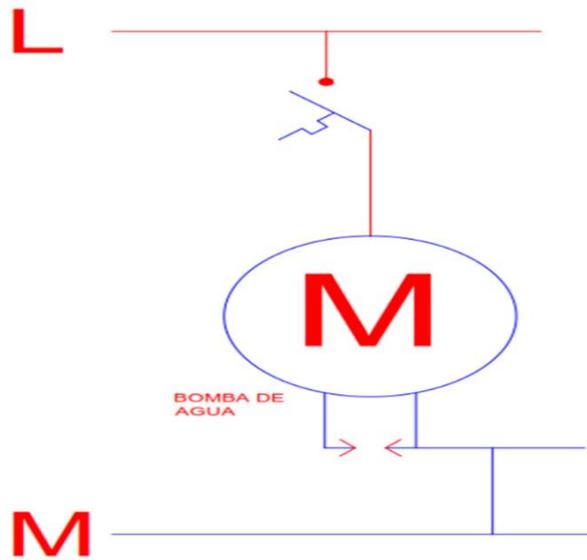


Fig. 7: Diagrama eléctrico de bomba de alimentación de agua

Fuente: Sánchez, F., 2016

**Quemadores:** Son los equipos que generan la combustión dentro de la caldera, y su tipo dependerá del tipo de combustible que consuma, para una caldera de 15HP es un quemador tipo pistola, en esta figura se detalla cada uno de sus componentes, tiene varios componentes eléctricos como el transformador que transforma la energía eléctrica de 240 V a 10.000 V, los electrodos que son los que van a generar la chispa, la célula CAD que es dispositivo que va a controlar el encendido de la llama y la bomba de combustible que alimentara al quemador (ver figura 8 y 9)



Fig. 8 Quemador del caldero de 15HP

Fuente: Sánchez, F., 2016

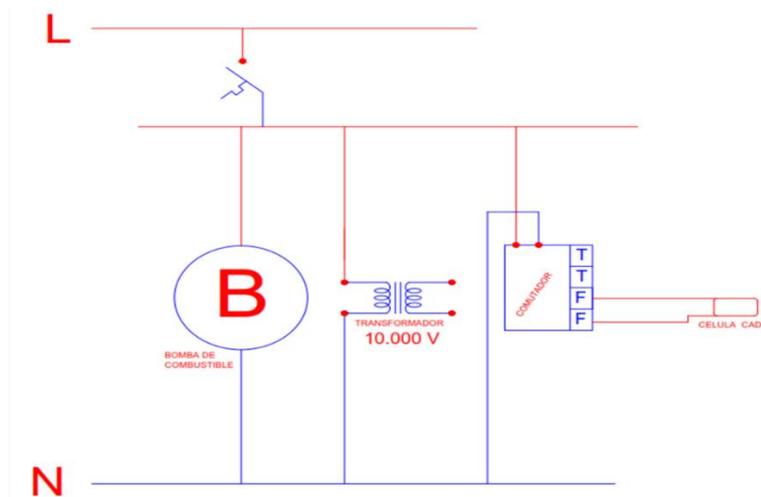


Fig. 9 Diagrama eléctrico del quemador

Fuente: Sánchez, F., 2016

**McDonnell:** permite la alimentación del agua blanda a la caldera y está conectada en serie con la bomba de alimentación al ablandador (ver anexo 10 y 11)



Fig. 10 McDonnell

Fuente: Sánchez, F., 2016

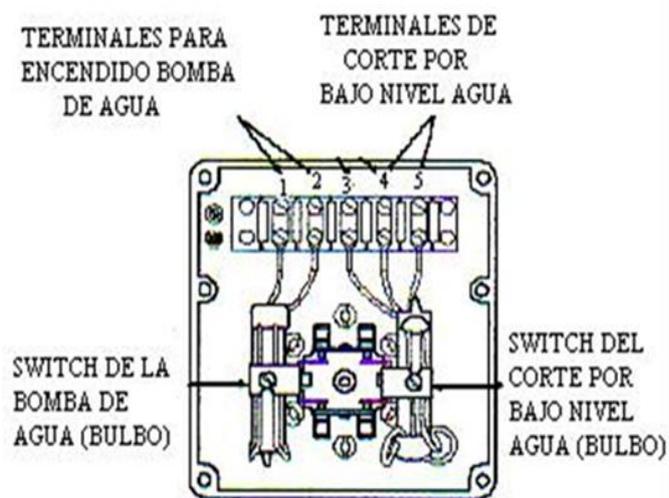


Fig. 11 Conexión eléctrica del Mcdonnell

Fuente: Sánchez, F., 2016

**Presostato:** este presostato se setea el valor máximo al que puede llegar la presión en el interior de la caldera, los rangos de seteo están entre los 10 y los 150 psi. Estos actúan en caso que el presostato de operación no haya detectado que el valor de presión ha sido sobrepasa (ver fig. 12 y 13)



Fig. 12 Presostato del caldero de 15 HP

Fuente: Sánchez, F., 2016

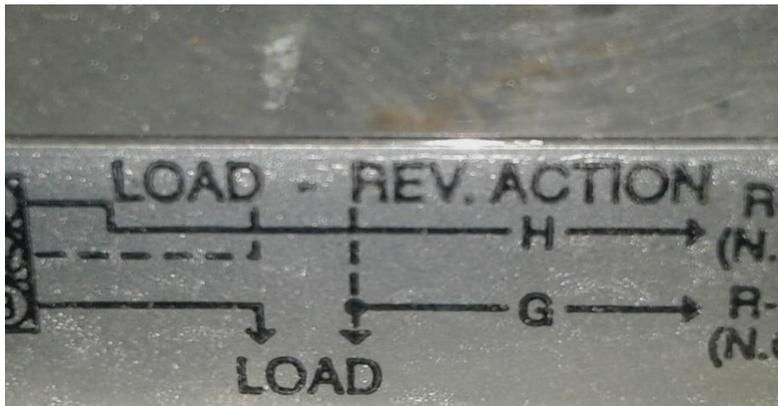


Fig. 13 Conexión eléctrica de presostato del caldero 15 HP

Fuente: Sánchez, F., 2016

**Amperímetros:** Estos aparatos se llegan a utilizar para medir hasta 300 A. Para valores de corriente superiores se utilizan los aparatos de 5A, con transformadores de corriente. En conexiones trifásicas debe conectarse un amperímetro por fase. En caso de existir la seguridad de que las cargas son balanceadas, se puede usar únicamente un aparato en cualquiera de las fases.

**Frecuencímetros:** Se usan para medir la frecuencia, en Hertz, de la energía que se recibe en las barras de mayor tensión en un sistema eléctrico, y reciben alimentación a 110V, proveniente de los transformadores de potencial, de los buses principales.

El plano eléctrico fuerza se diseñará con los equipos descritos en el plano de ubicación, además se elaborará los diagramas eléctricos de cada uno de los componentes y de esta manera tenerlos a la mano para cuando se los necesite para revisar algún daño en la parte eléctrica.

La acometida eléctrica se encuentra disponible en el lugar donde se ubicará el caldero, esto facilita la instalación de la caja de breakers, de aquí saldrán las líneas de corriente para el caldero y sus equipos.

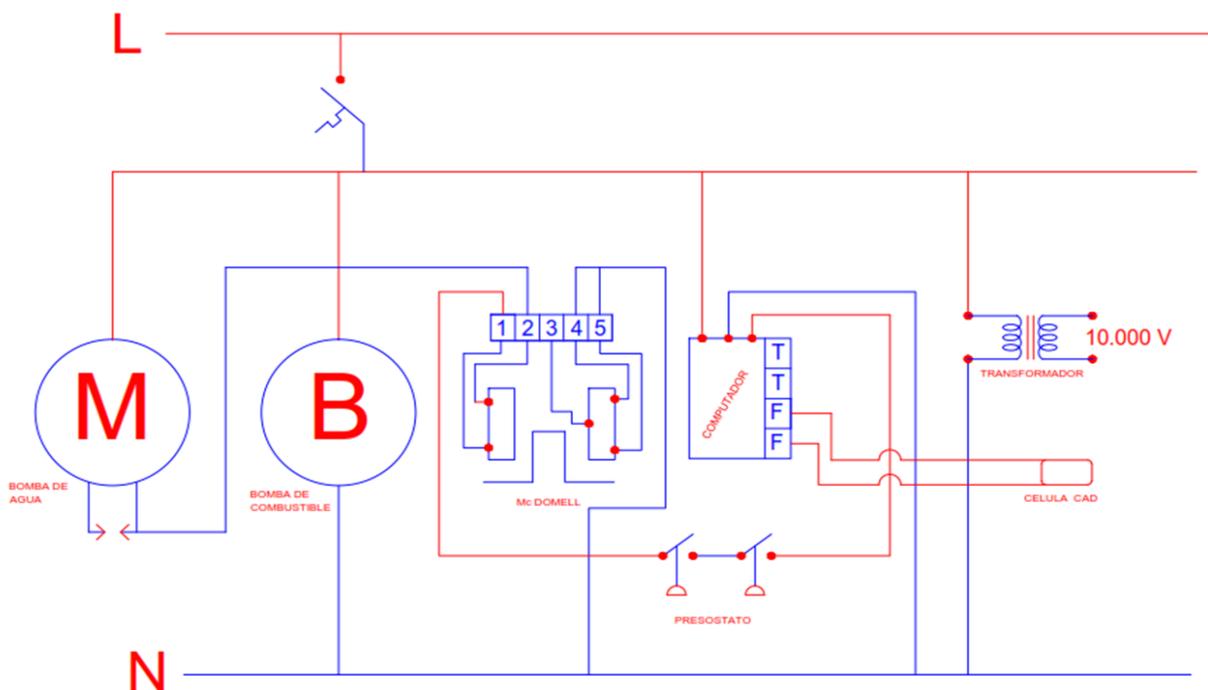
El cableado eléctrico para el área de un caldero pirotubular de 15 hp debe estar con los siguientes elementos de protección, un breakers principal de 100 amperios de este sale con cable #8 al tablero eléctrico el cual cada elemento tiene su breakers independiente; a continuación, nombramos los amperajes de cada uno del elemento.

Caldero con breakers de 30 amperios este trabaja con cable #10; este corresponde a bombas de combustible y bombas centrifuga de agua, para lo que es mantenimiento de la caldera un breakers de 15 amperios para tomas de 120 v con cable #12, en estos conectaremos taladro, hidrolavadora, pulidora, etc.; y para trabajos de soldaduras un breakers de 40 amperios con cable #10, Para luminarias del área breakers de 15 amperios con cable #12. Un el plano eléctrico general facilita la ubicación de cada componente eléctrico y ayuda al mantenimiento

preventivo y correctivo, y también facilita la instalación de los tomas eléctricas y cableado en general. (Dibujo 3)

Observación: Los amperajes de mantenimientos y soldadura solo van hacer utilizados cuando el cronograma de mantenimiento lo requiera.

La necesidad de tener un caldero en una institución técnica es una herramienta que mejorara el proceso de enseñanza técnico practico, además en un futuro se podría utilizar para generar ingresos realizando algún proceso productivo



Dibujo 3: Diagrama general eléctrico de un caldero pirotubular de 15 hp  
Fuente: Sánchez, F., 2016

Para mantener una elevada eficiencia en el funcionamiento de las calderas se necesita disponer de sistemas efectivos de control automático.

Los PLC son un controles electrónicos digitales, que se basan en un procesador esto ha revolucionado la industria, consta de 2 módulos uno de entrada y uno de salida una fuente interna de voltaje una memoria para guardar programas e información y pantallas, puertos seriales que nos permite comunicarnos y darle ordenes, estos son los elementos generales que consta un PLC.

El módulo de entrada es donde se conectan las entradas que viene del campo, pueden ser botones lámparas motores interruptores de temperatura, termopares, controles de presión, en el módulo de salida se colocaran lo que van activar esas entradas, motores válvulas electroválvulas, bombas, etc., las entradas.

Los controladores Lógicos Programables son dispositivos utilizados para controlar basándose en una lógica de programación a través de un determinado software mediante un PC para su funcionamiento se necesita de una fuente de alimentación, una unidad central de procesos donde se realiza todas las operaciones y funciones cuando se leen datos de las interfaces de entrada y aplicar una ejecución en los respectivos módulos de salida, presenta ventajas al evitar cableados y tarjetería electrónica, es modular, tiene altas velocidades de transmisión y apto para trabajar en condiciones industriales severas. En la fig. 14 está esquematizado un sistema utilizando PLC



Fig. 14 Esquema de un sistema utilizando PLC

Fuente: Salvatierra, H., 2016

Para programar los PLC, es necesario el conocimiento del proceso a controlar, el mismo que lo podemos esquematizar en un determinado diagrama de flujo, pero de forma secuencial la podríamos esquematizar de la siguiente manera:

Activación del caldero, comprobación del nivel adecuado de agua

De ser necesario ingreso de agua se enciende la bomba de agua para mantenerlo en un nivel adecuado determinado por el sensor de nivel.

Con ayuda del controlador de presión de acuerdo a condiciones de presión se activan apaga el quemador y bomba de combustible.

Controlando la llama está encendida en el quemador mediante la célula CAD, evitando que la bomba de combustible este trabajando sin que este encendida la llama evitando una explosión.

El lenguaje de programación de un PLC nos permitirá la creación del programa que controlara el CPU. Mediante este lenguaje podemos programar el PLC y darle las órdenes que sean necesarias para tener un buen funcionamiento y control del caldero y de esta manera poder controlar las actividades que debe realizar el autómatas. Dependiendo del lenguaje de programación empleado, se podrá realizar un programa más o menos complejo.

Hoy en día, para programar PLC, como también otros equipos, se usa una interface gráfica de bloques funcionales. Este tipo de programación ha sido diseñado para describir y documentar la secuencia del proceso de control, todo en sencillos pasos.

El controlador S7-1200 ofrece la flexibilidad y potencia necesarias para controlar una gran variedad de dispositivos para las distintas necesidades de automatización. Gracias a su diseño compacto, configuración flexible y amplio juego de instrucciones, el S7-1200 es idóneo para controlar una gran variedad de aplicaciones (fig. 15, 16 y 17).

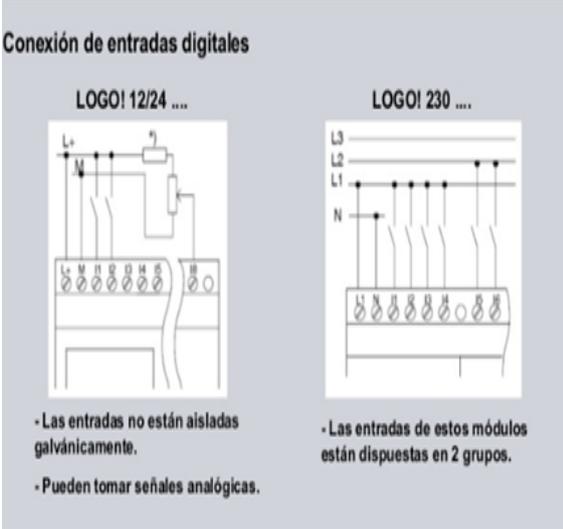


Fig. 15: Modulo de entrada del S7-1200  
Fuente: Siemens, 2012

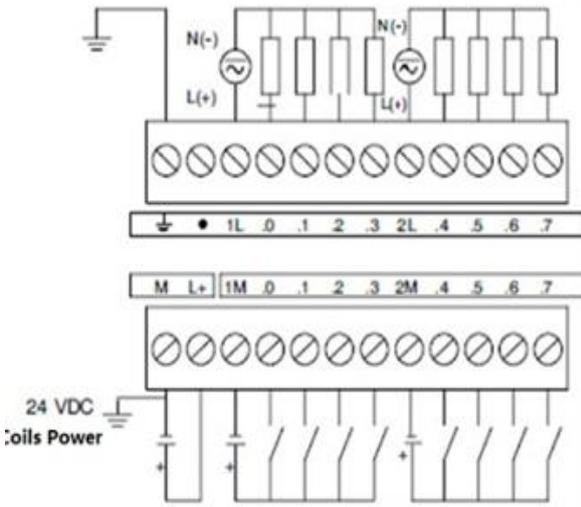


Fig. 16: Modulo de salida del S7-120  
Fuente: Siemens, 2012

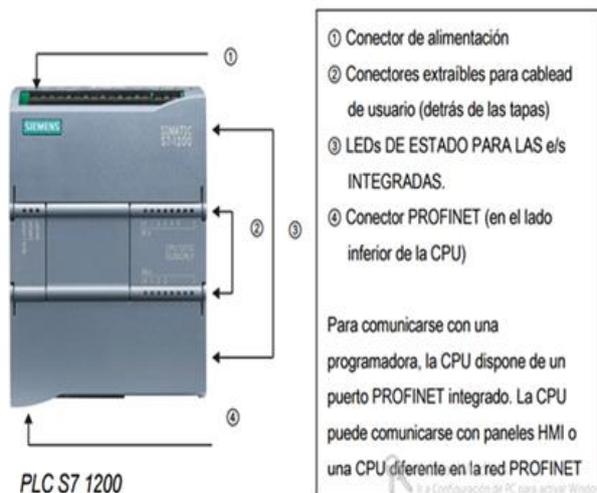


Fig17. Siemens S7-1200

Fuente: Siemens, 2012

La CPU incorpora un microprocesador, una fuente de alimentación integrada, circuitos de entrada y salida, PROFINET integrado, E/S de control de movimiento de alta velocidad y entradas analógicas incorporadas, todo ello en una carcasa compacta, conformando así un potente controlador. Una vez descargado el programa, la CPU contiene la lógica necesaria para vigilar y controlar los dispositivos de la aplicación. La CPU vigila las entradas y cambia el estado de las salidas según la lógica del programa de usuario, que puede incluir lógica booleana, instrucciones de contaje y temporización, funciones matemáticas complejas, así como comunicación con otros dispositivos inteligentes (Fig. 18).



Fig18. Grafica de un PLC

Fuente: Siemens., 2016

Para comunicarse con una programadora, la CPU incorpora un puerto PROFINET integrado.

La CPU puede comunicarse con paneles HMI o una CPU diferente en la red PROFINET.

Las válvulas que se van a controlar en el caldero de 15 HP por el PLC son las siguientes:

La válvula de circulación, (normalmente abierta)

La válvula principal, (normalmente cerrada)

La válvula de seguridad (normalmente cerrada)

La válvula de purga de aire (normalmente abierta)

El caldero tendrá un tablero de control, que contara con una PLC que realiza el arranque, funcionamiento normal y parada del caldero y dispone de un sistema de visualización.

El PLC es el que asume el control principal del funcionamiento del caldero, es decir es el que comanda el arranque, operación normal y parada del caldero.

Si existe alguna falla el PLC se encargara de apagar el funcionamiento del caldero y al mismo tiempo se encargara de enviar mensaje hacia la pantalla visualizador para que el operador pueda saber el estado en que se encuentra la caldera, la alerta puede ser visual o auditivamente en el caso de producirse una falla en el sistema de generación de vapor.

Los mensajes de información permiten acceder a los datos almacenados en el PLC. A través de estos mensajes de información se pueden observar los registros de tiempo de funcionamiento y las fallas registradas por el sistema.

El PLC deberá activar las salidas que comandan las válvulas, motores y el motor modular que permiten el funcionamiento del caldero.

El caldero debe seguir una secuencia para su arranque, operación normal y proceso de apagado.

Las entradas que son utilizadas por el programa del PLC fueron determinadas tomando en cuenta el funcionamiento que tendría el caldero y estas fueron las siguientes:

Selector de PLC

SW CALDERO ON-OFF

SW BOMBA DE COMBUSTIBLE ON-OFF

DETECTOR DE LLAMA

SENSOR BAJO NIVEL DE AGUA

SENSOR ALTA PRESIÓN DE VAPOR

SENSOR AIRE DE COMBUSTIÓN

MICRO MODULADOR BAJO FUEGO

MICRO MODULADOR DE ALTO FUEGO

CALLAR SIRENA

Las salidas que maneja el PLC son las siguientes:

LLAMA PRINCIPAL

MOTOR BOMBA DE COMBUSTIBLE

MOTORES VENTILADOR

MODULADOR A ALTO FUEGO

INDICADOR FALLA

Todas las señales de entrada y salida son discretas de 24 vdc.

Para poner en funcionamiento el PLC este debe ser programado, para lo cual es necesario tener claro el conocimiento del proceso a controlar, el mismo que se lo puede esquematizar en un determinado diagrama de flujo para regular todos los comandos de control de seguridad y funcionamiento del caldero, y ha sido diseñado para disminuir las falla en la operación y los requerimientos de los sistemas mecánicos de actuación.

El proceso está compuesto por 4 procesos claves:

Control del nivel del agua y combustible

Encendido de la llama

Censado

Control del proceso de apagado

Pero de forma secuencial la podríamos esquematizar de la siguiente forma:

Activación del caldero, comprobación del nivel adecuado de agua y combustible

De ser necesario ingreso de agua se enciende la bomba de agua para mantenerlo en un nivel adecuado determinado por el sensor de nivel McDonnell.

Electrodos encienden la llama, se corta suministro de energía eléctrica al transformador mediante señal de la célula Cad.

Apaga sistema de energía al caldero cuando célula Cad no detecta luminosidad que genera la llama.

Presostato apaga sistema de energía de la caldera si la presión se eleva a 50 PSI

El proceso de encendido de una caldera debe seguir una secuencia de pasos, el primero es el barrido, consiste en la limpieza o expulsión por medio del ventilador de los posibles gases acumulados de la última combustión, posteriormente se energiza el transformador de encendido para causar una chispa mediante los electrodos que se encuentran en el quemador y en forma paralela con la chispa se energiza la bomba para combustible, una vez encendida la llama se desconecta el transformador y queda activada la célula Cad.

Si la presión máxima de trabajo es de 50 PSI, el presostato deberá estar programado con un 6 % menos que la presión máxima de trabajo, cuando llegue a este punto la caldera se detendrá cortando todo el suministro eléctrico.

En conclusión los niveles de agua en una caldera deben ser mantenidos dentro de un rango de operación muy estrechos, demasiados altos pueden ocasionar arrastre y demasiados bajos provoca que la alarma de nivel bajo de agua se dispara apagando la caldera.

Una de las grandes ventajas que representa la automatización digital de la caldera es la posibilidad de mantener un control directo sobre todos los mecanismos y sensores que la conforman y llevar un chequeo constante de los diferentes registros de la caldera. El control digital de una caldera representa una gran ventaja e innovación el permitir mayor operatividad, eficiencia, seguridad y reducción de costo de funcionamiento. Como se puede observar en el diagrama de flujo, el mismo que nos indica la secuencia que debe seguir el diseño del programa del PLC cumpliendo parámetros de configuración.

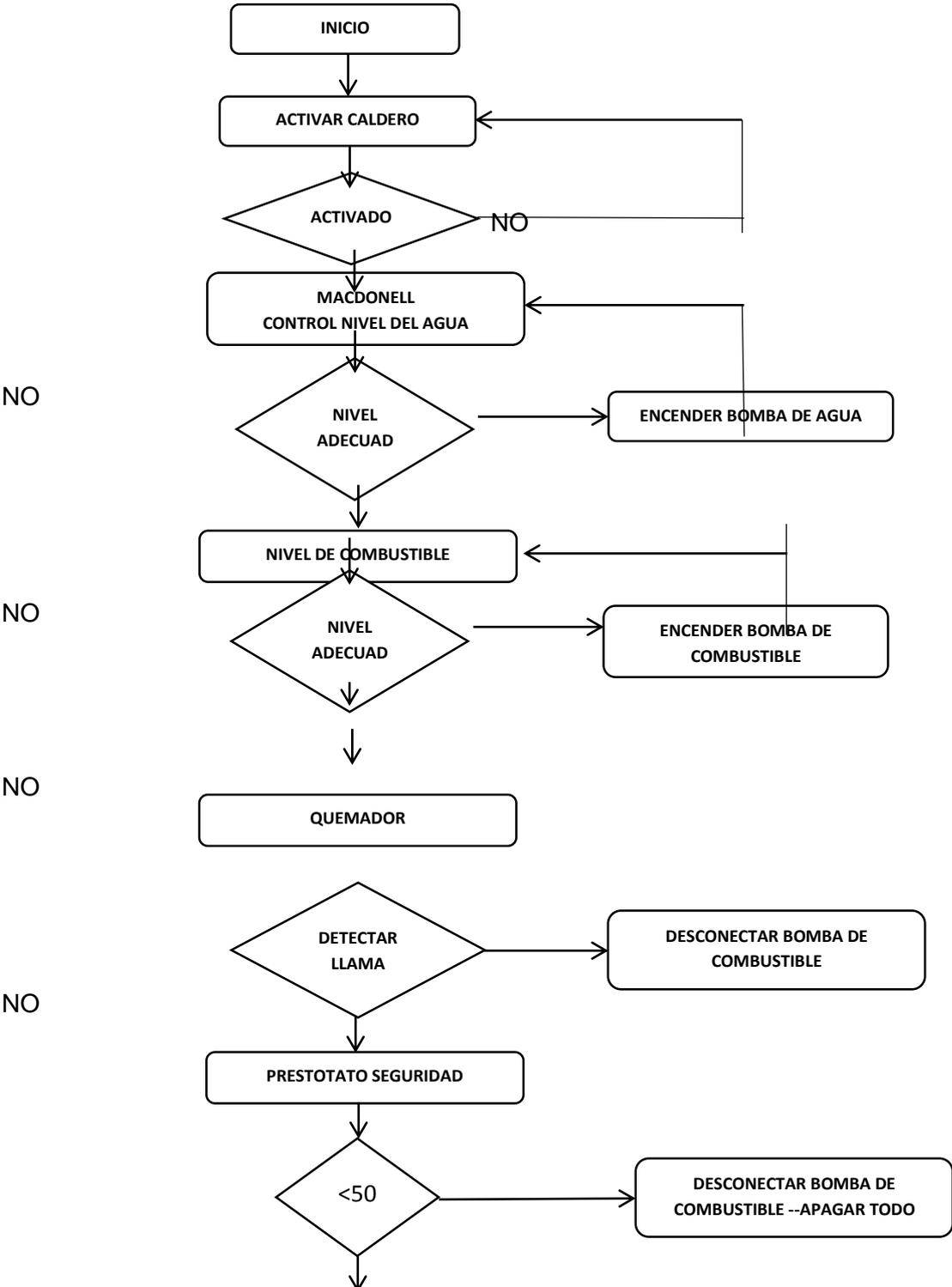


Fig. Diagrama de flujo

Fuente: Ing, Henry Salvatierra

## **CONCLUSIÓN**

Con la habilitación del caldero podremos mejorar la enseñanza de las asignaturas de caldero, producción de calor y termodinámica, así como todas las asignaturas que estén de alguna manera relacionadas con la generación y utilización de la energía, y los estudiantes podrán demostrar sus habilidades técnicas y cognitivas.

Explorar de mejor manera las herramientas con las que cuenta el nuevo sistema de visualización, ya que con estos dispositivos se podría mediante programación tener un informe impreso del histórico de fallas y del tiempo de funcionamiento del caldero.

En caso de existir un daño en uno de los módulos de entradas o salidas del PLC debido a un corto circuito se recomienda apagar el caldero hasta que se detecte la causa del corto circuito y se la elimine.

EL PLC es un aparato electrónico de bajo mantenimiento y fácil uso, operado digitalmente que usa una memoria programable para el almacenamiento interno de instrucciones las cuales implementan funciones específicas tales como lógicas secuenciales, temporización para controlar a través de módulos de entrada/salida digitales y analógicas varios tipos de máquinas o procesos.

Entre los métodos utilizados, podemos destacar que fue sistemático, ordenado y crítico ya que al implementar o poner en marcha un caldero se necesita de un orden y de producir conocimientos que ayuden en el proceso de aprendizaje a los alumnos que utilizaran esta herramienta de trabajo. La técnica de investigación utilizada fue la observación y la entrevista con profesionales de industrias donde utilizan los calderos.

Los resultados al comprobar estos equipos podemos concluir que son excelentes ya que beneficiaran a todos los estudiantes, el mismo que se verá reflejado en sus conocimientos ya que este caldero servirá para que el alumno haga las practicas ya que las industrias tienen calderos y el conocimiento de la operación, uso, manejo, control de seguridad y cuidado del agua de alimentación, servirán para fortalecer su aprendizaje y que los tecnólogos sean más competitivos en el campo laboral.

Resultados obtenidos: la elaboración de los planos de ubicación y eléctricos, así como el estudio de utilización de PLC para la automatización del caldero.

## **BIBLIOGRAFÍA**

Amo, M. S. (2016). *Manual Practico del operador de calderas industriales* . Madrid: Paraninfo .

CHOMSKY, n. (1985). *Reflexiones sobre el lenguaje*. Barcelona : Planeta Agostini .  
Comunicaciones Industriales . (2010). En V. G. Martinez. Madrid: S.A Marcombo.  
Tobon, S. (2005). *Formacion basada en competencias* . Bogota : Eco ediciones .