



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD

TEMA:

**Implementación de un sistema de monitoreo y aviso por medio de correo electrónico, de las variables de estado en la central de generación de vapor de la empresa Tonicorp, ubicada en el Km 17.5 de la Av. Francisco de Orellana de la ciudad de Guayaquil**

AUTOR:

Valdez Zamora, Cristian Rolando

Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del título de  
**INGENIERO EN ELECTRICIDAD**

TUTOR:

Ing. Romero Rosero, Carlos Bolívar

Guayaquil, Ecuador

01 de febrero del 2023



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD

**CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por el Sr. **Valdez Zamora, Cristian Rolando** como requerimiento para la obtención del título de **INGENIERO EN ELECTRICIDAD**.

TUTOR

---

Ing. Romero Rosero, Carlos Bolívar

DIRECTOR DE CARRERA

---

M. Sc. Bohórquez Escobar, Celso Bayardo

Guayaquil, a los 01 días del mes de febrero del año 2023



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

Yo, **Valdez Zamora, Cristian Rolando**

**DECLARO QUE:**

El Trabajo de Titulación “**Implementación de un sistema de monitoreo y aviso por medio de correo electrónico, de las variables de estado en la central de generación de vapor de la empresa Tonicorp, ubicada en el Km 17.5 de la Av. Francisco de Orellana de la ciudad de Guayaquil.**” previo a la obtención del Título de **Ingeniero en Electricidad**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Integración Curricular referido.

Guayaquil, a los 01 días del mes de febrero del año 2023

EL AUTOR

---

VALDEZ ZAMORA, CRISTIAN ROLANDO



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD

**AUTORIZACIÓN**

Yo, **Valdez Zamora, Cristian Rolando**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la publicación, en la biblioteca de la institución del Trabajo de Integración Curricular: **“Implementación de un sistema de monitoreo y aviso por medio de correo electrónico, de las variables de estado en la central de generación de vapor de la empresa Tonicorp, ubicada en el Km 17.5 de la Av. Francisco de Orellana de la ciudad de Guayaquil.”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 01 días del mes de febrero del año 2023

EL AUTOR

---

VALDEZ ZAMORA, CRISTIAN ROLANDO

## REPORTE DE URKUND

Informe antiplagio URKUND del Trabajo de Integración Curricular de la Carrera de Ingeniería en Electricidad, con **4 %** de coincidencias perteneciente al estudiante VALDEZ ZAMORA, CRISTIAN ROLANDO.

**URKUND** Abrir sesión

<b>Documento</b>	<a href="#">TIC-CV-B-2022 FINAL SIN revisado-corrregido_28-01-23.docx</a> (D157230137)
<b>Presentado</b>	2023-01-28 14:18 (-05:00)
<b>Presentado por</b>	Carlos Bolivar Romero Rosero (carlos.romero@cu.ucsg.edu.ec)
<b>Recibido</b>	edwin.palacios.ucsg@analysis.urkund.com
<b>Mensaje</b>	[TIC-CV-B-2022] <a href="#">Mostrar el mensaje completo</a> 4% de estas 26 páginas, se componen de texto presente en 6 fuentes.

Lista de fuentes Bloques

Categoría	Enlace/nombre de archivo
	UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ / D12... <input checked="" type="checkbox"/>
	Universidad Nacional de Ingeniería / D38151578 <input type="checkbox"/>
	<a href="http://joinville.ifsc.edu.br/~evandro.dario/Termodi...">http://joinville.ifsc.edu.br/~evandro.dario/Termodi...</a> <input checked="" type="checkbox"/>
	Universidad Nacional de Ingeniería / D58314251 <input type="checkbox"/>
	ESCUELA POLITÉCNICA DEL LITORAL / D76741145 <input type="checkbox"/>
	UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO / D17664462 <input checked="" type="checkbox"/>

Fuentes alternativas

0 Advertencias. Reiniciar Compartir

Necesidades del cliente Estudio previo Especificaciones Técnicas y Funcionales. Estudio técnico y económico. Resolución de las soluciones mas eficientes Lógica cableada Elección de materiales y equipos Elaboración de esquemas y documentación Gráfica Lógica digital Elección de tecnología Elaboración de esquemas y documentación Gráfica y programación.

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD

TEMA: Implementación de un sistema de monitoreo y aviso por medio de correo electrónico, de las variables de estado en la central de generación de vapor de la empresa Tonicorp, ubicada en el Km 17.5 de la Av. Francisco de Orellana de la ciudad de Guayaquil

AUTOR: Valdez Zamora, Cristian Rolando

Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del título de INGENIERO EN ELECTRICIDAD

TUTOR: Ing. Romero Rosero, Carlos Bolivar

Atentamente,

**Ing. Carlos Romero Rosero.**

Profesor Titular Principal

TUTOR

## **DEDICATORIA**

A todas aquellas oportunidades de la vida y una de esas oportunidades es la Educación técnica para el desarrollo que hemos culminado, con lo cual podemos contribuir en el desarrollo económico y social de nuestro país. La dedicación de este Trabajo de Integración Curricular con orgullo y cariño, y de manera muy especial a nuestros padres, quienes con su esfuerzo nos han enrumado como hombres de bien. También de manera muy especial dedicamos este trabajo a los maestros de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil, quienes hicieron posible que tengamos los conocimientos para su desarrollo.

**EL AUTOR**

**VALDEZ ZAMORA, CRISTIAN ROLANDO**

## **AGRADECIMIENTO**

El agradecimiento a una empresa que le da la oportunidad a diferentes familias de llevar el sustento a sus hogares no solo desde las diferentes plantas de producción donde laboran padres de familia, si no desde los diferentes centros de acopio donde se recolecta la leche que viene desde los pequeños productores, la cual es la materia prima para este proceso de ganadería sustentable y los ha llevado a ser líderes en el mercado durante largo tiempo. Este proyecto es un aporte a la empresa donde laboro motivado por la oportunidad que se me dio para poder ampliar mis conocimientos.

**EL AUTOR**

**VALDEZ ZAMORA, CRISTIAN ROLANDO**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD

**TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

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

**Ing. FRANCO RODRIGUEZ, JOHN ELOY. Ph. D.**  
DECANO

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

**M. Sc. Bohórquez Escobar, Celso Bayardo**  
DIRECTOR DE CARRERA

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

**Ing. Edgar Raul Quezada Calle. Mgs**  
OPONENTE

## ÍNDICE GENERAL

Índice de Figuras .....	XIII
Índice de Tablas.....	XVI
Índice de ecuaciones.....	XVI
1. Resumen.....	XVII
<b>DESCRIPCIÓN GENERAL DEL TRABAJO .....</b>	<b>2</b>
1.1. Introducción.....	2
1.2. Antecedentes.....	3
1.3. Definición del Problema .....	4
1.4. Justificación del Problema .....	4
1.5. Objetivos del Problema de Investigación .....	5
1.5.1. Objetivo General. ....	5
1.5.2. Objetivos Específicos.....	5
1.6. Hipótesis .....	6
1.7. Metodología de Investigación.....	6
<b>2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA .....</b>	<b>7</b>
2.1. Generalidades.....	7
2.2. Calderas .....	7
2.2.1. Definición.....	8
2.2.2. Clasificación de las calderas.....	8
2.2.3. Componentes fundamentales de una caldera acuotubular.....	12
2.2.4. Componentes fundamentales de una caldera pirotubular. ....	12
2.2.5. Accesorios de una caldera. ....	13
2.2.6. Sistema de agua de alimentación de la caldera.....	20
2.2.7. Sistema de suministro de combustible de la caldera. ....	22
2.3. Tratamiento Térmico de los Lácteos .....	26

2.3.1.	Tipos de tratamiento térmico en lácteos. ....	27
2.4.	Control y Automatización.....	28
2.4.1.	Fases de desarrollo de un sistema automático. ....	29
2.4.2.	Controladores lógicos programables PLC. ....	30
2.4.3.	Visualizadores y Paneles de Operación.....	32
2.5.	Variables de Estado .....	36
2.5.1.	Variables extensivas.....	37
2.5.2.	Variables intensivas. ....	37
2.5.3.	Presión. ....	38
2.5.4.	Temperatura.....	39
2.5.5.	Volumen. ....	39
2.6.	Instrumentación industrial.....	40
2.6.1.	Definiciones y conceptos. ....	40
2.6.2.	Instrumentación. ....	41
2.6.3.	Señal.....	41
2.6.4.	Indicadores.....	41
2.6.5.	Transmisor.....	41
2.6.6.	Controladores.....	41
2.6.7.	Transductores. ....	42
2.6.8.	Amortiguadores. ....	42
2.6.9.	Rango. ....	42
2.6.10.	Sistema de medición. ....	42
2.6.11.	Linealidad.....	42
2.6.12.	Precisión. ....	43
2.6.13.	Error.....	43
2.6.14.	Sensor. ....	43
2.6.15.	Exactitud. ....	43
2.7.	Simbología y normas.....	43
2.7.1.	Simbología.....	44

2.7.2.	Normas.....	44
<b>3.</b>	<b>DISEÑO, IMPLEMENTACIÓN Y RESULTADOS .....</b>	<b>46</b>
3.1.	Características Físicas de la Planta Tonicorp.....	46
3.1.1.	Ubicación de la planta.....	46
3.2.	Elaboración el estado del arte de las técnicas, leyes, teorías y prácticas, en los procesos de la industria láctea, por medio de revisiones bibliográfica.	47
3.3.	Caracterizar de los diferentes elementos y componentes a utilizados en el desarrollo del Trabajo de integración curricular. ....	47
3.3.1.	Características del Controlador Lógico Programable utilizado PLC. ....	47
3.3.2.	Módulos de expansión entradas digitales.....	48
3.3.3.	Módulos de expansión salidas digitales.....	49
3.3.4.	Módulos de expansión entradas análogas.....	49
3.3.5.	Interfaz Hombre Máquina HMI. ....	50
3.3.6.	Sensor de Presión fig. 3.7.....	51
3.3.7.	Sensor de temperatura.....	51
3.3.8.	Sensor de medición de volumen. ....	52
3.3.9.	Interruptor de nivel. ....	53
3.3.10.	Sensor de nivel con controlador.....	54
3.4.	Procedimiento para el Diseño del Sistema de Monitoreo y Aviso por Correo Electrónico.....	56
3.4.1.	Diseño del sistema de monitoreo .....	56
3.4.2.	Procedimiento para el envío de aviso alarma por correo electrónico, de la variable de estado fuera de rango. ....	63
3.4.3.	Procedimiento para el montaje de tuberías, sensores, cableado y armado de tablero eléctrico.....	65
3.5.	Análisis de resultados.....	70
3.5.1.	Sistema de recepción de combustible y tanque diario. ....	71

3.5.2.	Sistema de agua caliente. ....	72
3.5.3.	Bombas de suministro de combustible. ....	72
3.5.4.	Calderas y Distribuidor de vapor. ....	73
3.5.5.	Aviso por medio de correo electrónico de las variables de estado fuera de rango. ....	74
4.	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	<b>77</b>
4.1.	Conclusiones.....	77
4.2.	Recomendaciones.....	78
5.	<b>FUENTES CONSULTADAS</b> .....	<b>79</b>
6.	<b>ANEXOS</b> .....	<b>90</b>
	<b>ANEXO 1</b> .....	<b>90</b>

## Índice de Figuras

<b>Figura 2. 1:</b> Detalle de caldera acuotubulares.....	9
<b>Figura 2. 2:</b> Caldera pirotubular horizontal.....	9
<b>Figura 2. 3:</b> Caldera pirotubular estándar de agua caliente.....	10
<b>Figura 2. 4:</b> Caldera pirotubular de agua sobrecalentada.....	10
<b>Figura 2. 5:</b> Caldera acuotubular de fluido térmico.....	11
<b>Figura 2. 6:</b> Caldera pirotubular de vapor con economizador incorporado. .	11
<b>Figura 2. 7:</b> Válvula de seguridad de caldera.....	14
<b>Figura 2. 8:</b> Esquema de una válvula de interrupción para caldera.....	15
<b>Figura 2. 9:</b> Válvula de purga de fondo.....	16
<b>Figura 2. 10:</b> Válvula de purga de fondo.....	16
Figura 2. 11: Manómetro con sifón tipo R.....	17
<b>Figura 2. 12:</b> Visor de nivel y accesorios.....	18
Figura 2. 13: Cámara de control de nivel.....	19
<b>Figura 2. 14:</b> Controles de nivel y funda de protección.....	19
<b>Figura 2. 15:</b> Esquema de tratamiento de la alimentación de agua a calderas de vapor.....	20
<b>Figura 2. 16:</b> Efecto Letal Sobre las Bacterias.....	27
<b>Figura 2. 17:</b> Fases de desarrollo de un sistema automático.....	30
<b>Figura 2. 18:</b> Diferentes modelos de autómatas programables.....	30
<b>Figura 2. 19:</b> Panel de operación gráfico, y panel de operación textual.....	33
<b>Figura 2. 20:</b> Paneles de operación en una red de controladores lógicos programables.....	34
<b>Figura 2. 21:</b> Autómatas con módulos de Ampliación.....	35

<b>Figura 2. 22:</b> Ejemplo de una red de comunicación industrial. ....	36
<b>Figura 2. 23:</b> Simbología ISA. ....	45
<b>Figura 3. 1:</b> Ubicación satelital empresa Tonicorp.....	46
<b>Figura 3. 2:</b> Controlador Lógico Programable. ....	48
<b>Figura 3. 3:</b> Modulo de entradas digitales. ....	49
<b>Figura 3. 4:</b> Modulo de salidas digitales. ....	49
<b>Figura 3. 5:</b> Modulo de entradas análogas. ....	50
<b>Figura 3. 6:</b> HMI.....	50
<b>Figura 3. 7:</b> Sensor de presión. ....	51
<b>Figura 3. 8:</b> Sensor de temperatura ....	51
<b>Figura 3. 9:</b> Sensor de volumen. ....	52
Figura 3. 10: Sensor de nivel. ....	53
<b>Figura 3. 11:</b> Pantalla Level Master. ....	54
<b>Figura 3. 12:</b> Sensor de nivel. ....	55
<b>Figura 3. 13:</b> Ventana de trabajo, Tía Portal de Siemens.....	57
Figura 3. 14: Pestaña con información del elemento. ....	59
<b>Figura 3. 15:</b> Apariencia del indicador de nivel.....	59
<b>Figura 3. 16:</b> Pestaña de propiedades del elemento. ....	60
<b>Figura 3. 17:</b> Direccionamiento de las variables en el HMI.....	60
Figura 3. 18: Bloques para escalar entradas Análogas.....	61
<b>Figura 3. 19:</b> Bloques de PLC para uso de señales análogas.....	62
<b>Figura 3. 20:</b> Ubicación de la función.....	63
<b>Figura 3. 21:</b> Bloque de instrucciones "TM_MAIL" .....	63

<b>Figura 3. 22:</b> Línea de programa que activa marca para envío de correo. ..	64
Figura 3. 23: Bloque TM_MAIL y sus parámetros. ....	64
Figura 3. 24: Configuración final de los parámetros. ....	65
<b>Figura 3. 25:</b> Señales desde el tablero de tanques de combustible al PLC.	66
<b>Figura 3. 26.</b> Plano de tanques de combustible al PLC. ....	66
<b>Figura 3. 27:</b> Plano del tablero con la canaleta ranurada. ....	67
<b>Figura 3. 28:</b> Armado del tablero eléctrico.....	68
<b>Figura 3. 29:</b> Tablero cableado con los elementos respectivos. ....	68
<b>Figura 3. 30:</b> Presión hidrostática como método para medir niveles. ....	69
<b>Figura 3. 31:</b> Sensor hidrostático con funda.....	70
<b>Figura 3. 32:</b> Tanques de combustible y tanque diario. ....	71
<b>Figura 3. 33:</b> Tanques de recepción de combustible y tanque diario.....	71
<b>Figura 3. 34:</b> Sistema de agua caliente.....	72
<b>Figura 3. 35:</b> Sistema de agua caliente HMI. ....	72
<b>Figura 3. 36:</b> Bombas de combustible HMI. ....	73
<b>Figura 3. 37:</b> Bombas de combustible y nivel agua caldera de 800.....	73
<b>Figura 3. 38:</b> Distribuidor de vapor. ....	74
Figura 3. 39: distribuidor de vapor HMI. ....	74
Figura 3. 40: Niveles de agua en caldera de 800. ....	75
<b>Figura 3. 41:</b> HMI, bloque de función y correo antes de la alarma. ....	75
<b>Figura 3. 42:</b> Llegada de mensaje de texto con bajo nivel de agua caldera de 800. ....	76

## Índice de Tablas

<b>Tabla 2. 1:</b> Clasificación de los combustibles. ....	25
<b>Tabla 2. 2:</b> Características del fuel oil.....	27
<b>Tabla 2. 3:</b> Tratamiento térmico en lácteos.....	28
<b>Tabla 2. 4:</b> Diferentes tipos de datos en un PLC. ....	31
<b>Tabla 2. 5:</b> Variables de estado.....	39

## Índice de ecuaciones

Ecuación 1.....	38
Ecuación 2.....	38
Ecuación 3.....	39
Ecuación 4 .....	39
Ecuación 5.....	39
Ecuación 6.....	40

## Resumen

Los sistemas de generación de vapor son parte fundamental en empresas para el tratamiento alimentos en el futuro consumo del ser humano, si son mal empleados no solo se dañará la materia prima sino el ser humano, puede ocurrir una implosión de un caldero o derrame de combustible o parada de producción. Un evento de derrame de combustible sucedió en el año 2020 este quedo en el estanque de seguridad. En condiciones mayores el derrame podría haber terminado en el rio y ocasionar un fuerte accidente ambiental lo cual resultaría en un posible cierre de la planta. Con este antecedente, se ha notado que los sistemas de vapor solo proveen seguridad a nivel de cada caldera, mas no a distancia, como por ejemplo en los equipos auxiliares de la central de vapor, por lo que estos eventos pueden ser recurrentes. Partiendo de este registro, se buscará la forma de poder monitorear las variables de estado, así reduciendo riesgos, con los recursos que la tecnología existente nos brinda en la actualidad.

**Palabras claves:** CALDERO, VAPOR, COMBUSTIBLE, ACCIDENTE, PRODUCCIÓN, TECNOLOGÍA.

## **CAPÍTULO 1:**

### **DESCRIPCIÓN GENERAL DEL TRABAJO**

#### **1.1. Introducción**

En el contexto actual donde la problemática mundial es la contaminación ambiental ocasionados por el mal uso de energías no renovables, tanto para la generación de electricidad como para procesos industriales, el vapor producido a través de la combustión de derivados de petróleo es la principal fuente de energía en la actualidad, es por eso por lo que requiere del buen uso y manejo.

La tecnología actual permite que estos procesos se lleven a cabo de una manera óptima, dando como resultado un uso eficiente de la energía, la experiencia y conocimiento adquirido permite mostrarles esta optimización a través de este trabajo. Se revisó conceptos básicos de generación térmica para el proceso de generación de vapor en la industria alimenticia y su relación con variables de estado como presión, volumen, temperatura.

Estudiamos la instrumentación digital adecuada para el control y seguridad en los sistemas de generación de vapor. Luego con el uso de un software de programación, llevamos estos parámetros hacia un interfaz, que le permita al operador visualizar esta información para ser monitoreada en la pantalla de una PC.

Adicional, se implementó un sistema que permitió recibir un aviso por medio de correo electrónico el cual notificará de posibles fallas y alarmas en el proceso, para que los operadores puedan actuar a tiempo en caso de estar alejados del área, además de que los supervisores estén enterados del problema.

## **1.2. Antecedentes**

En la empresa Tonicorp se dedica a la línea alimenticia específicamente industria láctea, trabaja para los mercados nacionales e internacionales ligado a la estrategia, que apunta al crecimiento sostenible con una visión de largo plazo y en un marco de sustentabilidad y responsabilidad social de ganadería sustentable.

La Empresa Tonicorp lleva a cabo diferentes proyectos, tomando la innovación como uno de los puntos en los que se trabaja en las distintas áreas, a tal magnitud que en este año los proyectos programados pasaron el centenar.

Dentro de este contexto competitivo, el área de mantenimiento siempre ha llevado la delantera con las mejores innovaciones lo cual ha dirigido a la empresa al reconocimiento de sus colaboradores, esto ha motivado a que, los ingenieros y técnicos estemos en la constante búsqueda de mejoras en las distintas áreas que manejan. Para lo cual se vio la necesidad de optimizar el área de generación de vapor de la planta.

Debido a la gran importancia que tienen estos equipos es necesario llevar un monitoreo constante y un sistema de avisos de los parámetros físicos que podrían repercutir en una falla o en el peor de los casos ocasionar un accidente, para esta problemática se ha centrado en el área de generación de vapor de la empresa Tonicorp.

### **1.3. Definición del Problema**

Se están presentando paradas en los procesos de las líneas de producción por fallas en la central de vapor de la fábrica Tonicorp, ubicada en el Km 17,5 de la Av. Francisco de Orellana de la ciudad de Guayaquil.

Ante esta situación, el problema de investigación fue el siguiente:

**¿Cómo incide la falta de un sistema de monitoreo y aviso de alarmas por fallas, de las variables de estado en la central de vapor de la fábrica Tonicorp, ubicada en el Km 17,5 de la Av. Francisco de Orellana de la ciudad de Guayaquil?**

### **1.4. Justificación del Problema**

Esta investigación es muy conveniente, ya que la aplicación de conocimientos para manejo y monitoreo de este tipo de energías por medio del control y automatismo dan como resultado mayor eficiencia en los procesos.

La relevancia del tema a investigar, en el contexto donde la problemática mundial es la contaminación, el mal manejo del combustible y el proceso de generación de vapor puede representar problemas ambientales y en el peor de los casos un accidente, lo cual demuestra un alto interés por la empresa ante la comunidad, y responsabilidad social.

Además, este proyecto beneficia directamente a los técnicos y supervisores ya que les permite tener un monitoreo continuo y evitar paradas de la producción, o procesos erróneos cuando el operador este alejado del área.

Los beneficios de este proyecto se verán reflejados en diferentes áreas, el buen manejo del combustible para la generación de vapor tendrá un impacto directo en áreas como ambiental, económica, seguridad y salud. Esto repercute en la reducción de costos de producción y lo más importante menor contaminación.

Este Trabajo de Integración Curricular ayuda al estudiante de la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo a poner en práctica los conocimientos adquiridos, la cual es necesaria en medio de un ambiente laboral tan competitivo, además de dejar en evidencia la buena enseñanza adquirida en la Universidad Católica Santiago de Guayaquil.

## **1.5. Objetivos del Problema de Investigación**

### **1.5.1. Objetivo General.**

Implementar un sistema de monitoreo utilizando un PLC, HMI para generar avisos por medio de correo electrónico, del estado de las variables de estado en la central de generación de vapor de la empresa Tonicorp.

### **1.5.2. Objetivos Específicos.**

1. Describir la ubicación física y características básicas de la planta Tonicorp.
2. Elaborar el estado del arte de las técnicas, leyes, teorías y prácticas, en los procesos de la industria láctea, por medio de revisiones bibliográfica.

3. Caracterizar los diferentes elementos y componentes a utilizarse en el desarrollo del proyecto de investigación.
4. Diseñar e implementar un sistema de monitoreo y envío por correo electrónico de variables de estado, que presente avisos cuando ellas estén fuera del rango permitido, tales como temperatura, presión, volumen.

#### **1.6. Hipótesis**

Con esta implementación de un sistema de monitoreo para las calderas se ofrece una solución para evitar paradas de las líneas de producción en la planta Tonicorp durante la demanda de vapor.

#### **1.7. Metodología de Investigación**

La metodología tiene enfoque cuantitativo, ya que se llevaron a cabo mediciones de variables físicas relacionadas con la generación de vapor. La metodología es descriptiva para fundamentar la técnica de generación de vapor y sus usos. Se emplea el método analítico sintético para realizar el levantamiento de equipos electrónicos a utilizar para la automatización.

## **CAPÍTULO 2:**

### **FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA**

#### **2.1. Generalidades**

Se deben tener en cuenta varios factores en el diseño de plantas de procesamiento de alimentos, para asegurar la calidad de los productos finales, uno de ellos es el sistema de monitoreos, que indica el comportamiento del flujo de los procesos.

En la industria láctea en particular hay cremas y productos lácteos fermentados cuyas características pueden estropearse parcial o completamente si no llevamos un control adecuado de las variables físicas en los distintos procesos para obtener derivados de los lácteos.

Dentro de los procesos industriales para obtener derivados lácteos, el vapor juega un papel muy importante, por lo tanto, tenemos que implementar sistemas que garanticen un suministro constante de este, así como de los distintos equipos auxiliares que suministran combustible y agua para la generación de vapor.

#### **2.2. Calderas**

Las múltiples aplicaciones que tienen las calderas industriales, las condiciones variadas de trabajo y las innumerables exigencias de orden técnico y práctico que deben cumplir para que ofrezcan el máximo de garantías en cuanto a solidez, seguridad en su manejo, durabilidad y economía en su funcionamiento, ha obligado a los fabricantes de estos equipos a un perfeccionamiento constante a fin de encarar los problemas. La

búsqueda de soluciones ha originado varios tipos existentes agrupados según sus características más importantes.

### **2.2.1. Definición.**

Una caldera es un recipiente cerrado que calienta agua, genera vapor o sobrecalienta vapor bajo presión aplicando calor generado por combustible, electricidad o energía nuclear dentro de la caldera. El objetivo principal de una caldera es producir vapor o agua caliente a una presión y/o temperatura por encima de la presión atmosférica (Pérez, 2020).

### **2.2.2. Clasificación de las calderas.**

De acuerdo con Ruiz y Capeletti (2021) las calderas se pueden clasificar por:

- Fluido,
- Por su tecnología.

#### **2.2.2.1. *Clasificación de las calderas por su fluido.***

Las calderas se clasifican en función del paso de fluido a través de los tubos de intercambio.

##### ***Calderas acuotubulares.***

Son calderas en las que el fluido de trabajo fluye por el interior de los tubos durante el calentamiento, mientras que los gases de combustión circulan por el exterior (Arjona, 2019) Fig. 2.1. Son de aplicación cuando se requiere una presión de trabajo por encima de los 22 bar.



**Figura 2. 1:** Detalle de caldera acuotubulares.  
Fuente: Central Gonzalo Zevallos - Autor.

### ***Calderas pirotubulares.***

Son calderas en las que los gases de combustión circulan por tubos y el líquido se ubica en recipientes que intersecan dichos tubos (Acevedo & Lombana, 2021). Fig.2.2: Son de aplicación principalmente cuando la presión de trabajo es inferior a los 22 bar.



**Figura 2. 2:** Caldera pirotubular horizontal  
Fuente: Cleaver Brooks - Autor.

#### **2.2.2.2. *Clasificación de las calderas por su tecnología.***

##### ***Calderas de agua caliente.***

Una caldera de agua caliente de la Figura 2.3 es una caldera de agua caliente en la que el fluido caloportador es agua y la temperatura máxima de

funcionamiento es inferior a 100 °C. Las calderas de este tipo pueden ser acuotubulares o pirotubulares (Puentes, 2021).



**Figura 2. 3:** Caldera pirotubular estándar de agua caliente.  
Fuente: (VYC Industrial, 2018)

### ***Calderas de agua sobrecalentada.***

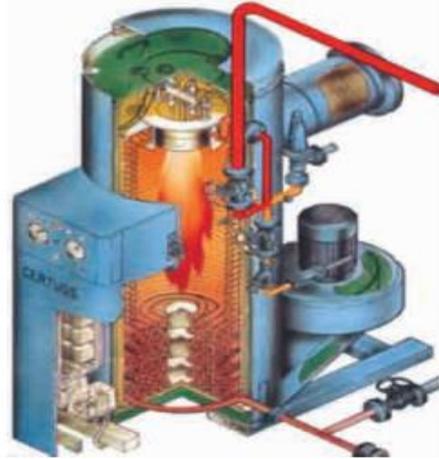
Las calderas de agua sobrecalentada Fig. 2.4, es una caldera (Pack, 2015) en la que el fluido caloportador es agua y la temperatura máxima de funcionamiento es superior a 110 °C. Las calderas de este tipo pueden ser acuotubulares o pirotubulares (Universidad Rural de Guatemala, 2022).

### ***Calderas de fluido térmico.***



**Figura 2. 4:** Caldera pirotubular de agua sobrecalentada.  
Fuente: (Uceda, 2012)

Las calderas de fluido térmico son aquellas en las que el fluido es distinto del agua. Tales calderas solo pueden ser del tipo acuotubular, como se muestra en la Figura 2.5.



**Figura 2. 5:** Caldera acuotubular de fluido térmico.  
Fuente: (Uceda, 2012)

### ***Calderas de vapor.***



**Figura 2. 6:** Caldera pirotubular de vapor con economizador incorporado.  
Fuente: Cleaver Book - Autor.

De acuerdo con la Universidad Rural de Guatemala (2022) una caldera de vapor es una caldera en la que el fluido caloportador es vapor de agua. Las calderas de este tipo pueden ser acuotubulares o pirotubulares, como se muestra en la Figura 2.6.

### **2.2.3. Componentes fundamentales de una caldera acuotubular.**

Dentro de los principales componentes que forman las calderas acuotubulares, se encuentran:

- ✓ Domo o calderín.
- ✓ Cámara de combustión u hogar de combustión.
- ✓ Paredes de membrana.
- ✓ Tubos de subida y bajada.
- ✓ Evaporadores o tubos de bandera.
- ✓ Economizadores.
- ✓ Recalentadores o sobrecalentadores.

### **2.2.4. Componentes fundamentales de una caldera pirotubular.**

Dentro de los principales componentes de la caldera se encuentran:

#### **2.2.4.1. *Envolvente o virola exterior.***

Este elemento es cilíndrico y se encarga de contener los fluidos (agua/vapor) y evitar que se escapen. En él se instalan tuberías de control y seguimiento, tales como controladores de nivel, indicadores ópticos de nivel y orificios de inspección se encarga de verifica el lado del agua (Uceda, 2012).

#### **2.2.4.2. *Cámara de combustión u hogar de combustión.***

La estructura cilíndrica y la cámara de combustión dispuesta horizontalmente pueden fabricarse de forma lisa u ondulada según el tamaño de la caldera y su presión de trabajo. Es el encargado de controlar la llama del

quemador e iniciar el intercambio de energía a través de la radiación (Aguilar & Chambi, 2019).

#### **2.2.4.3. Cámara de inversión de gases.**

Este elemento es el encargado de redirigir los gases de combustión hacia los haces tubulares de gas, provocando que éstos cambien de dirección. Por lo general, esta cámara se enfría por completo con agua y se fabrica de forma cilíndrica y horizontal. En las calderas de baja eficiencia, en lugar de enfriar con agua, uno de los dos fondos se construye con cemento refractario (ATTSU, 2019).

#### **2.2.4.4. Fondo delantero y trasero exterior.**

Son redondos y soldados a la férula exterior, lo que evita que se escape líquido. A estos componentes se sueldan conductos de paso de humos y gases, así como puertas de registro e inspección y cajones colectores de gases (González, 2021).

#### **2.2.4.5. Haz tubular.**

Son conjuntos de un número variable de tubos por los que circulan internamente los gases de combustión. Se encargan de propagarse por convección (Gómez, 2019).

### **2.2.5. Accesorios de una caldera.**

Existen diversos accesorios que resultan necesario instalarse a nivel de las calderas de vapor, con el propósito de mejorar:

- Funcionamiento.

- Eficacia.
- Seguridad.

A continuación, se explican algunos de los accesorios más importantes.

#### **2.2.5.1. Válvula de seguridad.**

Según Guevara y Orta (2022) uno de los accesorios importantes de la caldera es la válvula de seguridad, Figura 2.7. Su función es proteger el cuerpo de la caldera de sobrepresiones y evitar explosiones. Hay muchos tipos diferentes de válvulas de seguridad, todas las cuales deben cumplir con los siguientes criterios:

- Deben entregar un caudal de vapor equivalente a la potencia térmica de la caldera.
- El rango de desplazamiento total de la válvula de seguridad debe estar dentro del 110 % de la presión de diseño de la caldera.
- El orificio de conexión de la válvula de seguridad a la caldera debe ser de al menos 20 mm. La tara máxima de la válvula de seguridad es la presión de trabajo máxima admisible de la caldera. Debe haber un margen adecuado entre la presión normal de trabajo de la caldera y la tara de la válvula de seguridad.



**Figura 2. 7:** Válvula de seguridad de caldera.  
Fuente: Spirax Sarco - Autor

### **2.2.5.2. Válvula de interrupción para calderas.**

Según Rodríguez (2019) las calderas de vapor deben estar provistas de una válvula de interrupción, que aisle la caldera de vapor y su presión del proceso o planta. Generalmente, es una válvula de globo angular de tipo varilla. La Figura 2.8 muestra una válvula de globo típica de este tipo.



**Figura 2. 8:** Esquema de una válvula de interrupción para caldera.  
Fuente: Spirax Sarco – Autor.

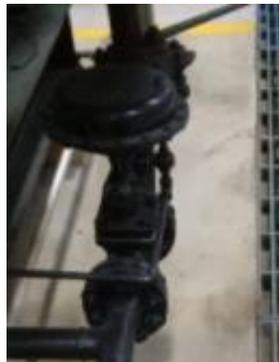
### **2.2.5.3. Válvula de purga de fondo.**

Según Meza (2019) las calderas deben tener al menos una válvula de purga de fondo, ubicada cerca de donde se puedan acumular sedimentos o lodos. Estas válvulas deben operarse con llave y están diseñadas para que la llave no se pueda quitar mientras la válvula está abierta. Está disponible una válvula automática de purga de fondo y está controlada por un temporizador integrado en la unidad de control electrónico, lo que garantiza que solo se pueda drenar una caldera a la vez. Las Figuras 2.9 y 2.10 muestran válvulas de purga de fondo típicas.



**Figura 2. 9:** Válvula de purga de fondo.  
Fuente: Generavapor - Autor

Cuando se utiliza la purga de fondo manual en instalaciones de varias calderas, solo se permite un grifo en la sala de calderas. De esta forma, es imposible que la purga de fondo de una caldera entre en otra y tenga que ser parada para mantenimiento.



**Figura 2. 10:** Válvula de purga de fondo.  
Fuente: Sotermic - Autor

#### **2.2.5.4. Manómetros.**

Según Cuenca (2019) todas las calderas deben tener al menos un indicador de presión. La esfera debe tener al menos 150 mm de diámetro y ser del tipo de tubo de Bourdon. La presión de trabajo normal y la presión de trabajo máxima permitida deben estar marcadas/plano de diseño. Figura 2.11. El manómetro generalmente se conecta al espacio de vapor de la caldera a través de un sifón en forma de R lleno de vapor de condensación para proteger

el mecanismo de marcación de alta temperatura. Los manómetros se pueden montar en otros recipientes a presión, como tanques de purga de fondo.



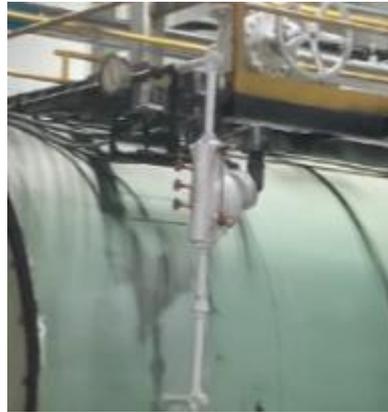
**Figura 2. 11:** Manómetro con sifón tipo R.  
Fuente: SHCROFT- Autor

#### **2.2.5.5.      *Indicador de nivel de agua y sus accesorios.***

Según Batista y Soto (2018) es necesario un buen control del nivel de agua de la caldera para lograr un flujo de vapor que coincida con los requisitos variables de una planta de vapor. Debido al pequeño espacio de vapor de las calderas actuales, es imperativo responder con rapidez y precisión a los cambios en el nivel del agua. Todas las calderas tienen al menos un indicador de nivel de agua.

Independientemente de las condiciones de funcionamiento de la caldera, el tubo de vidrio mostrará el nivel real de agua en la caldera. Se debe instalar un indicador de nivel para mostrar la lectura mínima del nivel de agua 50 mm por encima del punto donde ocurrirá el sobrecalentamiento. A su alrededor se debe instalar una protección que no impida la visibilidad del nivel del agua (Acevedo & Lombana, 2021).

Los indicadores de nivel (Figura 2.12) se dañan fácilmente por la corrosión de los productos químicos en el agua de la caldera y por la corrosión durante la purga del fondo, especialmente en el lado del vapor. Cualquier signo de corrosión o erosión requiere el reemplazo del vidrio (Bautista & Soto, 2018).



**Figura 2. 12:** Visor de nivel y accesorios.  
Fuente: Mc Donnell – Autor.

### ***Cámara de control de nivel.***

Según Ayala et al. (2022) la cámara de control de nivel de líquido está ubicada fuera de la caldera y se utiliza para instalar controladores de nivel de líquido o alarmas, como se muestra en la Figura 2.13.

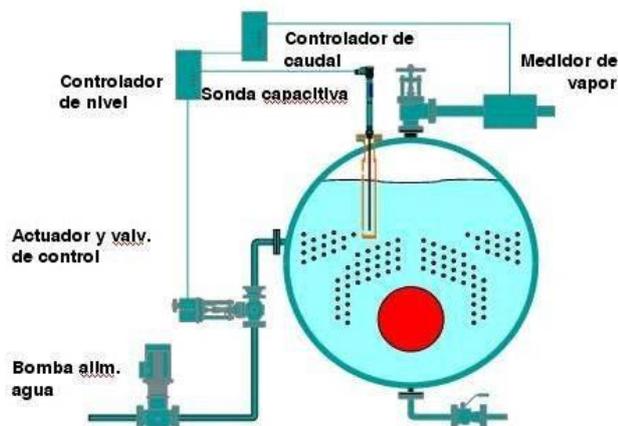
Cuando utilice una válvula de purga de secuencia, compruebe diariamente el funcionamiento del control de nivel o la alarma. Gire el volante totalmente en sentido contrario a las agujas del reloj y la válvula estará en la posición de funcionamiento normal con el asiento trasero cerrando la conexión de descarga.



**Figura 2. 13:** Cámara de control de nivel.  
Fuente: Industrial Combustion – Autor.

### ***Controles de nivel instalados dentro de la caldera.***

Existen sistemas de control de nivel que aportan mayor seguridad que los sistemas descritos anteriormente. Los sensores se instalan directamente en el cuerpo de la caldera para monitorear la integridad del sistema (ESCO, 2018). Debido a que se instalan internamente, no están sujetos al procedimiento de ventilación en la parte inferior de la cámara externa. Compruebe el funcionamiento del sistema con la prueba de evaporación de la Figura 2.14. Instale una cubierta protectora para amortiguar el nivel del agua alrededor del sensor.



**Figura 2. 14:** Controles de nivel y funda de protección.  
Fuente: (Instrumentación y Control, 2019)

### 2.2.6. Sistema de agua de alimentación de la caldera.

De acuerdo con Llanes (2021) Independientemente del tipo de caldera considerada, la circulación del agua en la planta (Figura 2.15) se puede resumir brevemente de la siguiente manera:

- La caldera de vapor recibe agua de alimentación compuesta por proporciones variables de agua dulce, más o menos tratada, denominada agua de alimentación, y agua de retorno procedente del condensado de vapor.
- Dentro de la unidad, el agua de alimentación se convierte en vapor. Se puede considerar que está compuesto de moléculas de agua pura.
- El agua de la caldera que permanece líquida arrastra todas las sustancias y elementos que contiene el agua hervida, excepto los que son arrastrados al vapor por mecanismos que se explicarán más adelante.
- Sin una desconcentración sistemática, llamada purga o extracción, las impurezas se irán concentrando cada vez más en la fase líquida, siendo necesario vaciar parte de la caldera por el desagüe.



**Figura 2. 15:** Tratamiento de la alimentación de agua a calderas de vapor.  
Fuente: Autor

### **2.2.6.1. Principales impurezas contenidas en el agua de aportación y sus efectos en el interior de las calderas de vapor.**

Según Fierro (2018) independientemente de la identidad química de la impureza, son posibles cuatro escenarios diferentes:

- Si la impureza es un sólido soluble, se presenta en solución o como solución acuosa.
- Si un sólido es insoluble en agua, no es una solución sino una suspensión.
- Las impurezas gaseosas que son parcialmente solubles se absorben en agua.
- Las soluciones coloidales tienen partículas suspendidas, incluidas partículas en solución y partículas en suspensión.

### **Soluciones a los problemas planteados en las calderas de vapor tratamiento y acondicionamiento del agua.**

Según la empresa YGIS (2022) para superar las falencias señaladas en la sección anterior, se deben implementar intervenciones en diferentes etapas del proceso, específicamente:

- Tratar el agua de entrada para eliminar los elementos químicos nocivos del agua.
- Tratamiento interno de agua de caldera
- Eliminar el condensado que vuelve a la caldera.
- Purga controlada para eliminar depósitos y iones de la caldera.

### 2.2.7. Sistema de suministro de combustible de la caldera.

Un combustible es cualquier material que libera energía en forma de calor cuando reacciona con el oxígeno normalmente contenido en el aire y cambia su estructura química. La Tabla 2.1 enumera la clasificación de los combustibles. Implica la liberación de energía de su forma potencial a una forma utilizable. Generalmente se trata de sustancias combustibles (Bermejo & Castellar, 2011).

**Tabla 2. 1**

*Clasificación de los Combustibles.*

<b>CLASIFICACIÓN DE COMBUSTIBLES INDUSTRIALES</b>		
<b>SÓLIDOS</b>	NATURALES	Madera y residuos vegetales. Turbas Lignitos Hullas Antracita
	ARTIFICIALES	Coques Aglomerados y Briquetas Carbón Vegetal
	ALCOHOLES	Naturales Artificiales
<b>LÍQUIDOS</b>	RESIDUALES	Legías Negras
	DERIVADOS DEL PETRÓLEO	Gaseosos Fuelóleos
<b>GASEOSOS</b>	RESIDUALES	Fuel-Gas
	GAS NATURAL	Diferentes Familias.
	GASES LICUADOS DE PETROLEO	Propanos y Butanos. Gas de Alto Horno Gas de Coque
	ARTIFICIALES O ELABORADOS	Gas Pobre Gas de Agua Gas de Ciudad
	BIOGAS	

*Nota:* La tabla muestra clasificación de los combustibles dependiendo de su fase.

Fuente: García 2001

### **2.2.7.1. Características de los combustibles.**

Las características específicas más importantes de los combustibles líquidos (Tabla 2.2) incluyen:

#### ***Densidad***

Dentro de los combustibles se venden por volumen, por lo que es importante conocer sus densidades a temperatura ambiente. Las densidades de los combustibles más comunes son:

- Gasolinas: 0,60/0,70
- Gasóleos: 0,825/0,880
- Fuelóleos: 0,92/1

#### ***Viscosidad.***

Se encarga de medir la resistencia interna de un fluido al desplazamiento de sus moléculas. Esta resistencia proviene del roce de algunos lunares entre sí. Puede ser absoluto o dinámico, o relativo o cinemático (Cabrera & Crespo, 2021).

#### ***La fluidez.***

Es la inversa de la viscosidad. Por esta razón, la medición de la viscosidad es importante porque nos permite comprender la fluidez del combustible: nos permite comprender el punto de inflamación probable del producto que se bombea en la tubería.

Se define como la temperatura más baja a la que los vapores producidos al calentar una muestra de combustible a una cierta velocidad se

encienden cuando entran en contacto de alguna manera con una llama piloto (Uceda, 2012).

***Punto de enturbiamiento.***

Es la temperatura más baja a la que el combustible se enfría de forma controlada, donde se forman los primeros cristales de parafina (de cadena carbonada lineal, las parafinas), que tienen el punto de congelación más alto y son los más pesados. Impiden el flujo de combustible (Polich, 2019).

**Tabla 2. 2***Características del fuel oil*

<b>CUADRO RESUMEN CARACTERISTICAS FUEL OIL</b>			
COMBUSTIBLE	FUEL OIL BIA	FUEL OIL 1	FUEL OIL 2
UNIDAD	Kg	Kg	kg
DENSIDAD	960 kg/m <sup>3</sup>	960 kg/m <sup>3</sup>	980 kg/m <sup>3</sup>
PCI (PODER CALOR INFERIOR)	9,588 kcal/kg	9,46 kcal/kg	9,271kcal/kg
PCS (PODER CALOR SUPERIOR)	11,15kWh/kg	11,0 kWh/kg	10,78kWh/kg
	10,116 kcal/kg	9,985 kcal/kg	9,767 kcal/kg
	11,76 kWh/kg	11,6 kWh/kg	11,3 kWh/kg
PCI/PCS	0,948	0,948	0,949
PES/PC	0,947	0,948	0,950
C02 PRODUCIDO EN COMBUSTIÓN	3,15 kg/kg	3,10 kg/kg	3,07 kg/kg
H <sub>2</sub> O PRODUCIDO EN COMBUSTIÓN	283 gr/kWhPCI	282 gr/kWhPCI	284 gr/kWhPCI
	1,53 kg/kg	1,5 kg/kg	2,00 kg/kg
	137gr/kWhPCI	136 gr/kWhPCI	185 gr/kWhPCI
CONTENIDO DE AZUFRE	< 1%	< 2,7%	< 3,5%

*Nota:* Contiene algunas de las unidades que maneja las características de un combustible.

Fuente: García 2001.

### **2.2.7.2. Modo de combustión**

Debido a su naturaleza líquida, estos combustibles deben producir vaporización líquida para facilitar la reacción oxidativa del combustible. Por ello, es necesario aumentar la superficie de contacto entre ambos, para lo cual se inyecta el combustible al entrar en la cámara de combustión, produciendo gotas de combustible con el menor diámetro posible (Simbala, 2019).

En estas gotitas, dada la temperatura ambiente, el combustible se evapora, creando una "nube de gas" a su alrededor, en la que se produce la combustión. Si la trituración es insuficiente (las gotas son demasiado grandes), la combustión alcanzará la superficie de las gotas y la concentración de oxígeno será demasiado baja, lo que provocará una combustión incompleta y la posterior generación de materia no quemada y hollín (Rubio, 2019).

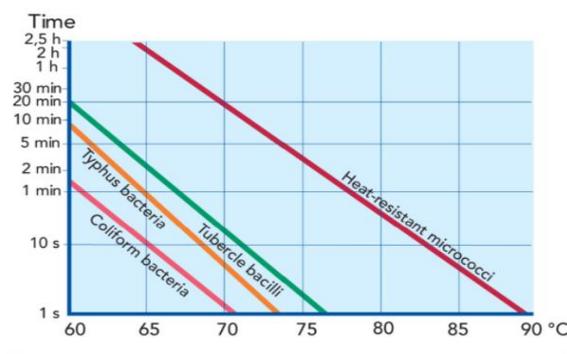
Para evitar esta indeseable combustión, el combustible líquido debe ser presurizado antes de ser mezclado e introducido en la cámara de combustión a través de inyectores que facilitan la necesaria pulverización.

## **2.3. Tratamiento Térmico de los Lácteos**

A fines del siglo XIX, el tratamiento térmico de la leche se había vuelto tan común que la mayoría de las lecherías usaban el proceso para un propósito u otro, como la leche para la producción de queso y mantequilla. Antes de la introducción del tratamiento térmico, la leche era una fuente de infección porque era un medio de crecimiento perfecto para los

microorganismos. La leche a veces propaga enfermedades como la tuberculosis y el tifus (Chombo, 2022).

Afortunadamente, todos los patógenos comunes que pueden estar presentes en la leche se eliminan mediante el tratamiento térmico, que tiene poco efecto sobre las propiedades físicas y químicas de la leche. Combinación de temperatura y mantenimiento Figura 2.16 El tiempo es muy importante ya que determina la intensidad del tratamiento térmico (Garcia, 2018).



**Figura 2. 16:** Efecto Letal Sobre las Bacterias  
Fuente: (Tetra Pack, 2015)

### 2.3.1. Tipos de tratamiento térmico en lácteos.

Desde un punto de vista microbiológico, se requiere un tratamiento térmico intensivo de la leche. Pero este tratamiento también corre el riesgo de afectar negativamente la apariencia, el sabor y el valor nutricional de la leche. Las proteínas de la leche se desnaturalizan a altas temperaturas. Por lo tanto, la elección de la combinación tiempo/temperatura es un problema de optimización en el que se deben considerar los efectos microbianos y los aspectos de calidad (Xirinachs, 2019).

Debido a que el tratamiento térmico se ha convertido en la parte más importante del procesamiento de la leche y sus efectos sobre la leche se han comprendido mejor, se han desarrollado varias categorías de tratamiento térmico, como se muestra en la Tabla 2.3.

**Tabla 2. 3***Tratamiento térmico en lácteos.*

<b>Proceso</b>	<b>Temperatura, °C</b>	<b>Hora</b>
Termización		
Pasteurización LTLT de la leche	63	30 minutos
HTST pasteurización de la leche	72 – 75	15 – 20 s
HTST pasteurización de crema	> 80	1 – 5 s
Ultra pasteurización	125 – 138	2 – 4 s
UHT (esterilización por flujo) normalmente	135 – 140	unos segundos
Esterilización en contenedor	115 – 120	20 – 30 min

Fuente: (Tetra Pak., 2015, pág. 88)

#### **2.4. Control y Automatización**

Según Castaño & Diaz (2021) la automatización comprende el estudio y la aplicación de la automatización para el control de procesos industriales, incorporando así a un proceso un conjunto de componentes y dispositivos eléctricos, electromecánicos y electrónicos interconectados que permiten su gestión, control y normal funcionamiento de la automatización industrial. A través de la automatización industrial se produce una serie de procesos cuyas máquinas y equipos son capaces de actuar automáticamente con la mínima intervención del operador, respondiendo a todas las situaciones posibles predefinidas.

De acuerdo a la tecnología utilizada, la automatización se puede cablear o programar. Primero, las operaciones están definidas por las conexiones lógicas a través de cables entre los diferentes elementos del

sistema. En el segundo caso, se trata de un programa que procesa en la memoria de un dispositivo electrónico la información transmitida por los distintos elementos conectados a él (GEA, 2019).

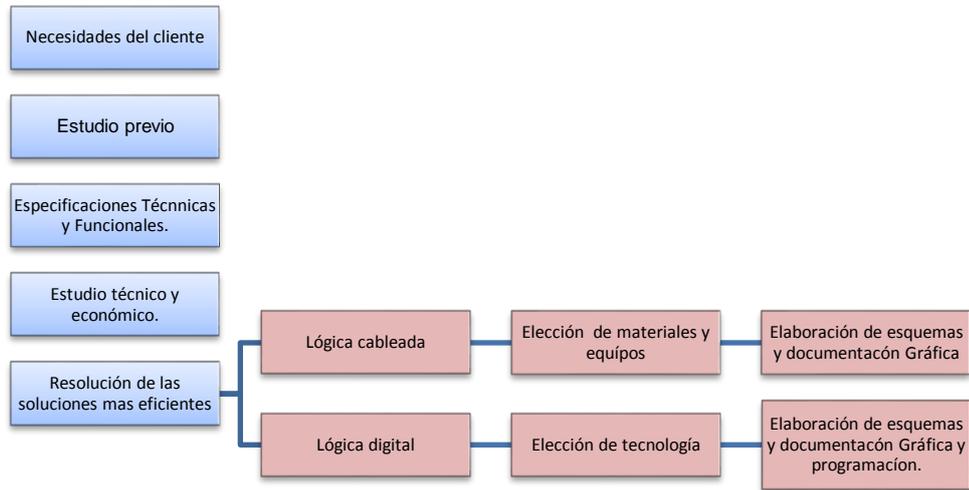
#### **2.4.1. Fases de desarrollo de un sistema automático.**

Aunque existen varios tipos de sistemas de automatización en el mercado, los más utilizados en instalaciones eléctricas industriales son los basados en lógica cableada y controladores programables. (Galindo, 2021)

El diagrama de flujo de la Figura 2.17 muestra las etapas completas de desarrollo de un sistema automatizado, de lo cual se puede observar que antes de elegir la opción de instalación más eficiente, es necesario evaluar las necesidades del cliente y realizar uno o más de los pasos anteriores, técnico, económico y funcional, donde se deben evaluar ciertos parámetros, por ejemplo:

- Ventajas e inconvenientes de cada posible opción.
- Necesidad de ampliación del sistema.
- Vida útil del sistema.
- Coste y complejidad del mantenimiento.

Posteriormente, una etapa crítica en el desarrollo de un sistema automatizado es la elección entre lógica cableada o lógica digital, ya que de esta decisión dependerán los materiales, componentes y equipos a comprar e instalar, así como la documentación asociada a la misma. Posible programación del sistema y necesidad de mayor o menor formación de los operadores de la instalación en el uso y funcionamiento del proceso.



**Figura 2. 17:** Fases de desarrollo de un sistema automático.  
Fuente: (Rodríguez et al., 2014).

## 2.4.2. Controladores lógicos programables PLC.

Un autómatas programable Fig. 2.18, también denominado PLC (Controlador Lógico Programable), FIG. es un dispositivo electrónico capaz de gestionar los circuitos de automatismos industriales de forma programada.



**Figura 2. 18:** Diferentes modelos de autómatas programables.  
Fuente: Siemens – Autor.

Los controladores programables almacenan los datos que procesan en diferentes áreas de memoria Tabla 2.4. El desarrollo de programas requiere conocimientos suficientes para acceder a estas áreas, incluida la escritura y

lectura de datos, y las partes más comunes en la mayoría de los controladores programables se muestran en la tabla (Peñañiel, 2019).

**Tabla 2. 4**

*Diferentes tipos de datos en un PLC.*

<b>Zonas de memoria</b>	<b>Identificador</b>	<b>Procesan:</b>
Entradas	I	Entradas físicas
Salidas	Q	Salidas físicas
Marcas	M	Variables de procesamiento interno
Temporizadores	T	Valores de tiempo
Contadores	C	Valores de cómputo
Variables de sistema	SM	Operaciones propias del sistema

*Nota:* La tabla enlista algunas de las variables que procesa un PLC

Fuente: (García, 2009).

- **Entradas (I).** Detectan el estado de los captadores conectados a los bornes de las entradas del autómata.
- **Salidas (Q).** Se encarga de activar los actuadores y preactuadores desde el módulo de salidas del autómata
- **Marcas (M).** También llamadas memorias o bits internos. Tienen un comportamiento similar al de los relés auxiliares en la lógica cableada.
- **Temporizadores (T).** Los temporizadores generan eventos cuando alcanzan un valor de tiempo predeterminado. Su

comportamiento es similar a los utilizados en la lógica cableada.

Existen temporizadores a la conexión y a la desconexión

- **Contadores (C).** Los contadores originan eventos cuando alcanzan un determinado número de sucesos
- **Variables o bits de sistema (SM).** También denominadas marcas de sistema se encargan de realizar tareas prefijadas por el fabricante en el sistema operativo del autómata.

#### **2.4.2.1. Direccionamiento.**

Según Martín & García (2016) para que un controlador programable pueda procesar datos de un área de memoria, los programadores técnicos deben referirse adecuadamente a dicha área durante el desarrollo del programa. El direccionamiento es la forma de "apuntar" a una variable en el programa de usuario, y puede variar según el modelo o fabricante del controlador programable.

#### **2.4.3. Visualizadores y Paneles de Operación.**

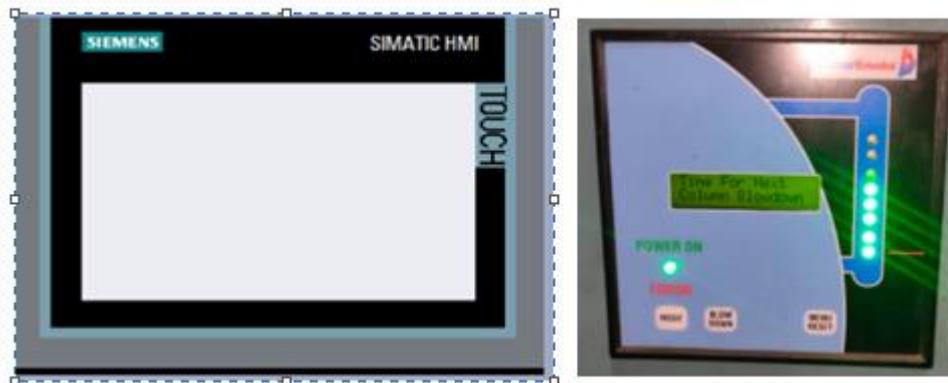
Según BIRT (2019) estos dispositivos se utilizan para la comunicación hombre-máquina y tienen como misión, entre otras funciones:

- Modificar parámetros del sistema.
- Obtener mensajes de alarmas.
- Visualización del estado del proceso.
- Forzar entradas/salidas.

Suelen utilizarse en instalaciones que requieren cambios constantes en el estado de las variables y un seguimiento continuo del proceso mediante mensajes de texto o elementos gráficos, Fig. 2.19.

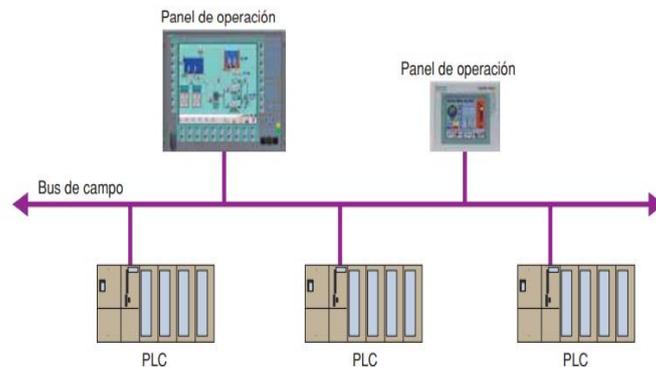
Pueden ser de dos tipos:

- **Textuales**, que para mostrar información en modo texto en la pantalla LCD. A menudo se les llama audiencias. Se puede utilizar tanto en la industria como en instalaciones automatizadas en viviendas y edificios (Tenorio, 2019).
- **Gráficos**, que representa gráficamente en pantalla el proceso a controlar. En algunos casos, este tipo de pantalla es háptica y actúa directamente sobre el elemento que aparece en ella. Este tipo de dispositivo periférico se denomina panel de operador (OP). Se utilizan como puestos de supervisión de procesos industriales (BIRH, 2019).



**Figura 2. 19:** Panel de operación gráfico, y panel de operación textual.  
Fuente: Siemens - Autor

El control del menú, la introducción de mensajes y parámetros se realiza mediante un teclado de membrana adecuado para todo tipo de entornos industriales o mediante un PC a través de un cable adaptador. Están conectados directamente al autómatas o, en su caso, a una red de autómatas. En la Figura 2.20 se puede ver cómo el OP actúa como supervisor de la red de autómatas (García J. , 2019).

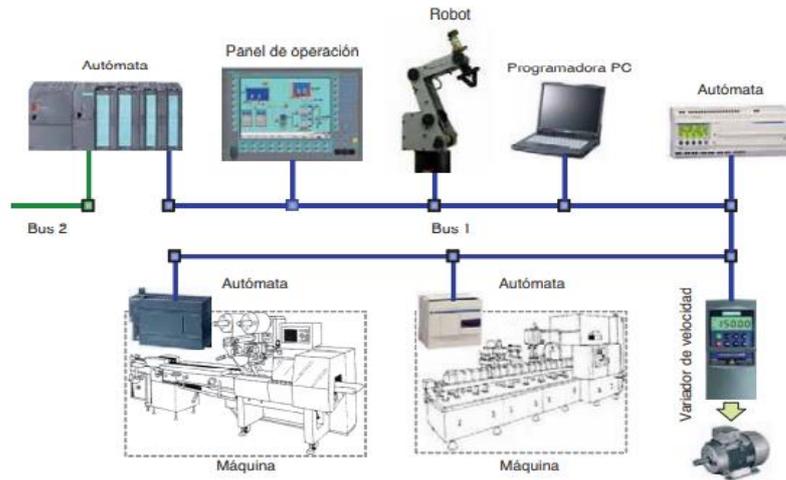


**Figura 2. 20:** Paneles de operación en una red de controladores lógicos programables. Fuente: (Martín y García, 2009).

#### **2.4.3.1. Posibilidades de expansión del autómatas programable.**

A medida que el proceso a automatizar se vuelve más complejo, el número de entradas y salidas necesarias (analógicas y digitales) aumenta proporcionalmente. Esto supone un aumento del número de módulos conectados al autómatas. La mayoría de los controladores programables permiten su interconexión con los llamados módulos de expansión. Estos elementos se utilizan comúnmente para entrada/salida y otras aplicaciones especiales, y aumentan la posibilidad de comunicarse con los actuadores y sensores del sistema (RS, 2020).





**Figura 2. 22:** Ejemplo de una red de comunicación industrial.  
Fuente: (Martín y García, 2016).

Los fabricantes de PLC llevan mucho tiempo desarrollando redes de tipo local para conectar sus PLC y componentes para la regulación y el control. El principal problema que ha surgido hasta ahora es que cada uno crea sus propios estándares que son incompatibles con los demás. Este problema ha sido resuelto en gran medida por el propio grupo de desarrollo del fabricante para hacer un sistema de comunicación universal para que cualquier dispositivo de la red pueda comunicarse entre sí, aunque no sean de la misma empresa comercial (SUMCAB, 2020).

## 2.5. Variables de Estado

Según Martín & García (2016) las variables de estado (Tabla 2.5), también llamadas variables termodinámicas, se clasifican en dos categorías según su dependencia o independencia de la cantidad total de materia presente en el sistema.

### 2.5.1. Variables extensivas.

Si su valor depende de la cantidad o porción de sistema que se considera, por ejemplo: masa, volumen, número de mole (Ibero, 2019).

### 2.5.2. Variables intensivas.

Si su valor no depende de las magnitudes del sistema consideradas, ej: temperatura, densidad, presión, concentración (Chávez, 2019).

En la tabla siguiente se muestran algunas variables extensivas e intensivas:

**Tabla 2. 2**

VARIABLES DE ESTADO.

<b>Variables extensivas</b>	<b>Variables intensivas</b>
Masa (kg)	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )
Volumen (m <sup>3</sup> )	Volumen específico (volumen/masa; m <sup>3</sup> /kg) Volumen molar (volumen/moles: m <sup>3</sup> /mol) Presión (Pa) Temperatura (K) Capacidad calorífica específica (J/kg. K) Capacidad calorífica molar (J/mol. K) Concentración (mol/m <sup>3</sup> ; mol/l; g/l)
Energía interna, U (kJ)	Energía interna molar (kJ/mol)
Entropía. S (kJ/K)	Entropía molar (kJ/K-mol)
Entalpía. H (kJ)	Entalpía molar (kJ/mol)
Energía libre, G (kJ)	Energía libre molar (kJ/mol)

Fuente: (Müller, 2002)

Aunque para el sistema anterior hemos indicado muchas variables, no es necesario conocerlas todas para describir completamente el estado del sistema, pueden ser finitas, debido a que las variables termodinámicas se relacionan entre sí a través de ecuaciones matemáticas.

Conocer la presión, el volumen y la temperatura es suficiente para definir el estado del sistema, y conocer estos valores de P, V y T permite el cálculo de moles, densidad o masa. Así, utilizando estas variables, se describirá completamente el sistema (García & Scherer, 2020).

### 2.5.3. Presión.

La presión se define como la fuerza normal que ejerce un fluido por unidad de área:

$$\text{Ecuación 1} \quad P = \lim_{A \rightarrow A'} \left( \frac{F_N}{A} \right) \quad (1)$$

Solo se habla de presión cuando se trata de gases o líquidos, mientras que la contrapartida de la presión en los sólidos es el estrés normal. Como la presión se define como fuerza por unidad de área, su unidad es Newton por metro cuadrado (N/m<sup>2</sup>), también conocida como Pascal (Pa). Es decir, la unidad de presión Pascal es demasiado pequeña para las presiones que se generan en la práctica (Erazo, 2020).

Debido a que la presión se define utilizando un componente muy específico de la fuerza aplicada, la presión es una cantidad escalar que, a diferencia de la fuerza, no tiene dirección ni significado. En un sistema en equilibrio, si la presión es constante, la presión se aplica uniforme y normalmente en todos sus límites (Lambert, 2021).

De los principios de la hidrostática se puede concluir que la presión ejercida por una columna de fluido en reposo será:

$$\text{Ecuación 2} \quad dP = - \gamma_g dz \quad (2)$$

En donde (dz) es la diferencia de desplazamiento en la dirección de la gravedad. Integrando esta ecuación podemos concluir que en un mismo fluido, la diferencia de presión entre dos puntos separados por elevación (h) será proporcional a dicha altura, la aceleración de la gravedad y la densidad del fluido (Cantera, 2019).

$$\text{Ecuación 3} \quad \Delta P = \rho gh \quad (3)$$

De la ecuación anterior se puede deducir empíricamente, calculando el peso de una columna de material por unidad de área de su base:

$$\text{Ecuación 4} \quad P = \frac{F}{A} = \frac{mg}{A} = \frac{1}{A} (\rho V)g = \rho gh \quad (4)$$

#### 2.5.4. Temperatura.

Mide el grado de actividad dinámica de la materia por parte de los átomos que la componen. Se miden en °C, °F y K. La unidad más famosa y más utilizada en problemas de ingeniería.

#### 2.5.5. Volumen.

El volumen (V) es la cantidad de espacio que ocupa un objeto y representa el tamaño del sistema. En termodinámica se utiliza la magnitud intensidad del volumen, es decir, volumen específico o volumen por unidad de masa, que es independiente del tamaño y en este caso igual al recíproco de la densidad (Lifeder, 2021).

$$\text{Ecuación 5} \quad v = \frac{1}{\rho} \quad (5)$$

En donde la densidad de acuerdo con la hipótesis del continuo (volúmenes grandes la densidad es constante) puede ser definida como:

$$\text{Ecuación 6} \quad \rho = \lim_{V \rightarrow V'} \left( \frac{m}{V} \right) \quad (6)$$

En donde V es el volumen más pequeño en el que el sistema puede considerarse continuo, es decir, el volumen contiene suficientes partículas para que la media estadística sea significativa. La unidad de medida de volumen en el sistema métrico decimal es el metro cúbico, aunque el SI también acepta (temporalmente) el litro y el mililitro que son de uso común en la vida real (Pérez, 2019).

## **2.6. Instrumentación industrial.**

Permite avances tecnológicos en la ciencia actual, como la automatización de procesos industriales; porque la automatización solo se puede lograr a través de elementos que puedan registrar o transmitir lo que sucede en el ambiente, para luego tomar acciones de control preprogramadas que actúan sobre el sistema para obtener el resultado deseado (Gutiérrez & Iturralde, 2018).

### **2.6.1. Definiciones y conceptos.**

La instrumentación puede ser simple, como transmisores, válvulas, sensores, o muy compleja, como controladores, analizadores y amortiguadores.

### **2.6.2. Instrumentación.**

Se define como un conjunto de ciencias y tecnologías mediante las cuales se miden cantidades físicas o químicas con el objeto de obtener información para su archivo, evaluación o actuación sobre los Sistemas de Control Automático (Ibero, 2019).

### **2.6.3. Señal.**

Es una muestra física que puede cambiar con el tiempo o medirse constantemente (Gutiérrez & Iturralde, 2018).

### **2.6.4. Indicadores.**

Presentan una escala que expresa la equivalencia de los datos al operador, pueden ser manómetros, tensiómetros (Utrilla & Reyes, 2019).

### **2.6.5. Transmisor.**

En el campo de la instrumentación y control, es un dispositivo que emite una señal, código o mensaje a través de un medio conectado a un sensor por un conductor eléctrico (Villalva, 2021).

### **2.6.6. Controladores.**

Es aquel instrumento que compara el valor medido con el valor deseado, en base a esta operación calcula un error, para luego actuar con el fin de corregir el error (Calán, 2019).

### **2.6.7. Transductores.**

Es este instrumento el que compara el valor medido con el valor esperado, calcula el error a partir de esta operación y luego actúa para corregir el error (Gutiérrez & Iturralde, 2017).

### **2.6.8. Amortiguadores.**

Un amortiguador es un dispositivo diseñado para absorber energía de un choque o golpe, o para reducir las oscilaciones provocadas por ciertos movimientos periódicos (Noboa & Viteri, 2020).

### **2.6.9. Rango.**

Se define como el intervalo entre los valores mínimo y máximo que un instrumento puede medir, transmitir o indicar.

### **2.6.10. Sistema de medición.**

Conjunto de elementos que componen un instrumento, capaz de convertir una variable física en una señal (Villacreses, 2021).

### **2.6.11. Linealidad.**

Esta propiedad define qué tan cerca está la curva de calibración de un instrumento de una línea recta (Reyes, 2019).

#### **2.6.12. Precisión.**

La capacidad de un instrumento para proporcionar el mismo valor para un mensurando cuando realiza múltiples mediciones en las mismas condiciones (Gutiérrez & Iturralde, 2018).

#### **2.6.13. Error.**

Se define como la diferencia entre la salida real y la salida ideal. El error se puede expresar como un porcentaje de la lectura (Acosta, 2019).

#### **2.6.14. Sensor.**

Es un dispositivo que, en base a la energía del medio que se está midiendo, proporciona una señal de salida conmutable que está en función de la magnitud a medir (Nuñez, 2010).

#### **2.6.15. Exactitud.**

Es la capacidad de un instrumento de medición de dar indicaciones que se aproximen al valor verdadero de la magnitud medida (Gutiérrez & Iturralde, 2018).

### **2.7. Simbología y normas.**

En instrumentación y control de procesos, el uso de sistemas dedicados para transmitir información sobre cada elemento de automatización de manera clara y concisa es fundamental para el diseño, selección, operación y mantenimiento de los sistemas de control (Nuñez, 2010).

### **2.7.1. Simbología.**

La semiótica es un proceso abstracto en el que las características distintivas de un dispositivo o función se representan de manera simple como figuras geométricas como círculos, rombos, triángulos, etc., a caracteres escritos como letras y números, para identificar la ubicación del instrumento a utilizar y tipo utilizado Figura 2.23 La representación de los símbolos de instrumentos o funciones ha tomado una forma típica (Electromatic, 2020).

### **2.7.2. Normas.**

Estos estándares son esenciales para la referencia del instrumento o la funcionalidad del sistema de control requerida para fines de simbología e identificación. Algunas de las referencias más destacadas son (Gutiérrez & Iturralde, 2018):

- Diagramas de sistemas de instrumentación, diagramas lógicos, descripciones funcionales
- Diagramas de flujo: procesos, mecánicos, ingeniería, sistemas, que conduce por tuberías (el proceso) e instrumentación
- Identificación de instrumentos y funciones de control, instalación, operación e instrucciones de mantenimiento

Conexión de proceso o suministro	
Señal Neumática	
Señal Eléctrica	
Tubo Capilar	
Señal Indefinida	
Línea de Software	
Línea Mecánica	
Señal electromagnética o de sonido	
Señal Hidráulica	
El símbolo de señal neumática es usado de esta forma cuando se trata de aire.	AS aire suministrado ES Suministro eléctrico GS Suministro de Gas HS Suministro Hidráulico NS Suministro de Nitrógeno SS Suministro de vapor WS Suministro de agua

**Figura 2. 23:** Simbología ISA.  
Fuente: (Gutiérrez & Iturralde, 2017).

La norma proporciona información suficiente para permitir que cualquier proceso de medición y control comprenda los medios de medición y control del proceso. El sistema de notación está estandarizado por el estándar ISA (Instrumentalists Association of America), Figura 2.23.

## CAPÍTULO 3:

### DISEÑO, IMPLEMENTACIÓN Y RESULTADOS

En este capítulo tres se muestra el desarrollo de todas las actividades que demandan los objetivos específicos, a fin de obtener la respuesta al problema de la investigación, dándole su solución con respecto a la implementación un sistema de monitoreo y aviso por medio de correo electrónico, de las variables de estado en la central de generación de vapor de la empresa Tonicorp, ubicada en el Km 17.5 de la Av. Francisco de Orellana de la ciudad de Guayaquil.

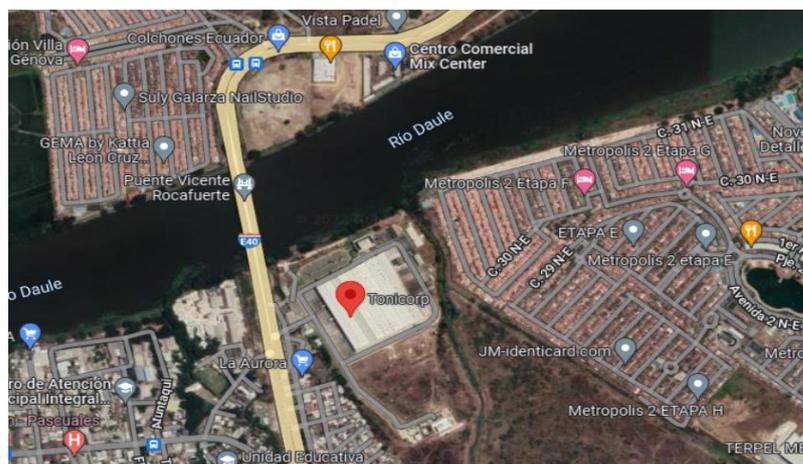
Para lo cual ya se trabajó en el estado de arte en la fundamentación teórica en la investigación teórica como indica el capítulo dos.

#### 3.1. Características Físicas de la Planta Tonicorp.

Según el objetivo específico uno del capítulo uno, pasan a descubrir las características físicas de la planta Tonicorp.

##### 3.1.1. Ubicación de la planta.

Según la figura 3.1, la ubicación física de la empresa Tonicorp es en el Km 17.5 de la Av. Francisco de Orellana de la ciudad de Guayaquil.



**Figura 3. 1:** Ubicación satelital empresa Tonicorp.  
Fuente: Google maps.

### **3.2. Elaboración el estado del arte de las técnicas, leyes, teorías y prácticas, en los procesos de la industria láctea, por medio de revisiones bibliográfica.**

En el capítulo dos, fundamentación teórica, se trabajó haciendo las revisiones bibliográficas sobre las leyes y teorías de los procesos en la industria láctea, a fin de llevar como sustento base a la investigación que se está realizando para darle solución al problema como se dijo inicialmente.

Ahí se detallo: Calderas, tratamiento térmico de los Lácteos, control y automatización, variables de estado, instrumentación, simbología y normas.

### **3.3. Caracterizar de los diferentes elementos y componentes a utilizados en el desarrollo del Trabajo de integración curricular.**

Los equipos principales que se utilizan tenemos los siguientes:

PLC, módulos de expansión del PLC, HMI.

Los equipos de medición que se utilizan tenemos los siguientes:

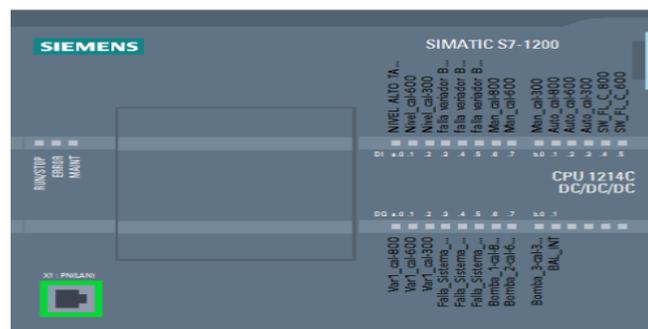
Sensor de Presión, sensor de temperatura, sensor de medición de volumen, sensor de nivel, interruptor de flujo, interruptor de nivel.

#### **3.3.1. Características del Controlador Lógico Programable utilizado PLC.**

Para este proyecto se utilizó un PLC de la marca Siemens S7-1200 modelo 6ES7 214-1AG40-8XB0 (figura 3.2) el cual tiene las siguientes características:

- Memoria de trabajo 100 KB.

- Fuente de alimentación de 24 Vcc con 14 entradas digitales (DI14) de 24 Vcc de fuente, 10 salidas digitales (DO10) de 24 V CC y dos entradas análogas (AI2) integrados.
- Seis contadores de alta velocidad y cuatro salidas de pulsos a bordo; el tablero de señales se expande a bordo 1IO;
- Hasta tres módulos de comunicación para comunicación serie;
- Hasta ocho módulos de señal para expansión de entrada y salidas (E/ S);
- Velocidad 0,04ms/1000 instrucciones.
- Interfaz PROFINET para programación, HMI y comunicación PLC a PLC.



**Figura 3. 2:** Controlador Lógico Programable.  
Fuente: Software TIA-Portal- El autor.

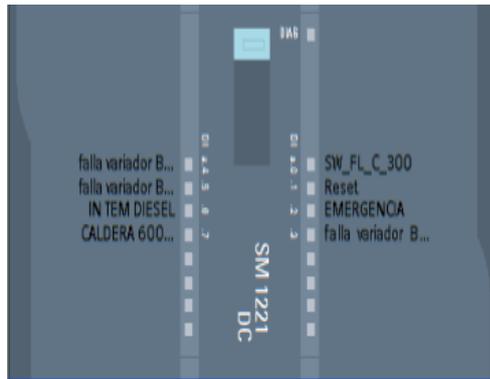
### 3.3.2. Módulos de expansión entradas digitales.

**Designación abreviada:** SM 1221 DI8 x24 VCC

**Descripción:** Módulo de entrada digital DI8 de 24 VCC fuente; retardo de entrada configurable bloques de terminales enchufables (fig. 3.3).

**Número de artículo:** 6ES7 221-1BF32- OXBO

**Versión de firmware:** V2.0



**Figura 3. 3:** Modulo de entradas digitales.  
Fuente: Software TIA-Portal- El autor

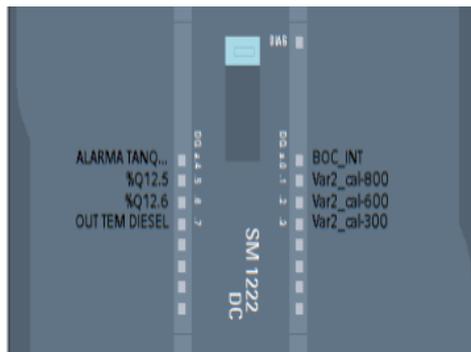
### 3.3.3. Módulos de expansión salidas digitales.

**Denominación abreviada:** SM 1222 DQ8

**Descripción:** Módulo de salida digital DQ8 x24VDC, bornes enchufables (fig. 3.4).

**Número de artículo:** 6ES7 222-18F32-0x80

**Versión de firmware:** V2.0



**Figura 3. 4:** Modulo de salidas digitales.  
Fuente: Software TIA-Portal- El autor

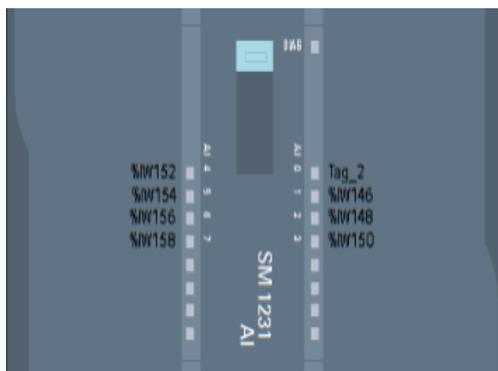
### 3.3.4. Módulos de expansión entradas analógicas.

**Designación abreviada:** SM 1231 AI8

**Descripción:** Módulo de entrada analógica (Fig.3.5) AI8 x 13 bits; bloques de terminales enchufables; entrada: 2.5V, 5V. Supresión de frecuencia configurable de 10V y 0/4 a 20mA; alisado configurable; diagnóstico configurable

**Número de artículo:** 6ES7 231-4HF32-0XBO

**Versión de firmware:** V2.0



**Figura 3. 5:** Módulo de entradas analógicas.  
Fuente: Software TIA-Portal- El autor

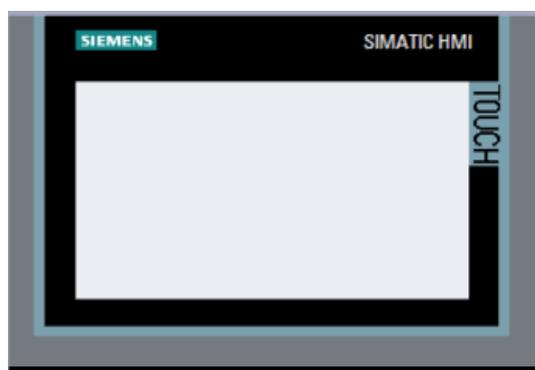
### 3.3.5. Interfaz Hombre Máquina HMI.

Designación abreviada: Confort TP700

Descripción: Pantalla TFT de 7,0", 800 x 480 píxeles, 16 millones de colores; Pantalla táctil; 1 x MPI/ PROFIBUS DP, 1 x interfaz PROFINET/ Industrial Ethernet compatible con MRP y RT/ IRT (2 puertos); 2 x ranura para tarjeta multimedia; 3 x USB. (Fig.3.6)

Número de artículo: 6AV2 124-0GC01-0AXO.

Versión: 15.0.0.0



**Figura 3. 6:** HMI  
Fuente: Software TIA-Portal- El autor

### 3.3.6. Sensor de Presión fig. 3.7.

**Tecnología:** El circuito electrónico permite asignar hasta 120 campos, cubriendo por tanto hasta 180 °K. Cuanto mayor sea el rango de temperatura, mayores serán las pruebas por realizar para minimizar la inexactitud del modelo matemático.

**Salidas:** Las señales de salida standard se reducen a la habitual en procesos (4-20mA/2 hilos) o en aplicaciones que requieran señal amplificada en tensión (0-10V/3 hilos).



**Figura 3. 7:** Sensor de presión.  
Fuente: Keller- Autor

### 3.3.7. Sensor de temperatura.

**Marca:** Kaifeng AFT

**Modelo:** RTD blindado WZPK-236



**Figura 3. 8:** Sensor de temperatura  
Fuente: Kaifeng AFT -Autor

**Características:** Diámetro pequeño y longitud flexible. Alta precisión y excelente rendimiento. Menos tiempo de respuesta térmica reduce los errores dinámicos. Rendimiento material estable y fiable. (Fig. 3.8)

**Principales datos tecnológicos:** Pt100, Sistema de tres hilos.

**Estándar de implementación del producto:** IEC60751, GB/T30121

**Cableado:** cableado simple y cableado doble.

**Forma de caja de conexiones:** Resistente al agua y a prueba de explosiones.

**Método de instalación:** Sin accesorio, roscado, con bridas

### 3.3.8. Sensor de medición de volumen.



**Figura 3. 9:** Sensor de volumen.  
Fuente: Endress + Hauser – Autor.

**Modelo:** Deltapilot S FMB70; **Marca:** Endress + Hauser.

La tecnología de este sensor figura 3.9, implica la medición de nivel por columna hidrostática (presión).

**Rango de señal:** 4 a 20 mA

**Rangos de medición:** a partir de  $-100 \dots +100$  mbar hasta  $-1000 \dots +10000$  mbar.

**OPL:** máx. 40 bar (600 psi)

**Rango de temperaturas de proceso:**  $-10 \dots +100$  °C;  $+135$  °C durante un máximo de 30 minutos.

**Rango de temperatura ambiente:** Rango de aplicación de temperaturas extendido  $-40 \dots +85$  °C con restricciones en las propiedades ópticas tales como la velocidad y el contraste del indicador.

**Tensión de alimentación no-Ex:** 10,5 a 45 V CC

### **3.3.9. Interruptor de nivel.**

**Modelo:** LMT01A,

**Marca:** IFM



Figura 3. 10: Sensor de nivel.  
Fuente: IFM -Autor

**Funcionamiento:** El equipo de la figura 3.10, supervisa el nivel de fluidos líquidos viscosos en depósitos. Se puede utilizar para la detección del nivel límite y para la protección contra el funcionamiento en seco.

#### **Características del equipo.**

- Posición definida de la salida del cable para conectores hembra acodados cuando se utilizan adaptadores a soldar de IFM.
- Geometría del sensor que favorece el flujo, sin bloqueo de la tubería al utilizar equipos con sonda corta, sin pérdida de presión.
- Posibilidad de montaje independientemente de la posición.

#### **Detección de niveles en atmósferas explosivas.**

La gama LMT supervisa de forma segura niveles en tanques de almacenamiento en zonas potencialmente explosivas.

### 3.3.10. Sensor de nivel con controlador.

**Marca:** Level Master - **MODELO:** CBLME



**Figura 3. 11:** Pantalla Level Master.  
Fuente: Level Master – Autor.

El Level Master de Cleaver Brooks Figura 3.11, es un control (basado en microprocesador) de nivel de agua de seguridad primaria para calderas de vapor de pirotubulares y acuotubulares. El sistema consiste en cuatro partes: un controlador, un sensor de nivel de agua de lectura continua en sitio, una columna de agua y un cable sensor de 25 pies y tres conectores.

#### **Características de sensor de nivel.**

- Enlace al controlador de alta velocidad, inmune a ruido, RS-485.
- Flotador de acero inoxidable para una larga vida, independientemente de la calidad del agua de suministro.
- Tubería de acero inoxidable y conexión de cámara.
- Fácil instalación, utilizando cable apantallado.
- El sensor puede adaptarse al diseño previo de la columna de agua del Level Máster.

### **3.3.10.1. Especificaciones.**

#### **Controlador**

- Energía de entrada de 120 VAC, 50/60 Hz. Consumo de energía de 20VA
- Máximo de temperatura de operación de 122 grados Fahrenheit
- Dimensiones de montaje de panel de 5.39 o.015 pulgadas (1/2 DIN)
- Profundidad mínima del panel de 6.0 pulgadas
- Panel frontal de una pieza con botones de membrana integral
- Contactos de relé de 10 amperes, para controles.

#### **Sensor de nivel fig. 3.12.**

- Temperatura máxima de operación de 55 grados centígrados electrónicos y 205 grados centígrados para sensor.
- Largo de la carrera de sensor de 11.3 pulgadas
- Resolución mayor que 0.050 pulgadas
- Precisión de 0.025 pulgadas
- Índice de actualización de 10.0 milisegundos.
- Tubería de acero inoxidable y conexión de cámara.
- Flotador de acero inoxidable.



**Figura 3. 12:** Sensor de nivel.  
Fuente: Level Master- Autor

### **3.4. Procedimiento para el Diseño del Sistema de Monitoreo y Aviso por Correo Electrónico.**

Se realizó la programación y diseño con el programa “TIA Portal” de la marca Siemens, este brinda la facilidad de desarrollar la lógica de control y el interfaz hombre máquina, además de realizar simulación antes de la puesta en marcha.

#### **3.4.1. Diseño del sistema de monitoreo**

Se realizó un levantamiento para ver las áreas críticas a ser monitoreadas, dentro de las cuales se determina cuatro zonas para el monitoreo, las cuales se enlistan y se detallan con una fotografía física y la ventana del HMI que lo representa.

Estos sistemas son los siguientes:

- Sistema de recepción de combustible y tanque diario.
- Sistema de agua caliente.
- Bombas de suministro de combustible y nivel de agua caldera de 800.
- Calderas y Distribuidor de vapor.

Para poder mostrar los detalles de cada una de las ventanas del programa Tía -Portal de Siemens, se enumeró cada una de sus subenanas y menús, esto nos ayudaría a entender el procedimiento en el desarrollo de este proyecto en relación con sus partes y donde localizarlas, como se muestra en la Figura 3.13 de la siguiente página.

### 3.4.1.1. Ventanas en HMI, uso del software “Tía portal” Siemens.

Luego de arrancar el programa se tuvo que crear el proyecto y configurar cada dispositivo, esos detalles son generales por lo que se empezaría por la ventana principal que es de ahí donde se comienza el diseño para este proyecto, a continuación, se muestra cómo se realiza el diseño desde la pantalla principal de cada una de las ventanas del HMI.

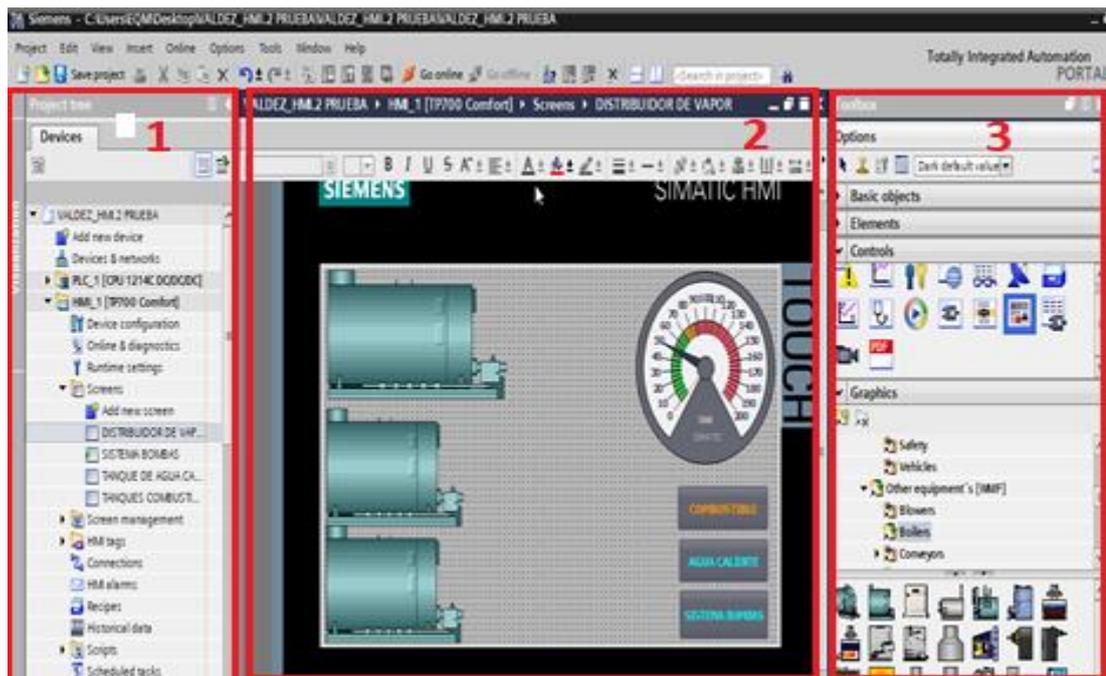
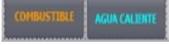


Figura 3. 13: Ventana de trabajo, Tía Portal de Siemens.  
Fuente: Software TIA-Portal- El autor

1. Dentro del árbol del proyecto Fig. 3.13 de lado izquierdo, en la opción HMI\_1 [ CPU 1214DC] damos click, y aparece “Screens”, click derecho y agregamos las pantallas, aparece una ventana como la Figura 3.6, esta es la ventana de trabajo y donde se ingresará cada uno de los íconos.
2. Una vez creadas y configuradas las ventanas, se abrió una de ellas y nos aparece la pantalla para insertar los distintos íconos que esta llevaba, como se muestra en la parte central de la Fig. 3.13.

3. Los diferentes iconos como elementos básicos, controles, gráficos se encuentran en la parte derecha de la Figura 3.13, en este proyecto por lo que se utilizan los mostrados en la tabla 3.1 siguientes:

Tabla 3. 1: Tabla de gráficos utilizados en el HMI.

ELEMENTO	CONFIGURACIÓN	IMAGEN
Manómetro	Color, escala	
Luz indicadora.	Dirección	
Tubería	Color y visibilidad	
Codos, T	Color y visibilidad	
Caldera	Apariencia.	
Pulsador	Color, texto.	
Indicador numérico.	Tamaño	
Indicador de nivel.	Apariencia, Flasheo	
Texto.	Tamaño, color	
Motor-bomba.	Apariencia.	
Tanque de Agua.	Apariencia.	

Fuente: Autor.

4. Editar las configuraciones de cada elemento dando click derecho en el elemento y nos aparecerá una pestaña Fig. 3.14.

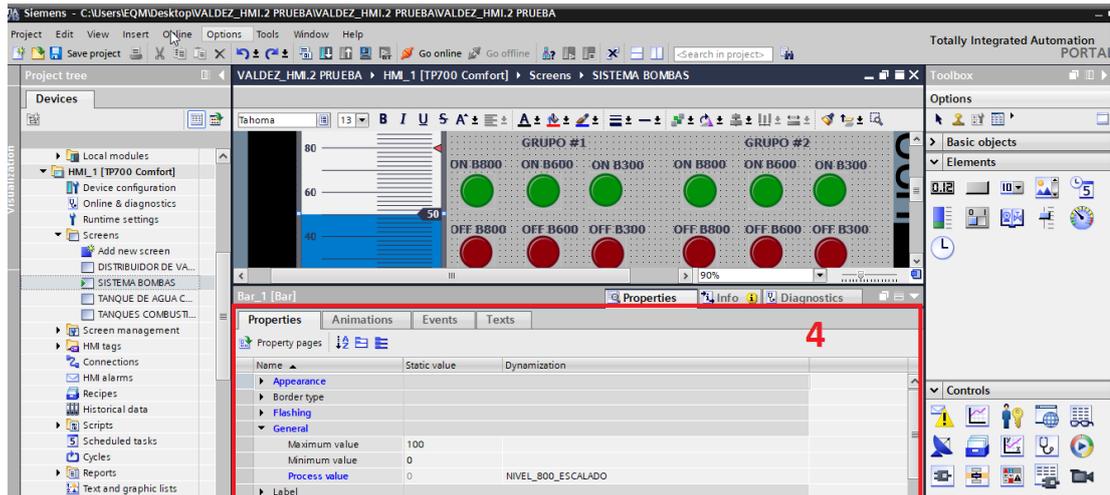


Figura 3. 14: Pestaña con información del elemento.  
Fuente: Software TIA-Portal- El autor

### ***Apariencia y luz intermitente de los elementos del proyecto.***

Para modificar el color del líquido del indicador de nivel, se dio click en la propiedad de “Animación”, y se modificó los parámetros de color en relación con el nivel menor. Al 25 % del total líquido el color cambia, pasará de azul a rojo. De la misma manera se cambió el color del nivel para que del 41 % - 55 % de nivel pase de azul a amarillo y así los demás colores, como indica la Figura 3.15. En cuanto a los niveles 0-25 % y 56-100 % se activa la luz intermitente.

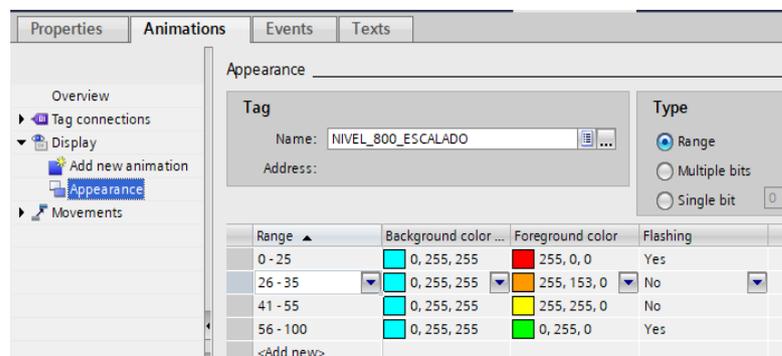
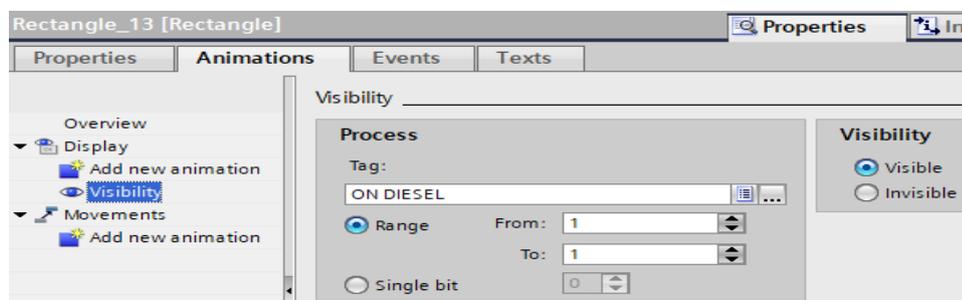


Figura 3. 15: Apariencia del indicador de nivel.  
Fuente: Software TIA-Portal- El autor

### **Visibilidad de los elementos del proyecto.**

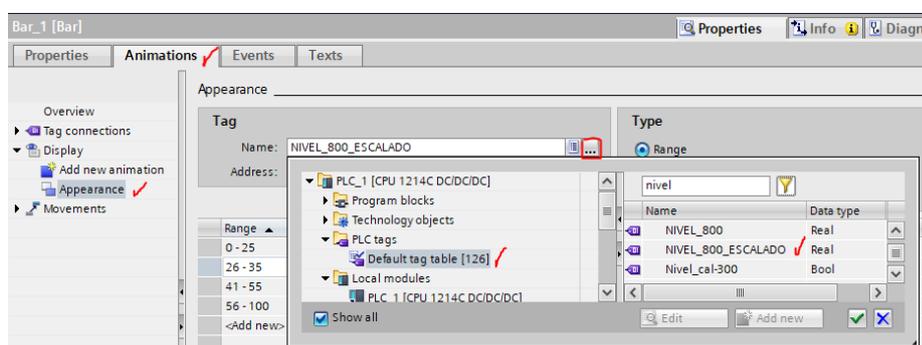
Se dio click derecho sobre el elemento, propiedades, aparece la pestaña del proyecto Figura 3.14, expandiendo la pestaña “display” luego se agregó la nueva animación, volviendo a dar click en visibilidad, y aparecerá la siguiente pestaña de la Figura 3. 16.



**Figura 3. 16:** Pestaña de propiedades del elemento.  
Fuente: Software TIA-Portal- El autor

### **Direccionamiento de variables del HMI.**

Las variables usadas las podemos observar en las Figuras 3.2, 3.3, 3.4, 3.5, las cuales tienen el nombre y dirección. En el caso de la variable Análoga “NIVEL\_800\_ ESCALADO” en la Figura 3.15, se utiliza la Figura 3.17 para la dirección.



**Figura 3. 17:** Direccionamiento de las variables en el HMI.  
Fuente: Software TIA-Portal- El autor

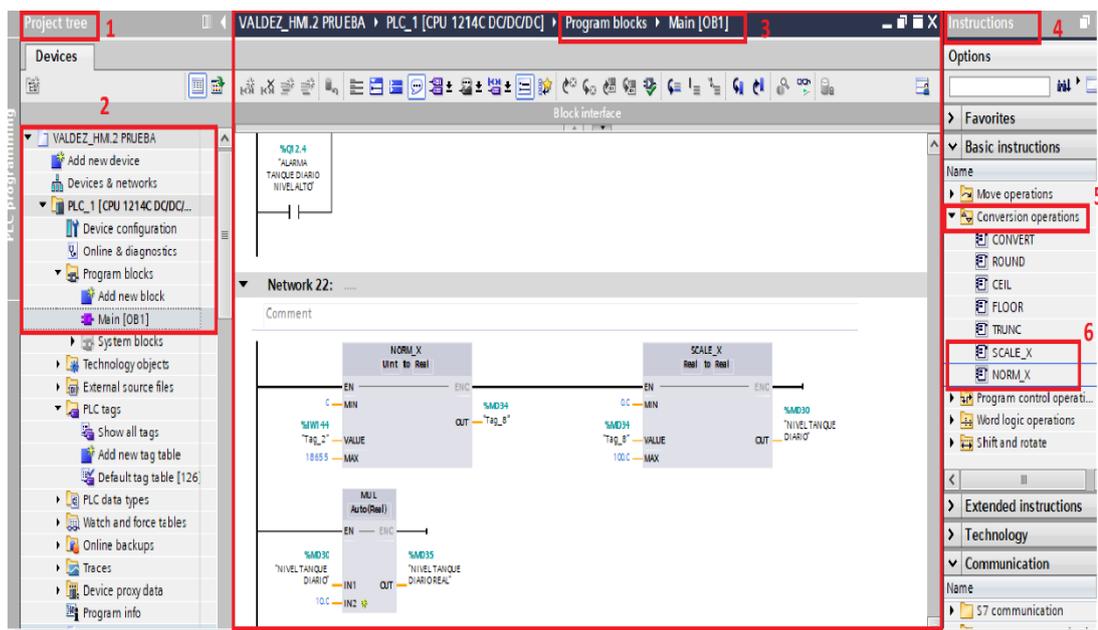
Click en propiedades, animación, apariencia, se desplegó la pestaña con click en icono de los tres puntos, buscamos la variable en PLC-tags

correspondiente y aceptamos. En el caso de la variable digital ON\_DIESEL de la Figura 3.16 se realizó el mismo procedimiento.

### *Direccionamiento de señales análogas y digitales PLC, fig.*

#### **3.18.**

Pasos para encontrar los bloques para trabajar con señales análogas:



**Figura 3. 18:** Bloques para escalar entradas Análogas.  
Fuente: Software TIA-Portal- El autor

1. Se ubica en el árbol del proyecto.
2. Luego en proyecto VALDEZ\_HMI.2 PRUEBA, PLC\_1, Main [OB1]
3. Se abrirá la ventana del bloque de programas.
4. En la pestaña de instrucciones se desplegó el menú de instrucciones básicas.
5. Se dio click en operadores de conversión.
6. Por último, se ubicó los iconos "Scale\_x" y "Norm\_x" hacia la ventana del bloque de programas.

### **Normalizado y escalado.**



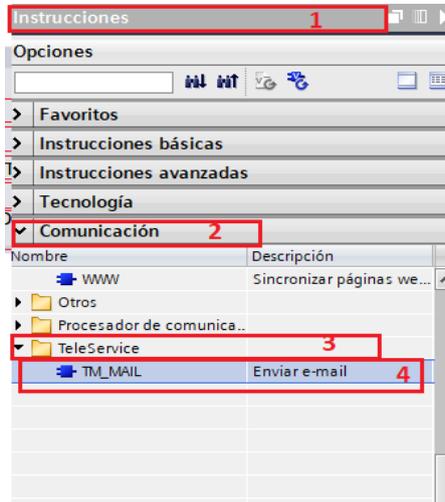
**Figura 3. 19:** Bloques de PLC para uso de señales analógicas.  
Fuente: Software TIA-Portal- El autor

Para normalizar la entrada analógica, IW64/Tag\_1, se utilizó para cablear la señal de 0-10Vdc del sensor de nivel de la caldera de 800, colocando el máximo y mínimo de resolución. Se busca un espacio de memoria mediante la variable %MD4 que es asigna por defecto, asignando el tipo de dato en este caso es de entero a real. Por último, escala de manera similar a la normalización. (Fig. 3.19)

Para obtener señales digitales se realiza el levantamiento de los tableros de control, en busca de la disponibilidad de contactos auxiliares libres que permitan enviar las señales al PLC también se acopla el interruptor de nivel en el tanque diario quien también envía una señal digital como redundancia para una mejor seguridad de nivel. Mediante los contactos auxiliares de los variadores y de los guardamotores se logra obtener las distintas señales que se redirecciona mediante el PLC y al HMI. Estas señales se pueden observar escritas en las figuras del PLC los módulos de expansión de las Figuras, 3.2- 3.3 - 3.4 - 3,5.

### 3.4.2. Procedimiento para el envío de aviso alarma por correo electrónico, de la variable de estado fuera de rango.

Para el envío de correo electrónico desde el PLC S7-1200 se utiliza el bloque de función TM\_MAIL, la ubicación de este ícono se muestran a continuación (Fig. 3.20):



**Figura 3. 20:** Ubicación de la función TM\_MAIL en el software Tía Portal.  
Fuente: Software TIA-Portal- El autor

1. Ubicar el menú de instrucciones.
2. Expandir el submenú comunicación.
3. Abrir la carpeta de “Teleservicio”.
4. Arrastrar el bloque de función de instrucciones TM\_MAIL al bloque de programas

La configuración del bloque “TM\_MAIL” se la detalla a continuación:

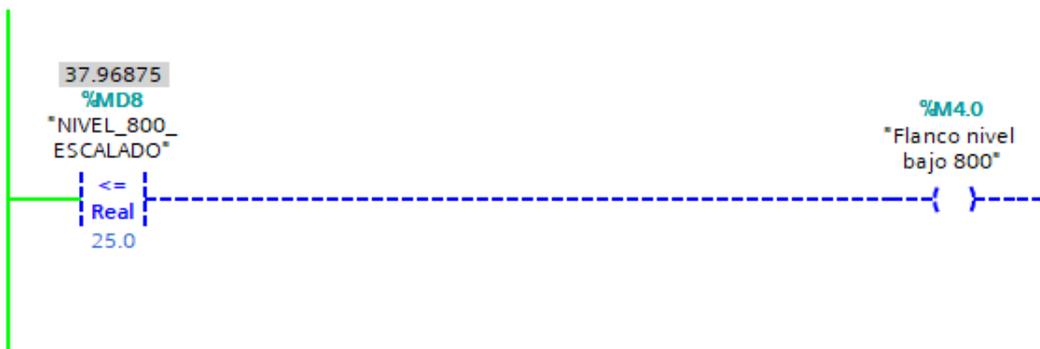


**Figura 3. 21:** Bloque de instrucciones "TM\_MAIL"  
Fuente: Software TIA-Portal- El autor

En la figura 3.21, se muestra cada uno de los parámetros a configurar con signos de interrogación y tres puntos seguidos, damos doble click en algunos de estos iconos y se abrirá un cuadro de dialogo para configurarlo.

### 3.4.2.1. Configuración del bloque *TM\_MAIL*.

Primero se programa la salida en este caso una marca que activará el flanco para él envío del correo, para esta situación se debe realizar la condición que hará que se active esta marca. En el caso de la señal del sensor de nivel de la caldera 800, se programa para cuando su nivel de agua sea igual o menor que el 25 % del total de capacidad este activará una marca que será utilizada para enviar el correo Fig. 3.22.



**Figura 3. 22:** Línea de programa que activa marca para envío de correo.  
Fuente: Software TIA-Portal- El autor

Cada parámetro se resalta por un recuadro enumerado en Figura 3.23 cuya configuración se detalla a continuación:



**Figura 3. 23:** Bloque *TM\_MAIL* y sus parámetros.  
Fuente: Software TIA-Portal- El autor

1. **REQ:** Señal digital que activara en este caso es la marca M4.0

Fig. 3.23.

2. **ID:** Parámetro de comunicación (2)
3. **TO\_S:** Correo de destino.
4. **CC:** Otros correos de destino.
5. **SUBJECT:** Asunto del correo.
6. **TEXT:** Texto del correo.

Los siguientes numerales se parametrizan por defecto y su uso va más allá de los objetivos de este trabajo. De esta manera los parámetros ingresados se muestran en la Fig. 3.24.

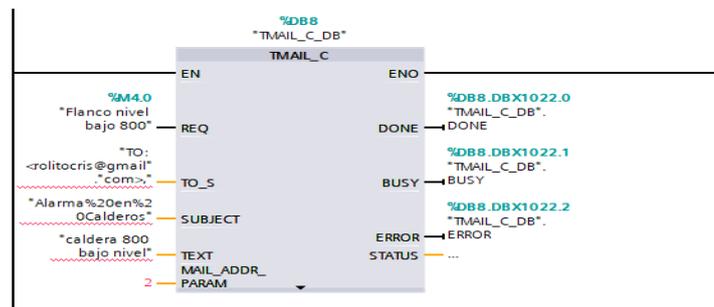


Figura 3. 24: Configuración final de los parámetros.  
Fuente: Software TIA-Portal- El autor

### 3.4.3. Procedimiento para el montaje de tuberías, sensores, cableado y armado de tablero eléctrico.

El procedimiento se detalla a continuación:

#### 3.4.3.1. **Levantamiento de señales eléctricas.**

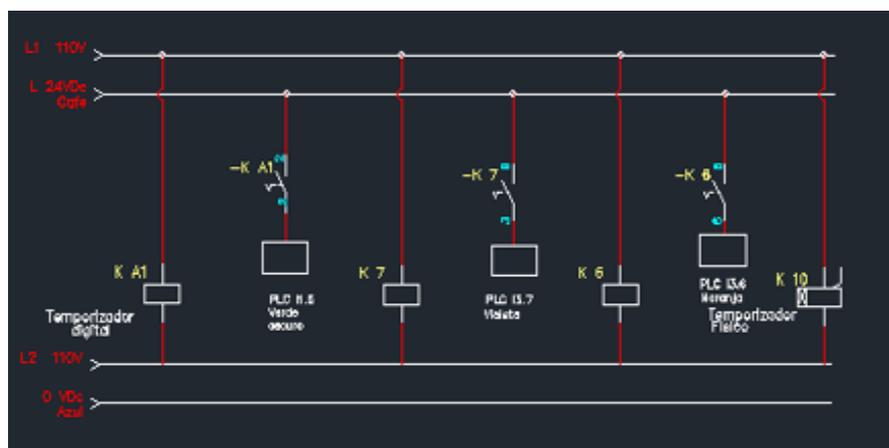
Se elabora un levantamiento de las señales tanto discretas como análogas que se van a utilizar, esto nos dará la proyección para saber si es necesario aumentar módulos en el PLC estas señales se pueden ver en las Figuras 3.2 - 3.3 - 3.4 - 3.5.



**Figura 3. 25:** Señales desde el tablero de tanques de combustible al PLC.  
Fuente: Autor.

Se identifica los tableros de control de cada uno de los sistemas existentes, en la Figura 3.25 derecha, se muestra el tablero de suministro de combustible, dentro de este tablero con la ayuda del plano, se identifica cuáles son los contactos que se activan cuando la bomba de combustible y bunker se encienden Fig. 3.25 izquierda, así como el temporizador que realiza su encendido, de esta manera se obtendrá la señal que se llevará al PLC, y servirá para realizar el interfaz de monitoreo en el HMI.

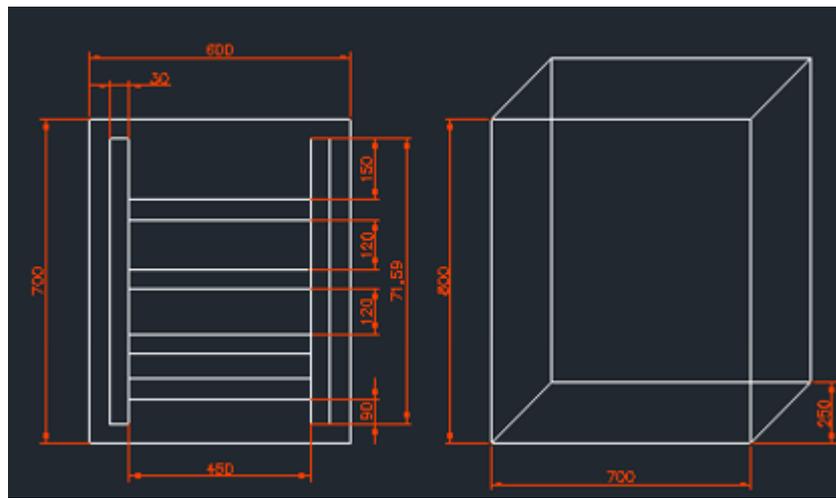
Este mismo proceso se lleva a cabo con el tablero del sistema de Agua caliente, distribuidor de calor y tanque diario. Las dimensiones de los cables y tuberías a utilizar serán determinadas en base al número de señales que provienen de cada tablero. La siguiente Figura 3.26 muestra las señales que vienen del tablero tanques de combustible.



**Figura 3. 26.** Plano de tanques de combustible al PLC.  
Fuente: Autor.

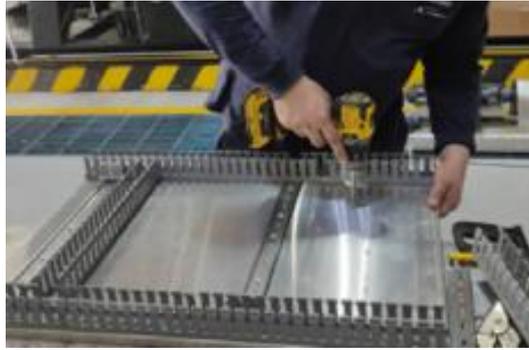
### 3.4.3.2. Armado de tablero del PLC.

Se toma las medidas de los elementos a utilizar en el tablero en caso de no tener el elemento se recurre a la ficha técnica. Obtenidas las dimensiones de cada elementos se puede realizar el plano (Fig. 3.27) y dimensionar el tablero a utilizar. Además, de poder dimensionar los espacios en el plafón del tablero donde irá el riel DIN y la canaleta ranurada.



**Figura 3. 27:** Plano del tablero con la canaleta ranurada.  
Fuente: Autor.

Con el uso del plano Figura 3. 27 procedemos a armar las bases del tablero, el resultado se muestra en la Figura 3.28 con las respectivas canaletas ranuradas, los espacios entre canaletas deben de dejar el suficiente espacio entre el elemento para que el elemento pueda ser cableado y etiquetado de manera correcta y cuando se necesite hacer una revisión haya facilidad para la maniobra.



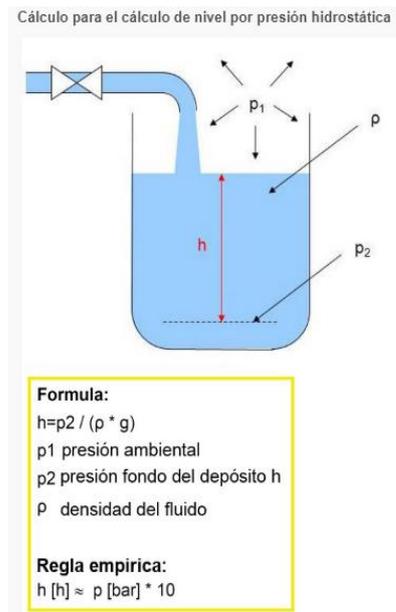
**Figura 3. 28:** Armado del tablero eléctrico.  
Fuente: Autor.

Por consiguiente, el armado del tablero con la fuente y el PLC y grupo de borneras para entradas y salidas del PLC se muestra en la Figura 3.29 en este se puede observar las borneras forman hileras que salen de cada módulo del PLC, esto ofrece la facilidad al técnico para poder maniobrar ya que el espacio en el módulo es menor. Se colocan hileras con 24 VDC para facilitar la distribución de la energía de la fuente, y por último se observa los respectivos disyuntores y tres relés que ayudan a dar la señal de las bombas dosificadora.



**Figura 3. 29:** Tablero cableado con los elementos respectivos.  
Fuente: Autor.

### 3.4.3.3. *La medición de nivel partiendo de la presión hidrostática.*



**Figura 3. 30:** Presión hidrostática como método para medir niveles.

El método utilizado para la medición del volumen en los diferentes tanques es por presión hidrostática

Para obtener la medición precisa se aplica una sonda de pozo que es transmisor de presión especial con cable y con una clase de protección elevada.

La presión hidrostática se utiliza para determinar el nivel a través de la medición de la columna de líquido y es directamente proporcional a la altura de llenado el peso específico del fluido y la fuerza de la gravedad, figura 3.30.

Para la medición de volumen se realiza una analogía entre corriente generada por el sensor y la volumetría del tanque que se toma como referencia el máximo nivel de este con 20mA y el mínimo nivel 4mA. Por consiguiente, tomamos la hoja técnica de capacidad de tanque para tener la

relación del volumen. Dando como resultado un porcentaje del 100 % en 20mA, se tienen 12 000 GL.

Bajo la influencia de la gravedad, la presión hidrostática aumenta con la altura de la columna de líquido y por lo tanto con la altura de llenado del depósito.



**Figura 3. 31:** Sensor hidrostático con funda sellada.  
Fuente: Tonicorp.

En la Figura 3.31 podemos observar el sensor hidrostático ya instalado en la base del tanque, el conductor que lleva la señal es protegido por la instalación de la tubería funda sellada y evitar que la humedad pueda ingresar.

### **3.5. Análisis de resultados.**

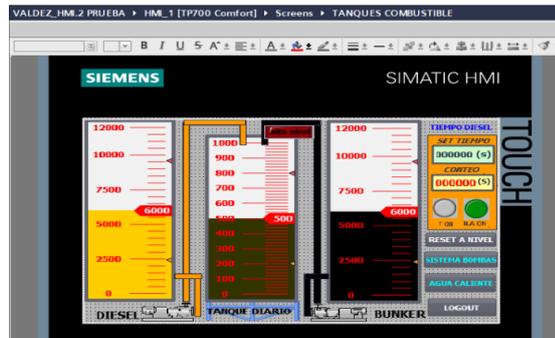
El resultado es detallado a continuación, indicando las pantallas diseñadas con la variable de estado a monitorear. Además de ejemplificar el envío del correo, si el volumen de agua del caldero sale del rango permitido.

### 3.5.1. Sistema de recepción de combustible y tanque diario.

En la Figura 3.32, se observa una fotografía de la parte física del sistema de combustible, la fotografía muestra dos tanques los cuales almacenan el diésel y bunker, junto con el tanque diario, aquí se visualiza los volúmenes de combustible. Basado en esta foto se realiza el diseño de una de las ventanas del HMI que se muestra en la figura 3.33.



**Figura 3. 32:** Tanques de combustible y tanque diario.



**Figura 3. 33:** Tanques de recepción de combustible y tanque diario.  
Fuente: Autor.

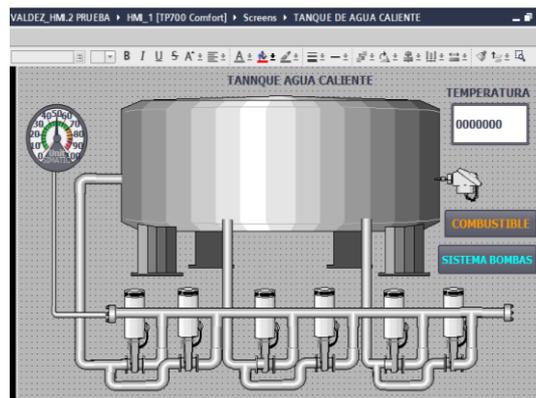
En la Figura 3.33 se puede observar en la parte superior izquierda “TIEMPO DE DIESEL” Esto ayuda a monitoriar el tiempo de llenado del tanque de diesel.

### 3.5.2. Sistema de agua caliente.

El sistema de agua caliente, para esto se ha diseñado la ventana de la Figura 3.35, que está basada en la fotografía de la Figura 3.34, aquí el operador podrá monitorear que el nivel de agua este por encima del 50 % de la capacidad del tanque, además de que la temperatura del agua sea adecuada (85 °C a 95 °C), y por último que las seis bombas de la caldera estén funcionando de manera correcta.



**Figura 3. 34:** Sistema de agua caliente.  
Fuente: Tonicorp.



**Figura 3. 35:** Sistema de agua caliente HMI.  
Fuente: Autor.

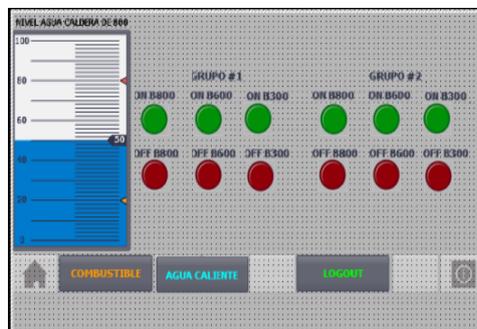
### 3.5.3. Bombas de suministro de combustible.

Las bombas de suministro de combustible Figura 3.36, son las encargadas de llevar el combustible a cada una de las calderas por lo tanto es importante saber el estado de funcionamiento, para lo cual la siguiente

ventana (Fig. 3.37), nos ayuda a identificar la bomba que esté averiada mediante unas luces indicadoras color rojo y la que esté en funcionamiento mediante luces indicadores verdes, estas luces cambian su tonalidad al estar encendidas.



**Figura 3. 36:** Bombas de combustible HMI.  
Fuente: Tonicorp



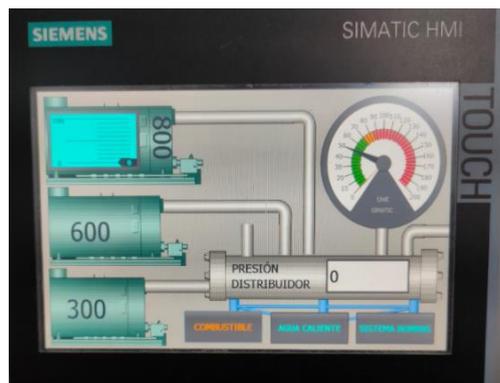
**Figura 3. 37:** Bombas de combustible y nivel agua caldera de 800.  
Fuente: Autor

### 3.5.4. Calderas y Distribuidor de vapor.

La Figura 3.38 es el distribuidor de vapor de planta, y la Figura 3.20 es la representación en el HMI, en caso de que una caldera falle este va a cambiar su color de forma intermitente. Además, a la caldera principal (800) lleva un icono de nivel para poder saber el estado de nivel de agua. El vapor generado que llega al distribuidor es monitoreado por el icono que representa un manómetro quien además marcará un valor digital el cual está sobre el distribuidor.



**Figura 3. 38:** Distribuidor de vapor.  
Fuente: Tonicorp



**Figura 3. 39:** distribuidor de vapor HMI.  
Fuente: Autor

### **3.5.5. Aviso por medio de correo electrónico de las variables de estado fuera de rango.**

Para el análisis se utiliza uno de los iconos más mostrados Fig. 3.40, este me permite visualizar el nivel fluido que tiene un tanque, en este caso es el porcentaje del volumen total que tiene el caldero de agua de 800, este junto a las bombas que suministran combustible a la caldera son los elementos con mayor criticidad debido a que un bajo nivel de agua puede provocar la implosión de la caldera.

En la Figura 3.40 se muestra de derecha a izquierda los cinco niveles a los que puede estar sometido los cuales son los siguientes:

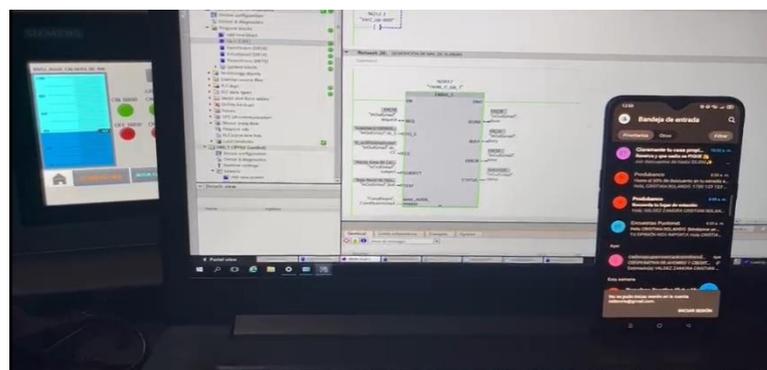
1. Nivel Bajo-bajo, color rojo intermitente. 25 % (Nivel crítico).

2. Nivel Bajo, color naranja 25 – 33 %
3. Nivel normal de operación, azul 34 – 40 %
4. Nivel alto, amarillo, 41 – 55 %
5. Nivel alto-alto verde fosforescente intermitente mayor a 55 %

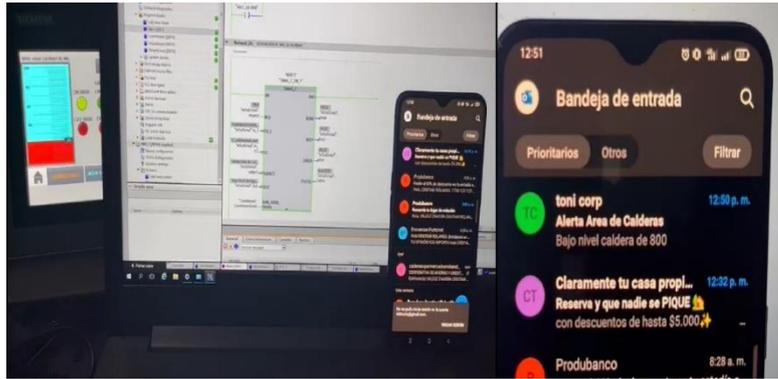


**Figura 3. 40:** Niveles de agua en caldera de 800.  
Fuente: Autor.

En el caso de llegar al nivel bajo - bajo, el bloque de funciones activará un flanco positivo mediante la señal emitida por un comparador, como se indicó en la Figura 3.22, este a su vez enviara una señal a bloque Tmail\_C encargado de enviar el correo electrónico, pasando de “false” Figura 3.41, a “true” Figura 3.42, luego de que el agua suba de nivel hasta 30 % se auto reinicia, regresando al estado false, quedando listo para trabajar en un nuevo evento de alarma.



**Figura 3. 41:** HMI, bloque de función y correo antes de la alarma.  
Fuente: Autor.



**Figura 3. 42:** Llegada de mensaje de texto con bajo nivel de agua caldera de 800.  
Fuente: Autor.

Esta es la forma en la que el operador podrá tomar acciones en caso de que algunos de estos eventos sucedan, tanto en volúmenes fuera de rango como en temperaturas y presión.

## CAPITULO 4:

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4.1. Conclusiones.

➤ Mediante el uso de Google Earth, se pudo obtener la ubicación exacta de la planta Tonicorp, además de mostrar características de esta y así el lector obtiene una introducción en este trabajo de implementación al realizarse en esta planta.

➤ La teoría es fundamental para el desarrollo de este trabajo, donde está incluido el uso de calderos pirotubulares en la generación de vapor, por lo tanto, fue importante tener conocimiento de su funcionamiento, características, usos en procesos alimenticios lácteos, y la teoría aplicada a esta tecnología, de esta forma es posible aplicar los conocimientos electricidad y control industrial en la automatización de este sistema.

➤ La importancia de las características físicas, eléctricas, mecánicas, de los equipos PLC Y HMI, Instrumentos medición, y demás equipos eléctricos, fue de gran ayuda para determinar la correcta operación de sus parámetros, dentro de los rangos de seguridad establecidos por el fabricante, con respecto al diseño e implementación a operar en la planta Tonicorp.

➤ Anterior a este proyecto la falta de un sistema de monitoreo de la central generadora de vapor en la planta Tonicorp, fue un problema de preocupación constante, con la aplicación de este sistema el operador se tuvo acceso a saber en tiempo real, cual es la temperatura del agua para evitar un choque térmico, la presión del distribuidor de vapor para evitar paradas en la producción, el volumen de los tanques de combustible para evitar un derrame, el estado de funcionamiento de cada caldera, con el respaldo de que si alguna

de estas variables sale de rango se genera un aviso mediante correo electrónico, cumpliendo con los objetivos de este Trabajo.

#### **4.2. Recomendaciones.**

➤ Es recomendable establecer una presión estándar 130 PSI en todos los sistemas de vapor a fin de cumplir su función respectiva lo cual es calentar la materia prima para los diferentes procesos y la higienización de los equipos, para su procesado.

➤ Se debe tomar en cuenta que el sistema de avisos por correo electrónico está sujeto a una buena cobertura de internet, por eso es necesario seguir con las rutas de inspección en sitio conforme a sus rutinas de operación en el trabajo, en este caso el sistema de HMI ayudara al operador a mantener un monitoreo continuo, no solo cuando se hace la ruta de inspección.

➤ El alcance de este sistema es de monitoreo de variables de estado mas no de control, en caso de que los rangos establecidos para cada variable se modifiquen es necesario actualizar las variables en el HMI para que las funciones de aviso coincidan con la lectura del PLC.

## FUENTES CONSULTADAS

- Abad. (2019). *Manómetros para alta temperatura*. Obtenido de <https://www.abadcontrols.com/es/faq-s-info-tecnica/manometros-para-alta-temperatura/>
- Acevedo, H., & Lombana, O. (2021). *Evaluación de la eficiencia energética en calderas operativas de campo rubiales*. Obtenido de <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/8677/1/6142353-2021-2-IQ.pdf>
- Acosta, F. J. (2019). *Fundamentos de instrumentación*. Obtenido de [https://www.academia.edu/4536893/FUNDAMENTOS\\_DE\\_INSTRUMENTACION](https://www.academia.edu/4536893/FUNDAMENTOS_DE_INSTRUMENTACION)
- Aguilar, E., & Chambi, R. (2019). *Diseño y construcción de un caldero pirotubular de 60 kw*. Obtenido de <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/27682/PG-2377.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Arjona, A. (2019). *Revisión de métodos para la determinación de pérdidas y eficiencia energética en generadores de vapor*. Obtenido de <https://biblus.us.es/bibing/proyectos/abreproy/71396/fichero/TFM-1396-ARJONA.pdf>
- ATTSU. (2019). *¿Qué es una caldera de tres pasos de humos y qué ventajas tienen?* Obtenido de <https://www.attsu.com/es/faqs/que-es-una-caldera-de-tres-pasos-de-humos-y-que-ventajas-tienen.html>

- Ayala, A., Ramírez, V., & Ricón, D. (2022). *istema de recirculación de agua para la bomba de vacío de un esterilizador por vapor*. Obtenido de [https://repository.unab.edu.co/bitstream/handle/20.500.12749/16068/2022\\_Tesis\\_Angelica\\_Ayala.pdf?sequence=1](https://repository.unab.edu.co/bitstream/handle/20.500.12749/16068/2022_Tesis_Angelica_Ayala.pdf?sequence=1)
- Bautista, M., & Soto, G. (2018). *Termoeconomía del reemplazo de combustible diésel-2 por glp en la caldera menor del Hospital Regional Docente las Mercedes – Chiclayo*. Obtenido de <https://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12802/4530/Bautista%20Culquipoma%20%26%20Soto%20Chirinos.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Bermejo, C., & Castellar, R. (2011). *Instrumentación y lazos de control en calderas*. Obtenido de <https://biblioteca.utb.edu.co/notas/tesis/0063152.pdf>
- BIRH. (2019). *Estructura y características del autómata programable*. Obtenido de [https://ikastaroak.birt.eus/edu/argitalpen/backupa/20200331/1920k/es/IEA/AI/AI08/es\\_IEA\\_AI08\\_Contenidos/website\\_2\\_estructura\\_y\\_caracteristicas\\_del\\_autmata\\_programable.html](https://ikastaroak.birt.eus/edu/argitalpen/backupa/20200331/1920k/es/IEA/AI/AI08/es_IEA_AI08_Contenidos/website_2_estructura_y_caracteristicas_del_autmata_programable.html)
- BIRT. (2019). *Visualizadores y paneles de operación*. Obtenido de [https://ikastaroak.birt.eus/edu/argitalpen/backupa/20200331/1920k/es/IEA/AI/AI08/es\\_IEA\\_AI08\\_Contenidos/website\\_51\\_visualizadores\\_y\\_paneles\\_de\\_operacin.html](https://ikastaroak.birt.eus/edu/argitalpen/backupa/20200331/1920k/es/IEA/AI/AI08/es_IEA_AI08_Contenidos/website_51_visualizadores_y_paneles_de_operacin.html)
- Cabrera, O., & Crespo, F. (2021). *Análisis de la viscosidad del lubricante sobre las emisiones contaminantes y consumo de combustible de un motor*

- de combustión interna a gasolina.* Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/20126>
- Calán, C. (2019). *Diseño e implementación de un sistema de control supervisorio en plataformas web de controladores s7-1500 simatic de siemens, para la empresa ingel-pro.* Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/20049/1/CD-9477.pdf>
- Calderas. (2019). *Calderas pirotubulares: Todo sobre ellas.* Obtenido de <https://decalderas.blogspot.com/2018/11/calderas-pirotubulares.html>
- Cantera, E. (2019). *Introducción a la Mecánica de Fluidos.* Obtenido de <https://www.inglomayor.cl/2/pierre/pdf/52.pdf>
- Castaño, A. C., & Diaz, P. P. (2021). *Diseño de instrumentación para proceso lácteo.* Obtenido de <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/35069/2021Casta%C3%B1oAndr%C3%A9s%20.pdf?sequence=5>
- Chávez. (2019). *Variables intensivas.* Obtenido de <https://www.coursehero.com/file/51073817/Murguia-Chavez-Nadia-Sarahidocx/>
- Chombo, M. (2022). *Aportación a la lactología en México: Construyendo redes de conocimiento.* Obtenido de [https://ciatej.mx/files/divulgacion/divulgacion\\_62faa3f7dbc2a.pdf](https://ciatej.mx/files/divulgacion/divulgacion_62faa3f7dbc2a.pdf)
- Cuenca, D. (2019). *Elementos de medición y tecnología utilizada en el área de las calderas de la planta termoenergética en la empresa Comandante Ernesto Che Guevara.* Obtenido de [http://revista.ismm.edu.cu/index.php/revista\\_estudiantil/article/download/1794/1423](http://revista.ismm.edu.cu/index.php/revista_estudiantil/article/download/1794/1423)

- Electromatic. (2020). *Plantas y procesos industriales: identificación y simbología de instrumentos*. Obtenido de <https://electromatic2012.blogspot.com/2020/09/plantas-y-procesos-industriales.html>
- Erazo, J. W. (2020). *Implementación de un banco de pruebas hidráulicas para analizar el funcionamiento de bombas de pistón y evaluar su rendimiento a diferentes revoluciones*. Obtenido de [https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/23809/1/JairoWladimir\\_ErazoPaucar.pdf](https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/23809/1/JairoWladimir_ErazoPaucar.pdf)
- ESCO. (2018). *Sistemas de indicación de nivel para calderas, de acuerdo al Código ASME*. Obtenido de <https://escoarg.com.ar/noticias/117/sistemas-de-indicacion-de-nivel-para-calderas-de-acuerdo-al-codigo-asme->
- Fierro, F. B. (2018). *Control y mantenimiento de las redes de distribución de vapor en la industria*. Obtenido de <https://repositorio.usm.cl/bitstream/handle/11673/45997/3560901543867UTFSM.pdf?sequence=1>
- Galindo, E. S. (2021). *Diseño de sistema automatizado para las etapas de pasteurización e hilado en el proceso de elaboración de queso de la empresa Del Altiplano Productos Lácteos del municipio de Jenesano – Boyacá*. Obtenido de <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/37805/2021edygalindo.pdf?sequence=1>

- García, C. (2018). *Métodos de conservación de alimentos*. Obtenido de [https://www.academia.edu/40500611/M%C3%89TODOS\\_DE\\_CONSERVACION\\_DE\\_ALIMENTOS](https://www.academia.edu/40500611/M%C3%89TODOS_DE_CONSERVACION_DE_ALIMENTOS)
- García, J. (2019). *Conceptos y Equipos Utilizados en Automatización Industrial*. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/473524617/Conceptos-y-Equipos-utilizados-en-Automatizacion-Industrial>
- García, L., & Scherer, C. (2020). *Introducción a la termodinámica clásica*. Obtenido de <http://librodigital.sangregorio.edu.ec/librosusgp/58978.pdf>
- GEA. (2019). *Unidad de normalización*. Obtenido de <https://www.gea.com/es/products/liquid-processing/standardization-unit/index.jsp>
- Genera Vapor. (2019). *Válvula de purga de fondo manual*. Obtenido de <https://www.generavapor.com.pe/catalogo/valvula-de-purga-de-fondo-automatica-mod-pv6291-12-2-rtk-2/>
- Gómez, J. (2019). *Diseño de una unidad de evaporación multiefecto para la concentración de zumo de granada*. Obtenido de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/126321/G%C3%B3mez%20-%20Dise%C3%B1o%20de%20una%20instalaci%C3%B3n%20de%20evaporaci%C3%B3n%20multiefecto%20para%20la%20obtenci%C3%B3n%20de%20zumo%20de%20granada....pdf?sequence=2>
- González, M. (2021). *Instrumentación y Control de una Caldera Industrial*. Obtenido de <https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/126881/TFG-3697-GONZALEZ%20GONZALEZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Guevara, D., & Orta, R. (2022). *determinación del proceso de mantenimiento overhaul para calderas pirotubulares hasta 350 bhp*. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/22592/1/UPS%20-%20TTS813.pdf>
- Gutiérrez, M., & Iturralde, S. (2018). *Fundamentos básicos de Instrumentación y Control*. Obtenido de <https://www.fnmt.es/documents/10179/10666378/Fundamentos+b%C3%A1sico+de+instrumentaci%C3%B3n+y+control.pdf/df746edc-8bd8-2191-2218-4acf36957671>
- Ibero. (2019). *Termodinámica*. Obtenido de <https://ibero.mx/campus/publicaciones/fisica/pdf/15termodinamica.pdf>
- Instrumentación y Control. (2019). *Control de nivel de agua de alimentación de calderas*. Obtenido de <https://instrumentacionycontrol.net/cap-3-3-control-de-nivel-de-agua-de-alimentacion-de-calderas/>
- Lambert, V. (2021). *Interpretación de fenómenos físicos de la materia*. Obtenido de Interpretación de fenómenos
- Lifeder. (2021). *Volumen específico*. Obtenido de <https://www.lifeder.com/volumen-especifico/>
- Llanes, E. A. (2021). *Evaluación de la caldera pirotubular de 150 bhp en la industria lechera FLORALP S.A.* Obtenido de <https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/4108/1/Omar%20Fernando%20Tito%20Andrade.pdf>
- Made in China. (2019). *Ahorro energética caldera de vapor con un condensador y Economizador*. Obtenido de <https://es.made-in->

china.com/co\_devotionboiler/product\_Energy-Saving-Steam-Boiler-with-Condenser-and-Economizer\_ersisunyg.html

Martín, J. C., & García, M. P. (2016). *Programación de los autómatas (Automatismos industriales)*. Editex.

Meza, L. (2019). *Manual de operación para disminuir tiempo de encendido de la caldera eclipse 250 bhp y distral de 300 bhp en la planta lindley s.a huacho*. Obtenido de <https://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12802/5892/Meza%20Velarde%20Luis%20Richard.pdf?sequence=8&isAllowed=y>

Noboa, J., & Viteri, E. (2020). *Estudio de la eficacia de diferentes amortiguadores*. Obtenido de <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/4377/1/T-UIDE-0091.pdf>

Nuñez, B. (2010). *Instrumentación electrónica del laboratorio de física mecánica*. Obtenido de <https://repositorio.cuc.edu.co/bitstream/handle/11323/8107/Instrumentaci%C3%B3n%20Electr%C3%B3nica%20en%20Laboratorio%20de%20F%C3%ADsica%20Mec%C3%A1nica.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=Un%20sensor%20es%20un%20dispositivo,funci%C3%B3n%20de%20la%20variab>

Pack, T. (2015). *www.tetrapak.com*. Obtenido de <https://www.tetrapak.com/es-ec/solutions/processing/main-technology-area/uht-treatment>

- Peñafiel, G. T. (2019). *Automatas Programables*. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/383301568/AUTOMATAS-PROGRAMABLES>
- Pérez. (2019). *Guía de estudio termodinámica i*. Obtenido de [https://www.academia.edu/28165341/GU%C3%8DA\\_DE\\_ESTUDIO\\_TERMODIN%C3%81MICA\\_I\\_Teor%C3%ADa\\_y\\_Ejercicios\\_Resueltos](https://www.academia.edu/28165341/GU%C3%8DA_DE_ESTUDIO_TERMODIN%C3%81MICA_I_Teor%C3%ADa_y_Ejercicios_Resueltos)
- Pérez, Ó. (2020). *Opciones de descarbonización del sector residencial, comercial e institucional en el Municipio de Madrid*. Obtenido de [https://oa.upm.es/63460/1/TFM\\_OSCAR\\_PEREZ\\_HUERTAS.pdf](https://oa.upm.es/63460/1/TFM_OSCAR_PEREZ_HUERTAS.pdf)
- Phoenix Contact. (2021). *Módulos de ampliación apilables a la izquierda para los PLCnext Controls*. Obtenido de <https://www.phoenixcontact.com/es-cl/eventos-y-noticias/noticias/modulos-ampliacion-apilables-izquierda-para-plc-next-controls>
- Polich, N. (2019). *Glicerol, residuo de la producción de biodiesel: posibles alternativas como materia prima para productos de mayor valor agregado*. Obtenido de <https://bibliotecavirtual.unl.edu.ar:8443/bitstream/handle/11185/1207/Tesis.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Puentes, R. A. (2021). *Funcionamiento del sistema de aceite térmico del buque volcán de teneguía*. Obtenido de <https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/22690/Funcionamiento%20del%20sistema%20de%20Aceite%20Termico%20Buque%20Volcan%20de%20Teneguia.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Reyes. (2019). *Instrumentación*. Obtenido de <https://www.docsity.com/es/introduccion-a-la-instrumentacion-1/7446781/>
- Rodríguez, E. (2019). *Diseño de un sistema de cogeneración asociado a la central de generación eléctrica del bloque 18 Depetroamazonas EP*. Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/20596/1/CD%2010088.pdf>
- RS. (2020). *Módulo de expansión de autómatas programables ABB*. Obtenido de <https://es.rs-online.com/web/p/accesorios-para-controladores-y-automatas/7158926>
- Rubio, G. (2019). *Combustión Industrial de GAS NATURAL*. Obtenido de [https://www.academia.edu/28706160/Combusti%C3%B3n\\_Industrial\\_de\\_GAS\\_NATURAL](https://www.academia.edu/28706160/Combusti%C3%B3n_Industrial_de_GAS_NATURAL)
- Ruiz, M., & Capeletti, W. (2021). *Máquinas térmicas*. Obtenido de [https://frrq.cvg.utn.edu.ar/pluginfile.php/23149/mod\\_resource/content/0/Unidad%204-%20Generadores%20de%20Vapor.pdf](https://frrq.cvg.utn.edu.ar/pluginfile.php/23149/mod_resource/content/0/Unidad%204-%20Generadores%20de%20Vapor.pdf)
- Simbala, G. (2019). *Desulfuración de fuel oil mediante el método de oxidación química, empleando un agente oxidante con un catalizador*. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/45838>
- Sotermic. (2019). *Válvula de purga de fondo de caldera*. Obtenido de <https://sotermic.cl/valvula-de-purga-de-caldera/>
- Spirax. (2019). *Sistemas de Control en Calderas*. Obtenido de <https://www.fenercom.com/wp-content/uploads/2019/10/2019-06-19-Sistemas-de-control-en-calderas-SPIRAXSARCO-fenercom.pdf>

- SUMCAB. (2020). *Qué es un bus industrial*. Obtenido de [https://www.sumcab.com/es/noticia/que-es-un-bus-industrial/#:~:text=Un%20bus%20industrial%20es%20un,de%20campo%20\(Field%20level\)](https://www.sumcab.com/es/noticia/que-es-un-bus-industrial/#:~:text=Un%20bus%20industrial%20es%20un,de%20campo%20(Field%20level)).
- Tenorio, D. C. (2019). *Diseño para la automatización del proceso de bombos de curtiembre para la empresa CURTILAN S.A.* Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/4068/1/T-ESPEL-0606.pdf>
- Tetra Pack. (2015). [www.tetrapak.com](http://www.tetrapak.com). Obtenido de <https://www.tetrapak.com/es-ec/solutions/processing/main-technology-area/uht-treatment>
- Uceda. (2012). *Guía Básica para Calderas*. Madrid: Viessmann.
- Universidad Rural de Guatemala. (2022). *Manual de laboratorio mantenimiento industrial*. Obtenido de <https://urural.edu.gt/wp-content/uploads/2022/02/9.-MANUAL-MANTENIMIENTO-INDUSTRIAL.pdf>
- Utrilla, M., & Reyes, A. (2019). *Diseño de un sistema de indicadores de procesos para el maquinado de piezas en el torno convencional del itss*. Obtenido de <https://ciateq.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1020/354/1/UtrillaDiazMaricela%20MMANAV%202019.pdf>
- Vapor para la industria. (2019). *Instalaciones de controles de niveles de agua en calderas de vapor*. Obtenido de <https://vaporparalaindustria.com/instalacion-de-controles-de-nivel-de-agua-en-calderas-de-vapor/>

- Villacreses, A. (2021). *Diseño e implementación de un sistema de medición y supervisión de eficiencia productiva de una máquina FESTO MPS-500 del laboratorio de flexible utilizando TVC*. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/20504/1/UPS-GT003277.pdf>
- Villalva, J. A. (2021). *Mejoramiento del sistema de control y monitorización para el sistema de agua de enfriamiento nsae de la central hidroeléctrica san francisco*. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/33210/1/t1835ec.pdf>
- VYC Industrial. (2018). *Calderas de agua sobrecalentada*. Obtenido de <https://vycindustrial.com/calderas/agua-sobrecalentada/>
- Xirinachs, M. (2019). *El tratamiento térmico intenso de la leche es deseable desde el punto de vista microbiológico*. Obtenido de <http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/bitstream/123456789/10303/1/44270.pdf>
- YGIS. (2022). *manual de instalación y mantenimiento de calderas de vapor* . Obtenido de <https://studylib.es/doc/6012955/manual-de-instalaci%C3%B3n-y-mantenimiento-de-calderas-de-vapor>

## ANEXOS

### ANEXO 1.

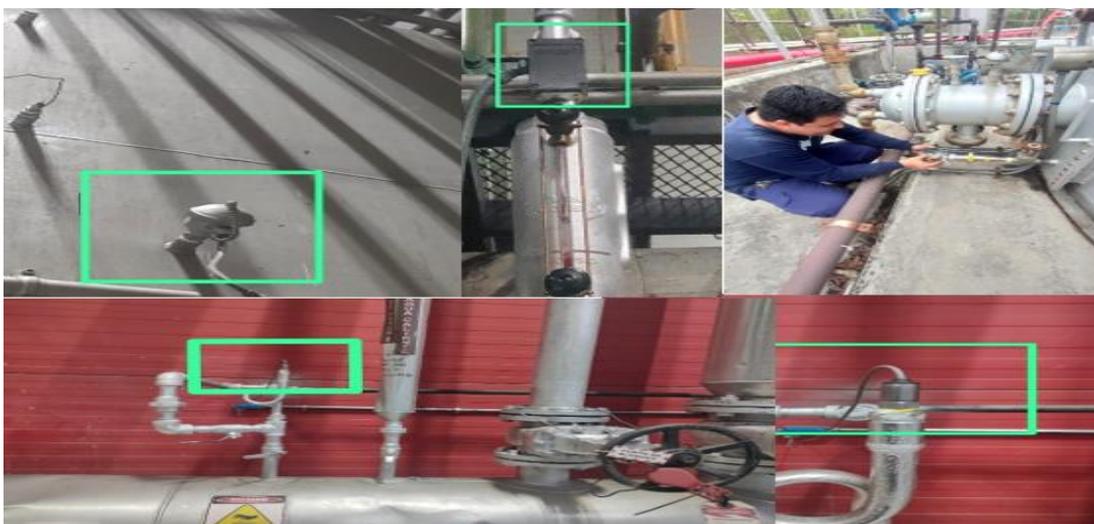


Figura A.1. 1: Diferentes sensores utilizados en el proyecto.

En la Figura A1.1, se muestra algunos de los sensores utilizados para el desarrollo de este trabajo, como son temperatura, presión, nivel, cada uno de estos nos ayudara a obtener las señales análogas que llegaran al PLC, para monitorear las variables con los recursos que ofrece el HMI.



Figura A.1. 2: Armado y montaje del tablero del PLC,

En la figura A.1.2, se muestra el proceso de armado desde el montaje de cada uno de sus elementos PLC, Módulos de entrada y salida, fuente de

voltaje, cableado y etiquetado, hasta su montaje es sitio con las respectivas señales traídas desde los diferentes sistemas de una central de vapor.



Figura A.1. 3: HMI ubicado en sala de control.

La Figura A.1. 4 muestra el HMI que es el interfaz que ayudara a que el operador pueda monitorear las variables de estado en los diferentes procesos dentro de la central de generación de la empresa Tonicorp.



Figura A.1. 5: Montaje de tubería y accesorios.

La figura A.1. 6, muestra algunos de los materiales eléctricos como tuberías, conectores, conductos, que fueron utilizados para llevar las señales eléctricas desde cada uno de los sistemas de la central de vapor hacia el PLC, con el fin de mantener la integridad de los cables.



Presidencia  
de la República  
del Ecuador



Plan Nacional  
de Ciencia, Tecnología,  
Innovación y Saberes



SENESCYT  
Secretaría Nacional de Educación Superior,  
Ciencia, Tecnología e Innovación

## DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Cristian Rolando, Valdez Zamora** con C.C: # 172071124-9 autor del Trabajo de Titulación: **Implementación de un sistema de monitoreo y aviso por medio de correo electrónico, de las variables de estado en la central de generación de vapor de la empresa Tonicorp, ubicada en el Km 17.5 de la Av. Francisco de Orellana de la ciudad de Guayaquil** previo a la obtención del título de **INGENIERO EN ELECTRICIDAD** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 01 de febrero del 2023

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

Nombre: Valdez Zamora, Cristian Rolando

C.C: 172071124-9

<b>REPOSITARIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA</b>			
<b>FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN</b>			
<b>TÍTULO Y SUBTÍTULO:</b>	Implementación de un sistema de monitoreo y aviso por medio de correo electrónico, de las variables de estado en la central de generación de vapor de la empresa Tonicorp, ubicada en el Km 17.5 de la Av. Francisco de Orellana de la ciudad de Guayaquil.		
<b>AUTOR(ES)</b>	Valdez Zamora, Cristian Rolando		
<b>REVISOR(ES)/TUTOR(ES)</b>	Ing. Romero Rosero Carlos Bolívar		
<b>INSTITUCIÓN:</b>	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
<b>FACULTAD:</b>	Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo		
<b>CARRERA:</b>	Ingeniería en Electricidad		
<b>TITULO OBTENIDO:</b>	Ingeniero en Electricidad.		
<b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b>	01 de febrero del 2023	<b>No. DE PÁGINAS:</b>	90
<b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b>	Electricidad, Diseño y Control.		
<b>PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:</b>	CALDERO, VAPOR, COMBUSTIBLE, ACCIDENTE, PRODUCCIÓN, TECNOLOGÍA.		
<b>RESUMEN/ABSTRACT:</b>	<p>Los sistemas de generación de vapor son parte fundamental en empresas para el tratamiento alimentos en el futuro consumo del ser humano, si son mal empleados no solo se dañará la materia prima sino el ser humano, puede ocurrir una implosión de un caldero o derrame de combustible o parada de producción. Un evento de derrame de combustible sucedió en 2020 este quedo en el estanque de seguridad. En condiciones mayores el derrame podría haber terminado en el rio y ocasionar un fuerte accidente ambiental lo cual resultaría en un posible cierre de la planta. Con este antecedente, se ha notado que los sistemas de vapor solo proveen seguridad a nivel de cada caldera, mas no a distancia, como por ejemplo en los equipos auxiliares de la central de vapor, por lo que estos eventos pueden ser recurrentes. Partiendo de este registro, se buscará la forma de poder monitorear las variables de estado, así reduciendo riesgos, con los recursos que la tecnología existente nos brinda en la actualidad.</p>		
<b>ADJUNTO PDF:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
<b>CONTACTO CON AUTOR/ES:</b>	<b>Teléfono:</b> +593997464450	E-mail: cristian.valdez@cu.ucsg.edu.ec	
<b>CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN: COORDINADOR DEL PROCESO DE UTE</b>	<b>Nombre:</b> Bohórquez Escobar, Celso Bayardo		
	<b>Teléfono:</b> +593-9-95147293		
	<b>E-mail:</b> <a href="mailto:celso.bohorquez@cu.ucsg.edu.ec">celso.bohorquez@cu.ucsg.edu.ec</a>		
<b>SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA</b>			
<b>Nº. DE REGISTRO (en base a datos):</b>			
<b>Nº. DE CLASIFICACIÓN:</b>			
<b>DIRECCIÓN URL (tesis en la web):</b>			