



**Implementación de un sistema de control de temperatura para la automatización del proceso de electrólisis en la planta de pintura de la empresa Ciauto.**

Davila Espinosa, Cristhian Stalin

Departamento de Eléctrica y Electrónica

Carrera de Electrónica mención Instrumentación y Aviónica

Monografía, previo a la obtención del Título de Tecnólogo en Electrónica mención Instrumentación y Aviónica

Ing. Silvia Emperatriz, Alpusig Cuichán

30 de junio del 2021

Latacunga



## Monografia Cristhian Dávila desde cap2.pdf

Scanned on: 15:56 August 30, 2022 UTC



MONOGRAFIA DE  
COPYLEAKS  
COPYLEAKS  
ALFONSO CUCURAN

Identical Words	187
Words with Minor Changes	165
Paraphrased Words	205
Omitted Words	0



**Departamento de Eléctrica y Electrónica**

**Carrera de Tecnología Electrónica Mención Instrumentación y Aviónica**

**Certificación**

Certifico que la monografía, **“Implementación de un sistema de control de temperatura para la automatización del proceso de electrolisis en la planta de pintura de la empresa Ciauto.”** fue realizado por el señor **Davila Espinosa, Cristhian Stalin** la cual ha sido revisada y analizada en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 30 de Agosto del 2022

**Ing. Silvia Emperatriz, Alpusig Cuichán**

**C. C.: 050277969-7**



Departamento de Eléctrica y Electrónica

Carrera de Tecnología Electrónica Mención Instrumentación y Aviónica

### Responsabilidad de Autoría

Yo, **Davila Espinosa, Cristhian Stalin**, con cédula de ciudadanía n° **175151132-8**, declaro que el contenido, ideas y criterios de la monografía: ” **Implementación de un sistema de control de temperatura para la automatización del proceso de electrolisis en la planta de pintura de la empresa Ciauto.**” es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 30 de Agosto del 2022

**Davila Espinosa, Cristhian Stalin**

**C.C.: 175282357-3**



**Departamento de Eléctrica y Electrónica**

**Carrera de Tecnología Electrónica Mención Instrumentación y Aviónica**

**Autorización de Publicación**

Yo, **Davila Espinosa, Cristhian Stalin** autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar la monografía:” **Implementación de un sistema de control de temperatura para la automatización del proceso de electrolisis en la planta de pintura de la empresa Ciauto.**” en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Latacunga, 30 de junio del 2021

.....  
**Davila Espinosa, Cristhian Stalin**

**C.C.: 175151132-8**

## **DEDICATORIA**

A mi madre y mi padre que con esfuerzo y cariño no solo han ayudado a formar un profesional, sino también un hombre de principios y valores los mismos que me han servido a lo largo de mi carrera y mi vida. A toda mi familia que ha sabido guiarme y apoyarme en cada paso que eh dado.

**Davila Espinosa Cristhian Stalin**

## **AGRADECIMIENTOS**

A cada uno de los docentes que han servido de guía e inspiración a lo largo de mi vida académica, aquellos que han motivado e inculcado a través de sus conocimientos

A la empresa CiAuto por confiar en mis destrezas y aptitudes, por darme la oportunidad de desarrollar mi potencial y aplicar mis conocimientos en beneficio de esta gran empresa y todos quienes la conforman.

A mis amigos, colegas de trabajo y superiores de quienes cada día aprendo algo nuevo y quienes me han ayudado a formarme como profesional.

**Davila Espinosa Cristhian Stalin**

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

Carátula .....	1
Reporte de verificación de contenidos.....	2
Certificación.....	3
Responsabilidad de autoría .....	4
Autorización de publicación .....	5
Dedicatoria .....	6
Agradecimiento.....	7
Índice de contenidos .....	8
Índice de tablas .....	9
Índice de figuras .....	10
Resumen .....	11
Abstract.....	12
Capítulo I: Generalidades .....	13
Antecedentes.....	14
Planteamiento del Problema.....	15
Justificación.....	16
Objetivos.....	17
<i>Objetivo General</i> .....	18
<i>Objetivos Específicos</i> .....	19
Alcance .....	20

<b>Capitulo II: Fundamentación Teorica .....</b>	<b>21</b>
<b>MARCO TEORICO.....</b>	<b>22</b>
<b>Procesos Industriales.....</b>	<b>23</b>
<i>Fases de un proceso Industrial.....</i>	<i>24</i>
<i>Tipos de procesos Industriales.....</i>	<i>25</i>
<b>Proceso de pintura por electrólisis .....</b>	<b>26</b>
<b>Automatización Industrial .....</b>	<b>27</b>
<b>Sistemas SCADA .....</b>	<b>28</b>
<b>Sistemas de Control .....</b>	<b>29</b>
<b>Elementos de un sistema de control .....</b>	<b>10</b>
<b>Términos importantes dentro de un sistema de control .....</b>	<b>30</b>
<i>Sistema de control lazo abierto.....</i>	<i>31</i>
<i>Sistema de control lazo cerrado.....</i>	<i>32</i>
<b>Elementos de control.....</b>	<b>33</b>
<i>Elementos primarios de control.....</i>	<i>34</i>
<i>Elementos finales de control.....</i>	<i>35</i>
<b>Controlador .....</b>	<b>36</b>
<b>Autómata Programable.....</b>	<b>37</b>
<i>Clasificación del PLC.....</i>	<i>38</i>
<i>PLC S7-1200 .....</i>	<i>39</i>
<i>Arquitectura Del PLC .....</i>	<i>40</i>
<b>Entradas Digitales .....</b>	<b>41</b>
<b>Lenguajes de programación .....</b>	<b>42</b>

Lenguaje de programación Diagrama de bloques .....	43
<i>Función secuencial (SFC)</i> .....	44
<i>Lenguaje de programación Ladder o escalera</i> .....	45
Interface Humano Máquina (HMI).....	46
Software para programar un HMI .....	47
Capitulo III: Desarrollo del tema .....	48
Desarrollo del Tema .....	49
Introducción .....	50
Descripción del proceso .....	51
Diagrama de bloques de la programación .....	52
Software .....	53
Programación en Tia Portal .....	54
Programación del HMI (Interface Humano Máquina).....	55
Configuración del Dispositivo .....	56
Configuración de la dirección IP .....	57
Creación de las ventanas.....	58
Diseño de las ventanas .....	59
Diseño de indicadores en la pantalla principal .....	60
Hardware .....	61
Controlador lógico programable (PLC).....	62
Dimensionamiento de la memoria del PLC .....	63
Implementación y Desarrollo .....	64
<i>Instalación de las Válvulas</i> .....	65

<i>Instalación del Tablero Principal</i> .....	66
<i>Alimentación</i> .....	67
Energización de los equipos 220v .....	68
Conexión Fuentes 5VDC .....	69
Instalación Barra de Neutro para distribución 220v .....	70
Conexión de relés Auxiliares .....	71
Conexión del HMI (Interface Humano Máquina) .....	72
Pruebas de Funcionamiento .....	73
Comprobación del Proceso.....	74
Capitulo IV: Conclusiones y recomendaciones .....	75
Conclusiones y Recomendaciones.....	76
Conclusiones .....	77
Recomendaciones .....	78
Bibliografía.....	79
Anexos .....	80

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> <i>Especificaciones técnicas de la válvula</i> .....	<b>14</b>
<b>Tabla 2</b> <i>Características técnicas del plc S7-1200</i> .....	<b>17</b>
<b>Tabla 3</b> <i>Características del Proceso</i> .....	<b>28</b>
<b>Tabla 4</b> <i>Descripción del Segmento 1</i> .....	<b>32</b>
<b>Tabla 5</b> <i>Descripción del Segmento 2</i> .....	<b>33</b>
<b>Tabla 6</b> <i>Descripción del Segmento 3</i> .....	<b>34</b>
<b>Tabla 7</b> <i>Descripción del Segmento 4</i> .....	<b>35</b>
<b>Tabla 8</b> <i>Descripción del Segmento 5</i> .....	<b>37</b>
<b>Tabla 9</b> <i>Selección de E/S Digitales y Analógicas</i> .....	<b>48</b>
<b>Tabla 10</b> <i>Dimensionamiento del Breaker 380v</i> .....	<b>53</b>
<b>Tabla 11</b> <i>Tabla de conexión de los relés auxiliares</i> .....	<b>55</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> <i>Proceso de Pintura por Electrólisis o Electrodeposición</i> .....	<b>6</b>
<b>Figura 2</b> <i>Principio de Funcionamiento Electrolisis (E-COAT)</i> .....	<b>8</b>
<b>Figura 3</b> <i>Pirámide de los niveles de la Automatización Industrial</i> .....	<b>10</b>
<b>Figura 4</b> <i>Diagrama de un Sistema de Control</i> .....	<b>12</b>
<b>Figura 5</b> <i>Plc Siemens S7-1200</i> .....	<b>17</b>
<b>Figura 6</b> <i>Arquitectura del PLC</i> .....	<b>19</b>
<b>Figura 7</b> <i>Programación en Diagrama de bloques</i> .....	<b>22</b>
<b>Figura 8</b> <i>Programación en lenguaje Lista de Instrucciones</i> .....	<b>20</b>
<b>Figura 9</b> <i>Programación en lenguaje de Texto estructurado</i> .....	<b>21</b>
<b>Figura 10</b> <i>Programación en Función secuencial</i> .....	<b>22</b>
<b>Figura 11</b> <i>Programación en lenguaje Ladder o Escalera</i> .....	<b>23</b>
<b>Figura 12</b> <i>Ciclo de vida de un HMI</i> .....	<b>23</b>
<b>Figura 13</b> <i>Interface del software LabVIEW</i> .....	<b>25</b>
<b>Figura 14</b> <i>Diagrama de bloques para la programación del Autómata</i> .....	<b>29</b>
<b>Figura 15</b> <i>Selección del dispositivo a Programar</i> .....	<b>30</b>
<b>Figura 16</b> <i>Configuración de la Signal Board</i> .....	<b>31</b>
<b>Figura 17</b> <i>Descripción del Segmento 1</i> .....	<b>32</b>
<b>Figura 18</b> <i>Descripción del Segmento 2</i> .....	<b>33</b>
<b>Figura 19</b> <i>Descripción del segmento 3</i> .....	<b>34</b>

<b>Figura 20</b> Descripción del Segmento 4.....	<b>35</b>
<b>Figura 21</b> Descripción del Segmento 5.....	<b>36</b>
<b>Figura 22</b> Ilustración de la pantalla Kinco GLO70E 7" .....	<b>37</b>
<b>Figura 23</b> Configuración del Dispositivo.....	<b>38</b>
<b>Figura 24</b> Ventana de configuración IP.....	<b>39</b>
<b>Figura 25</b> Configuración de los parámetros del HMI.....	<b>40</b>
<b>Figura 26</b> Pantalla de creación de ventanas .....	<b>41</b>
<b>Figura 27</b> Diseño de la primera ventana del HMI.....	<b>42</b>
<b>Figura 28</b> Diseño de la segunda ventana del HMI.....	<b>43</b>
<b>Figura 29</b> Diseño de la tercera ventana del HMI.....	<b>44</b>
<b>Figura 30</b> Diseño de la cuarta ventana del HMI.....	<b>45</b>
<b>Figura 31</b> Implementación de botones e indicadores.....	<b>46</b>
<b>Figura 32</b> Diseño del menú y pantalla principal.....	<b>47</b>
<b>Figura 33</b> Diagrama de Control de conexiones del Autómata.....	<b>46</b>
<b>Figura 34</b> Diagrama de Fuerza.....	<b>47</b>
<b>Figura 35</b> Instalación de las Servo válvulas.....	<b>49</b>
<b>Figura 36</b> Distribución Línea 380v.....	<b>51</b>
<b>Figura 37</b> Energización de los equipos.....	<b>52</b>
<b>Figura 38</b> Instalación del tablero principal.....	<b>55</b>
<b>Figura 39</b> Conexión del HMI (Interface Humano Maquina).....	<b>56</b>

**Figura 40** *Comprobación de la pantalla*.....55

**Figura 41** *Comprobación del proceso*.....57

**Figura 42** *Comprobación enfriamiento*.....58

## Resumen

El presente trabajo de investigación, fue planteado en virtud a un exhaustivo análisis, donde se identificó el problema relacionado con los desperfectos presentes en las carrocerías de los vehículos ensamblados en la empresa Ci Auto, generado por la falta de un control de temperatura dentro del proceso de pintura por Electrólisis. Para el desarrollo de este trabajo se planteó como objetivo general: La Implementación de un sistema de control de temperatura para la automatización del proceso de electrólisis en la planta de pintura de la empresa Ciauto y como objetivos específicos: La adquisición de la variable medida a ser controlada, programación del controlador para que el sistema cumpla las condiciones requeridas del proceso, el desarrollo de un panel HMI para monitorear el proceso desde el tablero de control, y finalmente la implementación y comprobación del funcionamiento. El trabajo fue desarrollado dentro de las instalaciones de la empresa, obteniendo luego de esto resultados satisfactorios como la obtención y control de la variable física mediante la implementación de un autómata programable, además del monitoreo y control del proceso desde un panel HMI de 7'', de esta manera se consiguió mejorar el proceso y cumplir con las garantías de calidad en el tratamiento de pintura que ofrece la ensambladora Ci Auto.

*Palabras Clave:* HMI, electrólisis, autómata, cuba (Piscina)

## **Abstrac**

The present research work, was raised under an exhaustive analysis, where the problem was identified related to the damage present in the vehicles assembled in the company Ci Auto, generated by the lack of temperature control within the electrolysis painting process. For the development of this work was proposed as a general objective: The implementation of a temperature control system for the automation of the electrolysis process in the paint plant of the company Ciauto and as specific objectives: The acquisition of the measured variable to be controlled, programming of the controller so that the system meets the required process conditions, the development of a HMI panel to monitor the process from the control board, and finally the implementation and testing of the operation. For the development was based on an experimental methodology, because the work was developed within the premises of the company, obtaining satisfactory results such as obtaining and controlling the physical variable by implementing a programmable automaton, in addition to monitoring and controlling the process from a HMI of 7 panel, In this way it was possible to improve the process and comply with the quality guarantees in the paint treatment offered by the Ci Auto assembly machine.

*Keywords:* HMI, electrólisis, autómatas, cuba (Piscina)

## Capítulo I

### Generalidades

#### Antecedentes

Desde los primeros vehículos que se fabricaban a principios del siglo anterior hasta los actuales, la pintura ha acompañado al desarrollo del automóvil aportando soluciones a la industria. La pintura automotriz es un trabajo que se realiza en todo el mundo, desde la creación del automóvil se usaba como forma de decoración y embellecimiento, pero esa no es la función principal, ya que su utilización principal es la prevención de corrosión al metal, es decir, la oxidación. Las pinturas que se utilizaban en los primeros automóviles fueron las que se empleaban en el pintado de carruajes. Estas eran preparadas con resinas y aceites vegetales y su función era proteger a la madera de la carrocería para evitar su deterioro. (Martinez, 2016,p.03)

El proceso completo de pintado de un automóvil duraba antiguamente unas cuatro semanas, pero con la llegada de la carrocería metálica y el comienzo de la producción en serie se hizo totalmente necesario conseguir procesos de pintado mucho más rápidos. Fue entonces cuando comenzaron a utilizarse otro tipo de pinturas, las nitro celulósicas, aportadas por la industria química y aplicadas con pistolas aerográficas, estas tenían un secado muy rápido, aunque no eran demasiado resistentes y con el tiempo se opacaban. (Zapata, 2015,p.12)

En la actualidad se ha visto que la automatización ha dado un gran paso, desarrollando sistemas más precisos y efectivos, uno de ellos es el proceso de pintura por electrólisis, el cual consiste en un proceso de pintado por inmersión, basado en el desplazamiento de partículas cargadas dentro de un campo eléctrico (cuba de pintura) hacia el polo de signo opuesto (pieza metálica a pintar). Dicho proceso a revolucionado la industria automotriz, ya que al no hacer uso de pistolas

orográficas se disminuye significativamente los tiempos de pintado, además de cualquier impureza que se obtiene de la pulverización de la pintura. (Mera, 2019, p.04)

### **Planteamiento del Problema**

Ciauto es una Industria Automotriz dedicada a la fabricación de autos, la cual dispone de distintos procesos, asociados a variables como la temperatura, nivel y caudal influyen de forma significativa dentro del ensamble de vehículos. Uno de estos es la etapa de pintura por electrólisis, que consta de un sistema automatizado para el correcto control y supervisión de los parámetros de temperatura que influyen en el proceso de pintura de las carrocerías.

Debido a los cambios climáticos del entorno, el proceso de pintura por electrolisis se ve afectado significativamente, ya que, al ser susceptible a cambios de temperatura, no siempre se consigue mantener las condiciones adecuadas, afectando directamente a los acabados en la pintura de las unidades y generando imperfecciones como: cráteres y granulaciones en el chasis de la unidad curada.

De no ser solucionado lo anteriormente expuesto se seguirá presentando desperfectos en las carrocerías, provocando que estos daños sean irreversibles, impidiendo que estas unidades sean aptas para su comercialización, además de a largo plazo no cumplir a cabalidad con los estándares de garantía.

Por lo mencionado es necesario que la Industria Automotriz Ciauto ubicada en el sector de Ambato Camino Real sn y camino el Inca, cuenten con un control de temperatura automatizado, el mismo que será controlado y supervisado desde un tablero de control, por medio de un sistema HMI, desde donde se podrá apreciar las distintas etapas del proceso de calentamiento de la cuba número 8, donde se lleva a cabo el proceso de electrólisis.

Por medio de este proyecto no solamente se busca controlar de una forma más eficiente el proceso de ppintura, sino también ayudar a mejorar la calidad del

producto, así como el cumplimiento de estándares que garanticen la calidad en los acabados de cada una de las unidades, además de una disminución significativa de energía, combustible y recursos utilizados dentro del proceso, disminuyendo así los costos de operación y garantizando la sustentabilidad económica de la empresa, tanto para sus inversionistas como para el personal que labora dentro de ella.

### **Justificación**

El presente proyecto se realizará debido a la carencia de un sistema automatizado para el control de temperatura dentro de la cuba número ocho donde se genera el proceso de pintura por electrólisis, con esto se busca mejorar e innovar, el sistema actual a través de la automatización los distintos procesos existentes en la Industria Automotriz Ciauto, para que las unidades fabricadas cumplan debidamente con los estándares de calidad que ofrece la empresa.

La implementación de un control de temperatura con un sistema HMI, además de ayudar a controlar el proceso, también ayuda a centralizar todo en un mismo sistema, haciéndolo más efectivo a la hora de presentarse un desperfecto dentro del proceso e identificar el daño para su respectiva corrección.

Los resultados permitirán que la Industria Automotriz Ciauto pueda cumplir con los estándares de calidad que ofrece la garantía en los acabados de las unidades comercializadas, además de las mejoras a nivel tecnológico que ofrecen estos nuevos sistemas automatizados. También estas mejoras se verán reflejadas en una reducción de gastos para la empresa, además de una disminución de energía, combustible y recursos utilizados dentro de este proceso.

### **Objetivos**

#### ***Objetivo General***

Implementar un sistema de control de temperatura para la automatización del proceso de electrólisis en la planta de pintura de la empresa Ciauto

### **Objetivos Específicos**

- Desarrollar una investigación bibliográfica, sobre los equipos y dispositivos a ser utilizados en el control de temperatura.
- Obtener los valores de temperatura del proceso a controlar.
- Implementar el algoritmo, para el control de la variable de temperatura dentro del proceso de calentamiento en la cuba número ocho.
- Diseñar un sistema HMI que permita centralizar y controlar el proceso de calentamiento de la cuba número ocho.

### **Alcance**

El presente proyecto se implementará en la cuba número 8, lugar donde se efectúa el proceso de electrólisis. En el desarrollo de este proyecto se ha utilizado un algoritmo de control de temperatura por medio de un controlador lógico programable para su ejecución, además de un sistema centralizado por medio de un HMI, el cual nos permite monitorear y controlar las diferentes variables de temperatura dentro de la cuba número ocho, manteniendo así una temperatura estable en el proceso y de acuerdo a los parámetros solicitados por el personal de producción, lo que dará como resultado un chasis que cumpla con los estándares de calidad.

El alcance de este proyecto va direccionado a dar ayuda y soporte al personal de mantenimiento de la planta de pintura, debido a que anteriormente este sistema era ejecutado de forma mecánica, lo cual generaba una molestia al operador al tener que abrir y cerrar las válvulas de calentamiento, y realizar mediciones continuas hasta llegar a la temperatura requerida, de esta forma al implementar este proyecto se tendrá un control mejor sobre el proceso de electrólisis dentro de la cuba número 8, además de mejorar la producción y calidad de los vehículos ensamblados en la empresa.

## Capítulo II

### Fundamentación Teórica

#### Procesos Industriales

La principal característica de un proceso Industrial es utilizar y manejar la materia prima obtenida de distintos recursos para emplearla en la fabricación de un producto en masa. Hablando también en temas socioeconómicos el proceso industrial se distingue porque es muy relevante para la economía de toda la población. De no existir los procesos industriales, prácticamente el 90% de los bienes que consideramos imprescindibles en nuestro día a día no existirían.

(Aparicio, 2017,p.17)

#### *Fases de un proceso Industrial*

- Manipulación de la materia prima
- Acondicionamiento de la materia prima
- Procesamiento de la materia prima
- Separación de la materia prima
- Creación del bien final a partir de la materia prima (Aparicio, 2017,p.18)

#### *Tipos de procesos Industriales*

Los procesos industriales se pueden dividir en cuatro categorías con el fin de tener una mejor comprensión y poder catalogarlos de acuerdo a la actividad que desempeñan dentro de la industria.

##### ➤ **Proceso Industrial por trabajo**

Se describe como un trabajo con previa demanda. Un claro ejemplo de este tipo de procesos es la fabricación de aviones y barcos, que no pertenecen a los productos de consumo habitual, este tipo de proceso se caracteriza por requerir de una gran cantidad de mano de obra y de recursos. (Garcés, 2016,p.22)

➤ **Proceso Industrial por flujo continuo**

Son procesos que producen bienes sin interrupción durante periodos de tiempo determinados. De esta manera, se consigue una producción eficiente y más rápida, mediante este proceso se suelen fabricar productos estándar de consumo diario, como el papel, pasta dental, azúcar, etc. (Plasencia,2018,p.76)

➤ **Proceso Industrial por lotes**

Este tipo de fabricación trabaja de tal manera que se crean los productos en grupos o cantidades específicas. Una de las características más interesante de este proceso industrial es que toda la producción se realiza paso a paso. Normalmente se utiliza en sectores donde los estándares de calidad son muy altos. (Rivadeneira,2016,p.66)

➤ **Proceso Industrial en masa**

Este tipo de proceso es parecido al del flujo continuo la diferencia es que el proceso industrial en masa se organiza en torno a ciclos de producción y ciclos de descanso. Por lo demás, sigue la línea de mayor producción, menos costes y más abaratamiento del producto y mayor competitividad. No todos los procesos son óptimos para todas las empresas ya que cada proceso varía dependiendo la necesidad que esta cubre. Es por esto que las empresas deben estudiar detalladamente el tipo de bien que producen y establecer qué proceso industrial es ideal para este. (Quezada,2020,p.23)

**Proceso de pintura por electrólisis**

El proceso de pintura por Electrolisis, fue desarrollado originalmente para aplicarse como revestimiento anticorrosivo sobre carrocerías automotrices de acero, para este recubrimiento se utiliza una corriente eléctrica que genera depósitos de pintura en los sustratos, en el que una parte metálica se sumerge en una solución acuosa que contiene una emulsión de pintura a la que se aplica un voltaje eléctrico,

lo que hace que la emulsión de pintura se deposite sobre la pieza. Se puede pintar hacia adentro y hacia fuera de la pieza, donde quiera que el líquido pueda alcanzar una superficie del metal. (Mejía,2020,p.12)

### **Figura 1**

*Proceso de Pintura por Electrólisis o Electrodeposición*

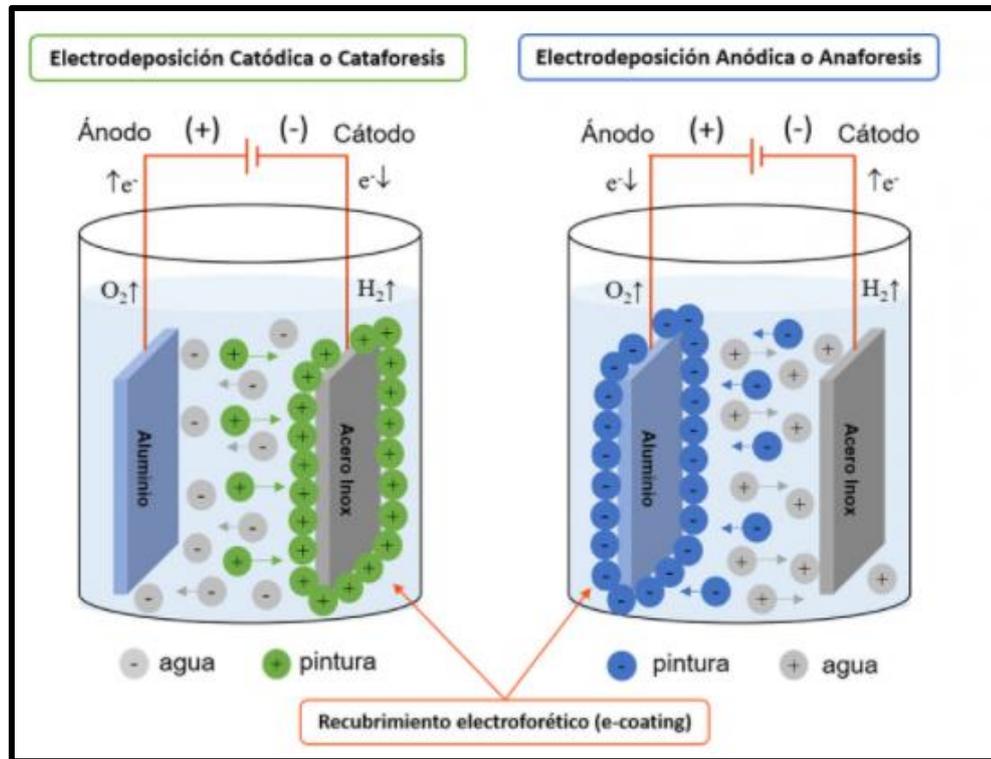


*Nota.* En la figura 1 se muestra a la carrocería del vehículo ingresando a la cuba donde se produce el proceso de pintura por Electrólisis. Tomado de (Mejía,2020,p.12)

El espesor del recubrimiento está determinado por el voltaje aplicado entre ánodo y cátodo, a medida que las áreas de alto voltaje construyen un revestimiento, se convierten en aisladores, permitiendo así que las áreas de menor voltaje, acumulen sólidos. Finalmente, el interior de una pieza puede revestirse, ya que el exterior está completamente aislado por el revestimiento. (Mejía,2020,p.13)

**Figura 2**

*Principio de Funcionamiento Electrolisis (E-COAT)*



*Nota.* En la figura 2 se puede observar el principio de funcionamiento del proceso de Electrolisis. Tomado de (Mejía,2020,p.13)

### **Automatización Industrial**

La automatización Industrial es un sistema de control, en el cual interviene varios elementos como: ordenadores, autómatas programables, robots y tecnologías de la información para el control y manejo de diferentes procesos productivos y maquinarias dentro de la industria, eliminando la intervención de la mano de obra y reemplazando las operaciones de ensamblaje peligrosas por operaciones automatizadas. La automatización es una evolución de la mecanización en la industria, que utiliza dispositivos de alta capacidad de control para lograr procesos de fabricación o producción eficientes. (Altamirano,2021, p.19-22)

Los sistemas de procesamiento industrial o llamada también Industria 4.0 o cuarta revolución industrial están cambiando la forma de producir dentro de las empresas y compañías. El control automatizado de la producción ayuda a aumentar la precisión, calidad, y rendimiento de los procesos industriales se ha convertido en uno de los favoritos de las empresas de fabricación y producción. Uno de los principales objetivos de la automatización ha sido la reducción de costos en la fabricación, aumento de calidad en medios de producción, y liberar al ser humano de tareas tediosas, peligrosas e insalubres. (Roge,2016,p.32) Sistemas SCADA

SCADA es el acrónimo de (Supervisory Control and Data Acquisition) (supervisión, control y adquisición de datos), término que describe las funciones básicas de este sistema. Las empresas usan los sistemas SCADA para controlar los equipos de sus centros y recopilar y registrar datos de sus operaciones. Estos sistemas suelen ser una combinación de software y hardware, como controladores lógicos programables (PLC) . La adquisición de datos comienza con los PLC, que se comunican con equipos de planta tales como las máquinas y los sensores de la fábrica. Los datos recopilados de los equipos se envían al siguiente nivel, por ejemplo, una sala de control, donde los operarios pueden supervisar los controles de PLC utilizando interfaces humano-máquina.(Caceres,2017,p.84).

### **Sistemas de Control**

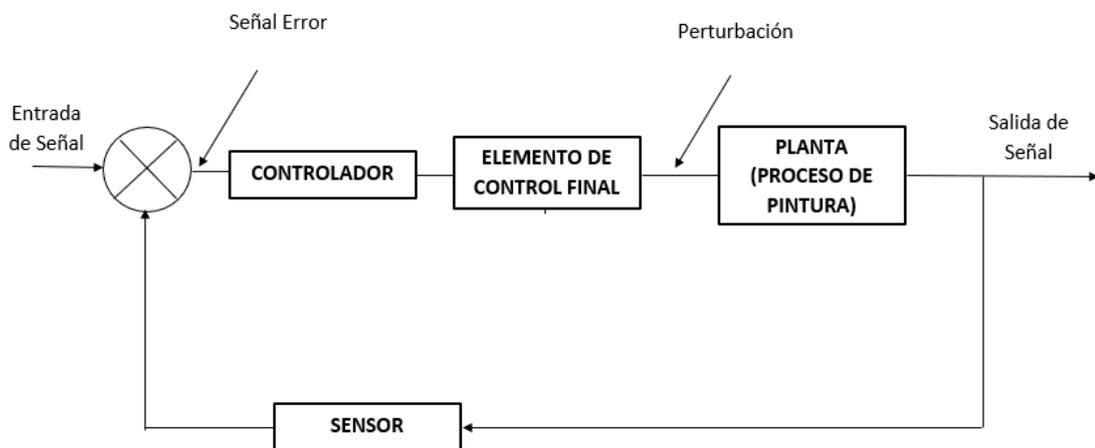
Un sistema de control se caracteriza por ser un grupo componentes electrónicos, mecánicos, neumáticos, hidráulicos, etc. Estos se utilizan en conjunto para lograr un objetivo deseado. Para considerar un sistema de control se debe contar por lo menos tres elementos esenciales que son: Una variable a controlar, un actuador y un punto de referencia conocido también como set-point. (Gallardo,2015,p.54)

### ***Elementos de un sistema de control***

La característica principal de un sistema de control es ser complejos y amplios en cantidad de parámetros, la salida se compara con la entrada para realizar el control del sistema, haciéndolo más estable a perturbaciones y variaciones internas. (Hugo, 2019,p.42)

**Figura 3**

*Elementos de un sistema de Control*



*Nota.* Elementos básicos que conforman un sistema de control. Tomado de (Hugo, 2019,p.42)

### ***Términos importantes dentro de un sistema de control***

- **Controlador:** Es el elemento fundamental en un sistema de control, pues determina el comportamiento del bucle, ya que condiciona la acción del elemento actuador en función del error obtenido.
- **Elemento de control final:** Son los dispositivos encargados de transformar una señal de control en un flujo de masa o energía (variable manipulada).
- **Planta:** Objeto o conjunto de objetos a controlar.
- **Error:** Diferencia entre el valor deseado y el valor real de la variable controlada.

- **Perturbación:** Son todas aquellas señales indeseadas que intervienen de forma adversa en el funcionamiento de un sistema
- **Sensor:** convierte un fenómeno físico en un voltaje analógico medible.  
(Perez, 2019,p.16)

### ***Sistema de control lazo abierto***

En un sistema de lazo abierto la acción de control es independiente de la señal de salida, es decir la señal de salida no influye en la señal de entrada. Así la exactitud de este tipo de sistemas depende mucho de su calibración, de manera que al calibrar se establece una relación entre la entrada y la salida con el fin de obtener del sistema con la exactitud deseada. (Perez,2019,p.32)

### **Figura 4**

*Diagrama de un Sistema de Control de Lazo Abierto*



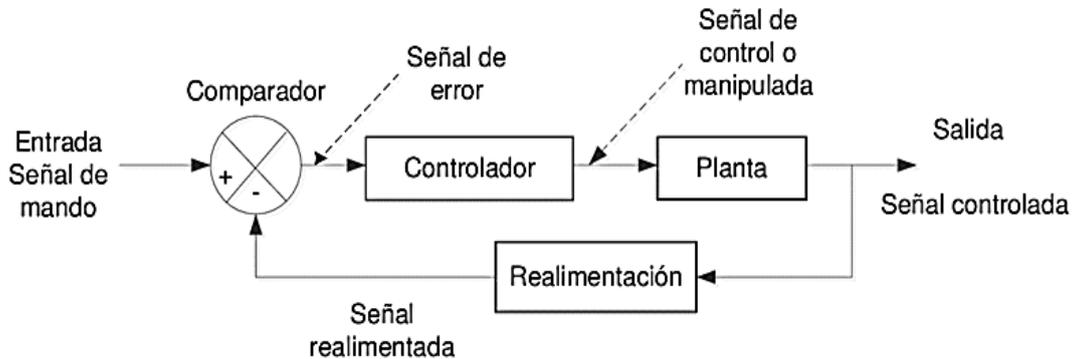
*Nota.* Diagrama de control de lazo abierto. Tomado de (Perez,2019,p.32)

### ***Sistema de control lazo cerrado***

En un sistema de lazo cerrado la acción de control depende de la señal de salida, es decir es un sistema que relaciona la señal de entrada con la señal de salida, tomando esto en cuenta la señal de salida influye en la entrada por tal razón la señal de entrada es modificada en cada instante en función de la salida, todo esto por retroalimentación o también denominada “feedback”, propiedad con la cual se compara la señal de salida con la señal de entrada del sistema de modo que la acción de control se constituya como una función de ambas. (Jimenez,2019,p.40)

**Figura 5**

*Diagrama de un Sistema de Control de Lazo Cerrado*



*Nota.* Diagrama del funcionamiento de un control a lazo cerrado. Tomado de (Jimenez,2019,p.40).

### **Elementos de control.**

#### ***Elementos primarios de control.***

Los elementos primarios de control, constituyen un conjunto de dispositivos importantes para cualquier proceso. Su función es detectar inicialmente el valor de una variable durante el proceso operativo, por ende, deben mantener un continuo contacto con las diversas propiedades que puedan estar sujetas a cambio en el sistema (presión, fuerza, posición, medida eléctrica, entre otras), todo ello por medio de la utilización o absorción de la energía del medio controlado, para dar al medio de medición una indicación en respuesta a la variación de la variable controlada.

(Rodriguez, 2021,p.12)

#### ***Elementos finales de control.***

Los elementos finales de control son instrumentos los cuales modifican alguna característica del proceso según el criterio dictado por el controlador. En la implementación del proceso, como la mayoría de las plantas, las variables a manipular son caudales de corrientes de proceso. Para esto los dispositivos de control constan de dos componentes; el cuerpo y el actuador. En el cuerpo se

encuentran los componentes que realmente regulan el paso del fluido modificando el área de paso. Es un receptáculo con los componentes inertes que, al estar en contacto con el fluido, debe satisfacer los requerimientos de resistencia mecánica de presión, temperatura y corrosión. (Caceres, 2017,p.23)

### **Tipos de válvulas**

Entre los elementos finales de control, a continuación se mencionan los mas utilizados:

- **Válvula de Control**

Una válvula de control o también conocida como válvula de regulación, es una válvula usada para controlar el flujo de un fluido, comportándose como un orificio de área continuamente variable, que modifica la pérdida de carga, según lo dirigido por la señal de un controlador. (Luque, 2017,p.62)

- **Servoválvula**

Es una variante de la válvula proporcional. Permite cualquier posición de apertura de la válvula y por tanto del fluido. Se diferencia de la simple válvula proporcional en el diseño de los bordes de control del pistón, con ello se consigue un ancho de banda más grande de la respuesta en frecuencia (también llamada "dinámica" en la industria. (Luque, 2017,p.63)

- **Válvula de bola fija**

Se llaman así porque el cuerpo contiene el asiento de una forma más o menos esférica. El desplazamiento vertical del obturador respecto al asiento, donde está el orificio de paso, aumenta o disminuye el área de paso del fluido, son de las más utilizadas en la industria debido a su fiabilidad y resistencia a altas temperaturas y no se corroe fácilmente. (Luque, 2017,p.64)

Para este proyecto se requieren cuatro válvulas de 5 L/min aproximadamente, además de ser resistente a la abrasión ya que se encontrará en contacto directo con el fluido, por esta razón se utilizó la válvula DN80 de 4 pulgadas en Acero inoxidable con las siguientes especificaciones.

**Tabla 1**

*Especificaciones técnicas de la válvula.*

<b>Servo Válvula DN80 características técnicas</b>	
<b>Voltaje nominal</b>	<b>120VAC - 220VAC</b>
<b>Diámetro</b>	<b>4 pulgadas</b>
<b>Materiales</b>	
<b>Voltage de Control</b>	<b>24VDC</b>
<b>Corriente en estado estable a 120 V</b>	<b>0.15 A</b>
<b>Caudal (a 1 metro de altura)</b>	<b>12 L/min</b>
<b>Caudal (a 1.28 metros de altura)</b>	<b>4.5 L/min</b>
<b>Grado de protección IP</b>	<b>IP67</b>
<b>Estado</b>	<b>Funcional</b>
<b>Válvula DN80 descripción del producto</b>	
<b>No. De modelo</b>	<b>EV-0000272</b>
<b>Tipo</b>	<b>Válvula de Bola Fija</b>
<b>Aplicación</b>	<b>Industria, Industria de Agua</b>

*Nota.* En la Tabla 1 se observa las características técnicas de la válvula que se utilizara dentro del proyecto. (Luque, 2017,p.47)

## **Figura 6**

*Válvula DN80 de 4pulgadas en Acero inoxidable*



*Nota.* En la figura 6 se muestra la estructura física de la válvula DN80 de 4pulgadas en Acero inoxidable.

### **Controlador**

Un controlador como un equipo o sistema que permiten automatizar procesos productivos para mejorar los tiempos de ejecución, bajar tasas de fallo y operar en ambientes peligrosos, sin la necesidad de la intervención humana con el fin de reducir riesgos. Existen diferentes tipos de controladores, dependiendo las necesidades del proceso, pero todos ellos usan el mismo principio de funcionamiento: miden las variables de un proceso a través de sensores, que entregan esa información a una unidad de procesamiento que compara el valor medido con el esperado, ejecutando algoritmos de control que determinan cómo se

modifica el valor de las variables que actúan como entradas del proceso a controlar.  
(Guzmán,2020,p.10)

### **Autómata Programable**

Con la llegada de los automatismos programables, o también conocidos como Controlador Lógico Programable (PLC), la industria ha tenido un impulso importante dentro de los procesos de producción. El PLC es un componente de estado sólido, diseñado con la finalidad de controlar procesos de forma secuencial, el cual se ejecutará en un entorno industrial, es decir ir asociado a la maquinaria que desarrolla procesos de producción y controlan su trabajo. (Garces,2017,p.32)

### ***Clasificación del PLC (Controlador Lógico Programable)***

Debido a la gran variedad y tipos de PLC, estos se pueden diferenciar tanto por sus funciones, capacidad de memoria, número de I/O, aspecto físico entre otros, de acuerdo a esto se pueden clasificar en tres diferentes categorías, los PLC modulares, de montaje en rack y el más utilizado dentro de la industria el PLC compacto. destacando el PLC de tipo compacto como uno de los más utilizados dentro de la industria por su facilidad a la hora de ponerlo en marcha (Dominguez, 2020,p.10)

#### **➤ PLC Compactos**

Estos incorporan CPU, módulos de entrada y salida en un solo paquete. Regularmente posee un número fijo de entradas y salidas (no mayor a 30), uno o dos canales de comunicación (para programar el PLC y la conexión de los buses de campo) e Interface Humano Maquina. El más común en este tipo de PLC es el S7-1200. (Dominguez, 2020,p.12)

## PLC Siemens S7-1200

El controlador S7-1200 ofrece la flexibilidad y potencia necesarias para controlar una gran variedad de dispositivos para las distintas necesidades de automatización. Gracias a su estructura compacta, configuración flexible y amplio juego de instrucciones, el S7-1200 es idóneo para controlar una gran variedad de aplicaciones. (Dominguez, 2020,p.16)

### Figura 7

Plc Siemens S7-1200



Nota. En la figura 7 se puede apreciar la estructura física de un PLC S7-1200.

### Tabla 2

Características técnicas del plc S7-1200

PLC S7-1200 HOJA DE DATOS	
Disipación de potencia	14W
Intensidad disponible (SM y bus CM)	1600 mA max (5V DC)
Intensidad disponible (24V DC)	400 mA max (alimentación de sensores)
Consumo de corriente de las entradas digitales (24V DC)	4 mA / entrada utilizada

<b>Memoria de usuario</b>	<b>50KB de memoria de trabajo/2MB de memoria de carga/2KB de memoria remanente.</b>
<b>E/S digital integradas</b>	<b>14 entradas/10 salidas</b>
<b>E/S analógicas integradas</b>	<b>2 entradas</b>
<b>Entradas digitales</b>	
<b>Tipo</b>	<b>Sumidero/fuente (tipo 1 IEC sumidero)</b>
<b>Tensión nominal</b>	<b>24V DC a 4 mA, nominal</b>
<b>Entradas analógicas</b>	
<b>Tipo</b>	<b>Tensión (asimétrica)</b>
<b>Rango</b>	<b>0 a 10V</b>
<b>Rango total (palabra de datos)</b>	<b>0 a 27648</b>
<b>Resolución</b>	<b>10 bits</b>
<b>Salidas digitales</b>	
<b>Tipo</b>	<b>Relé, contacto seco</b>
<b>Rango e tensión</b>	<b>5 a 30V DC o 5 a 250V AC</b>
<b>Intensidad (max)</b>	<b>2 A</b>
<b>Carga de lámparas</b>	<b>30 W DC/200 W AC</b>

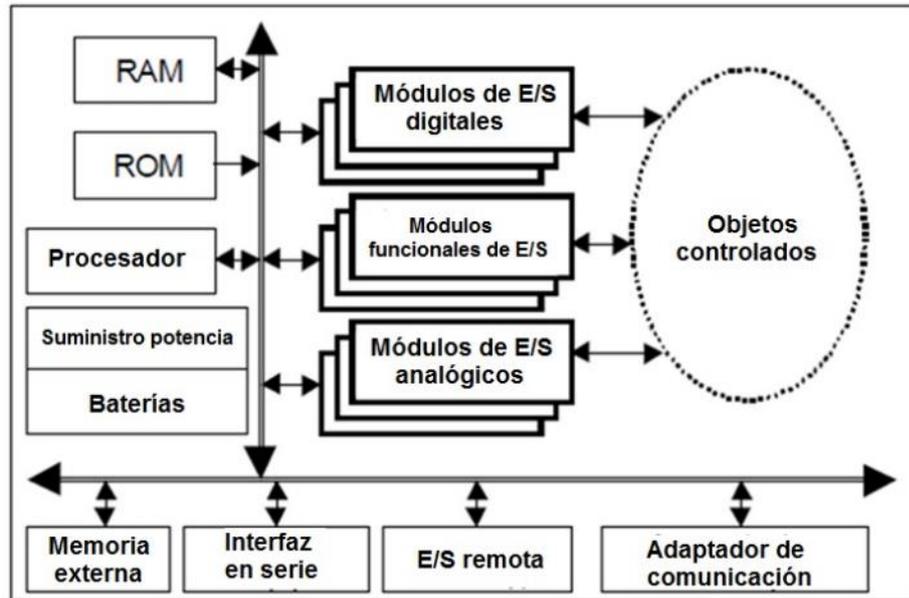
### ***Arquitectura Del PLC***

Para que el sistema funcione es necesario que exista un suministro de potencia cuyo propósito principal es garantizar los voltajes de operación internos del controlador y sus bloques. La parte principal es la denominada “unidad central de procesamiento” o también conocido como CPU que contiene la parte de procesamiento del controlador y está basada en un microprocesador que permite utilizar aritmética y operaciones lógicas para realizar diferentes funciones.”

(García,2017,p.52)

**Figura 8**

*Arquitectura del PLC*



*Nota.* Arquitectura del PLC. Tomado de Caceres (2017).

- **La memoria:** Es el sitio donde se almacenan las instrucciones y los datos el procesador Logico Programable almacena los programas del usuario, toda la informacion de entrada y salida, y toda una gran cantidad de constantes de control de los programas.
- **El cpu:** Es la unidad central de procesos, es la parte principal dentro de la del PLC, se encarga de procesar datos que recibe continuamente.
- **Módulo de entrada:** Facilita la conexión a diversos actuadores y señales para aplicaciones específicas, estas entradas se encuentran interconectadas a varios interruptores que serán accionados automáticamente por la máquina o el operario.
- **Módulo de salida:** Coordinan salidas de señales que pueden ser digitales. Los PLC activan o inician una salida al instalar un voltaje al elemento empleado en el circuito.

- **Alimentación:** Provee o produce la energía necesaria a la CPU y demás tarjetas tal como se haya configurado el PLC. (Vilchis, 2018,p.14)

### ***Entradas Digitales***

A estas entradas también se las llama binarias “on-off”, son las que pueden tomar sólo dos estados: encendido o apagado, estado lógico 1 ó 0. Los módulos de entradas digitales trabajan con señales de voltaje. Cuando en la entrada llega tensión, se interpreta como “1” y cuando no llega tensión a nuestra entrada esta se interpreta como 0. (Martinez,2016,p.83)

### **Tabla 3**

*Características del módulo de entradas y salidas del PLC siemens S7-1200*

PLC Siemens S7-1200	
Características del modulo AI´s/DI´s	
DI	14+(2 on SB)
DO	10(2 on SB)
AO	2
AI	1(1 on SB)

### ***Entradas Analógicas***

Estos módulos trabajan con señales de entrada con valores de tensión o corriente, que puede ser de 4-20 mA, 0-5 VDC o 0-10 VDC, convirtiéndola en un número, este número es guardado en una posición de la memoria del PLC. Los módulos de entradas analógicas son los encargados de traducir una señal de tensión o corriente proveniente de un sensor de temperatura, velocidad, aceleración, presión, posición, o cualquier otra magnitud física que se requiera medir dentro de un proceso para que posteriormente el PLC la pueda interpretar.

(Santamaria,2016,p.85)

## **Lenguajes de programación**

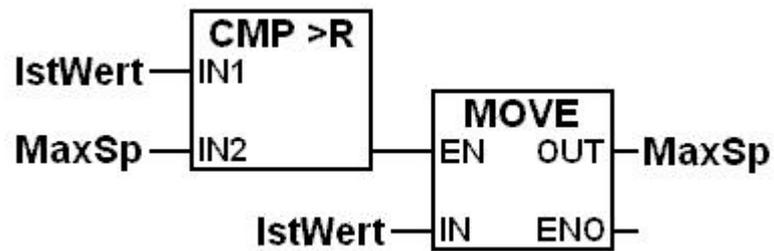
El lenguaje de programación para un PLC es un conjunto de símbolos, caracteres y reglas, diseñadas para establecer un vínculo o comunicación entre el usuario y las maquinas. Gracias a este vínculo, podemos ser capaces de crear un programa con instrucciones para controlar el funcionamiento de cualquier proceso o máquina por medio del Autómata programable. Debido a la gran variedad de usuarios con diferente formación en diferentes ramas de la ingeniería existe diversidad dentro de los lenguajes de programación por ejemplo los ingenieros o técnicos eléctricos y electrónicos están acostumbrados a utilizar símbolos en los diagramas eléctricos, mientras que los ingenieros en sistemas siempre utilizan lenguajes escritos, por lo cual unos prefieren programar un lenguaje más visual y otros prefieren un lenguaje escrito. Por esta razón los lenguajes de programación de acuerdo a la norma IEC 61131-3 pueden clasificarse en cuatro clases. (IEC 61131-3,2020, p.14)

### ***Lenguaje de programación Diagrama de bloques***

Este tipo de programación utiliza bloques de símbolo lógicos. Las salidas no requieren una bobina de salida, porque la salida esta asignada en las salidas de los bloques lógicos. Estos diagramas en su mayoría son preferidos por personas acostumbrados a trabajar con circuitos o compuertas lógicas, ya que la simbología utilizada en este tipo de programación es equivalente. (Caceres,2017,p.62)

**Figura 9**

*Programación en Diagrama de bloques*



*Nota.* Programación en Diagrama de Bloques. Tomado de (Caceres,2017,p.62)

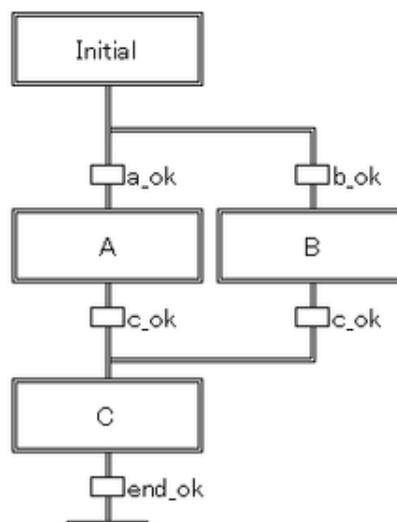
***Función secuencial (SFC)***

“Es un lenguaje orientado gráficamente, describe el orden cronológico de acciones concretas en un programa. Estas acciones están disponibles como objetos de programación independientes, y están escritas en cualquier lenguaje de programación disponible. En SFC, esas acciones se asignan a elementos de paso y los elementos de transición controlan la secuencia de procesamiento.

(Caceres,2017,p.72)

**Figura 10**

*Programación en Función secuencial*



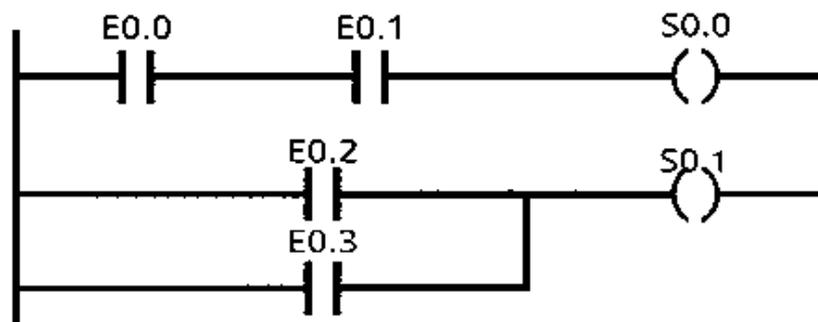
*Nota.* Lenguaje de programación en Función secuencial. Tomado de (IEC 61131-3 2018,p.62).

### **Lenguaje de programación Ladder o escalera**

“Este es un tipo de lenguaje gráfico, ya que estos utilizan una interface de símbolos para la declaración de las instrucciones de control. Este lenguaje fue uno de los primeros en ser utilizados, se asemeja mucho a los diagramas con relevadores, también se lo conoce con el nombre de escalera ya que contiene dos rieles verticales, y varios rieles horizontales en este caso serían los escalones. (Martinez,2017,p.64)

**Figura 11**

*Programación en lenguaje Ladder o Escalera.*



*Nota.* Lenguaje de programación Ladder o escalera. Tomado de (Martinez,2017,p.64)

### **Interface Humano Máquina (HMI)**

El Interfaz Hombre-Máquina (HMI) es el interfaz entre el proceso y los operarios, se trata básicamente de un panel de instrumentos del operario. Es la principal herramienta utilizada por operarios y supervisores de línea para coordinar y controlar procesos industriales y de fabricación. (Vilchis,2018,p.21)

### ***Tipos de paneles para HMI***

- **Mobile paneles**

Este tipo de panel es principalmente utilizado en el campo, ya que se puede llevar a varios lugares, es resistente y se lo puede llevar a todas partes facilitando el trabajo del operador en campo.

- **Micro paneles**

Son paneles pequeños de fácil uso, se utilizan en su mayoría para apreciar datos mas precisos que se requiera apreciar dentro de un sistema.

- **Multi Paneles**

Paneles que integran uno o más, se usa para procesos extensos donde se requiera de la supervisión y control de varios sistemas integrados, con la finalidad de tener un control completo de una planta o proceso.

### **Figura 12**

*HMI Kinco GL070/GL070E*



*Nota.* En la figura 12 se aprecia el HMI que se utilizara en el proyecto HMI Kinco GL070/GL070E Tomado de (Kinco Oficial,2022, p.02).

## Software para programar un HMI

- **Kinco Dtools**

Es un sistema de desarrollo basado en la programación gráfica orientado a la creación de aplicaciones para instrumentación que integra una serie de librerías para comunicación con instrumentos electrónicos, con tarjetas de adquisición de datos, comunicación en redes TCP/IP, UDP, permite crear aplicaciones de interfaz entre Hombre-Maquina para automatización industrial, control de procesos y monitoreo supervisado, además de ser amigable en su entorno la principal ventaja es su compatibilidad con distintas marcas. (Kinco Oficial,2022, p.22).

### Figura 13

Interface del software Kinco Dtools



Nota. Interface del software de programación gráfica LabVIEW. Tomado de Holguin(2020)

## **Capítulo III**

### **Desarrollo del Tema**

#### **Introducción**

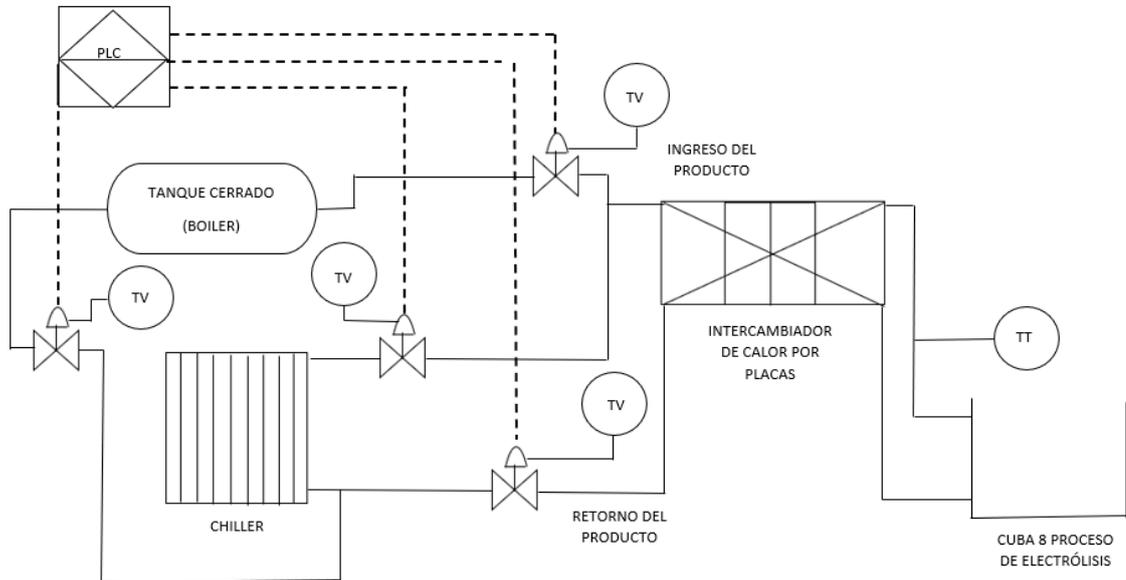
Dentro del proceso de pintura por electrodeposición o E-COAT influyen varios factores que ayudan a la obtención de un producto de calidad y que cumpla con los estándares requeridos de uno de estos factores esenciales es la temperatura del proceso, de esta forma se optó por implementar un sistema de control utilizando un autómatas programable, el cual nos ayudará al control de la temperatura.

#### **Descripción del proceso**

Para describir el proceso a controlar se ha hecho uso de un Diagrama p&id rigiéndonos en la norma ISA 5.1 la cual señala los lineamientos a seguir para este tipo de diagramas, como se aprecia en la figura existe un sistema de control en lazo cerrado, comandado desde un PLC el cual realizara las lecturas de temperatura desde el sensor y realizara la comparación, de acuerdo a la temperatura que requiera el proceso, este calentara o enfriara, a través de las válvulas de control, las cuales estas destinadas dos para calentamiento desde el Boiler hacia el intercambiador y dos más para enfriamiento desde el Chiller hacia el intercambiador.

## Figura 14

Descripción del proceso mediante diagrama p&id



Nota. En la figura 14 se puede apreciar la descripción del proceso mediante un Diagrama p&id.

### Características del proceso

Para el control del proceso es fundamental conocer las características principales del fluido y de los factores que intervienen dentro del mismo, como es la temperatura del fluido, la presión y abrasión, al tener claras estas variables sabremos dimensionar de una manera adecuada todos los elementos que estarán en contacto con el fluido.

**Tabla 4**

*Características del Proceso*

CARACTERISTICAS DEL PROCESO	
Producto	<i>Pintura</i>
Temperatura	<i>Max 31.8 Grados</i>
	<i>Min 31 Grados</i>
Presión	<i>Max 70 PSI</i>
	<i>Min 40 PSI</i>
Abrasivo	<i>SI</i>
Corrosivo	<i>NO</i>

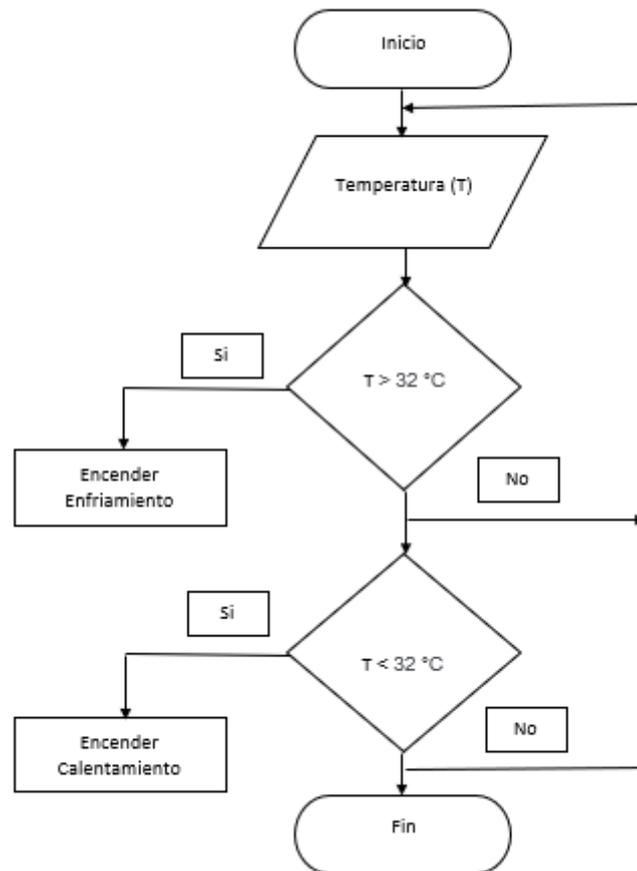
*Nota.* La siguiente tabla muestra cada una de las características del proceso a controlar y los factores que intervienen.

#### **Diagrama de bloques de la programación**

Para desarrollar la programación del controlador, y tener una idea más clara de las condiciones que deberá cumplir el proceso, se realizó el diagrama de bloques que se muestra a continuación.

**Figura 15**

*Diagrama de bloques para la programación del Autómata*



*Nota.* En el siguiente diagrama de bloques se puede apreciar los pasos a seguir para la programación.

## **Software**

### ***Programación en Tia Portal***

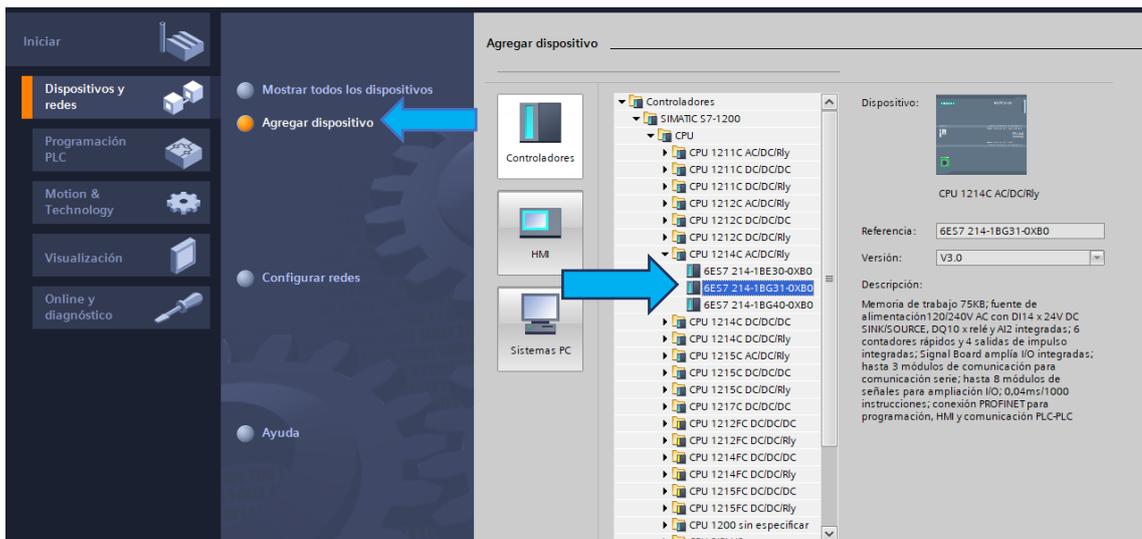
La programación en ladder se realizó en TIA portal debido a que el controlador lógico programable es compatible con este software. Para empezar la programación se debe seguir los siguientes pasos:

## Creación del Proyecto

Dar clic en agregar dispositivos, se desplegará una ventana con las opciones de controladores, agregar el CPU con el modelo del S7-1200 igual al que se posee físicamente para el proyecto.

### Figura 16

#### Selección del dispositivo a Programar



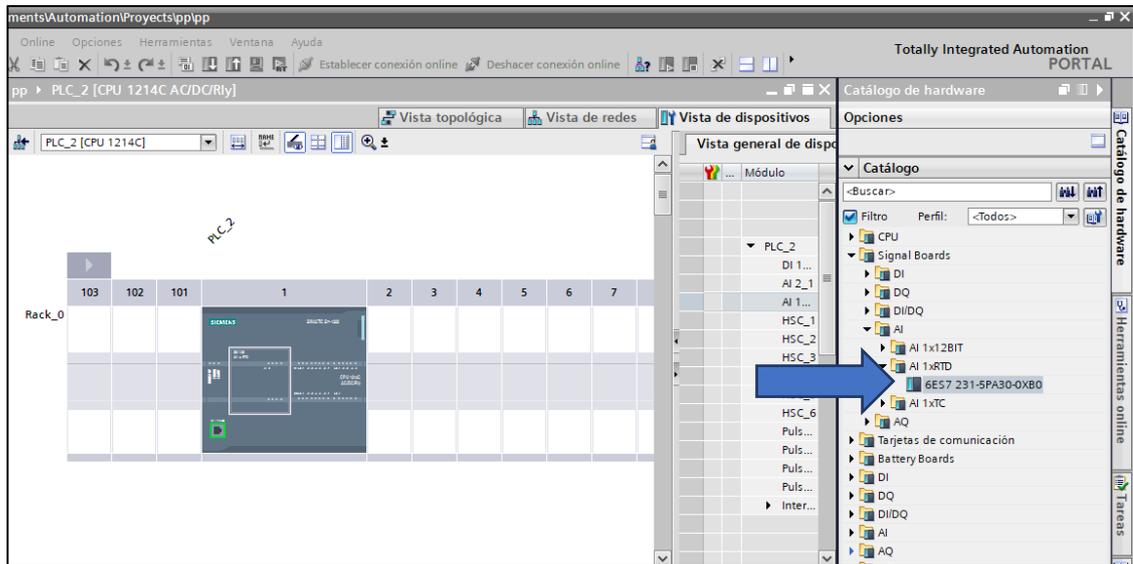
*Nota.* En este paso se selecciona el Automata que tenemos físicamente.

## Configuración del Dispositivo

Se debe tomar en cuenta que el proceso que se va a controlar con el autómata involucra a la variable temperatura, para ello se hará uso de una tarjeta de señal (signal board) la cual ayudará a obtener lecturas desde EL sensor de temperatura.

**Figura 17**

*Configuración de la Signal Board*



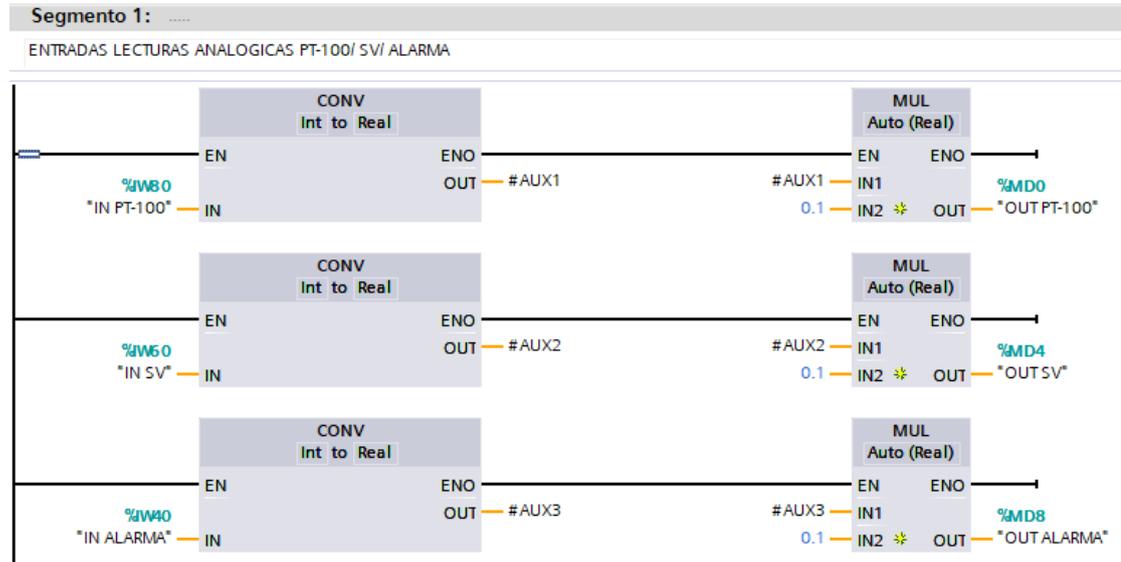
*Nota.* Si utilizamos un elemento adicional al propio autómatas este debe ser configurado y agregado en el programa.

**Descripción de la Programación**

**En el segmento 1**, se incluyen las entradas que permitirán recibir las señales analógicas del sensor de temperatura (Pt-100), las entradas desde el HMI, además de la entrada para setear el valor al que se calentará la piscina y el ingreso del valor de alarma para temperatura elevada.

## Figura 18

### Descripción del Segmento 1



*Nota.* El primer segmento de la programación muestra las entradas analógicas que vamos a tener en el programa.

## Tabla 5

### Descripción del Segmento 1

<i>Nombre</i>	<i>Dirección</i>	<i>Tipo de Dato</i>	<i>Tipo de Variable</i>
IN PT-100 Señal sensor de Temperatura	<i>IW80</i>	<i>INT</i>	<i>Entrada Analógica</i>
IN SV Valor seteado	<i>IW60</i>	<i>INT</i>	<i>Marca</i>
IN ALARMA Señal de alarma	<i>IW40</i>	<i>INT</i>	<i>Marca</i>
OUT PT-100 Señal de salida temperatura	<i>MD0</i>	<i>REAL</i>	<i>Marca</i>
OUT SV Señal de salida valor seteado	<i>MD4</i>	<i>REAL</i>	<i>Marca</i>
OUT ALARMA	<i>MD8</i>	<i>REAL</i>	<i>Marca</i>

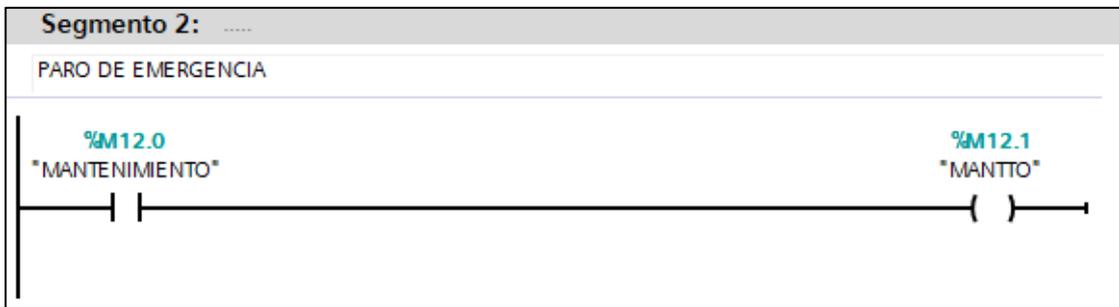
Señal de salida alarma

*Nota: La siguiente tabla muestra a cada una de las señales de entrada y a la variable con la que están asimiladas.*

**En el segmento 2**, se agregó una lógica que ayude en caso de emergencia a detener todo el proceso en el caso de algún suceso inesperado.

### Figura 19

*Descripción del Segmento 2*



### Tabla 6

*Descripción del Segmento 2*

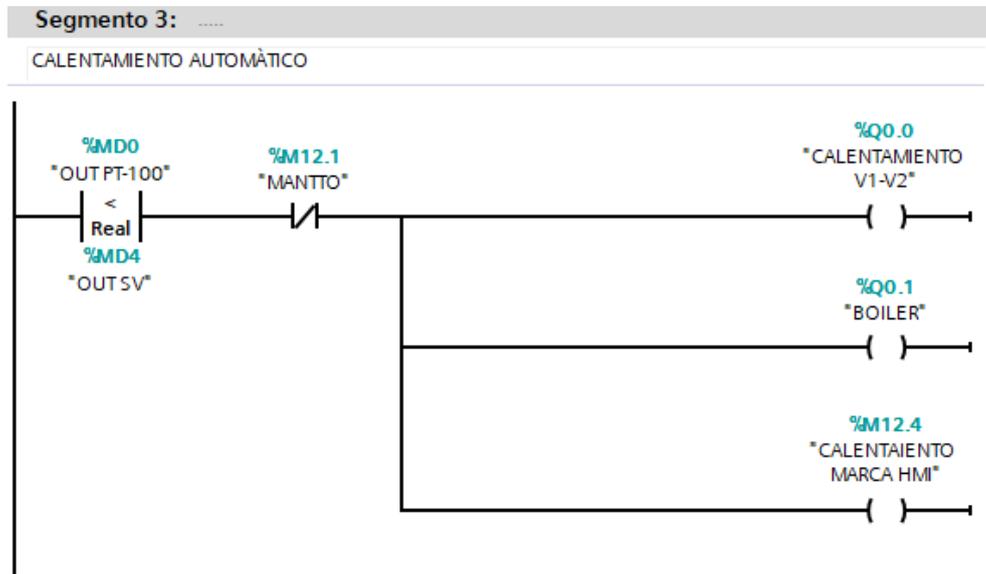
<b>Nombre</b>	<b>Dirección</b>	<b>Tipo de Dato</b>	<b>Tipo de Variable</b>
MANTENIMIENTO	M12.0	BOOL	Memoria Global

*Nota.* Aquí se puede apreciar a qué tipo de memoria está asociada a esta entrada.

**En el segmento 3**, se observa el control de calentamiento. Una vez la temperatura del proceso disminuya con respecto al valor seteado en el controlador, este detectará como una caída de temperatura, e inmediatamente se encenderán todos los sistemas que intervienen en el calentamiento del proceso.

## Figura 20

### Descripción del segmento 3



*Nota.* En la figura se puede evidenciar todo es sistema que interviene en el proceso de calentamiento.

### Tabla 7

#### Descripción del Segmento 3

<b>Nombre</b>	<b>Dirección</b>	<b>Tipo de Dato</b>	<b>Tipo de Variable</b>
OUT PT-100 / OUT SV	MD0 / MD4	REAL	Entrada Analógica
MANTTO	Q0.0	BOOL	Salida Digital
BOILER	Q0.1	BOOL	Salida Digital
OUT PT-100	MD0	REAL	Marca

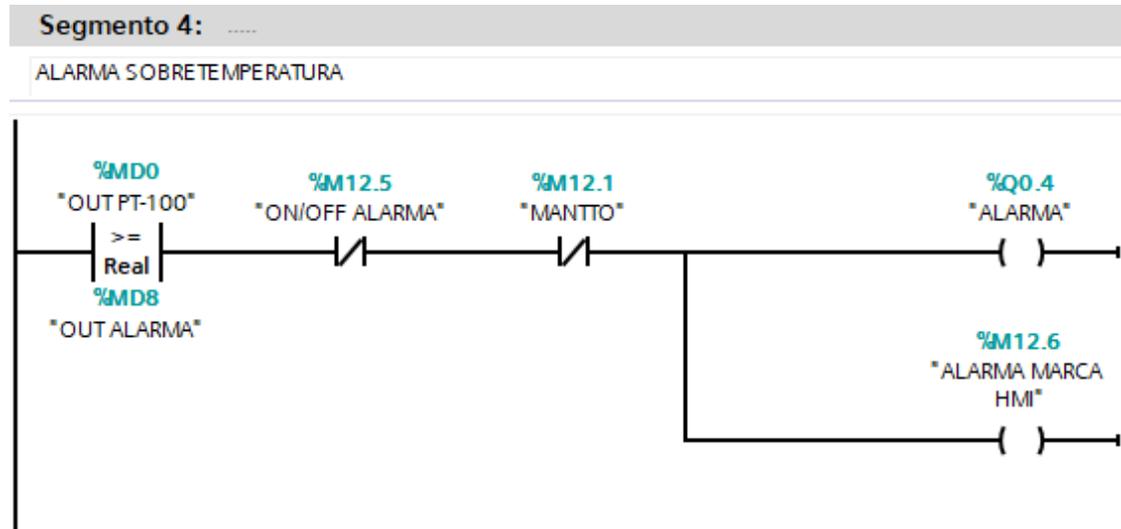
*Nota.* Aquí se puede apreciar las entradas y salidas que intervienen en el proceso de calentamiento del sistema.

**En el segmento 4,** se agregó una lógica de programación de sobre temperatura. En el caso que la temperatura del proceso exceda el valor normal, se encenderá una

alarma alertando al operador que el proceso se encuentra en peligro o fuera de los estándares requeridos.

**Figura 21**

*Descripción del Segmento 4*



*Nota.* En este segmento se puede ver la sección de la programación que interviene en el sistema de Alarma.

**Tabla 8**

*Descripción del Segmento 4*

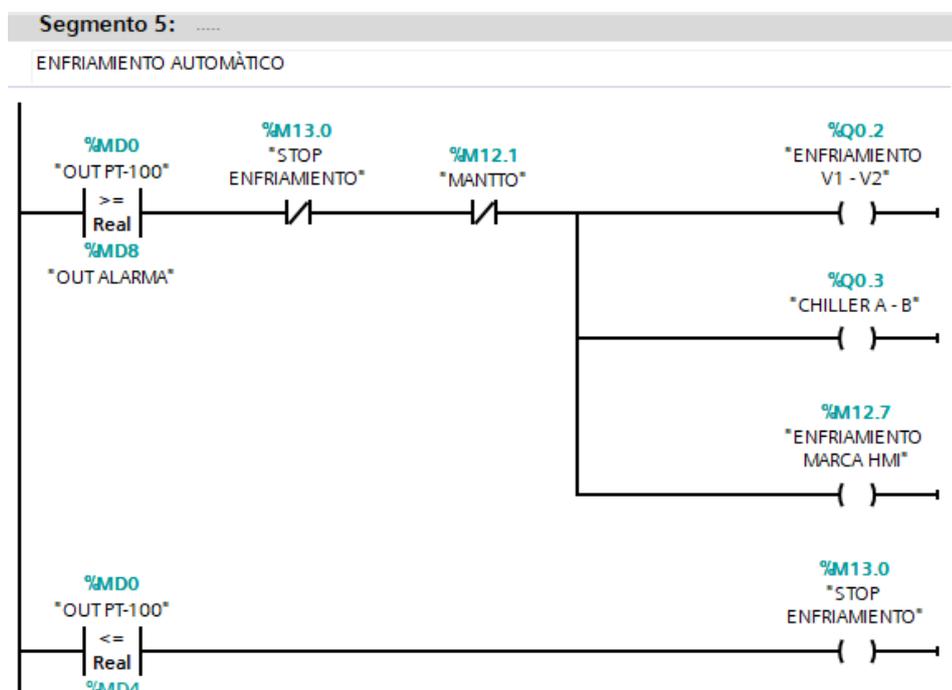
<b>Nombre</b>	<b>Dirección</b>	<b>Tipo de Dato</b>	<b>Tipo de Variable</b>
OUT PT-100 / OUT SV	MD0 / MD8	REAL	Marca
ON/OFF ALARMA	M12.5	BOOL	Marca
MANTTO	M12.1	BOOL	Marca
ALARMA	Q0.4	BOOL	Salida Digital
ALARMA MARCA HMI	M12.6	BOOL	Marca

*Nota.* En la siguiente tabla se muestra las distintas entradas analógicas y digitales dentro del proceso.

En el segmento 5, se describe el proceso de enfriamiento, donde el autómata compara la señal de temperatura de la PT-100 con el valor seteado de la alarma si este valor es igual o mayor, el sistema detectará que existe un sobrecalentamiento en el proceso, para esto, el sistema accionará inmediatamente los componentes que intervienen en el proceso de enfriamiento, una vez la temperatura llegue al valor normal, el sistema reconocerá que el proceso se encuentra dentro de parámetros apagando el sistema de enfriamiento.

**Figura 22**

*Descripción del Segmento 5*



*Nota.* En este segmento se aprecia la parte de la programación dedicada al enfriamiento del proceso.

**Tabla 9**

*Descripción del Segmento 5*

<b>Nombre</b>	<b>Dirección</b>	<b>Tipo de Dato</b>	<b>Tipo de Variable</b>
OUT PT-100 / OUT SV	MD0 / MD8	REAL	Marca
STOP ENFRIAMIENTO	M13	BOOL	Marca
MANTTO	M12.1	BOOL	Marca
ENFRIAMIENTO V1-V2	Q0.2	BOOL	Salida Digital
CHILLER A-B	Q0.3	BOOL	Salida Digital
ENFRIAMIENTO MARCA HMI	M13.0	BOOL	Marca

*Nota.* En esta tabla podemos apreciar las variables que intervienen en el proceso de enfriamiento.

### **Programación del HMI (Interface Humano Máquina)**

Para la programación del HMI, se usó una pantalla de la marca Kinco de 7'' (Siete pulgadas), se optó por esta pantalla debido a su versatilidad a la hora de programar y su interface amigable con el usuario e intuitiva, además de ser compatible con el Autómata que estamos utilizando. Su costo es el más competitivo respecto a otras marcas.

**Figura 23**

*Ilustración de la pantalla Kinco GLO70E 7''*



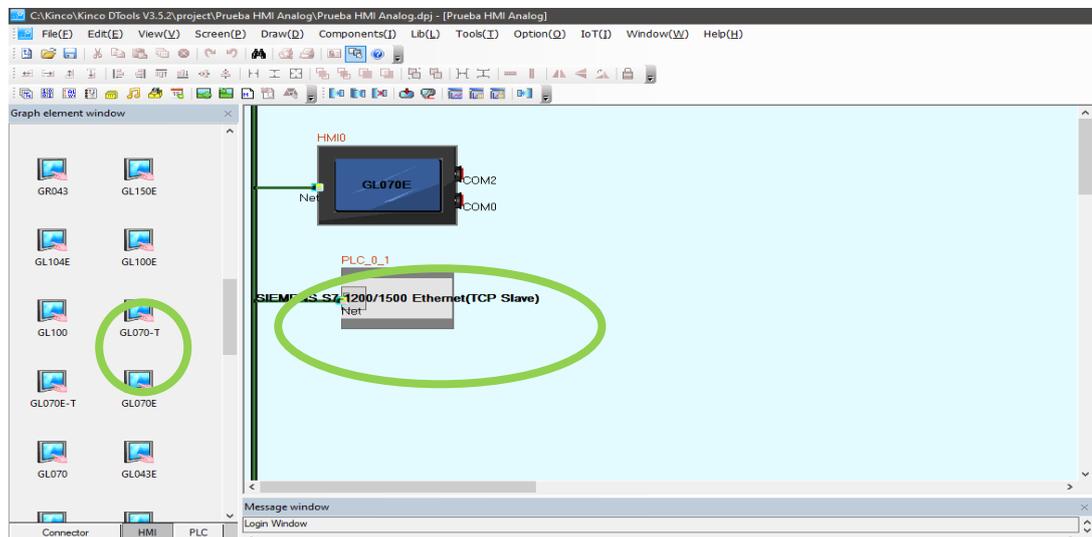
*Nota.* Aquí se muestra la pantalla que se utilizará dentro del proceso. Tomado de (Kinco Oficial,2021,p.10).

## Configuración del Dispositivo

Antes de iniciar la programación del HMI se debe configurar el dispositivo en el software de la pantalla (Kinco tools), el cual se instaló en un computador compatible con este programa, una vez instalado el programa del HMI (Kinco tools), al abrir el programa se desplegará la pantalla principal donde se seleccionará la pantalla que vamos a utilizar, además del autómeta, esto con la finalidad de establecer una comunicación entre los dos dispositivos.

### Figura 24

#### *Configuración del Dispositivo*



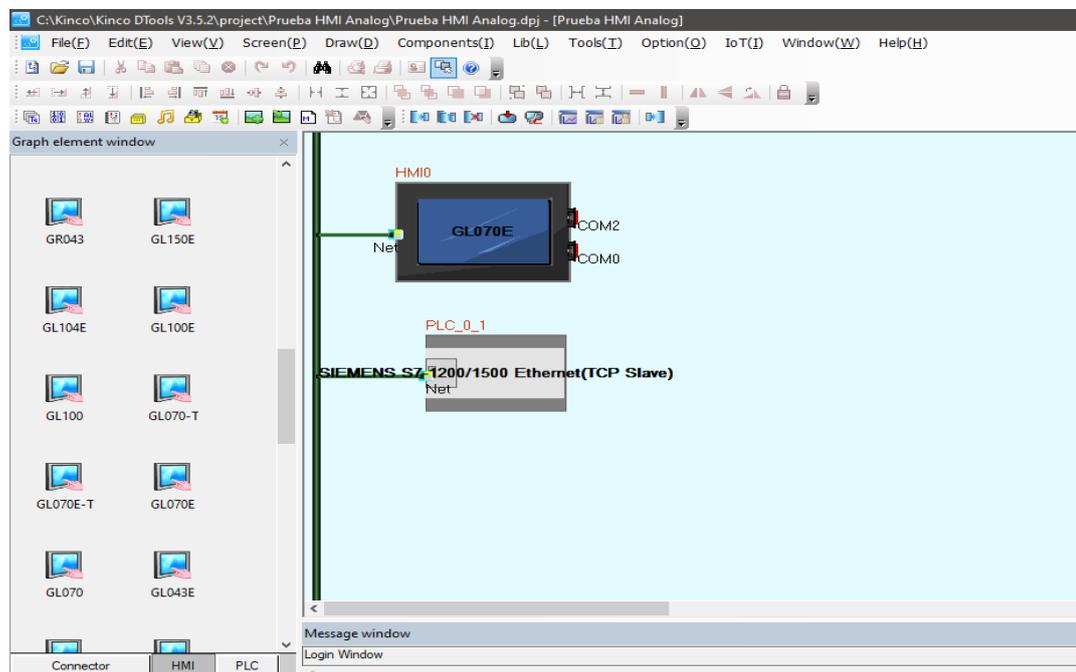
*Nota.* En esta sección se configuró los dispositivos para establecer una conexión en el PLC y HMI.

## Configuración de la dirección IP

Una vez agregados los dispositivos que vamos a utilizar, abrir la opción de componente para desplegar la ventana donde se asocia la IP del Autómata a la pantalla, en este caso la IP del Autómata se encuentra como: IP 192.168.0.1 una vez configurado estos parámetros se puede proceder a la programación del HMI.

### Figura 25

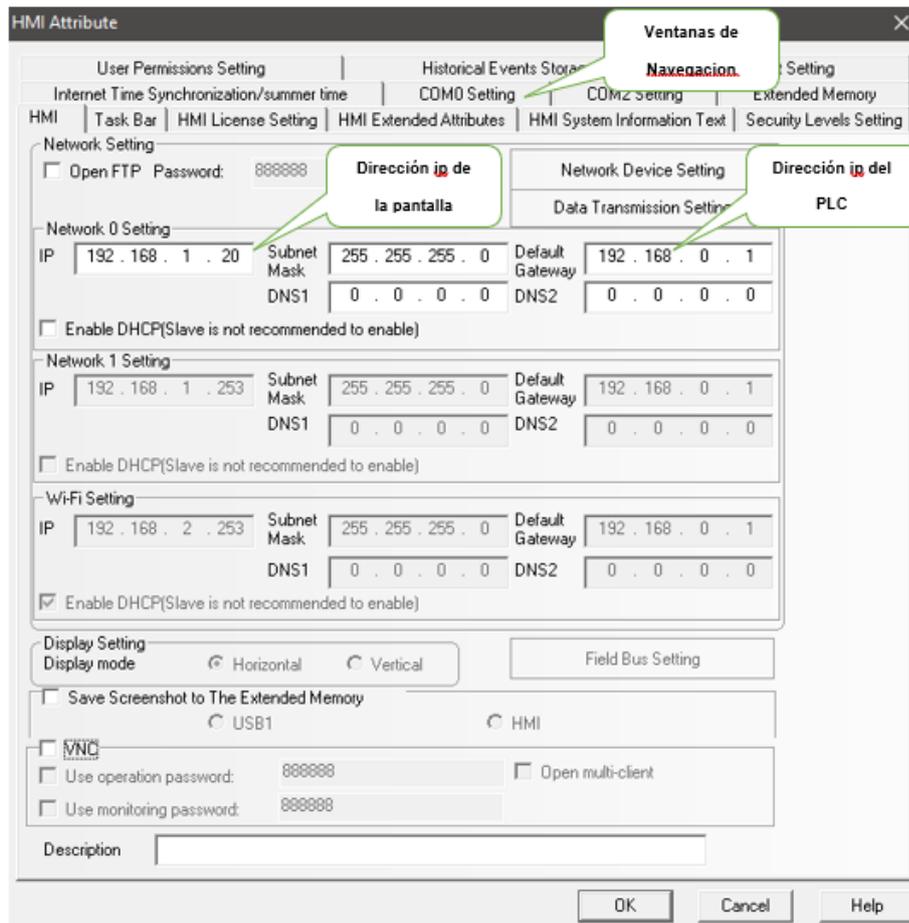
*Ventana de configuración IP*



*Nota.* En esta sección se desplegará una ventana la cual nos permitirá asociar la dirección de PLC con la del HMI.

**Figura 26**

*Configuración de los parámetros del HMI*



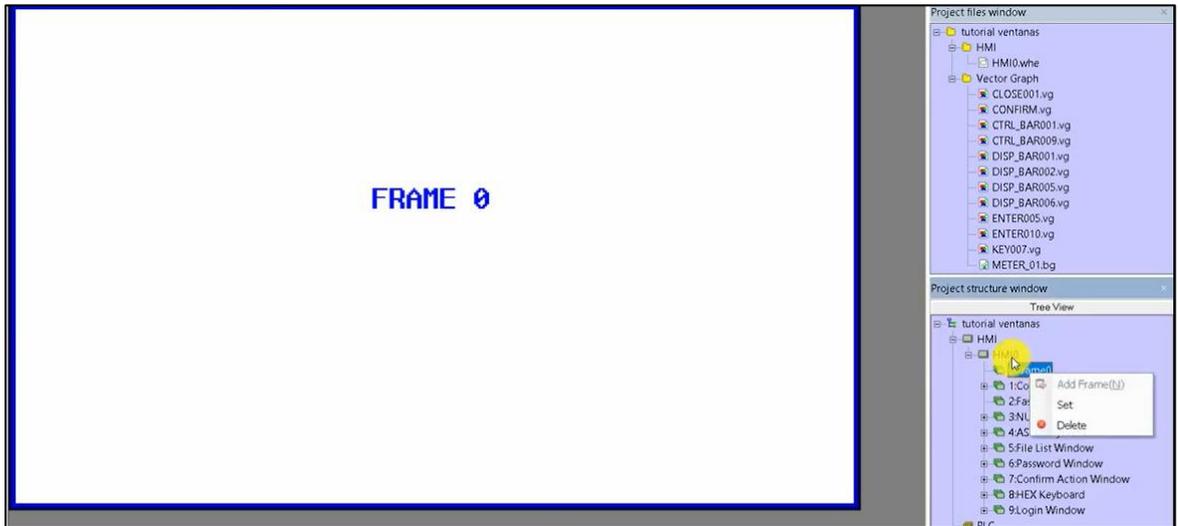
*Nota.* En esta ventana se colocó la dirección del PLC para asociarla al programa del HMI.

### **Creación de las ventanas**

Una vez configurado los dispositivos aparecerá el menú con las diferentes pantallas para la programación del sistema que se desee implementar.

## Figura 27

### Pantalla de creación de ventanas



*Nota.* En esta sección se encuentra el menú de creación de ventanas.

### **Diseño de las ventanas**

**En la ventana 1**, el sistema requiere de varias pantallas o menús para poder navegar entre los diferentes procesos, para esto la primera ventana será el menú principal, aquí se agregó el acceso a las diferentes ventanas del proceso.

**Figura 28**

*Diseño de la primera ventana del HMI*

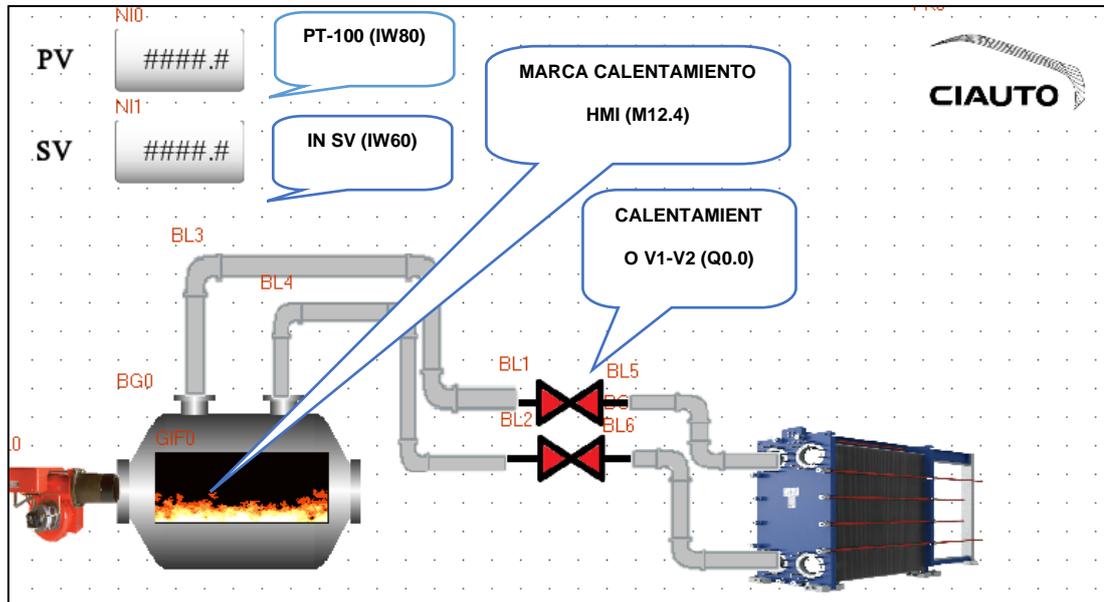


*Nota.* En la primera ventana se programó el menú del proceso.

**En la ventana 2**, se muestra todos los sistemas que intervienen en el calentamiento del proceso, variable del proceso (PV) mostrará el valor en tiempo real de la temperatura medida por la PT-100, valor seteado (SV) esta pequeña ventana que permite ingresar el valor al que se desea setear el valor del proceso, en la gráfica se puede apreciar el sistema de calentamiento desde el quemador hasta el intercambiador de calor, cada elemento se encuentra asociado a una marca dentro de la programación del Autómata.

## Figura 29

### Diseño de la segunda ventana del HMI

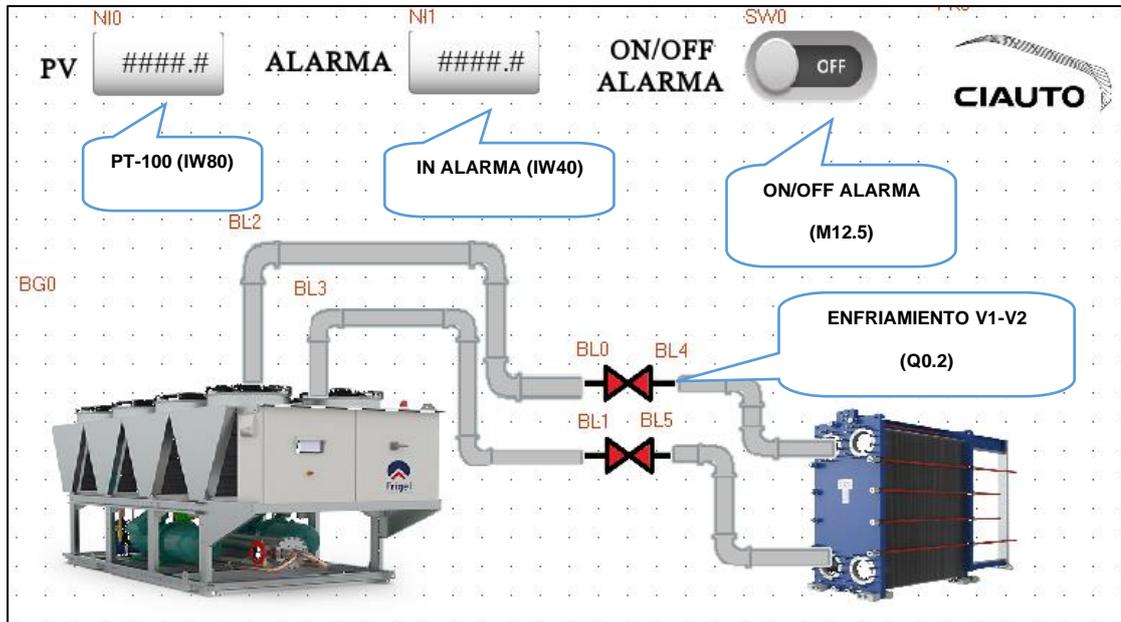


*Nota.* En la segunda ventana del HMI se procedió a programar el proceso de calentamiento.

**En la ventana 3,** se describe el sistema que interviene en el enfriamiento del proceso. Aquí se controla la apertura y cierre de las válvulas que dan paso a la circulación del producto por las tuberías desde el Chiller hacia el intercambiador, además de un Switch que permite apagar la alarma de sobre temperatura indicando que el sistema comenzará a enfriar el proceso hasta normalizarlo.

**Figura 30**

*Diseño de la tercera ventana del HMI*

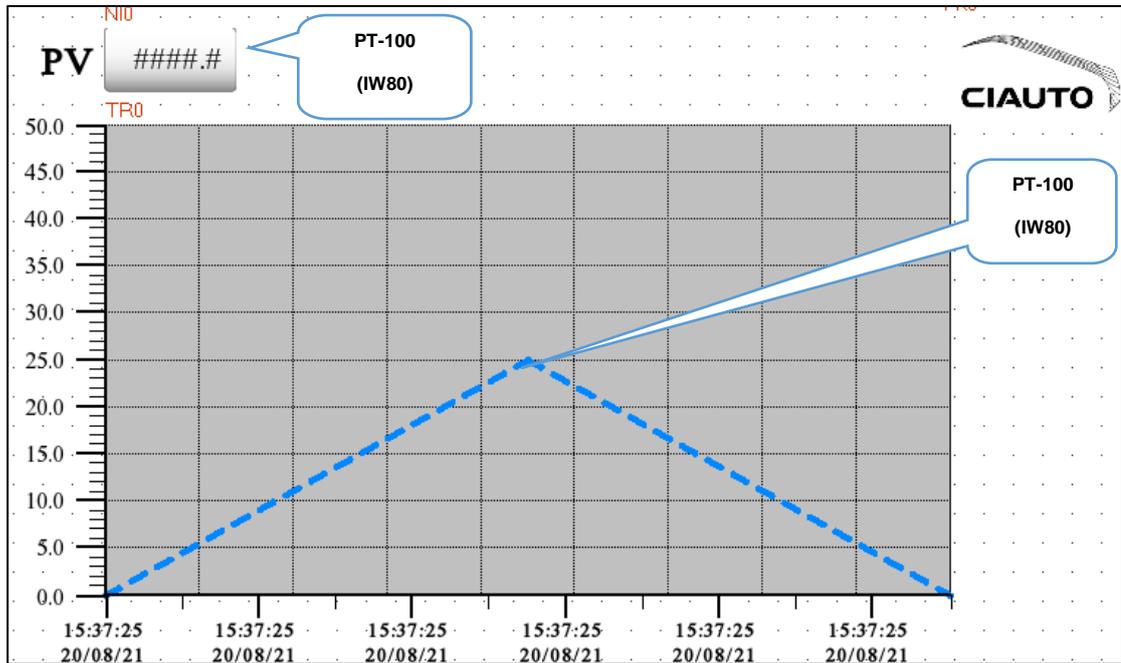


*Nota.* En la tercera ventana se programó el sistema de enfriamiento.

**En la ventana 4,** se agregó un cuadro de análisis del proceso tiempo vs temperatura, el cual ayuda a monitorear y controlar las variaciones de temperatura dentro del proceso a lo largo de la jornada de producción, este tipo de elemento son de gran ayuda para el operador, ya que con estos valores se puede analizar y ver si el control se encuentra en perfectas condiciones.

**Figura 31**

*Diseño de la cuarta ventana del HMI*



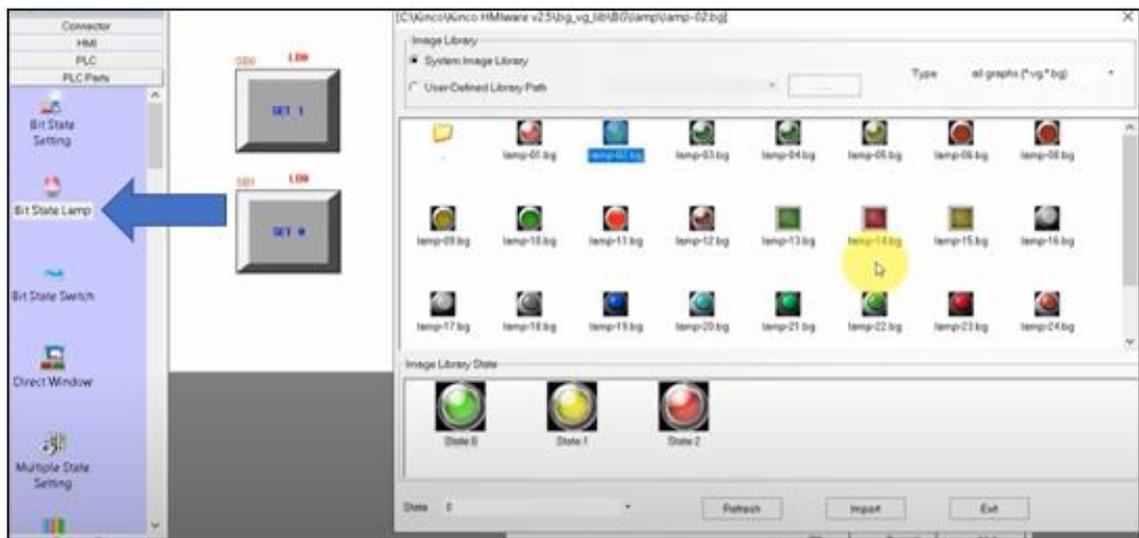
*Nota.* En esta última ventana se agregó un cuadro de temperatura vs tiempo para tener datos exactos sobre el comportamiento del proceso.

### ***Diseño de indicadores en la pantalla principal***

Para incorporar indicadores botones a la interface, se debe dar clic en la pestaña de bits de estado, posteriormente abrirá una ventana donde se podrá escoger entre una amplia gama de indicadores según las necesidades del operador.

**Figura 32**

*Implementación de botones e indicadores*

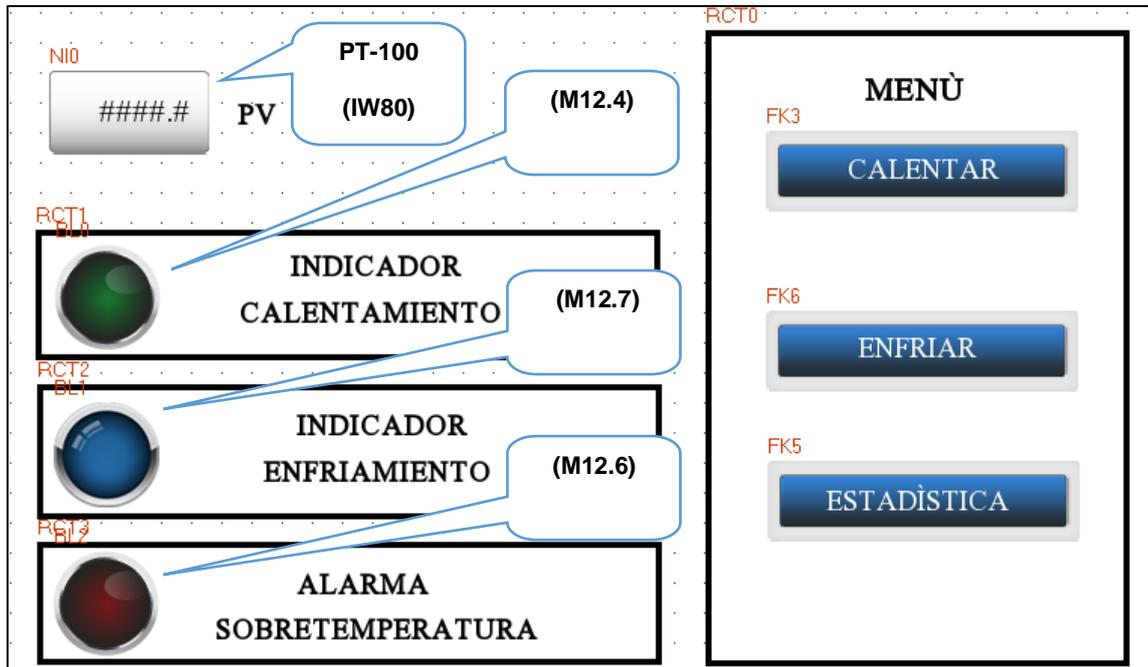


*Nota.* En esta ventana se puede apreciar la amplia gama de indicadores según lo requiera el proceso.

Una vez finalizada la programación, se realizó una corrección más en el menú de acuerdo a la NORMA ISA-101 (Norma para el Diseño e Implementación del HMI), la cual señala que se debe tener en la pantalla de inicio indicadores de cada uno de los sistemas del proceso para que el operado pueda visualizar y supervisar.

**Figura 33**

*Diseño del menú y pantalla principal*



*Nota.* De acuerdo a la Norma ISA 101 se ha configurado el menú de acuerdo a los estándares para el diseño de un HMI.

## Hardware

### **Controlador lógico programable (PLC)**

Para el control de este proceso el diagrama Ladder posee una entrada digital, una entrada analógica y cuatro salidas digitales como se describe en la siguiente tabla.

**Tabla 10***Selección de E/S Digitales y Analógicas*

<b>Dirección</b>	<b>Pin del PLC</b>	<b>Nombre</b>
<b>Entradas Digitales</b>		
% I0.0	DI 0.0	Paro de Emergencia
<b>Salidas Digitales</b>		
%Q0.0	DO 0.0	V1-V2 Calentamiento
%Q0.1	DO 0.1	Bomba Recirculación Boyler
%Q0.2	DO 0.2	V1-V2 Enfriamiento
%Q0.3	DO 0.3	Alarma
<b>Entradas Analógicas</b>		
%IW64	Signal Board	PT-100

**Dimensionamiento de la memoria del PLC**

Para el dimensionamiento de la memoria que se requiere, analizamos el circuito de control, el cual nos permite conocer el número de entradas y salidas del sistema para poder dimensionar el espacio de memoria que requerirán estos dentro de la programación, donde se obtuvo los siguientes datos:

**Tabla 11***Dimensionamiento de la Memoria del PLC*

Funciones Básicas	Memoria a usarcé [Bytes]	Cantidad de funciones básicas	Bytes usados
Entrada Analógica	16	1	32
Comparador analógico	24	6	144
Control de valor analógico	20	8	160
Total de memoria utilizara (aproximadamente)			336

Por esta razón se optó por utilizar el PLC Siemens compact CPU SIMATIC S7-1200 AC/DC/Relay Modelo (6ES72-141BG40-0XB0), el cual cumple con los requerimientos de entradas y salidas, este PLC integra una memoria de 50KB se sobre dimensionó ya que este sistema esta proyectado para aplicaciones de mayor consumo de memoria y recursos del PLC seleccionado.

### **Implementación y Desarrollo**

En esta sección se describe los pasos que se siguieron para el desarrollo e implementación del proyecto, desde el armado y distribución del tablero para cada uno de los componentes, y se terminará con el sistema actuando y controlando el proceso.

#### ***Instalación de las Válvulas***

Para automatizar el proceso de calentamiento y enfriamiento del sistema a controlar, es necesaria la instalación de válvulas aptas para este tipo de procesos, para esto se utilizó 4 servo válvulas de la marca JVL.

### **Figura 34**

*Instalación de las Servo válvulas*



*Nota.* Para la implementación del proceso se instalaron 4 Servo válvulas para el ingreso y retorno del sistema de calentamiento y enfriamiento.

### ***Instalación del Tablero Principal***

Para la implementación de este proyecto se utilizó un tablero metálico con aislamiento a tierra, las dimensiones del tablero son de 1.80cmx1.20cm, se escogió este tablero y estas dimensiones para mantener el aspecto visual y simetría con el demás tablero, cabe recalcar que el tablero no es nuevo se reutilizó de un proyecto anterior con la finalidad de reducir costos.

### **Figura 35**

*Instalación del tablero principal*



*Nota.* Una vez listo el tablero, se procedió a fijarlo junto a los demás tableros que intervienen en el proceso.

## **Alimentación**

Para la alimentación de todos los equipos primero se procedió a la instalación de un Interruptor termomagnético principal de tres polos, esto debido a que en los diferentes procesos su mayoría cuentan con esta alimentación, posteriormente se distribuirá y tomará las líneas de alimentación de acuerdo a lo requerido para el proceso.

### **Figura 36**

*Distribución Línea 380v*



*Nota.* Para la distribución de 380v se colocó un Breaker de 3 Líneas.

### **Energización de los equipos 220v**

En este punto se procedió a energizar todos los sistemas tomando una línea de los 380v y Neutro obteniendo así 220v del cual se hará uso para energizar el PLC, los relés, las fuentes de alimentación de 5vdc además de los elementos de protección y fusibles.

## Figura 37

*Energización de los equipos*



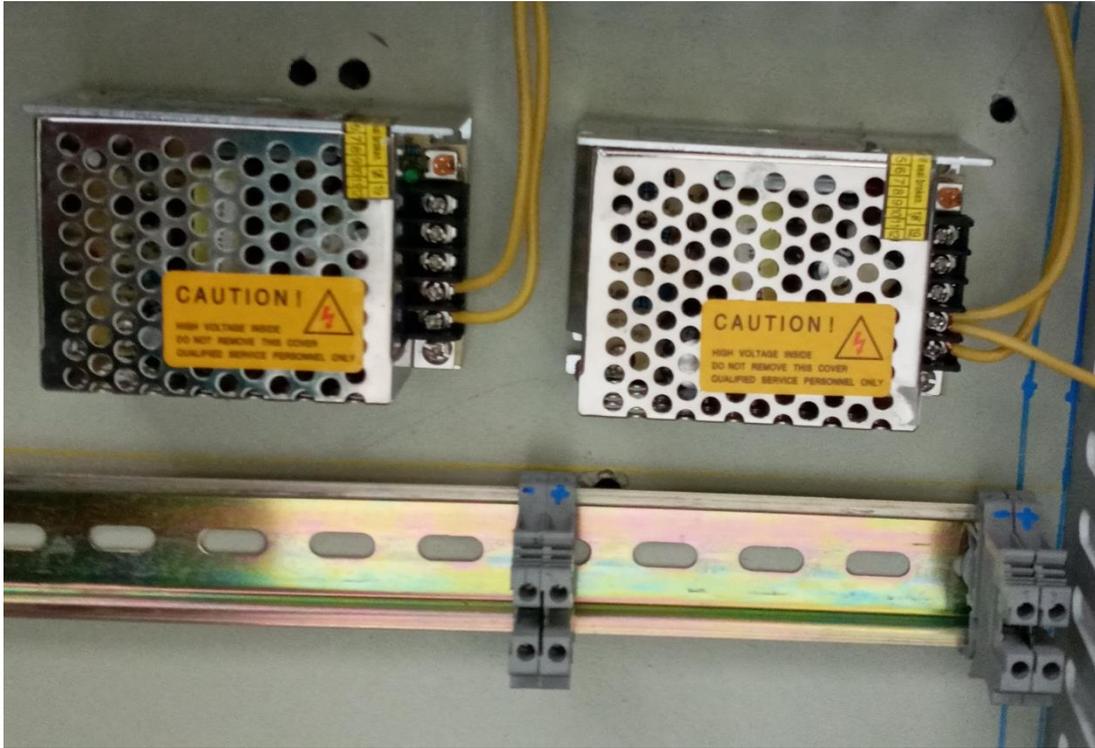
*Nota.* Una vez obtenidos los 220v para el proceso se cableo las líneas de alimentación para los equipos.

### **Conexión Fuentes 5VDC**

Para la parte de control de las válvulas se requiere una alimentación de +5vdc esto dará paso al cierre y apertura de las válvulas a través del accionamiento de los contactos normalmente abiertos de los relés auxiliares.

## Figura 1

### Conexión Fuentes 5VDC



*Nota.* Se implemento dos fuentes de 5VDC para el accionamiento del control del servo válvulas.

### Instalación Barra de Neutro para distribución 220v

Al poseer 380v dentro de la empresa entre F1y F2, se instaló una barra de neutro con la finalidad de obtener 220v entre una Fase y neutro, obteniendo los 220v necesarios para alimentar los equipos que intervienen dentro del proyecto.

## Tabla 12

### Dimensionamiento del Breaker 380v

Servo válvula 1	600 W
Servo válvula 2	600 W
Servo válvula 3	600 W
Servo válvula 4	600 W

PLC	15 W
Pantalla Kinco	15 W
Fuentes de 5vdc	10 W
<b>Total</b>	<b>2440W</b>

### Cálculo de la Corriente del Breaker

Principal

#### Datos:

I = ?

P = 440 W

fp = 1

V = 220V

K = 1 (Monofásico de 2 hilos)

$$I = \frac{P}{KV * fp}$$

$$I = \frac{2440W}{1(220V) * 1}$$

$$I = 11.09 A$$

Nota: Debido a que a futuro se implementara más complementos al sistema y la carga aumentara se optó por seleccionar un Breaker con un amperaje mayor al calculado.

### Figura 2

Instalación de la barra de Neutros



Nota. Varios de los componentes del sistema utilizan 220v, por este motivo se instaló la barra de neutros, que en conjunto con una de las líneas principales obtendremos este valor de voltaje.

### Conexión de relés Auxiliares

Los relés auxiliares ayudan al accionamiento del servo válvulas por medio del PLC, para esto se conectó las salidas del PLC de la siguiente forma:

**Tabla 13**

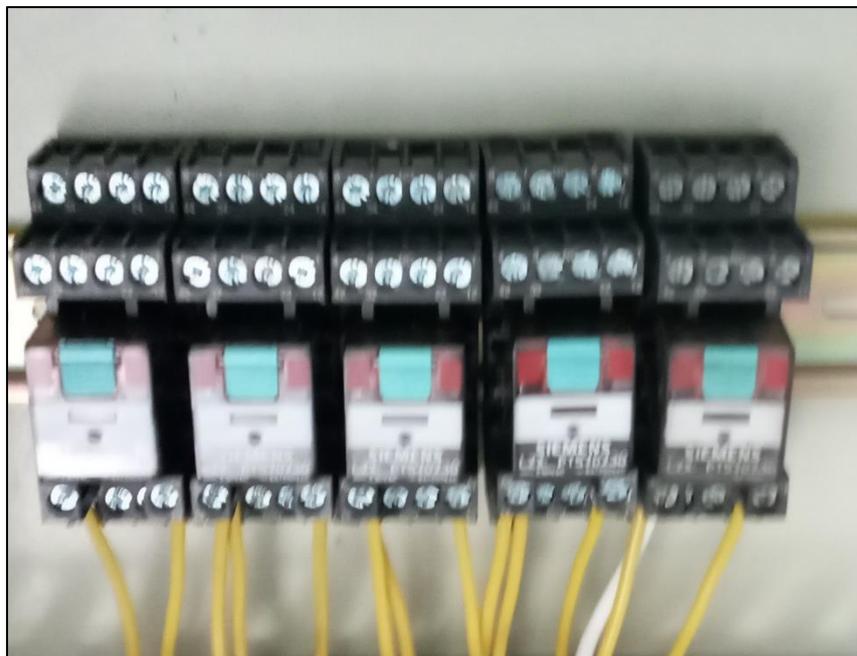
*Tabla de conexión de los relés auxiliares*

<i>RELÉ</i>	<i>SALIDA PLC</i>
RELÉ 1	Q0.0
RELÉ 2	Q0.1
RELÉ 3	Q0.2
RELÉ 4	Q0.3
RELÉ 5	Q0.4

*Nota.* En la tabla se puede apreciar cómo van conectadas cada una de las salidas del PLC hacia los relés.

**Figura 38**

*Conexión de los relés auxiliares*



*Nota.* Cada uno de los relés se encuentra conectado hacia las válvulas para su respectivo accionamiento a través de estos.

## Conexión del HMI (Interface Humano Máquina)

**Figura 39**

*Conexión del HMI (Interface Humano Maquina)*



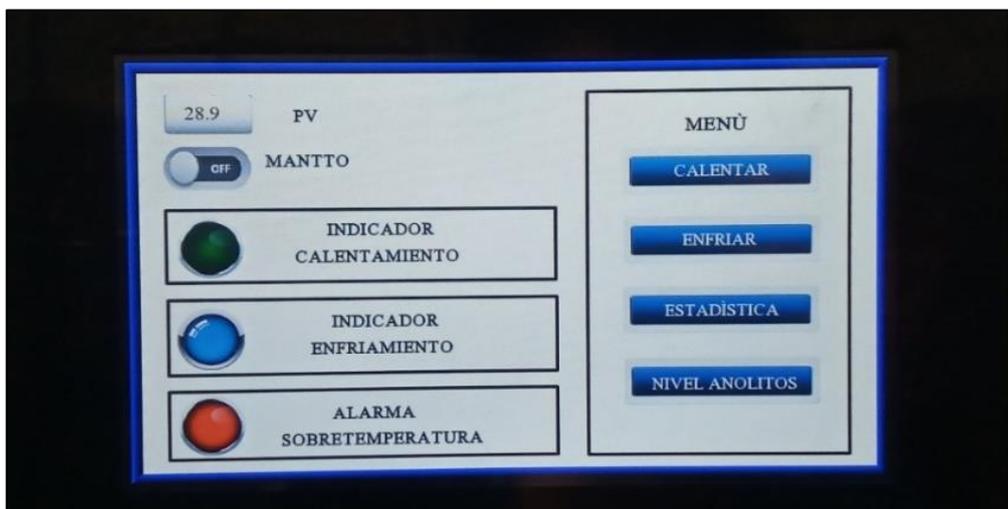
*Nota.* Se tomo la fuente interna del PLC para la alimentación de 24VDC que requiere nuestra HMI.

## Pruebas de Funcionamiento

Una vez implementado el sistema para el proceso se procedió a verificar el funcionamiento de la pantalla.

**Figura 40**

*Comprobación de la pantalla*



*Nota.* Al iniciar la interface de la pantalla es necesario calibrar sus valores.

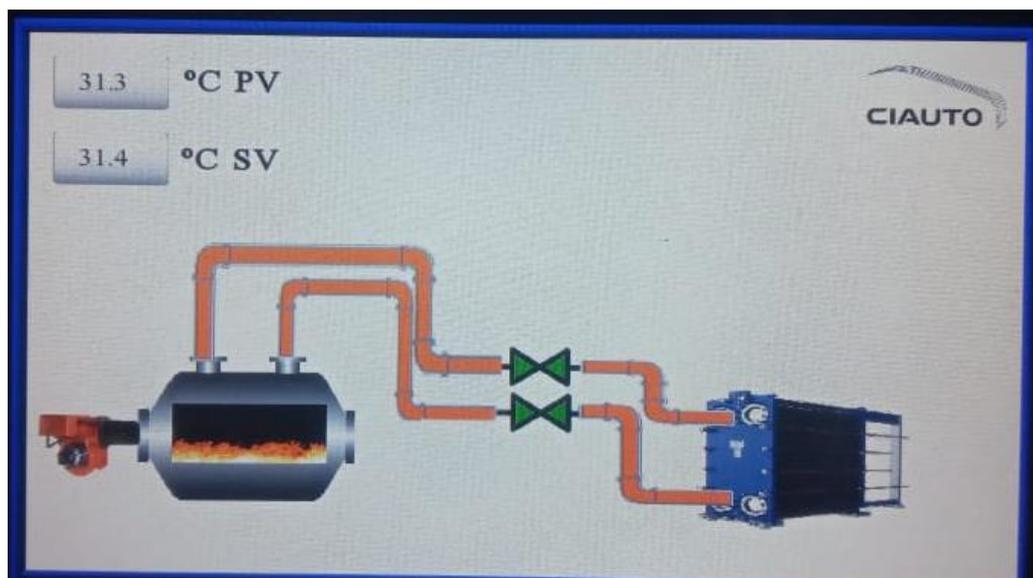
## Resultados

### Comprobación del Proceso

Una vez calibrada la pantalla y con la certeza que las lecturas de temperatura son las correctas, se procedió a encender el sistema para verificar que el sistema actúa conforme a lo programado en el autómata, tanto el sistema de calentamiento y enfriamiento funcionan correctamente, calentando y enfriando el proceso para mantener la temperatura dentro de los rangos requeridos.

### Figura 41

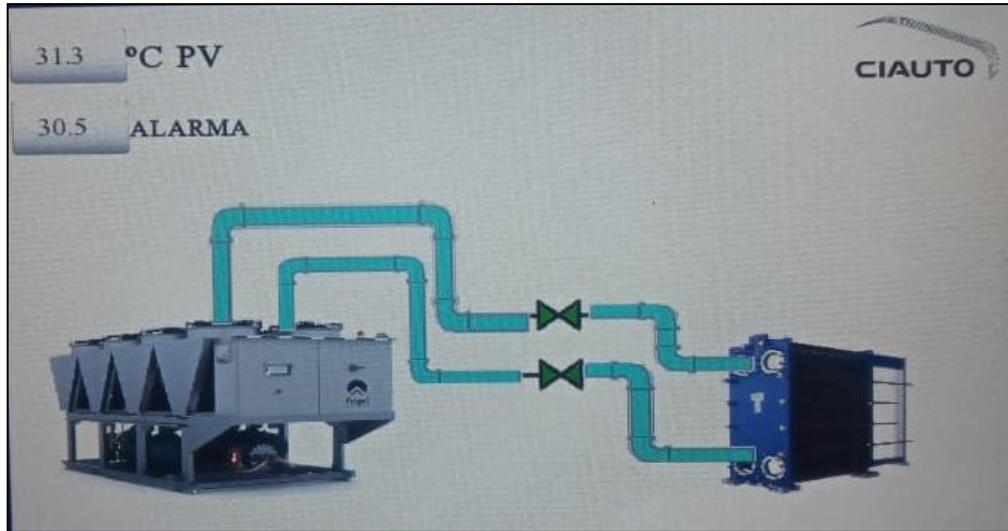
*Comprobación del proceso*



*Nota.* En esta sección se aprecia el funcionamiento del proceso de calentamiento.

## Figura 42

### Comprobación enfriamiento



*Nota.* El sistema de enfriamiento actúa de acuerdo a la programación del PLC

### Rendimiento del sistema

Para verificar el rendimiento del sistema, una vez implementado se procedió a realizar varias pruebas, con la finalidad de encontrar fallas o errores ya sea en la programación o en alguno de los dispositivos que intervienen en el proceso, para esto se realizó la siguiente tabla de funcionamiento del sistema.

**Tabla 14**

<i>Numero de Prueba</i>	<b><i>Temperatura del proceso</i></b>	<i>Temperatura en el controlador</i>	<b><i>Actuador</i></b>
Prueba 1	<b>30.5</b>	<b>30.5</b>	<i>Calentamiento ok</i>
Prueba 2	<b>31.9</b>	<b>31.9</b>	<i>Calentamiento ok</i>
Prueba 3	<b>32</b>	<b>32</b>	<i>Temperatura se mantiene estable</i>
Prueba 4	<b>32.5</b>	<b>32.5</b>	<i>Enfriamiento ok</i>
Prueba 5	<b>32</b>	<b>32</b>	<i>Temperatura se mantiene estable</i>

*Nota.* Una vez realizadas las pruebas de calentamiento y enfriamiento, se encontró que el sistema funciona correctamente de acuerdo a lo deseado la temperatura se mantiene en los 32 grados estable.

## Capítulo IV

### Conclusiones y Recomendaciones

#### Conclusiones

- A partir de una investigación bibliográfica se determinó las características técnicas de los equipos y dispositivos necesarios para la implementación y desarrollo de este proyecto
- Se adquirió la variable medida del proceso a través de un sensor de temperatura PT-100 dentro del proceso, el valor al que trabaja el proceso es 31°C un margen de variación de  $\pm 1$ ; valor indicado en el HMI.
- Mediante la implementación del autómata se consiguió programar las condiciones requeridas para el proceso, los valores están dentro del rango de 32.5 °C, rango seleccionado para tener estabilidad dentro del proceso.
- Se implementó el algoritmo de control ON/OFF de temperatura; para mantener el valor de 32°C, de acuerdo a las necesidades del proceso, y así obtener una adhesión de pintura en el vehículo de manera óptima.

## Recomendaciones

- Es importante revisar las direcciones de la memoria asignadas dentro de la programación y revisar los esquemas de control y fuerza antes de conectar el HMI, para evitar lecturas erróneas.
- Para alimentar la pantalla es aconsejable usar una fuente externa independiente de 24VDC. No se recomienda usar la misma fuente interna del PLC de 24VDC.
- El amperaje de las fuentes es demasiado bajo 4(mA) y no podrá soportar procesos demasiado exigentes como el de la pantalla que trabaja con una fuente de VDC – 150mA.
- Tener precaución al momento de cargar el programa en el PLC el cable no debe ser desconectado ya que el equipo puede presentar daños en el software.

## Bibliografía

- 61131-3, n. I. (2016). *Análisis y estandarización de los lenguajes de programación*. Mexico.
- Aparicio, C. G. (2017). *Estructuración de sistemas de control de eventos discretos en un PLC aplicado a procesos Híbridos*. Monterrey: Tecnológico de Monterrey.
- Benitez, L. G. (2019). Pirámide de la Automatización y sus niveles. 22-35.
- Caceres, O. (2017). *Arquitectura y Características del PLC*. Mexico.
- Caiza, L. F. (2018). *Sistemas de control de lazo abierto y cerrado de voltaje para determinar el error en estado estable de un sistema de nivel de agua*. Ambato-Ecuador: Universidad Técnica de Ambato (UTA).
- Domingo, J. (2019). Revisión Histórica de los PLC. 32-34.
- Dominguez, R. (2020). *Controladores Lógicos Programables*. Mexico.
- Feernanda, C. L. (2015). *Clasificador de materiales por forma y color desde un PLC*. Ambato: UTA.
- Garcés, A. T. (2016). *Análisis descriptivo de los Procesos Industriales*. Quito: Universidad Politécnica Salesiana.
- guiademecatronica. (22 de 06 de 2021). *guiademecatronic*. Obtenido de <https://guiademecatronica.com/sistemas-de-control/>
- Guzmán, D. J. (2020). Controladores eficientes para la industria inteligente. *Revista electroIndustrial*, 10-16.
- Holguin, G. A. (2020). LAbVIEW 6i. *Curso Avanzado de Labview aplicado a la industria 4.0*, 06-12.

- <https://www.witorg.org/piramide-de-la-automatizacion-e-industria-4-0/>. (04 de 2019). <https://www.witorg.org/piramide-de-la-automatizacion-e-industria-4-0/>. Obtenido de <https://www.witorg.org/piramide-de-la-automatizacion-e-industria-4-0/>: <https://www.witorg.org/piramide-de-la-automatizacion-e-industria-4-0/>
- Hugo, A. (2019). *Elementos y fundamentos de los sistemas de control*. Mexico.
- Ivan, P. M. (2019). *Configuracion e Implementacion de un sistema de control aplicando la tecnologia bluetooth con PLC*. Riobamba: ESPOCH.
- Kinco. (31 de 06 de 2021). *Kinco*. Obtenido de <https://en.kinco.cn/product/hmi.html>
- Luque, R. (2017). *Planta de produccion de clorobenceno*. Barcelona España.
- Martinez, P. A. (2016). *Caracteristicas y clasificacion del PLC*. Nuevo León: Universidad Autonoma de Nuevo León.
- Mejía, M. E. (2020). *Calidad del proceso de pintura por Electrolisis*. Mexico D.F: Instituto politecnico Nacional del D.F.
- Mexico, I. (22 de 07 de 2021). *Intech Mexico*. Obtenido de <https://www.isamex.org/intechmx/index.php/2018/12/24/conceptos-basicos-sistemas-de-control/>
- Moreno, E. G. (2016). *Automatización de Procesos Industriales*. Valencia: Byprint Percom.
- Oscar, G. C. (2017). *Implementacion de una estacion de almacenamiento de probetas controlados por un PLC*. Riobamba: ESPOCH.

- Oswaldo, B. L. (2018). Diseño e implementacion de un sistema SCADA mediante InTouch. *Universidad S Politecnica Salesiana*, 12-24.
- Peña, D. N. (2021). Arquitectura y programacion de Microcontroladores . *Universidad internacional Honolulu Hawaii* , 12-17.
- Perez, I. M. (2019). *Introduccion a los sistemas de Control y modelos MAtematicos para sistemas lineales invariantes en el Tiempo*. Mexico.
- researchgate. (12 de 07 de 2021). *researchgate*. Obtenido de [https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-Diagrama-de-bloques-de-un-sistema-de-control-realimentado\\_fig1\\_30757903](https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-Diagrama-de-bloques-de-un-sistema-de-control-realimentado_fig1_30757903)
- Reyes, I. G. (2017). *Automatizacion de una estacion para el remachado de componentes*. Mexico: Centro de Ingenieria y Desarrollo Industrial.
- Rodriguez, M. (2021). *Elementos de control*. España.
- Roger, V. F. (2016). *Automatizacion de un sistema de climatizacion con PLC*. México D.F: Instituto Politécnico Nacional.
- Rolando, M. F. (2015). *Impacto del PLC en el desarrollo Industrial*. Ambato: UTA.
- Rosado, A. (2019). *Diseño de interface Humano Maquina*. Buenos Aires.
- Sánchez., M. e. (2011). *International Society of Automation (ISA)*,. California.
- Sigchi, N. B. (2019). *Piramide de automatización*. Quito: Universidad Politecnica Salesiana .
- smctraining. (07 de 20 de 2019). *smctraining*. Obtenido de smctraining: <https://www.smctraining.com/es/webpage/indexpage/311>
- Vilchis, D. A. (2018). *Automatizacion Industrial*. Argentina.

**ANEXOS**