

**UNIVERSIDAD PRIVADA LÍDER PERUANA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E**  
**INFORMÁTICA**



**TESIS PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO DE**  
**SISTEMAS E INFORMÁTICA**  
**“SISTEMA DE CONTROL PARA EL PROCESO DE TOSTADO**  
**DEL CAFÉ EN LA C.A.C. ALTO URUBAMBA LTDA. 239, LA**  
**CONVENCIÓN 2023”**

**Autor**

Christian Joseph Choque Yupanqui

**Asesor**

Dr. Edgar Quispe Ccapacca

**Santa Ana, La Convención, Cusco**

**Año 2023**

## **TÍTULO**

Sistema de control para el proceso de tostado del café en la C.A.C. Alto

Urubamba Ltda. 239, La Convención 2023

## **LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

Sistemas y tecnologías de la información.

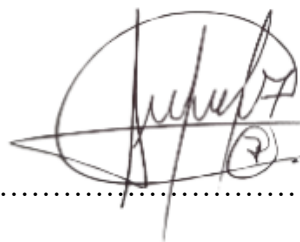
### Declaración jurada de originalidad

Yo, CHRISTIAN JOSEPH CHOQUE YUPANQUI, identificado con DNI N.º 70659481, Bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería de Sistema e informática, de la Facultad de Ingeniería y domiciliado en Jirón Machupicchu #111 del Distrito Santa Ana Provincia La Convención Departamento Cusco Celular 984267463 Email: cjchoquey@gmail.com

**DECLARO BAJO JURAMENTO:** Que la tesis que presento es original e inédita, no siendo copia parcial ni total de una tesis desarrollada, y/o realizada en el Perú o en el extranjero, en caso contrario de resultar falsa la información que proporciono, me sujeto a los alcances de lo establecido en el Art. N.º 411, del código penal concordante con el Art. 32º de la Ley N.º 27444, y la ley del procedimiento Administrativo general y las Normas Legales de Protección a los Derechos de Autor.

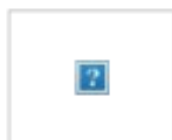
En fe de lo cual firmo la presente.

Santa Ana, La Convención, Cusco 2024



.....  
DNI N.º: 70659481

Artículo 411.- El que, es un procedimiento administrativo, hace una falsa declaración en relación con los hechos o circunstancias que le corresponde grabar, violando la presunción de veracidad establecida por ley, será reprimida con pena privativa de libertad no menor de uno ni mayor de cuatro años.



# Informe del Detector de Plagio Viper

observaciones del asesor 170624.docx escaneado J  
2024

Porcentaje Total

**6%**

*P. C. P. C.*  
*Peru*

1.9%

GUÍA PARA ELABORAR INFORME DE TESI...  
<http://ulp.edu.pe/assets/archivos/investigacion/guia->

0.6%

Discusión - Diseño de un sistema automático ...  
<https://1library.co/article/discusi%C3%B3n-dise%C3>

0.3%

Diseño e Implementación de un Sistema Sca...  
<https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/784>

0.3%

Frecuencia absoluta y frecuencia relativa inter...  
<https://www.liveworksheets.com/w/es/maticas/>

0.3%

Registro Nacional de Trabajos de Investigació...  
<https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/311102>

**UNIVERSIDAD PRIVADA LIDER PERUANA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA DE SISTEMAS E**  
**INFORMATICA**



**TESIS**

**“Sistema de control para el proceso de tostado del café en la C.A.C. Alto  
Urubamba Ltda. 239, La Convención 2023”**

Presentado por **Christian Joseph Choque Yupanqui**, para optar el Título de:  
Ingeniería de Sistemas e Informática

Presidente:

\_\_\_\_\_

Mg. Lizet Vargas Vera

Primer Miembro:

\_\_\_\_\_

Mg. Juan Josue Carbajal Blas

Segundo Miembro:

\_\_\_\_\_

Mg. Raúl Huillca Huallparimachi

Asesor:

\_\_\_\_\_

Dr. Edgar Quispe Ccapacca

## **DEDICATORIA**

Dedico esta tesis a mis padres que siempre están apoyándome continuamente y brindándome su confianza en cada una de mis metas establecidas.

**AGRADECIMIENTO**

Agradecer a Dios por permitirme llegar a cumplir mi objetivo, por darnos la vida y guiar nuestros pasos día a día y un agradecimiento muy especial al Dr. Edgar Quispe Ccapacca por todo el apoyo brindado.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA .....	vi
AGRADECIMIENTO .....	vii
ÍNDICE DE CONTENIDO .....	viii
ÍNDICE DE TABLA .....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xii
RESUMEN .....	xiv
ABSTRACT.....	xv
INTRODUCCION .....	xvi
<b>CAPÍTULO I. Planteamiento del Problema .....</b>	<b>17</b>
1.1. Descripción de la realidad problemática .....	17
1.2. Formulación del problema .....	19
1.2.1. Problema general .....	19
1.2.2. Problemas específicos .....	19
1.3. Objetivos de la investigación .....	19
1.3.1. Objetivo general.....	19
1.3.2. Objetivos específicos .....	19
1.4. Formulación de la hipótesis .....	20
1.4.1. Hipótesis general.....	20
1.4.2. Hipótesis específicas.....	20
1.5. Justificación de la investigación.....	20
1.5.1. Justificación teórica .....	20
1.5.2. Justificación practica.....	21
1.5.3. Justificación de implicancia social .....	21
1.5.4. Justificación de metodología .....	21
1.6. Delimitación de la investigación .....	21
1.6.1. Espacial .....	21
1.6.2. Temporal .....	21
1.6.3. Teórico .....	21
<b>CAPÍTULO II. Marco teórico .....</b>	<b>23</b>
2.1. Antecedentes de la investigación .....	23
2.1.1. Antecedentes internacionales .....	23
2.1.2. Antecedentes nacionales.....	24



2.1.3. Antecedentes locales .....	26
2.2. Bases teóricas .....	29
2.2.1. Identificación y conceptualización de variables .....	29
2.2.2. Operacionalización de variables .....	42
2.3. Marco conceptual .....	43
CAPÍTULO III. Metodología de la investigación .....	46
3.1. Tipo de investigación .....	46
3.2. Enfoque de la investigación .....	46
3.3. Diseño de la investigación .....	46
3.4. Alcance de la investigación.....	47
3.5. Población y muestra .....	47
3.5.1. Población .....	47
3.5.2. Descripción de la muestra .....	48
3.6 Técnica e instrumentos de recolección de datos .....	48
3.6.1 Técnica .....	48
3.6.2. Instrumento.....	48
3.7. Técnica de procedimiento y análisis de datos .....	48
3.8. Procedimiento y procesamiento de datos .....	48
3.9. Confiabilidad y Validez .....	49
3.10. Procedimiento para la instalación del software Step 7 y WinCC Flexible .....	50
3.11. Procedimiento para crear proyecto en Step 7.....	50
3.12. Procedimiento para crear la pantalla HMI en WinCC Flexible .....	52
3.13. Diseño del Sistema de Control HMI .....	52
CAPÍTULO IV. Resultados, contrastación de hipótesis y discusión .....	66
4.1. Resultados .....	66
4.1.1. Resultados del diseño de un sistema de control de tiempo para el proceso de tostado y enfriado del Café.....	66
4.1.2. Resultados del diseño de un sistema de control de temperatura para el proceso de tostado del Café.....	69
4.1.3. Resultados del diseño de un sistema de control de fallas en el proceso de tostado del Café.....	74
4.2. Contrastación de hipótesis.....	77
Hipótesis general .....	77
4.2.1. Hipótesis Especifica 1:.....	78

4.2.2. Hipótesis Especifica 2:.....	80
4.2.3. Hipótesis Especifica 3:.....	81
4.3. Discusión.....	82
CONCLUSIONES .....	84
RECOMENDACIONES.....	85
REFERENCIAS BIBLIOGRAFÍA .....	86
ANEXOS .....	91
Anexo 1 Modelo de Operacionalización de Variables .....	91
Anexo 2 Modelo de matriz de consistencia .....	92
Anexo 3 Instrumento de recopilación de datos.....	93
Anexo 4 Ficha de validación de instrumentos por juicios de expertos.....	95
Anexo 5 Captura de imagen (base de datos de spss) .....	97
Anexo 6 Evidencias (panel de fotográfico y documentos para recopilación de datos de entidades o entre otros) .....	98

**ÍNDICE DE TABLA**

<b>Tabla 1</b> Rango de cuestionario.....	49
<b>Tabla 2</b> Resultados del pretest y postest del cuestionario.....	77
<b>Tabla 3</b> Resultados del pretest y postest del cuestionario.....	78
<b>Tabla 4</b> Resultados del pretest y postest del cuestionario.....	79
<b>Tabla 5</b> Resultados del pretest y postest del cuestionario.....	80
<b>Tabla 6</b> Resultados del pretest y postest del cuestionario.....	81

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Niveles de Automatización .....	30
<b>Figura 2</b> Diagrama básico de un sistema HMI/SCADA.....	30
<b>Figura 3</b> Hardware del Sistema de control HMI.....	31
<b>Figura 4</b> PLC ST 300 Siemens .....	32
<b>Figura 5</b> Componentes de un sensor.....	33
<b>Figura 6</b> Comunicación Profinet.....	34
<b>Figura 7</b> Versión del Software Step7.....	36
<b>Figura 8</b> Interfaces del Software Step7.....	36
<b>Figura 9</b> Diseño del sistema en el Software WinCC Flexible .....	37
<b>Figura 10</b> Proceso de elaboración del café tostado, molino orgánico .....	38
<b>Figura 11</b> Diagrama PID del proceso de tostado del café .....	39
<b>Figura 12</b> Diagrama específico del tostado y enfriado de café.....	41
<b>Figura 13</b> Bloques de instrumentos, función y datos del sistema.....	53
<b>Figura 14</b> Creación de Librería motores .....	53
<b>Figura 15</b> Programación de Librería motores .....	54
<b>Figura 16</b> Librería Sensor de Temperatura.....	54
<b>Figura 17</b> Programación de la librería del Sensor de Temperatura .....	55
<b>Figura 18</b> Creación de la Librería Chispero .....	55
<b>Figura 19</b> Programación de la Librería Chispero .....	56
<b>Figura 20</b> Librería Tostadora .....	56
<b>Figura 21</b> Programación de librería Tostadora .....	57
<b>Figura 22</b> Librería Escalado.....	57
<b>Figura 23</b> Ingreso al Programa Step7 .....	58
<b>Figura 24</b> Elementos del Sistema de Control .....	58
<b>Figura 25</b> Diseño de la pantalla HMI .....	59
<b>Figura 26</b> Conexión de HMI al PLC.....	59
<b>Figura 27</b> Conexión por Hardware PLC y HMI .....	60
<b>Figura 28</b> Bloque de datos en el HMI.....	60
<b>Figura 29</b> Relación de variable del HMI .....	61
<b>Figura 30</b> Prueba Final del Sistema .....	61
<b>Figura 31</b> Pruebas del Sistema de Control.....	62
<b>Figura 32</b> Bloques del Programa en el Step 7.....	63
<b>Figura 33</b> Simulador del PLC.....	63
<b>Figura 34</b> Cargar datos al PLC .....	64
<b>Figura 35</b> Simulación en el WinCC flexible.....	64
<b>Figura 36</b> Activación del PLC virtual.....	65
<b>Figura 37</b> Partes del Sistema de Control.....	65
<b>Figura 38</b> Step 7 Cargar bloques .....	66
<b>Figura 39</b> WinCC flexible abrir Programa .....	66
<b>Figura 40</b> Activación del PLC Virtual.....	67
<b>Figura 41</b> WinCC flexible Correr Simulación.....	67
<b>Figura 42</b> Reseteo de Motores .....	68

<b>Figura 43</b> Activación de Motores .....	68
<b>Figura 44</b> Parámetros del trabajo Inicial.....	69
<b>Figura 45</b> Parámetro del Set Point .....	70
<b>Figura 46</b> Parámetro de Variable de Proceso .....	70
<b>Figura 47</b> Sensor Temperatura de Incremento.....	71
<b>Figura 48</b> Fase de Tostado.....	71
<b>Figura 49</b> Fase de Enfriado.....	72
<b>Figura 50</b> Configuración de Válvula Reguladora.....	72
<b>Figura 51</b> Inicio de fase .....	73
<b>Figura 52</b> Simulación del PV en el Sistema .....	73
<b>Figura 53</b> Arranque del primer motor.....	74
<b>Figura 54</b> Sistema motor en falla.....	75
<b>Figura 55</b> Falla Reseteo General de los Motores.....	75
<b>Figura 56</b> Sistema Motores para entrar en marcha .....	76
<b>Figura 57</b> Reinicio del proceso de tostado.....	76
<b>Figura 58</b> Calidad del café antes y después .....	78
<b>Figura 59</b> Control durante el proceso de tostado antes y después .....	79
<b>Figura 60</b> Control de enfriado del café antes y después .....	80
<b>Figura 61</b> Control de temperatura del café antes y después .....	81
<b>Figura 62</b> Control de falla de motores del tambor enfriador y aspirador .....	82

## RESUMEN

Esta tesis tuvo por objetivo diseñar un sistema de control para el proceso de tostado del café en la C.A.C. Alto Urubamba Ltda. 239 La Convención 2023.

La investigación es de diseño experimental, de alcance descriptivo y enfoque cuantitativo. La muestra estuvo conformada por el operador principal y auxiliares que laboran en el área de tostado como también en las demás áreas de la empresa. Se ha tomado en cuenta un solo grupo experimental con preprueba donde el control del proceso de tostado del café se realizó de forma manual y posprueba donde el proceso de tostado del café se realizó con el sistema de control HMI diseñado. El sistema fue puesto a prueba mediante una simulación en tiempo real del proceso de tostado y enfriado del café. Se ha obtenido que el nivel de satisfacción de los usuarios con el sistema de control HMI para el proceso de tostado del café fue muy superior al nivel de satisfacción obtenido en la preprueba, es decir la mayoría de los trabajadores calificaron positivamente la implementación del sistema, finalmente se concluye que el sistema facilita y controla el proceso de tostado del café en la C.A.C. Alto Urubamba Ltda. 239 La Convención 2023.

***Palabras claves:*** Sistema de control, proceso de tostado, enfriado del café, control, HMI.

## ABSTRACT

The objective of this thesis was to design a control system for the coffee roasting process in the C.A.C. Alto Urubamba Ltda. 239 The Convention 2023.

The research has an experimental design, descriptive scope and quantitative approach. The sample was made up of the main operator and assistants who work in the roasting area as well as in other areas of the company. A single experimental group has been taken into account with a pretest where the control of the coffee roasting process was carried out manually and a posttest where the coffee roasting process was carried out with the designed HMI control system. The system was put to the test through a real-time simulation of the coffee roasting and cooling process. It has been obtained that the level of user satisfaction with the HMI control system for the coffee roasting process was much higher than the level of satisfaction obtained in the pretest, that is, the majority of workers rated the implementation of the system positively. Finally, it is concluded that the system facilitates and controls the coffee roasting process in the C.A.C. Alto Urubamba Ltda. 239 The Convention 2023.

Keywords: Control system, roasting process, coffee cooling, control, HMI.

## INTRODUCCION

Durante la última década, los Sistemas de control HMI ha ido ganando terreno en la Industria a nivel global. Este sistema ha demostrado su eficacia al controlar y reducir los errores humanos al gestionar los procesos de producción del café.

Una de las necesidades identificada en la provincia La Convención está relacionada con el contexto del café. Debido a que el proceso de tostado es de manera manual, su área de producción no cuenta con un sistema control para los procesos, que les permite dar condiciones de tiempo y temperatura ideal para el tostado del café. La Cooperativa Agraria Cafetalera Alto Urubamba Ltda. N° 239, cuyo nombre comercial es C.A.C. Alto Urubamba, se dedica a la venta de café y cacao a nivel regional como también su exportación al extranjero, En el proceso de tostado del café se viene dando de manera manual sin contar con un sistema de control en tiempo real. Lo que produce errores humanos al operar la máquina y desperdicio de materia prima. Por tanto, no se tiene el control ni alerta de fallas que pueda ocurrir durante la producción.

Con el transcurso del tiempo la empresa ha ido creciendo y teniendo clientes tanto nacionales como internacional que le permitieron ofrece un producto garantizado y de calidad. Por lo tanto, controlar tiempo exacto de tostado y enfriado del café es vital, pero la forma de cómo se da el proceso es de manera manual lo que obliga a un operador estar controlando el tiempo y temperatura exacto de la maquina lo cual genera errores humanos en cuanto, tiempo y temperatura de tostado porque la reacción del ser humano ante un sistema de control es deficiente ocasionando un café de color y aroma muy amargo para los consumidores finales.

La investigación actual es un estudio de simulación y diseño experimental que involucra dos grupos: uno que realiza el tostado del café de forma manual y otro que simula el sistema de control HMI. Este enfoque permite comparar la eficacia de ambos métodos en el proceso de tostado del café, explorando el impacto en la calidad y consistencia del producto final.

La estructura de la tesis se presenta de la siguiente manera. En el capítulo I. Planteamiento del problema, capítulo II. Marco teórico, capítulo III. Metodología de la investigación, capítulo IV. Resultados, contrastación de hipótesis y discusión.



## CAPÍTULO I. Planteamiento del Problema

### 1.1. Descripción de la realidad problemática

Respecto al proceso de tostado del café de forma manual, algunos autores describen los siguientes problemas:

Medina Torres & Javier Arias (2020) y Corral González (2021), mencionan que la implementación de un sistema de control HMI para regular la temperatura en el tambor de la tostadora de café resultó en una significativa disminución del sobre pico en las variables de proceso (temperatura y velocidad) en comparación con los controles ON/OFF previamente empleados. En síntesis, se persigue la creación de un sistema de control HMI, que posibilitan la obtención de información en tiempo real sobre las máquinas o componentes físicos presentes en las instalaciones empresariales con una simple visualización. Con la ayuda de un PLC se ejecutarán acciones de control automáticamente reduciendo la intervención del operario en la supervisión y control de la máquina. Por lo tanto, se concluye que el sistema de control basado en PLC y HMI automatiza la máquina tostadora de café, lo que mejora su eficiencia y precisión.

Por otra parte, autores como Salgado Suárez (2019) y Andagana Paredes & Taco Muñoz (2021), resaltan la importancia del uso de los sistemas de control HMI/SCADA para aumentar eficiencia en la producción en diversos campos tales como: el llenado de botellas, el uso eficiente de agua en los cultivos, de este modo tener control de variables tales como la humedad, temperatura, movimiento, etc. Por otro lado, López Herrera & Vargas Soria (2021), resaltan la importancia de implementar un sistema HMI/SCADA para controlar la temperatura de hornos, de este modo establecer una comunicación efectiva para la transmisión de datos entre los módulos PLC y el sistema. A su vez Suárez Chaparro & Torres Castillo (2018), enfatizan el uso de un sistema HMI/SCADA para el control del nivel y temperatura en dos tanques de la planta de procesos análogos, lo cual posibilita la supervisión tanto local como remota de los procesos en planta, mediante una interfaz HMI y una estación de trabajo.

A nivel nacional Prada Quevedo (2020), mencionan que el uso de los sistemas HMI/SCADA mejoran el control, optimización, envasado y supervisión de los diferentes procesos de planta en tiempo real, habiendo realizado el diseño de un sistema HMI/SCADA para vigilar y monitoriar la temperatura, humedad y de esta manera lograr disminuir el costo de producción, mantenimiento y tiempo de ejecución del proceso,

logrando de esta manera controlar las variable de temperatura y humedad dentro del rango permitido y así optimizar la produccion de semillas de arroz.

Sánchez Tapia (2020) y Encarnacion Avila (2019) hacen énfasis que los sistemas SCADA nos ayudan a identificar el momento exacto de ejecución y secuencia de la producción, como también las alertas de falla en los diferentes procesos y maquinas concluyendo así que el uso de los sistemas SCADA nos facilitan la supervisión identificación de fallas durante la producción.

En el nivel local los autores Rojas Vicente (2022), Gonzales Huamán (2021) y Delgado Guzmán (2021), mencionan que los sistemas SCADA facilitan el control de los equipos de campo tales como, válvulas, bombas, medicion de caudal, humedad del suelo, etc. Así mismo mejorando el rendimiento, tiempo, y control de los procesos de manera eficiente y un margen minimo de error lo cual se convierte en ahorro de costo de produccion. En el proyecto se usaron actuadores y sensores que fue crucial para mejoras significativamente el rendimiento y el tiempo de producción, para lograrlo se implementó un sistema que controle el proceso en tiempo real.

Por otro lado Horqqe Chacón & Mancco Nina (2019), llegaron a la conclusión de que el uso de los sistemas HMI/SCADA es vital en la automatización de los equipos de protección y maniobra lo cual mejoran el tiempo, restauración del servicio frente a las interrupciones presentadas, algo que el ser humano no tiene la capacidad de respuesta que un sistema de control logra tener ante cualquier situación de alerta de falla. La gestión de datos permitirá analizar eventos, alarmas, emergencias, etc.

En la Convención se cuenta con varias Cooperativas que se dedican al proceso del tostado del café, en particular en la Cooperativa Alto Urubamba Ltda. 239 la cual está localizada en la Provincia La Convención Distrito Santa Ana, Se observó una creciente la demanda del café, Pero actualmente el proceso es deficiente porque no hay un sistema de control específico del proceso de producción del café y esto ocasiona deficiente producción y problemas en el óptimo funcionamiento de las máquinas. El proceso de producción consiste en las siguientes etapas: Pilado, Tostado, Enfriado, Molido y Etiquetado. De estas etapas solo el etiquetado esta automatizado. El resto de las etapas aún se da de forma manual, por lo cual, la producción no es de optima debido a que el control de los tiempos de temperatura y enfriado no son controlados y el operario tiene que aproximarse a cada proceso para verificar el correcto funcionamiento de forma manual.

La importancia de mejorar el proceso tostado del café en la ciudad es evidente según indica Cáceres Lara (2019), como resultado social la gente opta por un estilo de vida saludable es por ello que la empresa está en la necesidad de satisfacer con un producto original, sabor y calidad.

A medida que la producción crece y el mercado requiere un producto de calidad surge la necesidad de mejorar el proceso de tostado del café en la Cooperativa Alto Urubamba Ltda. 239. Esto involucra controlar el tiempo de temperatura, enfriado y alerta de fallas del proceso de tostado del café, incrementando la vida útil de los equipos, máquinas y reemplazando trabajo de forma manual por el sistema de control HMI.

## **1.2. Formulación del problema**

### **1.2.1. Problema general**

- ¿El sistema permite el control del proceso de tostado del Café en la Cooperativa Alto Urubamba Ltda. 239 La Convención 2023?

### **1.2.2. Problemas específicos**

- ¿El sistema HMI permite el control del tiempo en el proceso de tostado y enfriado del Café en la Cooperativa Alto Urubamba Ltda. 239 La Convención 2023?
- ¿El Sistema HMI permite el control de temperatura en el proceso de tostado del Café en la Cooperativa Alto Urubamba Ltda. 239 La Convención 2023?
- ¿El Sistema HMI permite el control de fallas en el proceso de tostado y enfriado del Café en la Cooperativa Alto Urubamba Ltda. 239 La Convención 2023?

## **1.3. Objetivos de la investigación**

### **1.3.1. Objetivo general**

- Diseñar un sistema de control para el proceso de tostado del Café en la Cooperativa Alto Urubamba Ltda. 239 La Convención 2023.

### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Diseñar un sistema HMI para el control de tiempo en el proceso de tostado y enfriado del Café en la Cooperativa Alto Urubamba Ltda. 239 La Convención 2023.
- Diseñar un sistema HMI para el control de temperatura en el proceso de tostado del Café en la Cooperativa Alto Urubamba Ltda. 239 La Convención 2023.
- Diseñar un Sistema HMI para el control de fallas en el proceso de tostado y enfriado del Café en la Cooperativa Alto Urubamba Ltda. 239 La Convención 2023.

## **1.4. Formulación de la hipótesis**

### **1.4.1. Hipótesis general**

- El sistema de control permite el proceso de tostado del Café en la Cooperativa Alto Urubamba Ltda. 239 La Convención 2023.

### **1.4.2. Hipótesis específicas**

- El sistema HMI permite el control del tiempo en el proceso de tostado y enfriado del Café en la Cooperativa Alto Urubamba Ltda. 239 La Convención 2023.
- El Sistema HMI permite el control de temperatura en el proceso de tostado del Café en la Cooperativa Alto Urubamba Ltda. 239 La Convención 2023.
- El Sistema HMI permite el control de fallas en el proceso de tostado y enfriado del Café en la Cooperativa Alto Urubamba Ltda. 239 La Convención 2023.

## **1.5. Justificación de la investigación**

La comercialización del café tiene una función clave en el desarrollo económico del país, a través de las exportaciones que maneja y los empleos que genera. Es por eso que la competitividad tecnológica es uno de los principales objetivos de los productores de café, para esto se pretende tener un producto final de buena calidad. De aquí que, en un país como Perú, dónde el café es uno de los principales productos de exportación; el sector cafetero necesita incrementar la producción, pero sin dejar de lado la condición del café.

Es por eso que la Cooperativas Alto Urubamba Ltda. 239 se convierte en la oportunidad idónea para aplicar los conocimientos adquiridos durante los estudios de ingeniería de sistemas e informática, debido a que es una planta que necesita actualizar los procesos antiguos por un sistema que permitan controlar el proceso de tostado del café, esto con el fin de controlar los tiempos de tostado, enfriado y alerta de fallas para mejorar la calidad del producto final.

Por tanto, con la presente investigación del diseño de un sistema de control HMI se pretende controlar tres aspectos importantes que determinan el proceso de tostado del café tales como: control de tiempo tostado, temperatura y alerta de fallas, Así mismo incursionar una nueva forma de trabajar a nivel mundial como también capacitar al personal para el manejo adecuado de la nueva inclusión tecnológica.

### **1.5.1. Justificación teórica**

El valor teórico de la presente investigación que ofrecerá para futuras investigaciones comprende en la comparación de información real de un antes y un después del diseño

de un sistema de control HMI para el proceso del tostado del café. En la investigación se evaluó teorías de variables sistemas de control y proceso de tostado del café, el cual la investigación toma como referencia a los autores mencionados anteriormente, lo cual permitirá servir para posteriores investigaciones sobre el proceso de tostado del café.

#### **1.5.2. Justificación practica**

El diseño del sistema de control HMI que se simulara en la Cooperativa de café Alto Urubamba Ltda. 239 servirá para que los operadores puedan controlar el proceso de tostado del café, quienes tomaran decisiones en tiempo real del funcionamiento del proceso, también permitirá configurar tiempo de tostado y enfriado, temperatura de la máquina antes de iniciar el tostado del café y así garantizar un producto final de calidad.

#### **1.5.3. Justificación de implicancia social**

Esta investigación beneficiara al supervisor, operadores, personal de mantenimiento que trabajan en el proceso de tostado del café en La Cooperativa Alto Urubamba Ltda. 239 la Convención 2023, para llevar una la mejora en el proceso de tostado del café mediante el diseño de un sistema de control HMI.

#### **1.5.4. Justificación de metodología**

La investigación contribuirá en mostrar el desarrollo del procedimiento para el diseño de un sistema de control HMI utilizando una metodología para así controlar el proceso de tostado del café en la Cooperativa Alto Urubamba Ltda. 239, el cual permitirá tener el control del tiempo de tostado y enfriado, temperatura, alerta de fallas, estado de los dispositivos de la máquina.

### **1.6. Delimitación de la investigación**

#### **1.6.1. Espacial**

La investigación de la tesis se realizará en la Cooperativa Alto Urubamba Ltda. 239, La Convención 2023.

#### **1.6.2. Temporal**

El estudio se dio en el año 2023 en los meses septiembre, octubre, noviembre y diciembre

#### **1.6.3. Teórico**

El estudio adopta una metodología de investigación cuantitativa y se llevara a cabo en grupo experimental mediante la simulación de un sistema de control HMI. Este sistema facilitara el control de tiempo de tostado, enfriado, temperatura y alertas de fallas, incluyendo el seguimiento en tiempo real. Dado que el proceso de tostado del café en la Cooperativa es irregular y no requiere almacenamiento de datos, se prescinde de utilizar una base de datos, concluyendo que esta herramienta posibilitara el control en la

eficiencia del proceso de tostado del café, permitiendo su uso de libre acceso para el personal que labora en el área.

**Alcances**

- Controlará el tiempo de tostado del café
- Controlará el tiempo de enfriado del café
- Controlará la alerta de fallas en el proceso de tostado del café
- Regulará la salida de gas para el tambor de tostado
- Controlará el estado de dispositivos de campo en el proceso de tostado de café

**Limites**

- No contadora con un almacenamiento de base de datos
- Será un sistema de control en el sitio de trabajo
- Solo se tendrá la visualización del proceso de tostado del café

## **CAPÍTULO II. Marco teórico**

### **2.1. Antecedentes de la investigación**

#### **2.1.1. Antecedentes internacionales**

Andagana Paredes & Taco Muñoz (2021), en su tesis “Control y monitoreo de la humedad y temperatura mediante un sistema SCADA para el cultivo de mora en el sector de Yanahurco” tuvo como objetivo desarrollar un sistema de control y monitoreo de la humedad y temperatura que permita registrar y visualizar en el cultivo de mora, para la presente investigación se utilizó la metodología de investigación cuantitativa para tener resultados más eficientes y coherentes. Las instrucciones son emitidas por un controlador lógico programable (PLC), que permitirá la apertura y cierre de las electroválvulas. La observación es la técnica utilizada y se aplicó al notar la ausencia de un sistema de riego automatizado. Concluyeron que, al implementar el sistema de control de humedad y monitoreo de temperatura, la variable de control es la humedad, activando el sistema automáticamente. El sistema se activa con poca frecuencia debido a la alta humedad en la ubicación del cultivo.

López Herrera & Vargas Soria (2021), en su tesis “Implementación de un sistema SCADA para el control de temperatura de dos hornos a través de una red ethernet”. Su objetivo fue implementar un sistema SCADA para el control de temperatura de dos hornos a través de una red ethernet. Realizar procesos de control automático con el fin de cumplir el objetivo de mejor calidad y competitividad, como resultado se realizarán las comparaciones y el comportamiento de las variables de temperatura. Concluyeron que al establecer una comunicación efectiva durante la transmisión de datos entre los módulos PLC y el sistema SCADA. Esta comunicación se llevó a cabo mediante el protocolo Ethernet y se basó en la arquitectura Maestro-Esclavo, siendo completamente compatible con los controladores lógicos programables. La implementación del sistema SCADA, diseñado para supervisar y controlar la temperatura de dos hornos.

Caicedo Coro (2019), en su tesis “Importancia del uso del sistema SCADA para el desarrollo empresarial”. Su objetivo principal fue la importancia del uso del sistema SCADA para el desarrollo empresarial en el cantón Santo Domingo y que se busca enfocarse más en el sector de alimentos bebidas. El sector Palmi cultor como son las extractoras de aceite y las embotelladoras de agua. La muestra estuvo constituida por 10 empresas. Se realizó encuestas a los gerentes y jefes de la producción. Los problemas de productividad se dan por falta de operarios. Llegó a la conclusión de que muchas empresas

no cuentan con su sistema de producción automatizado, los sistemas SCADA son aplicables en diversas empresas, brindando a pequeñas y medianas empresas una valiosa oportunidad para mejorar su competitividad. Esto es especialmente beneficioso gracias a la disponibilidad de sistemas de código abierto.

Según Salgado Suárez (2019), en su tesis “Diseño e implementación de un sistema SCADA del proceso de llenado de agua en botellas con proyección a la industria 4.0 empleando SIMATIC IOT 2040”. Tuvo como objetivo crear y poner en marcha un sistema SCADA destinado al proceso de llenado de agua mediante la utilización de maquinaria industrial, con el propósito de aumentar la eficiencia en la producción. Fue utilizar la técnica de observación como base para desarrollar el diseño SCADA y HMI en los programas pertinentes. Se obtuvo incremento de producción de botellas y se diseñó una interfaz remota para facilitar la visualización de información. Salgado llegó a la conclusión de que las pruebas efectuadas en la programación del PLC indican que no hay pérdida de información en el sistema, la automatización del prototipo llenado de botellas presenta un 99% de eficiencia, el tiempo de respuesta es aceptable con el PLC teniendo una producción de 8 botellas por minuto.

Suárez Chaparro & Torres Castillo (2018), en su tesis “Diseño e implementación de un sistema SCADA para el control PID de nivel y temperatura independientes en dos tanques de la planta de procesos análogos (PPA)”. Su objetivo fue diseñar un sistema de control PID de nivel y temperatura independiente para el tanque de mezcla y agua caliente respectivamente, en la Planta de Procesos Análogos (PPA). La metodología usada es aplicada, al usar el software para identificar cada uno de los sistemas (nivel y temperatura) los controladores adquiridos fueron transformados en un “pseudocódigo” para que se pueda implementar en el PLC. Para llegar a temperaturas elevadas en menor tiempo y al controlador lógico programable. Concluyen que en la ejecución del control de temperatura el resultado es positivo, con la implementación de un componente derivativo podría ayudar a mejorar el diseño. El sistema SCADA implementado posibilita la supervisión tanto local como remota de los procesos en la PPA, mediante una interfaz HMI y una estación de trabajo respectivamente.

### **2.1.2. Antecedentes nacionales**

Según Roque Montalván & Serna Campos (2022), en su tesis titulada "Sistema de control basado en PLC y HMI para la automatización de una máquina de moldes de plástico en una fábrica de Chiclayo", se propuso diseñar un sistema de control utilizando PLC y HMI para automatizar una máquina de moldes de plástico. Esta investigación, de carácter



aplicado, se basó en el uso de recursos tecnológicos y en la obtención de información directamente de la fábrica en cuestión, que tiene como población objetivo al personal de la empresa Fabrica de Accesorios y Tuberías Plásticas E.I.R.L. Utilizando un muestreo no probabilístico por conveniencia y la técnica principal fue el análisis de datos y de contenido. Esta metodología permitió obtener información actualizada sobre las variables relevantes del estudio. Como resultado, se concluyó con diseñar de manera correcta la lógica del controlador industrial (PLC), lo que resultó en la creación de una interfaz gráfica para el operador. Esta interfaz proporciona opciones para configurar la ejecución del proceso y visualizar en tiempo real.

Fuentes Campos (2020), en su tesis “Diseño de un sistema automático HMI/SCADA para el control del tanque desaireador del área de calderos de la empresa agroindustrial TUMÁN S.A.A.” dicho objetivo fue diseñar un sistema automático HMI/SCADA para controlar el tanque desairado del área, el cual con la implementación de un PLC se logró reducir de un 5% a 3.04% en la estabilidad del sistema, concluyendo que al simular el sistema de control automático HMI/SCADA se comprobó que los valores analógicos que ingresan y salen del PLC están correctamente escalados para trabajar con el protocolo de comunicación HART de 4-20 mA. Además, al variar el valor de consigna del control de nivel del tanque desaireador del 70% a otro valor superior al 10%, se comprobó que el sistema sigue funcionando eficientemente sin presentar grandes oscilaciones.

Según Prada Quevedo (2020), en su tesis “Diseño de un sistema SCADA para optimizar el proceso de producción de la semilla de arroz en la empresa INIA”. Cuyo objetivo principal fue optimizar el proceso de producción en la empresa INIA, empleando la metodología analítica y experimental basada en encontrar la variable a controlar para luego recolectar datos y subsanar el error. Se realizaron encuestas al encargado de producción de planta y al personal de cada proceso los cuales estuvieron de acuerdo con realizar el diseño de un sistema SCADA para controlar la temperatura, humedad y así poder reducir el costo de producción, mantenimiento y tiempo de ejecución de todo el proceso llegando a reducir hasta un 90% en tiempos muertos y un 50% en costo por mes.

Encarnacion Avila (2019), en su tesis “Diseño de un sistema SCADA para el proceso de cocción de harina de pescado en la empresa Austral GRUUP S.A.A. - Chancay 2018”. Cuyo objetivo fue, diseñar un sistema SCADA y su relación con el proceso de cocción de harina de pescado. La población estuvo constituida por 54 trabajadores de dicha empresa así mismo también la muestra estuvo constituido por la misma cantidad

mencionada utilizando la técnica de investigación análisis documental, entrevista y encuesta. A través del instrumento como cuestionario de preguntas fichas bibliográficas, hemerográficas y de investigación, Cuestionario de entrevista y preguntas. La conclusión que se dio fue que el Sistema SCADA ha cumplido con éxito los objetivos establecidos al permitir la visualización en tiempo real de todo el proceso. Así mismo el interfaz nos permite identificar la parte del proceso en ejecución.

Coasaca Carita (2018), en su proyecto “Diseño e implementación de un sistema SCADA para una planta envasadora GLP en la ciudad de Juliaca” teniendo como objetivo diseñar e implementar un sistema SCADA para envasado de GLP de una planta, considerando el tipo de investigación experimental aplicada, para el proceso de envasado de 10kg y 45 kg, así mismo como población se tomó al personal que labora en la planta de petróleo y para la muestra se enfocó en el proceso de envasado de 10 kg, partiendo de ahí a realiza el diseño e implementación del sistema SCADA, utilizando la técnica observación experimental y recolección de datos, concluyendo que dicho sistema facilita operaciones de supervisión en planta mejorando en un 80% la producción de envasado y permitiendo operar sin tener que desplazarse al lugar y así mejorar el desempeño en planta.

### **2.1.3. Antecedentes locales**

Según Rojas Vicente (2022), en su tesis “Diseño de un sistema SCADA para el cabezal de control de riego en el cultivo de alcachofa de la empresa agrícola ALSUR Cusco” su objetivo principal es el diseño de un sistema SCADA que facilitara el control y monitoreo de forma remota a los actuadores como: las bombas centrifugas, válvulas, filtros, medir cantidad de agua, humedad del suelo. Se controlará de forma automatizada el consumo de agua, fertilizante, registro de humedad, hora de trabajo de las bombas. El sistema SCADA tiene equipo de PLCs, todos los componentes tienen módulos para las simulaciones. Rojas llego a conclusión que el sistema SCADA tiene la funcionalidad mediante maquetas de similitud y simulaciones como para las entradas y salidas de los actuadores, mediciones de variables para su funcionamiento del cabezal de riego.

Gonzales Huamán (2021), en su tesis “Implementación de sistema de monitoreo y control de gas propano en apoyo a la seguridad de la plataforma de envasado en la empresa Lima Gas S.A., Distrito de Wánchaq - Cusco”. Su objetivo principal es garantizar niveles adecuados de concentración de gas propano mediante la extracción automática de gases acumulados. Se aplico la metodología de indagación. Un equipo de control PLC Haiwell modelo T16S0R-e, detectores antideflagrantes de gas propano. Se

logro controlar la concentración de gas propano permitiendo la circulación de aire. Llego a la conclusión indicando que el sistema de extracción logro disminuir los niveles de concentración en menos de 30 segundos. Además, cuenta con la capacidad de conectarse a hardware que posibilita la integración con la nube para el desarrollo de un SCADA.

Según Delgado Guzmán (2021), en su tesis “Implementación de un sistema automatizado para control y supervisión de la producción de forraje verde hidropónico en la ciudad del cusco” tuvo como objetivo controlar el proceso de producción de forraje verde hidropónico para mejorar el rendimiento y el tiempo de la producción en la empresa. Es por esto que se propone implementar un sistema que controle y supervise los parámetros ambientales adecuados en el contenedor, para obtener un buen rendimiento y tiempo de producción del forraje, en el proyecto se usaron actuadores y sensores. Delgado concluye al introducir un sistema automatizado con el fin de supervisar y controlar la producción de forraje verde hidropónico. Esta implementación resultó crucial, ya que permitió mantener el cultivo en condiciones ambientales óptimas, conduciendo a mejoras significativas en el rendimiento y el tiempo de producción.

Horque Chacón & Mancco Nina (2019), en su tesis “Propuesta de automatización de equipos de protección y maniobra mediante el sistema de control de supervisión y adquisición de datos – sistema eléctrico cusco”. Cuyo objetivo fue, plantear una propuesta para la automatización de los equipos de protección y maniobra de las redes de distribución Cusco, mediante el sistema de control de supervisión y adquisición de datos SCADA. La técnica del análisis que implica el estudio de los datos de cálculo de los indicadores SAIDI y SAIFI. La automatización de equipos y componentes brinda una eficiencia notable por dispersión de equipos en puntos estratégicos y geográficos. La gestión de datos nos permite analizar eventos, alarmas, emergencias, etc. Concluyeron con los resultados obtenidos después de haber realizado el cálculo, se confirmó que la automatización de los equipos de protección y maniobra han mejorado el tiempo restauración del servicio frente a las interrupciones presentadas.

Meza Ttito (2019), en su tesis “Sistema de control automático de nivel de agua en la cámara de carga basado en la lógica difusa para la central hidroeléctrica de Machupichu” Cuyo objetivo fue, diseñar un sistema de control automático basado en lógica difusa, en función al nivel de agua en la cámara de carga II y apertura de los inyectores de la turbina Pelton en la Central Hidroeléctrica de Machupichu. El algoritmo de control basado en lógica difusa evita que no ocurra pérdida de flujo de agua por lo cual mejora los recursos hídricos del río Vilcanota para la producción de energía eléctrica.

El funcionamiento de la turbina Francis, es crucial mantener un nivel constante de la columna de agua y un caudal cercano al valor nominal para alcanzar un rendimiento óptimo. La conclusión que arribó fue, El sistema de control fundamentado en lógica difusa, se ha implementado y evaluado en los tres grupos Pelton de manera individual. Se ha empleado un prototipo de interfaz de usuario de ingeniería que facilitó la búsqueda de la mejor respuesta para este sistema. Para diseñar este sistema, se utilizaron los datos del nivel de agua registrados durante la operación manual.

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Identificación y conceptualización de variables**

#### **Variable 1: Sistema de control HMI**

Esther Salichs (2012), un HMI (Interfaz Hombre-Máquina) es un sistema que facilita la interacción entre los usuarios y las máquinas, que permite visualizar y controlar un proceso. Los sistemas HMI pueden presentarse en dispositivos dedicados, como paneles de operador, o a través de software en computadoras, conocido como software HMI o de control. La comunicación de las señales del proceso hacia el HMI se realiza mediante los PLC (Controladores Lógicos Programables)

Según Castellano Diaz & Castillo Garzon (2017), la falta de sistemas automatizados en las tostadoras convencionales de café para controlar la temperatura y el tiempo de tostado resulta en una calidad deficiente, lo que dificulta la integración en mercados nacionales e internacionales con estándares específicos. La ausencia de una interfaz que registre el comportamiento del equipo y su proceso complica la detección de desviaciones en el tostado, la identificación de problemas recurrentes, la medición del tiempo de funcionamiento y la temperatura ideal para el café. Estas deficiencias generan altos costos de mantenimiento, baja disponibilidad y una eficiencia reducida del equipo.

Según Abata Collaguazo (2021), la industria contemporánea emplea interfaces hombre-máquina (HMI) debido a sus ventajas, que incluyen capacitar al operador para controlar el proceso. Por consiguiente, se ha investigado el diseño de estas interfaces en programas como LabVIEW y WinCC Flexible. Sin embargo, en la actualidad, destaca el software MY SCADA como una de las opciones más populares en la industria para la creación de HMI.

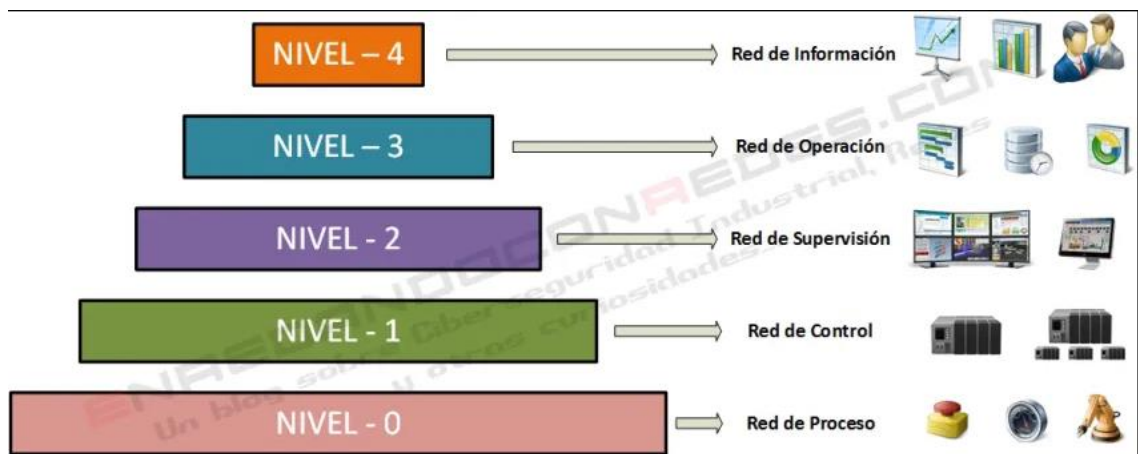
Por otra parte, Hernández Cevallos & Ledesma Marcalla (2010), describen que tareas de supervisión y control generalmente están relacionado con el software SCADA en el cual el operador puede visualizar en la pantalla la secuencias, estados y alarmas de trabajo del proceso para así tomar acciones sobre algún equipo en tiempo real. Por otra parte, Rodríguez Penin (2012), define que un sistema SCADA proporciona funciones como visualización y control en un entorno de Windows, permitiendo la integración de otras herramientas así mismo fácil uso y configuración para adaptarse a las necesidades de la empresa. Antes de describir los componentes de un sistema SCADA, es importante mencionar sobre la pirámide de la automatización y sus niveles de control.

Según Lozano Lozano & Zamora Muñoz (2008), menciona que la pirámide de automatización está conformada por cinco niveles.

- Nivel de instrumento de campo
- Nivel de control
- Nivel de Supervisión.
- Nivel de Planificación
- Nivel de gestión

A continuación, podemos ver en la Figura 1.

**Figura 1**  
*Niveles de Automatización*

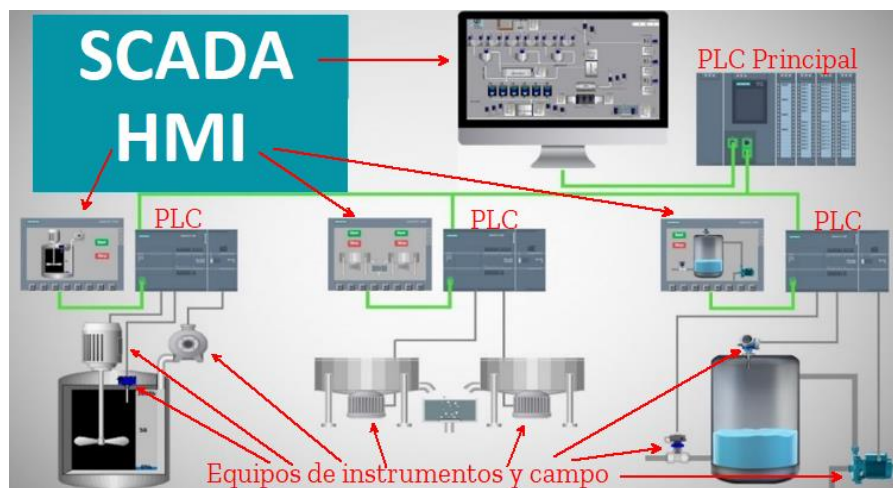


Fuente Inc. <https://enredandoconredes.com/2017/01/06/piramide-automatizacion-industrial/piramide-automatizacion-industrial/>

### Componentes de un Sistema de Control HMI/SCADA

Los componentes de un sistema de control se muestran en el diagrama de la Figura 2

**Figura 2**  
*Diagrama básico de un sistema HMI/SCADA*

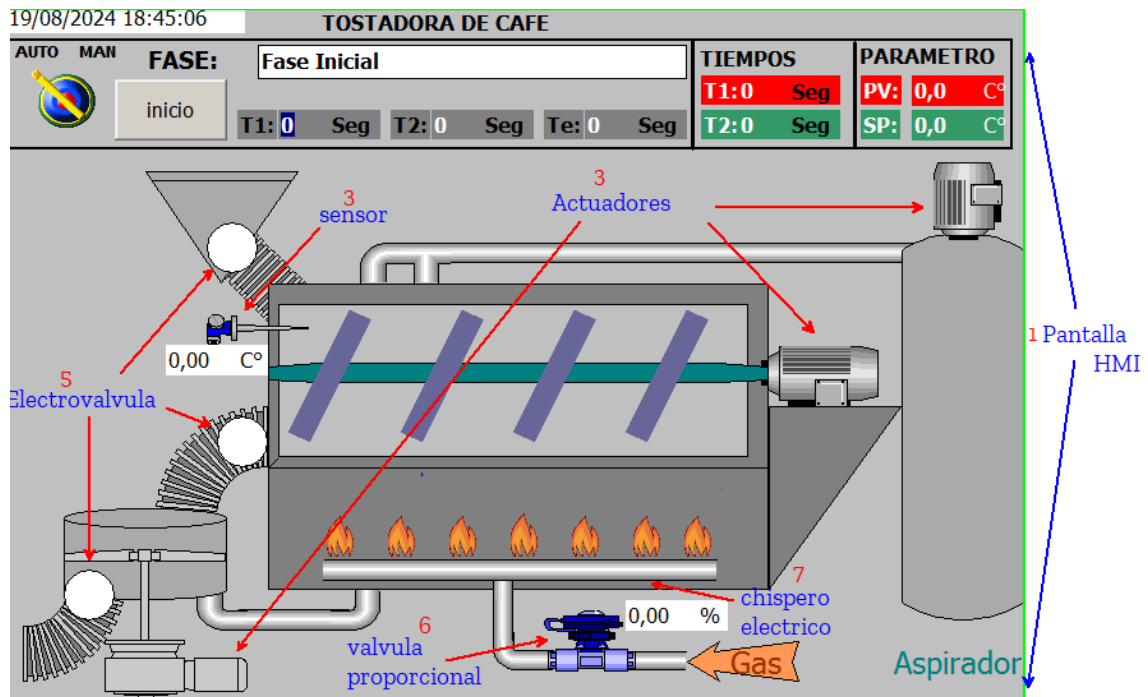


Fuente: Harbmeconica, Inc. <https://www.pinterest.es/pin/729794314638734451/>

#### a) Hardware utilizado para el Sistema de Control HMI

La Figura 3 muestra los dispositivos de campo requeridos para el diseño del sistema de Control HMI.

**Figura 3**  
Hardware del Sistema de control HMI



Fuente: Elaboración en base al software WinCC Flexible

1. **Pantalla HMI.** – Según Carrion Naranjo & Romero Tigmasa (2012), un HMI es la principal interfaz utilizada por operadores y supervisores para coordinar, controlar y monitorear procesos industriales y de fabricación en tiempo real de manera gráfica facilitando la toma de decisiones y control eficiente de las operaciones.
2. **PLC.** – El Controlador Lógico Programable, es un dispositivo electrónico que utiliza un microprocesador para almacenar instrucciones y comandos en una memoria programable con el fin de ejecutar funciones particulares de manera automatizada (Baquero Martínez, 2021). En 1963, se introdujo el Controlador Lógico Programable (PLC) con el propósito de reemplazar los extensos paneles de control que integraban relés, temporizadores y contadores.

Dentro de las funciones fundamentales que un PLC realiza es el control de máquinas y procesos industriales incluyen operaciones lógicas, secuencia de registro, temporización, conteo señales que serán emitidas por los instrumentos de campo tales como: motores, electroválvulas, válvula proporcional, sensores de temperatura. (Endara Vera, 2021)

El PLC utilizado fue: 6ES7315-2FJ14-0AB0 que junto al software Step 7 y WinCC Flexible nos dará la integración del proceso al sistema de control se muestra en la Figura 4 el PLC utilizado.

**Figura 4**  
*PLC ST 300 Siemens*



Fuente: JC-Electronics new and refurbished, Inc. <https://www.jc-electronics.com/es/6es7315-2fj14-0ab0>

**3. Actuadores.** – Según Castellano Diaz & Castillo Garzon (2017), un actuador es un dispositivo crucial en tecnologías contemporáneas transformando energía de entrada en movimiento o fuerza. Desde la robótica hasta las energías renovables, los actuadores son componentes esenciales que facilitan el control y la automatización de procesos y sistemas en diversos campos de la ingeniería. En la máquina tostadora de café se implementará 3 actuadores rotativos los cuales hacen 3 tareas diferentes, tostado, enfriado y absorción de polvo y aire caliente.

**4. Sensores.** - De acuerdo con Abac de León (2015), describe que los dispositivos electrónicos detectan variaciones en magnitudes físicas como temperatura, luz, movimiento y presión, convirtiéndolas en señales eléctricas analógicas, digitales o magnéticas.

Los sensores para el tostado de café son dispositivos que nos ayuda a medir con precisión la temperatura durante el proceso de tostado del café. Estos sensores permiten controlar eficazmente la temperatura durante la etapa de tostado, asegurando que alcance la temperatura ideal para obtener un producto final de alta calidad. El sensor a utilizar para sistema de control de la tostadora es el: sensor PT100 se emplea para medir la temperatura dentro del lecho de tostación, siendo ampliamente utilizado en la industria por su capacidad de presentar una resistencia que varía directamente con la temperatura, lo que permite una medición precisa y eficaz de las temperaturas clave durante el proceso de tostado del café.

Componentes de un sensor

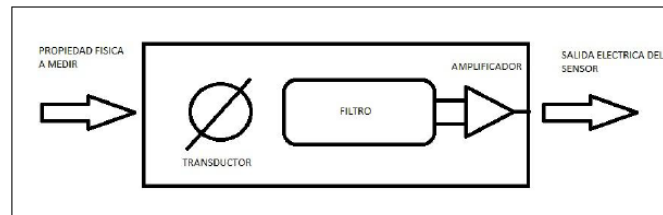
- Un circuito de lazo cerrado de emisión y recepción de la señal física a medir.
- Un transductor, el cual convierte la variable física medible en señal eléctrica.
- Un detector de umbral.
- Una etapa anti rebote o filtro.
- Un amplificador.



A continuación, se ve en la Figura 5

**Figura 5**

*Componentes de un sensor*



Fuente: Elaborado por, Abac de León (2015)

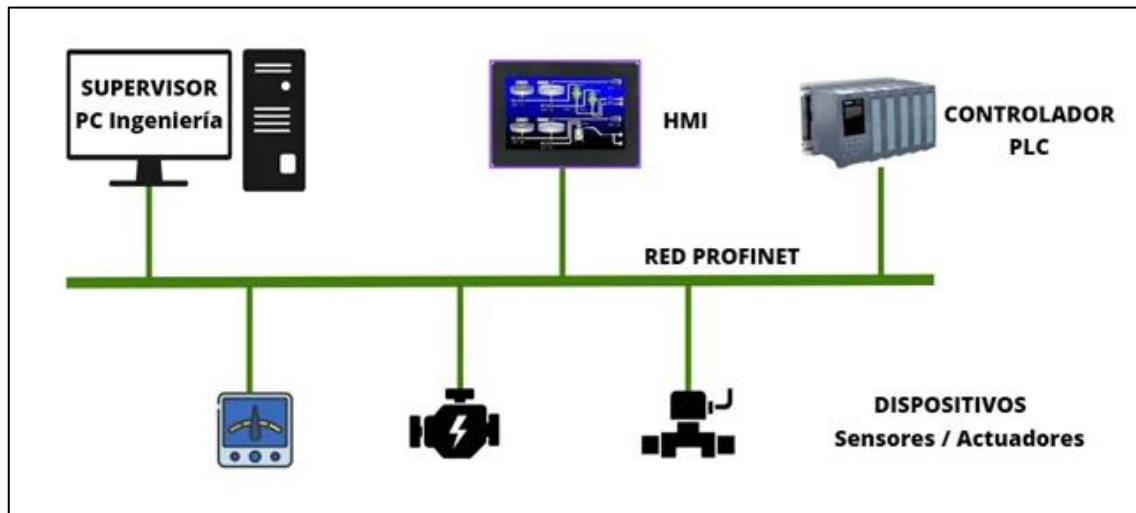
**5. Electroválvula.** - Es un dispositivo para controlar el fluido variando el tamaño de paso del caudal mediante un restrictor. El caudal regulado ajusta posteriormente los parámetros que afectan a un proceso en un sistema, principalmente el nivel, la presión y la temperatura. Proporcionan control sobre aire, gases o agua mediante una respuesta rápida y muy precisa ayudando agilizar las aplicaciones al mismo tiempo que ofrecen un control repetible y un rendimiento deseado. Benalcazar Arroyo & Luzón Jiménez (2015)

**6. Válvula de gas proporcional.** - Según López Rodríguez (2017), Las válvulas proporcionales permiten controlar de manera continua el flujo o la presión de un fluido en función de una señal eléctrica de entrada. Su funcionamiento sensible y preciso y su rápida respuesta pueden ajustarse a una gran variedad de cambios en toda la cadena de control de la aplicación, lo que aumenta la eficacia de todo el proceso de tostado del café. A diferencia de las electroválvulas on/off, pueden adoptar posiciones intermedias entre abierto y cerrado para regular el caudal o la presión proporcionalmente a la señal eléctrica aplicada.

**7. Chispero eléctrico.** – Según Espin Landivar & Méndez Lara (2013), Un chispero de flama es un dispositivo diseñado para iniciar una combustión o reacción química mediante la generación de una chispa o llama. Este tipo de herramienta se utiliza comúnmente en aplicaciones industriales siendo una ellas el proceso de tostado del café.

**8. Comunicación Profinet.** – Según López Herrera & Vargas Soria (2021), es un protocolo de comunicación diseñado para la automatización industrial, basado en Ethernet industrial. Permite la integración de diversos elementos de comunicación y es compatible con estándares TCP/IP, facilitando la administración y verificación de datos en tiempo real. Además, complementa eficazmente los sistemas automáticos que utilizan buses de campo en la Figura 6 vemos una representación básica de una comunicación profinet.

**Figura 6**  
*Comunicación Profinet*



Fuente <https://witautomatizacion.es/que-es-profinet-y-para-que-sirve/>

**b) Software utilizado para implementar un Sistema de Control HMI.**

El proceso de tostado que se lleva a cabo en la Cooperativa Alto Urubamba Ltda. 239 es de manera tradicional y manual, Ya que dicho personal tiene que encender el tambor de la tostadora, luego encender el chispero de flama, para después abrir la válvula de gas, de manera manual y esperar a que la temperatura llegue a 180 °C, luego de ello abrir la compuerta de la tolva de la máquina, previamente llenado con café para el ingreso al tambor de tostado y continuar controlando el tiempo, temperatura del proceso de tostado del café y después de ello abrir la segunda compuerta de forma manual para que el café pase del tambor de tostado al enfriador de café en el momento exacto y así mantener que el producto salga con el aroma y calidad exacto para su consumo, Esto conlleva a cometer errores en cuanto al control del tiempo, temperatura exacto de tostado y enfriado ya que la reacción del ser humano demora ante alguna falla durante el proceso.

Por esta razón se plantea la implementación de un sistema de control en cual se utilizará un PLC de la marca SIEMENS el cual será quien realice todas las tareas y condiciones que se le programe, esta programación será llevada a cabo mediante el software Step 7 y el software WinCC Flexible se hará la ilustración grafica en tiempo real del funcionamiento del proceso de tostado del café.

**1. Software Step 7**

Briones Holguín & Triviño Solís (2015), describe que el software llamado Step 7 para aplicaciones en sistemas de automatización SIMATIC S7-300/400, SIMATIC M7-300/400 y SIMATIC C7 permite la integración del PLC el cual se desarrolla en un

lenguaje llamado Ladder que es un lenguaje de programación de bajo nivel. Aportando a la maquina un mejor control y supervisión en el proceso.

Step 7 para aplicaciones en sistemas de automatización SIMATIC S7-300/400, SIMATIC M7-300/400 y SIMATIC C7 con funciones ampliadas:

- Puede ser mejorado con los productos de software adicionales que se incluyen en el Software Industrial SIMATIC.
- Capacidad para configurar bloques de función y comunicación.
- Funcionamiento en modo forzado y multiprocesador.
- Intercambio de datos a nivel global.
- Transferencia de datos basada en eventos utilizando bloques de comunicación y función.

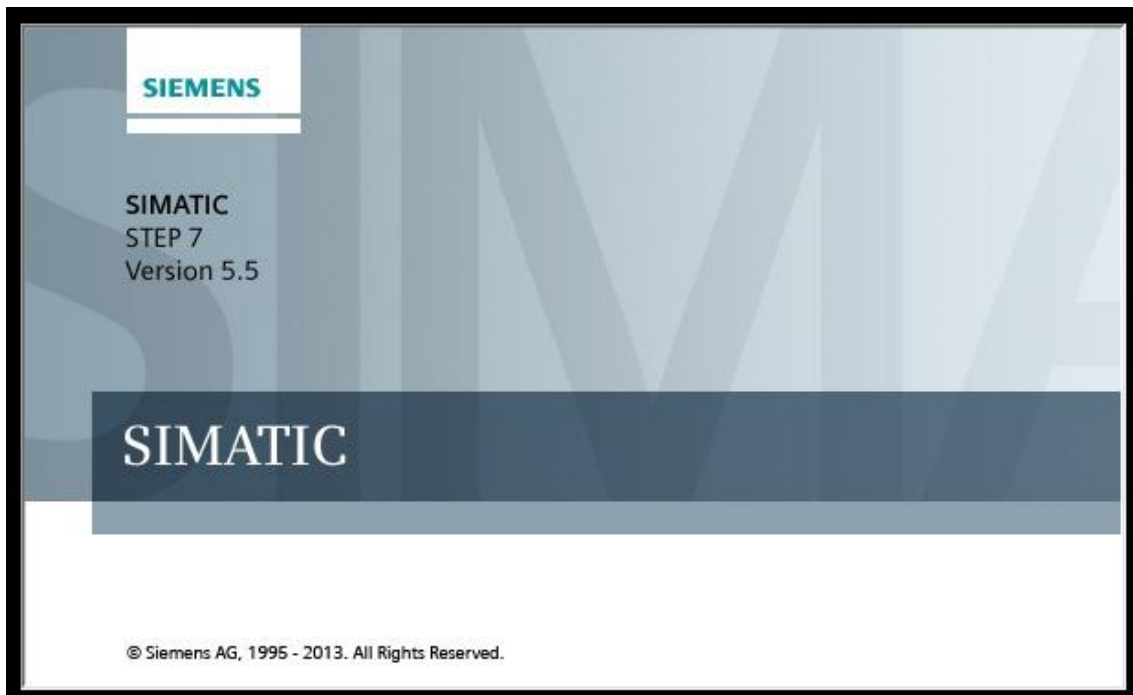
Dicho software es descargado de manera gratuita de la página de la empresa Siemens, a continuación, se muestra la ruta del link de descarga del software Step7 versión trial de la paginan Siemens:

[https://support.industry.siemens.com/cs/document/109761679/descarga-de-la-versi%C3%B3n-de-prueba-\(trial\)-para-step-7-v5-6-sp1-step-7-professional-2017-sr1?dti=0&lc=es-PE](https://support.industry.siemens.com/cs/document/109761679/descarga-de-la-versi%C3%B3n-de-prueba-(trial)-para-step-7-v5-6-sp1-step-7-professional-2017-sr1?dti=0&lc=es-PE)

Este software nos ayudara básicamente en crear el proyecto, configuración del hardware las librerías de cada uno de los dispositivos a base de la programación de bajo nivel “Ladder” (más conocida como programación en escalera), así mismo como del tambor de tostado, sensor de temperatura, chispero de la flama, motores eléctricos en el cual tendremos una librería general OBD1 y dentro de ella crearemos sub funciones por cada dispositivo de la maquina tostadora, Así mismo también se ejecutara la simulación de lo creado en el lenguaje Ladder.

Se muestra en la Figura 7 la versión del Software Step7.

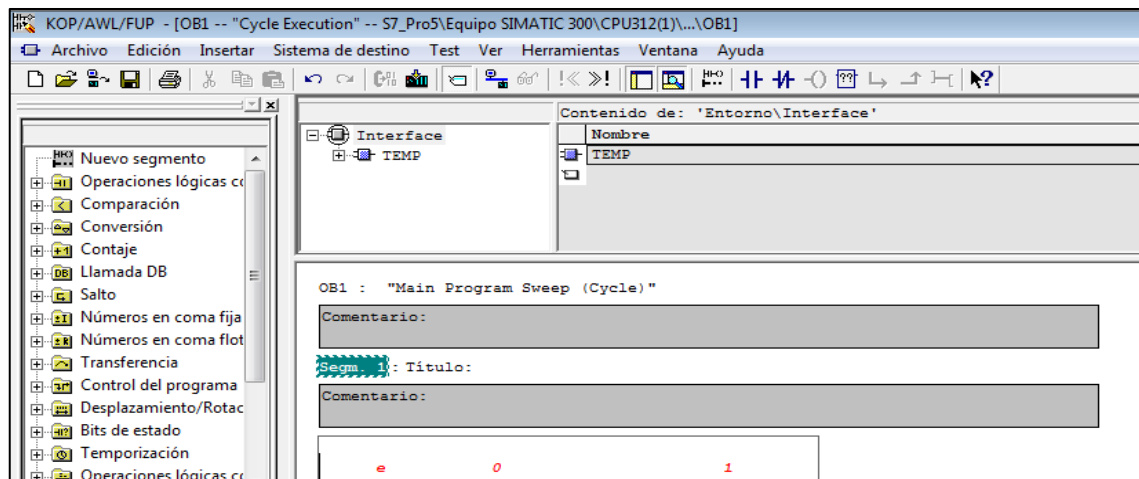
**Figura 7**  
*Versión del Software Step7*



Fuente: Muestra la versión Step7 v5.5

En la Figura 8 se aprecia interfaz del Software Step7.

**Figura 8**  
*Interfaces del Software Step7*



Fuente: Muestra el Interfaces del software Step7 v5.5

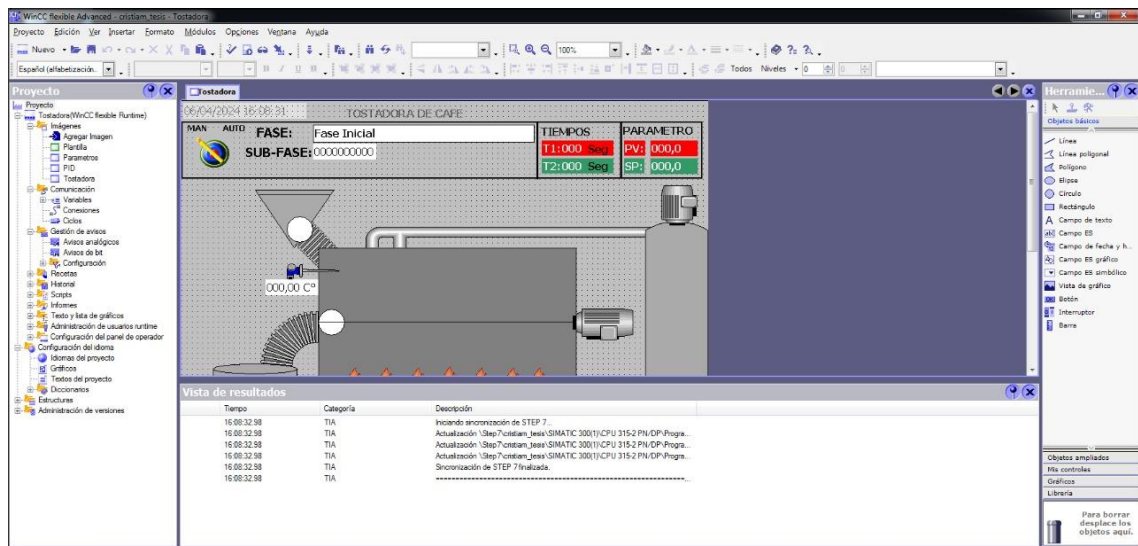
**2. Software WinCC Flexible.** - Según Briones Holguín & Triviño Solís (2015), El software WinCC Flexible es una herramienta de visualización y supervisión utilizada en la automatización industrial. Permite la creación de interfaces gráficas para controlar procesos en tiempo real. WinCC flexible es una solución versátil que facilita la configuración de sistemas de control en entornos industriales, brindando una interfaz intuitiva para los operadores y técnicos. Dicho software es descargado de manera gratuita

de la página de la empresa Siemens, a continuación, se muestra la ruta del link de descarga del software WinCC Flexible versión trial de la paginan Siemens:

<https://support.industry.siemens.com/cs/document/100777999/simatic-wincc-flexible-2008-trial-download?dti=0&dl=en&lc=es-ES>

En este software se hará el diseño de la interface HMI del proceso real que se lleva a cabo, generando así una imagen similar al mismo proceso que se ejecuta en la empresa, Así mismo hacemos la integración de las variables del Step7 en el WinCC Flexible, la adquisición de los datos creados en Step 7 mediante el WinCC Flexible, a continuación, podemos ver una representación gráfica del proceso de tostado del café en la Figura 9.

**Figura 9**  
*Diseño del sistema en el Software WinCC Flexible*



Fuente: Elaboración propia en base al software WinCC Flexible2008

En el proceso de tostado del café en el cual se integra un sistema de control, utilizaremos los siguientes dispositivos electrónico para controlar el proceso:

**Variable 2: Proceso de tostado del café en la Cooperativa Alto Urubamba Ltda.**  
**239**

Los clientes aprecian la categoría del café de alta calidad por sus características únicas, lo que justifica su precio más alto. Este valor agregado es ventajoso tanto para el productor como para el consumidor, asegurando que el café sea reconocido como verdaderamente especial.

El café también es un producto de exportación importante, siendo el segundo producto de exportación más valioso después del petróleo a nivel mundial. Los principales mercados del café tostado y molido peruano son la Unión Europea, Estados

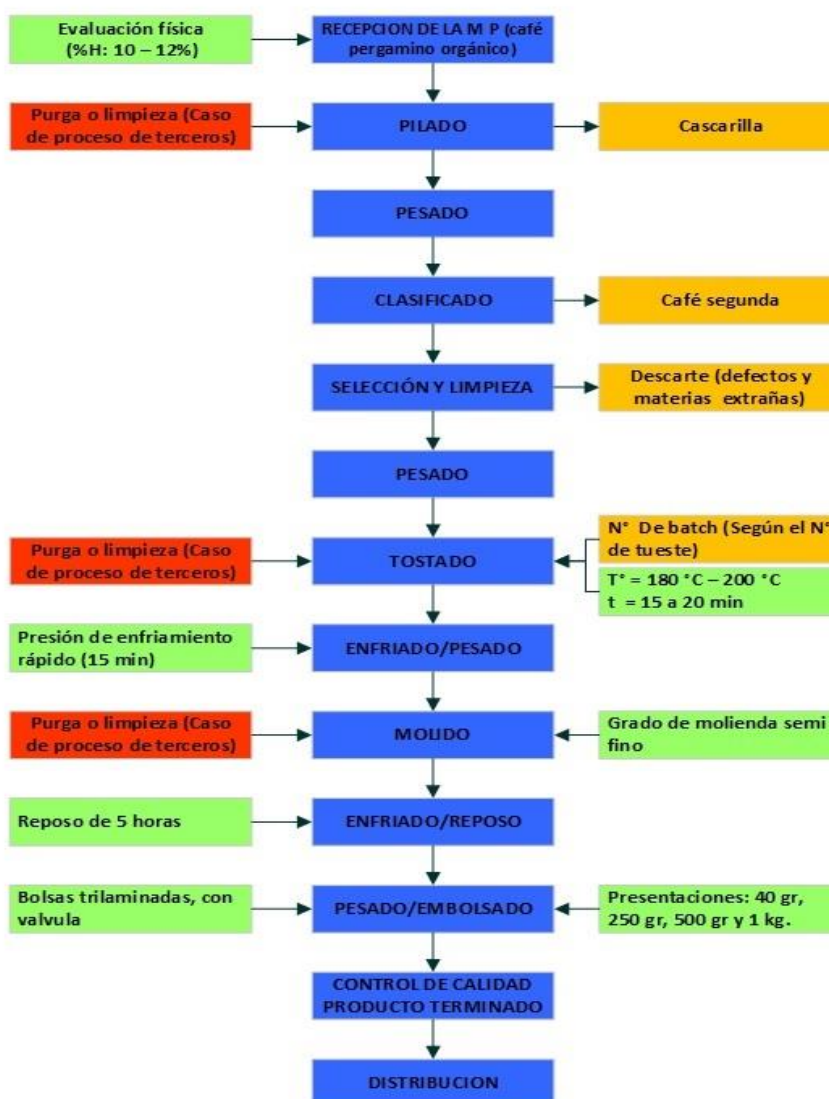
Unidos y Japón, mientras que, en América Latina, Chile, Brasil, Ecuador, Costa Rica y Panamá son mercados clave. (Veritrade, 2019).

Cáceres Lara (2019), como consecuencia de la preferencia social por hábitos saludables, las empresas se esfuerzan en ofrecer productos innovadores que mantengan su calidad y sabor, contribuyendo así a la salud de los consumidores. En Chile, hay una creciente demanda de café en grano, lo que impulsa la importación de café hacia el país debido a la falta de producción local causada por las condiciones climáticas.

A continuación, se muestra en la Figura 10 el proceso general de elaboración del café tostado, molido y orgánico en la Cooperativa Alto Urubamba Ltda. 239.

**Figura 10**

*Proceso de elaboración del café tostado, molino orgánico*



Fuente: Diagrama de elaboración del café de la Cooperativa Alto Urubamba Ltda. 239

## Proceso de elaboración del café tostado, molino orgánico en la Cooperativa Alto Urubamba Ltda. 239

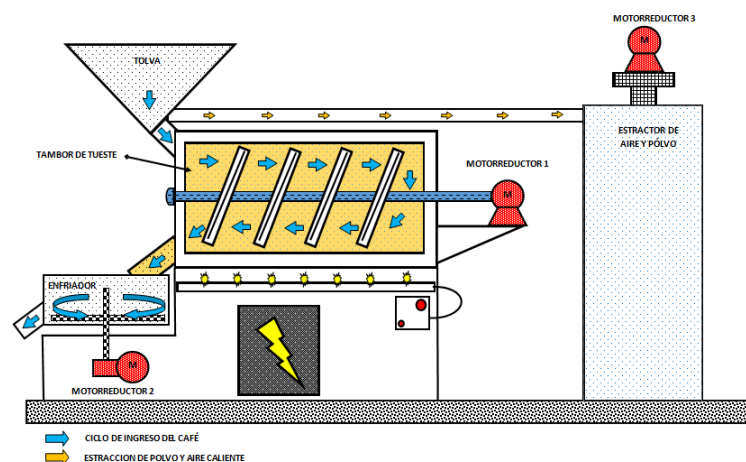
Durante la elaboración del café tostado, se desencadenan reacciones químicas fundamentales que contribuyen significativamente a la creación del color y aroma característicos del café. Este proceso se inicia con la recepción y compra del café, luego pasa por el proceso de pilado, continua con el pesado exacto para después pasar al proceso más importante que es el tostado del café en el cual la capacidad máxima de peso en el tambor de tostado es de 10 kilogramos, el café es tostado a una temperatura de 180°C y por 15 min de tiempo luego de ello pasa al proceso de enfriado donde se controla un tiempo de 10 min para después entrar en un estado de reposo de 8 horas, después de eso es molido, pesado, embolsado y etiquetado, como parte final pasa por el control de calidad para luego ser distribuido.

### Diagrama PID del proceso del tostado de café

El PID compuesto por Proporcional, Integral y Derivativo, son los componentes esenciales de un controlador ampliamente empleado en la industria para regular sistemas en lazo cerrado. La acción proporcional reacciona al error actual, la integral considera errores pasados y la derivativa anticipa la tendencia del error futuro. La combinación de estos elementos permite ajustar con precisión y eficacia la respuesta del sistema de control en la Figura 11 se ilustra este proceso.

#### Figura 11

Diagrama PID del proceso de tostado del café



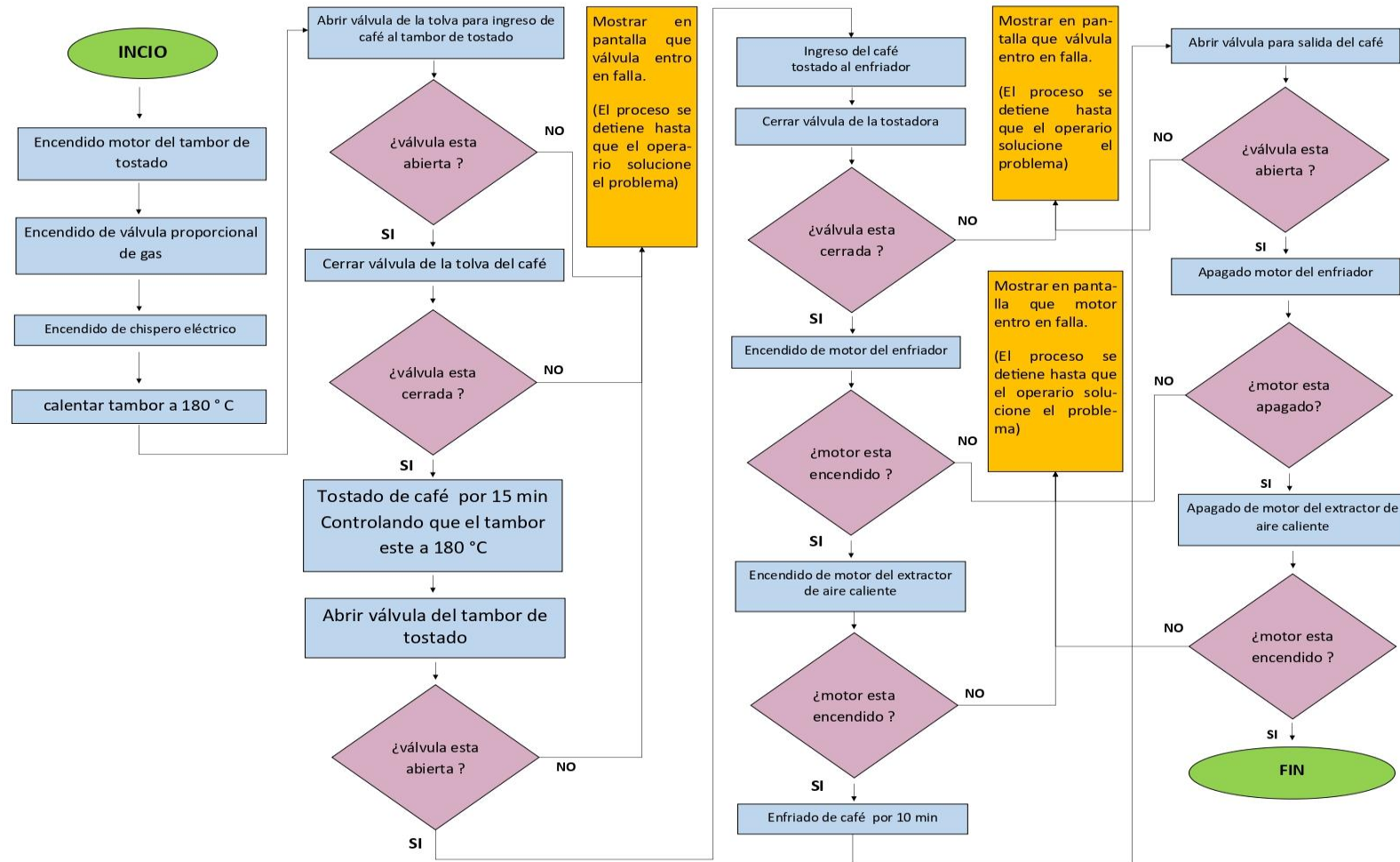
Fuente: Elaboración propio, con base al programa Microsoft Publisher

### **Diseño del sistema de control para el proceso de tostado del Café en la Cooperativa Alto Urubamba Ltda. 239 La Convención 2023**

La Figura 8 describe el proceso de tostado del café desde el inicio hasta el fin del proceso Empezando con el encendido del tambor de tostado, encendido del chispero del quemador, ingreso del café, configuración de temperatura, tiempo de tostado y enfriado, calentamiento del tambor hasta llegar a 180 °C seguidamente ingreso y tostado del café por un tiempo establecido para luego pasar al enfriador de café durante otro tiempo y finalmente pasar a un estado de reposo a continuación se detalla en el diagrama la secuencia de cada proceso de inicio a fin en la Figura 12.



**Figura 12**  
*Diagrama específico del tostado y enfriado de café*



Fuente: Elaboración propio, con base al programa Microsoft Publisher

### **2.2.2. Operacionalización de variables**

#### **Variable independiente: Sistema de Control**

Según Abata Collaguazo (2021), es un sistema utilizado para controlar procesos industriales, trabajos repetitivos del operador por un sistema. Este sistema de control opera con el software Step 7 y WinCC Flexible, que posibilita la visualización, y simulación en tiempo real del proceso, permitiendo así la detección de fallos y el control integral del proceso.

#### **Dimensiones 1**

- Integración de los motores mediante programación en Software Step 7 a la interface HMI creada en WinCC Flexible
- Integración de las válvulas mediante programación en Software Step 7 a la interface HMI creada en WinCC Flexible
- Integración del sensor de temperatura y chispero eléctrico mediante la programación en Software Step 7 a la interface HMI creada en WinCC Flexible

#### **Variable dependiente: Proceso de tostado del café en la Cooperativa Alto Urubamba Ltda. 239 La Convención 2023**

El café es uno de los productos más importantes que se exportan, siendo el segundo producto más consumido después del petróleo a nivel mundial. Los principales destinos para el café peruano tostado y molido son la Unión Europea, Estados Unidos y Japón, mientras que en Latinoamérica se destacan Chile, Brasil, Ecuador, Costa Rica y Panamá como mercados clave. (Veritrade, 2019).

#### **Dimensiones 2**

- Control de tiempo del proceso de tostado y enfriado del Café.
- Control de temperatura del proceso de tostado del Café.
- Control de fallas en el proceso de tostado y enfriado del Café.

### 2.3. Marco conceptual

**Actuador.** – Según Prada Quevedo (2020), los actuadores son dispositivos, o mecanismos, que reciben y ejecutan aquellos datos, recibidos por el controlador, un actuador puede ser desde una simple válvula, hasta un motor de corriente alterna.

**Chispero.** – Según Espin Landivar & Méndez Lara (2013), un chispero de flama es un dispositivo diseñado para iniciar una combustión o reacción química mediante la generación de una chispa o llama. Este tipo de herramienta se utiliza comúnmente en aplicaciones industriales siendo una ellas el proceso de tostado del café.

**Café.** – Según Sugashima Brocca (2022), es una bebida que se obtiene a partir de los granos tostados de frutos de la planta del café siendo altamente estimulante por su contenido de cafeína, una sustancia psicoactiva. Este producto es uno de los más comercializados, así mismo una de las tres bebidas más consumidas del mundo.

**Escalado.** – Según López Herrera & Vargas Soria (2021), permite la configuración y ajuste de valores de temperatura en la interfaz para asegurar precisión y relevancia en el proceso controlado, facilitando una mayor flexibilidad y precisión en el control de la temperatura, garantizando un funcionamiento eficiente y seguro en entornos industriales donde el control preciso de la temperatura es crítico.

**Enfriador.** – Según Arciniega Cuenca (2016), Un enfriador de café es un dispositivo diseñado para reducir rápidamente la temperatura de los granos de café tostados, utilizando aire forzado. Este proceso es crucial para evitar cambios indeseados en la calidad y sabor del café, que pueden ocurrir si los granos no se enfrían adecuadamente.

**Pantalla HMI.** – Según Suárez Bethencourt (2017), Es una interfaz hombre-máquina por sus siglas (human-machine interface), constituye el principal puente de transferencia e intercambio de información entre los operadores y la maquina en entornos industriales. Estas pantallas actúan como un panel de control que proporciona información en tiempo real sobre los procesos y permite a los usuarios controlar, configurar procesos de manera eficiente. A través de una interfaz gráfica intuitiva esta herramienta es esencial para simplificar operaciones automatizadas, ya que proporciona visualización clara de la información facilitando el control de los procesos industriales

**Librería.** – las librerías son colecciones de funciones y bloques de código que facilitan la programación y la implementación de diversas tareas en sistemas de automatización. Estas librerías incluyen elementos visuales, funciones de control y comunicación que posibilitan a los ingenieros diseñar interfaces interactivas para controlar procesos industriales.

**Maquina tostadora de café.** – Según Bernabé Dávila, & Rivera Calongos (2018), diseñada específicamente para tostar grandes cantidades de granos de café de manera eficiente. Su función principal es transformar los granos verdes en granos tostados, otorgándoles el sabor y aroma característicos y de calidad para el consumo.

**Motores.** – Según Castellano Diaz & Castillo Garzon (2017), Es una máquina electromecánica que convierte la energía eléctrica en energía mecánica. En otras palabras, los aparatos que producen una fuerza de rotación se conocen como motores.

**PLC.** – Según Ramírez Gonzáles & Sotomayor Benavides (2009), el Controlador Lógico Programable es un dispositivo electrónico de control de procesos y se basa en una lógica, definida a través de un programa de computación basado en un microprocesador y los elementos necesarios para que este microcontrolador opere de forma conveniente. Al estar basado en un microprocesador, permite que la función que el PLC realice sea programable por cada usuario a efectos de satisfacer cada necesidad concreta de control.

**Sistema de control.** – Según Castellano Diaz & Castillo Garzon (2017), es un conjunto de elementos interrelacionados que gestionan y controlan el funcionamiento de un sistema o proceso para lograr un objetivo específico, manipulando las variables de entrada para influir en las variables de salida.

**Sensor de temperatura Pt100.** – Es un dispositivo preciso y estable que mide la temperatura mediante la variación de la resistencia eléctrica del platino. A 0 °C, presenta una resistencia de 100 ohmios, que aumenta con la temperatura. Su amplia aplicación en la industria se debe a sus excelentes características de medición y control térmico. Medina Torres & Javier Arias (2020).

**Software.** – Se refiere al conjunto de elementos lógicos esenciales para ejecutar funciones específicas, abarcando todos los componentes necesarios para su operación. Palomino Vargas & Palomino Vargas (2023).

**Step 7.-** Es un software de ingeniería el cual utiliza la programación Ladder lenguaje de escalera considerado un lenguaje de bajo nivel. Y la programación se hace mediante librerías para cada máquina esto con el fin mantener una estructura y poder localizar el punto exacto para su modificación ayudando así a realizar sus tareas de ingeniería de forma intuitiva y eficiente. Briones Holguín & Triviño Solís, (2015)

**Scada.** – Es un acrónimo que proviene de las siglas en inglés "Supervisory Control And Data Acquisition", que se traduce como "Control de Supervisión y Adquisición de Datos". Este sistema se refiere a una plataforma integral de software diseñada para la

supervisión, control y adquisición de datos en procesos industriales. Prada Quevedo (2020)

**Prueba del sistema.** – Se verifica y valida el funcionamiento adecuado del sistema antes de su implementación, a través de pruebas exhaustivas para garantizar el cumplimiento de los requisitos y especificaciones del sistema.

**Tambor de tostado.** – Según Medina Torres & Javier Arias (2020), es un componente clave en el proceso de tuestión del café, donde se lleva a cabo la transformación de los granos de café a través de la aplicación de calor. La función principal del tambor es asegurar que los granos de café alcancen las temperaturas necesarias para liberar sus aromas y sabores característicos.

**Válvula Proporcional.** – Según López Rodríguez (2017), Es un dispositivo diseñado para regular el flujo de gases de manera precisa y controlada. A diferencia de las válvulas convencionales que operan en un modo de encendido y apagado, las válvulas proporcionales permiten un ajuste continuo de la apertura, lo que resulta en un control más fino del caudal y la presión del gas. Permitiendo el control variable del flujo, presión o dirección de un fluido en función de una señal de entrada.

**Electroválvula.** –Según Benalcazar Arroyo & Luzón Jiménez (2015), es un dispositivo electromecánico diseñado para controlar el flujo de fluidos, como líquidos o gases, en un circuito. Funciona mediante la acción de un solenoide, que convierte la energía eléctrica en movimiento mecánico para abrir o cerrar la válvula.

**WinCC Flexible.** – Según Briones Holguín & Triviño Solís (2015), es un software HMI que fusiona el control de planta en la automatización, facilitando la integración de aplicaciones nuevas o existentes de manera fluida. Su estructura combina la arquitectura de Windows con entornos gráficos de programación.

## **CAPÍTULO III. Metodología de la investigación**

### **3.1. Tipo de investigación**

La presente investigación es aplicada ya que se simulará con los componentes que ayudará a controlar el proceso de tostado del café y así lograr obtener producto final de calidad en la Cooperativa Alto Urubamba N.º Ltda. 239.

Lozada (2014), indica que la investigación aplicada busca la generación de conocimiento con aplicación directa a los problemas de la sociedad o el sector productivo. Esta se basa fundamentalmente en los hallazgos tecnológicos de la investigación básica, ocupándose del proceso de enlace entre la teoría y el producto.

### **3.2. Enfoque de la investigación**

La investigación se basa en un enfoque cuantitativo, donde se emplearon técnicas como la observación y entrevistas mediante un instrumento de ficha, para recopilar datos que posteriormente fueron utilizados para validar las hipótesis a través de análisis estadísticos, según (Hernández Sampieri & Mendoza Torres, 2018).

Monje Álvarez (2011), define que el análisis de contenido cuantitativo es una técnica para estudiar cualquier tipo de comunicación de una manera objetiva y sistemática que cuantifica los mensajes o contenidos en categorías y subcategorías y los somete a un análisis estadístico. De esta manera mostrar con el diseño de un sistema de control HMI cómo parte del proceso de tostado del café en la Cooperativa Alto Urubamba Ltda. 239, se puede controlar el tiempo de tostado, enfriado, temperatura y alerta de fallas para tener un producto de calidad.

### **3.3. Diseño de la investigación**

Según Belito Sulcaray & Mayon Sanchez (2019), el diseño experimental se utiliza para evaluar la efectividad de una intervención antes de realizar un experimento completo. Este tipo de diseño manipula la variable independiente mediante pruebas previas antes de implementar el sistema y pruebas posteriores después de la implementación. Es una metodología que permite verificar si la intervención tiene algún efecto antes de invertir más recursos en investigación.

Esta investigación se enmarca en un diseño experimental, donde al grupo experimental (Ge) se le aplicará un estímulo (X).

Se realizará una prueba de entrada (pretest), para conocer como es el proceso de tostado del café y una prueba posterior (postest) para mostrar como mejorará el proceso de tostado del café en la Cooperativa Alto Urubamba Ltda. 239.

Diseño de un grupo con medición antes y después

Ge O1 X O2

Donde:

- Ge = Grupo Experimental: Es el grupo de estudio al que se aplicará el Sistema de control.
- O1 = Datos de la Pre-Prueba para los indicadores de la Variable Dependiente antes de ser implementado el Sistema de Control (Mediciones preprueba del grupo experimental).
- O2 = Datos de la Post-Prueba para los indicadores de la Variable Dependiente proceso de tostado del café en la Cooperativa Alto Urubamba Ltda. 239, después de ser implementado el Sistema de Control (mediciones posprueba del grupo de experimental)
- X = Sistema de Control.

Se espera que los valores O2 sean mejores que los valores O1.

### **3.4. Alcance de la investigación**

El alcance de la investigación es descriptivo, ya que el estudio se centrará en describir las dificultades que tiene dicho proceso para luego con una posprueba mejorar considerablemente el proceso de tostado del café.

Según Peñaranda Arcentales & Vizhco Sigua (2016), La investigación pre-experimental se centra en observar y describir las características de un fenómeno o grupo sin analizar las causas subyacentes. Se emplea en diversas áreas para entender tendencias y comportamientos mediante encuestas, estudios de caso y observaciones. Los datos recopilados se utilizan como base para investigaciones adicionales.

Por otra parte, Viñán Andino (2012), Describe que, en un diseño pre-experimental, se aplica un control mínimo sobre la variable independiente en un solo grupo al que se le administra un estímulo para evaluar su efecto en la variable dependiente, como la satisfacción del cliente, mediante pruebas previas y posteriores a la intervención.

### **3.5. Población y muestra**

#### **3.5.1. Población**

La población estará conformada por el personal involucrado en el proceso de tostado del café tales como: 1 operador principal, 3 auxiliares y 16 operadores de los demás procesos

que también trabajan en la empresa de producción diaria del café en la Cooperativa Alto Urubamba Ltda. 239 La Convención 2023.

### **3.5.2. Descripción de la muestra**

La muestra está conformada por la totalidad de la población, es decir, el operador principal y sus 3 auxiliares, quienes son los encargados de administrar el proceso de tostado del café en la Cooperativa Alto Urubamba La Convención año 2023.

## **3.6 Técnica e instrumentos de recolección de datos**

### **3.6.1 Técnica**

Según, Arias Gonzáles, Holgado Tisoc, y otros (2022), se utiliza cuando se quiere, analizar o evaluar un objetivo en específico, es decir obtener información de dicho objetivo. La ficha de encuesta se direcciona a medir una población preestablecida, con indicadores y criterios preestablecidos. Las características del objeto del estudio determinan los criterios de evaluación de la ficha de observación.

### **3.6.2. Instrumento**

Los cuestionarios preprueba y posprueba realizado al operador de la máquina, en la empresa es fundamental para recoger información relativa al funcionamiento del proceso de tostado de café, se menciona que el cuestionario es una herramienta muy utilizada en la investigación para recopilar información directa del sujeto de estudio a través de la interacción verbal con el investigador. Además, el cuestionario considera la exploración de los aspectos manuales que realiza el operador y de cómo afectan algunas decisiones malas en situación específica. De esta manera, se facilita que el entrevistador pueda comprender mejor las experiencias del sujeto de estudio. Así mismo realizar un cuestionario final de posprueba para mostrar las mejoras de los resultados finales al utilizar el sistema de control en el proceso de tostado de café.

## **3.7. Técnica de procedimiento y análisis de datos**

Utilizando el software SPSS se realizará la prueba de normalidad de las variables aplicando Kolmogorov-Smirnov o Shapiro-Wilk, para conocer si existe una distribución normal o no normal. En caso de existir una distribución normal se aplicará la prueba T-student, de otro modo se aplicará la correlación Rho de Spearman o Pearson.

## **3.8. Procedimiento y procesamiento de datos**

- Primero, se aplicará una prueba de entrada al personal para conocer las dificultades que tienen en el proceso tostado del café.
- Segundo, se capacitará al personal en el manejo del Sistema de Control.



- Tercero, se aplicará una prueba de salida al personal para conocer las mejoras que tiene el Sistema de Control en el proceso tostado del café.
- Cuarto, se tabularán y almacenarán los datos recolectados de las pruebas realizadas en Software Excel.
- Finalmente, los datos almacenados serán copiados al software SPSS y se aplicará la prueba correspondiente.

### **Diseño de instrumentos**

Para realizar el presente proyecto integrador, será necesario utilizar el instrumento de recolección de datos a través de un cuestionario de pretest y postest, para llevar a cabo la presente investigación es preciso realizar una encuesta aplicando un conjunto de preguntas, orientados a los operarios, jefes y gerente general de La Cooperativa Alto Urubamba Ltda. 239 La Convención 2023.

Cada cuestionario consta de 5 preguntas y cada pregunta puede tener una calificación máxima de 4 puntos de esto modo cada cuestionario se califica de 0 a 20 puntos.

Para valorar cada pregunta se utilizó una escala de Likert de 1 a 4 con el siguiente detalle

**Tabla 1**

*Rango de cuestionario*

1	2	3	4
Malo	Regular	Bueno	Muy bueno

Fuente: Elaboración propio

### **Aplicación de instrumentos**

De acuerdo al proyecto a desarrollar, nuestro público objetivo son los operadores y jefes de área de producción, quienes tienen contacto directo con la producción de café, a ellos se les realizará encuestas previas para obtener resultados de nuestra propuesta. Los cuestionarios se encuentran en Anexo 3.

### **3.9. Confiabilidad y Validez**

La confiabilidad se podrá evaluar mediante la consistencia en las respuestas que serán del usuario que operara la tostadora de café y la otra evaluación será al producto final que será el café tostado, se evaluarán la eficiencia de la tostadora de café y la calidad del producto final y estas evaluaciones se harán en diferentes circunstancias y momentos que la tostadora de café sea operada.

La validez se da mediante un cuestionario y que el usuario tendrá una satisfacción muy agradable por la mejora que tiene la tostadora de café la validez se realizará mediante

la entrevista al usuario que va operar la tostadora de café mejorada con los componentes integrados y se realizaran pruebas y evaluaciones a los usuarios al establecer un contacto o manipular la tostadora de café.

### **3.10. Procedimiento para la instalación del software Step 7 y WinCC Flexible**

Para la instalación se procedió con los siguientes pasos:

#### **a. Descargar software Step 7 y WinCC Flexible**

primero descargar el software Step 7 versión trial para su instalación, siendo este el link de enlace para la descarga de dicho software [https://support.industry.siemens.com/cs/document/109761679/descarga-de-la-versi%C3%B3n-de-prueba-\(trial\)-para-step-7-v5-6-sp1-step-7-professional-2017-sr1?dti=0&lc=es-PE](https://support.industry.siemens.com/cs/document/109761679/descarga-de-la-versi%C3%B3n-de-prueba-(trial)-para-step-7-v5-6-sp1-step-7-professional-2017-sr1?dti=0&lc=es-PE)

Luego se descargar el software WinCC Flexible versión trial del siguiente enlace <https://support.industry.siemens.com/cs/document/100777999/simatic-wincc-flexible-2008-trial-download?dti=0&dl=en&lc=es-ES>

#### **b. Instalación del software Step7 y WinCC Flexible**

Una vez descargado los dos software se procede a la instalación sin antes mencionar algunos parámetros para su instalación, que dichos software tienen que ser instalados en un sistema operativo Windows 7 o XP la razón por la cual es porque dichos software trabajan y se integran con mayor aceptación en esas versiones, así mismo el orden de instalación es: Primero se instala el Software Step7, luego de ello se procede a la instalación del WinCC flexible de este modo, el WinCC flexible se integra dentro del Software Step 7 dado que estos dos programas trabajan vinculados para el diseño del Sistema de Control.

### **3.11. Procedimiento para crear proyecto en Step 7**

Para la creación en Step7 seguiremos los siguientes pasos:

#### **Paso 1: Abrir Step 7**

Hacer doble clic en el icono de STEP 7 en tu escritorio de tu computadora.

#### **Paso 2: Crear un nuevo proyecto**

En la pantalla de inicio de STEP 7, selecciona la opción "Nuevo" en el panel izquierdo. Selecciona "Proyecto" en el panel derecho y luego haz clic en "Siguiente".

Selecciona el tipo de controlador que deseas utilizar en tu proyecto y luego haz clic en "Siguiente".

Selecciona la versión de firmware del controlador y luego haz clic en "Siguiente".

Selecciona la ubicación donde deseas guardar tu proyecto y luego ingresa un nombre para el proyecto en el campo "Nombre de archivo".

Haz clic en "Guardar" para crear el proyecto.

### **Paso 3: Configurar el proyecto**

Selecciona la opción "Configuración del proyecto" en el panel izquierdo.

Configura las opciones de acuerdo a tus necesidades, como la configuración de red, la configuración de tiempo, etc.

Haz clic en "Aceptar" para guardar los cambios.

### **Paso 4: Crear una nueva tarea**

Selecciona la opción "Tarea" en el panel izquierdo.

Haz clic en el botón "Nuevo" en la parte superior izquierda de la pantalla.

Selecciona el tipo de tarea que deseas crear, como una tarea de entrada/salida, una tarea de comunicación, etc.

Configura las opciones de la tarea de acuerdo a tus necesidades.

Haz clic en "Aceptar" para guardar la tarea.

### **Paso 5: Programar la tarea**

Selecciona la tarea que creaste en el paso anterior.

Utiliza el lenguaje de programación de STEP 7 para programar la tarea.

Puedes utilizar los bloques de funciones predefinidos o crear tus propias funciones.

Asegúrate de probar tu programa en un entorno de simulación antes de cargarlo en el controlador.

### **Paso 6: Cargar el programa en el controlador**

Conecta el controlador a tu computadora utilizando un cable de comunicación.

Selecciona la opción "Cargar en controlador" en el panel izquierdo.

Selecciona el controlador conectado a tu computadora y luego haz clic en "Cargar".

Espera a que el programa se cargue en el controlador y luego haz clic en "Cerrar".

### **Paso 7: Verificar el funcionamiento del programa**

Desconecta el controlador de tu computadora y conecta los sensores y actuadores.

Enciende el controlador y verifica que el programa se esté ejecutando correctamente.

la configuración en el Step7 que se realiza es:

- Configuración del hardware a utilizar
- Creación de la fuente de poder
- Creación del CPU a utilizar

- Programar las librerías del proceso en programación Ladder (KOP)
- Vincular el Software WinCC Flexible con el Step 7

### **3.12. Procedimiento para crear la pantalla HMI en WinCC Flexible**

En el programa WinCC flexible se crea el diseño gráfico que el usuario percibirá al momento de ejecutar el proceso de tostado, se realiza una representación gráfica de la máquina, tomando en cuenta el diseño físico real de la tostadora así mismo sus motores, electroválvulas, etc.

#### **Paso 1: Crear un Proyecto:**

Abre WinCC Flexible y selecciona "Nuevo Proyecto". Define el nombre y tipo de dispositivo HMI.

#### **Paso 2: Agregar Pantalla:**

Crea la pantalla necesaria Modo Automático y personaliza su contenido.

#### **Paso 3: Configurar Propiedades:**

Cambia los nombres por defecto de las imágenes a nombres descriptivos.

#### **Paso 4: Establecer Conexiones:**

Configura la conexión entre WinCC Flexible y el dispositivo de control (PLC S7-300).

#### **Paso 5: Pruebas:**

Realiza pruebas en el entorno de simulación para verificar el funcionamiento.

### **3.13. Diseño del Sistema de Control HMI**

Tomando como base los trabajos realizados por: Roque Montalván & Serna Campos (2022), Medina Torres & Javier Arias (2020), Suárez Chaparro & Torres Castillo (2018) y Delgado Guzmán (2021), el diseño del Sistema de control HMI incluye los siguientes pasos:

#### **3.13.1. Diseño e implementación del programa Step 7 para el PLC**

##### **a. Creación de las librerías en el software Step 7**

Para iniciar la creación del Sistema de control, primero creamos las librerías en el Step 7, para luego programar en lenguaje Ladder siendo un lenguaje máquina para el PLC comenzamos creando las librerías de bloques de instrumentos (motores, válvulas, sensor chispero eléctrico), función y datos del sistema.

La Figura 13 ilustra los bloques de instrumentos, función y datos del sistema que se crearon para cargar al PLC.

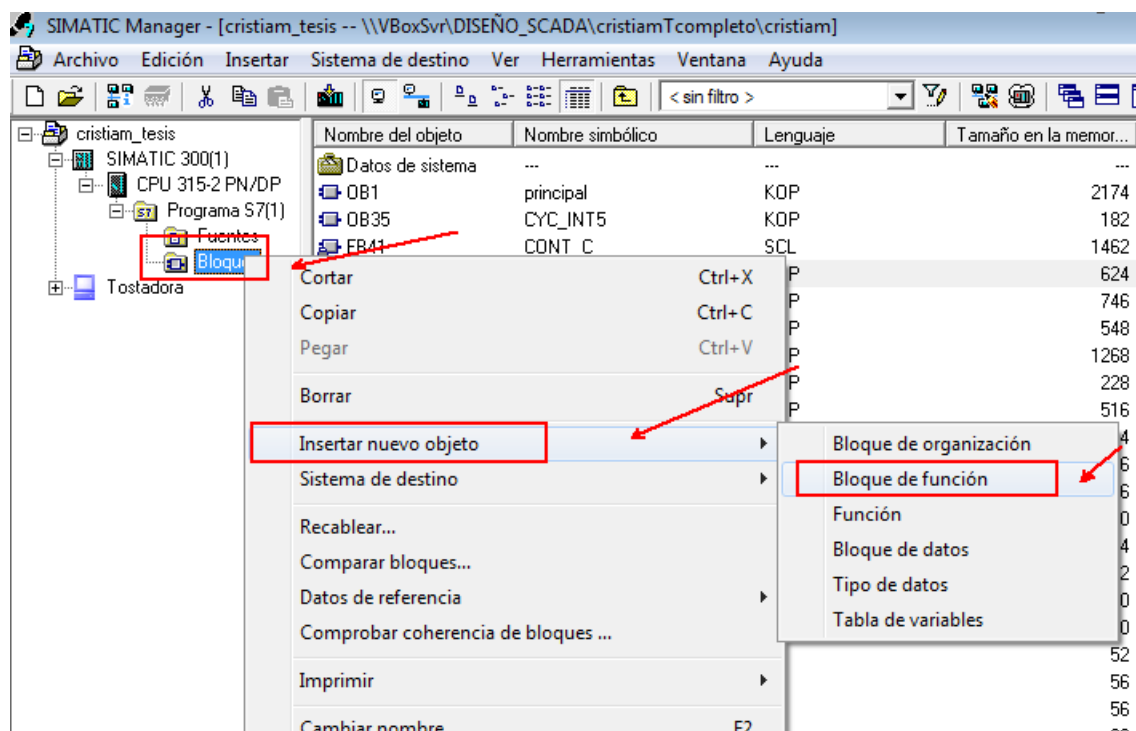
**Figura 13**  
Bloques de instrumentos, función y datos del sistema

Nombre del objeto	Nombre simbólico	Lenguaje	Tamaño en la memoria	Tipo	Versión (encabezado)	Nombre (encabezado)
Datos de sistema	---	---	---	SD8	---	---
OB35	CYC_INT5	KOP	182	Bloque de organizaci.	0.1	codico
FB41	CONT_C	SCL	1462	Bloque de función	1.5	CONT_C
FB1005	MOTOR	KOP	624	Bloque de función	0.1	
FB3005	VALVULA	KOP	746	Bloque de función	0.1	
FB3005	Chispeo Hornilla	KOP	548	Bloque de función	0.1	Val_Prop
FB4005	TOSTADORA	KOP	1268	Bloque de función	0.1	TOS_TAM
FB5005	Temp_D1	KOP	228	Bloque de función	0.2	Temp_D1
FC201	MARCAS ESPECIALES	KOP	516	Función	0.1	
FC201	FECHA_HORA	KOP	484	Función	0.1	
FC1020	Escalado	KOP	236	Función	0.1	
DB1	motor_datos1	DB	56	DB de instancia del...	0.1	Mot_ACC
DB2	valvula_datos1	DB	60	DB de instancia del...	0.1	Val_Acc
DB3	señales_analogicas	DB	64	Bloque de datos	0.1	analogic
DB4	PID_datos	DB	162	DB de instancia del...	0.1	PID_chis
DB5	Datos_chispeo	DB	70	DB de instancia del...	0.1	Dat_Chis
DB6	confirmaciones_MOT_VAL	DB	40	Bloque de datos	0.1	PARAM
DB7	Parametros generales	DB	52	Bloque de datos	0.1	Param
DB8	Motor_datos2	DB	56	DB de instancia del...	0.1	ACC
DB9	Motor_datos3	DB	56	DB de instancia del...	0.1	ACC
DB10	Datos_valvula2	DB	60	DB de instancia del...	0.1	ACC
DB11	Datos_valvula3	DB	60	DB de instancia del...	0.1	ACC
DB12	Datos_Tostadora	DB	74	DB de instancia del...	0.1	Temp
DB13	Parametros_ACC	DB	90	Bloque de datos	0.1	
DB14	Temp_1	(Bloque de datos)	52	DB de instancia del...	0.1	
DB15	Temp_2	(Bloque de datos)	52	DB de instancia del...	0.1	

## b. Creación de la librería motores para el proceso de tostado del café

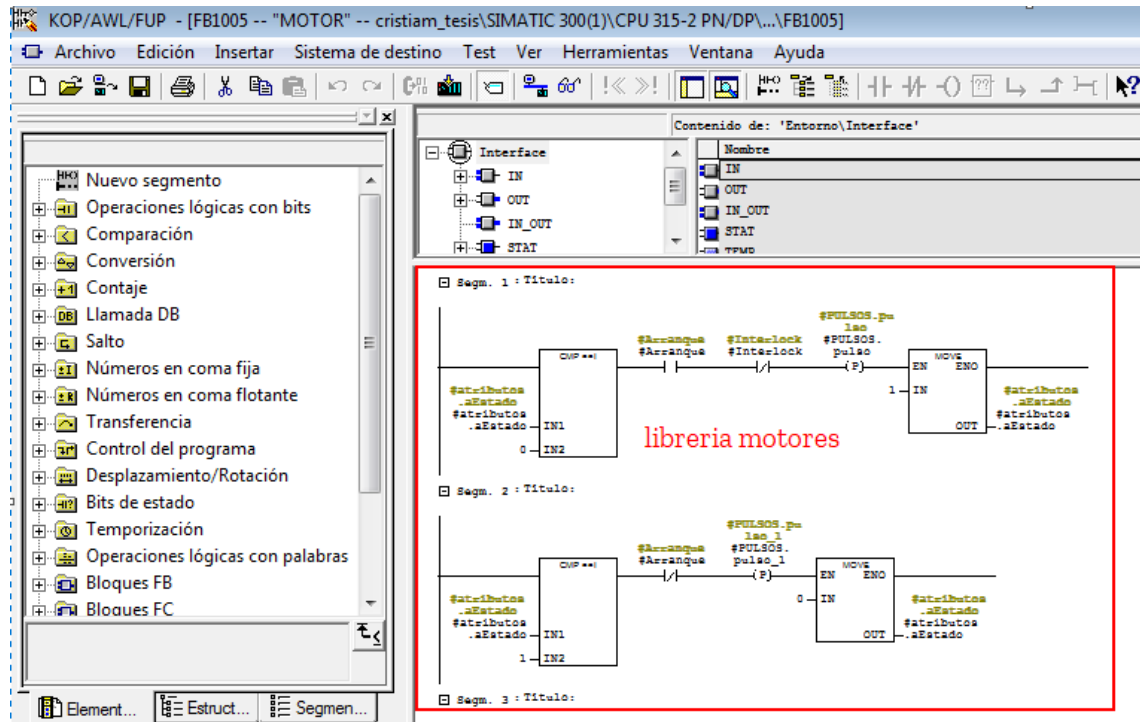
Para la creación de la librería motores primero insertamos un bloque de función mediante el software Step 7 como se ve en la Figura 14.

**Figura 14**  
Creación de Librería motores



Luego de crear la librería motor se realiza programación en Ladder para darle las condiciones de trabajo en el cual se ejecutará los motores como se ve en la Figura 15.

**Figura 15**  
Programación de Librería motores



### c. Creación de la librería sensor temperatura

A Continuación, en la Figura 16 se presenta la creación de la librería del sensor de temperatura.

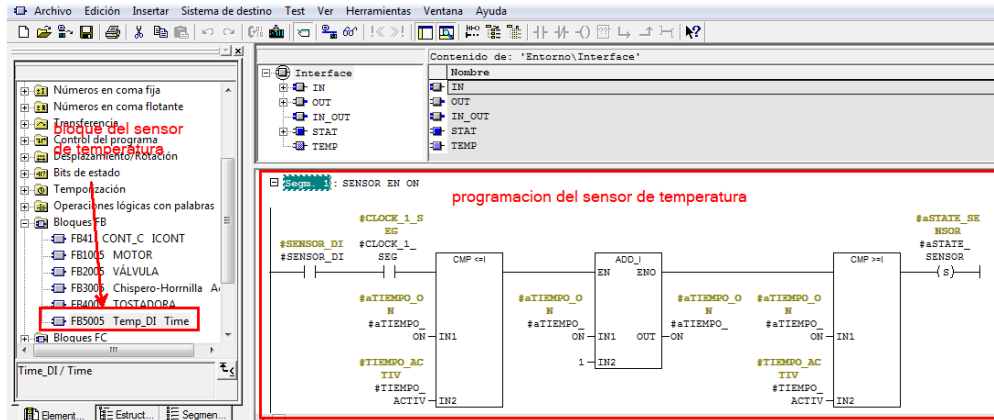
**Figura 16**  
Librería Sensor de Temperatura

Nombre del objeto	Nombre simbólico	Lenguaje	Ta
Datos de sistema	---	---	
OB1	principal	KOP	
OB35	CYC_INT5	KOP	
FB41	CONT_C	SCL	
FB1005	MOTOR	KOP	
FB2005	VÁLVULA	KOP	
FB3005	Chispero-Hormilla	KOP	
FB4005	TOSTADORA	KOP	
<b>FB5005</b>	<b>Temp_DI</b>	<b>KOP</b>	
FC200	MARCAS ESPECIALES	KOP	
FC201	FECHA_HORA	KOP	
FC1000	Escalado	KOP	
DB1	motor_data1	DB	

Seguidamente se programó, esta librería para ayudar a simular el nivel que incrementará la temperatura dentro del tambor de tostado y así poder llegar al setpoint que es el punto

exacto donde queremos que llegue la temperatura para que se active el primer motor y empezar con el proceso de tostado, como se ve en la Figura 17.

**Figura 17**  
*Programación de la librería del Sensor de Temperatura*



#### d. Creación de la librería chispero

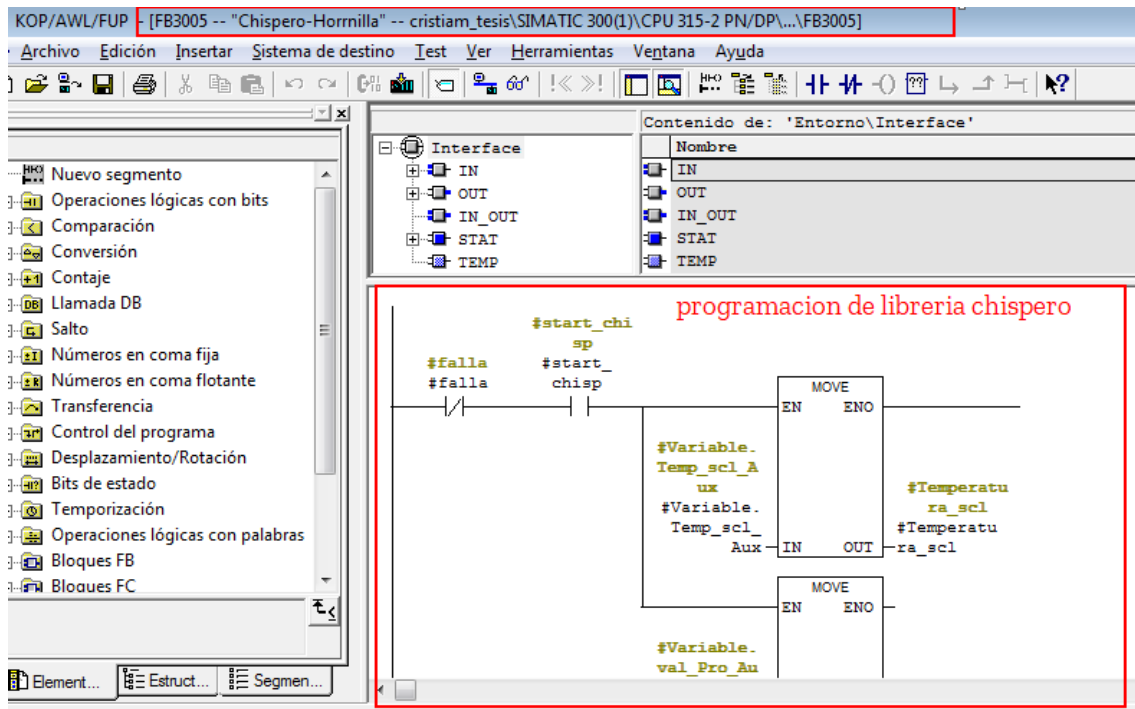
El siguiente paso es la creación de la librería chispero, como muestra en la Figura 18

**Figura 18**  
*Creación de la Librería Chispero*

Nombre del objeto	Nombre simbólico	Lenguaje	Tamaño en la memor...	Tipo	Versió
Datos de sistema	...	...	...	SDB	...
OB1	principal	KOP	2174	Bloque de organizaci...	0.1
OB35	CYC_INT5	KOP	182	Bloque de organizaci...	0.1
FB41	CONT_C	SCL	1462	Bloque de función	1.5
FB1005	MOTOR	KOP	624	Bloque de función	0.1
FB2005	VÁLVULA	KOP	746	Bloque de función	0.1
<b>FB3005</b>	<b>Chispero-Hormilla</b>	<b>KOP</b>	<b>548</b>	<b>Bloque de función</b>	<b>0.1</b>
FB4005	TOSTADORA	KOP	1268	Bloque de función	0.1
FB5005	Temp_DI	KOP	228	Bloque de función	0.2
FC200	MARCAS ESPECIALES	KOP	516	Función	0.1

En la Figura 19 se programó la generación de una chispa eléctrica el cual entrando en contacto con el gas se genera una llama de fuego que va calentar al tambor de tostado.

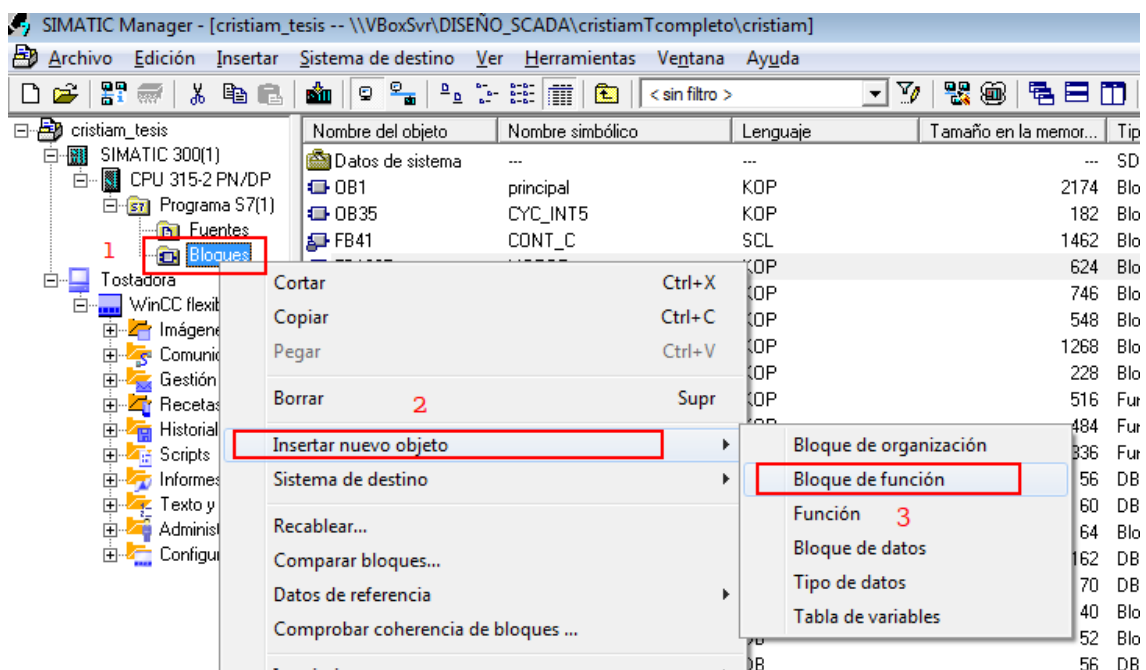
**Figura 19**  
Programación de la Librería Chispero



### e. Creación de la librería tostadora

Creación de la librería principal Tostadora, en esta librería es donde llamaremos y activaremos las demás librerías tales como: librerías de motores, sensores, válvulas, y chispero, etc. también llamado como el control de activación, porque será quien gobierne las demás librerías creadas anteriormente, como se ve en la Figura 20.

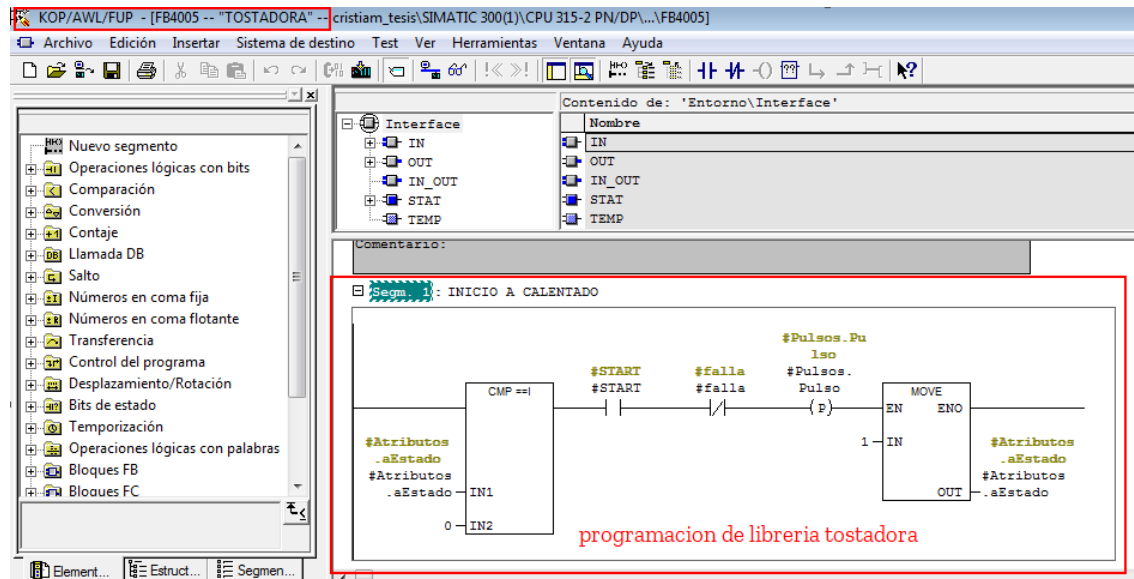
**Figura 20**  
Librería Tostadora





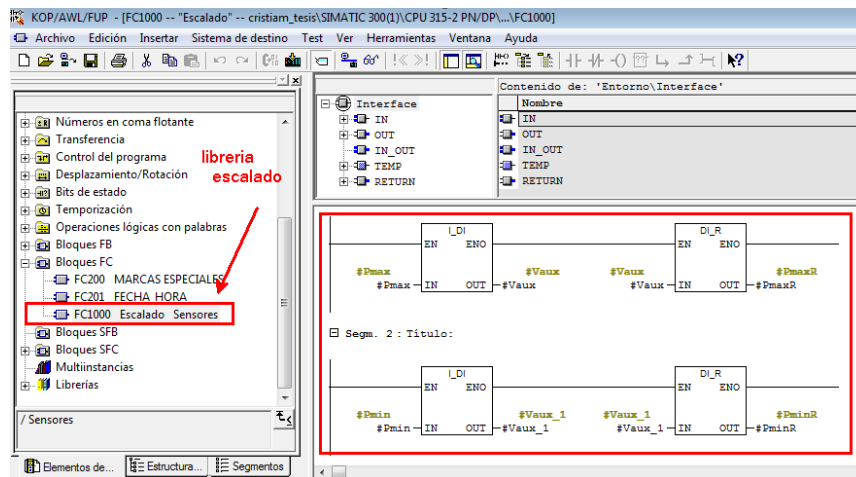
Luego de crear la librería tostadora se realiza la programación de la fase de calentamiento en lenguaje Ladder como se ve en la Figura 21

**Figura 21**  
*Programación de librería Tostadora*



Luego pasamos a crear de la librería Escalado, esto con la finalidad de simular la temperatura entre los valores de 0 a 200 °C. la Figura 22 ilustra la función y la programación correspondiente a la librería escalado.

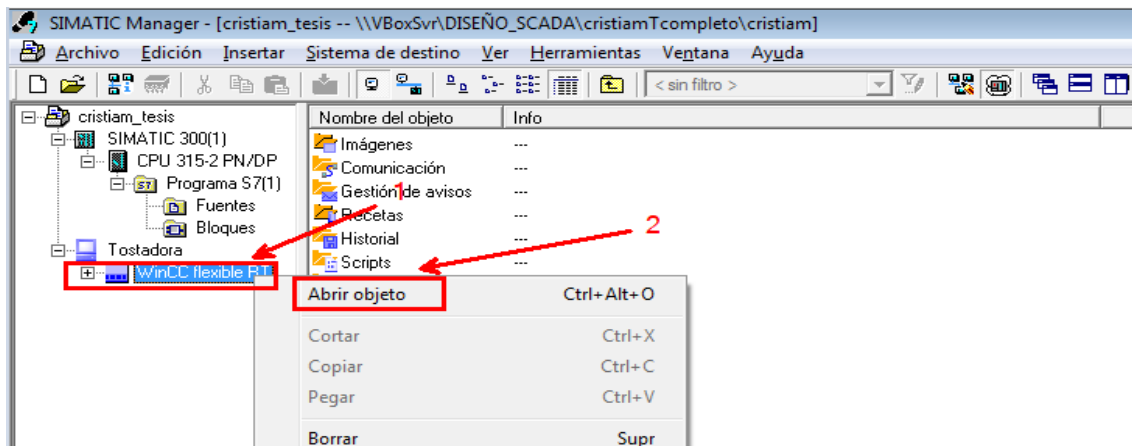
**Figura 22**  
*Librería Escalado*



### 3.13.2. Diseño del interfaz HMI con WinCC flexible

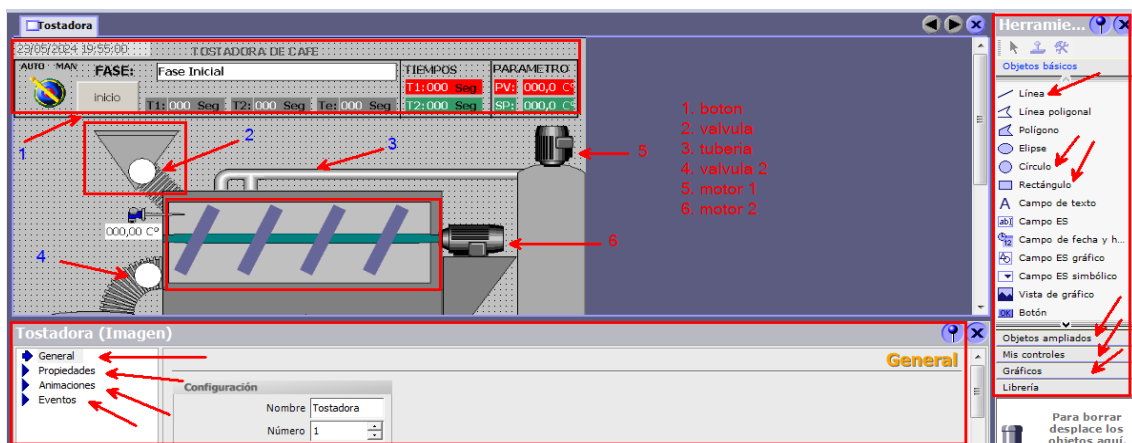
Primero abrir el programa WinCC flexible desde el Step 7, luego empezar a crear los botones, las figuras, los textos, insertaremos los motores, etc. La Figura 23 muestra la apertura del programa WinCC flexible donde se hizo el diseño del HMI.

**Figura 23**  
Ingreso al Programa Step7



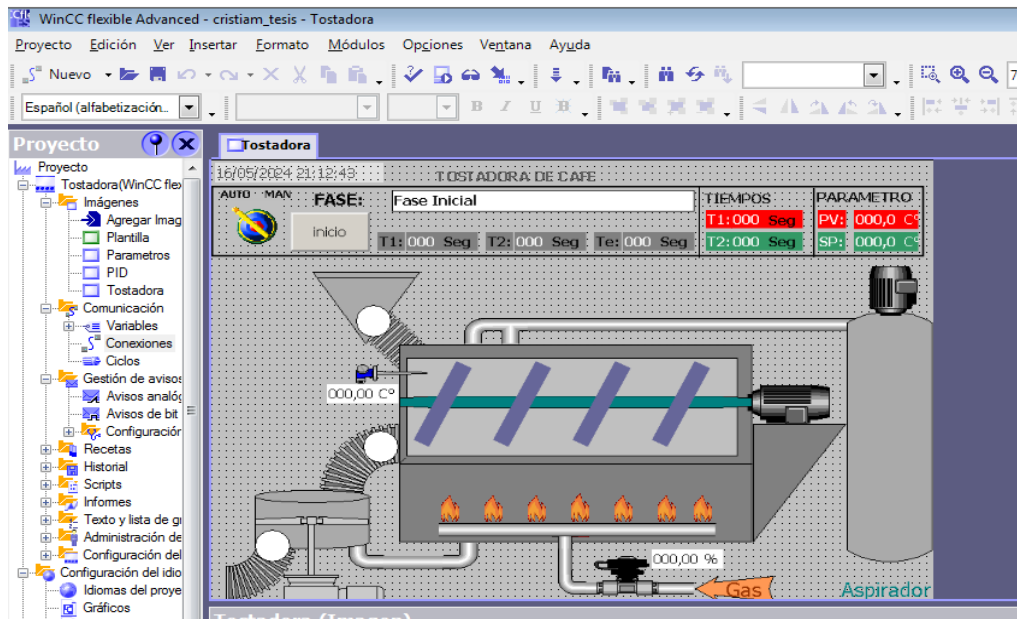
La Figura 24 muestra algunos elementos que se utilizó para la creación del diseño del interfaz del sistema para el tostado del café con el cual trabajara el operador de la máquina.

**Figura 24**  
Elementos del Sistema de Control



En la Figura 25 se presenta el diseño final de la interface que verá el operador de la máquina tostadora, en el cual se usaron botones, motores, diseño de la tostadora mediante gráficos, inserción de figuras, variables, pantallas, animaciones, etc.

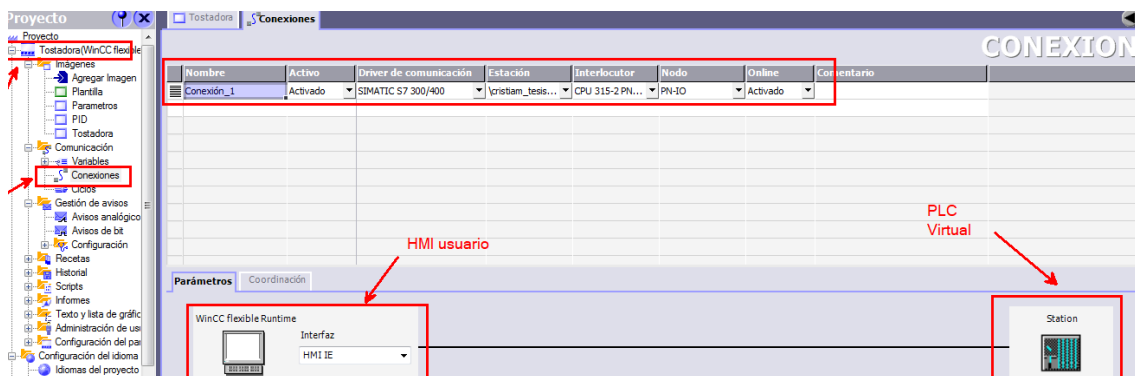
**Figura 25**  
Diseño de la pantalla HMI



#### a. Conexión del HMI al PLC

La conexión del HMI al PLC es fundamental para poder extraer los datos desde el HMI sin necesidad de estar conectándose al PLC mediante el programa Step 7, en la Figura 26 podemos apreciar que tanto el PLC y el HMI están en la misma línea de conexión, garantizando de esta manera que las librerías de datos creados en el Step 7 sean visualizadas desde HMI.

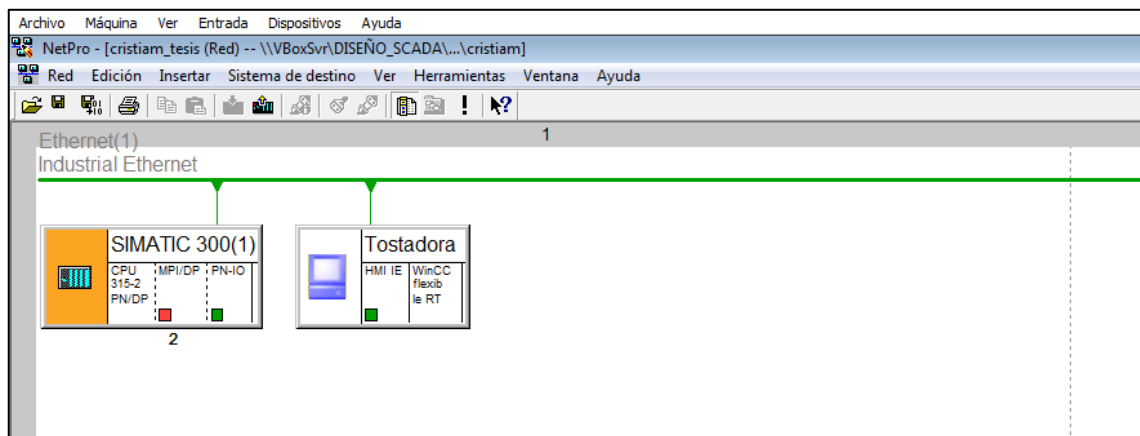
**Figura 26**  
Conexión de HMI al PLC



La Figura 27 muestra la conexión por hardware del CPU del PLC virtual y el HMI

**Figura 27**

*Conexión por Hardware PLC y HMI*

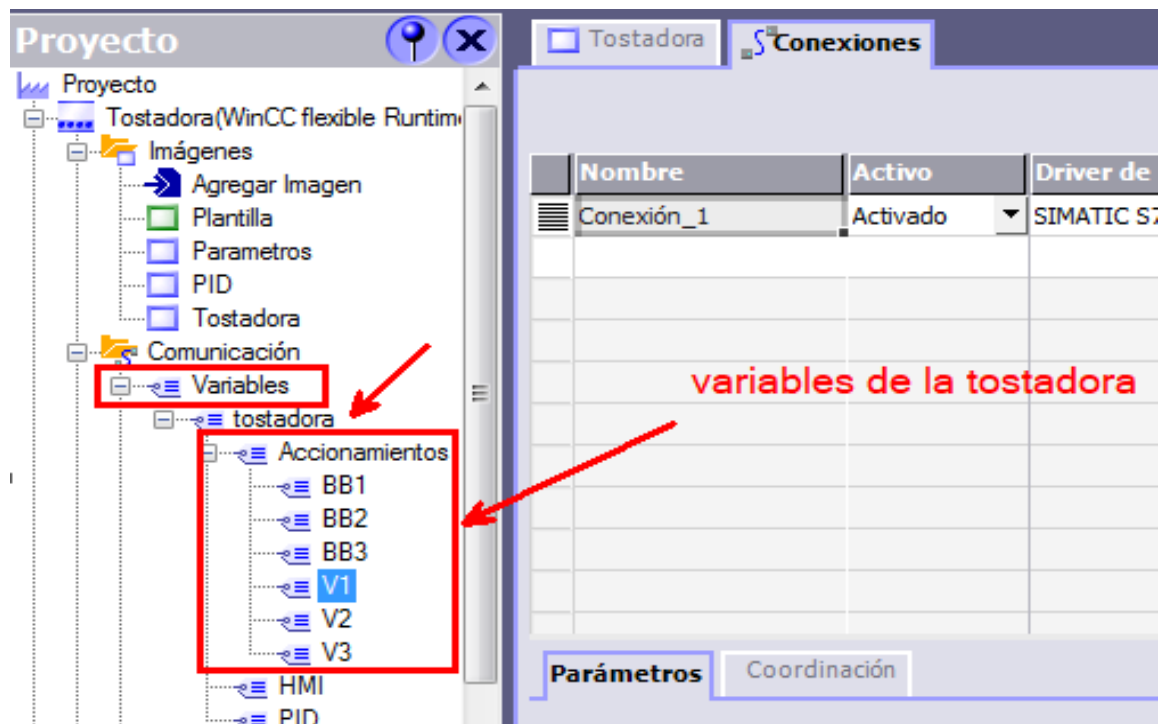


**b. Cargar las variables de los bloques de datos del PLC al HMI**

la Figura 28 muestra las variables que contiene los datos la librería tostadora que se cargaron del Step 7 al programa WinCC flexible.

**Figura 28**

*Bloque de datos en el HMI*



Luego se relacionan las variables del HMI cargadas anteriormente, como muestra la Figura 29.

**Figura 29**  
*Relación de variable del HMI*

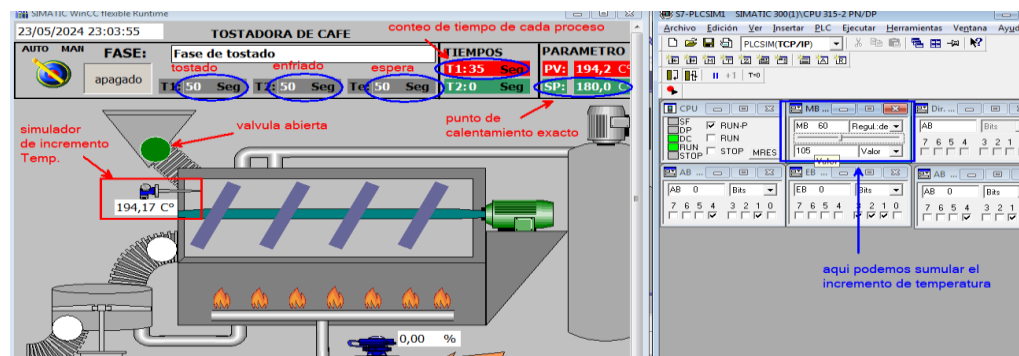
Nombre	Nombre a visualizar	Conexión	Tipo de datos	Símbolo
Esatado-Tosta...		Conexión_1	Int	Esatado-Tostadora
Parametros ge...		Conexión_1	Int	Estado_Chispero
Parametros ge...		Conexión_1	Bool	Manual_auto
Parametros ge...		Conexión_1	Int	Tiempo1_contando
Parametros ge...		Conexión_1	Int	Tiempo1_Tostadora
Parametros ge...		Conexión_1	Int	Tiempo2_enfriado
Parametros ge...		Conexión_1	Int	Tiempo2_contando
Parametros ge...		Conexión_1	Int	Tiempox_contando
Parametros ge...		Conexión_1	Int	Tiempox_espera
Parametros_A...		Conexión_1	Bool	Falla_chispero
Parametros_A...		Conexión_1	Bool	Reset_chispero
Parametros_A...		Conexión_1	Bool	Start_chispero
Parametros_A...		Conexión_1	Int	Estado_tostadora
Parametros_A...		Conexión_1	Bool	Falla_tostadora
Parametros_A...		Conexión_1	Bool	Fnalizado_tostadora
Parametros_A...		Conexión_1	Bool	start_Tostador

### 3.13.3. Procedimiento para la simulación del sistema de control

#### a. Simulación del Setpoint

En la parte de prueba final, se ingresan datos de tostado enfriado y tiempo de espera del sistema, configuración del setpoint a 180 °C así mismo se hace la simulación del incremento de temperatura del sensor como ilustra la Figura 30.

**Figura 30**  
*Prueba Final del Sistema*

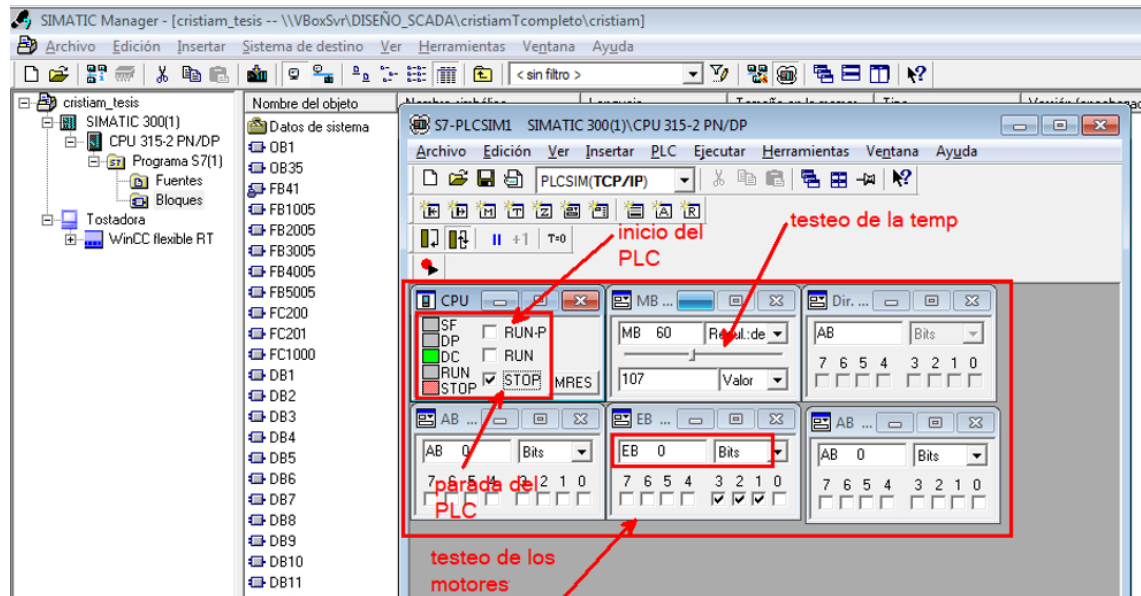


## b. Simulación del regulador de temperatura

En la Figura 31 se puede ver las entradas y salidas, inicio del PLC, regulador de temperatura el cual se activa con un clic, encendido y apagado del PLC virtual de esta manera se prueba el arranque del sistema de control.

**Figura 31**

*Pruebas del Sistema de Control*



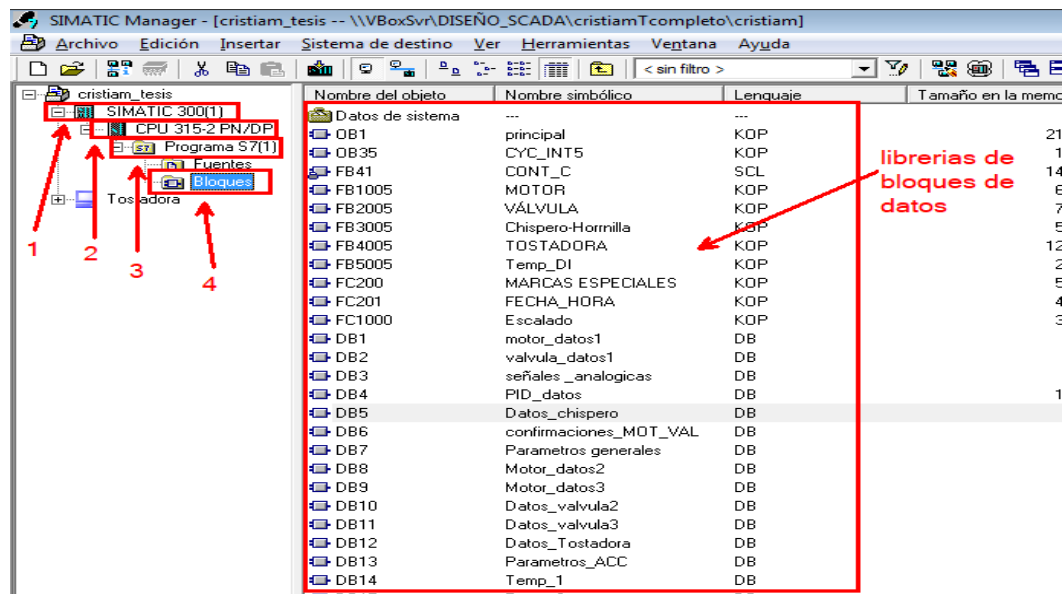
## c. simulación de arranque del sistema de control

Primero cargar el sistema de control en el programa Step 7 luego, seguimos los siguientes pasos:

- Ingresamos a la carpeta principal SIMATIC 300
- Desplegamos la sub carpeta del CPU. CPU 315-2 PN/DP
- Ingresar a la carpeta Programa S7
- Por último, abrir la carpeta de bloques y cargar la librería de datos al Sistema.

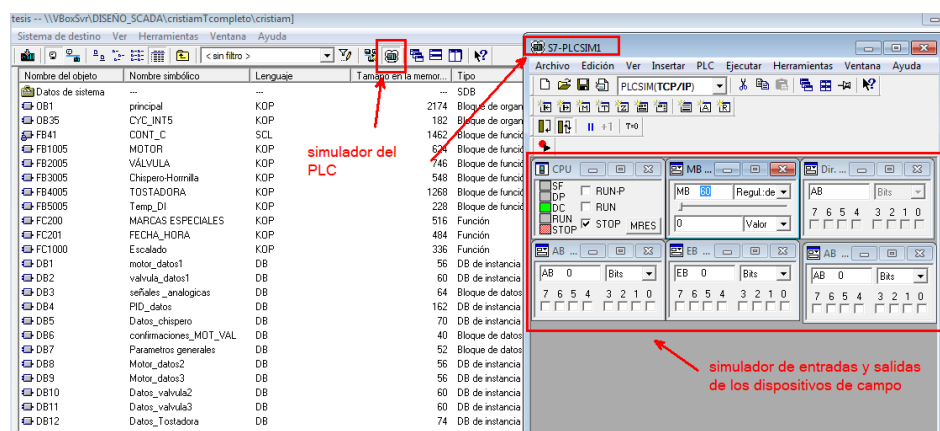
La Figura 32 ilustra los 4 pasos descrito.

**Figura 32**  
Bloques del Programa en el Step 7



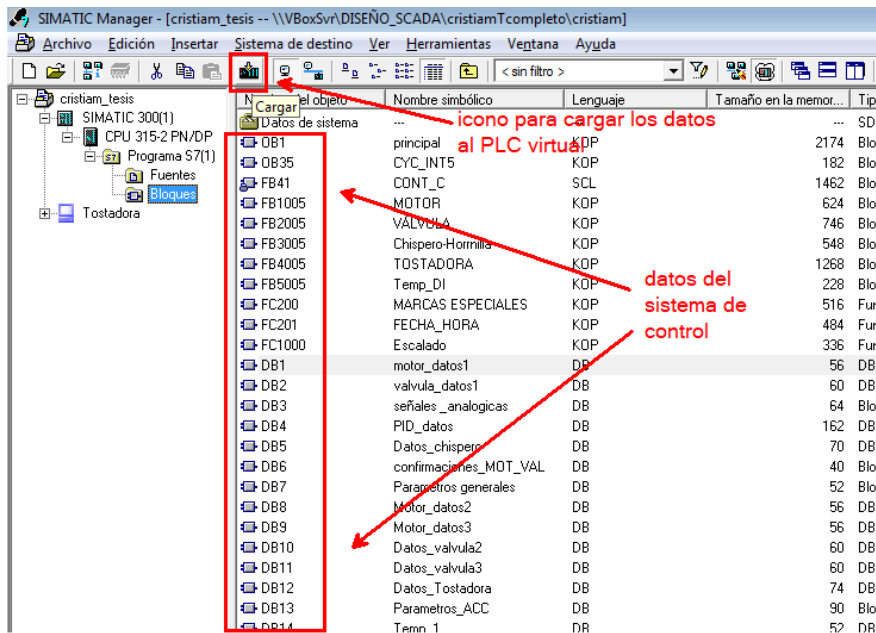
Luego de abrir el proyecto tenemos que correr la simulación del PLC virtual que estamos utilizando como se muestra en la Figura 33.

**Figura 33**  
Simulador del PLC



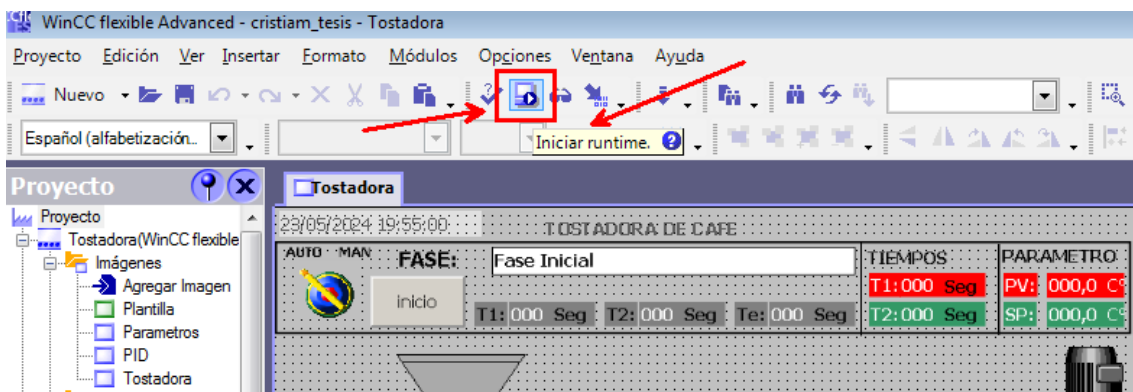
Una vez que el PLC virtual está corriendo, se procede a cargar los bloques de datos al PLC para tener el sistema con datos listo y así poder realizar las tareas específicas que le daremos al sistema de control. La Figura 34 describe como cargar los datos al PLC.

**Figura 34**  
Cargar datos al PLC



Luego de cargar los datos al PLC virtual, entramos al programa WinCC flexible donde iniciaremos la simulación del sistema de control para lo cual hacemos clic en el icono de iniciar runtime que se aprecia en la Figura 35.

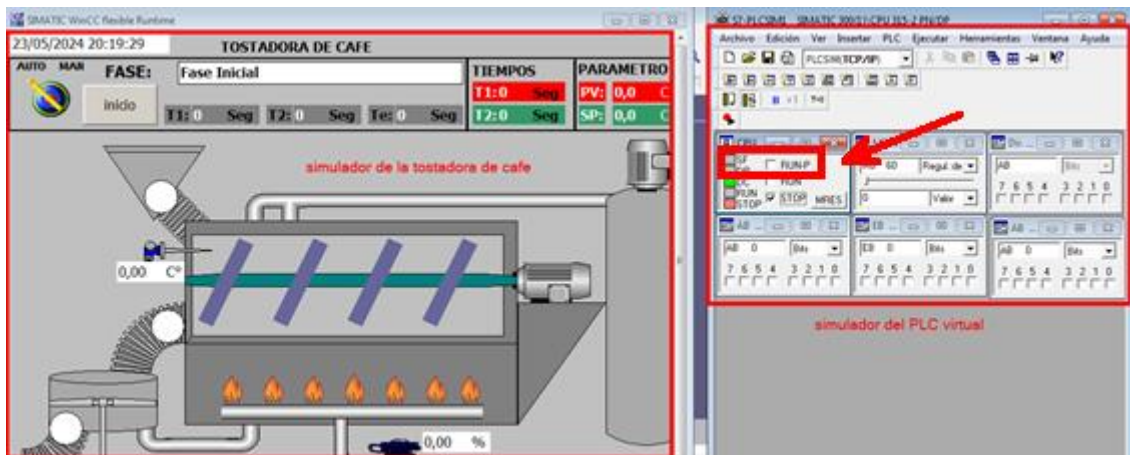
**Figura 35**  
Simulación en el WinCC flexible



Para ver la simulación en tiempo real tenemos que activar el PLC y poner los parámetros necesarios para la puesta en marcha de la maquina tostadora de café, como se muestra en Figura 36.

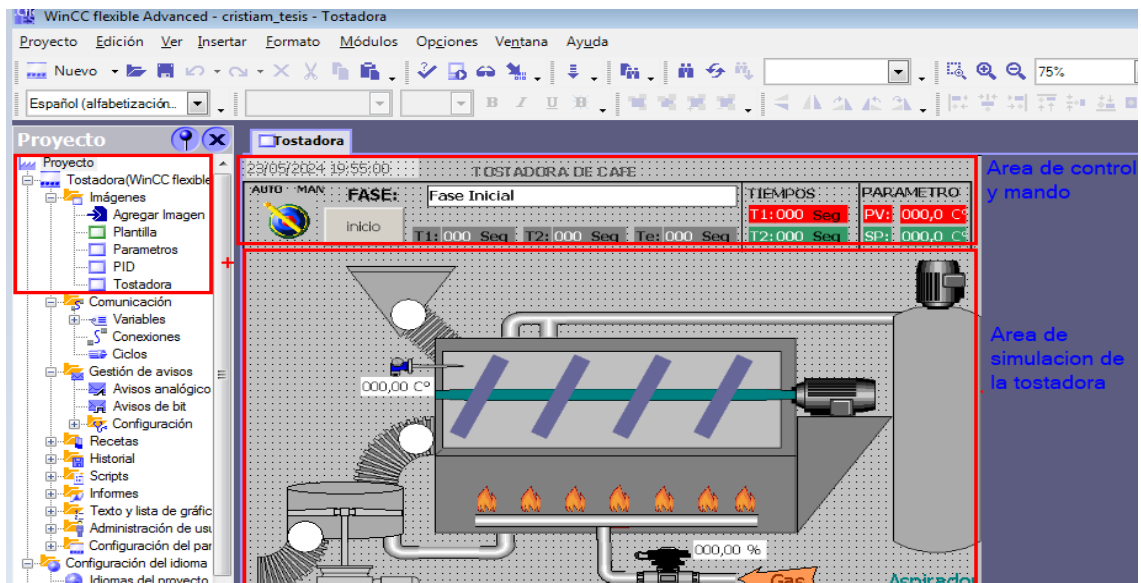


**Figura 36**  
Activación del PLC virtual



A continuación, en la Figura 37 se puede apreciar las diferentes partes principales del sistema de control que el operador percibirá en la pantalla del sistema de control HMI en tiempo real.

**Figura 37**  
Partes del Sistema de Control



## CAPÍTULO IV. Resultados, contrastación de hipótesis y discusión

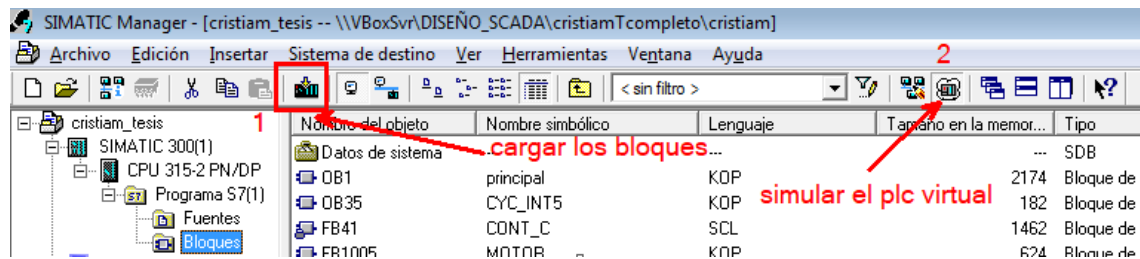
### 4.1. Resultados

#### 4.1.1. Resultados del diseño de un sistema de control de tiempo para el proceso de tostado y enfriado del Café.

Se abre el programa STEP 7, luego la carpeta principal SIMATIC 300, seguido de ello se ingresa a la carpeta Programa S7, después tenemos que cargar los bloques de datos al sistema para posterior simular en nuestro PLC virtual como se ve en la Figura 38.

**Figura 38**

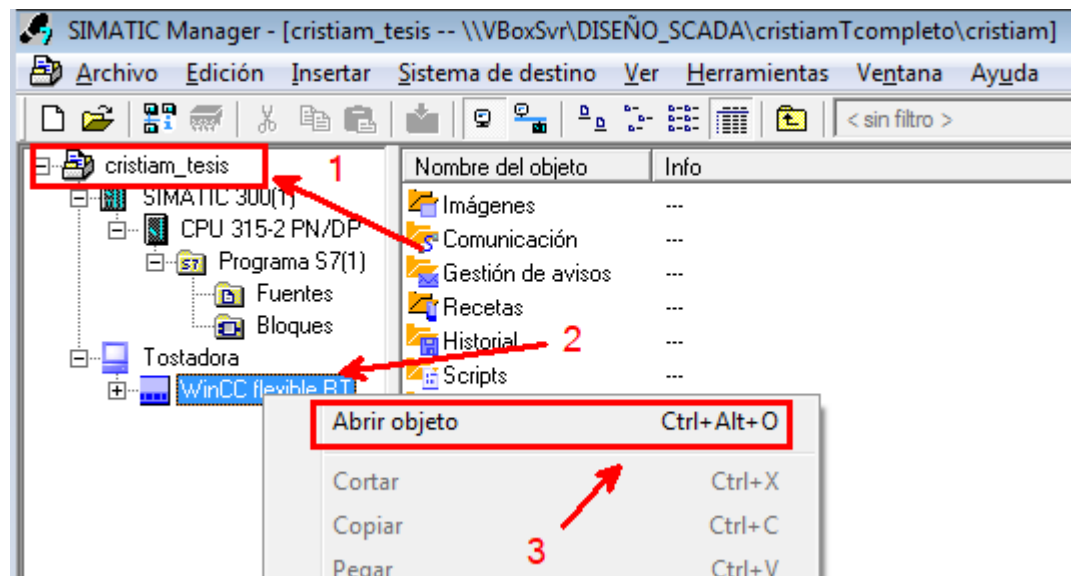
*Step 7 Cargar bloques*



Luego de cargar los datos abrir el programa WinCC flexible como se ve en la Figura 39

**Figura 39**

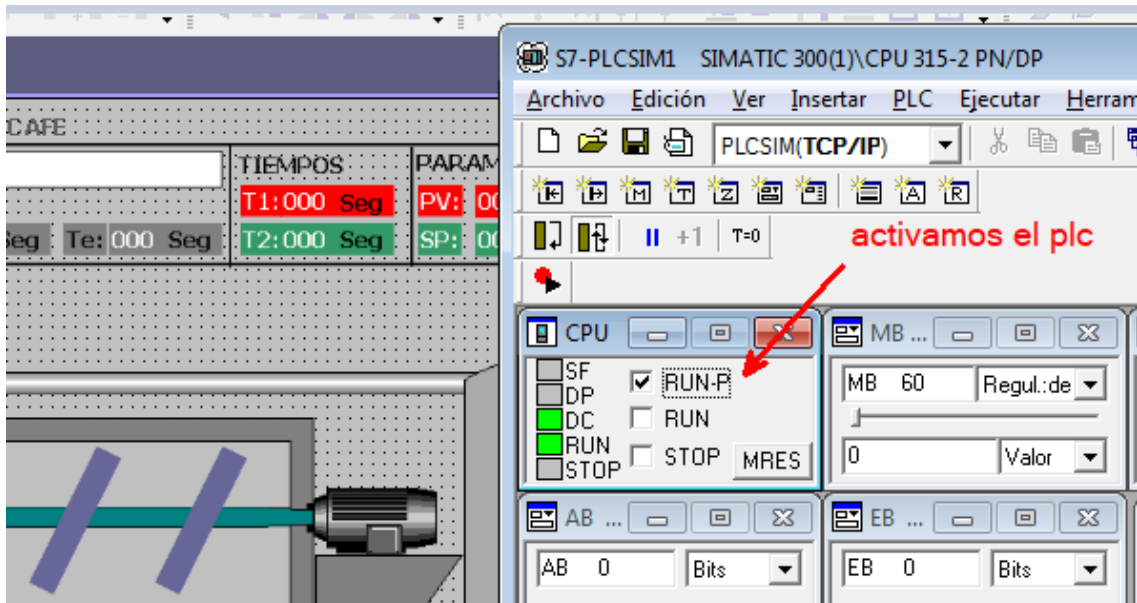
*WinCC flexible abrir Programa*



Antes de simular el sistema de control en el WinCC flexible, prendemos el PLC virtual como se ve en la Figura 40.

**Figura 40**

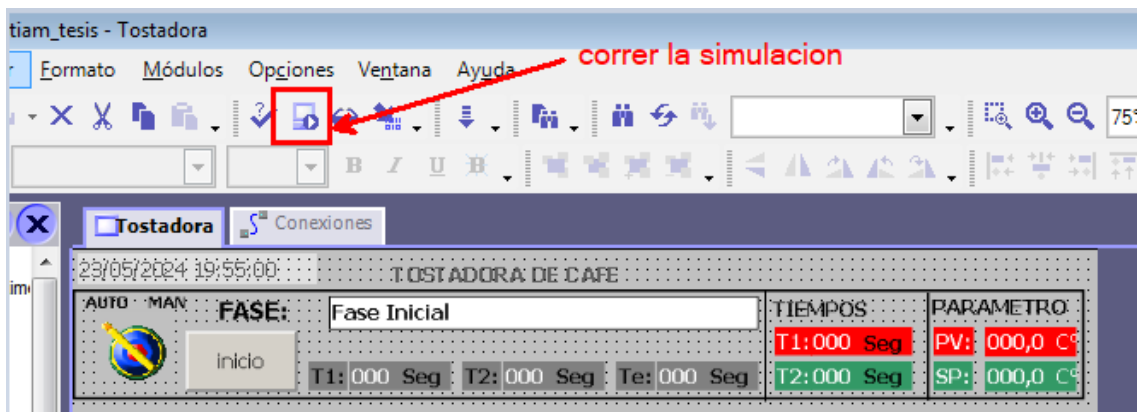
*Activación del PLC Virtual*



Posterior a prender el PLC virtual corremos el sistema de simulación en el programa WinCC flexible, como se ve en la Figura 41.

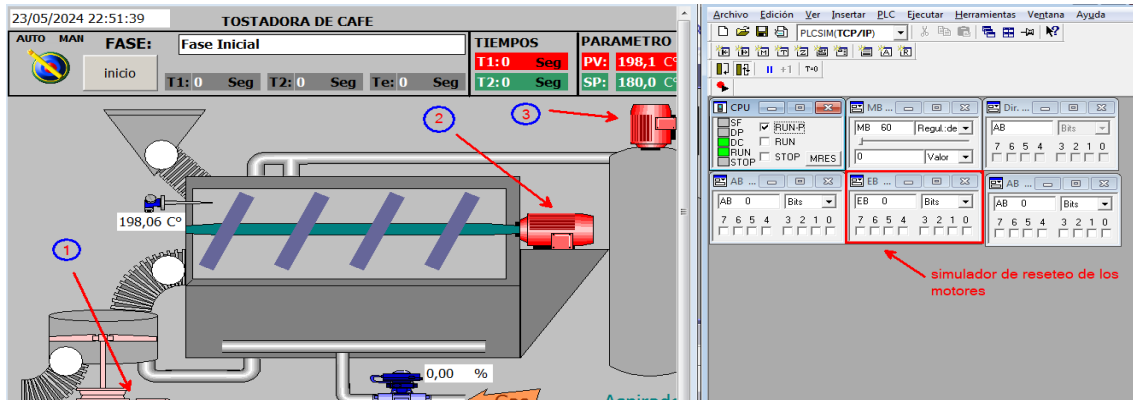
**Figura 41**

*WinCC flexible Correr Simulación*



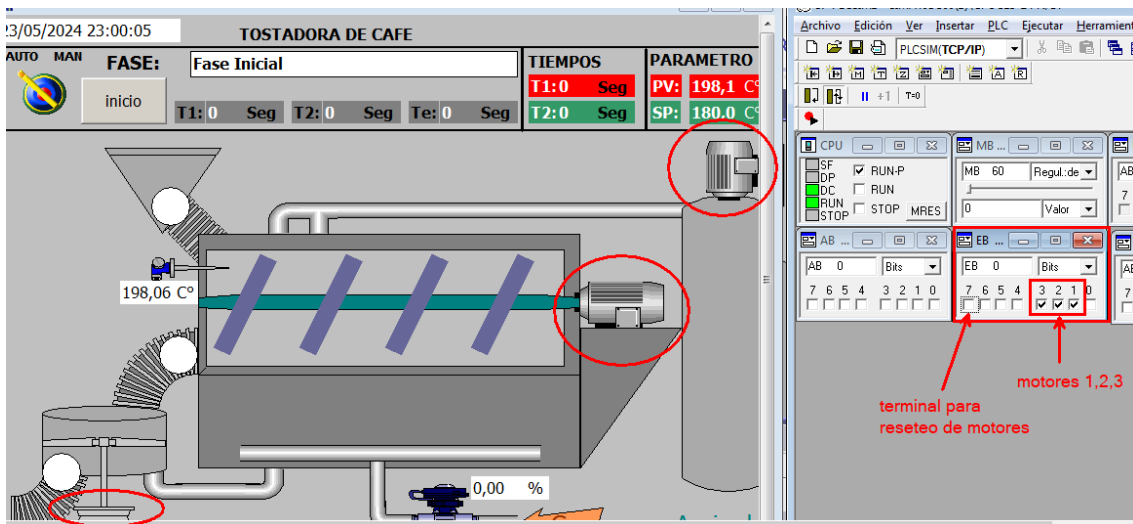
Después de ejecutar la simulación del sistema de control tenemos que resetear los motores, para ponerlo en para la marcha en fase inicial, para lo cual utilizamos el PLC virtual para el reseteo Figura 42.

**Figura 42**  
*Reseteo de Motores*



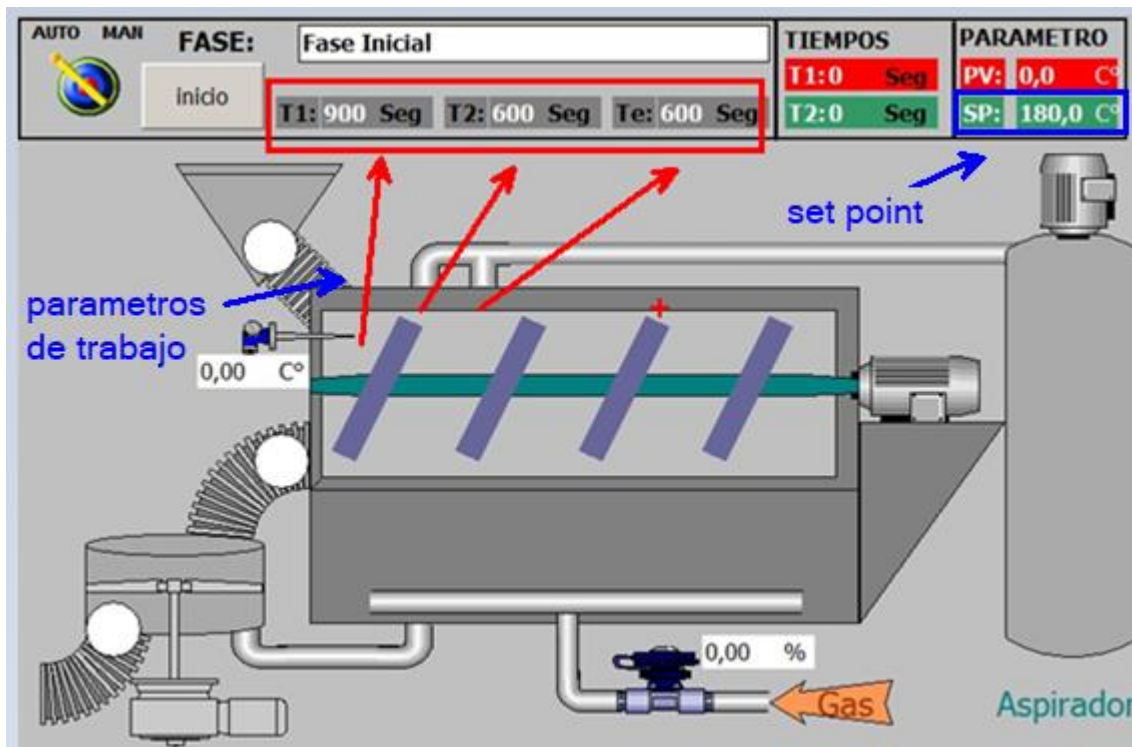
En la Figura 43 se ve la activación de motores listos para entrar en marcha.

**Figura 43**  
*Activación de Motores*



Por último, paso se muestra en la Figura 44 el ingreso de los parámetros de trabajo para la simulación del sistema de control de tostado T1,T2,T3 y SP.

**Figura 44**  
Parámetros del trabajo Inicial



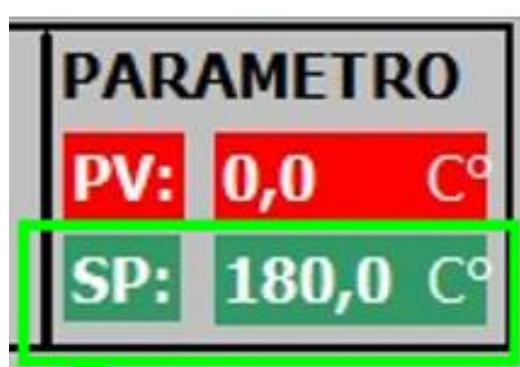
En el sistema de control diseñado muestra el tiempo T1 (tiempo de tostado), T2 (tiempo de enfriado) y T3 (tiempo de espera), en donde a T1 se inserta los valores de 900 segundos, el cual equivale a 15 min que demora el tostado. Luego se inserta T2 siendo el tiempo de enfriado de 600 segundos que equivalen a 10 min, y por último el Te (tiempo de espera) que son 600 segundos que equivalen a 10 min, de esta manera se programa los tiempos en el sistema de control para dar inicio el proceso de tostado, y por último insertamos SP (setpoint) de 180 °C siendo así la temperatura ideal a donde debe llegar para que el café empiece su proceso de tostado.

Se utilizó los tiempos en segundos para una mejor precisión en cuanto a la medición requerida para el tostado ideal del café, ya que cada café según su origen de producción varía por segundos en cuanto al tiempo de tostado y enfriado del proceso.

#### **4.1.2. Resultados del diseño de un sistema de control de temperatura para el proceso de tostado del Café.**

En la Figura 45, en la sección parámetros se observa dos variables uno es el setpoint (SP) que es el punto de calentamiento de temperatura donde debe llegar el cilindro del tostado.

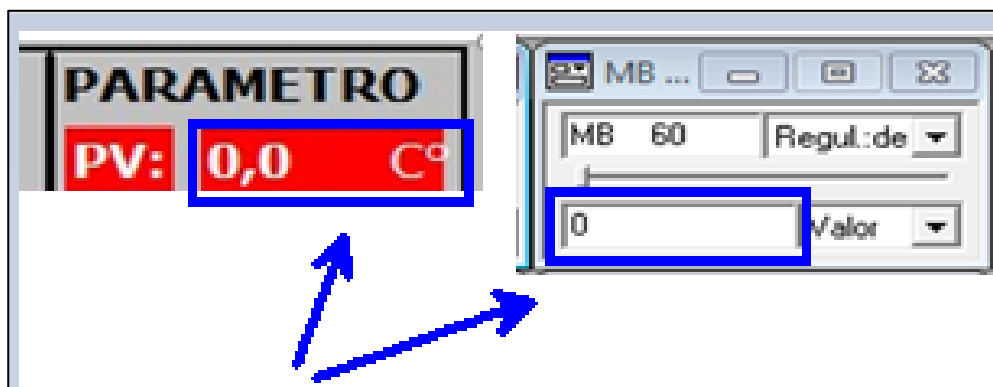
**Figura 45**  
*Parámetro del Set Point*



Por otra parte, en la sección parámetro también tenemos la variable de proceso (VP). Con esta variable se realiza la simulación del incremento de temperatura debido a que no tenemos un sensor físico para la simulación, esta variable nos indica en cuanto va subiendo la temperatura dentro del tambor de tostado, gracias al regulador de variable decimal.

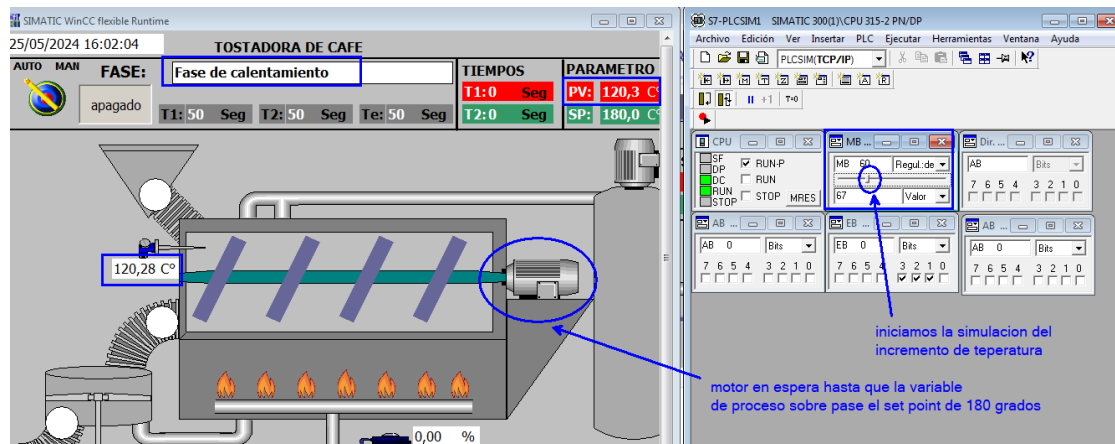
Dicha simulación de temperatura se hará de forma manual debido que no tenemos un sensor físico, para lo cual en la Figura 46 podemos apreciar que tanto la PV (variable de proceso y el regulador se encuentran en 0 °C y a medida que avancemos el regulador decimal simulando el incremento de temperatura el PV también incrementara en la sección parámetro.

**Figura 46**  
*Parámetro de Variable de Proceso*



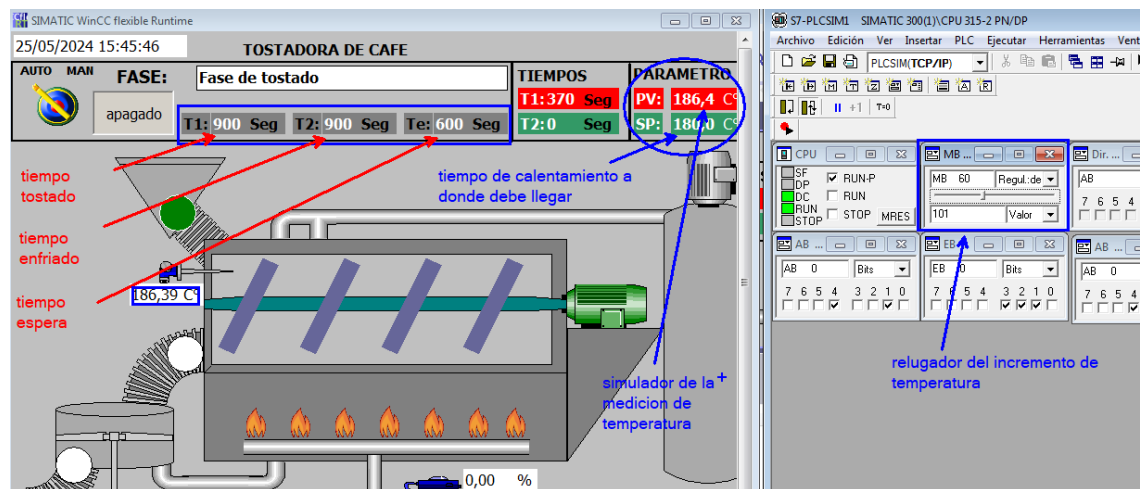
En la Figura 47 se ve el incremento que llego a medir el sensor de temperatura de en tiempo real, así mismo podemos ver en la sección parámetro y en la lectura del diseño del sensor de la máquina que se encuentra en el mismo rango de lectura.

**Figura 47**  
*Sensor Temperatura de Incremento*



En la presente imagen se ve que el sensor supero el setpoint (ST) el cual es 180 grados de temperatura esto hace que la electroválvula de ingreso de café se apertura y también el motor 1 se active, comenzando así el proceso de tostado del café como se ve en la Figura 48.

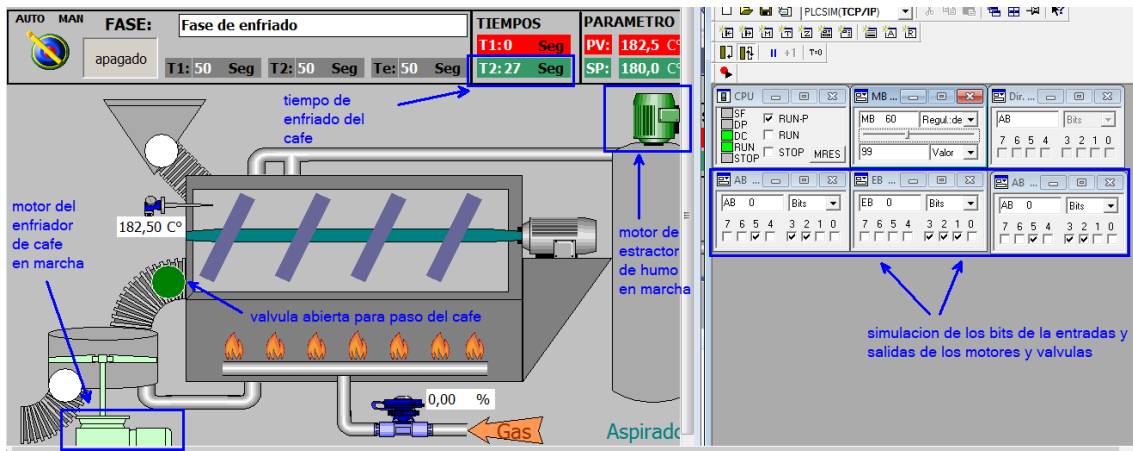
**Figura 48**  
*Fase de Tostado*



En la Figura 49 se muestra la segunda parte del proceso que viene a ser el enfriado del café en este proceso pasado el tiempo de tostado establecido por el operador se apertura la electroválvula

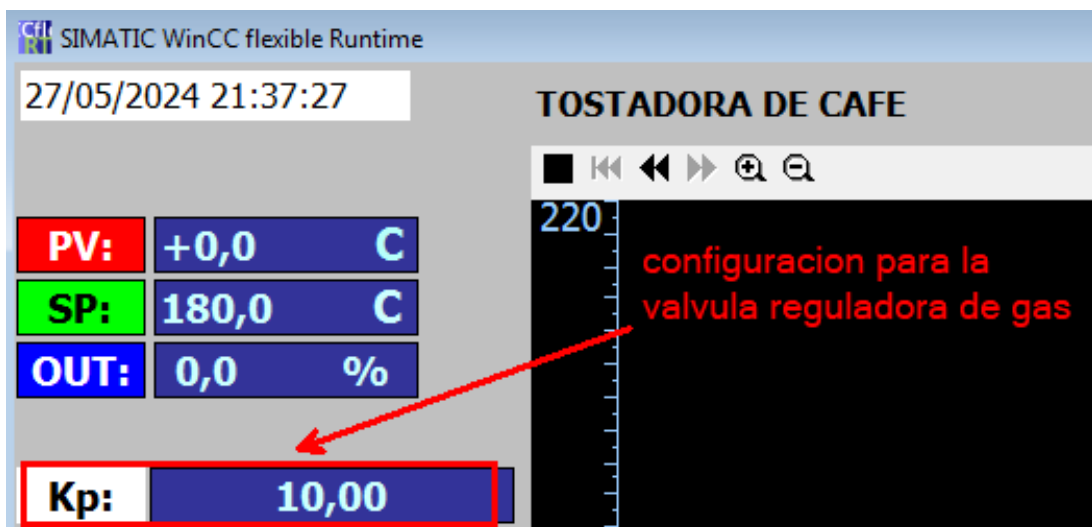
2 para que el café pase a la maquina enfriadora, y simultáneamente se enciende el motor 2 quien extrae el aire caliente y polvo del enfriador como también del tambor de tostado.

**Figura 49**  
*Fase de Enfriado*



Por último, le damos una condición a la válvula de gas que será controlado por la librería PID quien mantenga regulado el ingreso y cierre de gas cuando la temperatura baje o suba de 180 °C, como se muestra en la Figura 50.

**Figura 50**  
*Configuración de Válvula Reguladora*





Ya realizado las configuraciones adecuadas para el tostado le damos clic en el inicio para que empiece el proceso de tostado de café, como se ve en la Figura 51.

**Figura 51**

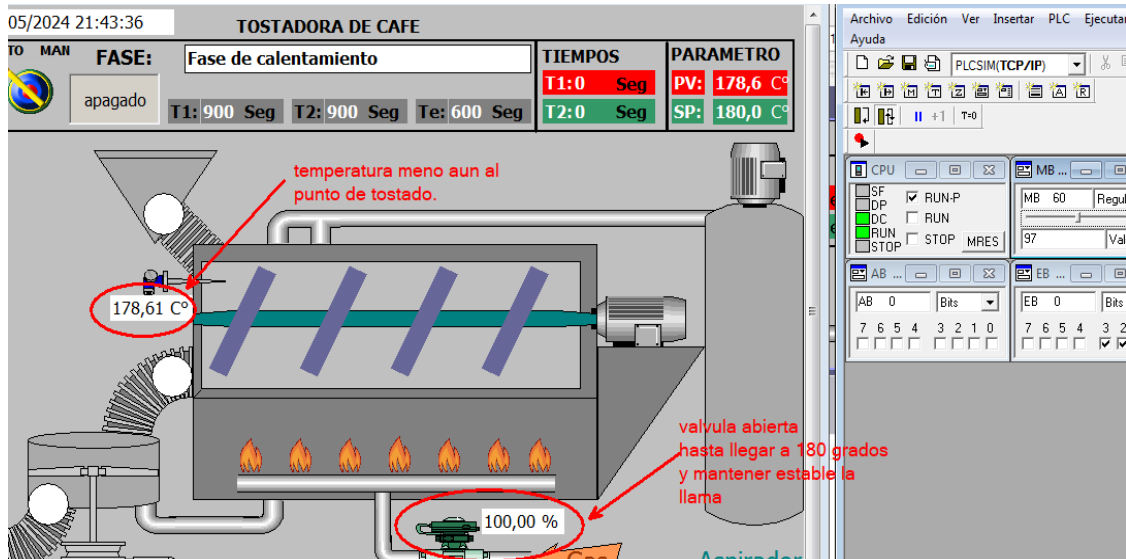
*Inicio de fase*



En la siguiente Figura, la lectura del sensor es inferior aun al setpoint (SP) ingresado anteriormente por el operador lo cual hace que la válvula proporcional aun este abierta trabajando y continuara abierta al 100% hasta que la lectura del sensor y la variable de proceso PV sobre pasen los 180 °C a continuación se puede ver en la Figura 52.

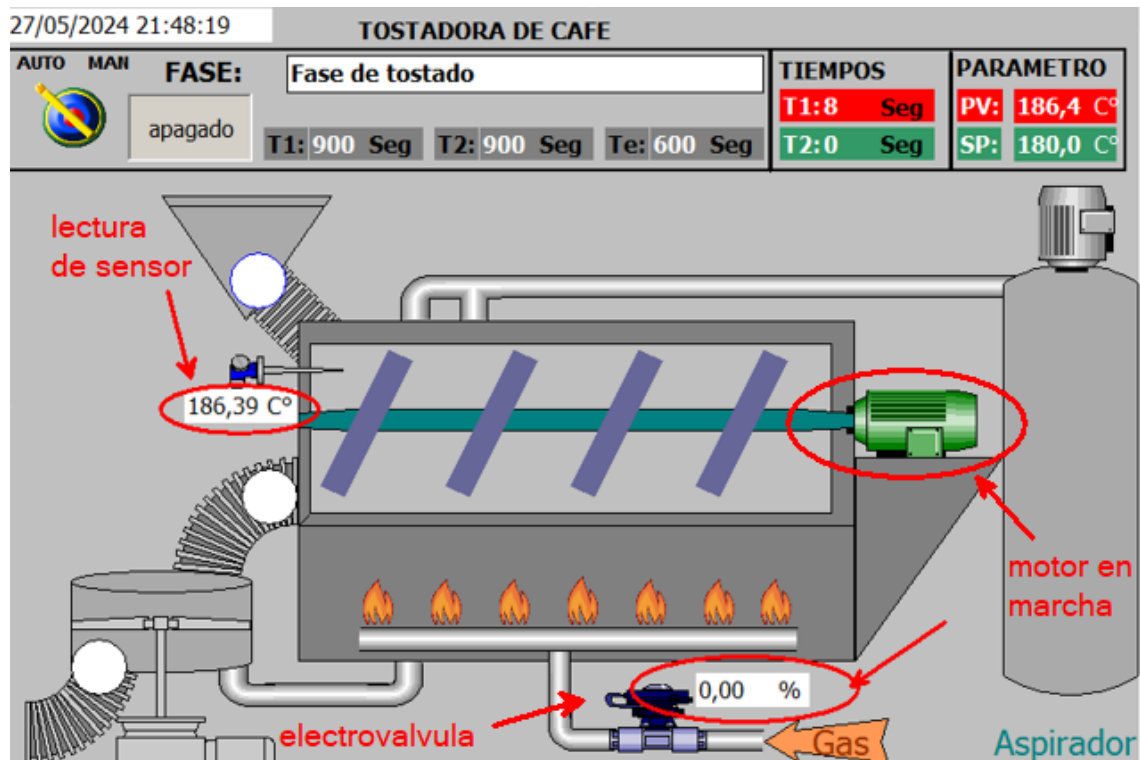
**Figura 52**

*Simulación del PV en el Sistema*



En la Figura 53 se aprecia que la temperatura paso los 180 °C y por tanto ocurre el cierre temporal de la válvula de gas para luego abrirse de nuevo una vez que el sensor lea una temperatura inferior a 180°C, y la válvula proporcional continuara manteniéndose en esa condición controlado por la librería PID para la válvula proporcional que es quien controla la apertura y cierre temporal durante el proceso de tostado del café.

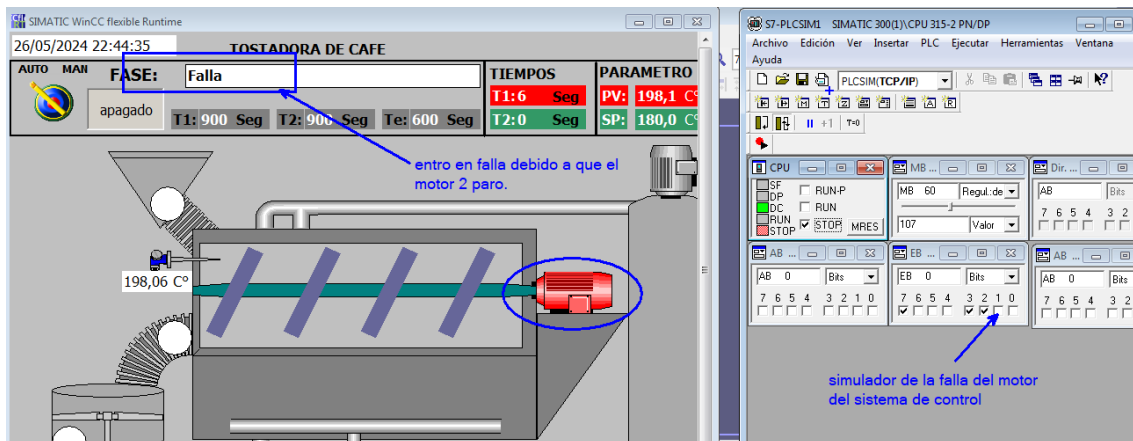
**Figura 53**  
Arranque del primer motor



#### 4.1.3. Resultados del diseño de un sistema de control de fallas en el proceso de tostado del Café.

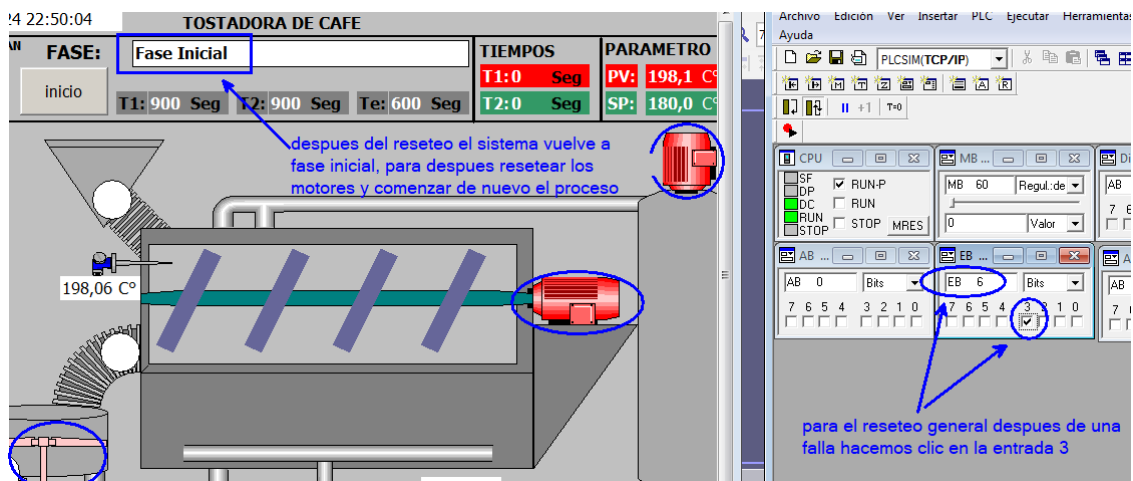
El sistema de control de fallas de los motores se verá reflejado de color rojo cuando el motor este parado por cualquier motivo, esto con la finalidad de que el operador vea la pantalla y pueda tomar acciones de inmediato para no agrandar el problema de la máquina. Una vez solucionado el problema se deberá hacer un reseteado general de todo el sistema, a continuación, en la Figura 54 vemos cuando un motor del sistema entra en falla.

**Figura 54**  
*Sistema motor en falla*



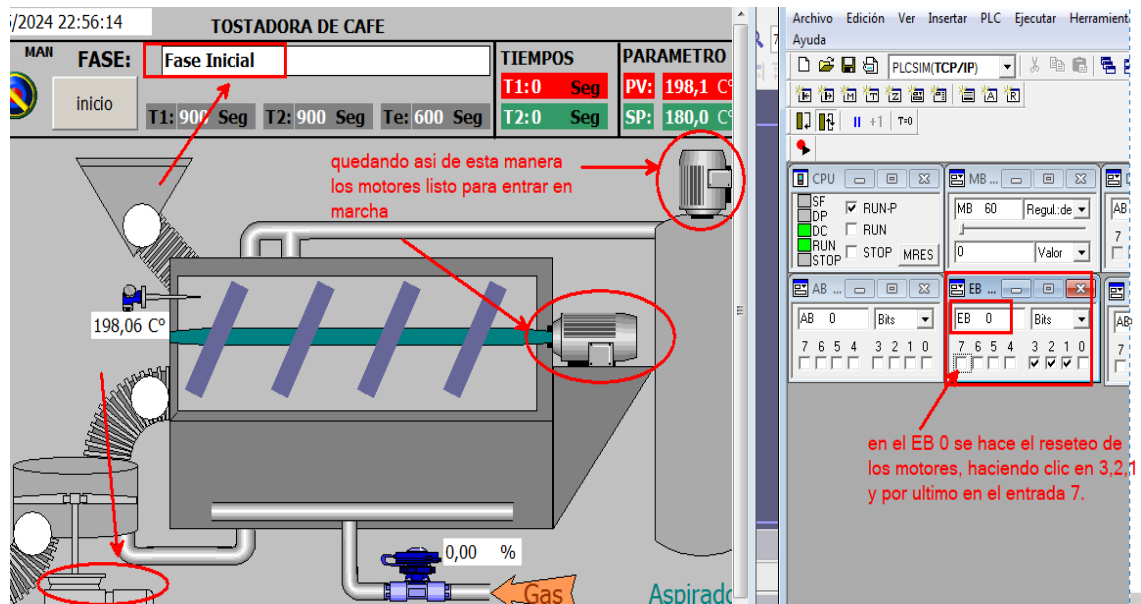
Para reiniciar el proceso y poner en marcha el motor que entro en falla se realiza un reseteo general como se ve en la Figura 55

**Figura 55**  
*Falla Reseteo General de los Motores*



En la Figura 56 se ve que los motores ya no están de color rojo lo cual indicaba que estaban en falla, debido a que ya fueron reseteados y están listo para entrar en marcha nuevamente.

**Figura 56**  
Sistema Motores para entrar en marcha



Para retomar el proceso hacemos clic de nuevo en el botón INICIO y de esta manera el proceso retomara desde la fase inicial, como se puede ver en la Figura 57.

**Figura 57**  
Reinicio del proceso de tostado



## 4.2. Contrastación de hipótesis

### Hipótesis general

El diseño de un sistema de control mejorara considerablemente el control del proceso de tostado del Café en la Cooperativa Alto Urubamba Ltda. 239 la convención 2023.

4. ¿Cómo califica la calidad del café siguiendo procedimientos por parte del personal?

9. ¿Cómo califica la calidad del café utilizando el sistema?

La Tabla 2 presenta los resultados obtenidos del pre test y postest correspondiente a la pregunta 4 y 9.

**Tabla 2**

*Resultados del pretest y postest del cuestionario*

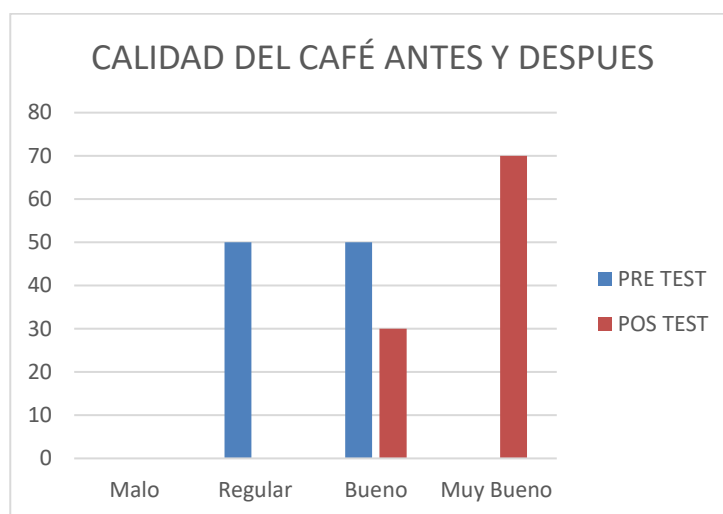
	Pre test		Post test	
pregunta	¿Cómo califica la calidad del café siguiendo procedimientos por parte del personal?		¿Cómo califica la calidad del café utilizando el sistema?	
respuesta	frecuencia absoluta	frecuencia relativa (%)	frecuencia absoluta	frecuencia relativa (%)
Malo	0	0	0	0
Regular	10	50	0	0
Bueno	10	50	6	30
Muy Bueno	0	0	14	70
	<b>20</b>	<b>100</b>	<b>20</b>	<b>100</b>

Nota. elaboración propia en el programa Excel

La tabla muestra que el 50% considera que la calidad del café siguiendo el procedimiento por parte del personal es regular y el otro 50% considera que es bueno.

Por otro lado, para el caso del postest el 30 % considera que la calidad del café con el sistema es buena y el 70% considera muy bueno la calidad del café utilizando el sistema.

La Figura 58 muestra el diagrama de barras relativo a los resultados del pretest y post test correspondiente a la pregunta 4 y 9.

**Figura 58***Calidad del café antes y después*

Nota. Elaboración propia en el programa Excel

**4.2.1. Hipótesis Específica 1:**

El diseño de un sistema de control mejorara el tiempo del proceso de tostado y enfriado del Café en la Cooperativa Alto Urubamba Ltda. 239 La Convención 2023.

1. ¿Cómo califica el control manual y permanente por parte del personal durante el tostado del café?

6. ¿Cómo califica el control automático con el sistema del proceso de tostado del café?

La Tabla 3 presenta los resultados obtenidos del pre test y postest correspondiente a la pregunta 1 y 6.

**Tabla 3***Resultados del pretest y postest del cuestionario*

pregunta	Pre test		Post test	
	frecuencia absoluta	frecuencia relativa (%)	frecuencia absoluta	frecuencia relativa (%)
¿Cómo califica el control manual y permanente por parte del personal durante el tostado del café?				
Malo	0	0	0	0
Regular	14	70	0	0
Bueno	6	30	9	45
Muy Bueno	0	0	11	55
	<b>20</b>	<b>100</b>	<b>20</b>	<b>100</b>

Nota. elaboración propia en el programa Excel

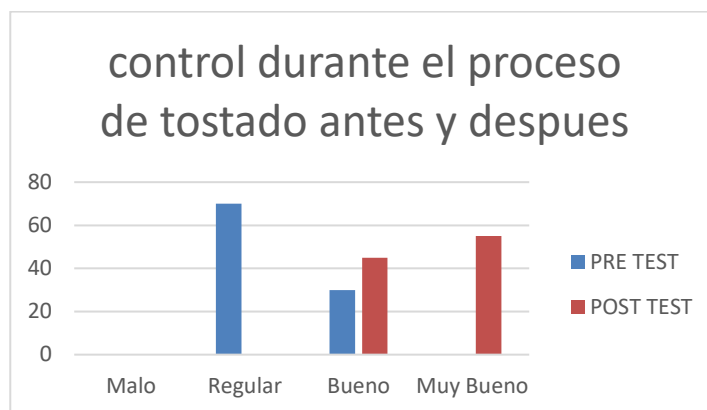
La tabla muestra que el 70% considera que el control manual y permanente por parte del personal durante el tostado del café es regular y solo el 30% considera que es bueno.

Por otro lado, para el caso del postest el 45 % considera que el control automático es bueno y el 55% considera muy bueno el control automático con el sistema.

La Figura 59 muestra el diagrama de barras relativo a los resultados del pre test y post test correspondiente a la pregunta 1 y 6.

**Figura 59**

*Control durante el proceso de tostado antes y después*



Nota. elaboración propia en el programa Excel

2. ¿Cómo califica el control del tiempo de enfriado del café por parte del personal?

7. ¿Cómo califica el control del tiempo de enfriado del café con el sistema?

La Tabla 4 presenta los resultados obtenidos del pre test y postest correspondiente a la pregunta 2 y 7.

**Tabla 4**

*Resultados del pretest y postest del cuestionario*

preguntas	Pre test		Post test	
	frecuencia absoluta	frecuencia relativa (%)	frecuencia absoluta	frecuencia relativa (%)
¿Cómo califica el control del tiempo de enfriado del café por parte del personal?				
Malo	0	0	0	0
Regular	10	50	0	0
Bueno	10	50	4	20
Muy Bueno	0	0	16	80
	<b>20</b>	<b>100</b>	<b>20</b>	<b>100</b>

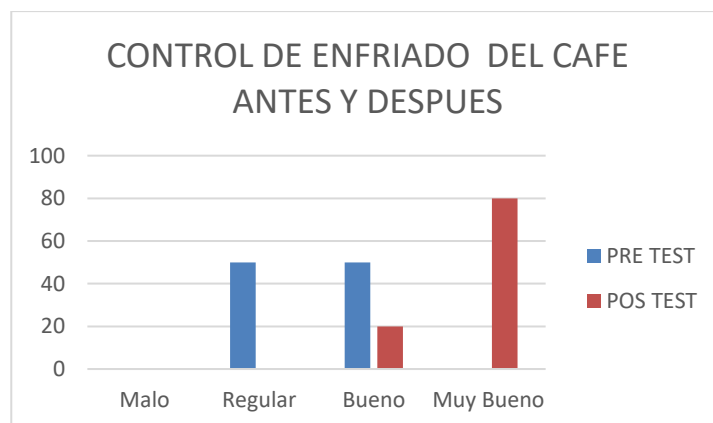
Fuente. elaboración propia en el programa Excel

La tabla muestra que el 50% considera que el control del tiempo de enfriado por parte del personal es regular y el otro 50% considera que es bueno. Por otro lado, para el caso del postest el 20 % considera que el control del tiempo es bueno y el 80% considera muy bueno el tiempo de enfriado con el sistema.

La Figura 60 muestra el diagrama de barras relativo a los resultados del pretest y post test correspondiente a la pregunta 2 y 7.

**Figura 60**

*Control de enfriado del café antes y después*



Nota. elaboración propia en el programa Excel

#### 4.2.2. Hipótesis Específica 2:

El diseño un sistema control de temperatura mejorara el proceso de tostado del Café en la Cooperativa Alto Urubamba Ltda. 239 La Convención 2023.

3. ¿Cómo califica el control de la temperatura del café por parte del personal?

8. ¿Cómo califica el control de temperatura del café con el sistema?

La Tabla 5 presenta los resultados obtenidos del pre test y postest correspondiente a la pregunta 3 y 8.

**Tabla 5**

*Resultados del pretest y postest del cuestionario*

pregunta	Pre test		Post test	
	frecuencia absoluta	frecuencia relativa (%)	frecuencia absoluta	frecuencia relativa (%)
¿Cómo califica el control de la temperatura del café por parte del personal?				
Malo	0	0	0	0
Regular	14	70	0	0
Bueno	6	30	5	25
Muy Bueno	0	0	15	75
	<b>20</b>	<b>100</b>	<b>20</b>	<b>100</b>

Nota. elaboración propia en el programa Excel

La tabla muestra que el 70% considera que el control de temperatura del café por parte del personal es regular y el 30% considera que es bueno.

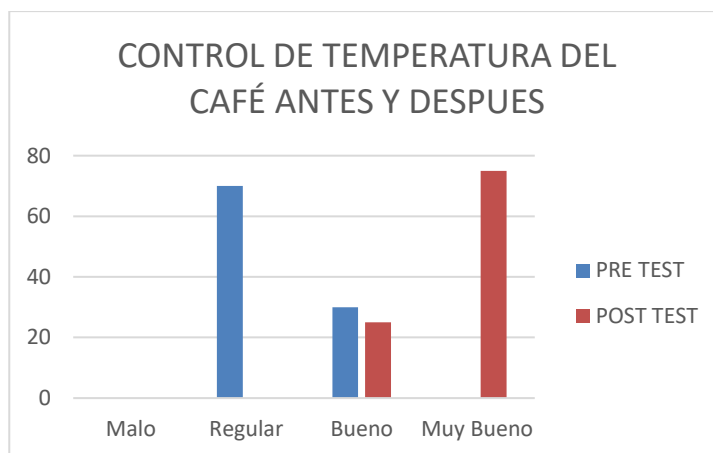
Por otro lado, para el caso del postest el 25 % considera que el control de temperatura es bueno y el 75% considera muy bueno el control de temperatura con el sistema.



La Figura 61 muestra el diagrama de barras relativo a los resultados del pre test y post test correspondiente a la pregunta 3 y 8.

**Figura 61**

*Control de temperatura del café antes y después*



Nota. elaboración propia en el programa Excel

#### 4.2.3. Hipótesis Específica 3:

El diseño de un sistema control de fallas mejorara el proceso de tostado del Café en la Cooperativa Alto Urubamba Ltda. 239 La Convención 2023.

5 ¿Cómo califica el control de fallas de los motores del tambor, enfriador y aspirador por parte del personal?

10 ¿Cómo califica el control de fallas de los motores del tambor, enfriador y aspirador con el sistema?

La Tabla 6 presenta los resultados obtenidos del pre test y posttest correspondiente a la pregunta 5 y 10.

**Tabla 6**

*Resultados del pretest y posttest del cuestionario*

	Pre test		Post test	
respuesta	¿Cómo califica el control de fallas de los motores del tambor, enfriador y aspirador por parte del personal?		¿Cómo califica el control de fallas de los motores del tambor, enfriador y aspirador con el sistema?	
respuesta	frecuencia absoluta	frecuencia relativa (%)	frecuencia absoluta	frecuencia relativa (%)
Malo	0	0	0	0
Regular	0	0	0	0
Bueno	19	95	14	70
Muy Bueno	1	5	6	30
	<b>20</b>	<b>100</b>	<b>20</b>	<b>100</b>

Nota. elaboración propia en el programa Excel

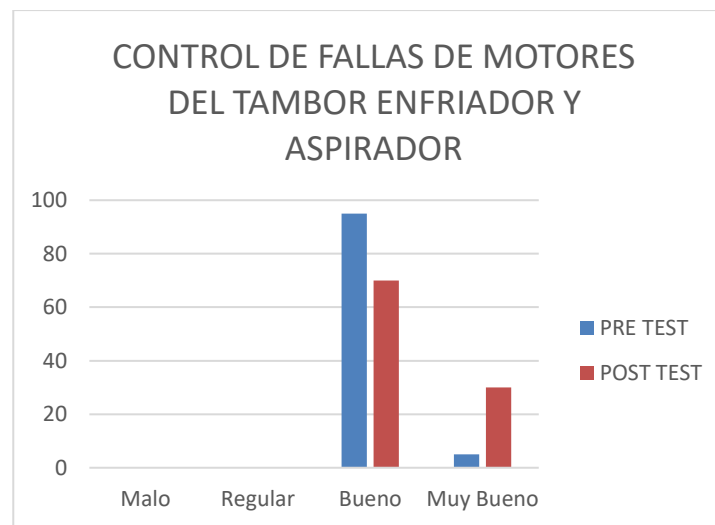
La tabla muestra que el 95% considera que el control de fallas de motores por parte del personal es regular y el 5% considera que es bueno.

Por otro lado, para el caso del postest el 70 % considera que el control de fallas de motores es bueno y el 30% considera muy bueno el control de fallas de los motores y equipos con el sistema.

La Figura 62 muestra el diagrama de barras relativo a los resultados del pretest y post test correspondiente a la pregunta 5 y 10.

**Figura 62**

*Control de falla de motores del tambor enfriador y aspirador*



Nota. elaboración propia en el programa Excel

### 4.3. Discusión

Haciendo una comparación de la presente con la investigación de Castellano Diaz & Castillo Garzon (2017), quien tuvo como objetivo diseñar e implementar un sistema automatizado de control de tiempo y temperatura del tostado de café, a diferencia de la presente tesis de investigación mencionada no presenta un sistema de control tiempo de tostado y enfriado del café así mismo tampoco tienen un control para alerta de falla, lo cual nos permitió mostrar que el uso de nuestro sistema es completo, debido a que controlamos los tiempos de tostador, enfriado y alerta de fallas logrando visualizarlo en la pantalla en tiempo real y así evitar accidente y tiempo exacto de tostado del café.

Según López Herrera & Vargas Soria (2021), en su objetivo de implementar un sistema para el control de temperatura de dos hornos, en comparación con la presente investigación no cuentan con un control de alerta de falla en el caso ocurra avería de algún dispositivo del proceso, nuestra investigación nos muestra un sistema de control en el cual se visualiza en la pantalla si un dispositivo dejó de funcionar y como seguridad

el sistema entra en falla, hasta resolver el problema indicado en la pantalla, para luego retomar el proceso de tostado del café.

Según Medina Torres & Javier Arias (2020), cuyo objetivo fue diseñar un sistema de control de temperatura y velocidad para el tostado del café, en comparación con la presente investigación no cuenta con un sistema de control para el proceso de enfriado del café, alerta de fallas durante el proceso y por último su rango de capacidad de medir la temperatura es inferior a la presente tesis, lo cual se concluye que la presente tesis tiene un mayor rango de capacidad de medición de temperatura, también cuenta con un control del enfriado de café y por último un control de alerta de falla durante el proceso.

Comparando la tesis Roque Montalván & Serna Campos (2022), siendo como objetivo diseñar un sistema de control basado en PLC y HMI para la máquina moldes de plástico de la FATP, haciendo una comparación con la presente tesis de investigación se vio que carece de un control de alerta de fallas de los dispositivos durante el proceso de trabajo de la máquina, lo cual hace difícil localizar el punto exacto de falla, por lo tanto la presente tesis nos da una visualización del proceso y falla de algún equipo de la máquina en tiempo real.

## CONCLUSIONES

En la presente tesis se diseñó un sistema HMI que permite el control del proceso de tostado del café mediante la programación en software step7 y WinCC Flexible, en la Cooperativa Alto Urubamba Ltda. 239 La Convención 2023.

Con el sistema HMI se logró el control del tiempo de tostado y enfriado, de modo que el café permanezca en la tostadora y enfriador el tiempo exacto definido por el operador, en la Cooperativa Alto Urubamba Ltda. 239 La Convención 2023.

Con el sistema HMI se logró el control de la temperatura del tostado, logrando que el café permanezca a la temperatura definida por el operador, en la Cooperativa Alto Urubamba Ltda. 239 La Convención 2023.

A través del control de alerta de fallas se logra identificar los dispositivos que han entrado en falla los cuales son visualizados en la pantalla HMI de esta manera el operador dará una solución rápida y así darle continuidad al proceso de tostado del café en la Cooperativa Alto Urubamba Ltda. 239 La Convención 2023.

Finalmente, con el sistema HMI se evitan que los motores se malogren por sobrecalentamiento de energía eléctrica debido a una sobrecarga de café en la tostadora y/o enfriador ya que el sistema HMI detiene el funcionamiento de los motores al detectar esta situación en la Cooperativa Alto Urubamba Ltda. 239 La Convención 2023.

## RECOMENDACIONES

Se sugiere mejorar la ubicación de todo el proceso en una sola área de producción, logrando así de esta manera tener el control del producto de materia prima de inicio al final e implementar un sistema general que controle todos los procesos de inicio a fin.

Se sugiere implementar 3 válvula físicas en la máquina para el control automático del tiempo del proceso de tostado y enfriado del Café, en la Cooperativa Alto Urubamba Ltda. 239 La Convención 2023.

Se sugiere implementar un sensor físico tipo PT100 para mejorar sistema control de temperatura en el proceso de tostado del Café en la Cooperativa Alto Urubamba Ltda. 239 La Convención 2023.

Se sugiere implementar un sistema de seguridad para los motores de las máquinas, y así poder conectar al PLC físico del sistema control de fallas mejorando el proceso de tostado del Café en la Cooperativa Alto Urubamba Ltda. 239 La Convención 2023.

Finalmente, para el diseño de un sistema de control se sugiere adquirir un PLC físico ST300 y marca siemens para desarrollar el sistema el control del proceso de tostado del Café en la Cooperativa Alto Urubamba Ltda. 239 La Convención 2023.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

- Abac de León, J. A. (Septiembre de 2015). Propuesta de aplicaciones de sensores para la Industria y características de sensores. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Abata Collaguazo, W. P. (9 de marzo de 2021). Implementación de un HMI de la estación de nivel y temperatura mediante MY SCADA. Latacunga, Cotopaxi, Ecuador: Universidad de las Fuerzas Armadas.
- Andagana Paredes , L. A., & Taco Muñoz , A. D. (Marzo de 2021). Control y monitoreo de la humedad y temperatura mediante un sistema scada para el cultivo de mora en el sector de yanahurco. Latacunga, Ecuador: Universidad técnica de cotopaxi.
- Arciniega Cuenca, J. J. (Agosto de 2016). Diseño, Simulación, y propuesta de automatización de una máquina de café con capacidad de 25LB, para tostado-enfriado, dirigida a la producción cafetalera. Loja, Ecuador: UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA.
- Arias Gonzáles, J. L., Holgado Tisoc, J., Tafur Pittman, T. L., & Vasquez Pauca, M. J. (Mayo de 2022). Metodología de la investigación. Puno, Perú: Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi Perú S.A.C.
- Baquero Martínez, G. (Diciembre de 2021). Definición de módulos neumáticos y eléctricos para prácticas de laboratorio de automatización de la Universidad de los Andes. Bogota, Colombia: Universidad de los Andes.
- Belito Sulcaray, D., & Mayon Sanchez, E. (2019). Sistema de prescripción médica en el monitoreo del tratamiento de lucha contra el cáncer en el Hospital de Huancavelica. Huancavelica, Perú: Universidad Nacional de HUANCAVELICA.
- Benalcazar Arroyo, A. J., & Luzón Jiménez, H. P. (2015). Elaboración e Implementación de un módulo con PLC para la simulación del proceso de selección y posicionamiento de materiales para la Escuela de Ingeniería Industrial de la ESPOCH. Riobamba, Ecuador: Escuela Superior POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO.
- Bernabé Dávila,, L., & Rivera Calongos, C. (2018). Diseño de una máquina tostadora de café mediante flujo de aire caliente en lecho fluidizado para una capacidad de una tonelada. Pimentel, Perú: Universidad SEÑOR DE SIPÁN.
- Briones Holguín, J. C., & Triviño Solís, V. E. (Mayo de 2015). Sistema de Monitoreo en línea de las variables de control: Ultrasonido, Temperatura, Aire y Caudal de agua de los motores DC del tren acabador del proceso de laminación en caliente

en acerías nacionales del ECUADOR. Guayaquil, Ecuador: Universidad POLITÉCNICA SALESIANA.

Cáceres Lara, C. M. (Julio de 2019). Exportación de Café tostado y Molido en el filtrante de taza a Santiago de Chile. Lima, Perú: Universidad de Lima.

Caicedo Coro, C. F. (2019). Importancia del uso del sistema SCADA para el desarrollo empresarial. Santo Domingo, Ecuador: Universidad regional autónoma de los Andes.

Carrion Naranjo, M. F., & Romero Tigmasa, C. R. (Junio de 2012). Desarrollo de software HMI SCADA e implementación sobre un módulo didáctico autónomo para ventas de empresa ECUAINSETEC CÍA. LTDA. Quito, Ecuador: Universidad POLITECNICA SALESIANA.

Castellano Diaz, A. D., & Castillo Garzon, E. M. (2017). Diseño e Implementación de un sistema automatizado para control de temperatura y tiempo en tostadoras convencionales de café. Ibagué, Colombia: Universidad Nacional Abierta y a Distancia.

Coasaca Carita, R. R. (diciembre de 2018). Diseño e implementación de un sistema SCADA para una planta envasadora de glp en la ciudad de Juliaca. Puno, Perú: Universidad Andina NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ.

Corral González, M. (septiembre de 2021). Diseño y Desarrollo de un sistema HMI para una Aplicación de Industria 4.0. Valladolid, España: Universidad de Valladolid.

Delgado Guzmán, E. G. (2021). Implementación de un sistema automatizado para control y supervisión de la producción de forraje verde hidropónico en la ciudad del Cusco. Cusco, Perú: Universidad Tecnológica del Perú.

Encarnacion Avila, J. N. (2019). Diseño de un sistema SCADA para el proceso de cocción de harina de pescado en la empresa Austral Grupu S.A.A. - Chancay 2018. Chancay, Huacho, Perú: Universidad Nacional JOSE FAUSTINO SÀNCHEZ CARRIÒN.

Endara Vera , E. A. (8 de Marzo de 2021). Automatización de una pileta de agua mediante un PLC Master K 120s para obtener una secuencia de chorro de agua tipo cristalino. Guayaquil, Ecuador: Universidad Católica de SANTIAGO DE GUAYAQUIL.

Espin Landivar, D. A., & Méndez Lara, R. O. (Agosto de 2013). Diseño de un quemador industrial de gas licuado de petróleo (GLP) para secado de grano de maíz a razón de 8,5 toneladas por día instalado en el cantón Ventanas. Quito, Ecuador: Escuela POLITÉCNICA NACIONAL.

- Fuentes Campos, G. R. (Enero de 2020). Diseño de un sistema automático HMI/SCADA para el control del tanque desaireador del área de calderos de la empresa. Lambayeque, Perú: Universidad Nacional PEDRO RUIZ GALLO.
- Gonzales Huamán, A. G. (2021). Implementación de sistema de monitoreo y control de gas propano en apoyo a la seguridad de la plataforma de envasado en la empresa Lima Gas S.A., distrito de Wanchac - Cusco. Wanchac, Cusco, Perú: Universidad Tecnológica del Perú.
- González B. , A. J. (14 de Noviembre de 2013). Implementación de Sistema de supervisión y control (SCADA) via web mediante recurso de código abierto. Caracas, Venezuela: Universidad Central de Venezuela.
- Hernández Cevallos, M. I., & Ledesma Marcalla, D. A. (2010). Desarrollo de un Sistema SCADA para la medición de voltaje con sistemas embebidos para el laboratorio de mecatrónica de la facultad de mecánica. Riobamba, Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Hernández Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. P. (2018). Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. Universidad de Celaya.
- Horque Chacón, J. C., & Mancco Nina, L. G. (2019). Propuesta de automatización de equipos de protección y maniobra mediante el sistema de control de supervisión y adquisición de datos – sistema eléctrico Cusco. Cusco, Perú: Universidad Nacional de SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO.
- López Herrera , J. M., & Vargas Soria , L. E. (Agosto de 2021). Implementación de un sistema SCADA para el control de temperatura de dos hornos a través de una red ethernet. Latacunga, Ecuador: Universidad técnica de COTOPAXI.
- López Rodríguez, D. A. (Mayo de 2017). Desarrollo de un prototipo para pruebas de válvulas Proporcionalas Oleohidráulicas. Bogotá, Colombia: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Lozada, J. (Diciembre de 2014). Investigación Aplicada: Definición, propiedad Intelectual e Industria. Pichincha, Quito, Ecuador: Universidad Tecnológica Indoamérica.
- Lozano Lozano, M., & Zamora Muñoz, R. A. (2008). Tecnologías y Herramientas de Ingeniería Asociados a los niveles Superiores de la Pirámide de la Automatización. Cartagena, Colombia: Universidad Tecnológica de BOLÍVAR.
- Medina Torres, A. C., & Javier Arias, O. (2020). Diseño e implementación de un sistema de control de temperatura y velocidad del tambor mezclador de una tostadora de café para el beneficiadero “La Esperanza”, en el municipio La Plata, Huila. Neiva, Colombia: Universidad Antonio Nariño.



- Meza Tito, E. E. (Diciembre de 2019). Sistema de control automático de nivel de agua en la cámara de carga basado en la lógica difusa para la central hidroeléctrica de Machupicchu. Machupicchu, Cusco, Perú: Universidad Nacional SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO.
- Monje Álvarez, C. H. (2011). Metodología de la investigación Cuantitativo y Cualitativo. Colombia: Universidad SURCOLOMBIANA.
- Palomino Vargas, C. K., & Palomino Vargas, J. J. (2023). Sistema web de facturación electrónica para el grifo SERVICENTRO VILLA VIRGEN S.R.L, LA CONVENCION - 2023. Quillabamba, La Convención, Perú: Universidad Lider Peruana.
- Peñaranda Arcentales, C. A., & Vizhco Sigua, C. A. (2016). Aplicación de diseño experimental para el análisis de la estanqueidad del conjunto cilindro - pistón de un motor hyundai Accent 1.5L mediante el análisis de la señal del sensor MAP . Cuenca, Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana .
- Prada Quevedo, D. M. (2020). Diseño de un Sistema SCADA para optimizar el proceso de producción de las semilla de arroz en la Empresa INIA. Chiclayo, Perú: UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO.
- Ramírez Gonzáles , J. L., & Sotomayor Benavides, J. F. (Febrero de 2009). Diseño y Construcción de un controlador autómatas programable en lenguaje FBD con Software de Simulación. Quito, Ecuador: Escuela POLITÉCNICA NACIONAL.
- Rodríguez Penin, A. (2012). Sistemas SCADA. Barcelona, España: MARCOMBO S.A.
- Rojas Vicente, L. A. (2022). Diseño de un sistema SCADA para el cabezal de control de riego en el cultivo de alcachofa de la Empresa Agrícola ALSUR CUSCO. Cusco, Perú: Universidad Nacional SAN ANTONIO ABAD DEL CUSO.
- Roque Montalván , J. E., & Serna Campos , P. J. (Octubre de 2022). Sistema de control basado en PLC y HMI para la automatización de una máquina de moldes de plástico en una fábrica de Chiclayo. Lambayeque, Perú: Universidad Nacional PEDRO RUIZ GALLO.
- Salgado Suárez, M. M. (Enero de 2019). Diseño e implementación de un sistema scada del proceso de llenado de agua en botellas con proyección a la industria 4.0 empleando simatic iot 2040”. La Libertad, Ecuador: Universidad Estatal Península de Santa Elena.
- Salichs San José, E. (Abril de 2012). Desarrollo de un sistema HMI para un almacén automatizado. Igea, Madrid: Universidad Carlos III de MADRID.
- Sánchez Tapia, V. A. (2020). Diseño de un sistema SCADA con control remoto, usando un controlador lógico programable (plc), un sistema cctv, un servidor vnc y el

software team viewer, aplicado a la seguridad residencial. Arequipa, Perú: Universidad Nacional DE SAN AGUSTÍN DE AREQUIPA.

Suárez Bethencourt, D. (2017). Configuración y desarrollo de aplicación SCADA en pantalla HMI de omron para acceder a datos autómatas de SIEMENS y SCHNEIDER. Valencia, España: Universidad POLITECNICA DE VALENCIA.

Suárez Chaparro , E. D., & Torres Castillo , P. N. (Enero de 2018). Diseño e implementación de un sistema SCADA para el control pid de nivel y temperatura independientes en dos tanques de la planta de procesos análogos (ppa). Bogota, Colombia: Universidad Distrital “FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS”.

Sugashima Brocca, A. J. (junio de 2022). Contribución a las estrategias de promoción en la fidelización de clientes de las empresas exportadoras de café especial peruano en Estados Unidos. Lima, Lima, Perú: Universidad de Lima.

Veritrade. (2019). Importacion a Chile. Recuperado de.  
<https://www.veritradecorp.com/>.

Viñán Andino, A. B. (2012). Rio Bamba, Ecuador: Escuela Superior politécnica de chimborazo.

## ANEXOS

### Anexo 1 Modelo de Operacionalización de Variables

Variables	Definición Conceptual	Definición Conceptual	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Escala
Sistema de Control	Según Abata Collaguazo (2021), es un sistema utilizado para controlar procesos industriales, trabajos repetitivos del operador por un sistema. Este sistema de control opera con el software Step 7 y WinCC Flexible, que posibilita la visualización, y simulación en tiempo real del proceso, permitiendo así la detección de fallos y el control integral del proceso.	Se utilizaron estas herramientas para el diseño, desarrollo, programación y simulación del sistema de control que pueden asegurar en mayor medida la correcta funcionalidad de un Sistema de control HMI, como es el Software Step7 y WinCC Flexible.	Integración de los motores mediante programación en Software Step 7 a la interface HMI creada en WinCC Flexible	Integración del motor de la tostadora.	1,6,4,9	Escala de Likert 1 Malo 2 Regular 3 Bueno 4 Muy Bueno
				Integración de motor del enfriador.		
				Integración de motor del extractor de aire caliente.		
			Integración de las válvulas mediante programación en Software Step 7 a la interface HMI creada en WinCC Flexible	Integración de la electroválvula de entrada del café a la tostadora		
				Integración de la electroválvula de salida del café al enfriador		
				Integración de la electroválvula de salida del café del enfriador al exterior		
				Integración de la válvula proporcional de gas		
			Integración del sensor de temperatura y chispero eléctrico mediante la programación en Software Step 7 a la interface HMI creada en WinCC Flexible	Integración del sensor de temperatura.		
				Integración del chispero eléctrico.		
Proceso de tostado del Café en La Cooperativa Alto Urubamba Ltda. 239 La Convención 2023.	El café es uno de los productos más importantes que se exportan, siendo el segundo producto más consumido después del petróleo a nivel mundial. Los principales destinos para el café peruano tostado y molido son la Unión Europea, Estados Unidos y Japón, mientras que en Latinoamérica se destacan Chile, Brasil, Ecuador, Costa Rica y Panamá como mercados clave. (Veritrade, 2019).	Se controlará el tiempo en minutos del proceso de tostado y enfriado del café, control de temperatura del tambor de tostado, emisión de alerta de fallas de motores e instrumentos de campo en la pantalla HMI.	Control de tiempo del proceso de tostado y enfriado del Café.	Tiempo en minutos de tostado del café (entre 10 y 15 min)	1,6,4,9	
				Tiempo en minutos de enfriado del café (10 min)	2,7	
			Control de temperatura del proceso de tostado del Café.	Temperatura en grados centígrados del tambor de tostado (180°C)	3,8	
				Control de fallas en el proceso de tostado y enfriado del Café.	Identificación de dispositivos que entraron en falla en la pantalla HMI.	5,10
			Visualización del correcto funcionamiento de los dispositivos electrónicos en la pantalla HMI.			

## Anexo 2 Modelo de matriz de consistencia

### Sistema de control para el proceso de tostado del Café en la Cooperativa Alto Urubamba Ltda. 239 la convención 2023

Sistema de control para el proceso de tostado del Café en la Cooperativa Alto Urubamba Ltda. 239 La Convención 2023.							
Problemas de investigación	Objetivos de investigación	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Métodos	
<b>Problema general</b>	<b>Objetivo general</b>	<b>Hipótesis general</b>	Sistema de Control.	Integración de los motores mediante programación en software Step 7 a la interface HMI creada en WinCC Flexible	Integración del motor de la tostadora.	<b>Enfoque:</b> Cuantitativo <b>Diseño:</b> Experimental <b>Alcance:</b> Descriptivo <b>Población:</b> 20 trabajadores <b>Muestra:</b> 1 operador principal 3 auxiliares 16 personas que son de otras áreas.	
¿El sistema permite el control del proceso de tostado del Café en la Cooperativa Alto Urubamba Ltda. 239 La Convención 2023?	Diseñar un sistema de control para el proceso de tostado del Café en la Cooperativa Alto Urubamba Ltda. 239 La Convención 2023.	El sistema de control permite el proceso de tostado del Café en la Cooperativa Alto Urubamba Ltda. 239 La Convención 2023.			Integración de motor del enfriador.		
					Integración de motor del extractor de aire caliente.		
				Integración de la electroválvula de entrada del café a la tostadora			
¿El sistema permite el control del proceso de tostado del Café en la Cooperativa Alto Urubamba Ltda. 239 La Convención 2023?	Diseñar un sistema de control para el proceso de tostado del Café en la Cooperativa Alto Urubamba Ltda. 239 La Convención 2023.	El sistema de control permite el proceso de tostado del Café en la Cooperativa Alto Urubamba Ltda. 239 La Convención 2023.		Sistema de Control.	Integración de las válvulas mediante programación en software Step 7 a la interface HMI creada en WinCC Flexible		Integración de la electroválvula de salida del café al enfriador
							Integración de la electroválvula de salida del café del enfriador al exterior
			Integración de la válvula proporcional de gas				
<b>Problema específico</b>	<b>Objetivo específico</b>	<b>Hipótesis específicas</b>	Proceso de tostado del Café en la Cooperativa Alto Urubamba Ltda. 239 La Convención 2023.	Integración del sensor de temperatura y chispero eléctrico mediante la programación en software Step 7 a la interface HMI creada en WinCC Flexible	Integración del sensor de temperatura.		
¿El sistema HMI permite el control del tiempo en el proceso de tostado y enfriado del Café en la Cooperativa Alto Urubamba Ltda. 239 La Convención 2023?	Diseñar un sistema HMI para el control de tiempo en el proceso de tostado y enfriado del Café en la Cooperativa Alto Urubamba Ltda. 239 La Convención 2023.	El sistema HMI permite el control del tiempo en el proceso de tostado y enfriado del Café en la Cooperativa Alto Urubamba Ltda. 239 La Convención 2023.			Integración del chispero eléctrico.		
¿El Sistema HMI permite el control de temperatura en el proceso de tostado del Café en la Cooperativa Alto Urubamba Ltda. 239 La Convención 2023?	Diseñar un sistema HMI para el control de temperatura en el proceso de tostado del Café en la Cooperativa Alto Urubamba Ltda. 239 La Convención 2023.	El Sistema HMI permite el control de temperatura en el proceso de tostado del Café en la Cooperativa Alto Urubamba Ltda. 239 La Convención 2023.		Proceso de tostado del Café en la Cooperativa Alto Urubamba Ltda. 239 La Convención 2023.	Control de tiempo del proceso de tostado y enfriado del Café.		Tiempo en minutos de tostado del café (entre 10 y 15 min)
¿El Sistema HMI permite el control de fallas en el proceso de tostado y enfriado del Café en la Cooperativa Alto Urubamba Ltda. 239 La Convención 2023?	Diseñar un sistema HMI para el control de fallas en el proceso de tostado y enfriado del Café en la Cooperativa Alto Urubamba Ltda. 239 La Convención 2023.	El Sistema HMI permite el control de fallas en el proceso de tostado y enfriado del Café en la Cooperativa Alto Urubamba Ltda. 239 La Convención 2023.	Proceso de tostado del Café en la Cooperativa Alto Urubamba Ltda. 239 La Convención 2023.		Control de temperatura del proceso de tostado del Café.		Temperatura en grados centígrados del tambor de tostado (180°C)
				Control de fallas en el proceso de tostado y enfriado del Café.	Identificación de dispositivos que entraron en falla en la pantalla HMI.		
					Visualización del correcto funcionamiento de los dispositivos electrónicos en la pantalla HMI.		

### **Anexo 3 Instrumento de recopilación de datos**

#### **Diseño de un sistema de Control para el tostado del Café en la Cooperativa Alto Urubamba Ltda. 239 La Convención 2023.**

##### **Pre test**

- 1) ¿Cómo califica el control manual y permanente por parte del personal durante el tostado del café?
  - Malo
  - Regular
  - Bueno
  - Muy Bueno
- 2) ¿Cómo califica el control del tiempo de enfriado del café por parte del personal?
  - Malo
  - Regular
  - Bueno
  - Muy Bueno
- 3) ¿Cómo califica el control de la temperatura del café por parte del personal?
  - Malo
  - Regular
  - Bueno
  - Muy Bueno
- 4) ¿Cómo califica la calidad del café siguiendo procedimientos por parte del personal?
  - Malo
  - Regular
  - Bueno
  - Muy Bueno
- 5) ¿Cómo califica el control de fallas de los motores del tambor, enfriador y aspirador por parte del personal?
  - Malo
  - Regular
  - Bueno
  - Muy Bueno

##### **Post test**

- 6) ¿Como califica el control automático con el sistema del proceso de tostado del café?
- Malo
  - Regular
  - Aceptable
  - Excelente
- 7) ¿Cómo califica el control del tiempo de enfriado del café con el sistema?
- Malo
  - Regular
  - Aceptable
  - Excelente
- 8) ¿Cómo califica el control de temperatura del café con el sistema?
- Malo
  - Regular
  - Aceptable
  - Excelente
- 9) ¿Cómo califica la calidad del café utilizando el sistema?
- Malo
  - Regular
  - Aceptable
  - Excelente
- 10) ¿Cómo califica el control de fallas de los motores del tambor, enfriador y aspirador con el sistema?
- Malo
  - Regular
  - Aceptable
  - Excelente

## Anexo 4 Ficha de validación de instrumentos por juicios de expertos

**Datos del Experto:** Hugo Kevin Castillo Cercado

**Título de la Investigación:** "SISTEMA DE CONTROL PARA EL PROCESO DE TOSTADO DEL CAFÉ EN LA C.A.C. ALTO URUBAMBA LTDA. 239, LA CONVENCION 2023"

**Objetivo:** Validar instrumento

**Objeto de análisis:** Entrevista

**Investigador(a):** Br. Christian Joseph Choque Yupanqui

N°	EVIDENCIAS	INDICADORES	VALORACIÓN				
			1	2	3	4	5
01	Operacionalización de las variables	Metodología				X	
02	Pertinencia de reactivos	Coherencia				X	
03	Cantidad de reactivos para medir variable	Suficiencia				X	
04	Basados en aspectos teóricos de la variable	Consistencia					X
05	Expresado en hechos perceptibles	Objetividad					X
06	Adecuado para los sujetos de estudio	Oportunidad					X
07	Formulado con lenguaje apropiado	Claridad					X
08	Acorde al avance de la ciencia y tecnología	Actualidad					X
09	Muestra una organización lógica	Organización				X	
10	Calidad de instrucciones	Calidad					X
<b>TOTAL</b>			0	0	3	12	30
			<b>a</b>	<b>b</b>	<b>c</b>	<b>d</b>	<b>e</b>

**COEFICIENTE DE VALIDACIÓN:**  $C = (a+b+c+d+e) / 50 = 45/50 = 0.9$

$$0.9 * 100 = 90\%$$

**NOTA:** El instrumento se considera válido cuando el promedio del Coeficiente (C) otorgado por 2 expertos es  $\geq 70\%$

Santa Ana, 18 de Octubre de 2023

  
 Hugo Kevin Castillo Cercado  
 INGENIERO INFORMÁTICO Y DE SISTEMAS  
 CIP: 161234  
 Sello y firma del experto

**Datos del Experto:** Luis Alexis Gordillo Huamanchumo

**Título de la Investigación:** "SISTEMA DE CONTROL PARA EL PROCESO DE TOSTADO DEL CAFÉ EN LA C.A.C. ALTO URUBAMBA LTDA. 239, LA CONVENCION 2023"

**Objetivo:** Validar instrumento

**Objeto de análisis:** Entrevista

**Investigador(a):** Br. Christian Joseph Choque Yupanqui

N°	EVIDENCIAS	INDICADORES	VALORACIÓN				
			1	2	3	4	5
01	Operacionalización de las variables	Metodología				X	
02	Pertinencia de reactivos	Coherencia				X	
03	Cantidad de reactivos para medir variable	Suficiencia					X
04	Basados en aspectos teóricos de la variable	Consistencia			X		
05	Expresado en hechos perceptibles	Objetividad					X
06	Adecuado para los sujetos de estudio	Oportunidad					X
07	Formulado con lenguaje apropiado	Claridad				X	
08	Acorde al avance de la ciencia y tecnología	Actualidad					X
09	Muestra una organización lógica	Organización					X
10	Calidad de instrucciones	Calidad				X	
<b>TOTAL</b>			0	0	3	16	25
			<b>a</b>	<b>b</b>	<b>c</b>	<b>d</b>	<b>e</b>

**COEFICIENTE DE VALIDACIÓN:**  $C = (a+b+c+d+e) / 50 = 44/50 = 0.88$

$$0.8 * 100 = 88\%$$

**NOTA:** El instrumento se considera válido cuando el promedio del Coeficiente (C) otorgado por 2 expertos es  $\geq 70\%$

Santa Ana, 20 de Octubre de 2023



LUIS ALEXI GORDILLO HUAMANCHUMO  
Ingeniero de Computación y Sistemas  
Reg CIP N 271097

Sello y firma del experto



### Anexo 5 Captura de imagen (base de datos de spss)

BD\_TESIS.sav [ConjuntoDatos1] - IBM SPSS Statistics Editor de datos

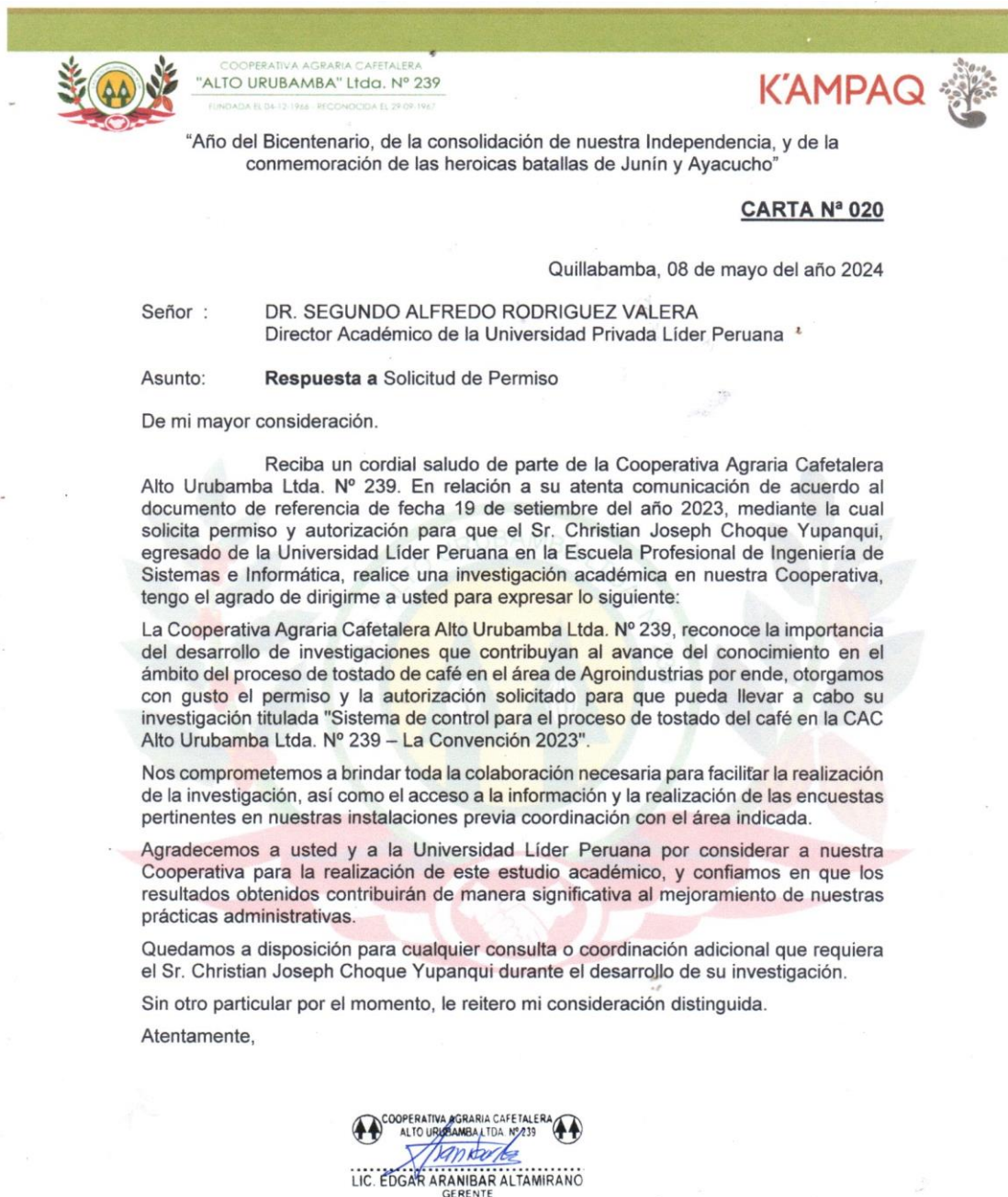
Archivo Editar Ver Datos Transformar Analizar Gráficos Utilidades

12 :

	NUMERO	ANTES	DESPUES	var	var	va
1	1	13	17			
2	2	11	17			
3	3	15	19			
4	4	11	19			
5	5	11	17			
6	6	15	17			
7	7	11	19			
8	8	13	19			
9	9	11	19			
10	10	15	17			
11	11	11	19			
12	12	11	19			
13	13	15	17			
14	14	11	17			
15	15	13	19			
16	16	11	19			
17	17	15	19			
18	18	11	17			
19	19	15	17			
20	20	14	19			
21						
22						
23						
24						
25						

## Anexo 6 Evidencias (panel de fotográfico y documentos para recopilación de datos de entidades o entre otros)

Fotografía de la carta de aceptación por parte de la C.A.C. Alto Urubamba Ltda. N°239



Fotografía de la maquina tostadora de café.



Fotografía de la inducción al sistema de control para el tostado del café al personal que labora en el área.



Fotografía instrumentos de recopilación de datos.

