



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA**  
**FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES**  
**CARRERA DE ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN**

**EXAMEN COMPLEXIVO**

Componente Práctico, previo a la obtención del Título:

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN**

“DISEÑO Y SIMULACIÓN DE LA AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE LA  
FABRICACIÓN DEL PAPEL MEDIANTE PLC EN LA ETAPA DE PREPARACIÓN  
DE LA PULPA”

**AUTOR**

GUILLERMO AURELIO BORBOR SUÁREZ

**DIRIGIDO POR:**

ING. CARLOS ALBERTO SALDAÑA ENDERICA, MSC.

LA LIBERTAD – ECUADOR

2023

### **Dedicatoria**

Con afecto insondable y profunda gratitud, dedico este compendio académico a mis venerados padres, cuya luz ha sido mi brújula en esta odisea intelectual. Su apoyo infatigable, perspicacia y sacrificios han arrojado claridad sobre mi sendero, guiándome con destreza hacia la concreción de este anhelo. A ustedes, mis íconos de abnegación, les consagro cada hoja, cada expresión y cada logro. Agradezco su constante inspiración y la lección imperecedera de que, con amor, dedicación y esfuerzo, los anhelos se transforman en realidad.

**Guillermo Aurelio Borbor Suárez**

### **Agradecimiento**

Expreso mi sincero agradecimiento a mis padres por su inquebrantable presencia a lo largo de toda mi existencia. A mis entrañables hermanos, cuyo respaldo en el seno familiar ha sido crucial para el éxito de este trayecto. A mis primos, Adrián y Joshiro, cuya ayuda oportuna ha sido un bálsamo en momentos cruciales. Mis amigos del colegio, Juan, Francisco, Yusbeibi y Dania, cuya incondicional solidaridad ha sido un pilar fundamental. A Giovanni, quien extendió su mano cuando todo parecía oscuro. A Thaiz, Belén y Erick, mis compañeros imprescindibles, sin quienes este logro no sería posible. Y a María, que con ella las risas nunca faltaban, mi más profundo agradecimiento por ser una fuente constante de alegría y apoyo en este viaje. Esta victoria es para todos ustedes, mis seres queridos, quienes han iluminado mi camino con su amor y respaldo incondicional. Mi deuda de gratitud se extiende a todos los héroes silenciosos que, aunque no nombro, han contribuido a este éxito. Esta victoria es para todos ustedes.

**Guillermo Aurelio Borbor Suárez**

# ÍNDICE GENERAL

<b>Dedicatoria</b> .....	1
<b>Agradecimiento</b> .....	2
<b>ÍNDICE GENERAL</b> .....	3
<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES</b> .....	4
<b>RESUMEN</b> .....	6
<b>FIRMAS DE RESPONSABILIDAD</b> .....	7
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	8
1. Título. ....	8
2. Descripción del Proyecto. ....	8
3. Objetivos del proyecto. ....	9
4. Justificación. ....	10
5. Alcance del Proyecto. ....	11
<b>1. CAPÍTULO I</b> .....	11
1.1 Marco Conceptual .....	11
1.2 ANTECEDENTES .....	18
1.3 IMPORTANCIA Y BENEFICIOS.....	20
<b>2. DESARROLLO EXPERIMENTAL</b> .....	21
2.1. PLAN DE IMPLEMENTACIÓN.....	21
2.1.1 Diagrama PI&D de la preparación de la pulpa .....	21
2.1.2 Selección de PLC para poder llevar la implementación .....	22
2.1.3 Selección del HMI .....	24
2.1.4 Comunicación entre el PLC y el HMI (WINCC) .....	25
2.1.5 Creaciones de bloques o ladder.....	26
2.1.6 Creación de las pantallas para el HMI (WINCC) .....	27
2.2. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA .....	27
2.2.1 Variación de temperatura para preparación de pulpa .....	28
2.2.2 Diagrama Topológico Físico .....	29
2.2.3 Lógica de programación para el proceso de preparación de la pulpa. ....	30
2.2.4 Selección local/remoto.....	31
2.2.5 Bloques de programación automática o manual.....	32
2.2.6 Salidas y Alarmas.....	33
2.2.7 Programación accionamiento automático/manual .....	34
2.2.8 Bloques de programación del estado o accionamiento de manera Manual.....	35
2.2.9 Pantallas de simulación para manejar el sistema mediante HMI (WINCC).....	35

2.3. PRUEBAS Y PUESTA EN MARCHA DEL SISTEMA.....	39
2.4. FACTIBILIDAD ECONÓMICA.....	47
2.5. RESULTADOS.....	49
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>52</b>
<b>Bibliografía.....</b>	<b>53</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>55</b>

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<i>Ilustración 1 Diagrama P&amp;ID del proceso de la Pulpa</i> .....	22
<i>Ilustración 2 Selección del PLC S71200 1212C AC/DC/Rly [11]</i> .....	23
<i>Ilustración 3 Selección del HMI [13]</i> .....	24
<i>Ilustración 4 Comunicación entre el HMI Y PLC</i> .....	26
<i>Ilustración 5 Bloque de selección Local o Remoto</i> .....	26
<i>Ilustración 6 Selección de Alarmas y Salidas</i> .....	27
<i>Ilustración 7 Creación de pantallas en el HMI</i> .....	27
<i>Ilustración 8 Diagrama Topológico Físico [14]</i> .....	29
<i>Ilustración 9 Diagrama de flujo de Preparación de la pulpa</i> .....	31
<i>Ilustración 10 Pantalla de bienvenida o login</i> .....	36
<i>Ilustración 11 Pantalla de proceso e indicador de Alarmas</i> .....	37
<i>Ilustración 12 Pantalla de controles manuales</i> .....	37
<i>Ilustración 13 Pantalla de valores operativos, sensores digitales y sensores analógicos</i> .....	38
<i>Ilustración 14 Pantalla de parámetros de operación</i> .....	38
<i>Ilustración 15 Pantalla de históricos con sus respectivas curvas</i> .....	39
<i>Ilustración 16 Pantalla de mantenimiento del sistema</i> .....	39
<i>Ilustración 17 Pantalla Principal indicadora de estados</i> .....	40
<i>Ilustración 18 Elección Modo Local/Remoto</i> .....	41
<i>Ilustración 19 Accionamiento Modo Manual/Automático</i> .....	41
<i>Ilustración 20 Activación del motor</i> .....	42
<i>Ilustración 21 Accionamiento sensores analógicos</i> .....	42
<i>Ilustración 22 Sensores en su valor operativo o normal</i> .....	43
<i>Ilustración 23 Sensores por debajo del valor normal</i> .....	43
<i>Ilustración 24 Sensores con valores operativos elevados</i> .....	44
<i>Ilustración 25 Verificación de valores para seguir operando</i> .....	44
<i>Ilustración 26 Representación del sistema en modo Manual</i> .....	45
<i>Ilustración 27 Accionamiento manual de los actuadores</i> .....	45
<i>Ilustración 28 Mantenimiento de los actuadores</i> .....	46
<i>Ilustración 29 Representación de actuadores activados</i> .....	46
<i>Ilustración 30 Parámetros de operación del sistema</i> .....	47
<i>Ilustración 31 Históricos marcados durante el proceso</i> .....	47
<i>Ilustración 32 Representación del proceso con sus actuadores en funcionamiento</i> .....	51
<i>Ilustración 33 Históricos mostrados del sistema</i> .....	52

## ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1 Características del PLC S71200 1212C AC/DC/Rly [13]</i> .....	23
<i>Tabla 2 Características del TP 1200 COMFORT</i> .....	24
<i>Tabla 3 Costo de equipos para la simulación del proceso</i> .....	48
<i>Tabla 4 Total costo de mano de obra</i> .....	48
<i>Tabla 5 Total costo final</i> .....	49

### APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del trabajo examen complejo denominado: "diseño y simulación de la automatización del proceso de la fabricación del papel mediante PLC en la etapa de preparación de la pulpa", elaborado por el estudiante Borbor Suárez Guillermo Aurelio, de la carrera de Electrónica y Automatización de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, me permito declarar que luego de haber orientado, estudiado y revisado, la apruebo en todas sus partes y autorizo al estudiante que inicie los trámites legales correspondientes.

La Libertad, 7 de diciembre de 2023



---

ING. CARLOS ALBERTO SALDAÑA ENDERICA, MSC  
Docente Tutor

## RESUMEN

El estudio se centra en la ingeniería de automatización aplicada a la fabricación de papel, específicamente en la etapa de preparación de la pulpa. La utilización de controladores lógicos programables (PLC) se presenta como una estrategia clave para mejorar la eficiencia y control en este proceso fundamental.

La preparación de la pulpa es una fase crítica en la producción de papel, donde la materia prima se transforma en una suspensión fibrosa. La introducción de la automatización mediante PLC busca optimizar esta etapa, permitiendo una gestión más precisa y adaptable de los distintos parámetros del proceso. Los PLC son dispositivos electrónicos programables que posibilitan el control y supervisión de maquinaria industrial de manera eficiente.

El diseño y simulación de la automatización con PLC se convierten en herramientas esenciales en este contexto. La simulación implica la creación de un modelo virtual del proceso, permitiendo evaluar su funcionamiento en condiciones controladas. Este enfoque posibilita la identificación y corrección de posibles fallos, así como la optimización de los parámetros antes de la implementación práctica en la planta de fabricación de papel.

El uso de PLC no solo busca aumentar la eficiencia operativa, sino también proporcionar flexibilidad al proceso, permitiendo ajustes en tiempo real según las demandas del entorno productivo. La capacidad de programación de estos dispositivos facilita la adaptación a cambios en la producción o la introducción de nuevas especificaciones.

El estudio aborda la integración de PLC en la etapa de preparación de la pulpa en la fabricación de papel, destacando la importancia del diseño y simulación para garantizar una implementación exitosa y eficiente de la automatización. Este enfoque busca no solo mejorar la calidad y consistencia del producto final, sino también optimizar la gestión de recursos y la respuesta a variaciones en las condiciones de producción.

**Palabras clave:** Automatización, Fabricación de papel, Preparación de la pulpa, Controladores lógicos programables (PLC), Eficiencia operativa, Simulación, Diseño, Proceso industrial, Materia prima, Flexibilidad, Programación, Gestión de recursos.

## FIRMAS DE RESPONSABILIDAD

### Firma de responsabilidad del estudiante.

**Nombre:** Guillermo Aurelio Borbor Suárez

**Cédula:** 2400306466



\_\_\_\_\_  
**Firma**

### Firma de Responsabilidad del Profesor o Tutor Propuesto (opcional).

**Nombre:** Ing. Carlos Alberto Saldaña Enderica, MSC.

**Cédula:** 0914840947



Escaneado a través de la aplicación  
CARLOS ALBERTO  
SALDANA ENDERICA

\_\_\_\_\_  
**Firma**

Fecha de Presentación: 23 de Diciembre de 2023



# I. INTRODUCCIÓN

## 1. Título.

“Diseño y simulación de la automatización del proceso de la fabricación del papel mediante PLC en la etapa de preparación de la pulpa”

## 2. Descripción del Proyecto.

El proceso de fabricación de papel constituye una etapa productiva esencial para la elaboración de diferentes productos hechos de este material, los cuales abarcan desde periódicos y libros hasta cartón e higiénicos. Conforme avanza la tecnología, la automatización desempeña un rol fundamental en la mejora de la eficiencia y calidad de las instalaciones encargadas de generar papel, mediante la puesta en marcha de sistemas de Programación Lógica de Control (PLC).

En este contexto, la automatización se refiere a aplicar sistemas y herramientas tecnológicas avanzadas para supervisar y dirigir las diversas etapas del método de fabricación de papel a través del empleo de PLC. Estos adelantos automatizados han transformado de manera notable la industria, optimizando la producción, reduciendo costos y mitigando el riesgo de errores humanos.

La utilización de sensores, actuadores, sistemas de control basados en PLC y software especializado ha posibilitado una mayor precisión y uniformidad en la producción de papel. Desde la preparación de la materia prima hasta la fase final de acabado y embalaje, la automatización con PLC ha simplificado y agilizado numerosas tareas, como la mezcla de pulpa, la formación de hojas, el secado, el calandrado y el corte.

Además de mejorar la eficiencia y productividad, la automatización con PLC ha aportado beneficios en términos de seguridad laboral al reducir la exposición de los trabajadores a entornos peligrosos y a labores repetitivas.

Se examinan los aspectos más destacados de la automatización en la fabricación de papel, destacando las tecnologías clave utilizadas, los beneficios obtenidos y los desafíos asociados con su implementación mediante sistemas de PLC. A través de una visión general detallada, se busca proporcionar una comprensión sólida de cómo la automatización con PLC ha revolucionado la industria del papel y cómo continuará influyendo en su evolución futura. Es esencial señalar que, aunque la automatización

con PLC se ha implementado ampliamente en la fabricación de papel, cada planta y proceso pueden variar en cuanto a las tecnologías específicas empleadas y los niveles de automatización alcanzados. Sin embargo, los sistemas de automatización de procesos y control de calidad utilizados en la conversión pueden ser muy similares. El sistema de automatización de procesos en plantas de pulpa y papel implica instrumentación, actuación, controladores, ordenadores, plataformas, pantallas de operador, almacenamiento de datos, gestión de alarmas, sistemas de seguridad, unidades, control continuo y la lista puede crecer a partir de ahí [1].

### **3. Objetivos del proyecto.**

- **Objetivo General:**

Diseñar y simular un sistema automatizado para la elaboración de papel y su etapa de la preparación de la pulpa, mediante PLC, para obtener un control y monitoreo de la línea de producción del producto final.

- **Objetivo específico:**

- Identificar los diversos procesos y a su vez técnicas industriales que acarrea la elaboración de papel, adhiriendo un enfoque específico en la implementación de tecnologías avanzadas, como el PLC, para mejorar la eficiencia y calidad en cada etapa del proceso.
- Crear un algoritmo de programación detallado para controlar el proceso industrial de la elaboración de papel utilizando un PLC, asegurando una integración efectiva de las funciones de accionamiento y supervisión, considerando la capacidad de adaptación ante posibles cambios en el proceso.
- Examinar el sistema automatizado que gestiona la preparación de la pulpa en la elaboración de papel, junto con sus respectivos sistemas de accionamiento y recopilación de información mediante PLC, resaltando la manera en que estas tecnologías aportan a la mejora de la eficiencia en el trabajo.
- Diseñar un sistema industrial completo de observación, control y comunicación, empleando interfaces hombre-máquina (HMI) para facilitar la interacción entre operadores y el sistema automatizado.

#### **4. Justificación.**

Ecuador, al igual que otros países, se enfrenta a un mercado globalizado y altamente competitivo en la producción de papel, lo que hace imperativo mantenerse actualizado y atractivo para la inversión extranjera.

Esta automatización, además de impulsar la competitividad, también conlleva una eficiencia operativa significativa. La reducción de costos de producción se convierte en un factor clave para mejorar la rentabilidad de las empresas en un mercado cada vez más desafiante.

La mayor consistencia y calidad del producto resultante de la automatización es fundamental para cumplir con estándares internacionales y satisfacer las demandas de los clientes. Esto contribuye a consolidar una sólida reputación en el mercado y a fomentar relaciones comerciales a largo plazo.

Además, la automatización en la etapa de preparación de la pulpa contribuye a la sostenibilidad y la conservación de recursos naturales al optimizar el uso de materias primas, como la madera, y reducir el impacto ambiental. Al mismo tiempo, promueve un entorno laboral más seguro al eliminar o reducir tareas peligrosas para los trabajadores, mejorando así las condiciones laborales en la industria papelera ecuatoriana.

Los problemas ambientales relacionados con las actividades de la industria en general, y de la industria química en particular pueden ser prevenidos si es que los procesos productivos que utilizan las empresas, cumplen con una serie de requisitos y tienen como base para su diseño un conjunto de principios que deben ser tomados en cuenta por los ingenieros de procesos. Para ello es necesario introducir un nuevo paradigma, el proceso industrial sostenible, que hará posible que las empresas sean responsables (por sus actividades “limpias”, seguras y sin generar problemas ambientales) y competitivas (puedan interactuar en mercados nacionales e internacionales, en las mismas condiciones con otras empresas del sector) [2].

Finalmente, mantenerse a la par con las tendencias globales en la industria de fabricación de papel es crucial para cumplir con estándares internacionales y competir eficazmente con productos similares de otras regiones. La automatización es un paso esencial en esta dirección.

## **5. Alcance del Proyecto.**

A través de este proyecto, se logrará diseñar completamente un sistema automatizado para la elaboración de papel, utilizando los sensores adecuados para alcanzar su proceso en cada etapa.

Además, se llevará a cabo la programación tanto para la automatización como para el control manual del sistema, y se creará una interfaz HMI para monitorear y operar eficazmente el sistema.

El cumplimiento de los objetivos específicos propuestos será una prioridad en todo el proyecto, y se finalizará con la ejecución de una simulación que permitirá verificar su correcto funcionamiento y proporcionar pautas valiosas para futuras implementaciones.

En lo que respecta al diseño del tablero de control del sistema de fuerza de la planta, se tendrán en cuenta los parámetros eléctricos necesarios, considerando las cargas presentes y los dispositivos de protección para cada etapa.

En continuidad con los objetivos establecidos, se llevará a cabo la programación del PLC utilizando el software Tia Portal. Se empleará un PLC virtual con el software PLC SIM para realizar las pruebas necesarias de funcionamiento, y estos programas también serán fundamentales en la etapa de simulación final del proyecto.

# **1. CAPÍTULO I**

## **1.1 Marco Conceptual**

### **1.1.1 Planta automatizada de elaboración de papel**

El proceso de elaboración del papel consta de una secuencia de fases interrelacionadas con el propósito de transformar la pulpa de celulosa en papel. Incluye la etapa de preparación de la pulpa, la formación de la hoja de papel, el proceso de prensado y secado, el calandrado, el acabado y finalmente, el empaquetado. Cada una de estas etapas desempeña un papel esencial en la fabricación de diversos tipos de papel, cada uno con sus propias propiedades físicas y características distintivas. La industria de pulpa y papel en este mundo cambiante busca, cada vez más, diferentes enfoques para esta de materia prima. El camino que deben seguir los responsables de planta de las empresas que quieran incursionar con éxito en estos nuevos mercados, es tener sus flujos de producción innovados y de la manera más eficiente [3].

### **1.1.2 Sistema Automatizado**

Un sistema automatizado es un conjunto de componentes interconectados que trabajan juntos para llevar a cabo tareas o procesos específicos sin necesidad de intervención directa de seres humanos. Estos sistemas utilizan tecnología y controladores para realizar sus funciones de forma autónoma. Entre sus características principales se encuentran la capacidad de operar de manera automática, la gestión y supervisión mediante controladores, la utilización de sensores y actuadores, la programación de secuencias de acciones, la mejora de la eficiencia, la repetibilidad y consistencia en las tareas, la reducción de costos, la seguridad en operaciones peligrosas, y su aplicación en diversos campos como la manufactura, la robótica, la logística y la atención médica, con el propósito de aumentar la eficiencia y la calidad de las operaciones [3].

### **1.1.3 Normas ISA**

El diseño del sistema SCADA y HMI para el proceso de pasteurización de leche se basa en las normas ISA101, a continuación se resalta los ítems que se utilizan para la misma [4].

#### **Sistema de Control**

Un sistema que supervisa y responde a las señales de entrada del equipo que está siendo monitoreado y / o de un operador y genera señales de salida que hacen que el equipo funcione bajo control, en la forma deseada [4].

#### **Cuadro de Mandos**

Una representación visual que presenta diversas piezas clave de información, generalmente proporcionando una visión global de un proceso o de una etapa del mismo [4].

#### **Visualización**

Una representación gráfica que muestra el proceso y la información pertinente utilizada por el operador para supervisar y controlar la operación [4].

#### **Color**

- Se deben emplear contrastes y niveles de brillo adecuados, y los colores seleccionados deben ser claramente distinguibles entre sí.
- Conforme a la filosofía de alarmas de la instalación y la norma ISA 18.2, los colores destinados a la presentación de alarmas deben reservarse exclusivamente para este propósito, evitando cualquier otro uso para reforzar su significado cognitivo y agilizar la respuesta del operador ante las alarmas.

- La elección de colores en una pantalla debe reflejar la importancia de la información que se presenta, utilizando los colores más destacados para la información más crucial. La información menos relevante no debería llamar más la atención que la información más importante.
- El color y/o el parpadeo de los símbolos deben dirigir la atención del operador hacia situaciones de desarrollo reciente.

#### **1.1.4 Tipos de pulpa en elaboración de papel**

Se pueden identificar dos categorías habituales de pulpa que se emplean en el proceso de preparación de pulpa: la pulpa mecánica y la pulpa química. La pulpa mecánica se obtiene a través de la descomposición física de la madera y resulta adecuada para la fabricación de papel de periódico y cartón. En contraste, la pulpa química se genera mediante procedimientos químicos y se utiliza en la producción de papeles de alta gama, como el papel de impresión y escritura [5].

#### **1.1.5 Automatización en la industria Papelera**

La automatización en la industria papelera ha evolucionado significativamente, mejorando la eficiencia y la calidad del proceso de producción. Los Controladores Lógicos Programables (PLC) son componentes esenciales en la automatización, permitiendo el control y la supervisión de diversas etapas, incluida la obtención de la pulpa [3].

#### **1.1.6 Controlador Lógico Programable (PLC)**

Los PLC son dispositivos electrónicos programables diseñados para controlar procesos industriales y maquinaria. Utilizan un lenguaje de programación gráfico, comúnmente el Ladder, que simula diagramas de relés eléctricos para describir la lógica de control.

Las partes de un PLC son [6]:

- Fuente de alimentación
- Unidad de procesamiento central (CPU)
- Módulos de entrada y salida
- Unidad de programación

#### **1.1.7 Interfaz Hombre Máquina (HMI)**

Una interfaz de usuario asistida por ordenador, actualmente una interfaz de uso, forma parte del programa informático que se comunica con el usuario. En ISO 9241110, el término interfaz de usuario se define como todas las partes de un sistema interactivo (software o hardware) que proporcionan la información y el control necesarios para que

el usuario lleve a cabo una tarea con el sistema interactivo. La interfaz de usuario / interfaz hombre-máquina (HMI) es el punto de acción en que un hombre entra en contacto con una máquina. El caso más simple es el de un interruptor: No se trata de un humano ni de una "máquina" (la lámpara), sino una interfaz entre los dos. Para que una interfaz hombre-máquina (HMI) sea útil y significativa para las personas, debe estar adaptada a sus requisitos y capacidades [7].

Una Interfaz Hombre-Máquina (HMI) ofrece varias ventajas clave en entornos industriales, tales como:

- **Facilita la Interacción:** Un HMI proporciona una interfaz intuitiva y fácil de usar, permitiendo a los operadores interactuar eficientemente con sistemas y procesos industriales.
- **Mejora la Supervisión:** Permite una supervisión en tiempo real de las operaciones, facilitando la detección y resolución rápida de problemas o desviaciones en el proceso.
- **Optimiza el Control:** Facilita un control más preciso y eficiente de los equipos y procesos industriales, contribuyendo a una mayor eficiencia operativa.
- **Visualización de Datos Complejos:** Convierte datos complejos en representaciones gráficas comprensibles, facilitando la toma de decisiones informadas por parte del personal de control.
- **Reducción de Errores Humanos:** Minimiza la probabilidad de errores humanos al estandarizar y simplificar las interfaces de control, contribuyendo así a la seguridad y calidad del proceso.
- **Personalización de la Información:** Permite la personalización de la información presentada, adaptándose a las necesidades específicas de los operadores y facilitando la comprensión de datos críticos.
- **Acceso Remoto y Monitorización:** Posibilita el acceso remoto a los sistemas, lo que permite a los responsables supervisar y controlar las operaciones desde ubicaciones remotas.
- **Retroalimentación en Tiempo Real:** Proporciona retroalimentación inmediata sobre el estado de los equipos y procesos, facilitando una respuesta rápida a cambios inesperados.

- **Integración con Sistemas de Control:** Puede integrarse fácilmente con sistemas de control y automatización, permitiendo una gestión centralizada y eficiente de la planta industrial.
- **Mejora la Eficiencia Operativa:** Contribuye a la mejora general de la eficiencia operativa al proporcionar herramientas visuales y de control que simplifican y agilizan las tareas diarias.

### **1.1.8 Redes de comunicación Industrial**

Deben su origen a la fundación FieldBus (Redes de campo). La fundación FieldBus desarrolló un nuevo protocolo de comunicación para la medición y el control de procesos donde todos los instrumentos puedan comunicarse en una misma plataforma [6].

Las comunicaciones entre los instrumentos de proceso y el sistema de control se basan principalmente en señales analógicas (neumáticas de 3 a 15 psi en las válvulas de control y electrónicas de 4 a 20 mA cc). Pero ya existen instrumentos digitales capaces de manejar gran cantidad de datos y guardarlos históricamente; su precisión es diez veces mayor que la de la señal típica de 4-20 mA cc. En vez de transmitir cada variable por un par de hilos, transmiten secuencialmente las variables por medio de un cable de comunicaciones llamado bus. La tecnología fieldbus (bus de campo) es un protocolo de comunicaciones Digital de alta velocidad creada para remplazar la clásica señal de 4-20 mA que aún se utiliza en muchos de los sistemas DCS (Sistema de Control Distribuido) y PLC (Controladores Lógicos Programables), instrumentos de medida y transmisión y válvulas de control. La arquitectura fieldbus conecta estos instrumentos con computadores que se usan en diferentes niveles de coordinación y dirección de la planta. Muchos de los protocolos patentados para dichas aplicaciones tiene una limitante y es que el fabricante no permite al usuario final la interoperabilidad de instrumentos, es decir, no es posible intercambiar los instrumentos de un fabricante por otro similar. Es claro que estas tecnologías cerradas tienden a desaparecer, ya que actualmente es necesaria la interoperabilidad de sistemas y aparatos y así tener la capacidad de manejar sistemas abiertos y estandarizados. Con el mejoramiento de los protocolos de comunicación es ahora posible reducir el tiempo necesario para la transferencia de datos, asegurando la misma, garantizando el tiempo de sincronización y el tiempo real de respuesta determinada en algunas aplicaciones [8].



### **1.1.9 Proceso de obtención de la pulpa**

En la elaboración de papel, la obtención de pulpa es una fase crítica que implica la desintegración de la materia prima para obtener fibras adecuadas. Este proceso puede dividirse en etapas clave: desintegración, refinación, clasificación y depurado [9].

### **1.1.10 Lengua Ladder**

El Ladder es un lenguaje de programación gráfico utilizado en PLC. Sus elementos básicos son relés y contactos que representan condiciones de activación o desactivación. Las bobinas indican la activación de salidas, como motores o válvulas [6].

### **1.1.11 Programación en Ladder para la Desintegración**

En la etapa de desintegración, se puede utilizar Ladder para programar la activación de equipos como trituradores y desfibradoras. Se implementan contactos para evaluar condiciones, como la carga del sistema o la presión, y se utilizan bobinas para activar los dispositivos correspondientes [9].

### **1.1.12 Programación en Ladder para la Refinación**

La refinación implica procesos mecánicos que mejoran la calidad de las fibras. En Ladder, se pueden utilizar bloques de instrucciones para controlar la velocidad y la presión de los refinados, adaptándolos a las necesidades del proceso [9].

### **1.1.13 Programación en Ladder para la Clasificación**

La clasificación de fibras según longitud y grosor se puede abordar en Ladder mediante condiciones lógicas que activan actuadores en función de las características de las fibras detectadas por sensores [9].

### **1.1.14 Programación en Ladder para el Depurado**

La eliminación de impurezas durante el depurado se puede gestionar en Ladder mediante la activación de dispositivos como cribas y separadores, utilizando contactos condicionales para garantizar una purificación efectiva [9].

### **1.1.15 Integración de Sensores y Actuadores**

La programación en Ladder se vincula estrechamente con la integración de sensores para la adquisición de datos y actuadores para realizar acciones físicas. La coherencia en la interacción entre PLC, sensores y actuadores es esencial para la eficiencia del proceso [9].

### **1.1.16 Simulación y Pruebas**

Antes de la implementación práctica, la programación en Ladder puede ser sometida a simulaciones para identificar posibles errores y optimizar la lógica de control. Las pruebas

en un entorno simulado garantizan un funcionamiento confiable del sistema en la realidad [9].

### **1.1.17 Seguridad y Mantenimiento**

La programación en Ladder también debe abordar aspectos de seguridad, como la parada de emergencia, y contemplar rutinas de mantenimiento preventivo para garantizar la durabilidad y eficiencia del sistema automatizado [6].

### **1.1.18 Sensores**

En la etapa de obtención de pulpa en la fabricación de papel, se utilizan varios tipos de sensores para monitorear y controlar diferentes aspectos del proceso. A continuación, se describen algunos sensores comúnmente empleados en esta etapa [9]:

#### **Sensores de Nivel [9]:**

- Aplicación: Control del nivel de materias primas, como astillas de madera o pulpa, en recipientes o tolvas.
- Función: Evitar el desbordamiento o la falta de material, asegurando un suministro constante al proceso.

#### **Sensores de Presión [9]:**

- Aplicación: Monitoreo de la presión en equipos como refinados y desfibradoras.
- Función: Asegurar que la presión esté dentro de los límites seguros para un procesamiento eficiente y prevenir posibles daños.

#### **Sensores de Velocidad [9]:**

- Aplicación: Utilizados en motores y maquinaria para controlar la velocidad de equipos como desfibradoras y refinados.
- Función: Ajustar la velocidad para optimizar la eficiencia del proceso y garantizar un rendimiento adecuado.

#### **Sensores de Temperatura [9]:**

- Aplicación: Monitoreo de la temperatura en zonas críticas, como en refinados o en áreas donde se aplican procesos químicos.
- Función: Prevenir sobrecalentamientos que podrían afectar la calidad de la pulpa o dañar equipos.

#### **Sensores de Humedad [9]:**

- Aplicación: Medición de la humedad en diferentes etapas del proceso, como la pulpa después de la desintegración.

- Función: Optimizar el contenido de humedad para cumplir con las especificaciones del producto final.

#### **Sensores de Vibración [9]:**

- Aplicación: Colocados en equipos rotativos como refinadores para detectar vibraciones anormales.
- Función: Identificar posibles desequilibrios o problemas mecánicos que podrían afectar la calidad del proceso.

#### **Sensores de Flujo [9]:**

- Aplicación: Medición del flujo de líquidos o pulpa en tuberías.
- Función: Asegurar un flujo constante y controlado de material a lo largo de las diferentes etapas del proceso.

#### **Sensores de Posición [9]:**

- Aplicación: Monitoreo de la posición de válvulas y compuertas en el sistema de tuberías.
- Función: Controlar el flujo direccional del material y asegurar la correcta operación de las compuertas.

La elección y ubicación de estos sensores en el proceso de obtención de pulpa son esenciales para garantizar un monitoreo preciso y una intervención inmediata en caso de desviaciones o condiciones no deseadas. La información recopilada por estos sensores contribuye a la eficiencia, calidad y seguridad del proceso de fabricación de papel.

#### **1.1.19 WINCC**

Es un software de SIEMENS que permite realizar una programación gráfica, la cual realiza campos de entrada y salida, botones en pantalla, pilotos luminosos, controles deslizantes, textos fijos escalables, gráficos, avisos, barras, curvas, recetas, listas de textos y gráficos, conexión LAN, administración de usuarios, entre otros [10].

#### **1.1.20 NetoPLCsim**

NetToPLCsim es una extensión de red tipo TCP/IP lo que permite el acceso al simulador S7PLCSIM, es de gran utilidad para simular sistemas SCADA mediante la red y un simulador de PLC, sin la necesidad de tener un PLC físico [11].

### **1.2 ANTECEDENTES**

La obtención de pulpa se ha destacado como una fase fundamental en la fabricación de papel. La pulpa, extraída de diversas materias primas celulósicas, constituye la base esencial para la formación de las hojas de papel. A lo largo del tiempo, los métodos para

obtener pulpa han experimentado cambios significativos, desde técnicas manuales iniciales hasta enfoques más modernos y avanzados [12].

El papel recuperado puede seguir dos caminos:

- Reciclado convencional y posterior producción de papel de baja calidad
- Reciclado con despintado para producción de pulpa de alta calidad como sustituto de la pulpa virgen.

La producción de papel ha desempeñado un papel fundamental en la evolución de la comunicación escrita y la difusión del conocimiento. Iniciado en la antigua China alrededor del siglo II a.C., el método inaugural implicó la conversión de fibras de bambú y cáñamo en un material apto para la escritura. Este conocimiento sobre la fabricación de papel se difundió por toda Asia y alcanzó Europa durante la Edad Media [10].

La llegada de la Revolución Industrial marcó un hito significativo en la producción de papel. Con el aumento de la demanda, se introdujeron tecnologías mecanizadas para optimizar la eficiencia productiva. La aparición de la máquina de papel continuo a principios del siglo XIX permitió una producción más rápida y eficaz [10].

En el siglo XX, la desintegración mecánica se convirtió en el método preponderante para obtener pulpa. Procesos como la molienda y el refinado mecánico permitieron una separación más eficiente de las fibras de madera. Concurrentemente, surgió la pulpa química, basada en procesos químicos para descomponer la lignina y producir pulpa de mayor calidad, destinada a papeles de alta gama [10].

En las últimas décadas, la industria papelera ha experimentado una transformación adicional mediante la incorporación de tecnologías de automatización y control. Los Controladores Lógicos Programables (PLC) se han convertido en componentes esenciales para mejorar la eficiencia y calidad en la obtención de pulpa. La implementación de sensores, actuadores y sistemas de control ha posibilitado un monitoreo y ajuste precisos de las variables del proceso, llevando la industria hacia niveles superiores de consistencia y sostenibilidad [10].

No obstante, persisten desafíos actuales en la fabricación de papel, como la gestión sostenible de recursos y residuos. La investigación continua en tecnologías innovadoras y prácticas medioambientales se presenta como un aspecto crucial para abordar estos desafíos y garantizar la viabilidad a largo plazo de la industria papelera [10].

Este recorrido histórico proporciona un contexto valioso para comprender la evolución de la fabricación de papel y resalta la continua importancia de la obtención de pulpa en

este proceso. La combinación de métodos tradicionales con tecnologías modernas refleja la capacidad de adaptación de la industria a lo largo del tiempo.

### **1.3 IMPORTANCIA Y BENEFICIOS**

La obtención de pulpa en la fabricación de papel es un componente vital para garantizar la calidad y eficiencia en la producción. La importancia de este proceso radica en su papel fundamental como materia prima esencial para la creación de papel con propiedades específicas. La obtención precisa de pulpa influye directamente en atributos clave del papel, como resistencia, textura y capacidad de impresión, lo que a su vez impacta en la calidad del producto final [11].

Cuando integramos tecnologías avanzadas como el TIA Portal y WinCC en este proceso, los beneficios son notables. La automatización y el control avanzado ofrecidos por TIA Portal permiten una programación eficiente de los PLC, facilitando la optimización continua del proceso de obtención de pulpa. WinCC, con su interfaz gráfica, posibilita la supervisión en tiempo real, permitiendo a los operadores tomar decisiones inmediatas frente a cambios o desviaciones en el proceso.

Esta integración no solo optimiza los procesos, sino que también proporciona herramientas para la gestión eficiente de datos. La capacidad de monitorización en tiempo real de WinCC permite una visualización detallada del rendimiento del sistema, mientras que la interconexión con otros sistemas de la planta a través de TIA Portal permite una gestión holística de la producción.

La flexibilidad y adaptabilidad inherentes a TIA Portal y WinCC permiten una respuesta ágil a los cambios en los requisitos del proceso, contribuyendo a la eficiencia operativa. Además, la seguridad y funciones de diagnóstico integradas aseguran una operación segura y la identificación rápida de problemas, reduciendo los tiempos de parada no programados y aumentando la disponibilidad del sistema.

Estas tecnologías avanzadas no solo optimizan la producción, sino que también cumplen con estándares normativos y fomentan prácticas sostenibles. La rápida detección de problemas y la mejora continua derivadas de la integración de TIA Portal y WinCC contribuyen a reducir el desperdicio y mejorar la eficiencia energética, respaldando así la sostenibilidad en la fabricación de papel.

Se concluye que, la obtención de pulpa, cuando se combina con tecnologías avanzadas, no solo asegura la calidad del proceso sino que también proporciona beneficios significativos en términos de eficiencia, control, seguridad y sostenibilidad en la aplicación práctica de la fabricación de papel.

## **2. DESARROLLO EXPERIMENTAL**

### **2.1. PLAN DE IMPLEMENTACIÓN.**

El siguiente documento detallada cómo se llevará a cabo la ejecución del proyecto, estrategia o iniciativa. Incluirá una guía paso a paso sobre las actividades, recursos, responsabilidades y plazos necesarios para lograr con éxito los objetivos propuestos.

#### **2.1.1 Diagrama PI&D de la preparación de la pulpa**

El P&ID para la preparación de pulpa en la fabricación de papel identifica y describe visualmente componentes clave, como tanques de almacenamiento, bombas, válvulas, refinadores, sensores y otros elementos relevantes. Además, indica la dirección del flujo de la materia prima y muestra cómo se controla y monitorea el proceso.

Este tipo de diagrama es esencial para comprender la secuencia y la interacción de los equipos en la planta de producción, facilitando el diseño, la operación y el mantenimiento eficientes del proceso de fabricación de papel, se puede visualizar en la ilustración 1.

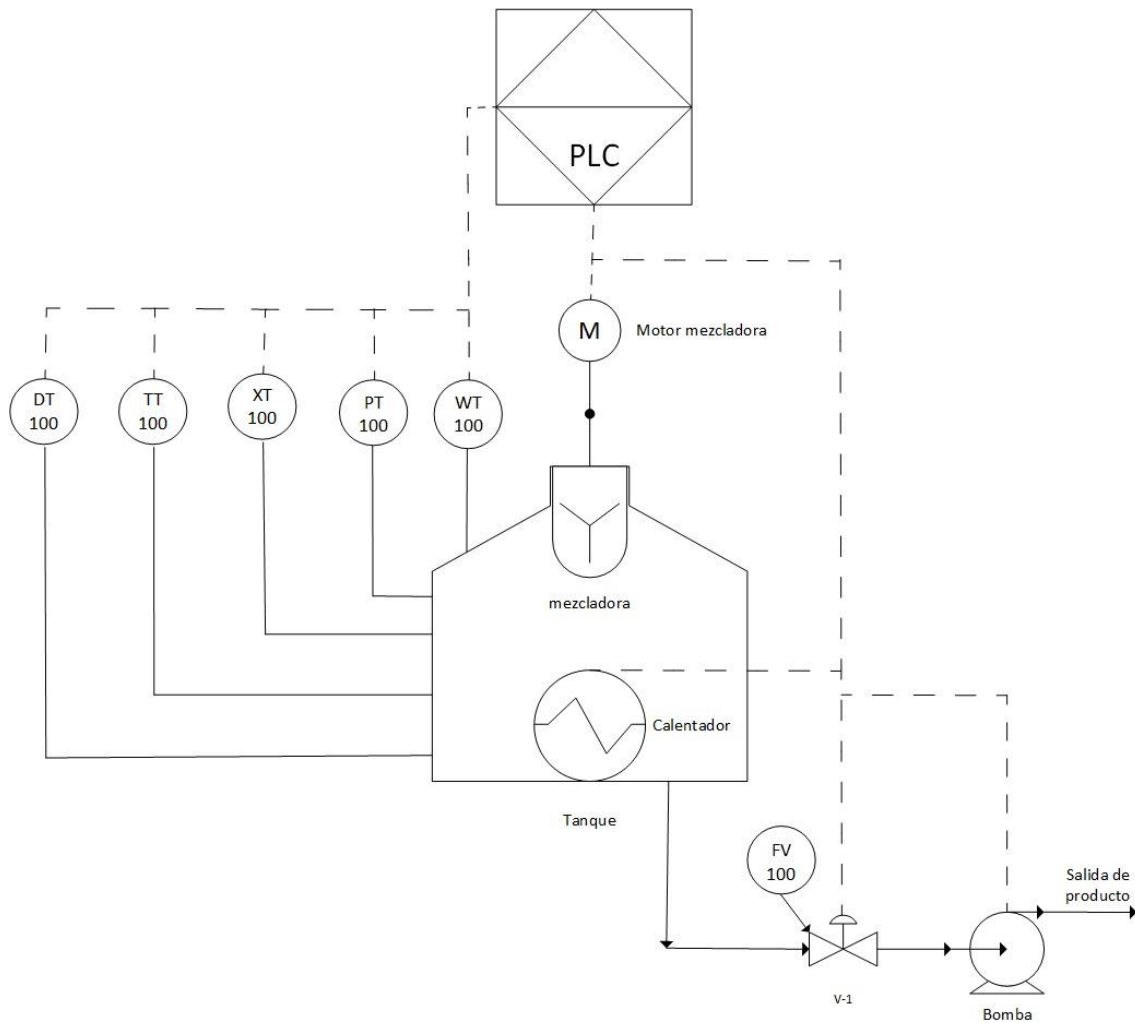


Ilustración 1 Diagrama P&ID del proceso de la Pulpa

Este tipo de diagrama es esencial en la ingeniería de procesos industriales, ya que proporciona una visión detallada de las interconexiones entre los equipos, instrumentos, válvulas y líneas de tuberías utilizados en el proceso.

En el cual se visualizan instrumentos utilizados en el campo, tales como DT es el transmisor de densidad, TT es el transmisor de temperatura, XT es el sensor de color, PT es el transmisor de presión y WT es el transmisor de peso, además de los tipos de señales mediante las cuales se comunicarán estos instrumentos con el PLC, siendo las líneas discontinuas señales eléctricas.

### 2.1.2 Selección de PLC para poder llevar la implementación

En la ilustración 1 se presenta el PLC S71200 1212C AC/DC/Rly seleccionado debido a su considerable capacidad de procesamiento. Puede integrar módulos de expansión según los requisitos específicos, demostrando un rendimiento eficaz en el manejo de entradas de alta velocidad para tareas de conteo y medición. Este PLC S71200 incluye

funcionalidades como la comunicación Ethernet, entre otras, como se detalla en la tabla 1.



Ilustración 2 Selección del PLC S71200 1212C AC/DC/Rly [11]

Tabla 1 Características del PLC S71200 1212C AC/DC/Rly [13]

Display	
Con Display	No
Tensión de alimentación	
Valor nominal (AC)	
- 120V AC	Si
- 220V AC	Si
Rango admisible, límite inferior (AC)	85V
Rango admisible, límite superior (AC)	264V
Frecuencia de red	
Rango de frecuencia, límite inferior	47Hz
Rango de frecuencia, límite superior	63Hz
Intensidad de Entrada	
Consumo (Valor nominal)	100mA con 120V AC; 50mA, con 240V AC
Intensidad de cierre, máx.	20A, con 264V
Alimentación de sensores	
24V	Rango permitido: 20,4 a 28.8V



Intensidad de salida	
Intensidad en bus de fondo (5V DC), máx.	1600mA; máx. 5V DC para SM y CM
Memoria	
Tipo de memoria	EEPROM
Nº de entradas digitales	14; integrado
Salidas digitales	
Nº de Salidas	10; Relé
Nº de entradas analógicas	2
Nº de salidas analógicas	0

### 2.1.3 Selección del HMI

En la representación visual se presenta la pantalla HMI TP 1200 Confort, resaltando sus características que incluyen una pantalla táctil, capacidad de conexión Ethernet, soporte para PROFINET, la cual se puede apreciar en la ilustración 2.



Ilustración 3 Selección del HMI [13]

Tabla 2 Características del TP 1200 COMFORT

Peso	5Kg
Tipo	LCD-TFT
Área activa de la pantalla	12.1"; 261.1x163.2mm
Resolución	1200x800 píxeles
Colores representables	Hasta 16 millones

Ajuste brillo	Manual/automático, rango de valores de 0 a 100, 0 = retroiluminación desactivada
Unidad de entrada	
Pantalla táctil	Si, capacidad proyectada
Memoria	
Memoria disponible para datos de usuario	12MB
Memoria disponible para datos de receta	2MB
Memoria adicional para opciones	12MB
Tarjeta de memoria de datos	1 MMC/SD Combination Slot
Tarjeta de memoria del sistema	1 Slot SD
Interfaces	
1 RS 422/485 (PROFIBUS)	Máx. 12 Mbits/s, válido en modo DP
Ethernet (PROFINET)	2 x RJ45 10/100 Mbits/s
Ethernet (PROFINET)	1 x RJ45 10/100/1000 Mbits/s
Audio	Line Out
USB 2.0	2 Host
Fuente de alimentación	
Tensión nominal	24V DC
Rango de tensión admisible	+19,2 V a +28,8 V
Corriente nominal	1.5 <sup>a</sup>
Corriente nominal, en función de la carga	1.2 ... 1.7A
Impulso de corriente de conexión I2t	0.5A <sup>2</sup> S
Consumo de potencia	36W
Transitorios máximos admisibles	35 V (500 ms)
Tiempo mínimo entre dos transitorios	50s
Fusible interno	Si

#### 2.1.4 Comunicación entre el PLC y el HMI (WINCC)

Para lograr la comunicación entre un PLC S71200 y un HMI como WINCC, se selecciona un protocolo de comunicación compatible con ambos dispositivos, como OPC, Modbus o Profibus. Al Configurar las variables de comunicación en el software de programación del PLC S71200, se asegura de que estén mapeadas correctamente. Luego, en el software

de configuración del HMI, se establece la comunicación con el PLC S71200 utilizando el mismo protocolo, e ingresa la dirección IP o la configuración de red del PLC S71200. Esto permite que ambos dispositivos intercambien datos de manera efectiva para el control y supervisión del sistema, tal como lo vemos en la ilustración 3.

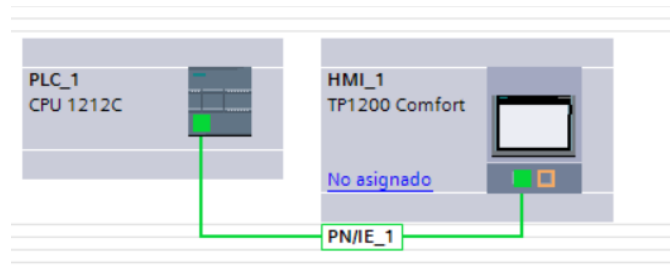


Ilustración 4 Comunicación entre el HMI Y PLC

### 2.1.5 Creaciones de bloques o ladder

En la ilustración 4 vemos la creación de bloques o lógica ladder (ladder logic) en un PLC S71200 implica el diseño de programas que controlen el comportamiento del sistema automatizado.

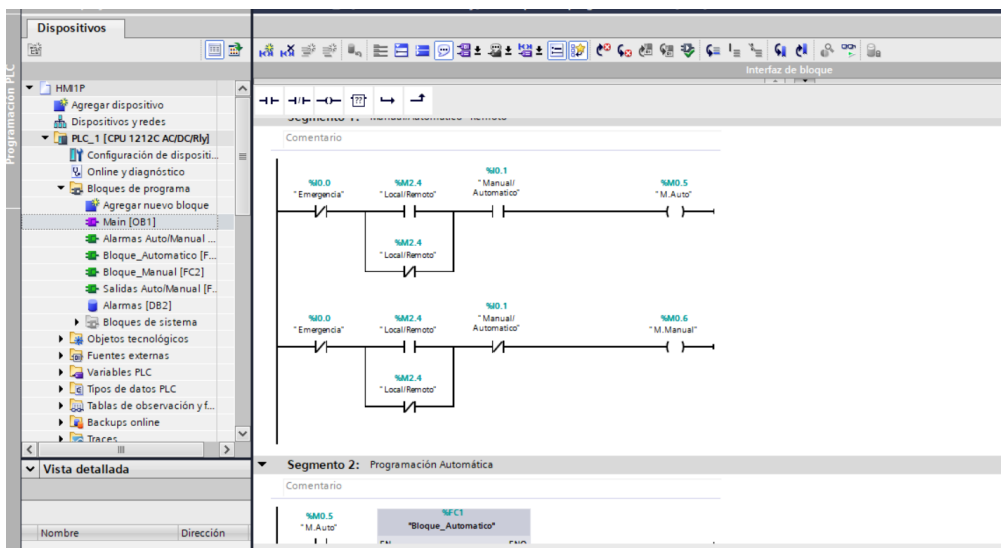


Ilustración 5 Bloque de selección Local o Remoto

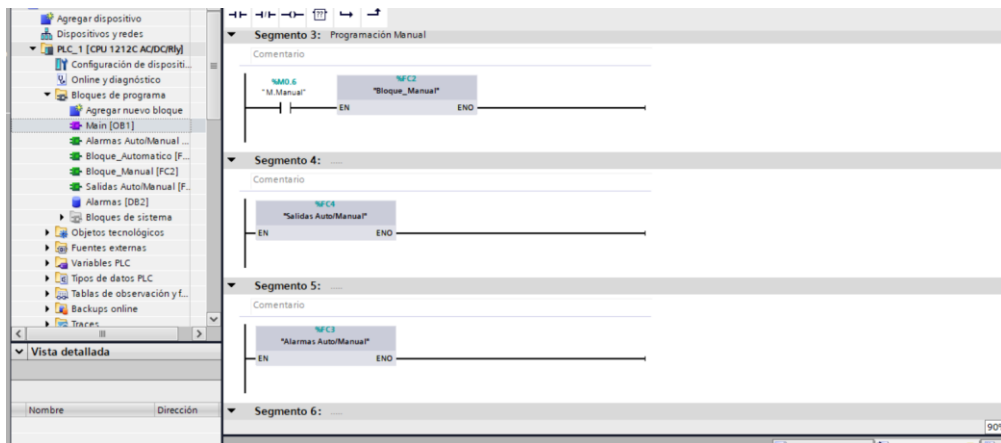


Ilustración 6 Selección de Alarmas y Salidas

### 2.1.6 Creación de las pantallas para el HMI (WINCC)

La creación de pantallas para HMI (Interfaz Hombre-Máquina) en Siemens WinCC implica el diseño de interfaces gráficas que permitan la interacción eficiente con el sistema automatizado, como se aprecia en la ilustración 6.

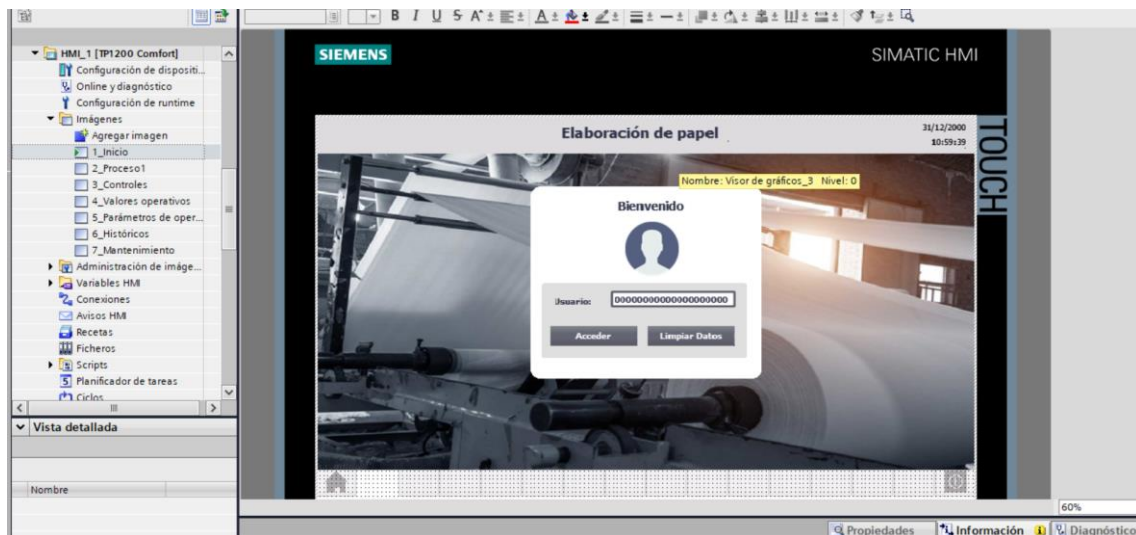


Ilustración 7 Creación de pantallas en el HMI

## 2.2. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA

La propuesta implica iniciar un nuevo proyecto en Siemens WinCC para desarrollar pantallas en la Interfaz Hombre-Máquina (HMI). En este proceso, se establecen los parámetros del proyecto, incluyendo la configuración de la comunicación con el PLC S71200. Mediante el editor de pantallas, se diseña la disposición gráfica, integrando elementos como botones, indicadores y gráficos.

La interactividad de la interfaz se logra asociando acciones a elementos, como la ejecución de funciones o la navegación entre pantallas. Se establece la conexión con

variables del PLC S71200 para reflejar información en tiempo real. Además, se incorporan animaciones visuales para mejorar la experiencia del usuario, como transiciones fluidas entre pantallas y cambios de color dinámicos.

Para asegurar eficiencia y usabilidad, se incluye la gestión de alarmas con configuraciones visuales. El diseño se adapta para admitir varios idiomas, si es necesario, y se permite la personalización de la interfaz según las preferencias del usuario.

Se lleva a cabo una fase de simulación y pruebas para verificar la funcionalidad antes de implementar en el sistema real. La documentación exhaustiva del diseño facilita el mantenimiento y futuras actualizaciones. Finalmente, se procede con la implementación en el sistema real, monitoreando el rendimiento y realizando ajustes según sea necesario para optimizar la eficiencia del sistema.

### 2.2.1 Variación de temperatura para preparación de pulpa

Para llevar a cabo la preparación de la pulpa en la fabricación de papel, es necesario considerar diferentes aspectos del proceso. Antes de iniciar el cálculo, se deben definir ciertos parámetros específicos del sistema de preparación de la pulpa utilizado en la planta de producción. Supongamos que estamos utilizando una máquina desfibadora para este propósito. A continuación, se detallan algunos valores relevantes:

- Velocidad de alimentación de la materia prima (madera):  $F_{madera} = 1.5 \text{ tonleadas/hora}$
- Contenido de humedad de la madera:  $M_{madera} = 60\%$
- Eficiencia de desfibrado de la madera:  $E_{desfibrado} = 85\%$
- Temperatura de entrada de la madera:  $T_{entrada} = 25^{\circ}\text{C}$
- Temperatura de salida de la pulpa:  $T_{salida} = 60^{\circ}\text{C}$

Con estos valores, podemos calcular la cantidad de pulpa producida y la eficiencia del proceso desfibrado. Utilizando la fórmula general:

$$\text{Pulpa producida} = F_{madera} \times (1 - M_{madera}) \times E_{desfibrado}$$

Sustituyendo valores:

$$\text{Pulpa producida} = 1.5 \frac{\text{ton}}{\text{h}} \times (1 - 0.6) \times 0.85$$

$$\text{Pulpa producida} = 0.6 \frac{\text{ton}}{\text{h}}$$

Este resultado indica que se producen 0.6 toneladas de pulpa por hora.

Además, podemos analizar la eficiencia del proceso de desfibrado utilizando la variación de temperatura:

Variación de temperatura =  $T_{salida} - T_{entrada}$

Variación de temperatura =  $60^{\circ}\text{C} - 25^{\circ}\text{C} = 35^{\circ}\text{C}$

Este valor nos proporciona información sobre cómo la temperatura de la pulpa cambia durante el proceso de desfibrado. Estos cálculos son fundamentales para comprender y mejorar la eficiencia del proceso de preparación de pulpa en la fabricación de papel.

### 2.2.2 Diagrama Topológico Físico

Para el desarrollo del proyecto realizado es necesario [14]:

Conectar la Panel (HMI), el Autómata Programable (PLC) y el computador (PC) al Switch de comunicaciones por medio de cables Ethernet.

En el esquema topológico, se evidencia que el PLC inicial es el PLC S71200, el cual tiene la responsabilidad de emitir instrucciones secuenciales a los demás dispositivos para supervisar todo el proceso de fabricación de papel. Para lograr esto, es necesario realizar una configuración específica tanto en el PLC principal como en el PLC secundario, utilizando el software TIA PORTAL.

#### DIAGRAMA TOPOLÓGICO FÍSICO

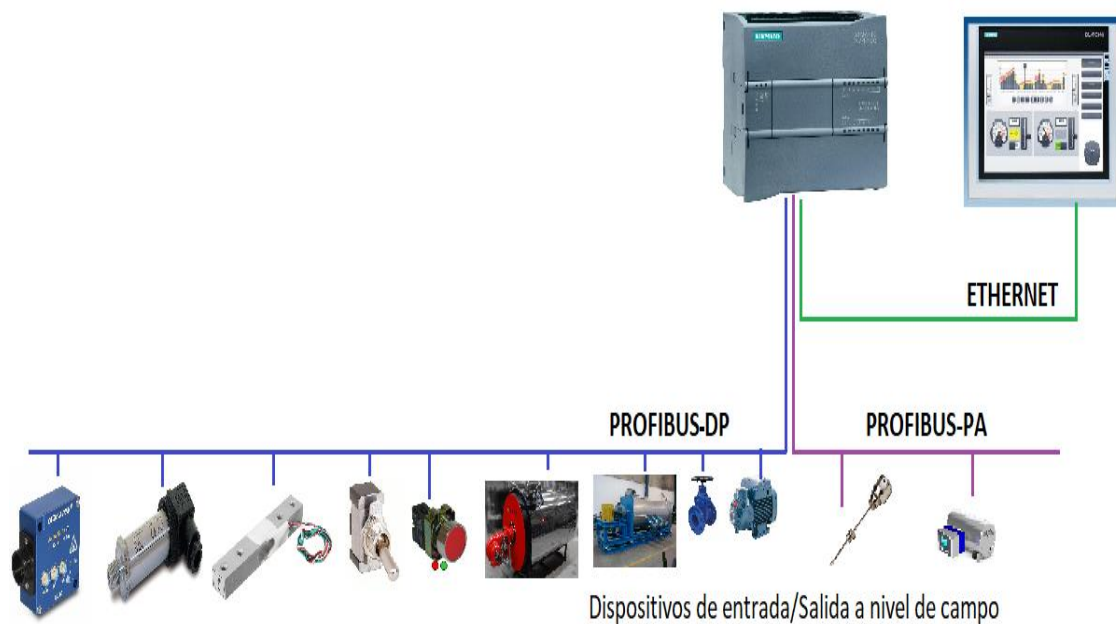


Ilustración 8 Diagrama Topológico Físico [14]

Para que se establezca comunicación entre estos dispositivos, es necesario habilitar la opción de comunicación PUT/GET en las propiedades del dispositivo dentro del programa TIA PORTAL.

### **2.2.3 Lógica de programación para el proceso de preparación de la pulpa.**

En la ilustración 9 se observa el procedimiento de preparación de pulpa en la elaboración de papel comprende una secuencia organizada de pasos destinados a asegurar la eficacia y excelencia del producto final. Desde la evaluación inicial de factores como la velocidad de alimentación y la temperatura, hasta la supervisión constante de la calidad de la pulpa y el control del desfibrado, cada etapa está diseñada para adaptarse de manera dinámica a las condiciones del sistema. La lógica de programación se enfoca en la toma de decisiones, el manejo de variables críticas y el registro de datos con el fin de garantizar un proceso fluido y eficiente, resultando en la generación de pulpa de primera calidad para la fabricación de papel.



Ilustración 9 Diagrama de flujo de Preparación de la pulpa

#### 2.2.4 Selección local/remoto

En la ejecución de la solución propuesta, se describirán detalladamente los cuadros y conexiones necesarios. En esta sección, se aborda la determinación del tipo de arranque, ya sea local o remoto, así como la elección entre arranque manual o automático.

Primero, en cuanto al tipo de arranque, se decide si este será local, si el control y monitoreo se llevarán a cabo en el mismo lugar donde se encuentran el PLC S71200 y la HMI, o remoto, en caso de supervisión desde un lugar distante.



Seguidamente, en cuanto al modo de arranque, se elige entre manual y automático. En el arranque manual, el operador tiene el control directo para iniciar o detener el sistema según sea necesario. En cambio, en el arranque automático, el sistema sigue una secuencia predefinida de inicio sin intervención directa del operador.

Estas elecciones tendrán un impacto directo en la configuración de la lógica ladder en el PLC S71200 y en la creación de las pantallas en la HMI. En el caso del arranque remoto, se garantizará una comunicación efectiva entre el PLC S71200 y la HMI. Además, se implementarán controles de seguridad y procedimientos de emergencia, si es necesario, para asegurar un funcionamiento seguro del sistema en ambos modos de arranque. La elección entre arranque manual o automático también influirá en la programación y la interfaz de usuario en la HMI. Véase en anexo 1, Seg 1.

### **2.2.5 Bloques de programación automática o manual**

Con los bloques de programación ya establecidos, ahora se dispone de las funciones esenciales para manejar el arranque del sistema, ya sea en modo automático o manual. Estos bloques permiten el control de las operaciones del PLC S71200, definiendo así el comportamiento del sistema automatizado.

Los bloques de programación automática contienen la lógica necesaria para ejecutar el sistema sin intervención manual. Pueden incorporar secuencias de inicio, monitoreo de variables y condiciones para asegurar un funcionamiento eficiente y sin intervención humana constante. Este enfoque automático garantiza una operación continua y controlada del sistema.

En contraste, los bloques de programación manual están diseñados para posibilitar la intervención directa del operador en el sistema. Estos bloques pueden incluir controles para iniciar o detener procesos específicos, ajustar parámetros o llevar a cabo acciones manuales según las necesidades del momento. La programación manual proporciona flexibilidad y permite al operador tener un control directo sobre las operaciones del sistema.

La elección entre el modo automático o manual se realiza según los requisitos y las características específicas de la aplicación en cuestión. Ambos enfoques tienen sus ventajas y se seleccionan según las necesidades particulares del sistema automatizado. Véase en anexo 1, Seg 2.

### **2.2.6 Salidas y Alarmas**

Con las salidas y alarmas ya definidas en la programación del sistema, se ha establecido una estructura que gestiona las respuestas del PLC S71200 ante condiciones específicas. Las salidas representan las acciones físicas que el sistema ejecutará, como el control de motores o válvulas. Por otro lado, las alarmas indican condiciones anómalas o eventos críticos que requieren atención inmediata, como lecturas fuera de rango en sensores o malfuncionamientos.

La programación de salidas se encarga de activar o desactivar dispositivos conectados al PLC S71200, implementando la lógica previamente definida. Por su parte, la programación de alarmas define las respuestas del sistema ante situaciones no deseadas, pudiendo detener procesos, activar señales visuales, o enviar notificaciones a través de la interfaz HMI.

La incorporación de salidas y alarmas en la programación asegura una gestión eficiente del comportamiento del sistema, contribuyendo a su seguridad y eficacia. Esto garantiza que las acciones físicas se ejecuten correctamente y que las condiciones anómalas se detecten y aborden de manera adecuada, mejorando así el rendimiento del sistema automatizado. Véase en anexo 1, Seg 3.

El siguiente bloque se visualiza el paro de emergencia y consecuentemente dará una alarma indicando algún fallo. Véase en anexo 1, Seg 4.

De la misma manera se visualiza la activación y desactivación de la bomba en cuanto se requiera un mantenimiento, las alarmas en este apartado son esenciales para poder demostrar que existe algún inconveniente. Véase en anexo 1, Seg 5, Seg 6.

Se obtienen de la misma manera la activación/desactivación de válvulas definido con su respectiva alarma en caso de algún fallo, la programación en Ladder es un poco similar para facilitar y simplificar su ejecución. Véase en anexo 1, Seg 7, Seg 8.

Consiguientemente se visualiza el estado de Activación y mantenimiento de calentador, con su respectiva alarma dando a notar algún fallo en el sistema. Véase en anexo 1, Seg 9, Seg 10.

Se obtiene de la misma manera los bloques de Activación, desactivación y mantenimiento del motor de lavado, las alarmas son esenciales en estos tipos de programaciones puesto que sin ellos no se visualizaría fallos en la ejecución. Véase en anexo 1, Seg 11, Seg 12.

En el mismo sistema se obtiene las alarmas o indicadores de la temperatura y densidad, esto con el propósito de validar que esté en el rango requerido y si existiera una falla se visualizaría en el sistema y no podría continuar con su ejecución. Véase anexo 1; Seg 13, Seg 14, Seg 15.

Las salidas se actualizan al final de cada ciclo, reflejando cualquier cambio en las condiciones lógicas. Además, el monitoreo constante de las señales de salida y el uso efectivo de las herramientas de diagnóstico son prácticas clave para garantizar un control y funcionamiento precisos del sistema.

Para la siguiente programación se da a los bloques indicando si el proceso está en estado de mantenimiento del sistema. Véase en anexo 1; Seg 16, Seg 17, Seg 18, Seg 19, Seg 20.

Variables usadas para la visualización de las alarmas, por cada accionamiento se dará una alarma y será mostrada en las pantallas del HMI. Véase en anexo 2; Seg 1.

### **2.2.7 Programación accionamiento automático/manual**

En el desarrollo de un pequeño proceso en un sistema automatizado, el inicio del sistema implica la activación del PLC S71200 y la HMI, listos para recibir comandos. La elección entre el arranque manual o automático determina si la secuencia inicial es controlada directamente por el operador o sigue una lógica predefinida.

A continuación, el sistema realiza la lectura de datos provenientes de sensores distribuidos, midiendo variables como temperatura, presión o nivel. Los datos obtenidos son procesados por el PLC S71200, que, a través de la lógica programada, toma decisiones como ajustar configuraciones o activar dispositivos según las condiciones del entorno.

A continuación, el control de actuadores se ejecuta en respuesta a las decisiones previas. Esto implica acciones físicas, como el ajuste de válvulas o el encendido de motores, destinadas a mantener o cambiar las condiciones del sistema.

La gestión continua de alarmas garantiza la monitorización constante del sistema. Ante la detección de anomalías configuradas, se activan respuestas específicas, como detener el proceso y notificar al operador.

La interfaz con el operador a través de la HMI proporciona información en tiempo real, mostrando el estado del sistema, valores de sensores y posibles alarmas. Además, permite la interacción para realizar cambios manuales si es necesario.

El proceso puede concluir según criterios predefinidos o regresar a un estado de espera, preparándose para el próximo ciclo. Este es un esquema general y la complejidad real del proceso dependerá de la aplicación específica del sistema automatizado. Véase en anexo 1, Seg 21.

Escalamiento de la temperatura y densidad para poder manipularlo con sus respectivas entradas analógicas. Véase en anexo1, Seg 22.

Se puede verificar en la programación de Ladder el respectivo rango de la temperatura y densidad como parte del proceso para poder continuar con el proceso. Véase en anexo 1, Seg 23.

El siguiente segmento permite ver la temperatura y la densidad deseada una vez se activen sus tres sensores, el de peso, color y presión. Véase en anexo 1, Seg 24.

### **2.2.8 Bloques de programación del estado o accionamiento de manera Manual**

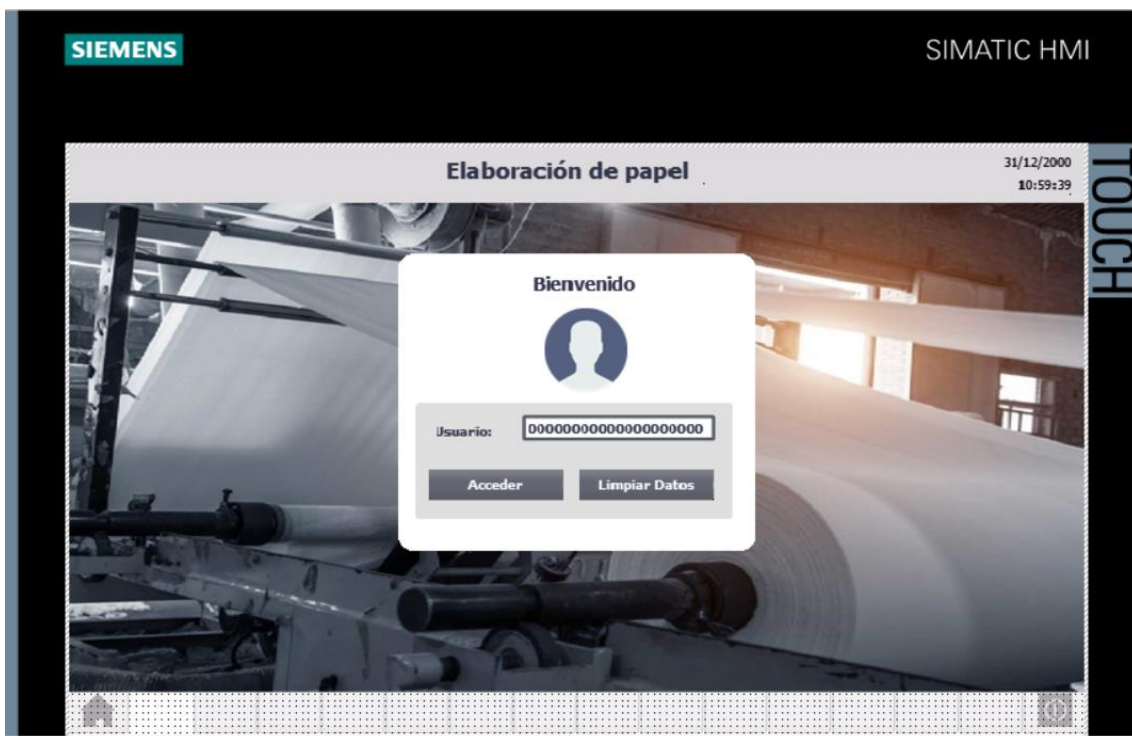
En los siguientes bloques se verifican que el accionamiento este de manera manual, es crucial implementar funciones de seguridad y lógica adicional para evitar acciones no deseadas durante el modo manual y garantizar un accionamiento seguro del sistema. La programación real dependerá de detalles específicos del sistema y de dispositivos utilizados de manera real. Véase en anexo 1; Seg 25, Seg 26.

### **2.2.9 Pantallas de simulación para manejar el sistema mediante HMI (WINCC)**

En TIA Portal, la configuración de pantallas HMI a través de WinCC es un paso crucial para desarrollar interfaces de usuario intuitivas en entornos industriales. WinCC simplifica este proceso con una interfaz visual que facilita la creación de pantallas estructuradas, integrando elementos gráficos como botones, indicadores y gráficos. La conexión bidireccional con el PLC S71200 permite el intercambio de datos en tiempo real al asociar variables del PLC con objetos en la pantalla.

Es esencial definir variables y etiquetas para representar información crítica, como valores de proceso y estados de equipos. La introducción de animaciones y secuencias de operación agrega dinamismo, ofreciendo una representación visual efectiva de los cambios en el sistema y guiando al operador a través de procedimientos específicos.

WinCC también proporciona herramientas para el monitoreo remoto y la visualización de datos históricos. Además, la configuración de alarmas y eventos mejora la capacidad de respuesta en situaciones críticas. La creación de pantallas HMI en TIA Portal no solo se enfoca en la presentación visual, sino también en la interactividad y la optimización de la operación eficiente de los sistemas industriales, se puede observar la pantalla de login en la ilustración 10.



*Ilustración 10 Pantalla de bienvenida o login*

Pantalla general del proceso, en el cual se puede apreciar el estado de alarmas, controles local/remoto, y modo manual/automático, se puede observar en la ilustración 11.

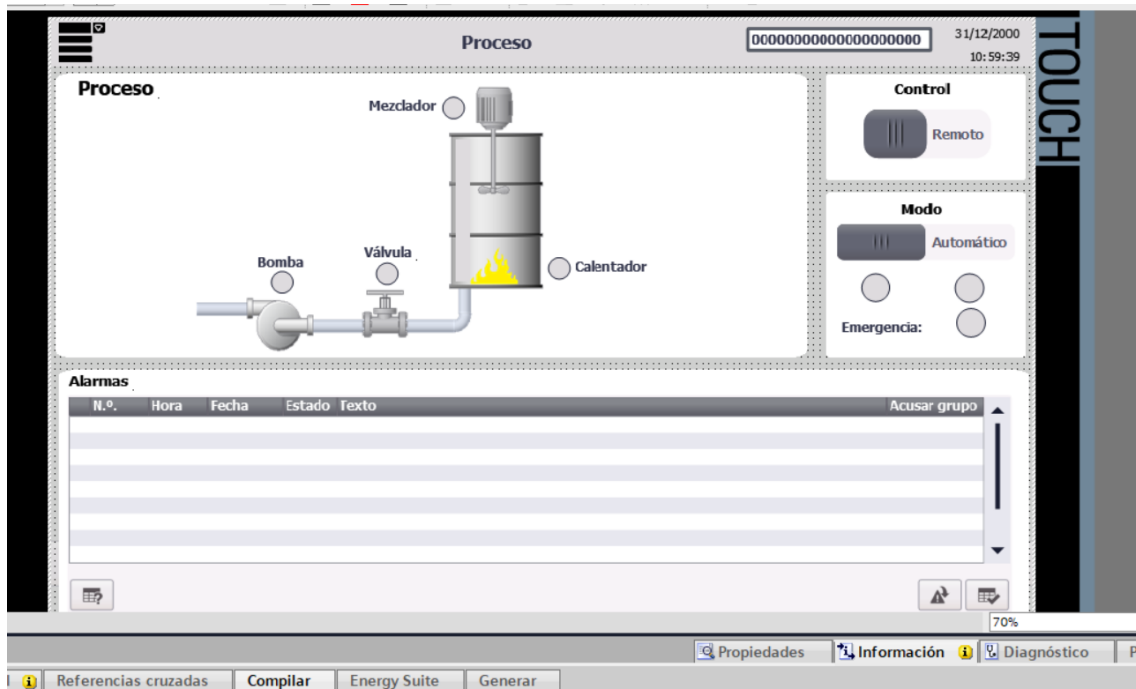


Ilustración 11 Pantalla de proceso e indicador de Alarmas

En la siguiente ilustración 12 se visualiza el estado de controles manuales, el accionamiento para la bomba, válvula, calentador y motor de lavado, con su respectiva alarma.

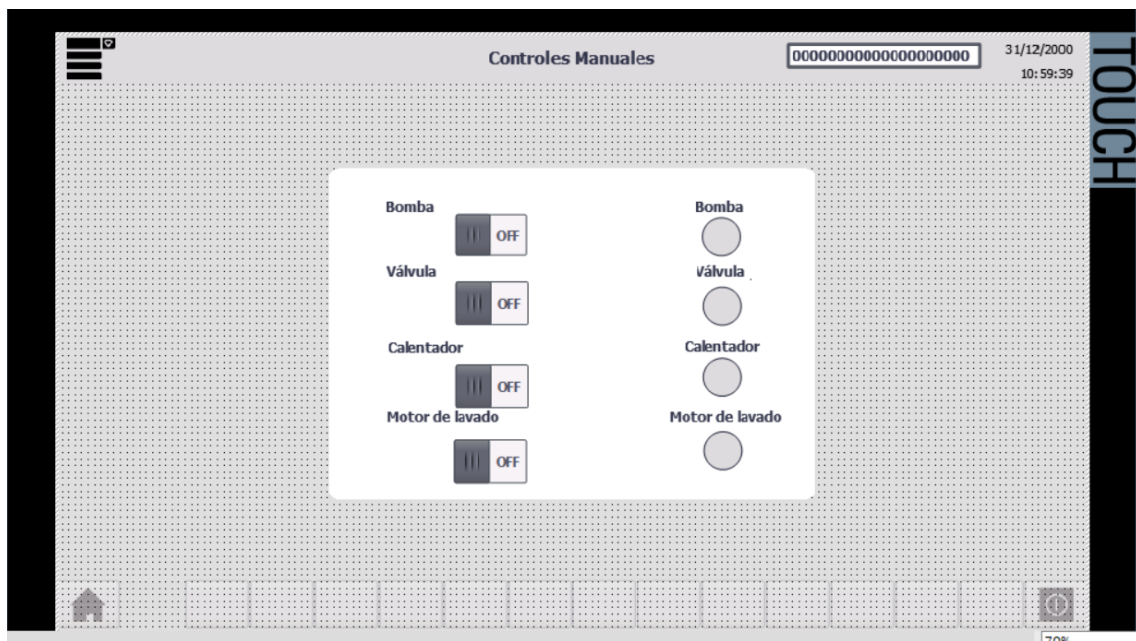


Ilustración 12 Pantalla de controles manuales

En la siguiente ilustración 13 se visualiza los valores operativos, indicando la temperatura y densidad a usar en el proceso.

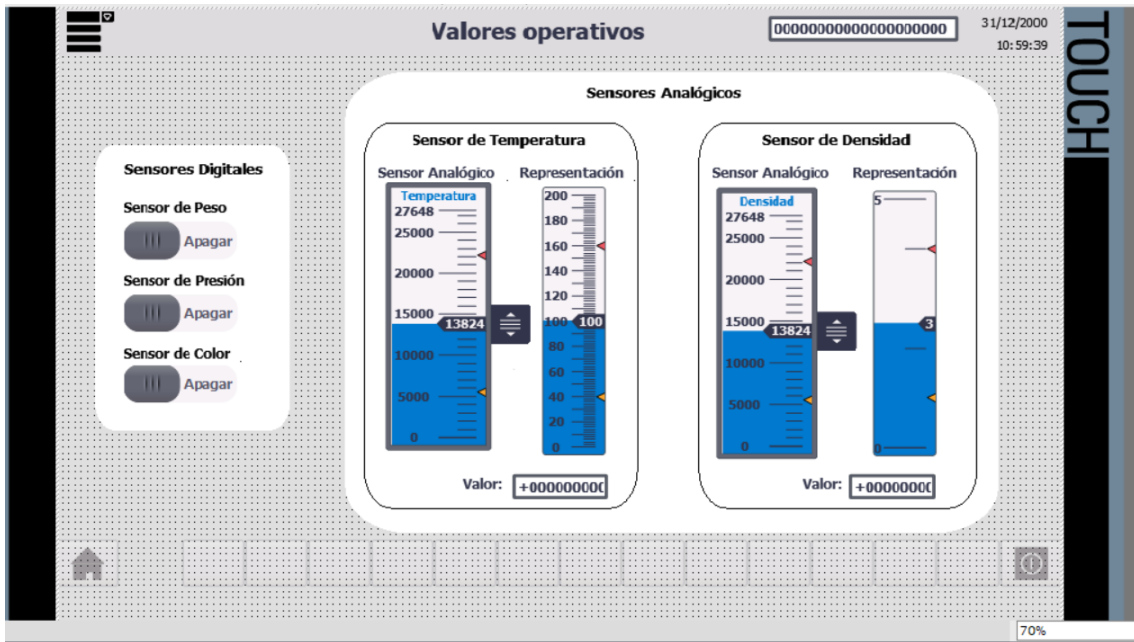


Ilustración 13 Pantalla de valores operativos, sensores digitales y sensores analógicos

La ilustración 14 siguiente nos muestra los parámetros de operación que se visualizará una vez comunicado a algún motor o elemento propio del sistema.



Ilustración 14 Pantalla de parámetros de operación

La siguiente ilustración 15 nos muestra la pantalla para poder acceder a sus históricos, los datos recolectados a lo largo del proceso se mostrarán por este medio.

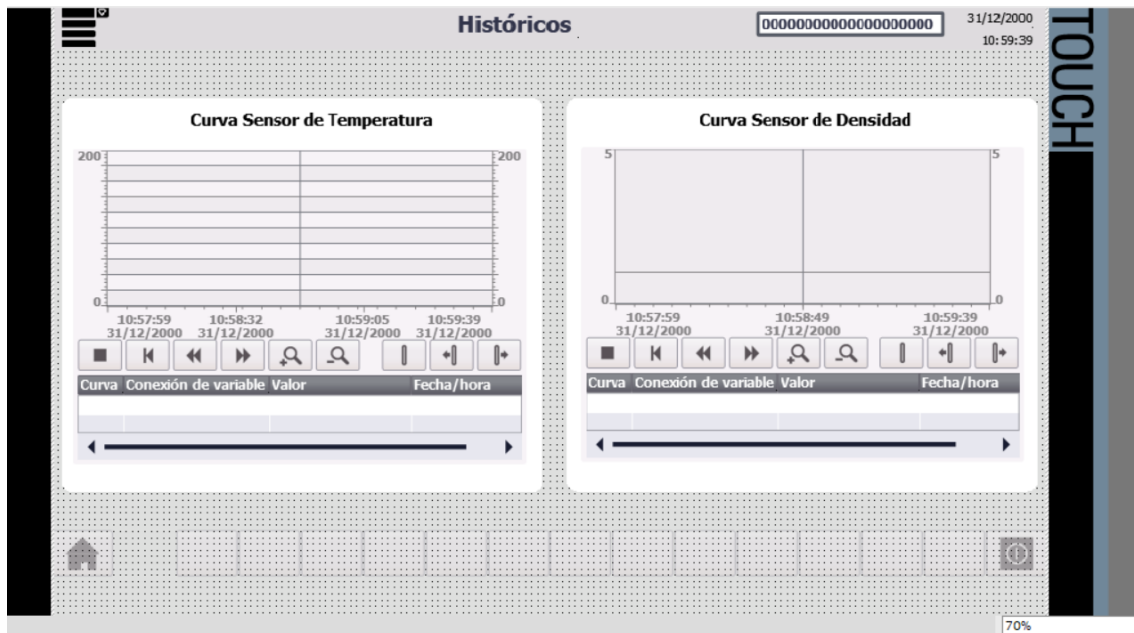


Ilustración 15 Pantalla de históricos con sus respectivas curvas

La ilustración 16 la cual es de mantenimiento, permite habilitar o deshabilitar los siguientes elementos mostrados y así poder llevar a cabo el respectivo mantenimiento en caso de alguna falla.

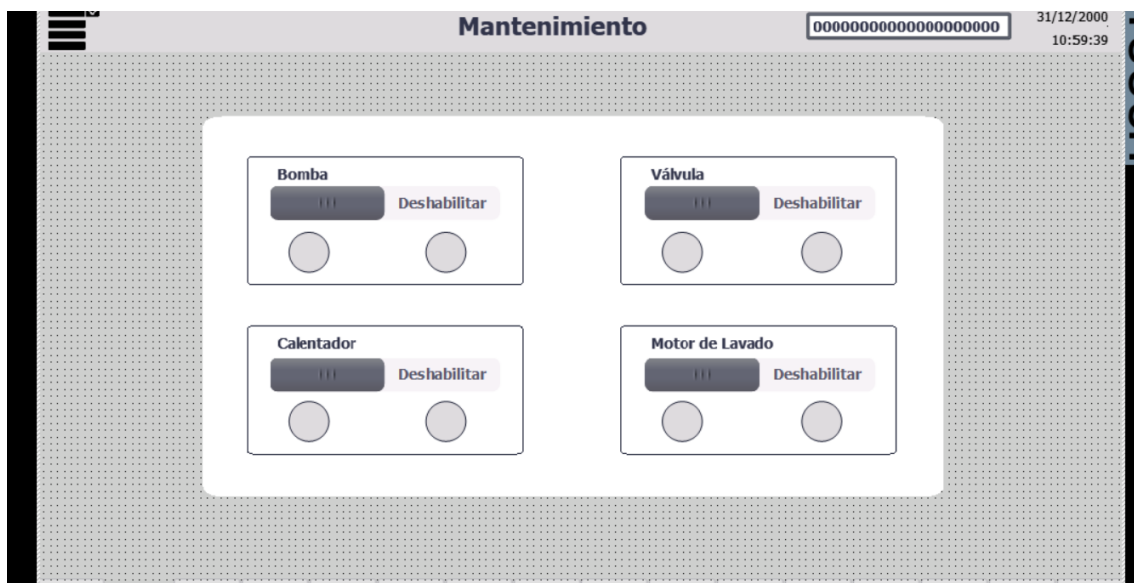


Ilustración 16 Pantalla de mantenimiento del sistema

### 2.3. PRUEBAS Y PUESTA EN MARCHA DEL SISTEMA.

Para garantizar la efectividad y estabilidad del sistema de obtención de pulpa desarrollado en TIA Portal y WinCC, se llevarán a cabo diversas fases de pruebas y una cuidadosa puesta en marcha. Estas etapas son cruciales para verificar la funcionalidad, identificar



posibles problemas y asegurar una transición sin contratiempos hacia la operación completa. A continuación, se detallan las actividades específicas de estas fases:

### 2.3.1 Fase de Inicio del sistema

A continuación se muestra en la ilustración 17 la pantalla inicial del HMI, el cuál esta simulado y en la misma se verifica el accionamiento “Control local – Remoto”, “Modo Automático – Manual”, las Alarmas y los indicadores de encendido de los actuadores.

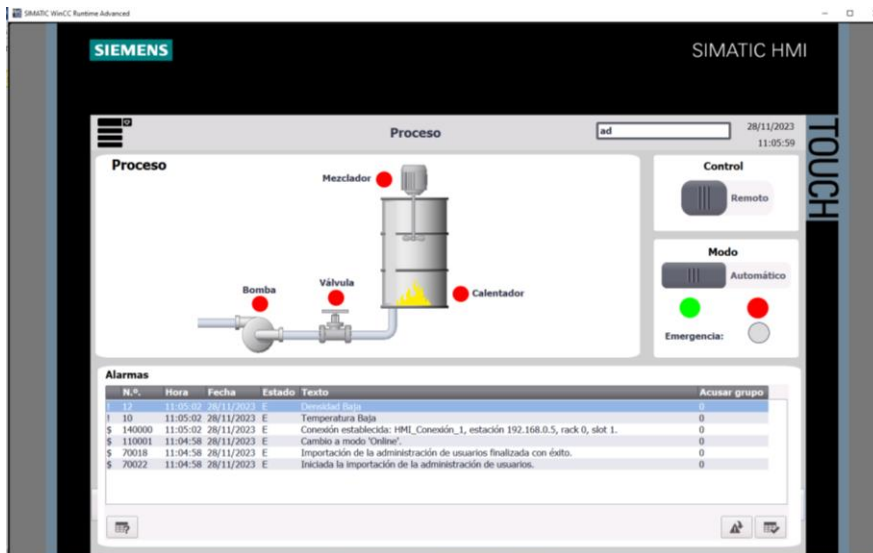


Ilustración 17 Pantalla Principal indicadora de estados

### 2.3.2 Elección y accionamiento Modo Manual/Automático

Consecuentemente se obtiene una vista en la ilustración 18 tanto del ladder como del HMI para poder apreciar conjuntamente su accionamiento del sistema en el “Control Local – Remoto”.

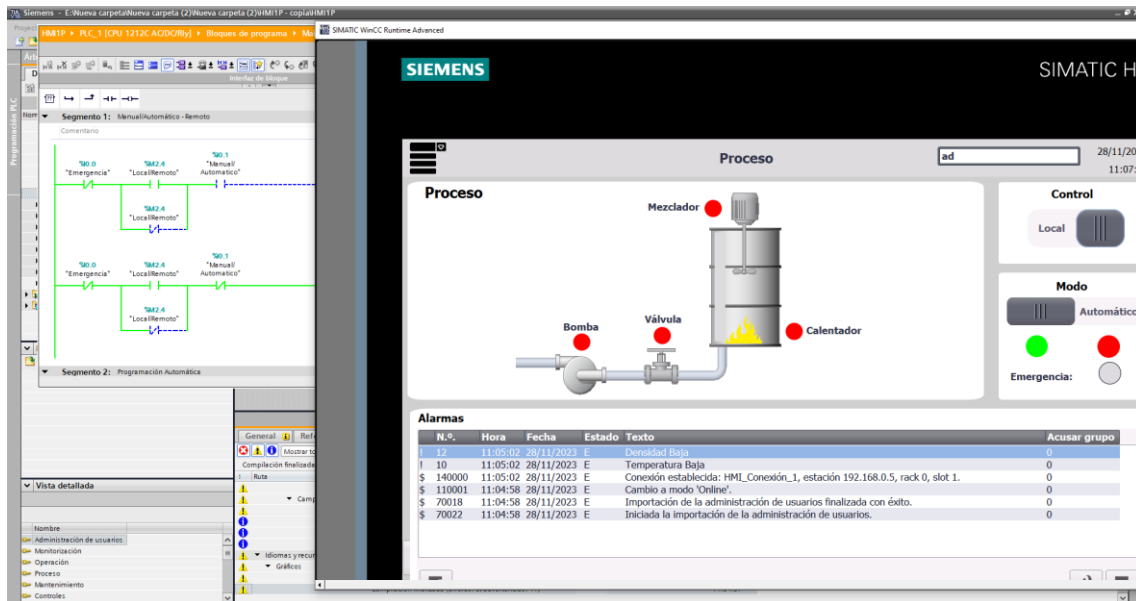


Ilustración 18 Elección Modo Local/Remoto

### 2.3.3 Elección y accionamiento modo Manual/Automático

En la siguiente ilustración 19 se puede verificar el accionamiento tanto manual como automático, el cuál en base a la programación en Ladder se podrá observar de manera simultánea.

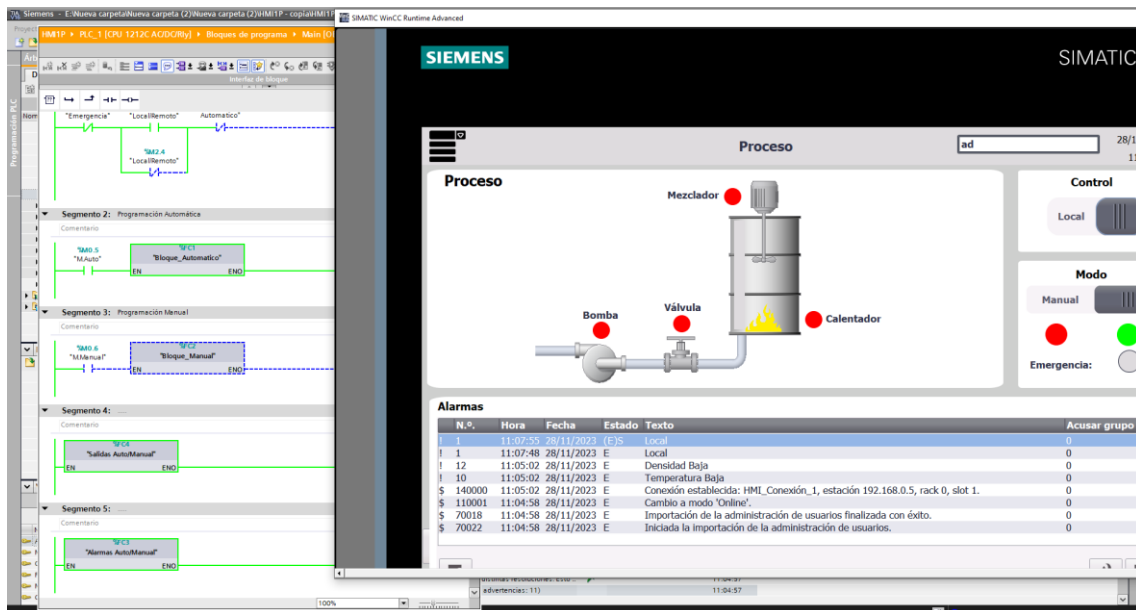


Ilustración 19 Accionamiento Modo Manual/Automático

### 2.3.4 Accionamiento del motor y su sistema en curso

En la siguiente ilustración 20 se observa la activación del motor, conjuntamente en la programación de Ladder se aprecia el conteo y por cuanto estará abierto tal sistema para

que pueda continuar con su proceso, hasta cierta cantidad y procede con el siguiente proceso.

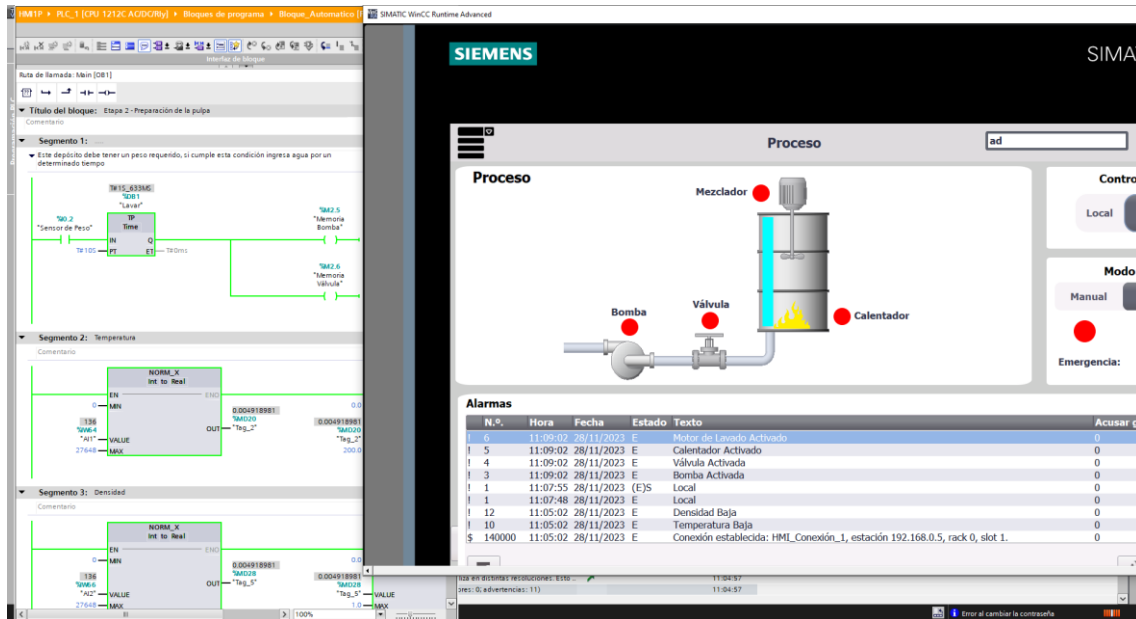


Ilustración 20 Activación del motor

### 2.3.5 Testeo de valores operativos y sus respectivos rangos de operación

En la siguiente ilustración 21 se puede apreciar el escalamiento y su rango de cada sensor analógico, tanto como temperatura y densidad, alarma efectuando su nivel, en este caso si está sobrepasado del valor operativo o muy por debajo del valor estimado la misma que enviará una alarma. El accionamiento del sensor de Peso, Presión y Color del proceso que sigue con su ejecución.

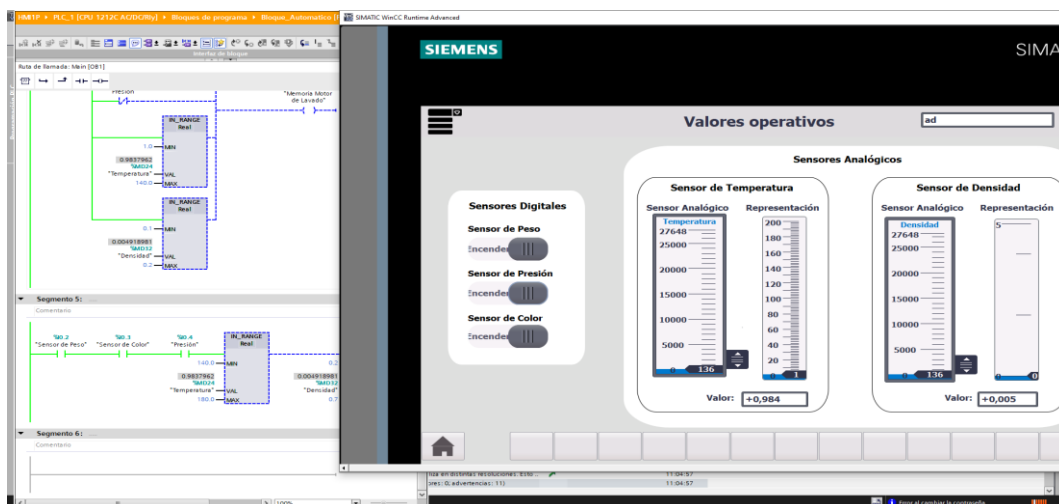


Ilustración 21 Accionamiento sensores analógicos

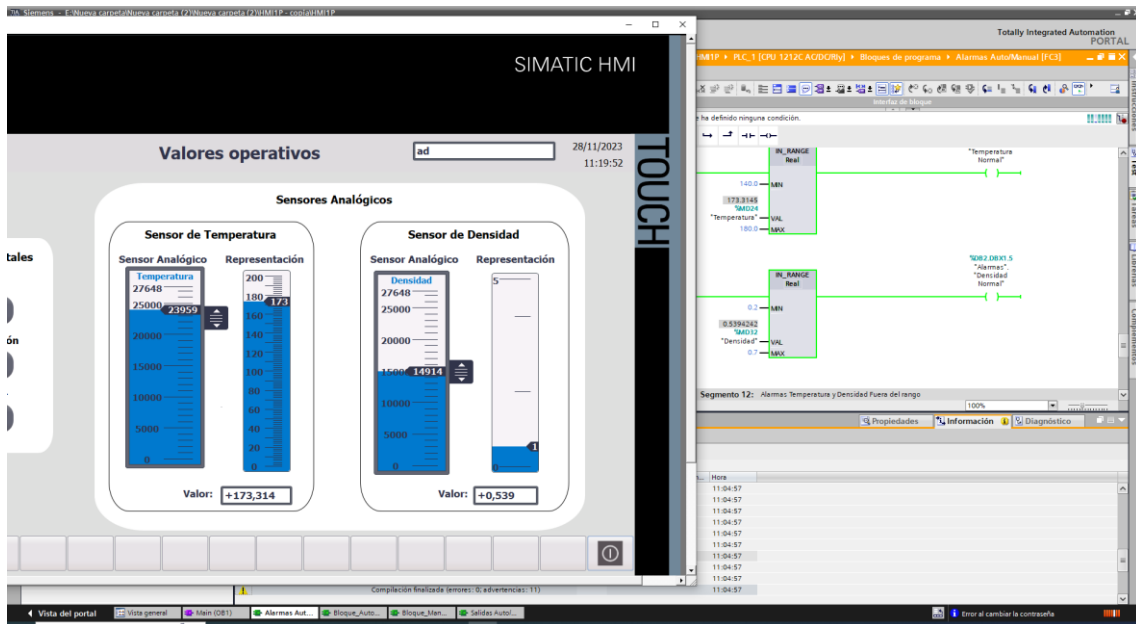


Ilustración 22 Sensores en su valor operativo o normal

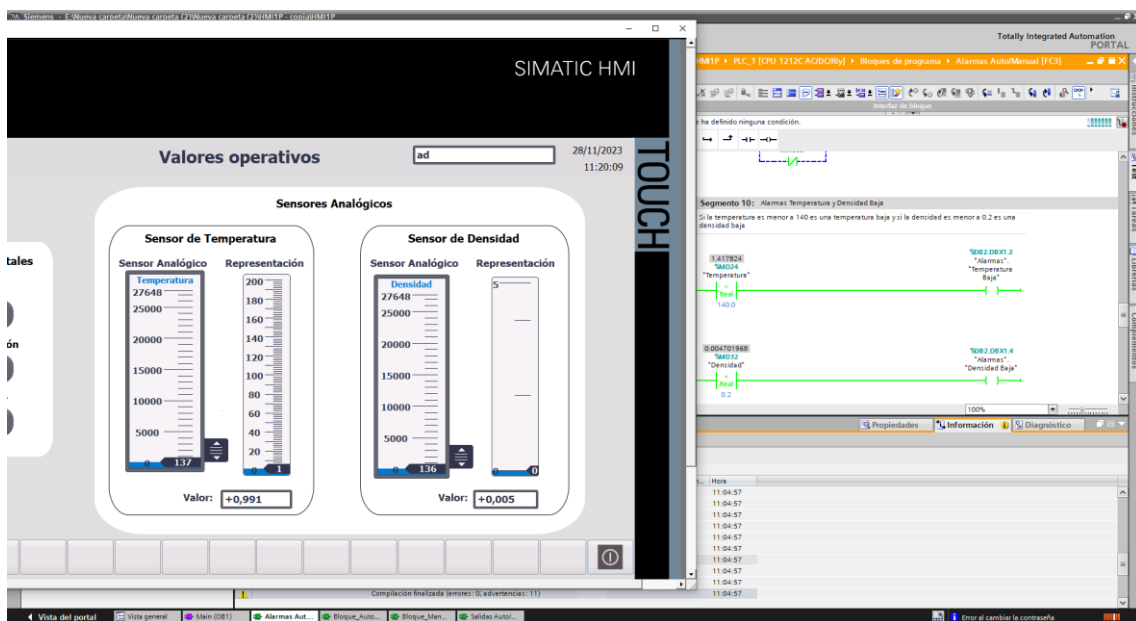


Ilustración 23 Sensores por debajo del valor normal

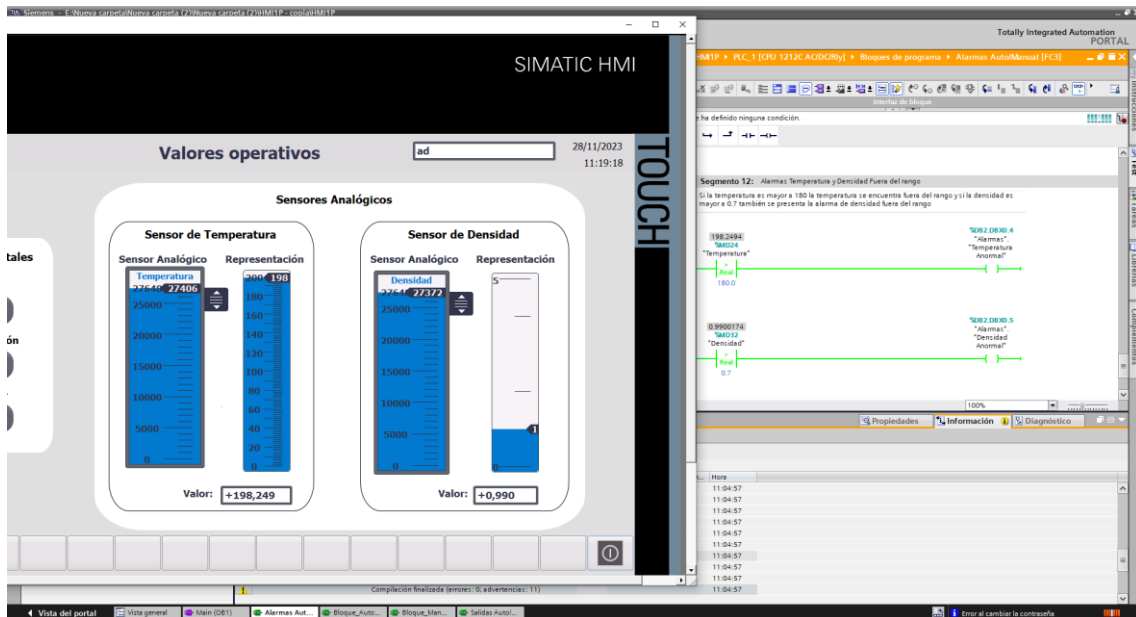


Ilustración 24 Sensores con valores operativos elevados

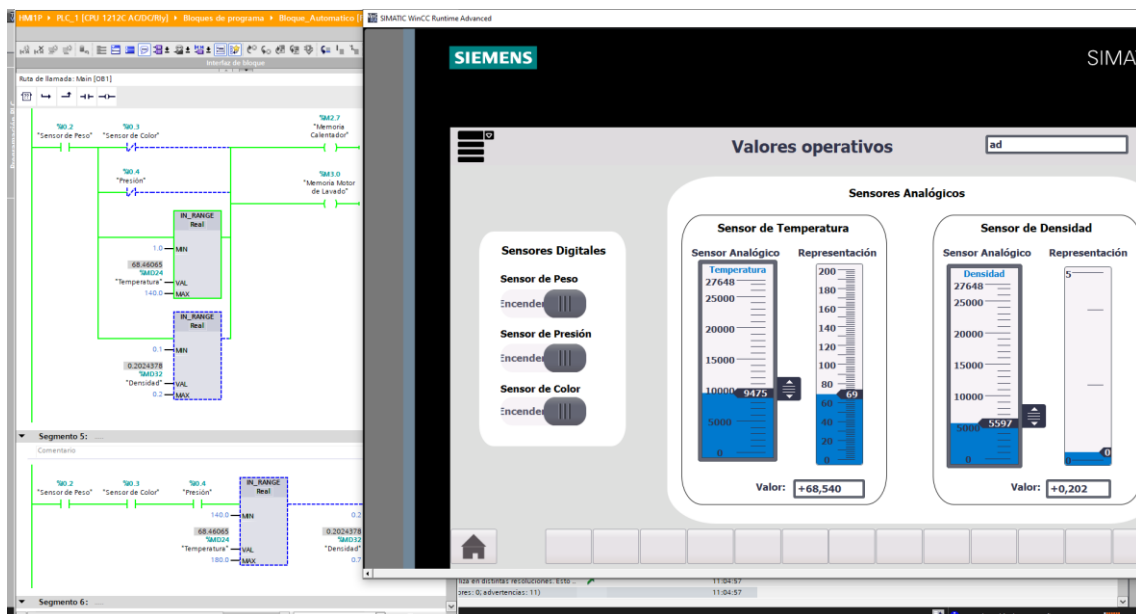


Ilustración 25 Verificación de valores para seguir operando

### 2.3.6 Proceso del sistema en modo Manual

En la siguiente ilustración 26 se observa el modo manual, la activación de sus actuadores, las alarmas mismas representadas de cada proceso hecho, el proceso es el mismo pero efectuando controles de manera automática.

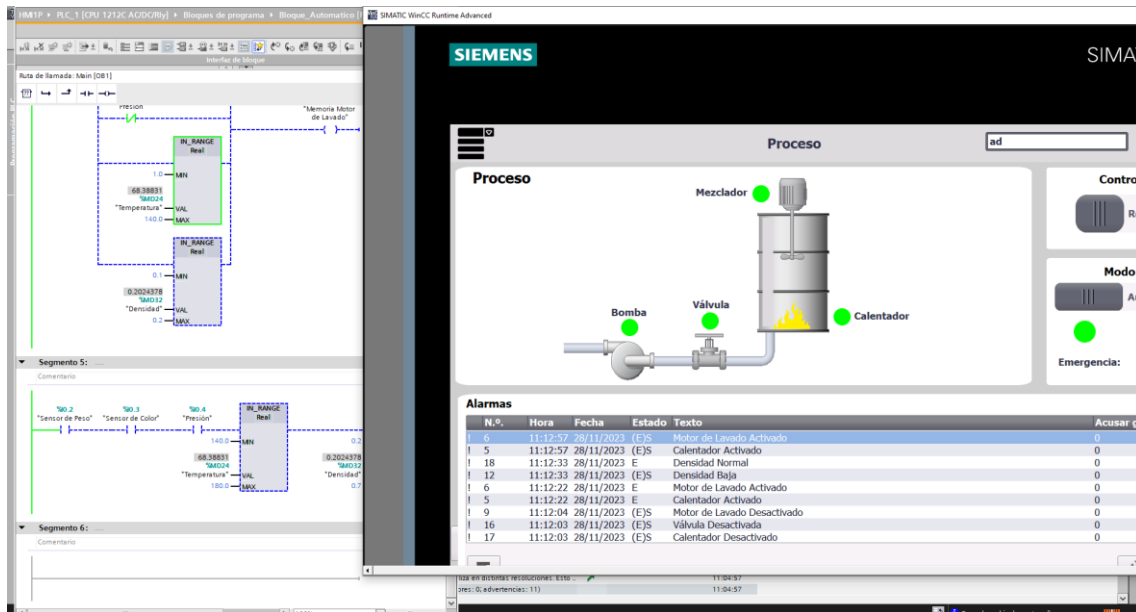


Ilustración 26 Representación del sistema en modo Manual

### 2.3.7 Controles Manuales y Mantenimiento

Aunque el sistema esté diseñado para la automatización, es crucial contar con controles manuales para intervenir en el proceso cuando sea necesario. Esto proporciona flexibilidad y capacidad de respuesta ante situaciones imprevistas. Los controles manuales se verificarán como en las siguientes ilustración 27.

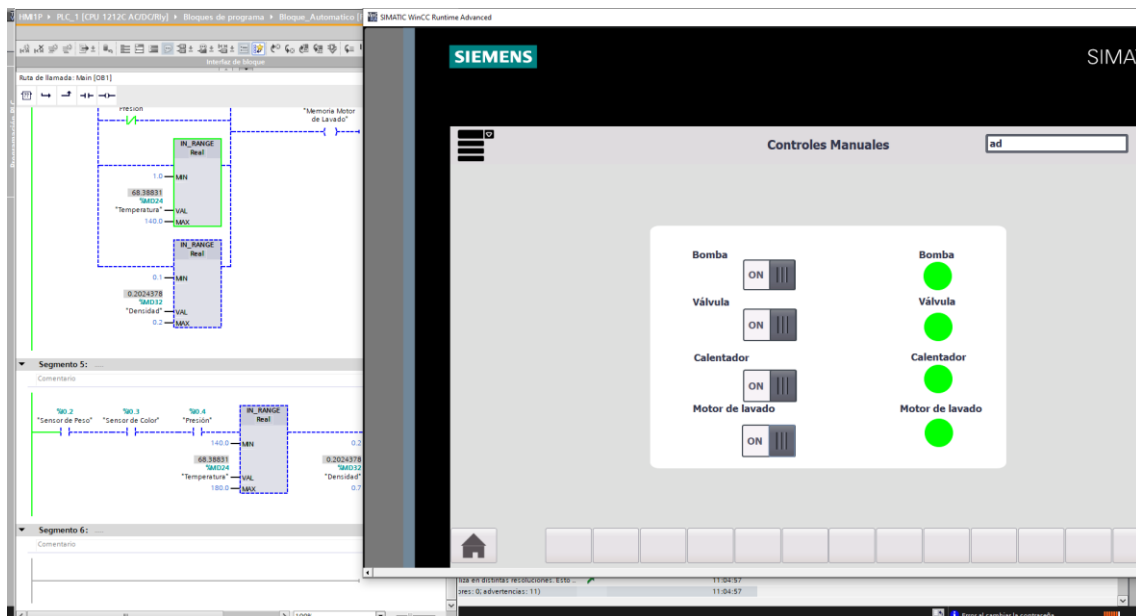


Ilustración 27 Accionamiento manual de los actuadores

A continuación el mantenimiento, el cuál indicará que no se puede ejecutar alguna acción cuando este tipo de actuador este inhabilitado, se visualiza en la ilustración 28.

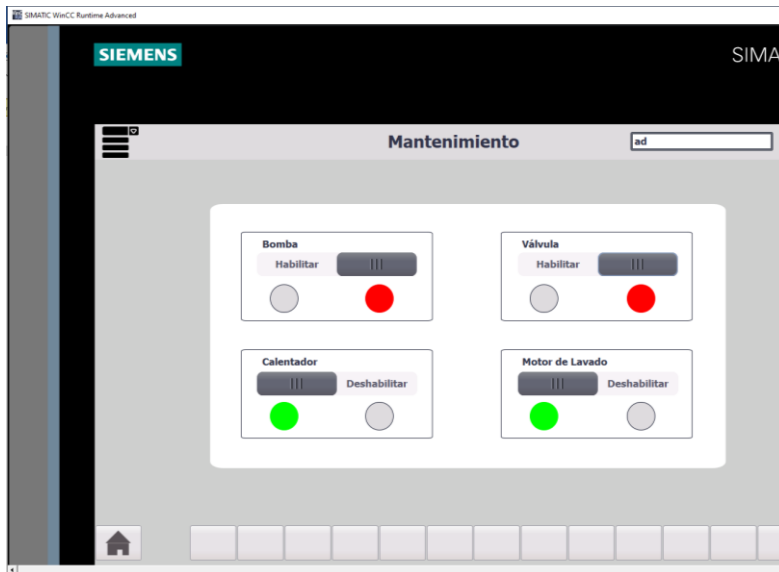


Ilustración 28 Mantenimiento de los actuadores

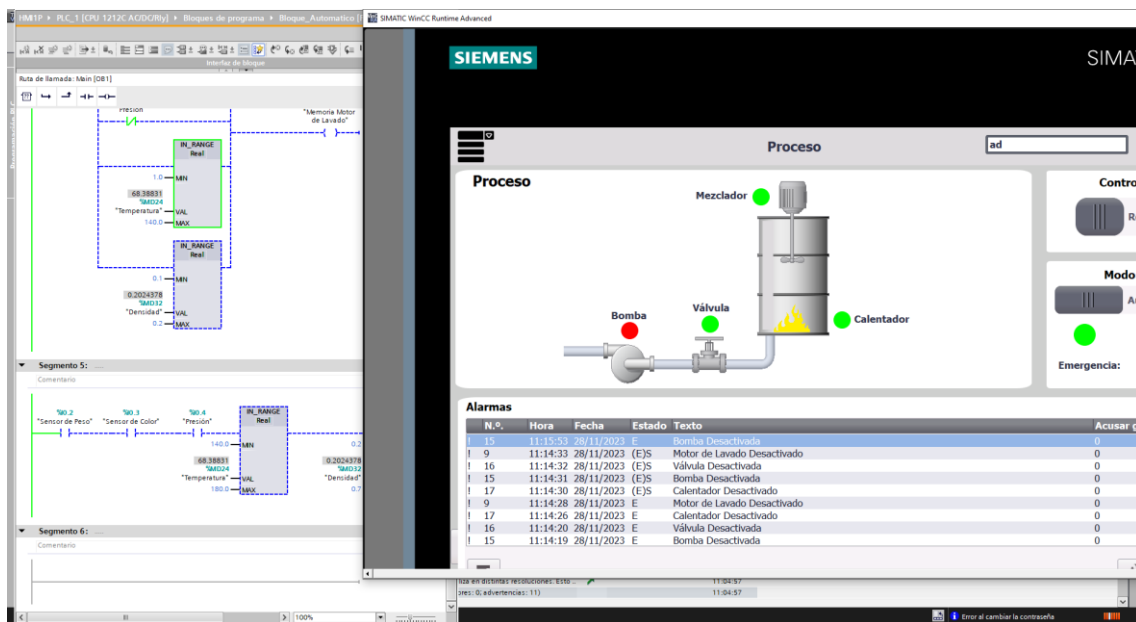


Ilustración 29 Representación de actuadores activados

### 2.3.8 Parámetros de operación

La ilustración 30 hace referencia a las variables y condiciones que detallan la situación y el comportamiento de un sistema o dispositivo en funcionamiento. Estos parámetros desempeñan un papel crucial en la supervisión, control y mejora del rendimiento de distintos sistemas, abarcando campos tan diversos de la ingeniería.

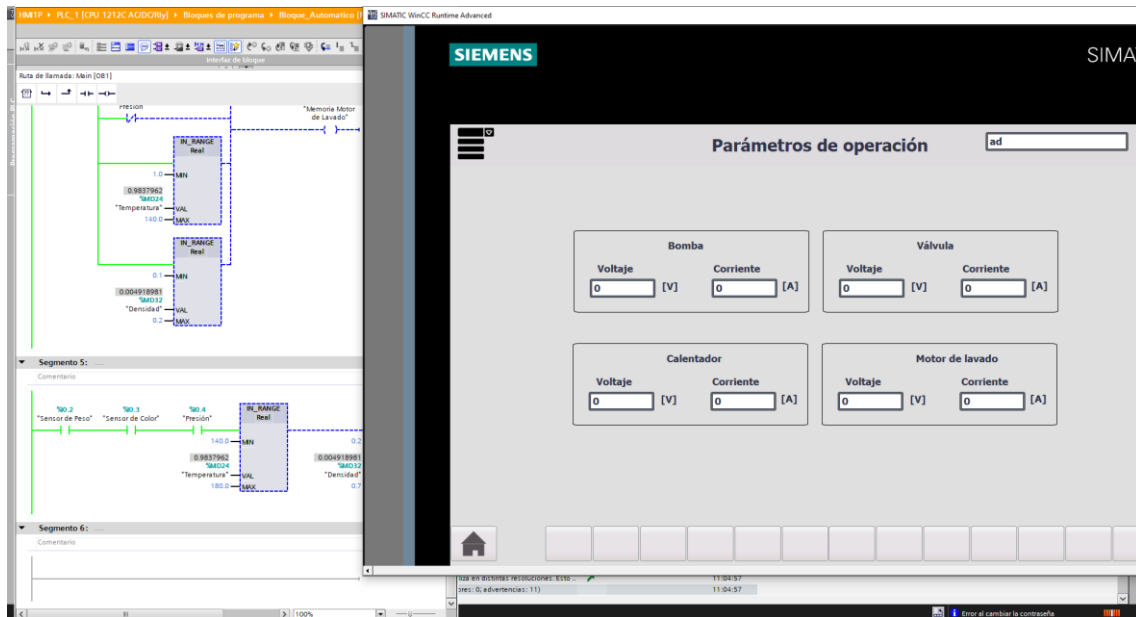


Ilustración 30 Parámetros de operación del sistema

### 2.3.9 Históricos

En la siguiente ilustración 31 se describen eventos, datos o registros que tienen lugar en el pasado. La información significativa desde el punto de vista histórico o a elementos que se han desarrollado en un periodo anterior al presente.

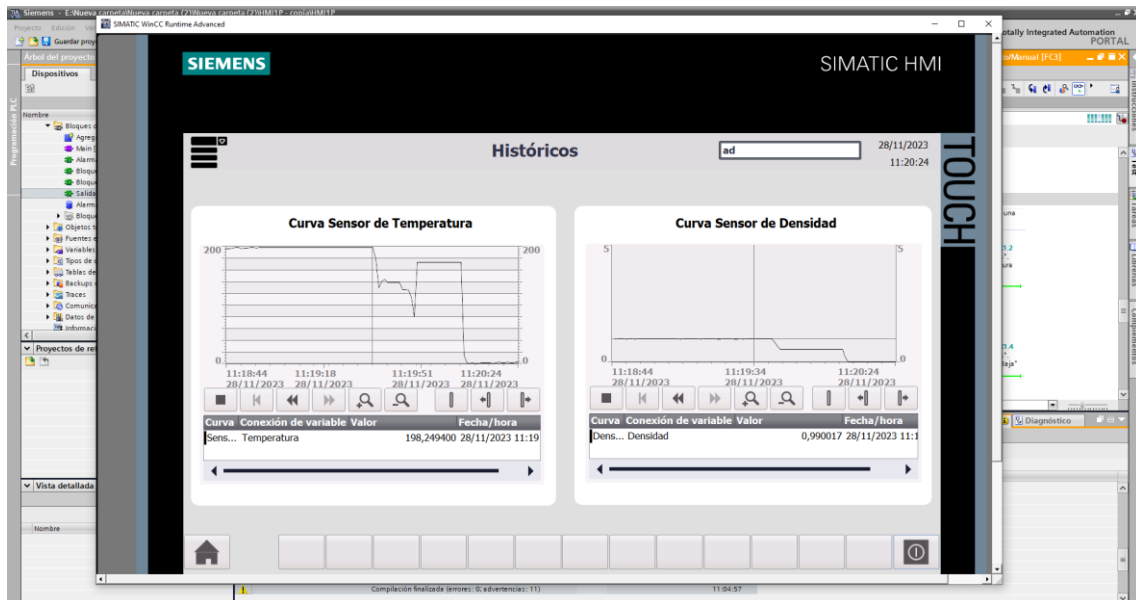


Ilustración 31 Históricos marcados durante el proceso

## 2.4. FACTIBILIDAD ECONÓMICA

El estudio de factibilidad más detallado en términos económicos, centrado en los materiales utilizados para la simulación del proceso de preparación de pulpa, involucraría un análisis más específico de los costos y beneficios asociados.



Realizar el estudio de factibilidad financiera con el fin de determinar el monto de inversión para la implementación y ejecución de la simulación para el proceso de preparación de la pulpa, considerando recursos tangibles e intangibles. A continuación se detallan costos de equipos, materiales y mano de obra utilizados en la implementación de este proyecto.

### Costo de equipos

En la tabla 3 se visualiza el coste de equipos utilizado en la implementación del diseño de la simulación, obteniendo el costo total de equipos de \$4011.23.

*Tabla 3 Costo de equipos para la simulación del proceso*

<b>CANT.</b>	<b>Descripción</b>	<b>P. Unitario</b>	<b>P. Total</b>
1	6AV2124-0GC01-0AX0 Siemens	\$598.23	\$598.23
1	Switch Industrial CSM1277	\$240.00	\$240.00
1	CPU 1212C AC/DC/Relé	\$473.00	\$473.00
1	Computador	\$1500.00	\$1500.00
1	Licencias Siemens TCP/IP Ethernet	\$1200.00	\$1200.00
<b>TOTAL COSTO DE EQUIPOS</b>			<b>\$4011.23</b>

### Costo de mano de obra

A continuación en la tabla 4 se detalla el costo de la mano de obra:

*Tabla 4 Total costo de mano de obra*

<b>CANT.</b>	<b>Descripción</b>	<b>P. Unitario</b>	<b>P. Total</b>
1	Diseño y desarrollo del software	\$.3000.00	\$3000.00
1	Gastos varios	\$1500.00	\$1500.00
<b>TOTAL COSTO MANO DE OBRA</b>			<b>\$4500.00</b>

### Costo Final

Los siguientes valores representan el gasto generado por costo de equipo y costo de mano de obra, como resultado de inversión obtenemos un valor de \$11,111.23. Se detalla en la tabla 5.

*Tabla 5 Total costo final*

<b>EQUIPOS</b>	\$4011.23
<b>MANO DE OBRA</b>	\$4500.00
<b>TOTAL DE INVERSIÓN</b>	\$8500.23

## **2.5. RESULTADOS**

Los resultados obtenidos del diseño y simulación de la automatización del proceso de fabricación de papel mediante PLC S71200 en la etapa de preparación de la pulpa revelan mejoras sustanciales en la eficiencia operativa. La implementación de la automatización ha demostrado una significativa reducción en los tiempos de ejecución, aumentando de manera consiguiente la producción total. La dosificación automática de ingredientes ha contribuido a una mayor precisión en la composición de la pulpa, resultando en una mejora palpable en la calidad del producto final.

- Se logró una exhaustiva identificación de los diversos procesos y técnicas industriales involucrados en la elaboración de papel. Se hizo hincapié en la implementación de tecnologías avanzadas.
- Se desarrolló un algoritmo de programación detallado que controla de manera efectiva el proceso industrial de la elaboración de papel mediante el uso de un PLC S71200. Este algoritmo asegura una integración efectiva de las funciones de control y supervisión, con especial atención a la flexibilidad para adaptarse a variaciones potenciales en el proceso.
- Se examinó con detalle el sistema automatizado que gestiona la preparación de la pulpa en la elaboración de papel. Los sistemas de control y recopilación de información mediante PLC S71200 se destacaron por su contribución significativa a la optimización de la producción, la reducción de costos y la mejora de la seguridad laboral.
- Se diseñó un sistema industrial completo de observación, control y comunicación, utilizando interfaces hombre-máquina (HMI) intuitivas y eficientes. El HMI

### **2.5.1 Ejecución y funcionamiento del proceso**

La ejecución y funcionamiento del sistema de automatización en la etapa de preparación de la pulpa para la fabricación de papel mediante PLC S71200 sigue un flujo continuo y eficiente. El proceso se inicia con la activación del PLC S71200, ya sea de forma manual por parte de un operador o de manera automática, dependiendo de los parámetros y condiciones preestablecidos.

A medida que se dosifican automáticamente los ingredientes necesarios para la preparación de la pulpa, los sensores integrados monitorean constantemente los niveles para asegurar una dosificación precisa. El PLC S71200v toma el control de los mecanismos de mezcla, garantizando una distribución homogénea para mantener la consistencia en la composición de la pulpa.

Durante todo el proceso, los sensores realizan un monitoreo continuo de variables críticas como temperatura, presión y niveles de materiales. La retroalimentación permite ajustes automáticos para mantener condiciones operativas ideales. Los actuadores controlados por el PLC S71200 dirigen el flujo de materiales y ajustan los parámetros según sea necesario, asegurando un control preciso en cada etapa.

En términos de seguridad, el sistema cuenta con dispositivos como interruptores de emergencia para detener rápidamente el proceso en situaciones imprevistas. Además, se han implementado procedimientos de emergencia para garantizar la seguridad del personal y del equipo.

La interfaz gráfica de usuario (HMI) proporciona a los operadores información en tiempo real sobre el estado del proceso, permitiéndoles supervisar y, si es necesario, intervenir manualmente. Durante la ejecución, el sistema registra datos clave, como tiempos de operación, niveles de inventario y posibles anomalías, esenciales para informes y análisis posteriores.

Una vez completada la preparación de la pulpa, el sistema emite una señal de finalización, y los actuadores controlados por el PLC S71200 dirigen la pulpa preparada hacia la siguiente etapa del proceso de fabricación de papel. El sistema automatizado, gestionado por el PLC S71200, asegura consistencia, calidad y seguridad a lo largo de la ejecución del proceso, tal y como se aprecia en la ilustración 32.

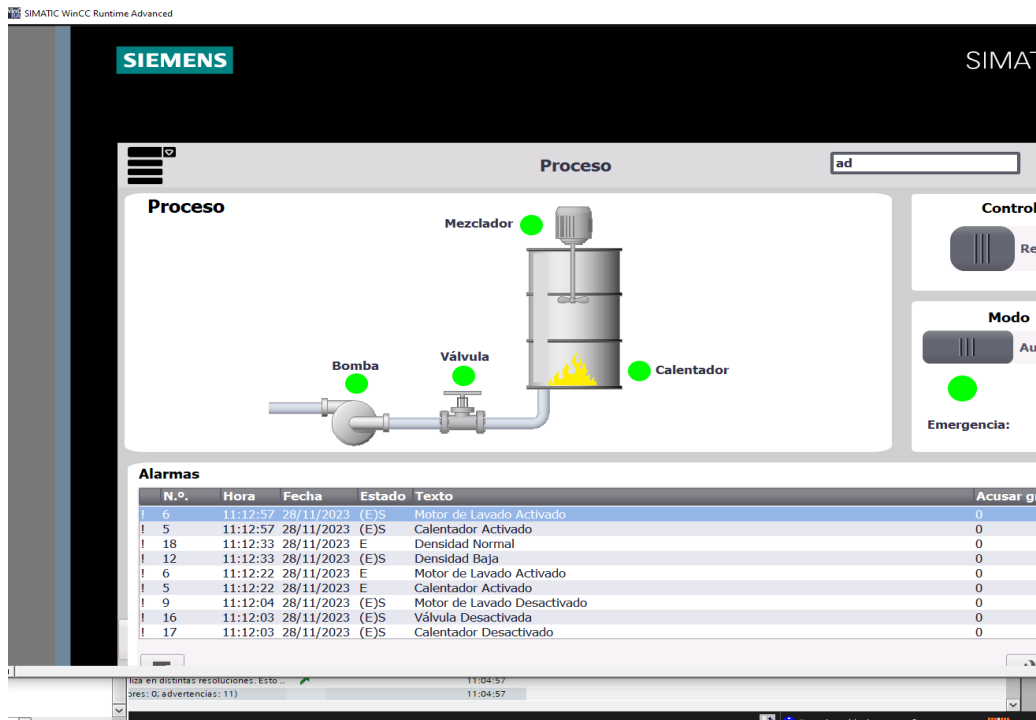


Ilustración 32 Representación del proceso con sus actuadores en funcionamiento

### Visualización de históricos

La visualización de históricos en la automatización de la etapa de preparación de pulpa para la fabricación de papel mediante PLC S71200 se logra mediante diversas herramientas visuales. Los gráficos de tendencias temporales son fundamentales para representar la evolución de variables clave a lo largo del tiempo, como tiempos de producción, niveles de ingredientes y calidad del producto. Asimismo, los diagramas de dispersión permiten explorar posibles relaciones entre distintas variables, proporcionando insights sobre cómo ciertos factores influyen en otros aspectos del sistema.

La implementación de heatmaps facilita la identificación de variaciones en el rendimiento bajo diferentes condiciones operativas, utilizando colores para indicar niveles de eficiencia, calidad u otras métricas relevantes. Además, los histogramas son útiles para visualizar la distribución de la producción en términos de calidad y cantidad, permitiendo identificar áreas para mejorar la uniformidad del producto.

Es esencial desarrollar paneles de control en tiempo real que muestren datos clave durante la ejecución del proceso. Estos paneles proporcionan una visión instantánea, permitiendo intervenciones rápidas si es necesario ajustar algún parámetro. La comparación de datos a lo largo de distintos períodos también puede realizarse mediante gráficos comparativos, ofreciendo una perspectiva clara de los cambios en el rendimiento del sistema.

La visualización de históricos a través de diversas herramientas visuales es esencial para evaluar el rendimiento pasado, identificar patrones y tendencias, y tomar decisiones informadas para la mejora continua en la automatización de la etapa de preparación de pulpa, mostrado en la ilustración 33.



Ilustración 33 Históricos mostrados del sistema

## CONCLUSIONES

- La identificación detallada de los variados procesos y técnicas industriales en la elaboración de papel ha proporcionado una base sólida para comprender la complejidad del proceso. La adopción de un enfoque específico en la implementación de tecnologías avanzadas, como el PLC S71200, se ha confirmado como un paso clave para mejorar la eficiencia y la calidad en cada etapa del proceso.
- La creación de un algoritmo de programación detallado para controlar el proceso industrial de elaboración de papel con un PLC S71200 ha demostrado ser esencial. Este enfoque garantiza una integración efectiva de las funciones de control y supervisión, proporcionando flexibilidad para adaptarse a posibles variaciones en el proceso. La robustez del algoritmo se ha evidenciado en su capacidad para mantener la estabilidad operativa frente a cambios.
- El sistema automatizado para la preparación de pulpa ha revelado su contribución significativa a la optimización de la producción. La gestión eficiente de la información mediante PLC S71200 no solo ha mejorado la eficiencia, sino que

también conduce a una reducción de costos y mejoras notables en la seguridad laboral. La automatización ha demostrado ser una inversión estratégica para la industria papelera.

- El diseño del sistema industrial completo, con un enfoque en interfaces hombre-máquina (HMI) intuitivas y eficientes, ha demostrado su eficacia. La implementación de un HMI intuitivo ha facilitado la interacción entre operadores y el sistema automatizado, permitiendo un monitoreo efectivo y una toma de decisiones rápida. La integración de funciones de comunicación ha asegurado la conectividad con otros sistemas y la recopilación de datos para análisis posteriores, contribuyendo a la mejora continua del proceso.

### **Bibliografía.**

- [1] REDACCIÓN, «Tecnología para la Industria,» *tecnologiaparalaindustria*, 27 11 2019. [En línea]. Available: <https://tecnologiaparalaindustria.com/automatizacion-de-procesos-en-plantas-de-pulpa-y-papel-el-exito-esta-en-contratar-un-servicio-integral/>.
- [2] J. Loayza Pérez y V. Silva Meza, «Los procesos industriales sostenibles y su contribución en la prevención de problemas ambientales,» Universidad Nacional Mayor de San Marcos Perú, Lima, 2013.
- [3] Elicogrup, «ElicoGrup,» Elicogrup, 2023. [En línea]. Available: <https://elicogrp.com/automatizacion-de-plantas-de-pulpa-y-papel/>.
- [4] K. M. C. POZO, «Diseño e implementación de un sistema SCADA para el proceso de pasteurización de leche,» UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA, Ecuador - La Libertad, 2017.
- [5] S. Boeykens, «Procesos para la producción de papel y pulpa,» <http://repositoriuba.sisbi.uba.a>, Buenos Aires, 2006.
- [6] L. C. J. ALFREDO, «Diseño y análisis de un sistema automatizado basado en redes industriales para el control del proceso de etiquetado y almacenamiento de cajas de leche mediante un controlador robusto y un Gateway para la comunicación de datos.,» UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA , La Libertad, 2021.
- [7] E. D. Z. B. EDWIN JOSÉ NÚÑEZ CEDEÑO, «Tesis previa a la obtención del título de: INGENIERO ELECTRÓNICO,» UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE QUITO , Quito, 2014.
- [8] I. F. V. M. Peña, «LAS REDES INDUSTRIALES Y SU INCLUSION A LAS REDES,» Universidad de Ambato, Ambato, 2011.

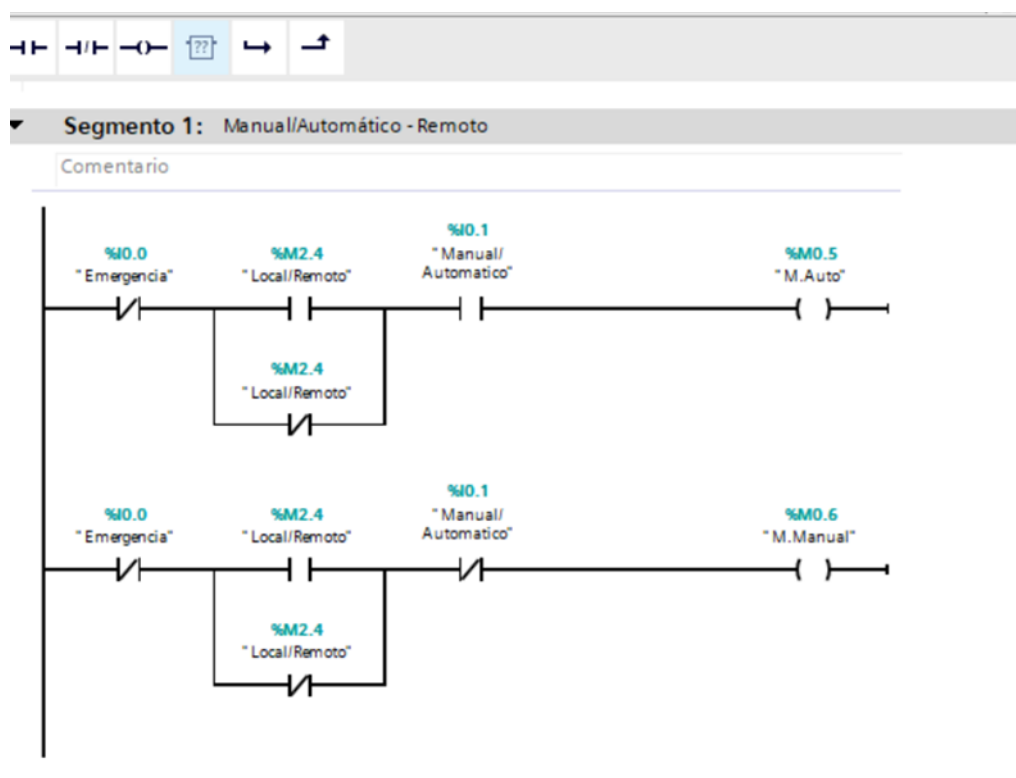
- [9] B. A. Yesenia, «Instrumentación en el proceso de elaboración de papel,» Instituto Tecnológico de Acapulco, Acapulco.
- [10] J. A. M. SEGOVIA, «IMPLEMENTACIÓN DE UN INTERFAZ HMI PARA LA COMUNICACIÓN ENTRE EL MPS COMPACT WORKSTATION DEL LABORATORIO DE CONTROL DE PROCESOS CON WINCC FLEXIBLE PARA EL ESTUDIO DE LOS SISTEMAS DE AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL EN LA CARRERA DE ELECTRÓNICA,» Quito, 2011.
- [11] «NETOPLCSIM,» [En línea]. Available: [https://docshare.tips/nettoplcsim-a-network-interface-toplcsimpdf\\_5c571ab008bbc5373d996d2f.html](https://docshare.tips/nettoplcsim-a-network-interface-toplcsimpdf_5c571ab008bbc5373d996d2f.html).
- [12] M. E. F. M. CINDY MILENA LEÓN NIETO, «DISEÑO DE UN PROCESO PARA LA FABRICACIÓN DE PAPEL RECICLADO ECOLÓGICO A ESCALA LABORATORIO USANDO PERÓXIDO DE HIDRÓGENO,» UNIVERSIDAD DE CARTAGENA , 2012.
- [13] E. G. Moreno, «Automatización de procesos industriales,» Universidad Politécnica de Valencia, 2017.
- [14] SIEMENS, «SIEMENS,» Siemens, [En línea]. Available: <https://www.siemens.com/mx/es/productos/automatizacion/systems/industrial/plc/s7-1200.html>.
- [15] Siemens, «Siemens,» [En línea]. Available: <https://siemensmexico.com.mx/productos/simatic.html>.
- [16] S. Factory, «Smart Factory,» [En línea]. Available: <https://smartfactory.ie/product/simatic-hmi-tp1200/>.
- [17] U. D. I. C. 1970, «Guía de Laboratorio de Automatización,» Programa de Ingeniería Electrónica, 2015.

# **ANEXOS**

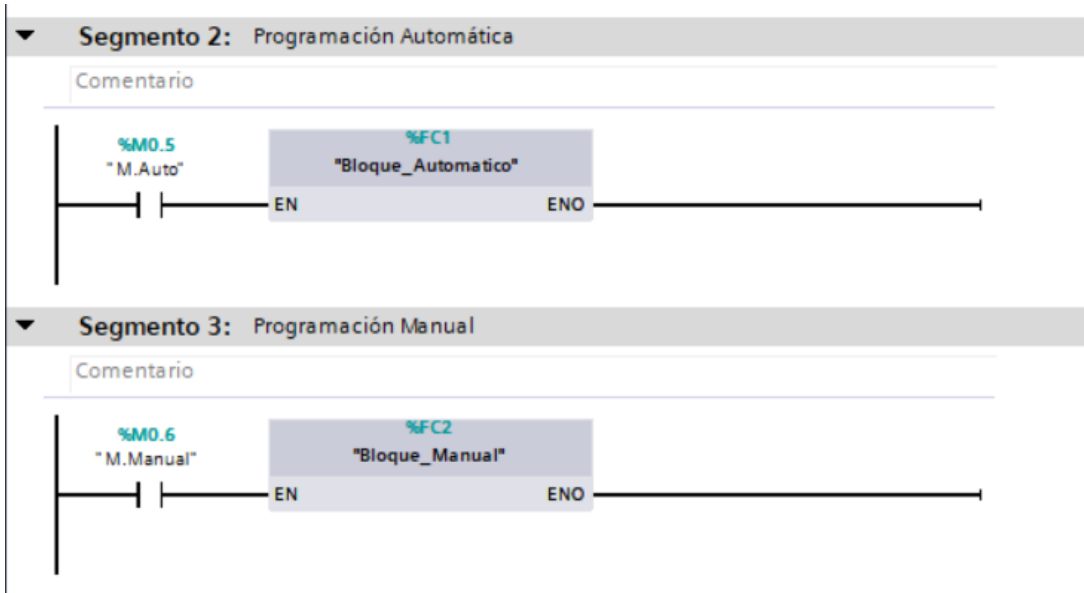


**Anexo 1:** Descripción gráfica de la programación TIA Portal.

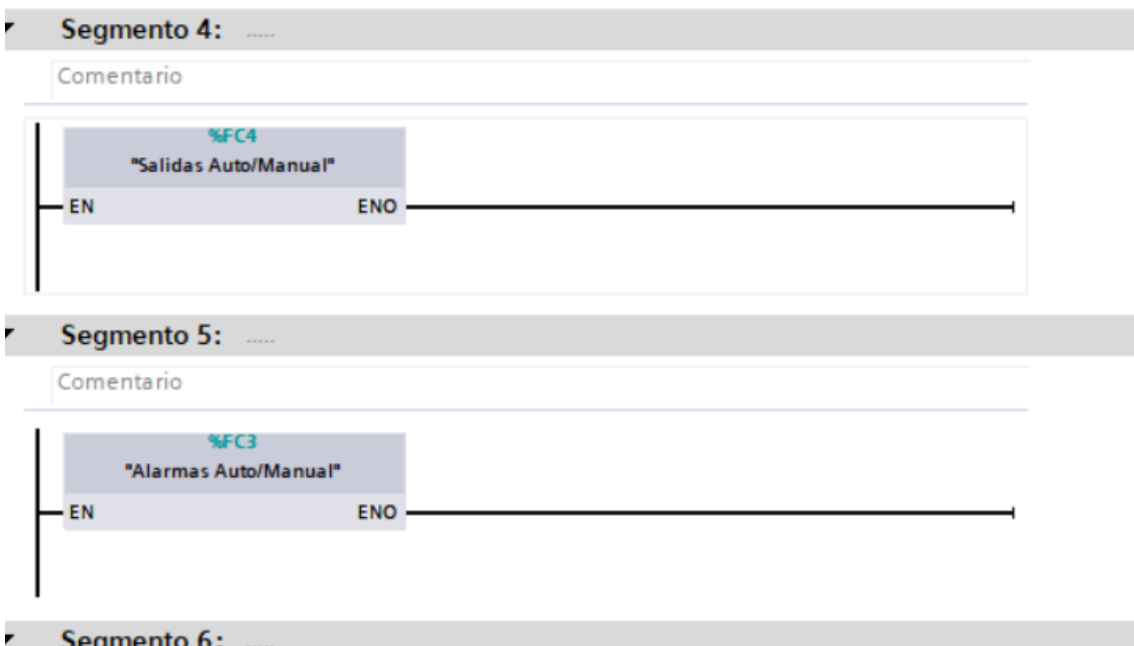
**SEGMENTO 1:** Programación del estado del selector local/remoto.



**SEGEMENTO 2:** Bloques de programación automática o manual.



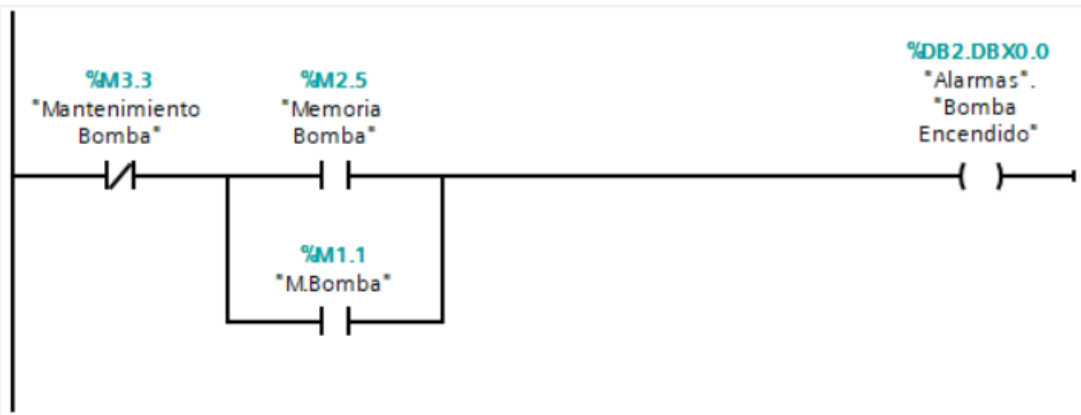
**SEGMENTO 3: Salidas y Alarmas.**



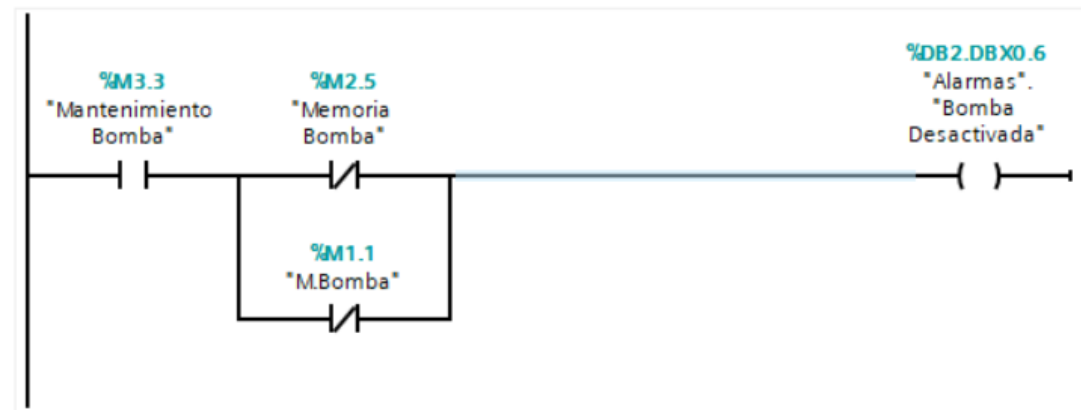
**SEGMENTO 4: Indicativo de Alarma de Emergencia.**



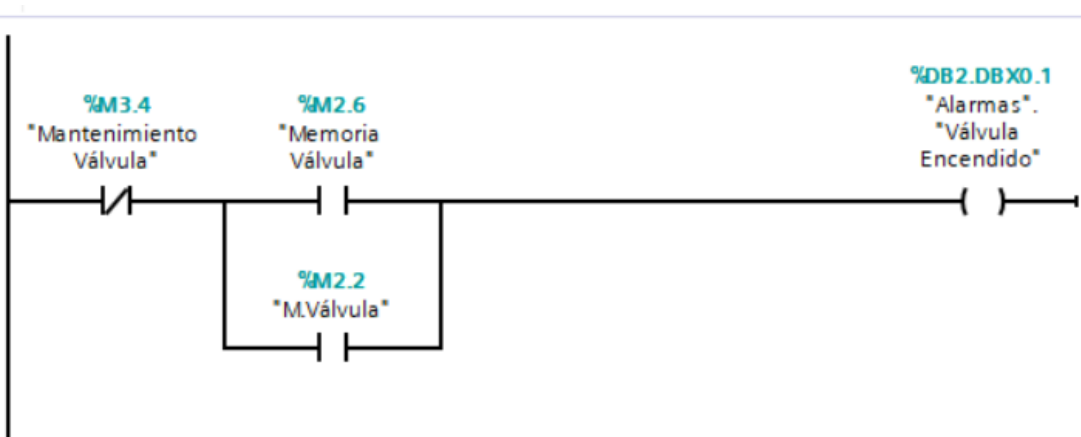
**SEGMENTO 5: Mantenimiento/activación de bombas.**



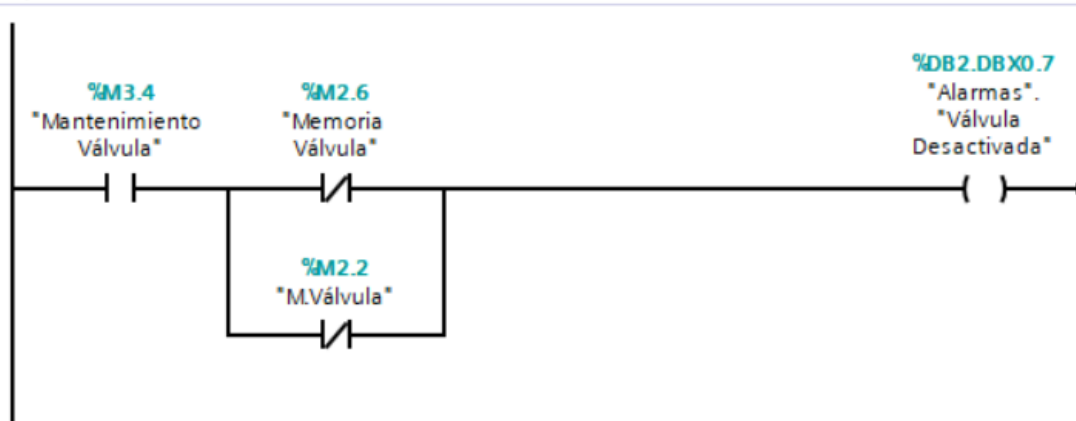
**SEGMENTO 6:** Desactivación de la bomba.



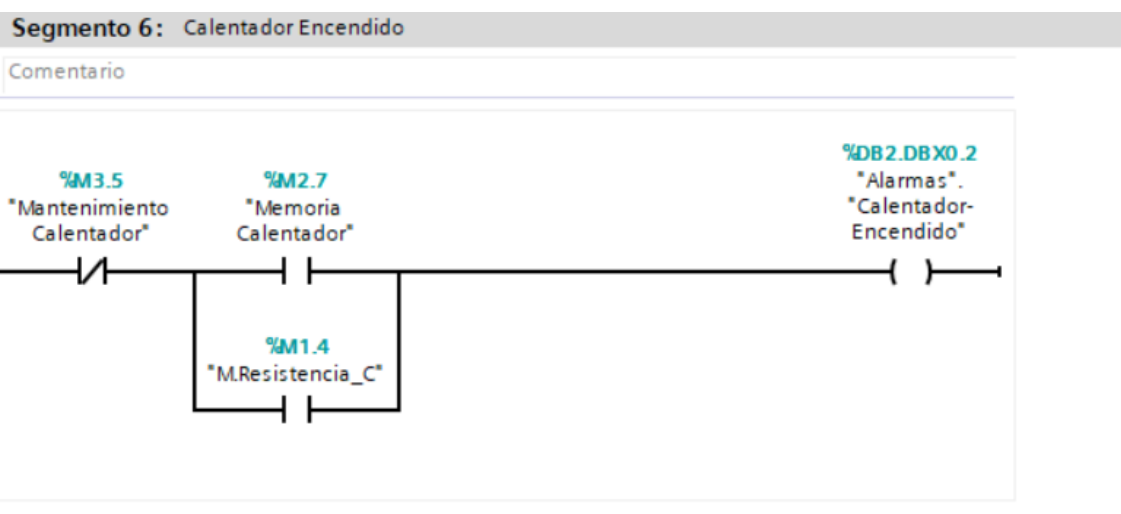
**SEGMENTO 7:** Activación y mantenimiento de válvula.



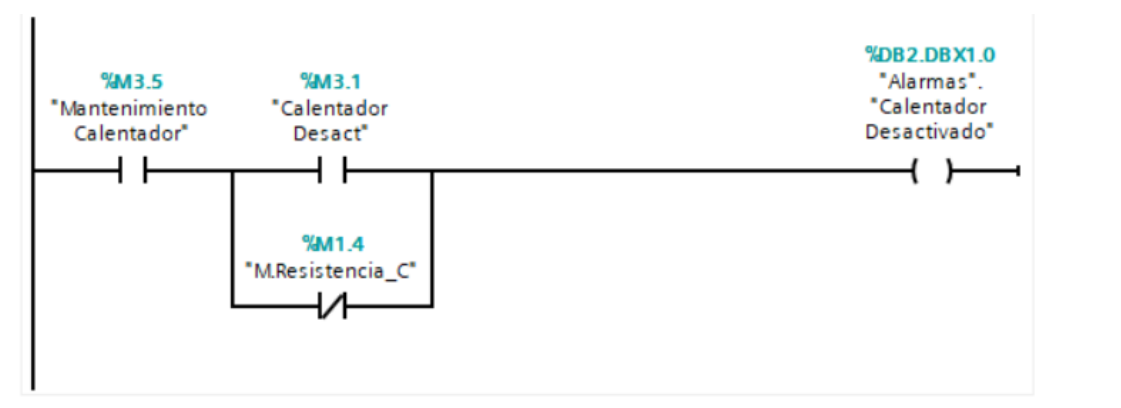
**SEGMENTO 8:** Mantenimiento y desactivación de la válvula.



**SEGMENTO 9:** Activación/Mantenimiento del calentador.

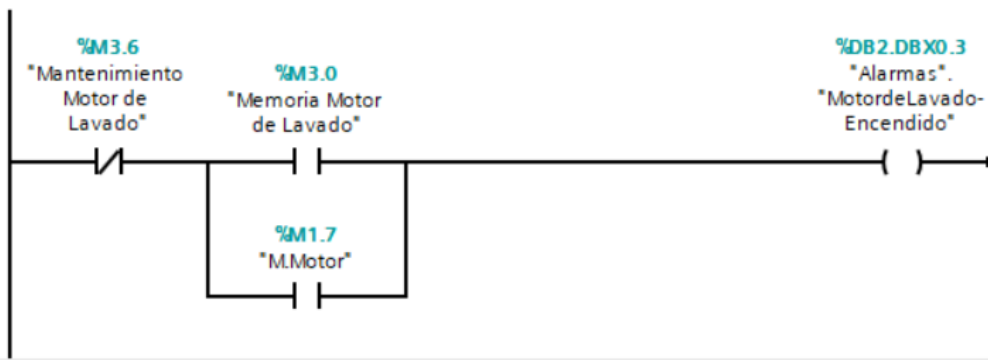


**SEGMENTO 10:** Desactivación/Mantenimiento del calentador.

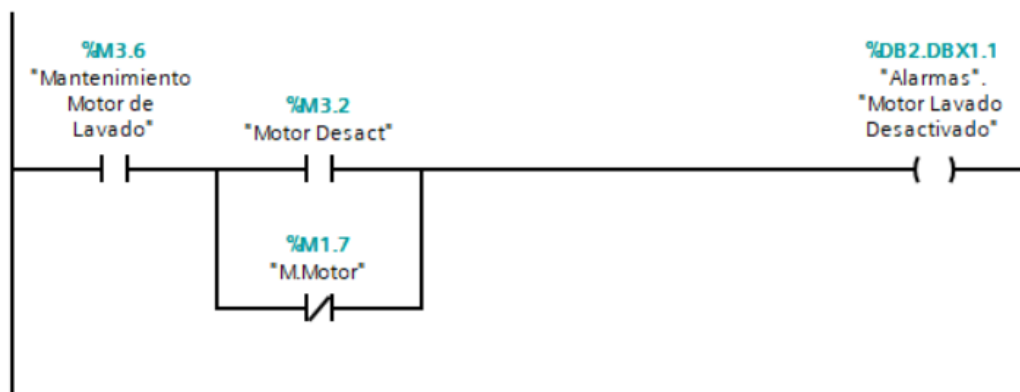


**SEGMENTO 11:** Mantenimiento/Desactivación del motor de lavado.

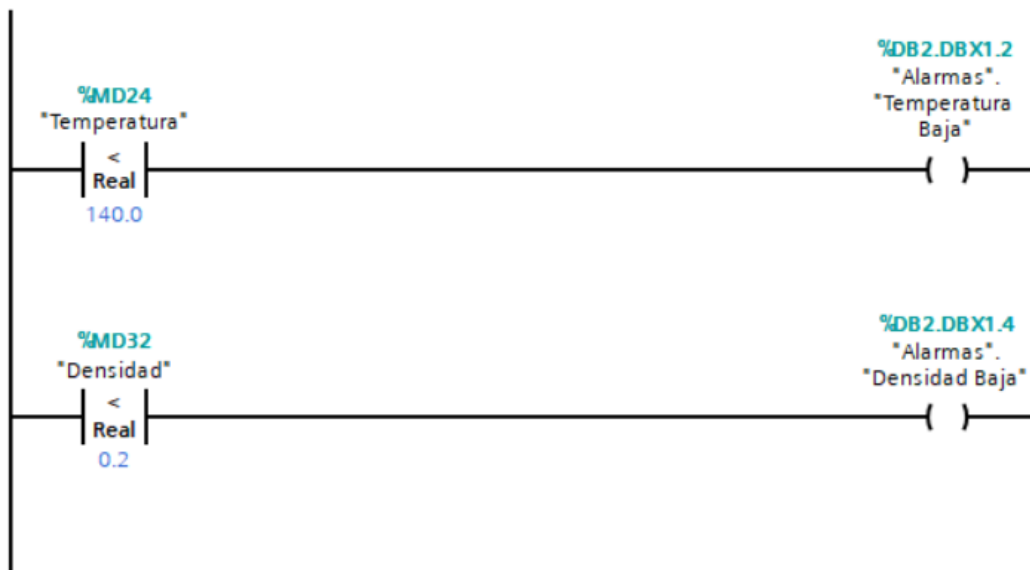
Comentario



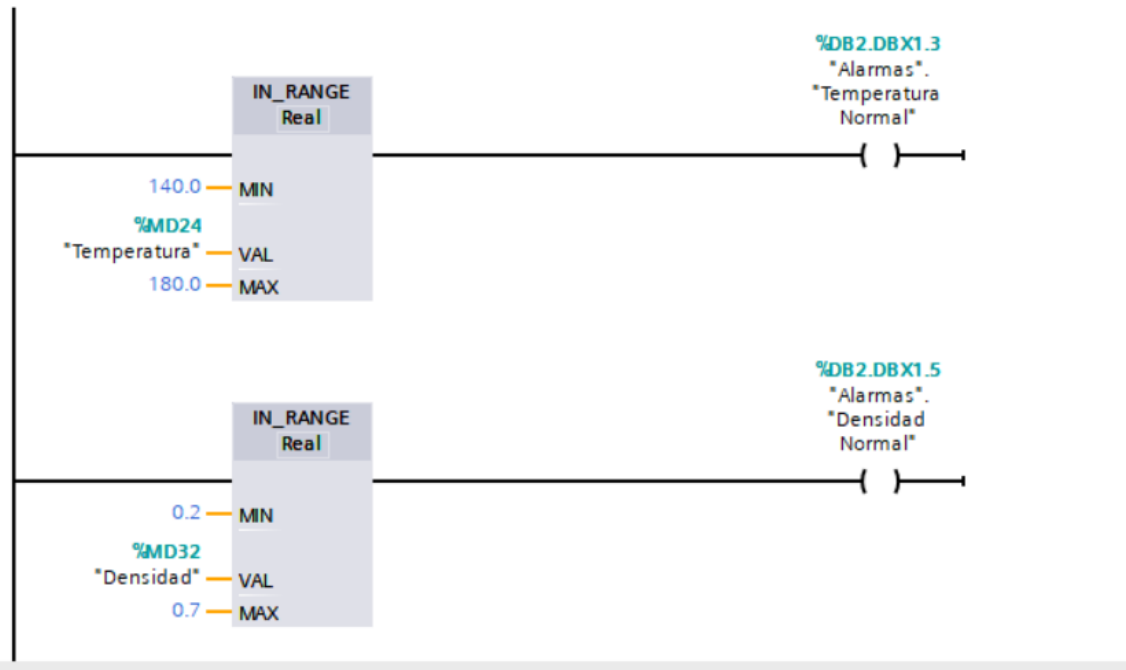
**SEGMENTO 12:** Mantenimiento/Desactivación de motor de lavado.



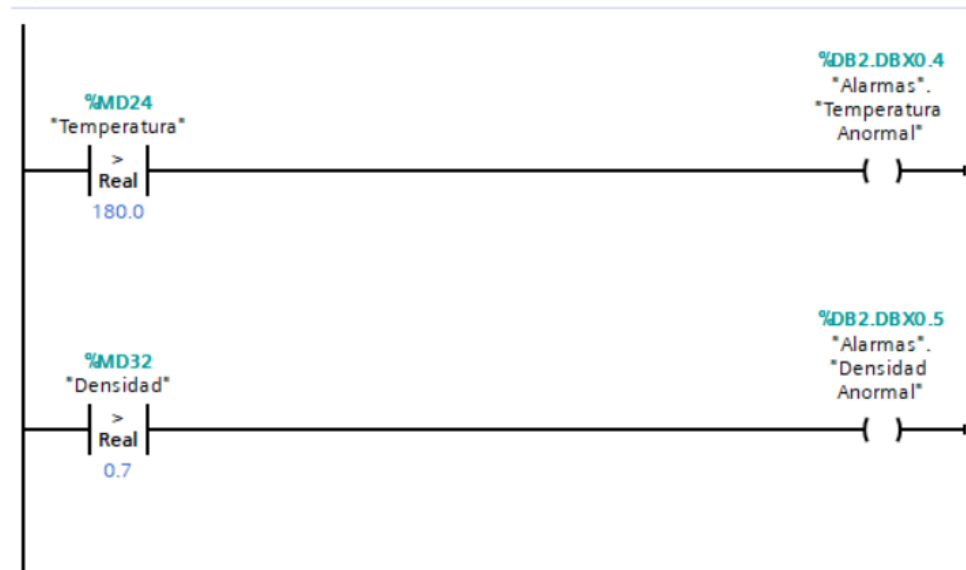
**SEGMENTO 13:** Alarma de densidad y temperatura cuando está por debajo del requerimiento para funcionar.



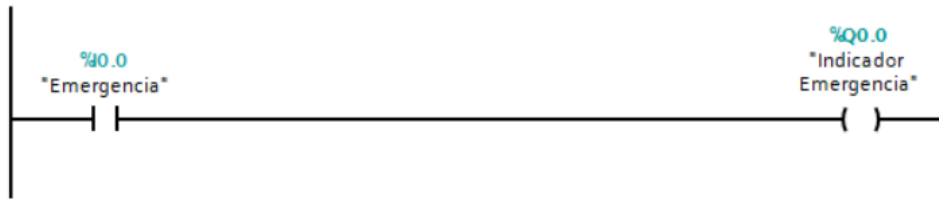
**SEGMENTO 14:** Alarma y Densidad estable en el valor requerido para funcionar.



**SEGMENTO 15:** Indicador de Densidad y temperatura cuando sobrepasa el valor requerido.

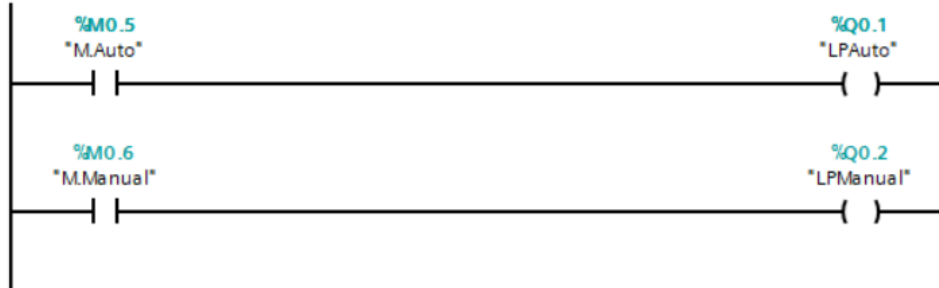


**SEGMENTO 16:** Indicadores en estado manual y paro de Emergencia.



**Segmento 2:** Luces Pilotos Manual/Automático

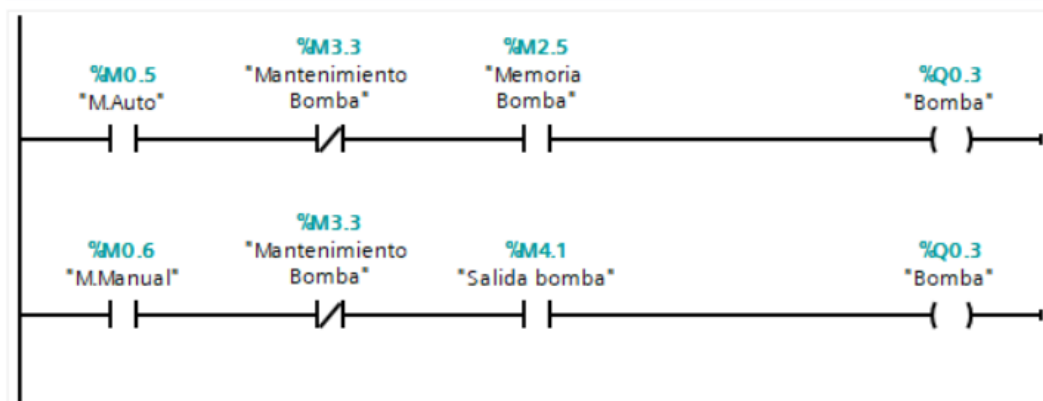
Comentario



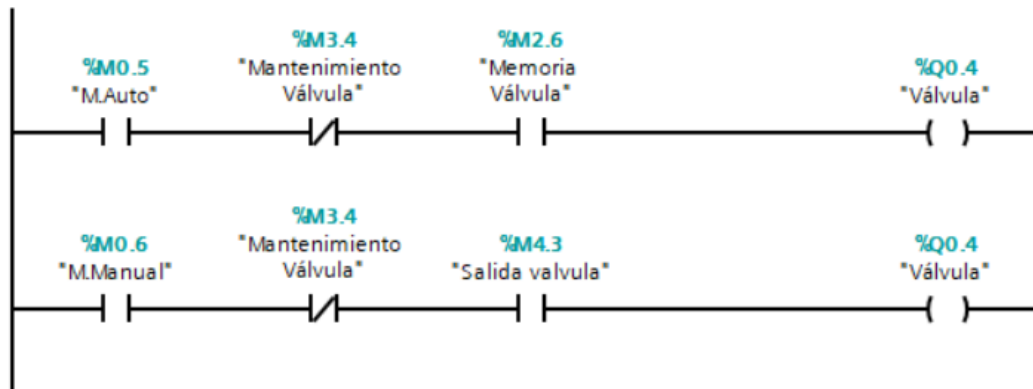
**SEGMENTO 17:** Accionamiento y estado de mantenimiento de la bomba.

**Segmento 3:** Indicador Bomba

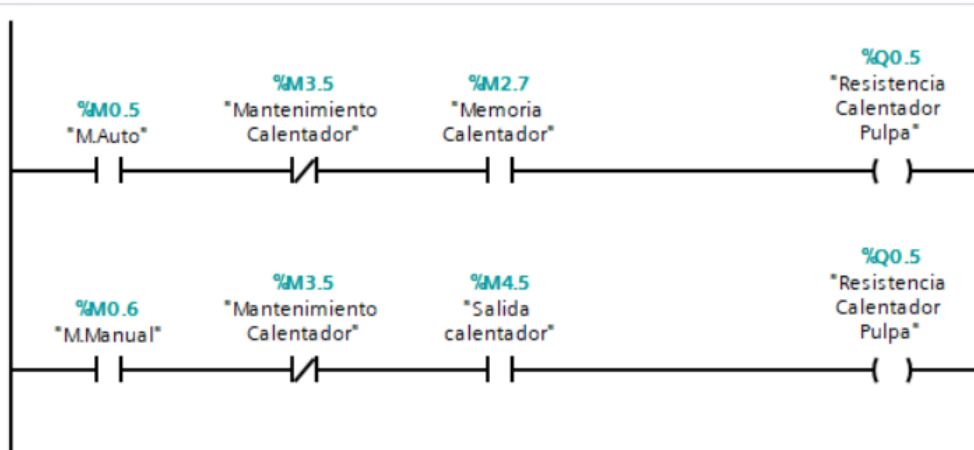
Comentario



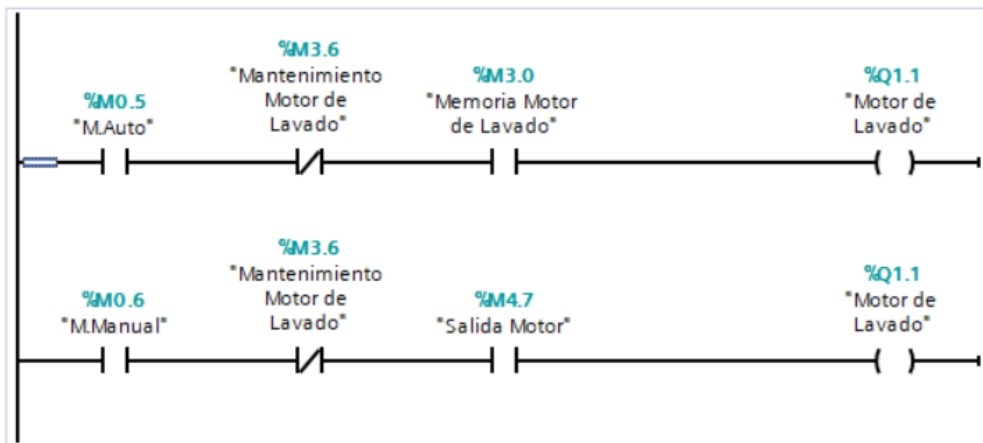
**SEGMENTO 18:** Accionamiento y estado de mantenimiento de la válvula.



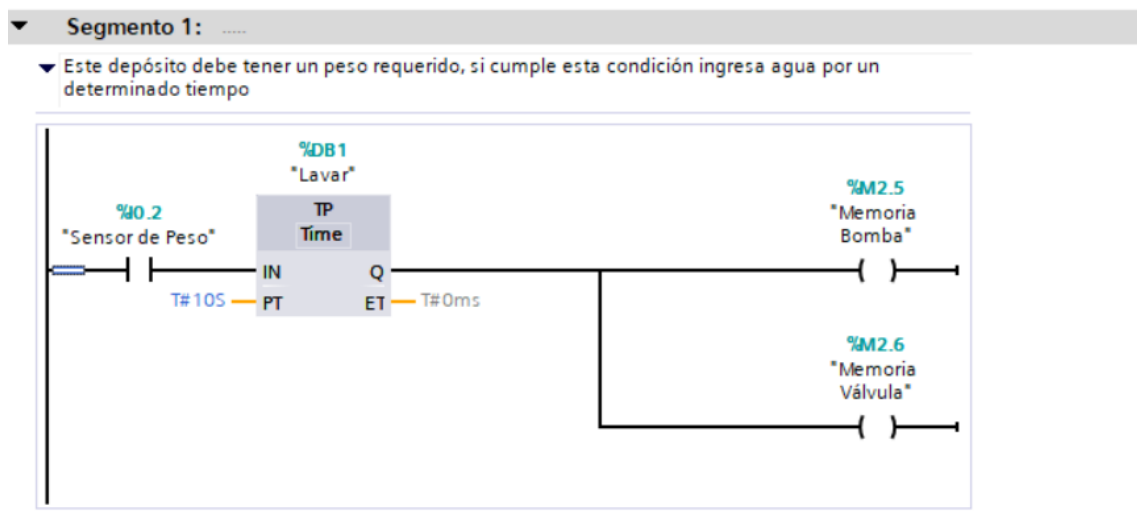
**SEGMENTO 19:** Accionamiento y estado de mantenimiento del calentador.



**SEGMENTO 20:** Accionamiento y estad de mantenimiento de motor de lavado.

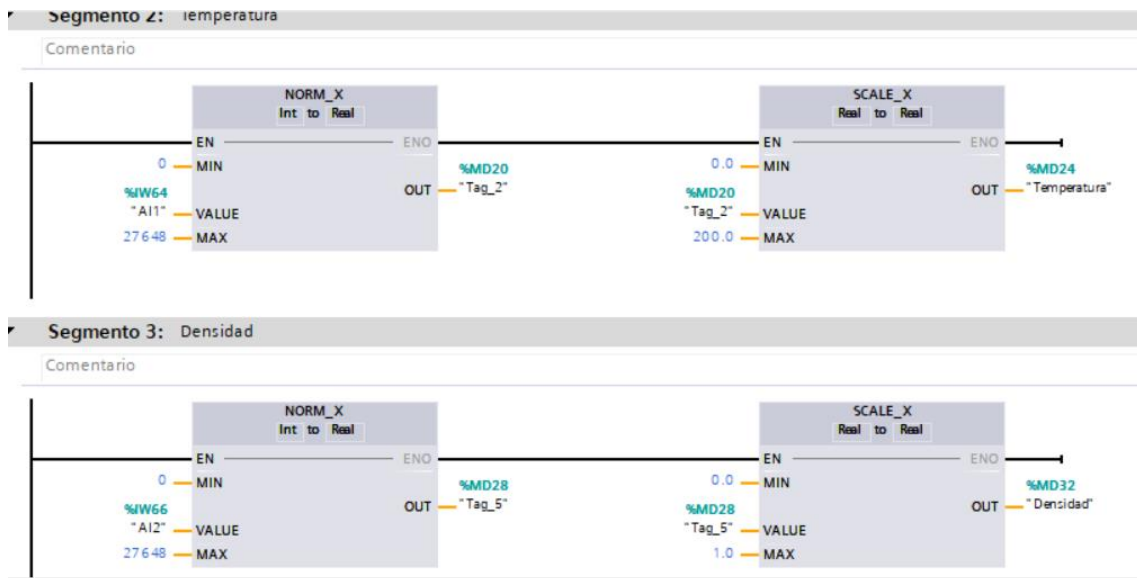


**SEGMENTO 21:** Programación de sensor de peso.

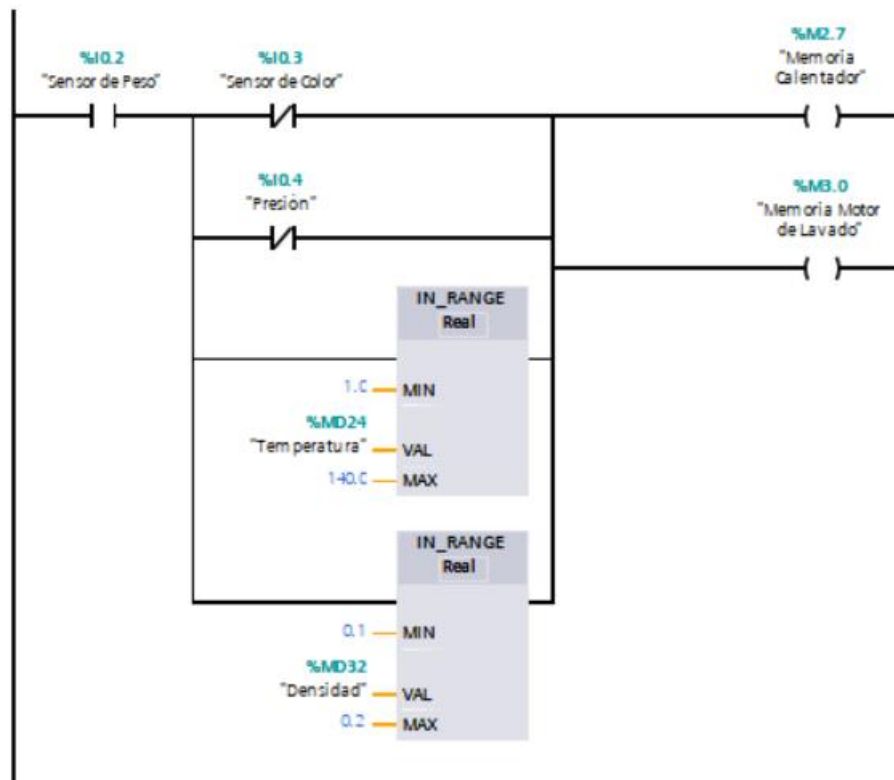


**SEGMENTO 22:** Escalamiento de valores para densidad y temperatura.

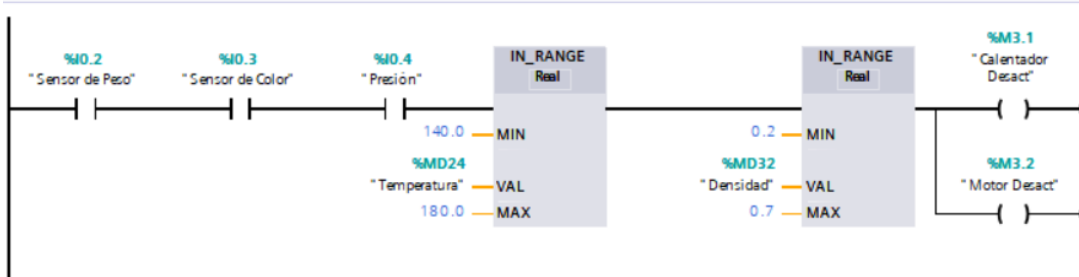




**SEGMENTO 23:** Rango de temperatura y densidad para continuar con el proceso.



**SEGMENTO 24:** Accionamiento de sensores.



Segmento 6: .....

**SEGMENTO 25:** Activación de la válvula y bomba de sistema en modo manual.

**Segmento 1: Act Bomba**

Comentario



**Segmento 2: Act Valvula**

Comentario



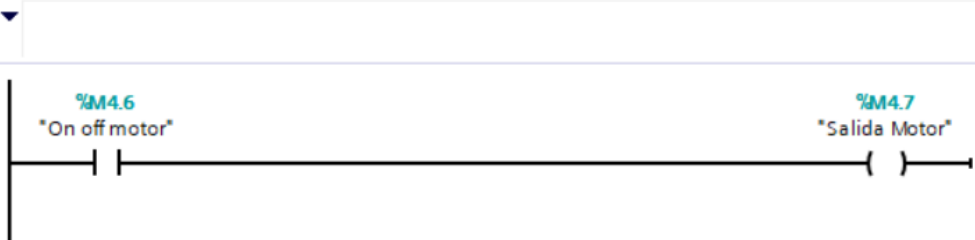
**SEGMENTO 26:** Activación de calentador y motor de lavado en modo manual.

**Segmento 3: Act Calentador**

Comentario



**Segmento 4: Act Motor lavado**



**ANEXO 2:** Variables usadas en la pantalla TIA Portal para ser mostrada en el HMI.

## SEGMENTO 1: Variables usadas en TIA Portal.


HMI1P ▶ PLC\_1 [CPU 1212C AC/DC/Rly] ▶ Bloques de programa ▶ Alarmas [DB2]

Conservar valores actuales Instantánea Copiar instantáneas a valores de arranque Cargar valores


### Alarmas

	Nombre	Tipo de datos	Offset	Valor de arranq...	Remanen...	Accesible d...	Escrib...	Visible en ..	Valor de a...	Con
1	Static				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2	Bomba Encendido	Bool	0.0	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3	Válvula Encendido	Bool	0.1	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4	Calentador-Encendido	Bool	0.2	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5	MotordeLavado-Ence...	Bool	0.3	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
6	Temperatura Anormal	Bool	0.4	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
7	Densidad Anormal	Bool	0.5	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
8	Bomba Desactivada	Bool	0.6	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
9	Válvula Desactivada	Bool	0.7	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
10	Calentador Desactivad	Bool	1.0	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
11	Motor Lavado Desacti...	Bool	1.1	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
12	Temperatura Baja	Bool	1.2	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
13	Temperatura Normal	Bool	1.3	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
14	Densidad Baja	Bool	1.4	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
15	Densidad Normal	Bool	1.5	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
16	Paro de Emergencia A...	Bool	1.6	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
17	Paro de Emergencia D...	Bool	1.7	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

## ANEXO 3: Control de Tutorías



**UNIVERSIDAD ESTADAL PENINSULA DE SANTA ELENA**  
**FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES**  
**CONTROL DE TUTORÍAS**  
**PERIODO ACADÉMICO - 2023-2**








CARRERA: ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN. MODALIDAD: EXAMEN COMPLEXIVO

DOCENTE TUTOR: ING. CARLOS ALBERTO SALDAÑA ENDERICA, MSC. TIPO-TUTORIA: TUTORÍAS DE TITULACIÓN

TEMA: DISEÑO Y SIMULACIÓN DE LA AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DEL PAPEL MEDIANTE PLC EN LA ETAPA DE PREPARACIÓN DE LA PULPA

APELLIDOS Y NOMBRES: BORBOR SUÁREZ GUILLERMO AURELIO

No.	FECHA	ACTIVIDAD	DETALLE - ACTIVIDAD	OBSERVACIONES	FIRMA DOCENTE
1	29/11/2023	Revisión de tesis	Resolución de actividades o presentar el capítulo 1 y 2		
2	2/12/23	Revisión de tesis	Revisión de capítulo 1		
3	4/12/23	Revisión de tesis	Revisión de capítulo 2		
4	5/12/23	Revisión de tesis	Revisión de capítulos 1 y 2		
5	6/12/23	Revisión de tesis	Revisión y aprobación de la tesis		

Escaneado con CamScanner