



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

**COMPONENTE PRÁCTICO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN**

*“Análisis y diseño de un sistema automatizado para
el proceso de evaporación en la elaboración de
azúcar”*

AUTOR:

ERICK RENE ORRALA YAGUAL

Dirigido por:

Ing. Carlos Saldaña Enderica, Mgt.

LA LIBERTAD – ECUADOR

2024

DEDICATORIA

Con todo el corazón dedico este trabajo finalizado a mis padres, quienes me enseñaron desde temprana edad valores fundamentales como el esfuerzo, la perseverancia y la dedicación y cuyo apoyo incondicional ha sido mi principal motivación en cada etapa de aprendizaje a lo largo de mi trayectoria. Agradezco profundamente a mi familia por comprender las largas horas de estudio y por brindarme un hogar lleno de amor y comprensión para ayudarme a alcanzar mis metas durante mi recorrido académico, desafiándome constantemente a superar obstáculos y alcanzar mi máximo potencial. Es gracias a su guía y estímulo que me he esforzado por ser la mejor versión de mí mismo y por alcanzar el nivel de conocimientos.

Erick Rene Orrala Yagual

AGRADECIMIENTO

Me gustaría expresar mi más profundo agradecimiento a mi familia, cuyo amor y apoyo inquebrantable han hecho posible la realización de esta tesis. A mis mejores amigos, Thaiz, Guillermo y Belén, quienes con su paciencia, empatía y palabras de aliento me reanimaron en los momentos más oscuros de este viaje, haciéndome ver que no estaba solo. A Valeria, por compartir conmigo sus visiones innovadoras que me impulsaron a emprender analices más matizados. Finalmente, debo también agradecer a esta casa de estudios por proporcionar un entorno y herramientas conceptuales que influyeron significativamente en la creación de este estudio. Cualquier tipo de apoyo recibido, en la forma que fuere, resultó fundamental para alcanzar el éxito.

Erick Rene Orrala Yagual

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del trabajo examen complejo denominado: “Análisis y diseño de un sistema automatizado para el proceso de evaporación en la elaboración de azúcar”, elaborado por el estudiante Erick Rene Orrala Yagual, 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, 18 de junio de 2024



ING. CARLOS ALBERTO SALDAÑA ENDERICA, MGT

Docente Tutor

RESUMEN

El presente trabajo detalla exhaustivamente el proceso de evaporación del extracto de azúcar, un componente crítico para el funcionamiento óptimo de un ingenio azucarero. Aunque se basa en una simulación, este estudio proporciona un fundamento sólido para futuras investigaciones sobre el control de niveles y temperaturas, que podrían mejorar significativamente la eficiencia del proceso de evaporación.

La simulación se lleva a cabo en un entorno controlado, donde se recopilan datos de temperatura mediante sensores físicos de alta precisión. Esta información es integrada en un controlador lógico programable (PLC S7-1200), que facilita un control riguroso tanto de la temperatura como del tiempo de cocción en el evaporador. Este control es esencial para garantizar la homogeneidad del proceso de evaporación y para preservar la calidad del concentrado de jugo de caña.

El sistema también incorpora una interfaz hombre-máquina (HMI Simatic TP1200), que permite a los operadores supervisar y ajustar los parámetros del proceso en tiempo real de manera intuitiva. Esta HMI ofrece una plataforma visual para el monitoreo de datos críticos, como temperatura, niveles de tanques y alarmas del sistema, lo que posibilita una respuesta rápida y efectiva ante cualquier anomalía en el proceso.

La implementación de este sistema de control de temperatura en la etapa de evaporación es fundamental para que el personal de producción pueda mantener un registro detallado de la información diaria presentada en la HMI, optimizando así la operación y asegurando la consistencia en la producción del ingenio azucarero.

Palabras Clave: Control, PLC, HMI, monitoreo, evaporador, parámetros.

ABSTRACT

The present work exhaustively details the evaporation process of sugar extract, a critical component for the optimal operation of a sugar mill. Although based on a simulation, this study provides a solid foundation for future research on the control of levels and temperatures, which could significantly improve the efficiency of the evaporation process.

The simulation is carried out in a controlled environment, where temperature data is collected using high-precision physical sensors. This information is integrated into a programmable logic controller (PLC S7-1200), which facilitates rigorous control of both temperature and cooking time in the evaporator. This control is essential to ensure the homogeneity of the evaporation process and to preserve the quality of the cane juice concentrate.

The system also incorporates a human-machine interface (Simatic TP1200 HMI), which allows operators to monitor and adjust process parameters in real-time in an intuitive manner. This HMI provides a visual platform for monitoring critical data, such as temperature, tank levels, and system alarms, enabling a quick and effective response to any anomalies in the process.

The implementation of this temperature control system in the evaporation stage is crucial for production staff to maintain a detailed daily record of information presented on the HMI, thereby optimizing operations and ensuring consistency in sugar mill production.

Keywords: Control, PLC, HMI, monitoring, evaporator, parameters.

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN



Ph.D. Ronald Humberto Rovira
Jurado
DIRECTOR DE LA CARRERA DE
ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN



Ing. Carlos Alberto Saldaña, Mgt.
DOCENTE TUTOR



Ing. Luis Enrique Chuquimarca Jiménez, Mgt.
DOCENTE GUÍA UIC II



Ph.D. Bremnen Véliz Noboa
DOCENTE ESPECIALISTA



Ing. Corina Gonzabay, Mgt.
**SECRETARIA DE LA CARRERA DE
ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN**

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO	3
APROBACIÓN DEL TUTOR	4
RESUMEN	5
ABSTRACT	6
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN	7
ÍNDICE GENERAL	8
INTRODUCCIÓN.....	11
ANTECEDENTES	12
Objetivos.....	13
Objetivo General.....	13
Objetivos específicos	13
Justificación.....	14
Alcance del Proyecto	14
CAPÍTULO 1: Fundamentos Teóricos.....	15
1.1.- Marco Conceptual.....	15
1.1.1.- La Automática.....	15
1.1.2.- Estándares y Requisitos en el Diseño Eléctrico	15
1.1.3.- Topología de red	16
1.1.4.- Protocolos de Comunicación Industrial	17
1.1.5.- Automatización en la elaboración de azúcar	18
1.1.6.- Etapa de evaporación	19
1.1.7.- Aspectos fundamentales a evaluar en la etapa de evaporación.....	20
1.1.8.- Componente Físicos.....	21
1.1.9.- Componentes Lógicos.....	27
1.1.10.- Tipos de Lenguaje de programación PLC	27
1.1.11.- Interfaz Hombre Máquina (HMI)	28
1.1.12.- Norma ISA	28
1.1.13.- Normativa Azúcar Refinado NTE INEM 260	29
1.2.- Importancia y beneficios de la propuesta en la aplicación práctica	30
CAPÍTULO 2: Desarrollo Experimental	31
2.1.- Plan de implementación.....	31
2.1.1.- Factibilidad técnica	31

2.1.2.- Factibilidad económica	31
2.2.- Descripción de la solución.....	33
2.3.- Diseño del sistema industrial automatizado	34
2.3.1.- Diseño de diagrama de control	34
2.3.2.- Diseño de Comunicación	36
2.3.3.- Lógica Cableada Manual para la etapa de evaporación en la elaboración del azúcar.	36
2.3.4.- Diagrama P&ID de la etapa de evaporación en la elaboración del azúcar ..	38
2.3.5.- Lógica de programación para el proceso de evaporación del jugo de caña de azúcar	39
2.4.- Programación Ladder del sistema automatizado para la etapa de evaporación en la elaboración de azúcar.....	41
2.5.- Desarrollo de la interfaz gráfica	44
2.5.1. Pantalla de Acceso (Inicio De Sesión)	44
2.5.2.- Pantalla de Menú.....	44
2.5.3.- Pantalla de la etapa de evaporación en la elaboración de azúcar.....	45
2.5.4.- Pantalla de valores operativos.....	45
2.5.5.- Pantalla de Mantenimiento	46
2.5.6.- Pantalla de tendencias	46
2.5.7.- Pantalla de parámetros eléctricos.....	47
2.7.-Pruebas y Validación de puesta en marcha del sistema.....	47
2.7.1.- Configuración del laboratorio de automatización.....	47
2.7.2.- Fase de Inicio del Sistema-Inicio de Sesión	48
2.7.3.- Visualización del usuario ingresado y el Menú con las demás pantallas ...	48
2.7.4.- Ajuste de valores operativos para el proceso	49
2.7.5.- Inicio del Sistema Local/Manual	49
2.7.6.- Llenado de los tanques de evaporación y el tanque de agua.....	50
2.7.7.- Activación de unidad condensadora	50
2.7.8.- Temperatura alcanza por medio del controlador dtb4848	51
2.7.9.- Finalización del proceso de evaporado	51
2.7.10.- Visualización de parámetros eléctricos en tiempo real del medidor de parámetros	52
2.7.11.- Visualización de tendencias	53
2.8.- Resultados, Conclusiones y Recomendaciones	54
2.8.1.- Resultados	54
2.8.2.- Conclusiones	55

2.8.3.- Recomendaciones	56
Bibliografía.....	57
ANEXOS	61

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<i>Figura 1</i> Planta Automatizada en la Fabricación de azúcar[17]	18
<i>Figura 2</i> Diagrama Externo de la Evaporación [Autor].....	19
<i>Figura 3</i> Equipo Evaporador[20].	20
<i>Figura 4</i> Eclipse 706 transmisor de onda guiada[21].....	22
<i>Figura 5</i> Sonda de temperatura RTD para roscar[22].	22
<i>Figura 6</i> Transmisor de presión diferencial DMP305X-DST[23].	24
<i>Figura 7</i> Controlador DTB4848[34].	26
<i>Figura 8</i> Medidor de Parámetros Eléctricos DPM-C530[36].	26
<i>Figura 9</i> Software Tia Portal V16[38].	27
<i>Figura 10</i> Circuito de Mando de sistema Automatizado.	34
<i>Figura 11</i> Salidas del PLC.	35
<i>Figura 12</i> Alimentación HMI Y Módulo de Comunicación RS422/485.	35
<i>Figura 13</i> Diseño de Red de comunicación.	36
<i>Figura 14</i> Lógica Cableada del sistema automatizado la etapa de evaporación.	36
<i>Figura 15</i> Diagrama Eléctrico de Fuerza de las Bombas de Llenado del Sistema Automatizado.....	37
<i>Figura 16</i> Diagrama Eléctrico de Fuerza de las Electroválvulas del Sistema Automatizado.	38
<i>Figura 17</i> Diagrama PI&D del proceso de evaporación.....	38
<i>Figura 18</i> Diagrama de Flujo de la planta Industrial de Azúcar.....	40
<i>Figura 19</i> Pantalla de Acceso (Login).	44
<i>Figura 20</i> Pantalla de Menú.....	44
<i>Figura 21</i> Pantalla de la etapa de evaporación.	45
<i>Figura 22</i> Pantalla de valores operativos.	45
<i>Figura 23</i> Pantalla de mantenimiento.....	46
<i>Figura 24</i> Pantalla de tendencias	46
<i>Figura 25</i> Pantalla de parámetros eléctricos.....	47
<i>Figura 26</i> Ingreso de Credenciales Para el Acceso.....	48
<i>Figura 27</i> Visualización de usuario y menú.	48
<i>Figura 28</i> Ajuste de valores operativos.....	49
<i>Figura 29</i> inicio del sistema local/manual.	49
<i>Figura 30</i> Llenado de tanque evaporador y agua.....	50
<i>Figura 31</i> Activación de la unidad condensadora.	50
<i>Figura 32</i> Temperatura adecuada para el evaporador.....	51
<i>Figura 33</i> Finalización de Evaporación.....	51
<i>Figura 34</i> Visualización de parámetros eléctricos del tablero.....	52
<i>Figura 35</i> Datos de potencia	52
<i>Figura 36</i> Datos de temperatura.....	52
<i>Figura 37</i> Grafica de tendencias	53

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1</i> Datos Técnicos de Sensor Temperatura[22].	23
<i>Tabla 2</i> Datos Técnicos de Sensor Presión[23].	24
<i>Tabla 3</i> Costos de Equipos para implementación.....	32
<i>Tabla 4</i> Costos de mano de obra.....	32
<i>Tabla 5</i> costos totales	33

INTRODUCCIÓN

En Ecuador, en la fabricación del azúcar, se emplea como materia prima la caña de azúcar, con procesos especializados como: alimentación, molienda, purificación, clarificación, evaporación, cristalización, secado y finalmente envasado, para su comercio. Al final se obtienen dos tipos de azúcar: azúcar blanca por ser refinada siendo su color característico (blanco) y la azúcar morena, su color se define por una capa de miel de caña y no se añade azufre[2].

La elección de abordar la etapa de evaporación se destaca por ser una de las etapas más críticas para obtener el jarabe. La capacidad de controlar con precisión esta fase no solo mejora la eficiencia operativa, sino que brinda la posibilidad de experimentar y modificar los perfiles de la obtención de dicho jarabe, para productos únicos y diferenciados en el mercado [3].

El planteamiento de una simulación de un sistema automatizado en la producción del azúcar, que incluye la etapa de evaporación, enfocado en el monitoreo de valores operativos para la obtención del azúcar. Las variables operativas, como temperatura, presión, tiempo de residencia, flujo de alimentación, control de concentración y control de la calidad del vapor son cruciales, es importante tener el debido cuidado y control de estas consignas o setpoints para obtener un producto final de calidad, también se obtendrá un registro continuo de los datos obtenidos por los sensores o equipos de control brindando una facilidad para conocer el comportamiento de lo que sucede en la planta a través del tiempo.

ANTECEDENTES

La industria azucarera fue anteriormente una de las industrias más importantes en el desarrollo socioeconómico del país; Sin embargo, con el tiempo, el país experimentó gradualmente una profunda crisis económica debido a liderazgos corruptos, disputas entre productores de caña de azúcar y propietarios de fábricas, y atraso tecnológico tanto en la producción como en el cultivo de caña de azúcar, y la incapacidad del gobierno para estabilizar la economía y la sociedad[4].

Por ello, es importante conocer la situación de nuestros ingenios azucareros: tanto en términos de la tecnología utilizada como de las medidas de protección ambiental y responsabilidad social.

Inicialmente, en la etapa de evaporación, se dependía en gran medida de la destreza manual y la experiencia del operador. Sin embargo, con el incremento de la demanda de azúcar, surgió la necesidad de analizar sistemas más eficientes. Así, emergieron las primeras soluciones automáticas para mejorar la productividad. La etapa crítica de evaporación sigue a la clarificación, donde el jugo clarificado se concentra mediante el calor en evaporadores, resultando en una solución más rica en sacarosa[5].

Este proceso de evaporación es clave por varias razones. En primer lugar, permite aumentar significativamente la proporción de sacarosa en la solución, lo que es fundamental para obtener un producto final de alta calidad y pureza. Además, la concentración del jugo mediante evaporación contribuye a la eficiencia global del proceso, ya que reduce el volumen de líquido que debe ser manejado en las etapas subsiguientes del proceso, facilitando la manipulación y acelerando el tiempo de producción [6].

Objetivos

Objetivo General

Diseñar un sistema de control y monitoreo en la etapa de evaporación para la producción de azúcar mediante dispositivos lógicos programables (PLC).

Objetivos específicos

- Diseñar el sistema industrial para la automatización del proceso de evaporación en un ingenio azucarero.
- Desarrollar la programación Ladder para la automatización en el proceso de evaporación de producción de azúcar usando el PLC S7 1200.
- Desarrollar la interfaz gráfica para monitoreo y control en el proceso de producción de azúcar usando Simatic TP1200.
- Probar y validar el sistema industrial de la automatización diseñada dentro de un ambiente controlado (laboratorio de automatización).

Justificación

En la fabricación de jarabe para azúcar, es esencial controlar adecuadamente la humedad del vapor y la temperatura del evaporador para garantizar la calidad del producto final. La concentración del jarabe, la eficiencia energética del proceso, la consistencia en la producción y la seguridad del equipo están directamente influenciados por estos parámetros cruciales. Cada lote de jarabe cumple con los estándares de calidad. Esto incluye el cumplimiento de los requisitos o métodos de ensayo establecidos en la normativa NTE INEM 260.

En relación con las regulaciones pertinentes:

- **Cumplimiento de las normas de humedad y temperatura:** la humedad y la temperatura en el proceso de evaporación, es fundamental para cumplir con los requisitos de mínimos y máximos establecidos en la normativa NTE INEM 260. Un control preciso en la temperatura y humedad garantiza la obtención de un jarabe con un alto contenido de sacarosa por estas normativas.

Alcance del Proyecto

La fabricación de jarabe para elaboración de azúcar requiere un cuidado exhaustivo de control de parámetros críticos, entre ellos la humedad del vapor generado por la unidad condensadora y la temperatura del evaporador. Al incorporar esta variable en un control y monitoreo, en conjunto de una serie de requisitos, es comprensible su intervención de humedad en la calidad del producto final.

El alcance de este proyecto para la etapa de evaporación en la elaboración de azúcar es la implementación de un sistema de control y monitoreo exhaustivo de la humedad del vapor y la temperatura del evaporador en la fabricación de jarabe para azúcar es el objetivo de este proyecto, que se llevará a cabo en estricto cumplimiento de la normativa NTE INEM 260. Esto implica establecer límites precisos de humedad y temperatura durante el proceso de evaporación para garantizar la concentración ideal de sacarosa en el jarabe de acuerdo con los estándares establecidos. Además, se incluirán tecnologías y procedimientos que aseguren la eficiencia energética, la consistencia en la producción y la integridad del equipo, todo lo cual contribuirá a la obtención de un producto final de alta calidad y cumplimiento normativo.

CAPÍTULO 1: Fundamentos Teóricos

1.1.- Marco Conceptual

1.1.1.- La Automática

La automática es una de las herramientas más importantes en el campo de la ingeniería, esto implica la sustitución del trabajo humano por equipos mecánicos, eléctricos y electrónicos que en conjunto mejoran la eficiencia de todos los recursos del proceso industrial. En la actualidad, las nuevas tecnologías y el libre acceso a información, se desarrollan nuevos métodos y prácticas para gestionar los datos en diferentes plataformas, como el diseño de sistemas de automatización[7].

Inicialmente se desarrollan conceptos conceptuales de automatización y se establecen requisitos generales que se aplican a todos los casos, independientemente de las características de cada proceso. La automatización debe cubrir todas las etapas y aspectos de la producción para aumentar la producción y mantener o reducir los costos. Por tanto, estos modelos incluyen actividades como optimización, planificación, seguimiento y control[8].

1.1.2.- Estándares y Requisitos en el Diseño Eléctrico

El diseño eléctrico es un proceso integral para una amplia gama de aplicaciones. Esto incluye el diseño del sistema de energía eléctrica en edificios, la creación de circuitos electrónicos para dispositivos y equipos, también los esquemas de control eléctricos para maquinaria industrial, entre otros[9].

- **Recolección de requisitos:** se reconocen las necesidades del proyecto, esto incluye las especificaciones técnicas, finalidad del sistema, las normativas y regulaciones que deben seguirse[10].
- **Planificación y esquemas:** se detallan todas las conexiones eléctricas de todos los componentes eléctricos, en los paneles de control.

- **Selección de componentes:** se optan por componentes adecuados, como transformadores, conductores, pulsadores y dispositivos de protección, que se acoplen a las condiciones y demandas del sistema.
- **Diseño de sistemas de protección:** se realiza el diseño de un sistema de protección contra sobrecargas, cortocircuitos, entre otros fallos eléctricos, con la utilización de dispositivos como disyuntores, fusibles, entre otros dispositivos.
- **Cumplimiento normativo:** los esquemáticos eléctricos debe cumplir con los códigos y normativas eléctricas locales e internacionales[11].
- **Documentación y planos detallados:** se detallan en los documentos los aspectos del sistema eléctrico, esto incluye diagramas unifilares, esquemas de conexión y especificaciones técnicas.

1.1.3.- Topología de red

La configuración de la red del sistema de evaporación se ilustra a través de las señales transmitidas por el PLC S7-1200, que está vinculado a una interfaz hombre-máquina (HMI). Estas señales pueden variar de acuerdo con los componentes adicionales incorporados al evaporador. Los sensores y actuadores, encargados de la entrada y salida de señales, desempeñan un papel fundamental en este proceso. Para conectar los diversos dispositivos, se utiliza la red de comunicación RS485 como estándar. El evaporador transforma el líquido mediante la aplicación de calor y, al hacerlo, reduce su volumen para concentrar el producto. Además de monitorear los parámetros clave, el PLC controla el sistema para asegurar que funcione de manera eficiente[12].

1.1.4.- Protocolos de Comunicación Industrial

Las redes de comunicación industrial son una forma de conectar diferentes dispositivos en un sistema de automatización industrial, como PLCs, HMIs, sensores y actuadores. Estas redes permiten la transferencia de datos en tiempo real y la comunicación entre los dispositivos, lo que mejora la eficiencia y la productividad de los procesos industriales. Existen diferentes tipos de redes de comunicación industrial, como la comunicación serial, ProfiNet, Ethernet, y otras.

La comunicación serial es el sistema de comunicación básico que se proporciona para cada controlador o PLC, y se implementaría utilizando estándares de protocolo como RS232, RS422 y RS485[13].

La comunicación ProfiNet es un protocolo de comunicación industrial de alta velocidad y confiabilidad, y se utiliza en redes industriales con equipos Siemens.

La comunicación Ethernet es una forma de comunicación rápida y eficiente que se utiliza en redes industriales de alta velocidad y confiabilidad. Las redes de comunicación industrial de Siemens, como ProfiNet, permiten la conexión de equipos Siemens en una red industrial, y herramientas como TIA Portal facilitan la configuración y solución de problemas de comunicación entre los PLC y las HMI de Siemens. Además, existen diferentes tipos de redes de comunicación industrial, como la comunicación serial, ProfiNet, Ethernet, y otras, que se utilizan en diferentes aplicaciones y sistemas de automatización industrial[13].

1.1.5.- Automatización en la elaboración de azúcar

En el campo, las cosechadoras mecánicas han reemplazado en gran medida el trabajo manual en la recolección de la caña de azúcar. Estas máquinas no solo son más eficientes, sino que también permiten una mayor precisión en la cosecha, lo que se traduce en un rendimiento mejorado y una reducción de pérdidas[15].

En el ámbito del transporte y la logística, se ha incorporado sistemas automatizados de manejo de materiales que optimizan la cadena de suministro. Desde cintas transportadoras hasta vehículos autónomos, la automatización ha mejorado la eficiencia en el movimiento de la caña desde los campos hasta la planta de procesamiento[15].

El proceso de producción inicial consiste en lavar la caña de azúcar y luego pasarla por un molino. Luego se clarifica el jugo resultante y se ajusta su acidez. Luego, el jugo se filtra para eliminar los sólidos y se evapora para concentrar el líquido a una temperatura de 65° Brix. Luego, el jarabe puro más concentrado se somete a una serie de pasos de cristalización para crear cristales de azúcar, seguido de una centrifugación para eliminar cualquier líquido o jarabe restante. Finalmente, el azúcar se seca y se envasa[16].



Figura 1 Planta Automatizada en la Fabricación de azúcar[17].

1.1.6.- Etapa de evaporación

Al terminar la depuración del jugo azucarado, se disminuye la cantidad de agua existente en el mismo, para facilitar la siguiente etapa de cristalización de los granos de azúcar. Todo esto se lleva a cabo en la fase de evaporación. Este diagrama se puede mostrar en la siguiente figura.



Figura 2 Diagrama Externo de la Evaporación [Autor]

La fase de evaporación en una industria azucarera es de las más importantes para la elaboración del azúcar. El principal propósito en la concentración del jugo depurado, para obtener un jarabe de características óptimas. De igual manera en lo que se refiere al Brix como al color. Estos procesos son importantes durante la evaporación del jugo son sencillos, pero requieren un alto consumo de vapor, con un buen funcionamiento y operación de estas fases resulta fundamental de cara a la economía del proceso. Dicho proceso que se libera en esta sección es utilizado como medio de calefacción para las demás zonas del proceso[18].

El Brix al ser una medida en la concentración de sólidos en una disolución azucarada. Indicando que tan concentrada está dicha solución. Esto resulta fundamental en el control de las fases de evaporación en la producción de azúcar[18].

En los ingenios azucareros, dicho Brix se calcula con la concentración de sacarosa y no azúcares, como el cociente total de materia disuelta.[19]

El calor imprescindible para la evaporación del líquido aun contenido en el jugo es aportado por la condensación de vapor de agua, esto se logra mediante unos equipos llamados evaporadores.

1.1.7.- Aspectos fundamentales a evaluar en la etapa de evaporación

A continuación, se presentan las variables más críticas dentro de la etapa de evaporación:

- **Medición de nivel en evaporadores**

El control de nivel en el interior del evaporador es importante en la calidad del jarabe resultante en la elaboración de azúcar. Dicho control de esta variable nos garantiza disponer de un volumen uniforme en el interior del equipo, este se verá reflejado en la transferencia térmica de forma interna en el equipo[20].



Figura 31 Equipo Evaporador[20].

Para obtener un control óptimo del nivel en el equipo, es necesario elegir el método eficiente de medición. La selección de elementos de control como válvulas o bombas con variador de velocidad, y su adecuada implementación en sistemas automatizados para una respuesta eficiente en los cambios del proceso.

En otras palabras, debido a las características del jugo de caña, entre que evaporador y evaporador cambia de concentración, disponer de un sistema de medición de nivel dispone de un reto para el área de mantenimiento al no seleccionar los sensores de forma correcta al inicio. Por lo tanto, seleccionar sensores tipo radar, onda guiada y sensores capacitivos siempre serán la elección óptima[20].

- **Medición de temperatura en los evaporadores**

La evaporación del jugo de caña sugiere que la temperatura es fundamental. Es importante tener en cuenta que las temperaturas bajas pueden indicar una transferencia de calor deficiente en los evaporadores, lo que podría resultar en pérdidas de energía; baja calidad del vapor ingresante o una evacuación insuficiente de condensados.

Para este proceso de evaporadores se puede incluir el uso de sensores tipo RTD con sus respectivos transmisores.

- **Medición de flujo para el jugo de caña en los evaporadores**

Para garantizar su eficacia, es fundamental comprender y controlar la cantidad de jugo de caña que entra en el primer paso de evaporación. Al controlar este factor, el objetivo es mantenerse dentro de las capacidades planificadas del evaporador, asegurando que la carga térmica y la proporción de jugo de caña versus vapor sean las mejores.

Los principios de medición de flujo, que no requieren componentes móviles, son una buena opción para medir esta variable crucial en su proceso. Por ejemplo, los medidores electromagnéticos de flujo son una buena opción porque son precisos y duraderos y no requieren mucho mantenimiento. Esto le da la confianza de contar con un equipo de larga duración y confiable para su proceso[20].

1.1.8.- Componente Físicos

- **Sensores de Nivel**

Estos dispositivos se encargan de monitorear constantemente el nivel de líquidos en los tanques y recipientes de la planta azucarera. Proporcionan información crucial para asegurar un suministro constante de materiales en cada etapa del proceso de producción. Donde el uso del Eclipse 706 transmisor de onda guiada ofrece una precisión en la recolección de datos del tanque, su modo de empleo de estos dispositivos se basa en la tecnología TDR (reflectometría en el dominio del tiempo) al utilizar pulsos de energía electromagnética guiado por ondas (sonda), como resultado proporciona una medida precisa en el nivel de líquido en el tanque[21].



Figura 4 Eclipse 706 transmisor de onda guiada[21].

- **Sensores de Temperatura**

Colocados estratégicamente en evaporadores y cristalizadores, los sensores de temperatura garantizan que las condiciones térmicas sean óptimas para los procesos de evaporación y cristalización del azúcar. Esto contribuye a la calidad y eficiencia del producto final.

Dentro de esta amplia categoría de dispositivos, existen diferentes tipos de sensores de temperatura resistiva, entre ellos el PT100 distinguido por su precisión, este dispositivo funciona gracias a la variación en su resistencia, esta se asemeja a cambios de voltaje a su respectiva de configuración interna[22].



Figura 5 Sonda de temperatura RTD para roscar[22].

Tabla 1 Datos Técnicos de Sensor Temperatura[22].

Datos Técnicos Generales	
Aprobaciones	Certificado metrológico
Opción	Transmisor en cabeza
Sensor	Pt100
Conexión	Cabezal
Tipos de Protección	IP65
Proceso de Conexión	Rosca G 1, G 1/2, G 3/4
Características especiales	Insertable de medición reemplazable, tubo de extensión
Circuitos de medida	1-feb
Temperatura de operación	-50 a +600 °C
Accesorio de protección	Acero inoxidable 1.4571
Cabezales de conexión	Forma B, BUZ, BUZH, BBK

- **Sensores de Presión**

Ubicados en áreas críticas como calderas y prensas, los sensores de presión supervisan de cerca las condiciones para mantener un entorno seguro y eficiente. Su capacidad para detectar cambios en la presión es fundamental para evitar situaciones potencialmente peligrosas.

Entre la variedad de sensores de presión, destaca el transmisor de presión diferencial, normalmente se utiliza en aplicaciones ambientales o procesos constante de presión en líquidos, vapores, etc. Cuenta con una estructura fiable a prueba de explosiones[23].

Ventajas

- Linealidad para mejorar la precisión
- Protección con alta presión estática y alta sobrecarga
- Muestra los datos medidos de forma eficiente
- Estructura de acero inoxidable sólida y superior



Figura 6 Transmisor de presión diferencial DMP305X-DST[23].

Tabla 2 Datos Técnicos de Sensor Presión[23].

Datos Técnicos Generales	
Rango de medición	200Pa-10MPa
Señal de salida	4-20 mA, 4 ~ 20 mA / HART, Modbus-RTU / RS485, cliente
Precisión de referencia	± 0,075 % URL, opcional ±0,05 % URL
Temperatura del medio	-40-120 °C
Fuente de alimentación	10,5-55 V CC 4 ~ 20 mA + HART de dos hilos

- **Sensores de Flujo**

Estos sensores miden la velocidad del flujo de líquidos o gases, desempeñando un papel esencial en el control del movimiento de sustancias como el jugo de caña a lo largo de las tuberías. Facilitan la optimización de la distribución y el transporte de manera precisa[24].

- **Sensores de Humedad**

Estratégicamente situados en áreas como el proceso de secado y el almacenamiento del bagazo, los sensores de humedad monitorean y controlan los niveles de humedad, asegurando condiciones ambientales adecuadas para cada fase del proceso[25].

- **Válvulas de Control**

Estas válvulas regulan el flujo de líquidos y gases en diversas secciones de la planta. Su capacidad para ajustarse según las necesidades específicas contribuye a mantener un equilibrio preciso en los procesos de producción[26].

- **Motores Eléctricos**

Esenciales para accionar equipos como transportadores y mezcladores, los motores eléctricos proporcionan la potencia necesaria para mantener un flujo continuo de materiales y garantizar la homogeneidad en las mezclas[27].

- **Válvulas de Presión**

Al regular la presión en calderas y evaporadores, estas válvulas desempeñan un papel crucial en el mantenimiento de condiciones operativas seguras y eficientes durante la producción de azúcar[28].

- **Bombas Centrifugas**

Estas bombas generan flujo en los sistemas de transporte de líquidos, permitiendo la transferencia eficiente del jugo de caña y otros fluidos entre las diferentes etapas del proceso de producción[29].

- **Controlador Lógico Programable (PLC)**

Un controlador lógico programable (PLC) es un dispositivo electrónico utilizado en la automatización industrial. Su función principal es recibir señales de entrada, procesar información de acuerdo con programas almacenados y crear datos de salida para controlar dispositivos y procesos. Los PLC son programables, utilizan lenguajes como la lógica de escalera, tienen memoria para almacenar programas y datos, se comunican con otros dispositivos, operan en tiempo real, son confiables y se utilizan en muchas aplicaciones industriales para mejorar el rendimiento y el control de los sistemas automatizados. sistema[30].

- **Simatic TP1200**

Dispositivo que permite mostrar el proceso automatizado a través de su pantalla interactiva, sus 12 pulgadas muestran de forma clara las mímicas realizadas garantizando su máxima legibilidad. Su teclado táctil facilita las operaciones necesarias para el operador, también ofrece múltiples interfaces, incluido USB2.0, USB Mini B y RS 422/485[32].

- **Controlador DTB4848**

Es un termostato avanzado que regula la temperatura de un sistema o entorno específico. Esto lo realiza con gran precisión utilizando un algoritmo de control PID sofisticado, cuenta con su propio centro de control multifuncional, con una interfaz intuitiva para la interacción del usuario, capaz de adaptarse con una amplia gama de aplicaciones industriales, convirtiéndolo en una herramienta valiosa para su aplicación industrial[33].



Figura 7 Controlador DTB4848[34].

- **Medidor de Parámetros Eléctricos Delta DPM-C530**

Es un dispositivo multifuncional que ofrece funciones para monitorizar y analizar el consumo de energía eléctrica en la infraestructura eléctrica. Este equipo destaca por su alta precisión en su medición de los voltajes de línea del tablero, también tiene funciones de medición de energía activa y reactiva, potencia, factor de potencia, armónicos y desequilibrio de carga. También ofrece el registro de los datos, alarmas y comunicación siendo ideal para el uso industrial[35].



Figura 8 Medidor de Parámetros Eléctricos DPM-C530[36].

1.1.9.- Componentes Lógicos

- **Software Tia Portal**

Es un software totalmente integrado, proporcionando acceso ilimitado a una amplia gama de servicios de automatización digitalizada, desde un inicio con la planificación digital y la ingeniería integrada. Ofrece a los ingenieros a diseñar, programar, configurar, y mantener sistemas de automatización de manera más eficiente y colaborativa[37].



Figura 9 Software Tia Portal[38]

- **WinCC**

El software WinCC (TIA Portal) de Siemens es una poderosa herramienta para la visualización de la interfaz hombre-máquina (HMI), que permite a los usuarios crear visualizaciones para una variedad de aplicaciones de manera eficiente. Permite la creación de pantallas avanzadas para productos HMI de Siemens, desde paneles básicos hasta aplicaciones SCADA, y facilita la programación HMI dentro del entorno TIA Portal. Además, WinCC (TIA Portal) forma parte de una suite que incluye SIMATIC PCS7 y ofrece funciones como animaciones, simulaciones de tanques e integración de lógica de escalera con PLC como el Siemens S7-1200. Además, avisos recientes resaltan la importancia de mantener el software actualizado para abordar vulnerabilidades como la inyección SQL y los métodos peligrosos expuestos[39].

1.1.10.- Tipos de Lenguaje de programación PLC

Las instrucciones (IL O STL) son lenguajes ampliamente utilizados en aplicaciones de pequeña escala, por otra parte, el texto estructurado (ST) utiliza codificación compleja como expresiones aritméticas como valores analógicos y digitales. Del mismo modo los diagramas de bloques funcionales (FBD) detallan los flujos de información entre software

y hardware, por último se obtienen los diagramas de funciones secuenciales (SFC) organizando las acciones del programa de forma cronológica, para garantizar una secuencia lógica y coherente de funciones[41].

El lenguaje Ladder también conocido como diagrama de contactos, es un lenguaje de programación gráfico utilizado en la automatización industrial, especialmente en la programación de controladores lógicos programables (PLC)[41].

1.1.11.- Interfaz Hombre Máquina (HMI)

La abreviatura HMI en inglés significa "interfaz hombre-máquina". Es un sistema que permite la interacción entre un usuario y una máquina, software o sistema. Es un tablero que facilita la comunicación y control de procesos industriales como gestión de alarmas, análisis de datos, monitoreo de desempeño y otros. Este sistema es fundamental en la automatización industrial porque agiliza los procesos digitales, centraliza los datos y permite a los operadores ver información, emitir comandos, gestionar alarmas y cuadros de mando digitales de forma digital a través de un panel de control intuitivo y preciso.

Las HMI se dividen en dos grupos:

- Monitorización de procesos (control de supervisión SCADA y adquisición de datos).
- Control y visualización a nivel de máquina (PANELES) [42].

1.1.12.- Norma ISA

Desarrollar el sistema HMI para la etapa de evaporación en la elaboración de azúcar se fundamenta en las normas ISA101. En estas se incluyen las bases para el diseño[42].

Sistema de control

Supervisa y responde a las señales de los sensores que se están monitoreando, estos sensores proporcionan señales de salida para que funcione de manera controlada, según las especificaciones de los sensores.

Cuadro de mandos.

Brindan información clave, mediante mímicas, esto proporciona una visión panorámica de todo el proceso o etapas del proceso[43].

Visualización (gráfico, ventana).

Representación visual del proceso y datos asociados utilizados por el operador para el monitoreo y control [43].

Color.

La combinación de colores debe tenerse en cuenta durante el diseño. Se debe emplear contraste y brillo, eligiendo colores que sean fácilmente distinguibles entre sí. De acuerdo con la filosofía de alarma (ISA 18.2), los colores utilizados para las alarmas deben ser únicos para fortalecer su significado y acelerar la respuesta del operador. La selección de colores en pantalla debe reflejar la importancia de la información presentada, reservando los colores más notables para la información más crucial. El color y/o el parpadeo de los símbolos deben dirigir la atención del operador a los desarrollos recientes [42].

Principios Generales del diseño HMI

El diseño debe ser compatible con todos los usuarios previstos. Debe respaldar las tareas principales del proceso: monitoreo, control y toma de decisiones. Minimizar el impacto de tareas que puedan distraer al usuario del HMI, como la navegación dentro del sistema[43].

1.1.13.- Normativa Azúcar Refinado NTE INEM 260

Esta normativa describe los requisitos que debe cumplir el azúcar refinado, como las características sensoriales debe tener olor y sabor característico, los residuos de plaguicidas no deben superar los límites que se establece en NTE INEM-CODEX CAC/MRL 1, el azúcar refinado debe cumplir con los principios de excelentes prácticas de fabricación. Para ellos se detalla los métodos de ensayo para obtener el producto final, el método más importante es la **NTE INEM 265** que regula el mínimo y máximo de la humedad en la etapa de evaporación para obtener un jarabe con alto contenido de sacarosa. Un control preciso de este garantiza la eficiencia, la calidad del producto final[44, pp. 260-2-3].

1.2.- Importancia y beneficios de la propuesta en la aplicación práctica

En los ingenios azucareros como: La Troncal, San Carlos, Valdez, Isabel María, IANCEM y Monterrey cuentan con las etapas de evaporación para la obtención de la meladura o jarabe para la elaboración del azúcar, este proceso de evaporación es de suma importancia para las fábricas para la extracción de grandes cantidades de agua en forma de vapor. Los evaporadores son fundamentales en el proceso de producción de azúcar, se encargan de concentrar el jugo de la caña de azúcar. Las empresas anteriormente mencionadas solo describen ese proceso de forma general donde no aplican o describen algún método o técnica de automatización, también los equipos no han sido reemplazados por nuevas tecnologías más eficientes para la reducción de pérdidas de sacarosa en el proceso. Hipotetizamos que esta falta de control y automatización de la temperatura en el proceso de evaporación podría estar contribuyendo significativamente a las pérdidas de sacarosa, afectando así la eficiencia general de la producción. Esta propuesta se diseña un sistema automatizado con nuevas tecnologías donde generan ahorros de energía y aumento la eficiencia del proceso en la etapa de evaporación para el proceso de producción de azúcar. Una de ellas es la integración de procesos en la industria azucarera para lograr un ciclo termodinámico más eficiente y reducir el consumo de vapor mediante el intercambio de calor entre corrientes frías y calientes. La optimización del consumo de energía en las fábricas de azúcar debe centrarse en la etapa de evaporación, ya que representa una parte importante del consumo de energía en el proceso de producción de azúcar. El uso de residuos como combustible sólido y la recuperación de energía residual del condensado durante la evaporación puede generar importantes ahorros de energía y una reducción del consumo de vapor durante la producción de azúcar[45].

CAPÍTULO 2: Desarrollo Experimental

2.1.- Plan de implementación.

2.1.1.- Factibilidad técnica

El estudio de factibilidad técnica para la implementación del sistema HMI en la planta industrial azucarera tiene como objetivo mejorar las condiciones técnicas del proceso de producción de azúcar. La planta cuenta con una infraestructura adecuada, pero carece de los equipos necesarios para una producción eficiente.

El proyecto implica la aplicación de normas de diseño y protocolos de comunicación, siguiendo estándares ISA 101 para el diseño del sistema HMI. Se propone la instalación de dispositivos como Switch, PLC Siemens S7-1200, módulo de comunicación Modbus, pantalla HMI, controladores de temperatura y sensores de temperatura.

A pesar de los costos asociados con licencias, la elección de estos componentes se justifica por su cumplimiento normativo, agilidad operativa y confiabilidad. La disponibilidad de equipos y repuestos en el territorio nacional facilita la implementación y mantenimiento sin necesidad de importaciones.

2.1.2.- Factibilidad económica

La comparación de controladores lógicos programables muestra que el PLC Siemens S7-1200 es la opción más viable en términos de costos y cumplimiento de requisitos.

El estudio económico incluye la proyección de flujos de efectivo, el cálculo del periodo de recuperación de la inversión (PRI), la tasa interna de retorno (TIR) y el valor actual neto (VAN). Estos indicadores proporcionarán una visión clara sobre la rentabilidad y viabilidad financiera del proyecto a lo largo del tiempo.

Tabla 3 Costos de Equipos para implementación

CANT.	DESCRIPCIÓN	P. UNITARIO	P. TOTAL
1	Switch Industrial CSM1277	\$ 240,00	\$ 240,00
1	HMI TP 1200 CONFORT	\$ 419,19	\$ 419,19
1	COMUNICACIÓN TCP /IP	\$ 257,00	\$ 257,00
2	CPU 1212C AC/DC/Relé	\$ 473,00	\$ 946,00
1	Modulo Modbus RTU RS 485	\$162,00	\$162,00
1	Cables , terminales (tablero eléctrico)	\$ 1500,00	\$ 1.500,00
1	Licencias Siemens TCP/IP Ethernet	\$ 1.200,00	\$ 1.200,00
1	Sensor de Nivel PT100	\$ 800,00	\$ 800,00
1	Sensor de Presión	\$ 900,00	\$ 900,00
1	Sensor de Nivel Eclipse 706	\$ 1.500,00	\$ 1.500,00
1	Sensor de Humedad	\$ 700,00	\$ 700,00
1	Sensor de Flujo	\$ 300,00	\$ 300,00
TOTAL, COSTO DE EQUIPOS			\$ 8,924.19.

Costo de mano de obra

Tabla 4 Costos de mano de obra

CANT.	DESCRIPCIÓN	P. UNITARIO	P. TOTAL
1	Diseño y desarrollo de software del sistema	\$ 3.000,00	\$ 3.000,00
1	Gastos Varios	\$ 1.000,00	\$ 1.000,00
1	240 horas de trabajo	\$2.400,00	\$2.400,00
TOTAL, COSTO DE MANO DE OBRA			\$ 6.400,00

Costo de mano de obra por hora de trabajo

Para un trabajo de implementación de un sistema HMI para un evaporador tiene una duración de 2 meses y el pago de sus honorarios será de \$10 la hora de trabajo por 240 horas de trabajo

Costo final

Este valor representa el gasto generado por los equipos, materiales y mano de obra que son empleados para la implementación del sistema HMI, obteniendo como resultado el valor total de inversión de \$ 21.122,89 como se detalla en la tabla

Tabla 5 costos totales

EQUIPOS	\$ 8,924.19.
MANO DE OBRA	\$ 6.400,00
TOTAL DE INVERSIÓN	\$ 15,324.19

2.2.- Descripción de la solución

La solución propuesta para optimizar el proceso de evaporación del jugo de caña en la empresa azucarera se implementaría a través de un sistema HMI especializado. Este enfoque integrado tiene como objetivo principal mejorar la eficiencia operativa, lograr un control preciso y garantizar la seguridad en la etapa crítica del proceso de concentración del jugo de caña de azúcar. La implementación detallada de la solución cubre aspectos importantes, desde la configuración del sistema, que detalla el panel de control principal y las conexiones, hasta la implementación HMI. Se toman decisiones importantes, como elegir entre activación local y remota y si el control se realizará in situ mediante un PLC y un HMI S7-1200 o desde un lugar lejano. Del mismo modo, se puede elegir entre activación manual y automática, determinando si el operador tiene el control directo o el sistema opera según una secuencia predeterminada.

Esta elección afecta directamente a la configuración de la lógica de escalera en el PLC S7-1200 y a la creación de pantalla en la HMI. Para la activación remota, se garantiza una comunicación efectiva entre el PLC S7-1200 y la HMI, con comprobaciones de seguridad y procedimientos de emergencia implementados cuando sea necesario para garantizar un funcionamiento seguro en ambos modos de activación. La elección de activación manual o automática también afecta la programación y la interfaz de usuario en la HMI.

2.3.- Diseño del sistema industrial automatizado

2.3.1.- Diseño de diagrama de control

En este apartado se diseña el sistema de control y potencia del sistema automatizado para la etapa de evaporación en la elaboración del azúcar, con el uso de entradas digitales y analógicas; el esquemático se lleva a cabo en el software CADe_Simu, el cual ofrece herramientas para los dispositivos de protección, los de control, entre otros, importantes para el diseño eléctrico del proceso automatizado.

En la siguiente figura 14 se detalla los elementos que se utiliza para evitar los cortocircuitos y sobrecargas en los dispositivos de fuerza, de tal manera también se coloca los pulsadores que forman como la parte de control y los sensores respectivos del sistema. En el cual se puede observar las conexiones de cada uno de los dispositivos con el PLC.

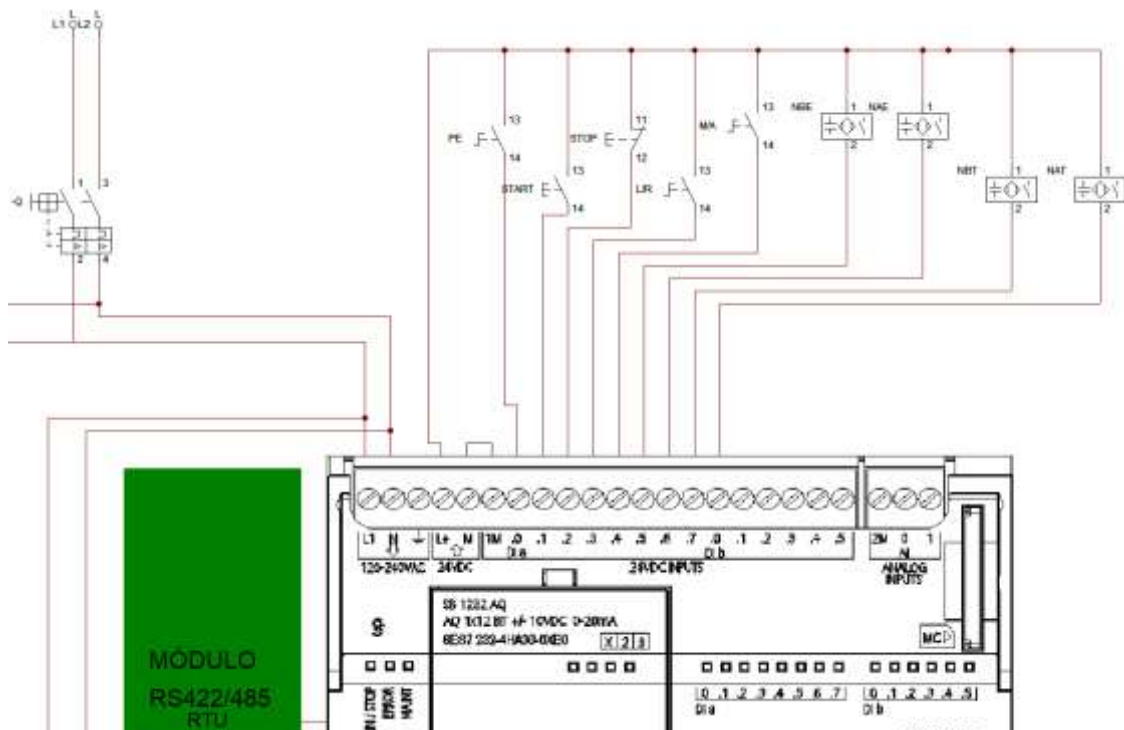


Figura 10 Circuito de Mando de sistema Automatizado.

El esquema de las salidas del PLC visualizado en figura 15 , aquí se denota las dispositivos que controlan los dispositivos de potencia, las bobinas son las encargadas de realizar este accionamiento, permitiendo al contactor dar el paso del parámetro eléctrico, como resultado dando un funcionamiento inmediato en el sistema, ya sea para las bombas de llenado de los tanques del evaporador y del tanque de agua y las válvulas para dar el

paso del líquido a la unidad condensadora, en la siguiente tabla se encuentra detallado las marcas utilizadas con su descripción.

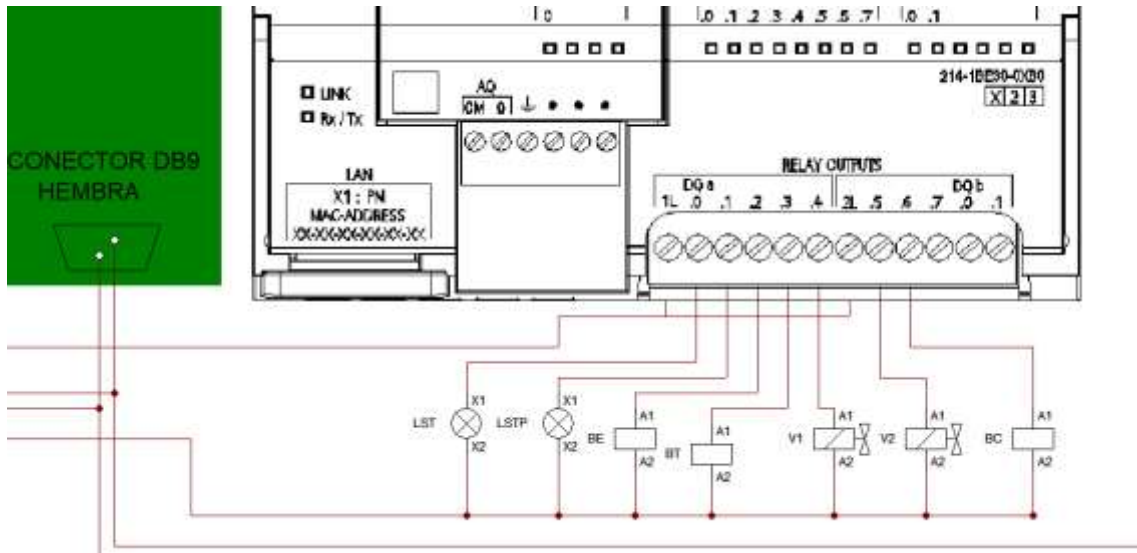


Figura 11 Salidas del PLC.

En la siguiente figura 15 se visualiza la alimentación del HMI, del módulo de comunicación RS422/485 y del medidor de parámetros eléctricos el rango de voltaje es de 90-264V AC del controlador de temperatura y de 220V AC del Medidor DPM C53.

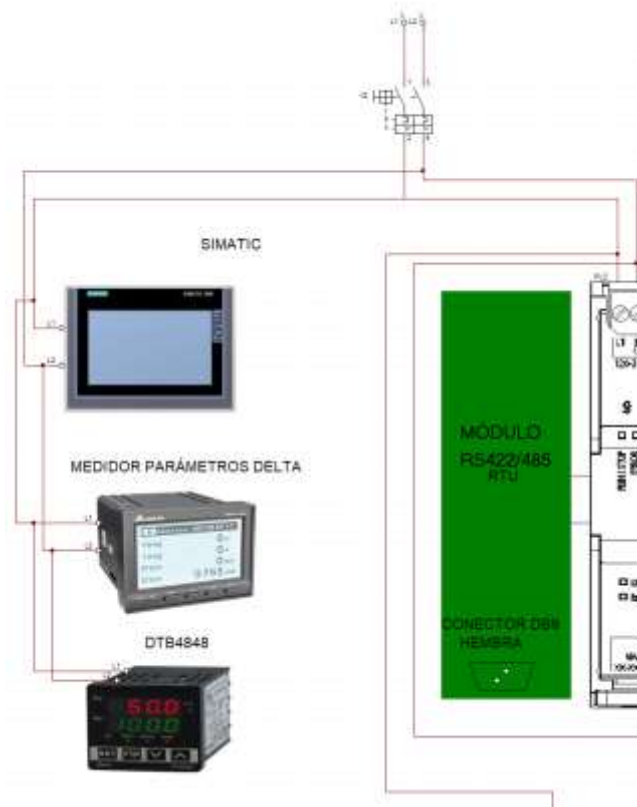


Figura 12 Alimentación HMI Y Módulo de Comunicación RS422/485.

2.3.2.- Diseño de Comunicación

Se visualiza el protocolo de comunicación entre los dispositivos que se utiliza para el proceso

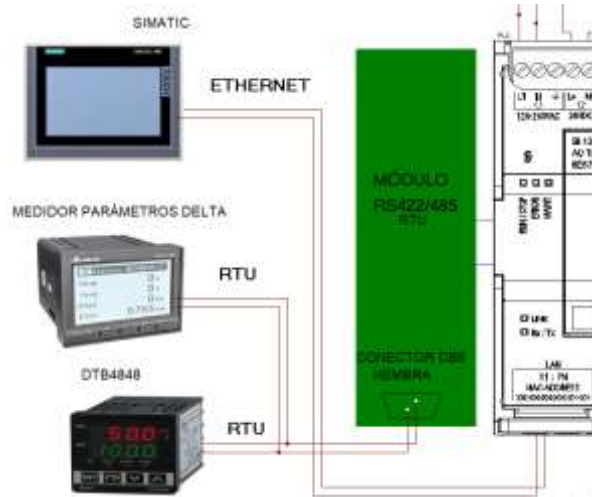


Figura 13 Diseño de Red de comunicación.

2.3.3.- Lógica Cableada Manual para la etapa de evaporación en la elaboración del azúcar.

En la lógica cableada de la parte manual para la etapa de evaporación, se diseña dicha lógica cableada con componentes físicos (fusibles, Interruptores Termomagnéticos bobinas, electroválvulas y pulsadores), para el accionamiento correspondiente del proceso en la siguiente figura 17 se visualiza todas las conexiones a los componentes físicos del sistema.

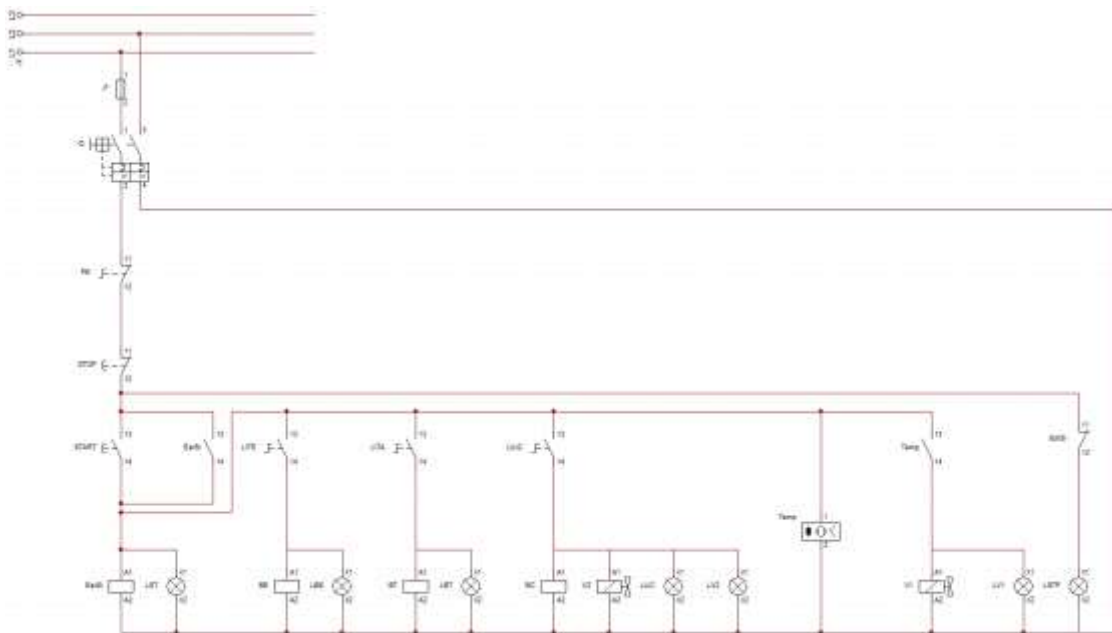


Figura 14 Lógica Cableada del sistema automatizado la etapa de evaporación.

En los equipos de potencia por medio de los contactores principales, las bombas para el llenado del tanque evaporador, tanque de agua y la unidad condensadora necesitan una alimentación, para su funcionamiento

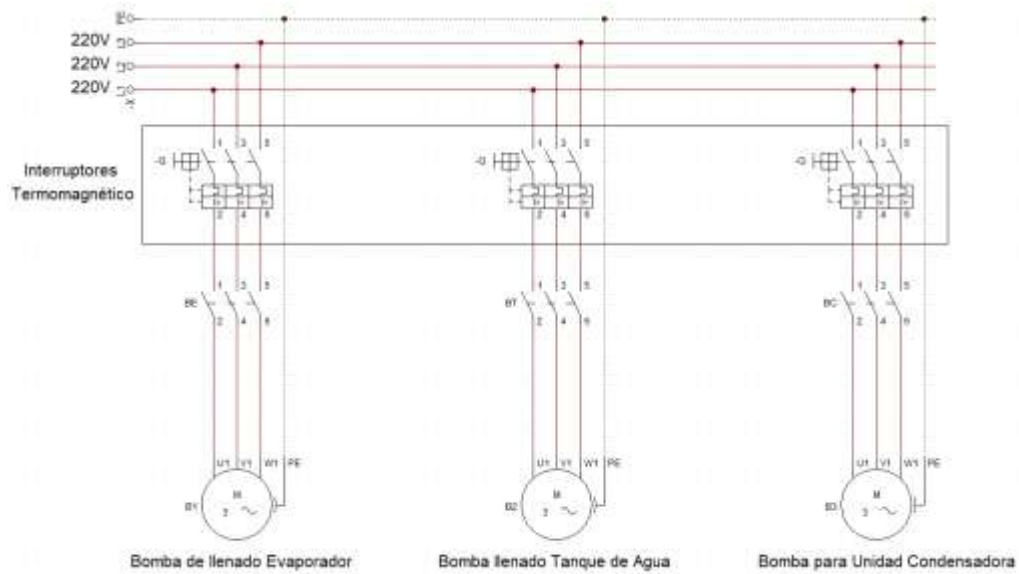


Figura 15 Diagrama Eléctrico de Fuerza de las Bombas de Llenado del Sistema Automatizado.

Por otra parte, las electroválvulas para el paso del líquido a la unidad condensadora operan con un voltaje de 24V DC, esto se suministra con una fuente de alimentación AC a DC.

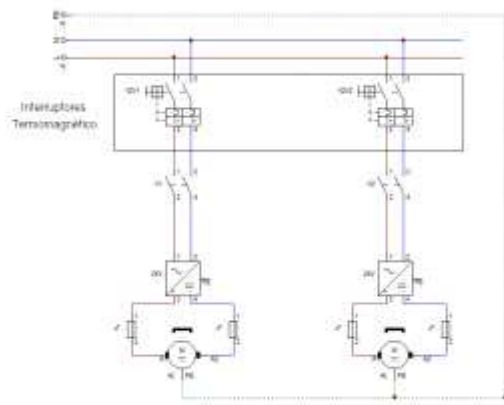


Figura 16 Diagrama Eléctrico de Fuerza de las Electroválvulas del Sistema Automatizado.

2.3.4.- Diagrama P&ID de la etapa de evaporación en la elaboración del azúcar

El P&ID de una industria azucarera juega un papel importante en la identificación y visualización de elementos clave del proceso. Estos componentes incluyen tanques, bombas, válvulas, evaporadores, sensores y otros componentes necesarios para la producción de azúcar. La representación gráfica detalla la disposición espacial de estos componentes y sus relaciones. El diagrama P&ID no sólo proporciona una imagen clara de la disposición física del equipo, sino que también indica la dirección del movimiento de las materias primas en la sección de jugo, estas especificaciones se pueden mostrar una referencia de los componentes en la imagen[46].

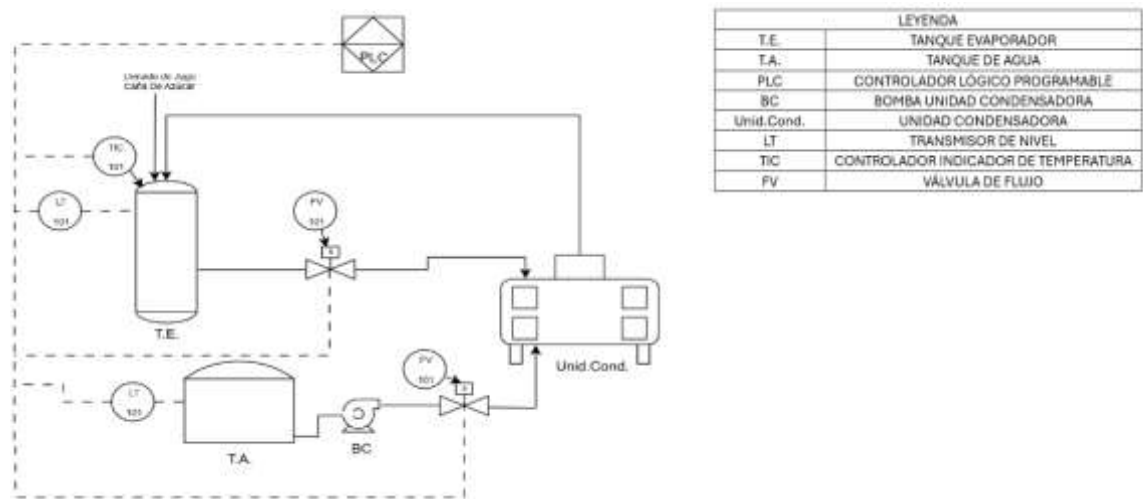


Figura 17 Diagrama P&ID del proceso de evaporación.

La visualización detallada de esta red proporciona una imagen completa de cómo se mueven estos materiales por la fábrica. Equipos principales como tanque de jugo de caña, evaporador, etc. están claramente identificados y presentados en el P&ID. Cada uno de estos dispositivos está conectado a tuberías apropiadas, lo que demuestra claramente su contribución al flujo y manejo de materiales[47].

El diagrama muestra la presencia de válvulas y dispositivos de control, indicando su función principal de regular y dirigir el flujo de líquidos y gases a lo largo del sistema. Además, también se presentan dispositivos de control como sensores, medidores y otros dispositivos utilizados para monitorear y regular con precisión el proceso de producción. Los instrumentos están representados por símbolos estándar, desde sensores de temperatura, interruptores de nivel y controladores[47].

2.3.5.- Lógica de programación para el proceso de evaporación del jugo de caña de azúcar

En la evaporación del jugo de caña, el proceso comienza con la verificación de las condiciones iniciales y la presencia de jugo de caña claro. Si es necesario, la temperatura se controla encendiendo gradualmente el sistema de calefacción, controlando la presión en el evaporador y ajustando la válvula de vapor si es necesario. Verifique para asegurar un flujo continuo de jugo activando la bomba de alimentación según sea necesario. La evaporación avanza gradualmente con una velocidad suavemente ajustada y la concentración de azúcar se controla hasta alcanzar el valor deseado, después de lo cual el azúcar concentrado comienza a fluir. Se incorporan ciclos automatizados de limpieza y mantenimiento, con activación de alarmas y procedimientos de emergencia en caso de condiciones anormales. El proceso finaliza comprobando la calidad del concentrado y apagando de forma segura los sistemas de calefacción y bombeo. Finalmente, el proceso se considera completo, como se muestra en la figura.

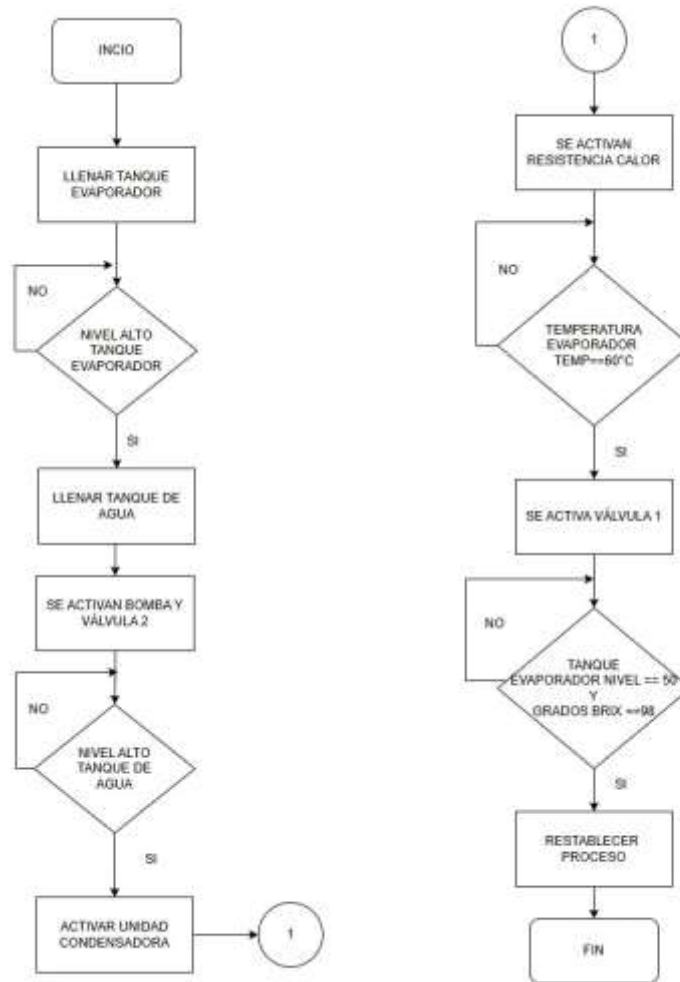


Ilustración 18 Diagrama de Flujo de la etapa de evaporación de la planta de azúcar

2.4.- Programación Ladder del sistema automatizado para la etapa de evaporación en la elaboración de azúcar

- **Bloque de programación (Cyclic Interrupt)**
 - **Segmento 1: Comunicación con el Medidor de Parámetros Delta.**

Este segmento se encuentra el bloque “MB_MASTER” para comunicarse como maestro Modbus vía puerto PtP, el primer bloque hace la comunicación con el medidor de parámetros delta para obtener los datos de voltaje de línea y mostrarlos en el PLC. Anexo 1,Seg1.
 - **Segmento 2: Comunicación con el controlador DTB4848 de temperatura.**

Este segmento se encuentra el bloque “MB_MASTER” para comunicarse como maestro Modbus vía puerto PtP, el segundo bloque hace la comunicación con el controlador de temperatura dtb4848 el cual se extraen los datos de temperatura de la termocupla y el dato de PID para el control de la variable y mostrarlos en el PLC. Anexo 2,Seg2.
- **Bloque de programación (Main)**
 - **Segmento 1: Configuración de puerto para Modbus.**

En este segmento se ubica el bloque “MB_COMM_LOAD”, para configurar el puerto de comunicación se encuentra en el PLC, y realizar peticiones de datos a los equipos conectados al módulo. Anexo 3,Seg1.
 - **Segmento 2: Activación de local y remoto, activación de manual y automático e inicio del sistema.**

La activación del modo local y manual se realiza mediante el uso de contacto abierto y cerrados, el cual enciende indicadores en el estado que se encuentra, del mismo modo se implementó para el manual y automático, el inicio del sistema es el enclavamiento del sistema, para el funcionamiento, si el indicador del sistema no está energizado, no se activan los demás segmentos. Anexo 4,Seg2.
 - **Segmento 3: Bloque de función Con el Proceso.**

Se visualiza el contacto de paro de emergencia y el del estado del sistema añadido el bloque de función del proceso como tal. Anexo 5,Seg3.
 - **Segmento 4: Activación de Luz indicadora de paro de emergencia.**

Se visualiza el contacto de paro de emergencia que energiza una luz indicadora(salida digital). Anexo 6,Seg4.

- **Segmento 5: Bloque de Alarmas y avisos.**

Se observa el bloque de función de todas las alarmas y avisos del sistema. Anexo 7,Seg5.

- **Segmento 6: Datos de Voltaje de línea del medidor delta.**

En este segmento se ubican bloques “MOVE” para mover los datos de voltaje de línea que se encuentran almacenados en un arreglo provenientes del “MB_MASTER”. Anexo 8,Seg6.

- **Segmento 7: Datos de PID del controlador DTB4848.**

En este segmento se ubica un bloque “MOVE” para mover el dato PID que se encuentran almacenado en un arreglo proveniente del “MB_MASTER”. Anexo 9,Seg7.

- **Bloque de programación (Proceso)**

- **Segmento 1: Llenado de tanque evaporador.**

En esta primera fase el tanque evaporador se comienza a llenar con la capacidad máxima, también el tanque cuenta con sensores de nivel alto y bajo para que no rebase del máximo. Anexo 10,Seg1.

- **Segmento 2: Llenado de tanque de agua**

Se procede a llenar el tanque de agua de la misma forma que el tanque evaporador, también cuenta con sensores de nivel alto y bajo, esta agua servirá para llenar los depósitos de la unidad condensadora para generar el vapor y se redirija al tanque evaporador. Anexo 11,Seg2.

- **Segmento 3: Activación de unidad condensadora**

Se comienza a llenar los depósitos, a la vez se activan la bomba, la válvula 2 y la resistencia de calor, con esto activado la temperatura comienza a subir. Anexo 12,Seg3.

- **Segmento 4: Datos de temperatura controlador dtb4848**

Solo se visualiza el paso de dato del arreglo del bloque MB_MASTER del controlador de temperatura a una variable. Anexo 13,Seg4.

- **Segmento 5: Reducción de tanque evaporador**

Cuanto llegue a una temperatura de 60°C el tanque evaporador comenzara a reducir el agua y dejar el jarabe, el cual se abre una válvula 1 para evacuar el excedente de vapor. Anexo 14,Seg5.
- **Segmento 6: Activación válvula 1**

Se activa la válvula 1 para evacuar el vapor y a su vez cuando este en el nivel requerido en el tanque evaporador la válvula 1 se desactiva, todo si la temperatura se mantiene en el rango de 60°C. Anexo 15,Seg6.
- **Segmento 7: Llenado del cuarto depósito de la unidad condensadora**

Este depósito se llena cuando la válvula 1 se activa para la evacuación de agua o vapor del tanque evaporador. Anexo 16,Seg7.
- **Segmento 8: Grados Brix**

En este segmento se moverá el valor de grados brix al finalizar la evaporación en el tanque, como valor de la sacarosa obtenida. Anexo 17,Seg8.
- **Segmento 9: Reseteo Grados Brix**

Se vuelve a resetear los grados brix para otra vez repetir el proceso. Anexo 18,Seg9.
- **Segmento 10: Apertura Válvula 1**

Se hace un escalado de apertura para la válvula 1 estos valores se ajustan en los valores operativos del sistema. Anexo 19,Seg10.
- **Segmento 11: Apertura Válvula 2**

Se hace un escalado de apertura para la válvula 2 estos valores se ajustan en los valores operativos del sistema. Anexo 20,Seg11.

2.5.- Desarrollo de la interfaz gráfica

2.5.1. Pantalla de Acceso (Inicio De Sesión)

En esta pantalla tanto el administrador y el operador ingresan al proceso donde se encuentran las pantallas de monitoreo del proceso.



Figura 19 Pantalla de Acceso (Login).

2.5.2.- Pantalla de Menú

En la pantalla de menú una vez que el administrador inicie sesión tendrá acceso al menú completo con las demás pantallas para el monitoreo del proceso, y en la parte superior se visualiza el usuario que inicio sesión en la planta.



Figura 20 Pantalla de Menú.

2.5.3.- Pantalla de la etapa de evaporación en la elaboración de azúcar

En la siguiente pantalla se visualiza todo el proceso, el que dispone las botones para el inicio del sistema, el modo de operación local/remoto y manual/automático, también los estados de los sensores ubicado en los tanques, también los indicadores de mantenimiento. Los pulsadores para el llenado y activado de cada funcionamiento.



Figura 21 Pantalla de la etapa de evaporación.

2.5.4.- Pantalla de valores operativos

En esta pantalla se ajusta los valores para la temperatura para el debido funcionamiento del proceso, también se ajustan las aperturas de las dos válvulas antes del funcionamiento



Figura 22 Pantalla de valores operativos.

2.5.5.- Pantalla de Mantenimiento

Se visualiza los pulsadores para deshabilitar o habilitar los dispositivos y equipos en el proceso, una vez deshabilitados el proceso no continuará y en la pantalla de etapa de evaporación se mostrarán indicadores de lo deshabilitado, así mismo con los sensores.



Figura 23 Pantalla de mantenimiento.

2.5.6.- Pantalla de tendencias

Se observan los valores de los voltajes de línea del tablero y los valores del controlador de temperatura.



Figura 24 Pantalla de tendencias

2.5.7.- Pantalla de parámetros eléctricos

En esta última pantalla se observan los voltajes de línea provenientes del medidor de parámetros delta del tablero eléctrico.



Figura 25 Pantalla de parámetros eléctricos

2.7.-Pruebas y Validación de puesta en marcha del sistema

2.7.1.- Configuración del laboratorio de automatización

Los cambios realizados para el desarrollo de la propuesta son mencionados a continuación; dicho cambio está en el de usar un evaporador con su respectivo controlador de temperatura, pero se utiliza un horno eléctrico con su termocupla conectado al controlador de temperatura DTB4848, así mismo para la apertura de las dos válvulas, se lo reemplaza con dos slider o potenciómetros virtuales, para designar la apertura correcta del sistema.

2.7.2.- Fase de Inicio del Sistema-Inicio de Sesión

Se muestra al administrador en el inicio de sesión donde debe ingresar las credenciales correctas para acceder.



Figura 26 Ingreso de Credenciales Para el Acceso

2.7.3.- Visualización del usuario ingresado y el Menú con las demás pantallas

Se visualiza el acceso correcto del administrador en la parte superior, y las demás opciones de pantallas del monitoreo.



Figura 27 Visualización de usuario y menú.

2.7.4.- Ajuste de valores operativos para el proceso

Se ajustan los valores de operación para el funcionamiento correcto del sistema como se observa el PID de temperatura se encuentra en 60°C y las aperturas de las válvulas también se ajusta el porcentaje de apertura.

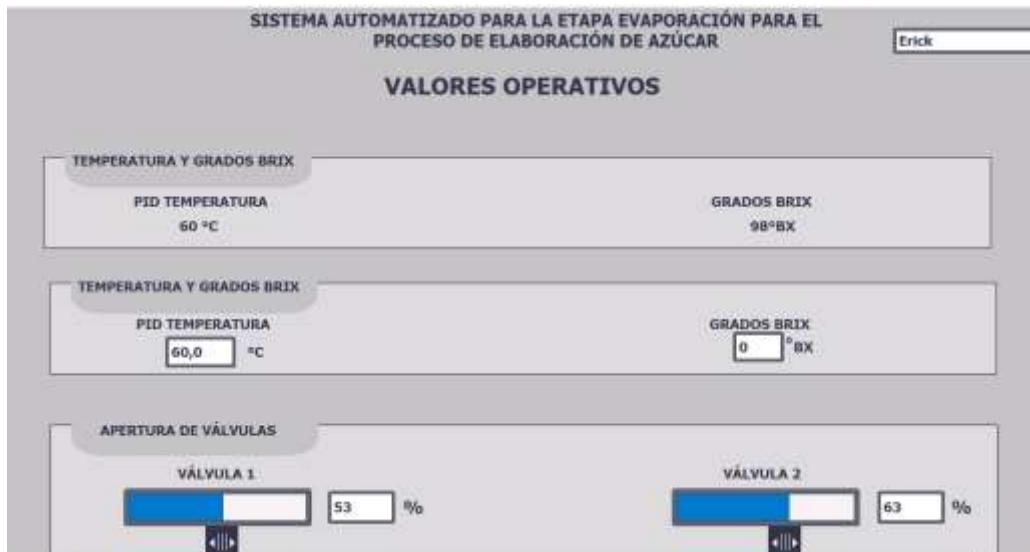


Figura 28 Ajuste de valores operativos

2.7.5.- Inicio del Sistema Local/Manual

Se visualiza los indicadores del estado del sistema y el modo de operación, también los indicadores del estado de los sensores del tanque y las alarmas de lo que se ha desactivado y activado.



Figura 29 inicio del sistema local/manual.

2.7.6.- Llenado de los tanques de evaporación y el tanque de agua

33Se observa que al pulsar llenar los tanque proceden a llenar eso se visualiza en los indicadores de los sensores cuando el nivel esta alto en ambos tanques.

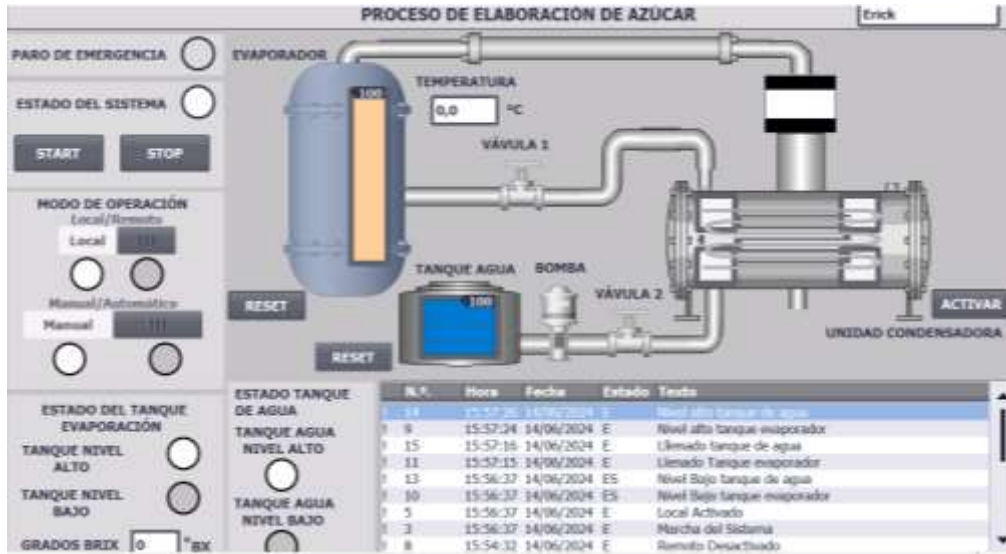


Figura 30 Llenado de tanque evaporador y agua

2.7.7.- Activación de unidad condensadora

Se activa la unidad condensadora, el cual activa la bomba y la válvula 2 para llenar los depósitos de la unidad condensadora, también se activa la resistencia de calor para calentar el agua y generar vapor, y también la visualización de la temperatura del evaporador.



Figura 31 Activación de la unidad condensadora.

2.7.8.- Temperatura alcanza por medio del controlador dtb4848

Una vez alcanzada la temperatura deseada en este caso se estableció un rango bajo de temperatura de 26°C, el tanque evaporador comienza a reducir la cantidad de agua solo dejando la sacarosa o jarabe para el siguiente proceso, esa agua o vapor se evacua por la válvula 1 que se muestra esta activada.

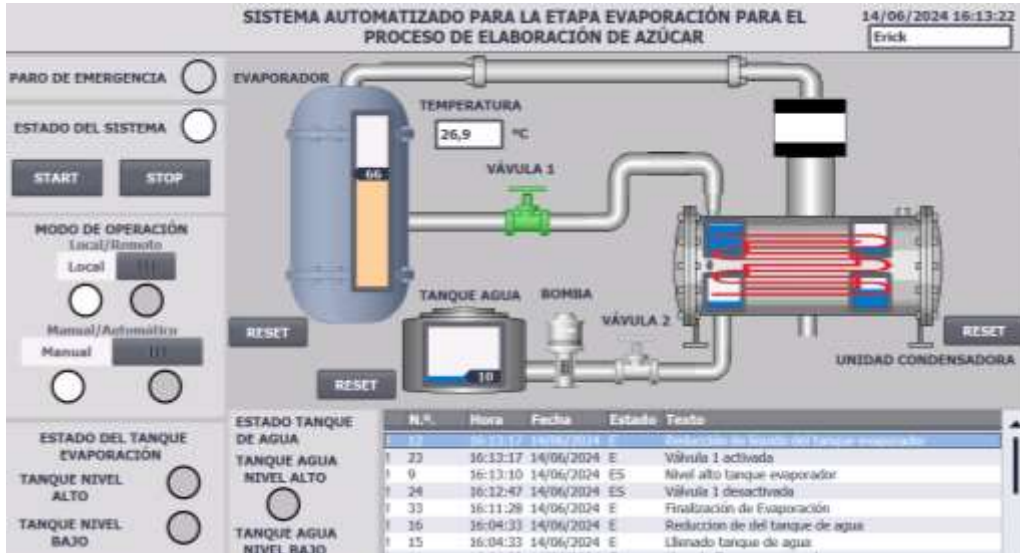


Figura 32 Temperatura adecuada para el evaporador

2.7.9.- Finalización del proceso de evaporado

Se visualiza en las alarmas que el proceso de evaporación finalizo y se denota la válvula una se desactivo y el porcentaje en el tanque evaporador es la sacarosa o jarabe que quedo en el proceso.



Figura 33 Finalización de Evaporación.

2.7.10.- Visualización de parámetros eléctricos en tiempo real del medidor de parámetros

Se denota en la pantalla de parámetros eléctricos se observa que los datos son almacenados en un arreglo el cual solo son los voltajes de línea.



Figura 34 Visualización de parámetros eléctricos del tablero.

Se verifica estos datos, en los bloques de programa del Plc llamado “lectura potencia”.

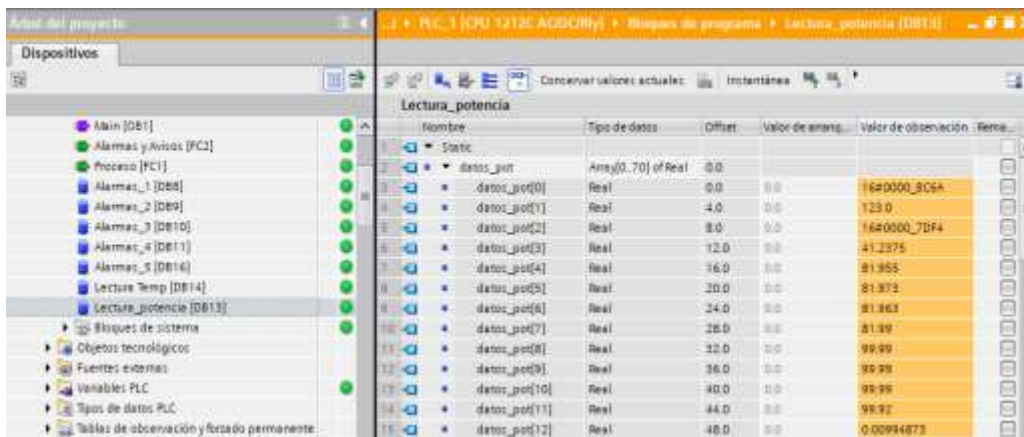


Figura 35 Datos de potencia

Del mismo modo se verifica los datos provenientes del controlador de temperatura en el Plc en el bloque llamado “lectura_temp”



Figura 36 Datos de temperatura.

2.7.11.- Visualización de tendencias

Se observa las gráficas de los valores de potencia del medidor de parámetros del tablero, también los valores de temperatura del controlador, todo esto ocurre cuando la planta está en funcionamiento.



Figura 37 Grafica de tendencias

2.8.- Resultados, Conclusiones y Recomendaciones

2.8.1.- Resultados

Los resultados obtenidos del diseño tanto del sistema eléctrico, el desarrollo del código Ladder para el sistema automatizado para la etapa de evaporación en la elaboración de azúcar, 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.

Se logró una exhaustiva identificación de los diversos procesos y técnicas industriales involucrados en la elaboración de azúcar. Se hizo hincapié en la implementación de tecnologías avanzadas.

Se implementó un control de temperatura para dicho proceso el cual presentó eficiencia en la etapa de evaporación, el set point que se estableció es de 60°C el cual presentó mejoras en la eficiencia del sistema implementado.

Se examinó con detalle el sistema automatizado que gestiona la preparación de la pulpa en la elaboración de azúcar. Los sistemas de control y recopilación de información mediante PLC S7-1200 se destacaron por su contribución significativa a la optimización de la producción, la reducción de costos y la mejora de la seguridad laboral.

En la interfaz HMI se mostró con éxito el funcionamiento del proceso acorde a la programación Ladder, los valores y setpoint se visualizan en la pantalla principal del proceso. Los valores de los parámetros eléctricos del sistema, se muestran con éxito, para el monitoreo de esta y conocer si los equipos están en funcionamiento.

La prueba de la hipótesis se realiza en las prácticas realizadas en una simulación de cómo podría funcionar el evaporador. En esta sección, se describen los pasos propuestos para llevar a cabo su funcionamiento, incluyendo el llenado del extracto de jugo de caña y la activación del sistema de almacenamiento de agua junto con la unidad condensadora.

2.8.2.- Conclusiones

El diseño de infraestructura automatizada mejora la seguridad, reduce costos operativos y optimiza el control del proceso de evaporación. Permite la gestión precisa de las variables críticas, reduce el error humano y permite adaptaciones rápidas. La automatización garantiza un proceso eficiente y adaptable a la demanda y las condiciones operativas.

La programación Ladder del PLC S7-1200 garantiza una operación eficiente y confiable del proceso de evaporación. Es flexible para mejorar, fácil de integrar con otros sistemas y garantiza un control óptimo. La adaptabilidad del sistema a nuevas necesidades y tecnologías se mejora con esta programación modular.

La interfaz gráfica del Simatic TP1200 permite la visualización en tiempo real y el control del proceso de evaporación centralizado. Reduce la curva de aprendizaje y mejora la interacción del operador. Permite el registro de datos históricos, lo que facilita el análisis y la mejora continua, lo que garantiza la precisión y la rapidez en la toma de decisiones.

Es crucial destacar que no controlar adecuadamente la humedad del vapor y la temperatura del evaporador puede tener consecuencias negativas para la calidad del producto final. La falta de control preciso puede resultar en una evaporación inconsistente, lo cual afectaría la concentración y la pureza del jugo de caña. Esto podría llevar a una calidad inferior del azúcar, desperdicio de materia prima, y posibles problemas en las etapas posteriores de producción. Además, un control inadecuado puede incrementar los costos operativos y reducir la eficiencia global del sistema. Por lo tanto, mantener un control riguroso de estos parámetros es esencial para garantizar un producto final de alta calidad y optimizar la producción.

2.8.3.- Recomendaciones

Realizar un análisis detallado de las necesidades del proceso de evaporación y considerar el uso de sensores sofisticados para monitorear las variables importantes. Un sistema adaptable y eficiente se garantiza al invertir en tecnología de automatización robusta y escalable. Además, la seguridad y la facilidad de mantenimiento deben ser priorizadas en el diseño.

Seguir las prácticas de codificación estandarizadas y documentar cada paso del proceso para una programación eficiente del PLC S7 1200. Antes de la implementación en el campo, es fundamental realizar pruebas unitarias y de integración exhaustivas. Para maximizar la eficiencia del PLC, es esencial capacitar al personal en su uso y mantenimiento.

Designar a la interfaz gráfica con un enfoque en la usabilidad y la accesibilidad para que los operadores puedan interactuar con el sistema fácilmente. Es crucial incluir visualizaciones comprensivas y alertas en tiempo real para eventos importantes. Además, la implementación de funciones de registro de datos será beneficiosa para el análisis y optimización del proceso.

Para garantizar la robustez del sistema, es recomendable realizar pruebas exhaustivas en el laboratorio bajo una variedad de escenarios operativos. Es fundamental simular condiciones extremas y fallas para verificar la respuesta del sistema. Para garantizar el mejor desempeño en el entorno real, registre los resultados y haga las modificaciones necesarias antes de la implementación final.

Bibliografía

- [1] “E-8384_GORDILLO PERALTA NEY DAVID.pdf”. Consultado: el 12 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en:
https://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/18633/1/E-8384_GORDILLO%20PERALTA%20NEY%20DAVID.pdf
- [2] “CAPÍTULO I.doc”. Consultado: el 12 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en:
<https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=https%3A%2F%2Fwww.dspace.espol.edu.ec%2Fbitstream%2F123456789%2F14709%2F7%2FCAP%25C3%258DTULO%2520I.doc&wdOrigin=BROWSELINK>
- [3] “04 ISC 065 Procesos.pdf”. Consultado: el 12 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en:
<https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/1092/2/04%20ISC%20065%20Procesos.pdf>
- [4] “E-UTB-FACIAG-ING AGROP-000284.pdf”. Consultado: el 13 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en:
<http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/13827/E-UTB-FACIAG-ING%20AGROP-000284.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [5] “cincae_raul_2021.pdf”. Consultado: el 13 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: http://www.stab.org.br/latin_azucar_2020/cincae_raul_2021.pdf
- [6] A. Bohórquez, Y. Puentes, y J. C. Menjivar, “Evaluación de la calidad del compost producido a partir de subproductos agroindustriales de caña de azúcar”, *Cienc. Tecnol. Agropecu.*, vol. 15, núm. 1, pp. 73–81, dic. 2015, doi: 10.21930/rcta.vol15_num1_art:398.
- [7] “Guana y Meisel - Asesor de Tesis PhD. Yezid Enrique Donoso Meisel.pdf”.
- [8] R. A. Guana y E. D. Meisel, “Asesor de Tesis: PhD. Yezid Enrique Donoso Meisel”, núm. 1.
- [9] “Software de diseño eléctrico | Conjunto de herramientas CAD Electrical | Autodesk”. Consultado: el 15 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en:
<https://www.autodesk.com/latam/solutions/electrical-design>
- [10] S. Blog, “Elementos fundamentales para el diseño eléctrico en ingeniería”. Consultado: el 15 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en:
<https://blog.structuralia.com/como-realizar-diseno-electrico>
- [11] “Iza et al. - Colaboración en la Elaboración del Capítulo.pdf”. Consultado: el 15 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/2023/03/1.-NEC-SB-Instalaciones-Elctricas.pdf>
- [12] “Topología de red: qué es y cuáles son los tipos más habituales | UNIR Ecuador”. Consultado: el 15 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en:
<https://ecuador.unir.net/actualidad-unir/topologia-red/>

- [13] “Qué son las redes de comunicación industrial y cómo funcionan”. Consultado: el 12 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.cursosaula21.com/que-son-las-redes-de-comunicacion-industrial/>
- [14] N. Engineering, “Ingeniería de redes, telecomunicaciones y ciberseguridad en Barcelona”, Net Cloud Engineering. Consultado: el 12 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://netcloudengineering.com/historia-comunicacion-industrial/>
- [15] “Control Automatico en La Industria Azucarera | PDF | Azúcar | Dieta y nutrición”. Consultado: el 13 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/323992009/Control-Automatico-en-La-Industria-Azucarera>
- [16] G. Arrighi, H. G. Romo, J. Boltvinik, y A. Gavin, “Globalización y macrosociología histórica”.
- [17] A. Notimex, “Planta mexicana de azúcar, la primera en automatizar todos sus procesos”, Grupo Milenio. Consultado: el 13 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.milenio.com/negocios/planta-mexicana-de-azucar-la-primera-en-automatizar-todos-sus-procesos>
- [18] “TFM-G1803.pdf”. Consultado: el 30 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/63039/TFM-G1803.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [19] “Brix - EcuRed”. Consultado: el 30 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.ecured.cu/Brix>
- [20] ceiinc, “Proceso de evaporación de jugo de caña en los ingenios azucareros • CEIINC”, CEIINC. Consultado: el 30 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://ceiinc.co/como-en-ceiinc-apoyamos-los-procesos-de-evaporacion-en-los-ingenios-azucareros/>
- [21] “Eclipse® 706 transmisor de onda guiada”, Alutal Measure & Trust. Consultado: el 13 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.alutal.com.br/es/produto/eclipse-modelo-706-transmissor-de-radar-de-onda-guiado-de-alta-performance/>
- [22] “Sonda de temperatura RTD para roscar”, JUMO Control S.A. Consultado: el 13 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.jumo.es/web/products/apps/productdetailpage?pdpId=902020>
- [23] “DMP305X-DST Differential Pressure Transmitter Manufacturers Suppliers”. Consultado: el 13 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.leegsensor.com/pressure-transmitter/industrial-pressure-transmitter/dmp305x-dst-differential-pressure-transmitter.html>
- [24] “3.5: Sensores de flujo”, LibreTexts Español. Consultado: el 30 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: [https://espanol.libretexts.org/Ingenieria/Ingenier%C3%ADa_Industrial_y_de_Sistemas/Libro%3A_Din%C3%A1mica_y_Control_de_Procesos_Qu%C3%ADmicos_\(Woolf\)/03%3A_Sensores_y_Actuadores/3.05%3A_Sensores_de_flujo](https://espanol.libretexts.org/Ingenieria/Ingenier%C3%ADa_Industrial_y_de_Sistemas/Libro%3A_Din%C3%A1mica_y_Control_de_Procesos_Qu%C3%ADmicos_(Woolf)/03%3A_Sensores_y_Actuadores/3.05%3A_Sensores_de_flujo)

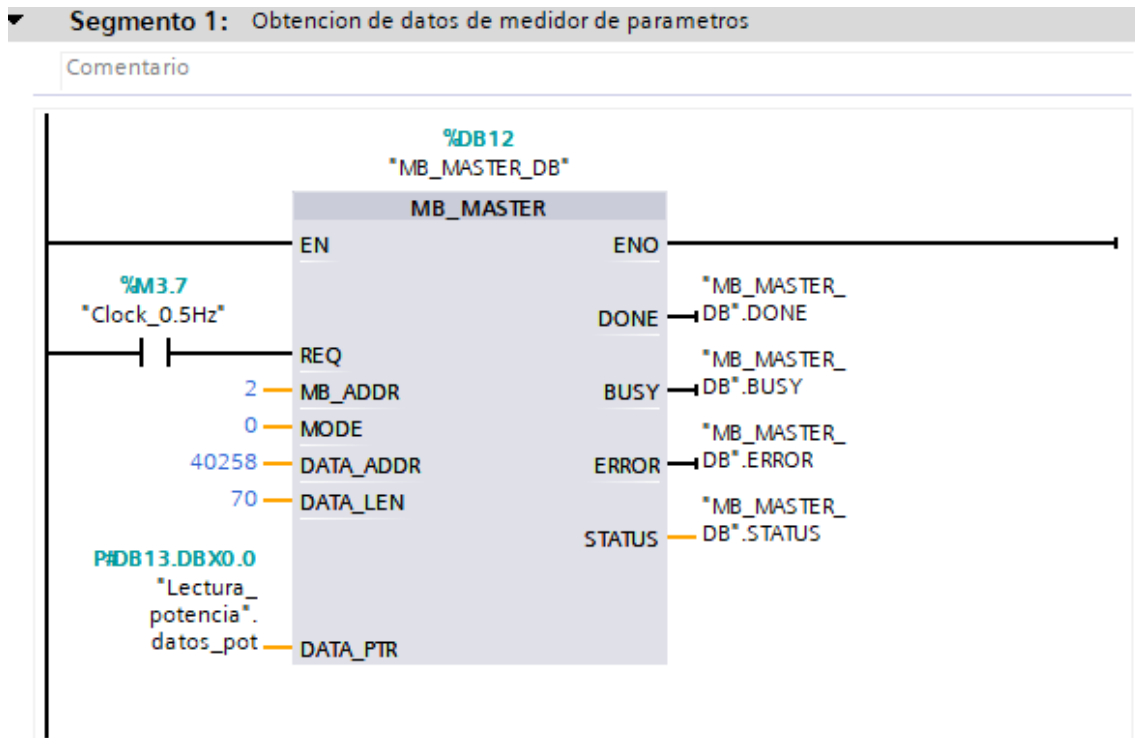
- [25] S. K. Renaer, “Sensores De Humedad”.
- [26] “202210_11459_12895.pdf”. Consultado: el 30 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: https://banner9.icesi.edu.co/ic_contenidos_pdf/adjuntos/202210/202210_11459_12895.pdf
- [27] “WEG-WMO-motores-electricos-guia-de-especificacion-50039910-brochure-spanish-web.pdf”. Consultado: el 30 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://static.weg.net/medias/downloadcenter/hf9/hcf/WEG-WMO-motores-electricos-guia-de-especificacion-50039910-brochure-spanish-web.pdf>
- [28] “seleccion-de-actuadores.pdf”. Consultado: el 30 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://exal-technology.com/uploads/technical/selection-of-actuators-2/seleccion-de-actuadores.pdf>
- [29] “bombas-centrifugas-y-volumetricas.pdf”. Consultado: el 30 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.ing.una.py/pdf_material_apoyo/bombas-centrifugas-y-volumetricas.pdf
- [30] C. Pérez, “Controladores Lógicos Programables (PLCs)”.
- [31] “SIMATIC S7-1200, CPU 1212C, CPU compacta AC/DC/rel?, E/S INTEGRADAS: 8 DI DC 24V 6 DO, rel? 2 A 2 AI 0-10V DC, alimentaci?n: AC 85-264 V AC con 47-6 - AUTYCOM”. Consultado: el 12 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.autycom.com/producto/cpu-simatic-6es7212-1be40-0xb0-siemens/>, <https://www.autycom.com/producto/cpu-simatic-6es7212-1be40-0xb0-siemens/>
- [32] “Equipos estándar Comfort Panels”. Consultado: el 13 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://mall.industry.siemens.com/mall/es/es/Catalog/Product/6AV2124-0MC01-0AX0>
- [33] “DTB-Series-manual.pdf”. Consultado: el 17 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://intech.net.in/intechchennai/pdf/DTB-Series-manual.pdf>
- [34] “Dtb4848rr Delta Temperature Controller”, indiamart.com. Consultado: el 17 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.indiamart.com/proddetail/dtb4848rr-delta-temperature-controller-24687345688.html>
- [35] “DPM-C530 Operation Manual”.
- [36] “Serie DPM-C530 - Delta Industrial Automation”. Consultado: el 17 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://industrialautomation.delta-emea.com/es/dpm-c530-series-2404.htm>
- [37] “TIA Portal”, Siemens Argentina. Consultado: el 16 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.siemens.com/ar/es/productos/automatizacion/software-industrial/tia-portal.html>

- [38] tecnopl.com, “Instalar TIA Portal V16 paso a paso para evitar fallos » tecnopl”, tecnopl. Consultado: el 16 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.tecnopl.com/instalar-tia-portal-v16-paso-a-paso-para-evitar-fallos/>
- [39] “WinCC_Advanced_V12_enUS_en-US.pdf”. Consultado: el 13 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: https://cache.industry.siemens.com/dl/files/405/68075405/att_84413/v1/WinCC_Advanced_V12_enUS_en-US.pdf
- [40] “SIMATIC WinCC in TIA Portal”, siemens.com Global Website. Consultado: el 13 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.siemens.com/global/en/products/automation/industry-software/automation-software/tia-portal/software/simatic-wincc-tia-portal.html>
- [41] “5 Lenguajes de Programación para PLC | SEIKA Automation”. Consultado: el 16 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.seika.com.mx/5-lenguajes-de-programacion-para-plc/>
- [42] “Automatización Industrial”, Siemens Ecuador. Consultado: el 12 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.siemens.com/ec/es/productos-y-soluciones/automatizacion-industrial.html>
- [43] A. Rosado y S. Itt-Se, “Diseño de Interfaces Hombre-Máquina (HMI)”.
- [44] “Nte Inen 260-2-3 | Descargar gratis PDF | Alimentos | Dieta y nutrición”, Scribd. Consultado: el 17 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/586539180/nte-inen-260-2-3>
- [45] “E-8384_GORDILLO PERALTA NEY DAVID.pdf”. Consultado: el 15 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: https://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/18633/1/E-8384_GORDILLO%20PERALTA%20NEY%20DAVID.pdf
- [46] C. Ferrer, “¿Qué es un P&ID?”, Pirobloc. Consultado: el 17 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.pirobloc.com/blog-es/que-es-un-piping-and-instrumentation-diagram/>
- [47] H. Morales, F. Sciascio, y A. Amicarelli, “Estimation of Supersaturation in the Crystallization Process of the Sugar Industry”, nov. 2018, pp. 1–6. doi: 10.23919/AADECA.2018.8577381.

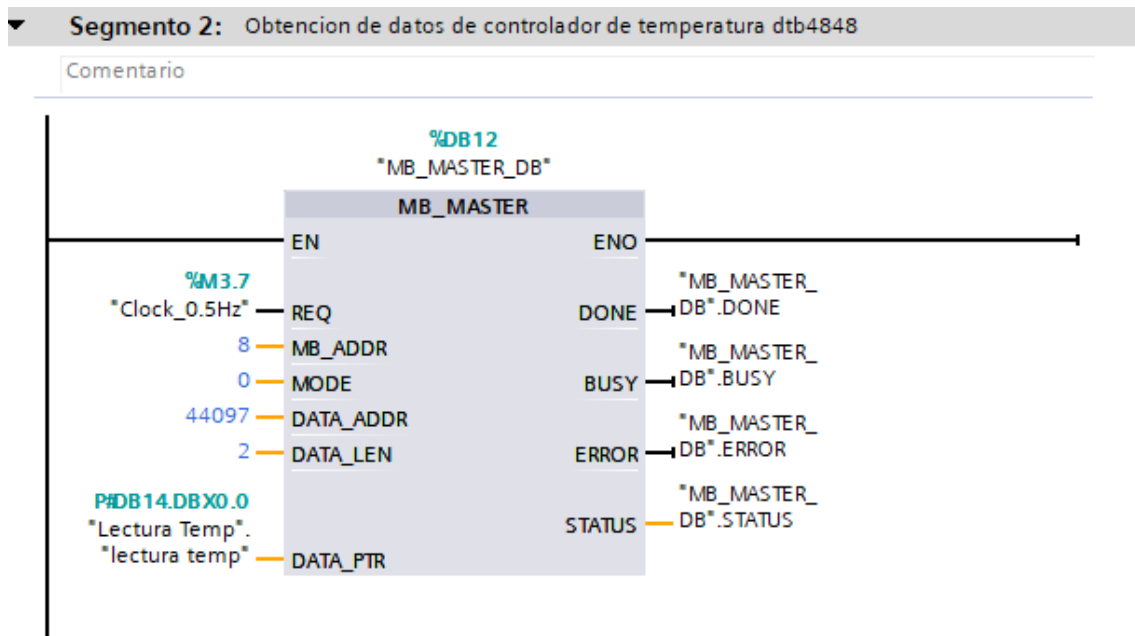
ANEXOS

BLOQUE DE PROGRAMACIÓN (CYCLIC INTERRUPT)

ANEXO1: SEGMENTO 1: COMUNICACIÓN CON EL MEDIDOR DE PARÁMETROS DELTA.

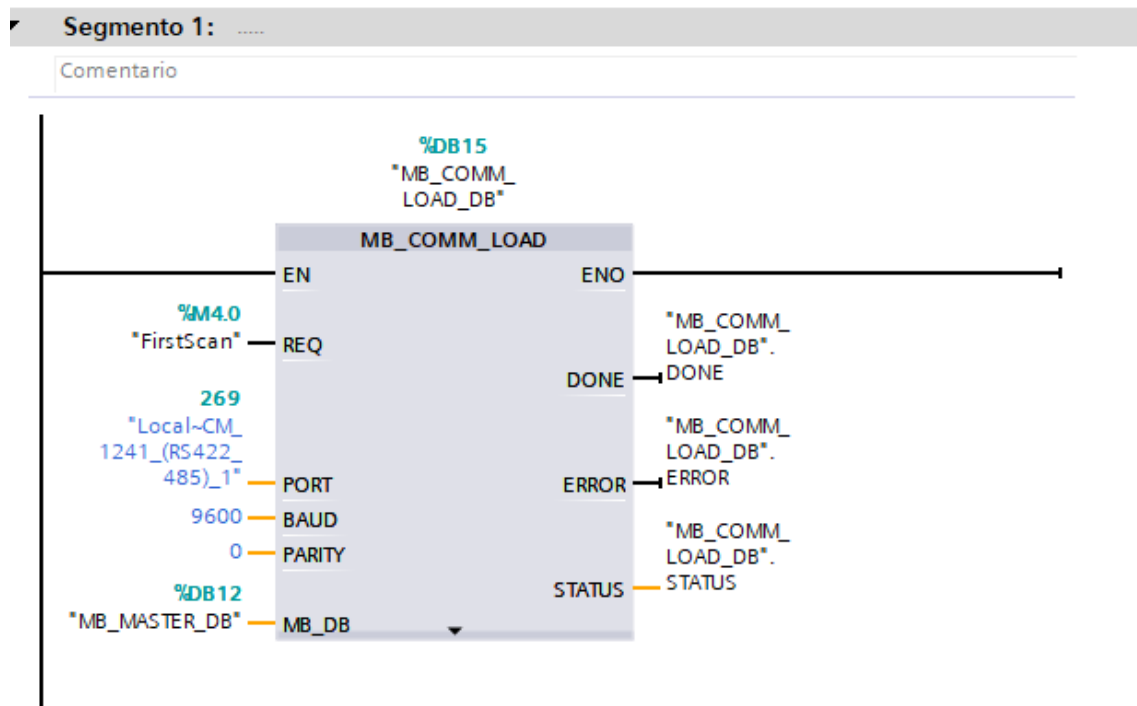


ANEXO2: SEGMENTO 2: COMUNICACIÓN CON EL CONTROLADOR DTB4848 DE TEMPERATURA.

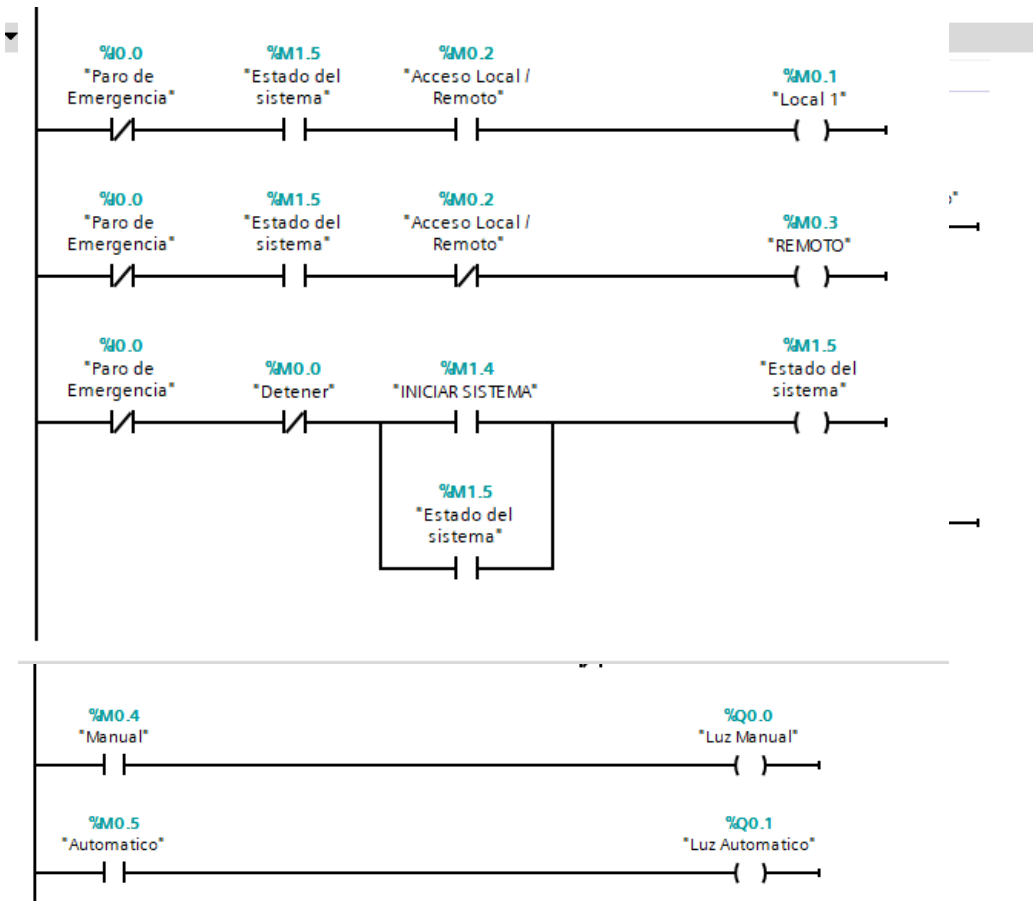


BLOQUE DE PROGRAMACIÓN (MAIN)

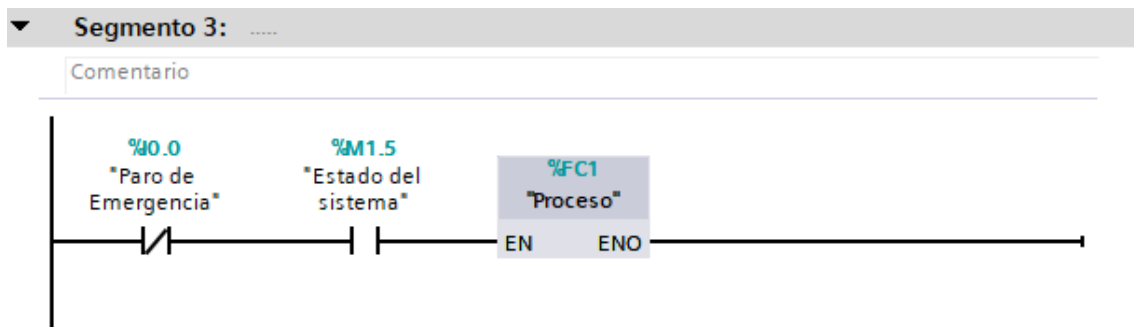
ANEXO3: SEGMENTO 1: CONFIGURACIÓN DE PUERTO PARA MODBUS.



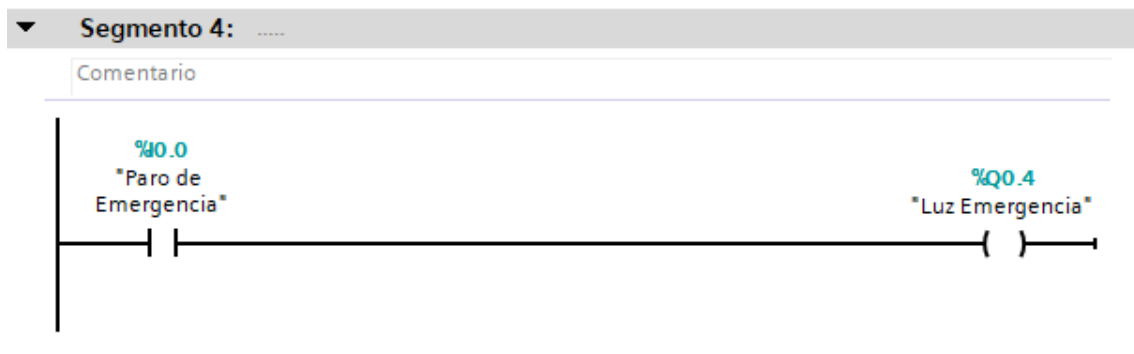
ANEXO4: SEGMENTO 2: ACTIVACIÓN DE LOCAL Y REMOTO, ACTIVACIÓN DE MANUAL Y AUTOMÁTICO E INICIO DEL SISTEMA.



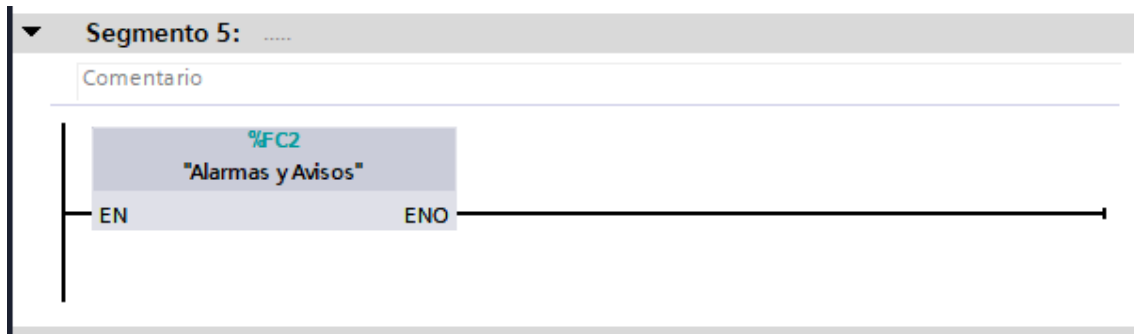
ANEXO5: SEGMENTO 3: BLOQUE DE FUNCIÓN CON EL PROCESO.



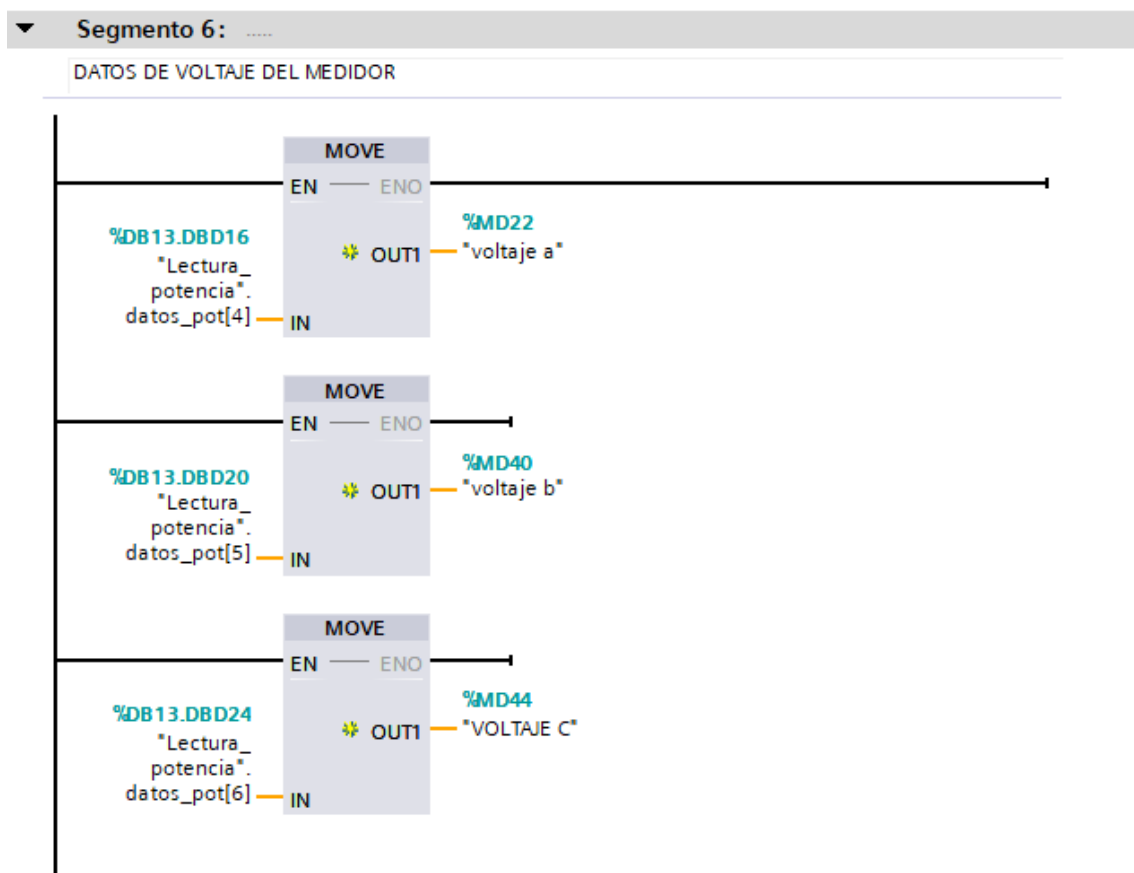
ANEXO6: SEGMENTO 4: ACTIVACIÓN DE LUZ INDICADORA DE PARO DE EMERGENCIA.



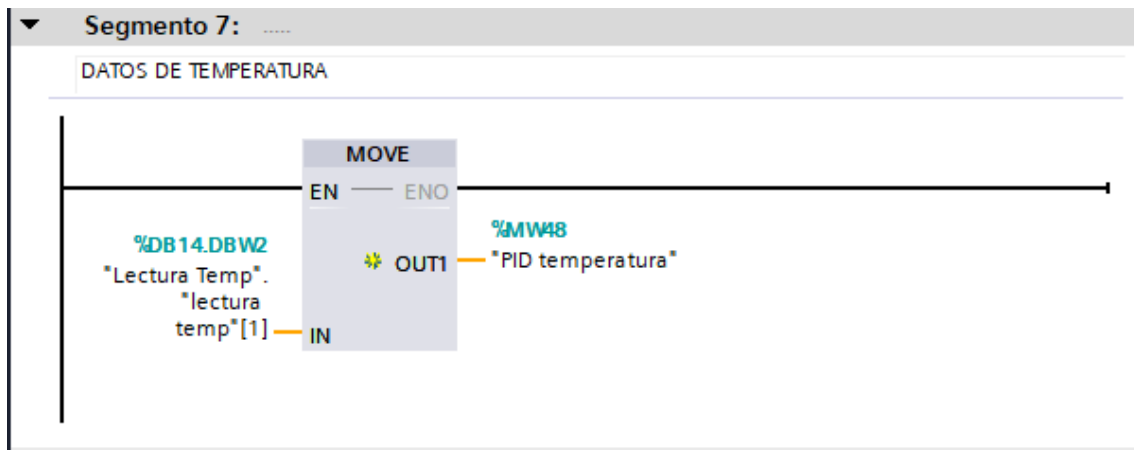
ANEXO7: SEGMENTO 5: BLOQUE DE ALARMAS Y AVISOS.



ANEXO8: SEGMENTO 6: DATOS DE VOLTAJE DE LÍNEA DEL MEDIDOR DELTA.

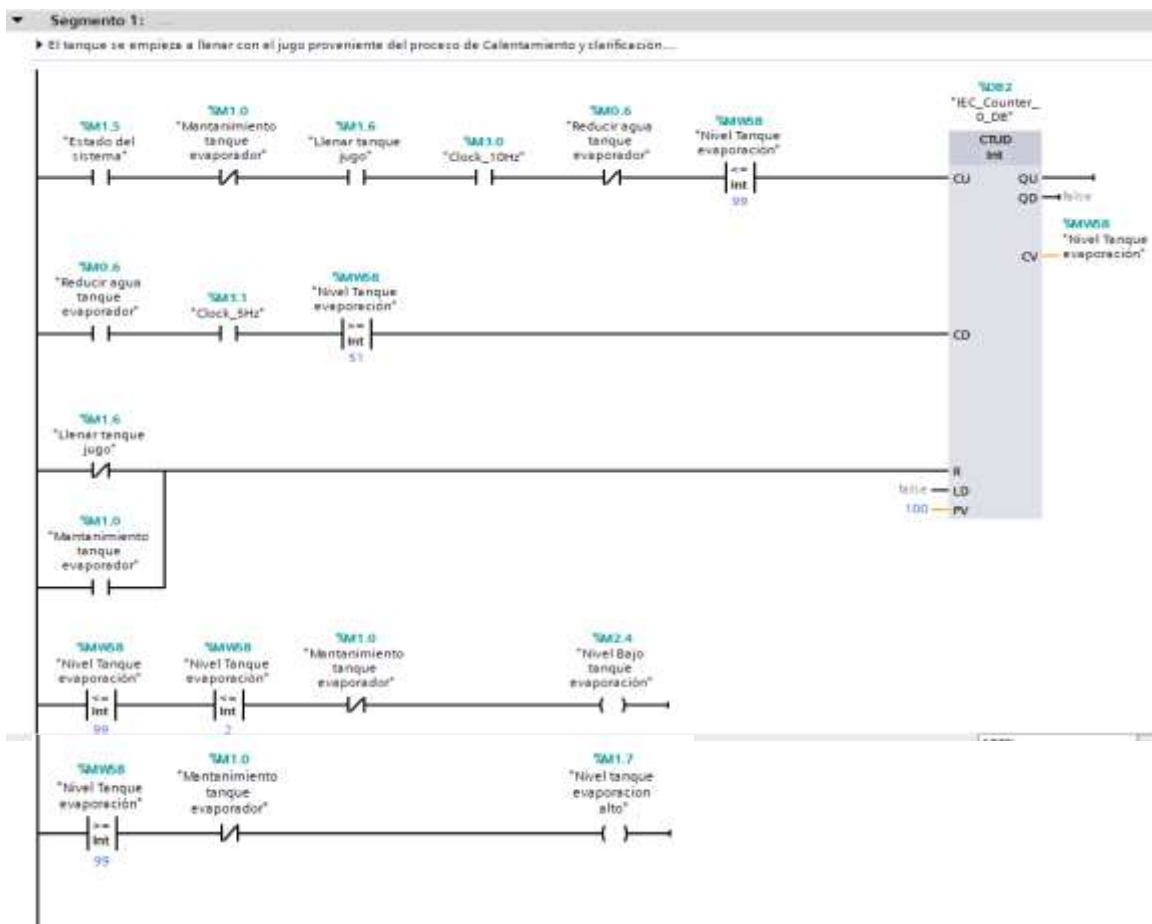


ANEXO9: SEGMENTO 7: DATOS DE PID DEL CONTROLADOR DTB4848.

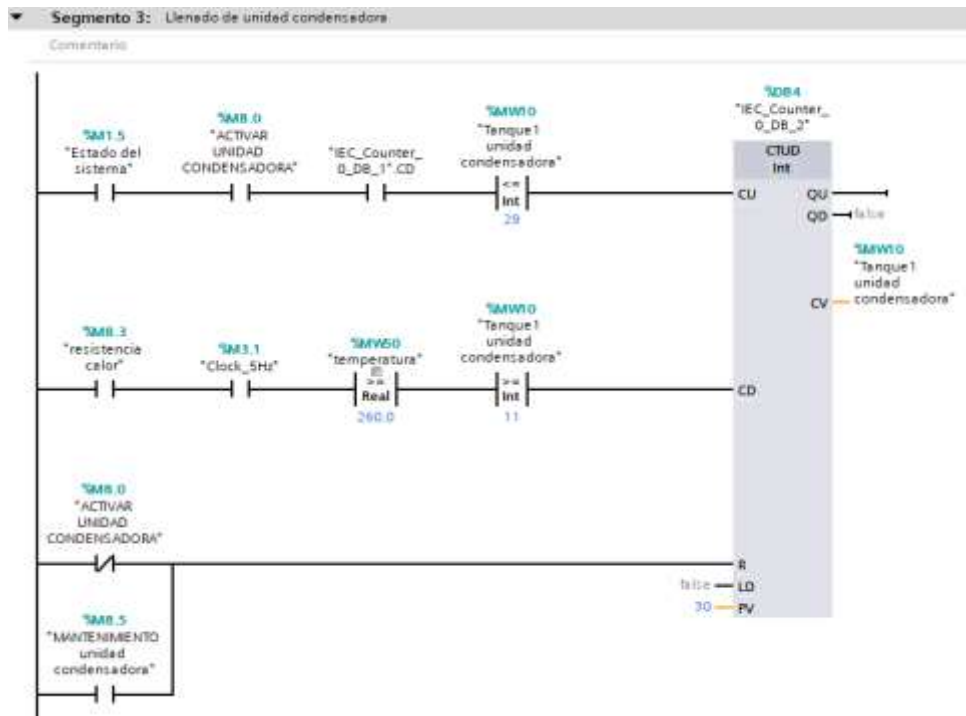


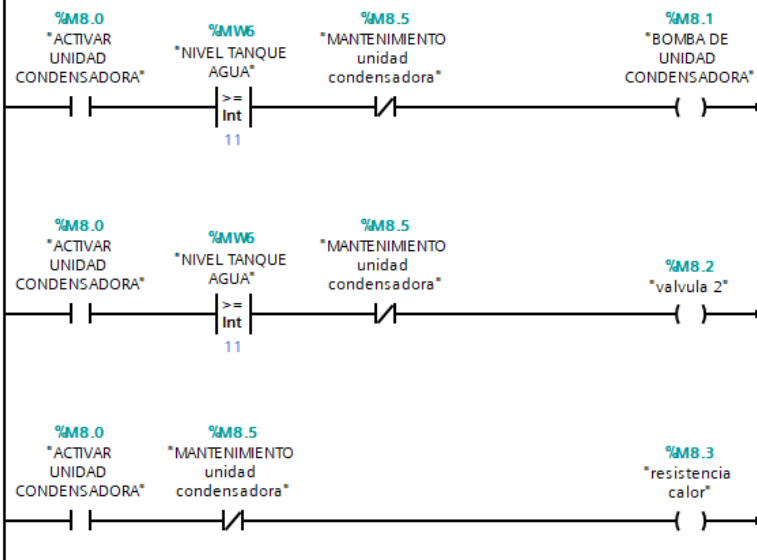
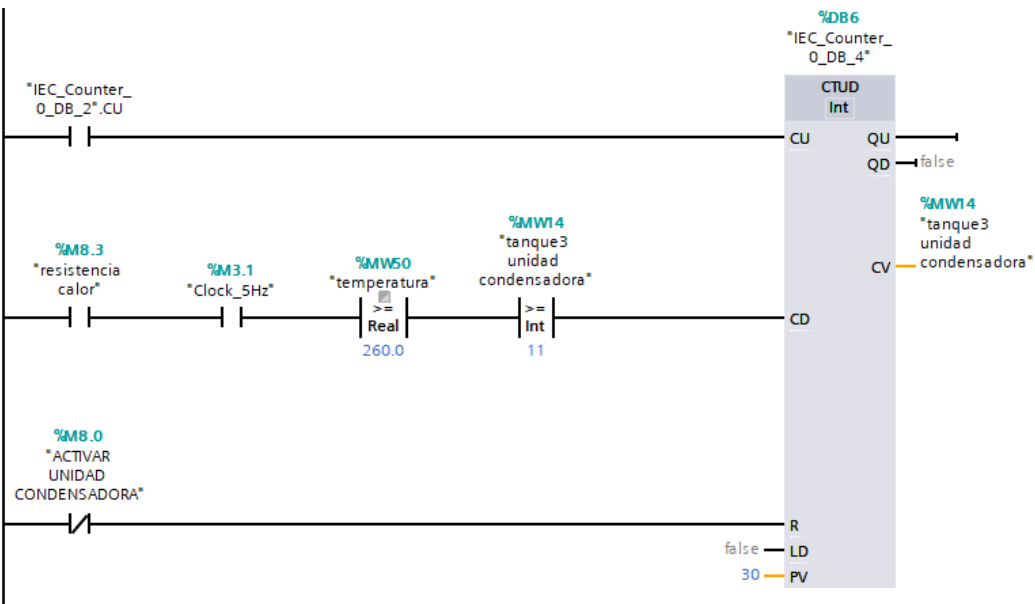
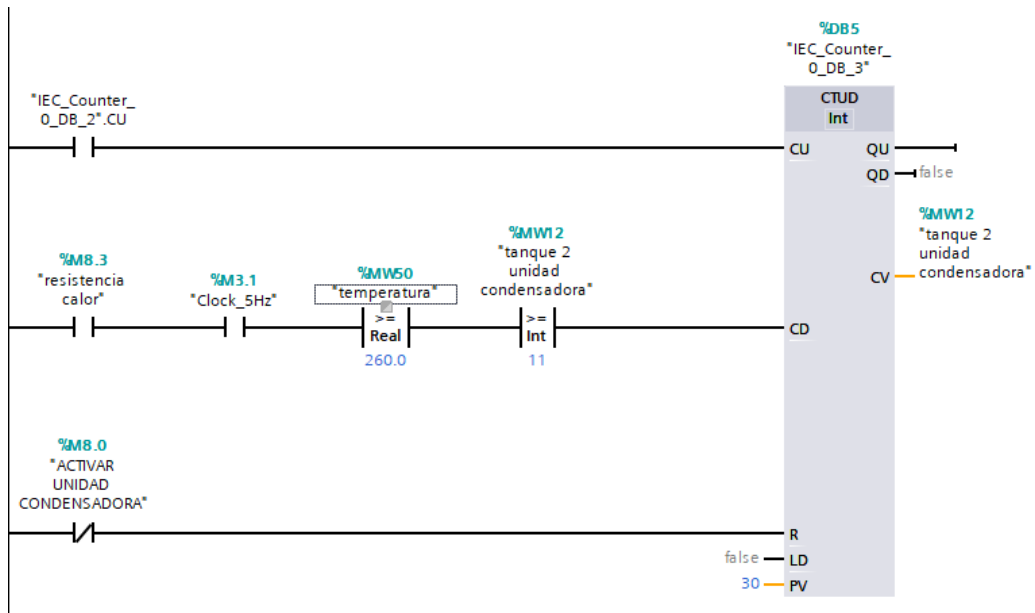
BLOQUE DE PROGRAMACIÓN (PROCESO)

ANEXO10: SEGMENTO 1: LLENADO DE TANQUE EVAPORADOR.

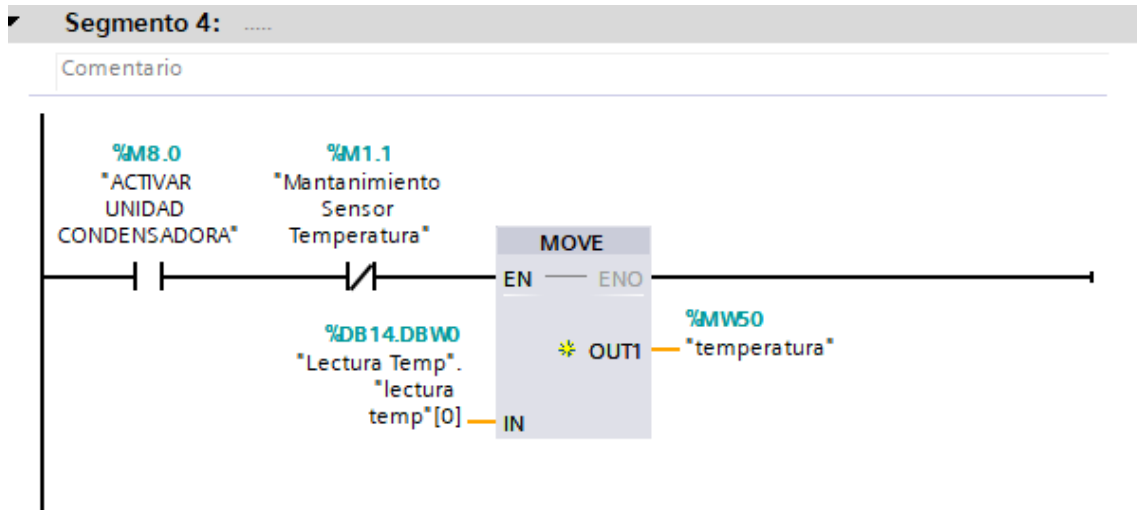


ANEXO12: SEGMENTO 3: ACTIVACIÓN DE UNIDAD CONDENSADORA

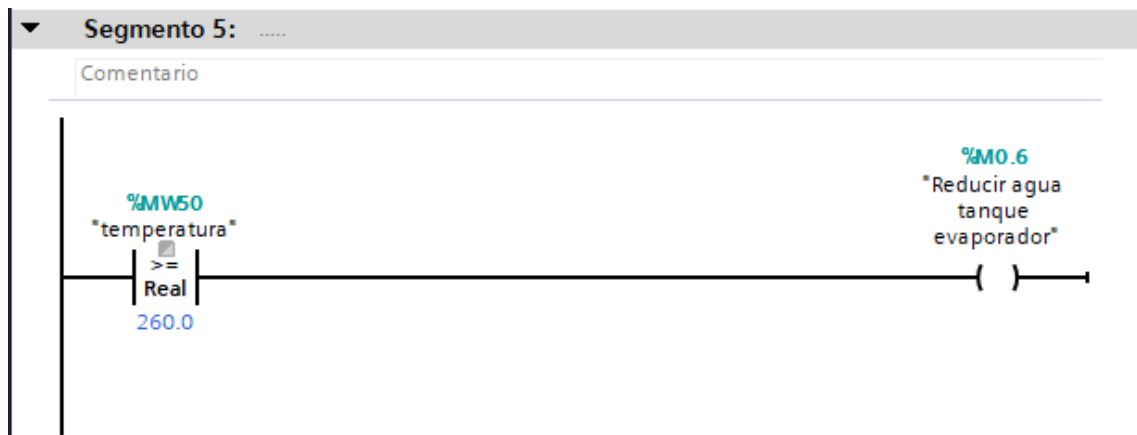




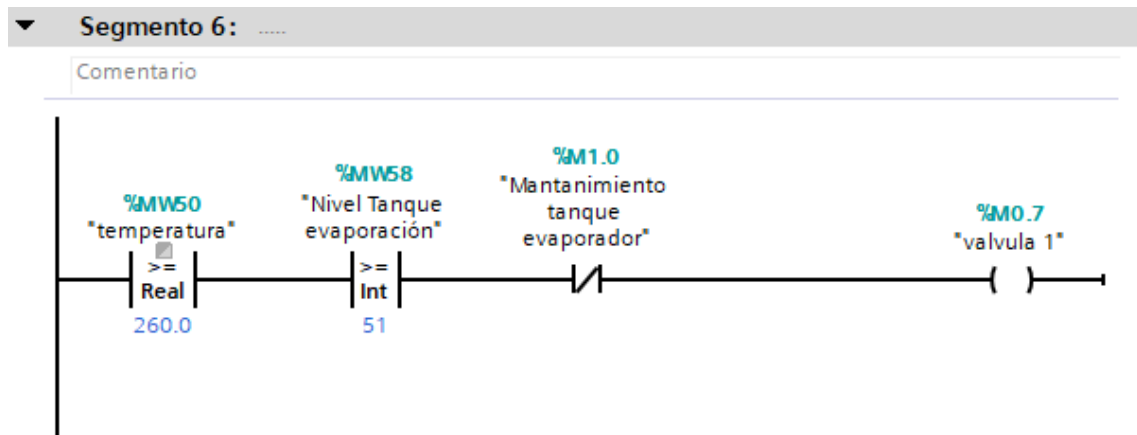
ANEXO13: SEGMENTO 4: DATOS DE TEMPERATURA CONTROLADOR DTB4848.



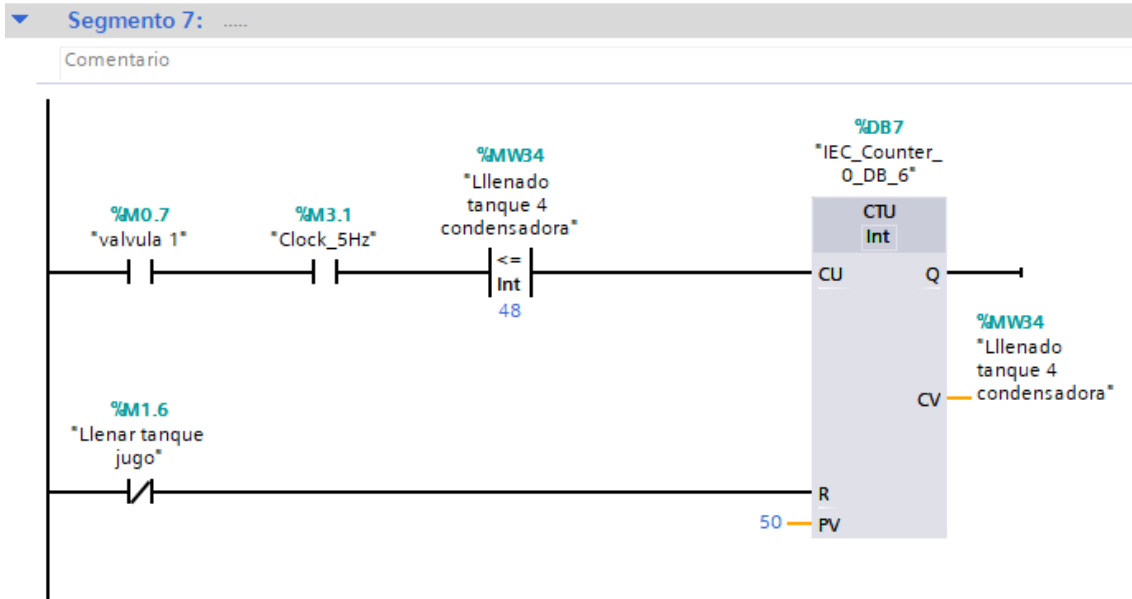
ANEXO14: SEGMENTO 5: REDUCCIÓN DE TANQUE EVAPORADOR



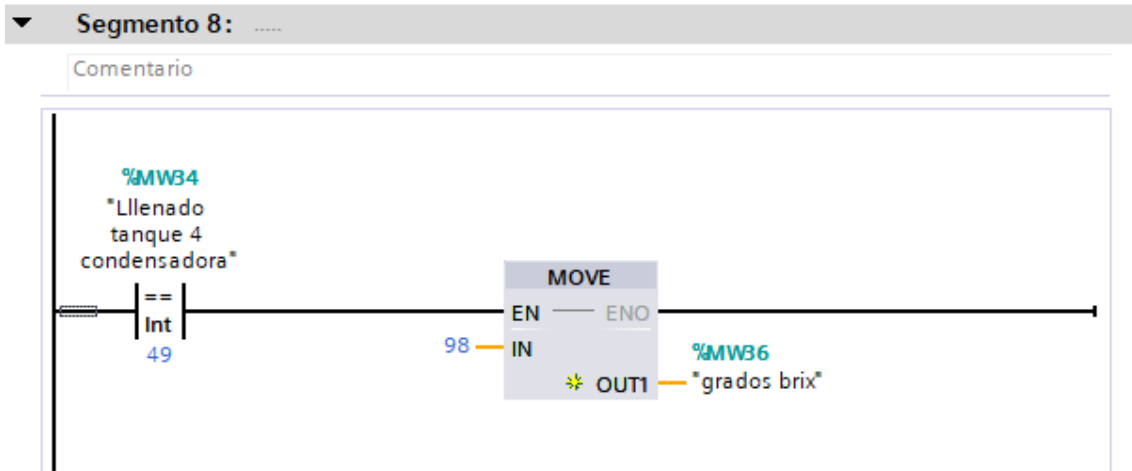
ANEXO15: SEGMENTO 6: ACTIVACIÓN VÁLVULA 1



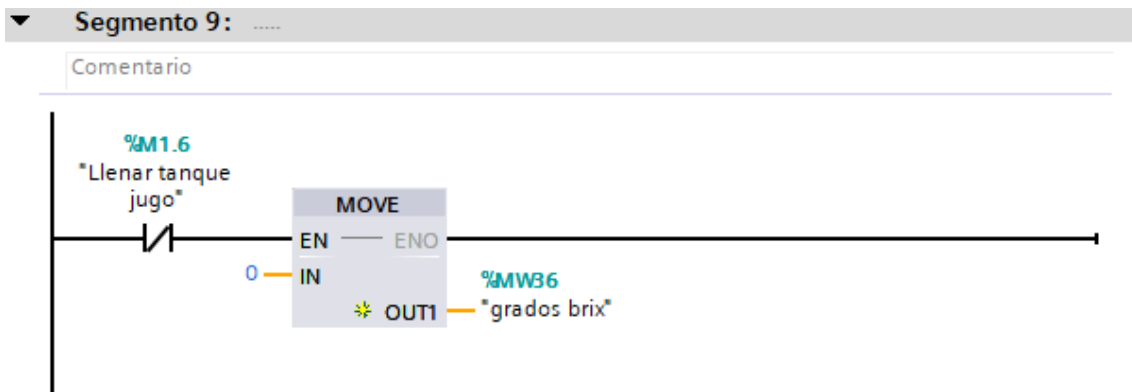
ANEXO16: SEGMENTO 7: LLENADO DEL CUARTO DEPÓSITO DE LA UNIDAD CONDENSADORA



ANEXO17: SEGMENTO 8: GRADOS BRIX



ANEXO 18: SEGMENTO 9: RESETEO GRADOS BRIX



ANEXO 19: SEGMENTO 10: APERTURA VÁLVULA 1



ANEXO 20: SEGMENTO 11: APERTURA VÁLVULA 2



ANEXO 21: TABLA DE VARIABLES DEL TIA PORTAL


Tabla de variables estándar								
	Nombre	Tipo de datos	Dirección	Rema...	Acces...	Escrib...	Visibl...	
1	Luz Manual	Bool	%Q0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
2	Luz Automatico	Bool	%Q0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
3	Manual	Bool	%M0.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
4	Automatico	Bool	%M0.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
5	Paro de Emergencia	Bool	%I0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
6	Selector Manual / Automatico	Bool	%M2.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
7	Refractómetro Analógico	Int	%IW66	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
8	Acceso Local / Remoto	Bool	%M0.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
9	Luz Emergencia	Bool	%Q0.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
10	Local 1	Bool	%M0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
11	REMOTO	Bool	%M0.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
12	Detener	Bool	%M0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
13	INICIAR SISTEMA	Bool	%M1.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
14	Estado del sistema	Bool	%M1.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
15	Llenar tanque jugo	Bool	%M1.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
16	Clock_Byte	Byte	%MB3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
17	Clock_10Hz	Bool	%M3.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
18	Clock_5Hz	Bool	%M3.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
19	Clock_2.5Hz	Bool	%M3.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
20	Clock_2Hz	Bool	%M3.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

	Nombre	Tipo de datos	Dirección	Rema...	Acces...	Escrib...	Visibl...
21	Clock_1.25Hz	Bool	%M3.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
22	Clock_1Hz	Bool	%M3.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
23	Clock_0.625Hz	Bool	%M3.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
24	Clock_0.5Hz	Bool	%M3.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
25	Nivel Tanque evaporación	Int	%MW58	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
26	Nivel tanque evaporacion alto	Bool	%M1.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
27	Nivel Bajo tanque evaporación	Bool	%M2.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
28	Llenar tanque de agua	Bool	%M2.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
29	NIVEL TANQUE AGUA	Int	%MW6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
30	Nivel Bajo tanque agua	Bool	%M2.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
31	nivel alto tanque agua	Bool	%M2.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
32	Tanque1 unidad condensadora	Int	%MW10	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
33	tanque 2 unidad condensadora	Int	%MW12	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
34	tanque3 unidad condensadora	Int	%MW14	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
35	ACTIVAR UNIDAD CONDENSAD...	Bool	%M8.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
36	BOMBA DE UNIDAD CONDENS...	Bool	%M8.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
37	valvula 2	Bool	%M8.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
38	resistencia calor	Bool	%M8.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
39	Mantenimiento tanque agua	Bool	%M8.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
40	MANTENIMIENTO unidad cond...	Bool	%M8.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
41	Escalado tempatura	Int	%MW16	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
42	normalizada temperatura	Real	%MD18	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
43	Temperatura MOSTRAR	Int	%MW38	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
44	Ingresar tiempo evaporacion	Time	%MD26	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
45	Mostrar Tiempo EVAPORACION	Time	%MD30	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
46	Reducir agua tanque evaporado	Bool	%M0.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
47	valvula 1	Bool	%M0.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
48	Llenado tanque 4 condensador	Int	%MW34	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
49	grados brix	Int	%MW36	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
50	System_Byte	Byte	%MB4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
51	FirstScan	Bool	%M4.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
52	DiagStatusUpdate	Bool	%M4.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
53	AlwaysTRUE	Bool	%M4.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
54	AlwaysFALSE	Bool	%M4.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
55	Mantanimiento tanque evapor...	Bool	%M1.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
56	Mantanimiento Sensor Temper...	Bool	%M1.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
57	voltaje a	Real	%MD22	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
58	voltaje b	Real	%MD40	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
59	VOLTAJE C	Real	%MD44	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
60	PID temperatura	Int	%MW48	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
61	temperatura	Int	%MW50	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
62	Escalado válvula 1	Int	%MW82	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
63	Normalizada valvula 1	LReal	%M60.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
64	Apertura válvula 1	Int	%MW56	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
65	Escalado Valvula 2	Int	%MW52	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
66	normalizado valvula 2	LReal	%M72.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
67	Apertura valvula 2	Int	%MW80	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

TABLA DE VARIABLES

PLANTA	MODULOS	DIRECCION	ENTRADAS	DESCRIPCION	SALIDA	DIRECCION	DESCRIPCION
EVAPORADOR 220 V AC	M1	I0.0	ST	START SISTEMA	MOTOR 1	Q0.0	MOTOR DE EVAPORADOR
		I0.1	SP	STOP SISTEMA	MOTOR 2	Q0.1	MOTOR TANQUE DE AGUA
		I0.2	PE	PARO DE EMERGENCIA	MOTOR 3	Q0.2	MOTOR UNIDAD CONDENSADORA
		I0.3	M1	MARCHA MOTOR 1			
		I0.4	M2	MARCHA MOTOR 2			
		I0.5	M3	MARCHA MOTOR 3			
		I0.6	P1	PARO MOTOR 1			
	I0.7	P2	PARO MOTOR 2				
	M2	I1.0	P3	PARO MOTOR 3			
		I1.1	OL1	GUARDAMOTOR 1			
		I1.2	OL2	GUARDAMOTOR 2			
		I1.3	OL3	GUARDAMOTOR 3			
	MANUAL	F	M1	MARCHA MOTOR 1	LUZ PILOTO VERDE MOTOR 1	F	LUZ PILOTO VERDE MOTOR 1
		F	M2	MARCHA MOTOR 2	LUZ PILOTO VERDE MOTOR 2	F	LUZ PILOTO VERDE MOTOR 2
		F	M3	MARCHA MOTOR 3	LUZ PILOTO VERDE MOTOR 3	F	LUZ PILOTO VERDE MOTOR 3
		F	P1	PARO MOTOR 1	LUZ PILOTO ROJO MOTOR 1	F	LUZ PILOTO ROJO MOTOR 1
		F	P2	PARO MOTOR 2	LUZ PILOTO ROJO MOTOR 2	F	LUZ PILOTO ROJO MOTOR 2
		F	P3	PARO MOTOR 3	LUZ PILOTO ROJO MOTOR 3	F	LUZ PILOTO ROJO MOTOR 3
					LUZ PILOTO AMARILLO MOTOR 1	F	LUZ PILOTO AMARILLO MOTOR 1
					LUZ PILOTO AMARILLO MOTOR 2	F	LUZ PILOTO AMARILLO MOTOR 2
					LUZ PILOTO AMARILLO MOTOR 3	F	LUZ PILOTO AMARILLO MOTOR 3
					K1		CONTACTOR 1
					K2		CONTACTOR 2
				K3		CONTACTOR 3	

CERTIFICADO DE ANÁLISIS




CERTIFICADO DE ANÁLISIS
magister


TESINA ERICK ORRALA

4%

Textos sospechosos



4% Similitudes
= 1% similitudes entre cornijas
= 1% entre las fuentes mencionadas




0% Idiomas no reconocidos

Nombre del documento: TESINA ERICK ORRALA.pdf
ID del documento: cbd99bb8dc150a6ac227ff597adbf0b956e333
Tamaño del documento original: 1,46 MB











Depositante: CARLOS ALBERTO SALDAÑA ENDERICA
Fecha de depósito: 18/6/2024
Tipo de carga: interface
Fecha de fin de análisis: 18/6/2024

Número de palabras: 11.747
Número de caracteres: 90.246




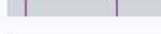

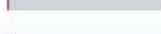




Ubicación de las similitudes en el documento:



Fuentes principales detectadas






Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	 <p>TESINA JAIROLA STEFFEN.pdf TESINA JAIROLA STEFFEN <small>#76116</small> El documento proviene de mi biblioteca de referencias 4 fuentes similares</p>	1%		Palabras idénticas: 1% (157 palabras)
2	 <p>TESINA CARLOS SUÁREZ.pdf TESINA CARLOS SUÁREZ <small>#76662</small> El documento proviene de mi biblioteca de referencias 4 fuentes similares</p>	1%		Palabras idénticas: 1% (141 palabras)
3	 <p>repositorio.upse.edu.ec https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/W00010625/1/UPSE-TEA-2024-0005.pdf</p>	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (116 palabras)
4	 <p>repositorio.upse.edu.ec https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/W00010628/1/UPSE-TEA-2024-0003.pdf</p>	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (102 palabras)
5	 <p>repositorio.upse.edu.ec https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/W0004056/1/UPSE-101-2017-0007.pdf</p>	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (107 palabras)

Fuentes con similitudes fortuitas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	 <p>repositorio.utmachala.edu.ec https://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/18633/1/E...</p>	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (11 palabras)
2	 <p>www.scielo.org.co Análisis experimental de la evaporación del jugo de caña de a... http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=408122-67062013000200002</p>	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (20 palabras)
3	 <p>Documento de otro usuario <small>#602071</small> El documento proviene de otro grupo</p>	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (11 palabras)
4	 <p>repositorio.upse.edu.ec https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/W0004201/6/UPSE-10-2017-076.pdf.ec</p>	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (12 palabras)
5	 <p>Documento de otro usuario <small>#766626</small> El documento proviene de otro grupo</p>	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (10 palabras)

Fuentes mencionadas (sin similitudes detectadas)

Estas fuentes han sido citadas en el documento sin encontrar similitudes.

- 1  <https://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/18633/1/E>
- 2  <https://view.officeapps.live.com/ovp/view.aspx?src=http://www.dspspace.esp>
- 3  <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/13827/E-UTB-FACIAG>
- 4  http://www.stab.org.br/fatin_azucar_2020/cincae_jaul_2021.pdf
- 5  <https://www.autodesk.com/fatam/solutions/electrical-design>