



**ACTUALIZACIÓN TECNOLÓGICA Y PUESTA EN
SERVICIO DEL BANCO DE ENTRENAMIENTO DEL PLC
SIEMENS S7-200 DEL LABORATORIO DE
AUTOMATIZACIÓN DE LA UNIVERSIDAD ANTONIO
NARIÑO EN CARTAGENA**

**Álvaro Junior Benítez Díaz
Roberto Carlos Hernández Genes**

Universidad Antonio Nariño
Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica
Cartagena, Colombia
2023

**ACTUALIZACIÓN TECNOLÓGICA Y PUESTA EN
SERVICIO DEL BANCO DE ENTRENAMIENTO DEL PLC
SIEMENS S7-200 DEL LABORATORIO DE
AUTOMATIZACIÓN DE LA UNIVERSIDAD ANTONIO
NARIÑO EN CARTAGENA**

**Álvaro Junior Benítez Díaz
Roberto Carlos Hernández Genes**

Proyecto de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:

Ingeniero Electrónico

Director (a):

Ing. Bashir Yacub Bermúdez

Línea de Investigación:

Automatización y control

Universidad Antonio Nariño

Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica

Cartagena, Colombia

2023

(Dedicatoria o lema)

Dedico este trabajo a Dios, a mi perseverancia, mi compromiso y mi entrega en cumplir mis metas.

A mis padres, mis hermanas Valeria Benitez y Dilia Benitez, a mi compañero de trabajo de grado Quienes con su apoyo incondicional hicieron de este largo y complejo camino. ligero de andar.

Alvaro Benitez D

Dedico este trabajo principalmente a DIOS, a mis padres Pedro Hernández y Tenida Genes, mi esposa e hijas y hermanos ya que son el pilar principal para seguir avanzando en mis proyectos de mi vida para así poder ser mejor persona y profesional.

A mis abuelos que desde el cielo son esa Luz que me dan la fuerza para seguir y no desistir a pesar de los obstáculos.

A mi compañero de trabajo de grado, al cuerpo de profesores que son los culpables de poder sacar este proyecto de vida adelante y a la UAN sede Cartagena.

Roberto Carlos Hernández Genes.

Agradecimientos

Queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento por el apoyo brindado en la culminación de este proyecto de grado. En primer lugar, agradecemos a Dios por su constante guía y fortaleza que nos permitieron alcanzar esta meta.

Agradecemos a nuestros padres y madres por su inquebrantable apoyo, amor y comprensión a lo largo de esta travesía académica. Su dedicación y estímulo han sido fundamentales en nuestro desarrollo como estudiantes y personas.

Asimismo, nuestro más profundo agradecimiento a los profesores que con su sabiduría, orientación y dedicación, contribuyeron significativamente a nuestro aprendizaje y crecimiento profesional. Sus enseñanzas han sido un pilar en la construcción de nuestros conocimientos.

Por último, agradecemos a nuestros compañeros de carrera, quienes compartieron con nosotros desafíos, alegrías y aprendizajes. Su apoyo y colaboración fueron esenciales para superar obstáculos y enriquecer nuestra formación académica.

Gracias a cada uno de ustedes por ser parte fundamental en este importante logro.

Resumen

El propósito del presente proyecto fue la actualización y la puesta en servicio del banco de entrenamiento del PLC Siemens S7-200 del Laboratorio de Automatización y control de la Universidad Antonio Nariño de Cartagena. Para lograr este objetivo, se propuso una metodología que incluyó la recopilación de información sobre las condiciones actuales del banco de entrenamiento, el diseño del sistema de control automático integral, la implementación del sistema y la evaluación del proyecto. Los principales resultados del proyecto incluyeron la actualización del banco de entrenamiento del PLC Siemens S7-200, la implementación de un sistema de control automático integral que considera las variables de entrada, salida, procesos y una interfaz de usuario amigable, y la evaluación rigurosa del proyecto para determinar su éxito. Además, se identificaron limitaciones en cuanto a los recursos disponibles y el tiempo asignado para la investigación, lo que sugiere la necesidad de tener en cuenta estas limitaciones al planificar futuros proyectos. En cuanto a las conclusiones, se determinó que la actualización del banco de entrenamiento del PLC Siemens S7-200 fue exitosa.

Palabras clave: PLC, interfaz, tecnología, control automático, actualización.

Abstract

The purpose of this project was the update and commissioning of the Siemens S7-200 PLC training bench of the Automation and Control Laboratory of the Antonio Nariño University of Cartagena. To achieve this objective, a methodology was proposed that included the collection of information on the current conditions of the training bench, the design of the comprehensive automatic control system, the implementation of the system and the evaluation of the project. The main results of the project included the update of the Siemens S7-200 PLC training bench, the implementation of a comprehensive automatic control system that considers input, output, process variables and a friendly user interface, and the rigorous evaluation of the project to determine its success. Additionally, limitations were identified in terms of available resources and time allocated for the research, suggesting the need to take these limitations into account when planning future projects. Regarding the conclusions, it was determined that the update of the Siemens S7-200 PLC training bench was successful.

Keywords: PLC, interface, technology, automatic control, updating..

Contenido

	Pág.
1. Descripción del problema	4
1.1. Planteamiento del problema	4
1.2. Justificación.....	6
2. Objetivos	7
2.1. Objetivo general	7
2.2. Objetivos específicos	7
3. Marco de referencia	8
3.1. Marco teórico	8
3.1.1. Automatización industrial	8
3.1.2. Sistema de control de lazo cerrado.....	8
3.1.3. Autómata programable o PLC.....	9
3.1.3.1. PLC Siemens S7-1200	10
3.1.3.2. Lenguaje de PLC.....	15
3.1.4. Interfaz hombre maquina (HMI)	16
3.1.4.1. Tipos de HMI	17
3.1.4.2. HMI Siemens TP700 Confort	18
3.1.5. Lenguaje Leader.....	20
3.2. Antecedentes	23
4. Procedimiento metodológico	32
4.1. Metodología	32
4.1.1. Fase 1	32
4.1.2. Fase 2	32
5. Desarrollo del Proyecto de Ingeniería	34
5.1. Requerimientos y Evaluación de Condiciones Actuales del Banco del PLC S7-200	34
5.2. Diseño del Sistema de Control Automático	39
5.3. Diseño de la filosofía de control	43
5.4. Selección de Componentes	45
5.5. Implementación del Banco de PLC.....	48
5.5.1. Mantenimiento del Banco de PLC	48
5.5.2. Implementación del sensor de nivel	49
5.5.3. Programación del PLC S7-1200.....	50

5.6.	Implementación y Configuración de HMI	56
6.	Análisis de Resultados.....	62
7.	Conclusiones y recomendaciones	67
7.1.	Conclusiones	67
7.2.	Recomendaciones.....	68
8.	Bibliografía	69
9.	Anexos	72

Lista de figuras

	Pág.
Figura 3-1. Controlador PLC Siemens S7-1200	11
Figura 3-2. Esquema de PLC S7-1200.....	12
Figura 3-3. Pantalla HMI Siemens TP700 Confort.....	18
Figura 3-4. Vista frontal y lateral del Siemens TP700 Confort	18
Figura 3-5. Vista posterior	19
Figura 3-6. Ubicación de las interfaces.....	19
Figura 3-7. Esquema de elementos del panel didáctico	27
Figura 3-8. Puesta en marcha del Panel didáctico y el proceso de automatización	28
Figura 3-9. Diagrama de funcionamiento de la plataforma Web.....	30
Figura 5- 1. Diagrama P&ID del banco del PLC S7-200	35
Figura 5- 2. Estado inicial del banco de entrenamiento	36
Figura 5- 3. Equipos eléctricos en mal estado.....	36
Figura 5- 4. Bomba centrífuga en mal estado	37
Figura 5- 5. Daños del tanque debido a la corrosión.....	38
Figura 5- 6. Diagrama de bloques TK1.....	40
Figura 5- 7. diagrama de bloque TK2.....	41
Figura 5- 8. Diagrama de bloques resistencia eléctrica.....	41

Figura 5- 9. Diagrama P&DI actualizado	42
Figura 5- 10. Reparaciones y sustituciones de piezas	48
Figura 5- 11. Diagrama unifilar de conexión del PLC.....	53
Figura 5- 12. Diagrama de conexión del PLC S7-1200.....	54
Figura 5- 13. Pantalla de tendencia.....	56
Figura 5- 14. Diseño de visualización de sistema de control en WinCC.....	57
Figura 5- 15. Pruebas del sistema implementado.....	58
Figura 5- 16. Estructura del banco de entrenamiento actualizado	60
Figura 6- 1. Pruebas de funcionamiento del banco de entrenamiento (Encendido).....	63
Figura 6- 2. Pruebas de funcionamiento del banco de entrenamiento (resistencia encendida calentando el agua).....	64
Figura 6- 3. Pruebas de funcionamiento del banco de entrenamiento (Apagado)	65

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 3-1. Descripción de componentes de un PLC	9
Tabla 3-2. Ventajas y desventajas de los PLC	10
Tabla 3-3. Módulos de S7-1200.....	13
Tabla 3-4. Características de lenguaje ladder.....	20
Tabla 3-5. Elementos básicos en Ladder.....	21
Tabla 5-1. Fallos y averías encontrados en banco de entrenamiento del PLC Siemens S7-200.....	38
Tabla 5-2. Presupuesto de equipos PLC y HMI.....	46
Tabla 5-3. Presupuesto de equipos de presión	47
Tabla 5-4. Presupuesto de equipos de temperatura	48
Tabla 5-5. Selección del sensor de nivel	50
Tabla 6-1. Control de nivel	62
Tabla 6-2. Control de temperatura	63
Tabla 6-3. Condiciones de seguridad	65

Introducción

La automatización y el control de procesos son elementos cruciales en la industria contemporánea, y su dominio se revela como imperativo para las perspectivas de los futuros ingenieros. La instrucción práctica en este ámbito desempeña una función esencial en el proceso educativo, permitiendo a los alumnos poner en práctica los conocimientos teóricos en entornos del mundo real, lo que a su vez fomenta el desarrollo de habilidades prácticas, el pensamiento crítico y la resolución de dilemas. El Laboratorio de Automatización de la Universidad Antonio Nariño, sede Cartagena, desempeña un papel crucial en este proceso de formación, proporcionando un entorno donde los estudiantes pueden adquirir habilidades prácticas relacionadas con la automatización y el control de procesos.

Ante la creciente necesidad de contar con ingenieros altamente competentes en el ámbito de la automatización, el Programa de Ingeniería Electrónica de la UAN ha incorporado una nueva área de enseñanza conocida como "Automatización Programable para la Industria 4.0". Este componente curricular está en sintonía con la iniciativa CDIO (Concebir, Diseñar, Implementar y Operar) y tiene como objetivo preparar a los estudiantes para hacer frente a los desafíos tecnológicos presentes y futuros que plantea la Industria 4.0.

Sin embargo, para que este espacio educativo cumpla con sus objetivos de formación de calidad, es crucial contar con herramientas tecnológicas actualizadas. El banco de entrenamiento del PLC Siemens S7-200, que ha sido una piedra angular en la enseñanza de la automatización, se ha vuelto obsoleto debido a fallos en sus componentes y a la falta de una interfaz moderna de visualización de datos. Este proyecto de investigación tuvo como objetivo realizar la actualización tecnológica de dicho banco de entrenamiento para permitir prácticas en el área de automatización y control de procesos, alineadas con los requerimientos de la industria. A través de la identificación de las condiciones actuales, el diseño de un sistema de control automático, la implementación de

instrumentación avanzada y la evaluación rigurosa del banco, buscamos mejorar significativamente la calidad de la formación de nuestros estudiantes.

El presente documento se encuentra conformado por 7 capítulos. El capítulo 1 contiene la descripción del problema y la justificación de la realización del proyecto. En el capítulo 2 se describen el objetivo general del proyecto y los respectivos objetivos específicos.

El capítulo 3 contiene el marco referencial. Se describen las teorías requeridas que dan soporte teórico a la solución del problema. El capítulo 4 describe la metodología empleada, iniciando con una revisión de la literatura relacionada con la actualización tecnológica de equipos de laboratorio, el diseño de sistemas de control automático y las mejores prácticas en la formación de ingenieros en automatización. Además, se llevaron a cabo actividades de evaluación de hardware y software, así como pruebas prácticas para verificar el funcionamiento del banco de entrenamiento actualizado.

El capítulo 5 describe todo el proceso de desarrollo del proyecto de ingeniería, partiendo del análisis de requerimientos técnicos y funcionales, el diagnóstico de los componentes del banco de PLC, el diseño de la filosofía de control, la selección de componentes, la instalación e implementación de los sistemas del banco. También se diseñó el software y la configuración del controlador. El capítulo 6 describe el análisis de los resultados obtenidos. Y finalmente, el capítulo 7 contiene las conclusiones y recomendaciones del proyecto ejecutado.

1. Descripción del problema

1.1. Planteamiento del problema

En el campo industrial, las tecnologías se han convertido en un recurso esencial para el progreso de la industria y la sociedad, debido a que, desempeñan un papel importante al posibilitar la automatización de tareas, fomentar la innovación con la creación de soluciones de vanguardia, facilitando un acceso más amplio y rápido a la información (López y Tamayo, 2012). En la Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica de la Universidad Antonio Nariño (UAN), a la cual se encuentra adscrito el programa de Ingeniería Electrónica a adoptado para su currículo la iniciativa CDIO (Concebir, Diseñar, implementar y Operar); esta nace en respuesta a las críticas entregadas por el sector productivo a los sistemas tradicionales de educación en ingeniería por enfatizar en la enseñanza de teoría incluyendo las matemáticas, la física y los aspectos técnicos de las disciplinas, sin priorizar lo suficiente la fundamentación para la práctica de la ingeniería, la cual es vital para el desarrollo de habilidades como el diseño, el trabajo en equipo y la buena comunicación oral y escrita. De esta manera, la iniciativa CDIO busca reducir la brecha entre la teoría y la práctica. En consecuencia, la institución educativa debe enfocarse en preparar estudiantes con la capacidad de generar y desarrollar los conocimientos que permitan fomentar el crecimiento industrial.

El uso de herramientas industriales y el desarrollo de actividades prácticas en laboratorios, fortalece y favorece el crecimiento de los saberes, actitudes y habilidades de los estudiantes frente a problemáticas que se presentan cotidianamente (Morán Solano et al., 2018) e. Para cumplir con lo anteriormente dicho, se requiere contar con la implementación de tecnologías coherentes con los contenidos curriculares, como equipos y bancos de entrenamiento especializados (Arrieta y González, 2003). Tal es el caso del banco de entrenamiento para PLC siemens S7-200 con el que cuenta el laboratorio de automatización de la UAN sede Cartagena.

Actualmente este banco de entrenamiento se encuentra fuera de servicio debido a la obsolescencia del controlador lógico y algunos sensores, y a fallos en otros instrumentos; al ser un banco desarrollado en el año 2009, su sistema de mando no cuenta con interfaz de visualización de datos, estando en desventajas en comparación con las tecnologías contemporáneas en donde el usuario imparte órdenes y visualiza el estado de la máquina por medio de una pantalla táctil y no mediante botones y luces pilotos.

Por estas razones se requiere poner en servicio el banco de entrenamiento para PLC Siemens S7-200, realizando una actualización tecnológica de sus componentes (controlador y sensor de presión), ejecutando trabajos de mantenimiento preventivo y correctivo a los sistemas y dispositivos electrónicos que lo conforman, implementando una interfaz de monitoreo y visualización de datos, incorporando una pantalla HMI e implementando una nueva estrategia de control.

De acuerdo con lo anterior, se plantea el siguiente interrogante:

¿Cómo realizar la actualización tecnológica del banco de entrenamiento del PLC Siemens S7-200 del Laboratorio de Automatización y puesta en servicio para el desarrollo de prácticas en automatización y control en el programa de Ingeniería Electrónica de la UAN Cartagena?

1.2. Justificación

En el ámbito académico, los laboratorios desempeñan un papel crucial en la formación de futuros ingenieros, ya que proporcionan un entorno donde los estudiantes pueden aplicar los conocimientos teóricos adquiridos en el aula a situaciones prácticas del mundo real. Estas experiencias prácticas no solo fomentan el desarrollo de competencias técnicas y experimentales, sino que también promueven la resolución de problemas, el pensamiento crítico y la creatividad (Miranda y Ruiz, 2023).

La actualización realizada al banco de PLC permitió reemplazar el PLC S7-200, el cual estaba limitado en cuanto al número de puertos E/S y el stock de repuestos se encuentran discontinuados. El nuevo controlador, PLC S7-1200 es más robustos, con mayor capacidad en puertos de E/S, tanto análogas y digitales. Así mismo, se actualizó el sensor de presión, se implementó un sistema de monitoreo de las variables del proceso mediante una HMI, que permita cambiar y monitorear parámetros del proceso. Además, se realizó un mantenimiento preventivo a la bomba de agua, contactores y el cableado para alargar la vida útil del sistema.

La culminación del proyecto de investigación estuvo enmarcada en la continua mejora del banco de entrenamiento para PLC Siemens S7-200 del Laboratorio de Automatización de la UAN, el cual se considera una pieza fundamental en el proceso de enseñanza-aprendizaje en el nuevo espacio de enseñanza "Autómatas Programables para la industria 4.0", diseñado para preparar a los estudiantes del Programa de Ingeniería Electrónica de la Universidad Antonio Nariño, sede Cartagena. Esta iniciativa aporta las herramientas y tecnologías de vanguardia que permitan a los estudiantes adquirir habilidades prácticas esenciales (Kuong et al., 2023). El banco actualizado está acondicionado para realizar experiencias prácticas de instrumentación, control y automatización, con lo cual se fortalecido el laboratorio de automatización de la institución, fortaleciendo la conexión entre la teoría y la práctica, y preparando a los futuros egresados para tener un impacto positivo en el sector industrial.

2. Objetivos

2.1. Objetivo general

Realizar la actualización tecnológica y la puesta en servicio del banco de entrenamiento del PLC Siemens S7-200 en el Laboratorio de Automatización de la Universidad Antonio Nariño en Cartagena, con el propósito de habilitar prácticas en el área de automatización y control del programa ingeniería electrónica de la UAN Cartagena.

2.2. Objetivos específicos

- Identificar las condiciones operativas y funcionales del banco de entrenamiento del PLC Siemens S7-200.
- Diseñar un sistema de control automático integral que considere las variables de entrada, salida, procesos y una interfaz de usuario amigable.
- Implementar el sistema de instrumentación, control y visualización de variables de manera precisa y efectiva.

3. Marco de referencia

3.1. Marco teórico

3.1.1. Automatización industrial

La automatización industrial constituye un componente esencial en los ámbitos de la ingeniería y la manufactura contemporánea, enfocándose en la optimización de los procedimientos de producción mediante la aplicación de tecnología. Su relevancia se encuentra en la mejora de la eficiencia, la calidad y la seguridad en los procesos productivos, así como en su capacidad para ajustarse de manera ágil a las exigencias del mercado. La automatización industrial posibilita la sustitución de labores manuales repetitivas y sujetas a errores por sistemas automatizados de control de maquinaria. Este enfoque no solo conlleva una reducción de los costos operativos y los tiempos de producción, sino que también aumenta la flexibilidad y la capacidad de adaptación a los cambios en la demanda y las especificaciones del producto. Los objetivos de la automatización son:

- Incrementar la productividad y flexibilizar las herramientas
- Producir con calidad constante
- Dedicar a los humanos a las tareas creativas

El enorme auge de la automatización industrial se debe a la llegada de los controladores programables (PLC), que reemplazaron los sistemas de control cableados basados en lógica, lo que dio como resultado una mayor productividad y herramientas y programación más flexibles.

3.1.2. Sistema de control de lazo cerrado

Los sistemas de control en lazo cerrado encuentran amplio uso en diversas industrias para regular y supervisar procesos automatizados. También conocidos como sistemas de control de retroalimentación, estos sistemas emplean una señal de retroalimentación para comparar el resultado deseado con el resultado actual y ajustar el proceso en consecuencia, permitiendo así una mayor precisión y estabilidad en comparación con los sistemas de lazo abierto. En este tipo de sistema, es posible incorporar un medidor y transmisor de temperatura que realimente la información al controlador, manteniendo la temperatura en el valor deseado, conocido como el Set-point, que puede ser modificado por el operario. Estos sistemas se clasifican como sistemas con retroalimentación o feedback (Ogata, 2010).

3.1.3. Autómata programable o PLC

Los controladores lógicos programables (PLC) son el corazón de la automatización industrial. Un PLC es un dispositivo electrónico programable diseñado para controlar procesos en tiempo real. Su función principal es ejecutar un conjunto de instrucciones lógicas que determinan el comportamiento de máquinas y sistemas en función de las condiciones ambientales y las entradas de los sensores (Antonsen, 2020). Los PLC se pueden utilizar para coordinar y monitorear una variedad de operaciones industriales, que incluyen: B. Control de motores, control de temperatura, gestión de procesos de producción y procesamiento de datos (Barreiro et al., 2015).

El PLC consta de varios componentes principales, incluyendo una unidad central de procesamiento (CPU), una memoria de programa, una memoria de datos, entradas y salidas digitales y analógicas, y una interfaz de usuario tal como se muestra en la Tabla 3-1.

Tabla 3-1. Descripción de componentes de un PLC

Componente	Descripción
Unidad central de procesamiento (CPU)	Es el cerebro del PLC y se encarga de procesar datos y ejecutar el programa de control.

Memoria de programa	Almacena el programa de control que se ejecuta en el PLC.
Memoria de datos	Almacena los datos del proceso que se están controlando.
Entradas digitales	Puntos de entrada que reciben señales digitales del proceso controlado.
Salidas digitales	Puntos de salida utilizados para enviar señales digitales al proceso controlado.
Entradas analógicas	Puntos de entrada para recibir señales analógicas del proceso controlado.
Salidas analógicas	Puntos de salida para enviar señales analógicas al proceso controlado.
Interfaz de usuario	Utilizada para programar y monitorear el PLC; puede ser una pantalla táctil, teclado y pantalla, o una computadora conectada al PLC.

Fuente: (Antonsen, 2020)

El PLC se programa utilizando un software especializado que permite al usuario crear y modificar programas de control para el proceso industrial que se está automatizando. El PLC es altamente confiable y puede funcionar en entornos hostiles, como temperaturas extremas, vibraciones y ambientes con polvo y humedad (Ogata, 2010). En la Tabla 3-2 se muestran las ventajas y desventajas de estos dispositivos tecnológicos.

Tabla 3-2. Ventajas y desventajas de los PLC

Ventajas	Desventajas
Rápido procesamiento de datos y control.	Costo inicial puede ser elevado.
Mayor durabilidad y confiabilidad.	Requiere personal especializado para programación.
Flexibilidad en la programación y cambios.	Limitaciones en el procesamiento de datos complejos.
Facilidad para la programación y mantenimiento.	No siempre es la mejor opción para aplicaciones de alto rendimiento.
Integración con sistemas de control industrial.	Requiere tiempo para la programación y configuración inicial.
Menor espacio físico necesario.	Limitado en términos de procesamiento de datos en tiempo real.
Capacidad para monitorear y controlar múltiples dispositivos.	Riesgo de obsolescencia tecnológica.

Fuente: (Antonsen, 2020)

3.1.3.1. PLC Siemens S7-1200

El controlador S7-1200 ofrece la flexibilidad y potencia necesarias para controlar una gran variedad de dispositivos para las distintas necesidades de automatización. Gracias a su diseño compacto, configuración flexible y amplio juego de instrucciones, el S7-1200 es idóneo para controlar una gran

variedad de aplicaciones (Lascano y Costales, 2017). La CPU incorpora un microprocesador, una fuente de alimentación integrada, circuitos de entrada y salida, PROFINET integrado, E/S de control de movimiento de alta velocidad y entradas analógicas incorporadas, todo ello en una carcasa compacta, conformando así un potente controlador (Siemens, 2014). Una vez cargado el programa en la CPU, esta contiene la lógica necesaria para vigilar y controlar los dispositivos de la aplicación. La CPU vigila las entradas y cambia el estado de las salidas según la lógica del programa de usuario, que puede incluir lógica booleana, instrucciones de conteo y temporización, funciones matemáticas complejas, así como comunicación con otros dispositivos inteligentes. La CPU incorpora un puerto PROFINET para la comunicación en una red PROFINET. Hay disponibles módulos adicionales para la comunicación en redes PROFIBUS, GPRS, RS485 o RS232. Desarrollado por Siemens, un proveedor líder de tecnología de automatización industrial, el S7-1200 (Ver **Figura 3-1**) forma parte de la familia de controladores Simatic y ofrece capacidades avanzadas de control y comunicación (Siemens, 2014). La relevancia de la industria es clara: las empresas pueden implementar sistemas de control de alto rendimiento para adaptarse a los desafíos de la Industria 4.0 y mejorar la eficiencia en una amplia gama de aplicaciones industriales.

Figura 3-1. Controlador PLC Siemens S7-1200

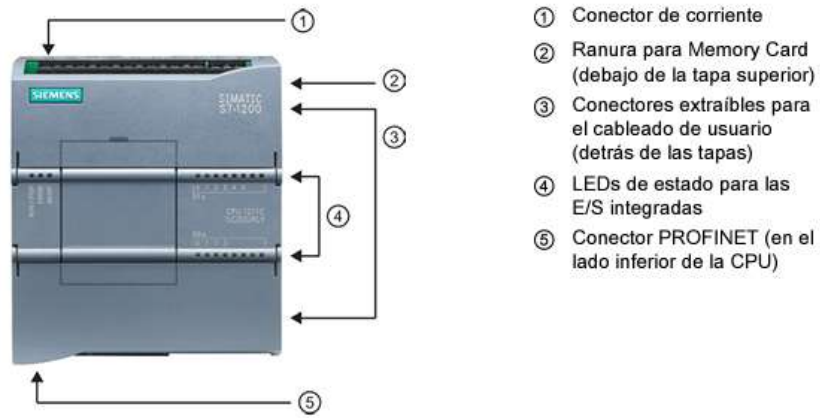


Fuente: (Siemens, 2014)

Este PLC de Siemens, al igual que otros equipos de la misma marca, destaca por su alta calidad y utilidad en procesos de automatización industrial (Arango, 2018). Dentro de sus características particulares:

- Ofrece una integración perfecta en el proceso de automatización al que se destina.
- Es compatible con módulos de expansión del controlador.
- Detecta y muestra errores de manera inmediata en forma de texto.
- No requiere programación adicional para su integración en el sistema.
- Cuenta con una protección segura de tipo know-how.
- Apto para diseños estándar.
- Fabricado para funcionar de manera confiable y sin fallos.
- Posee un peso ligero de 349 g.
- Las dimensiones del producto son 10,2 x 8,6 x 10,9 cm.
- Su entorno de desarrollo TIA (Totally Integrated Automation) facilita el acceso al sistema de manera integral y ofrece soluciones en la nube.
- Permite la conexión de hasta 8 módulos de señales.
- Admite la conexión de hasta tres módulos de comunicación.

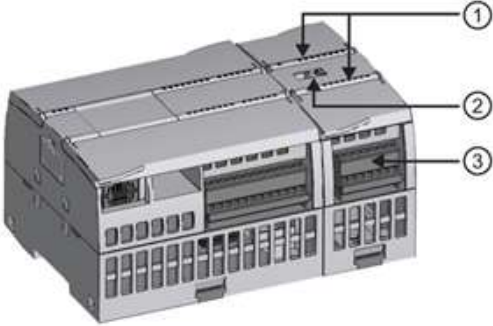
Figura 3-2. Esquema de PLC S7-1200




Fuente: (Siemens, 2014)

Tabla 3-3. Módulos de S7-1200.

Tipo de modulo	Descripción	
<p>La CPU soporta una placa de ampliación tipo plug-in:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Una Signal Board (SB) proporciona E/S adicionales a la CPU. La SB se conecta en la parte frontal de la CPU. • Una placa de comunicación (CB) permite agregar un puerto de comunicación adicional a la CPU. • Una placa de batería (BB) ofrece respaldo a largo plazo del reloj en tiempo real. 	<p>① LEDs de estado en la SB</p> <p>② Conector extraíble para el cableado de usuario</p>	<p>① LEDs de estado en la SB</p>
<p>Los módulos de señales (SM) agregan funciones</p>		<p>① LEDs de estado</p>

<p>a la CPU. Los SM se conectan en el lado derecho de la CPU.</p> <ul style="list-style-type: none"> • E/S digitales • E/S analógicas • RTD y termopar • Maestro SM 1278 IO-Link 		<p>② Lengüeta de desplazamiento del conector de bus</p> <p>③ Conector extraíble para el cableado de usuario</p>
--	--	---

Continuación de Tabla 3-3.

<p>Los módulos de comunicación (CM) y los procesadores de comunicaciones (CP) agregan opciones de comunicación a la CPU, p. ej. para la conectividad de PROFIBUS o RS232/RS485 (para PtP, Modbus o USS) o el maestro AS-i. Un CP ofrece funcionalidades para otros tipos de comunicación, como conectar la CPU a través de una red GPRS.</p> <ul style="list-style-type: none"> • La CPU soporta hasta 3 CMs o CPs • Cada CM o CP se conecta en el lado izquierdo de la CPU (o en el lado izquierdo 		<p>① LEDs de estado</p> <p>② Conector de comunicación</p>
---	--	---

de otro CM o CP)		
------------------	--	--

Fuente: (Siemens, 2014)

El PLC Siemens S7-1200 presenta escalabilidad, lo que permite a las empresas elegir la configuración adecuada según sus necesidades específicas. Además, sus avanzadas capacidades de comunicación lo convierten en un elemento clave para conectar sistemas dentro de la fábrica, facilitando la recopilación de datos y la toma de decisiones basadas en información en tiempo real. Siemens S7-1200 PLC desempeña un papel importante en la automatización industrial al impulsar la eficiencia operativa, la calidad y la competitividad en diversos sectores industriales (Siemens, 2014).

El avance tecnológico que se ha producido en la industria en los últimos años ha buscado el desarrollo de diversos dispositivos que permitan un control más eficiente de diversas máquinas industriales y así optimizar tiempos y recursos.

3.1.3.2. Lenguaje de PLC

En cuanto al lenguaje de los PLC, se trata de instrucciones forman sistemas de comunicación o un lenguaje informático comúnmente utilizado por los PLC. Los lenguajes de programación de los PLC se dividen en dos categorías principales: lenguajes de programación de contactos y lenguajes de programación de bloques. Los lenguajes de programación de contactos se basan en la lógica de contactos eléctricos y se utilizan para programar sistemas de control secuenciales, mientras que los lenguajes de programación de bloques se basan en la lógica de bloques de funciones y se utilizan para programar sistemas de control más complejos. Además, existen otros lenguajes de programación de PLC que se utilizan para programar sistemas de control más complejos. Cada fabricante de PLC tiene su propio conjunto de lenguajes de programación, aunque muchos de ellos

son similares en estructura y función. Dentro de los lenguajes de programación más utilizados según el fabricante se encuentran HTML, CSS y JavaScript(Andrango y Changoluisa, 2023).

3.1.4. Interfaz hombre maquina (HMI)

La interfaz hombre-máquina (HMI) es un componente clave en los sistemas de control y monitoreo de procesos industriales. Se trata de una herramienta que permite a los operadores interactuar con los sistemas de control y monitoreo de una manera intuitiva y eficiente. La HMI se encarga de presentar información relevante al operador, permitiéndole tomar decisiones informadas y realizar ajustes en el proceso de manera oportuna. La HMI ha evolucionado significativamente en las últimas décadas, pasando de ser una simple pantalla con botones y luces indicadoras a una herramienta sofisticada y altamente personalizable(Quezada et al., 2014).

En la actualidad, las HMI pueden incluir gráficos en tiempo real, alarmas, tendencias, informes y otras características avanzadas que permiten a los operadores monitorear y controlar los procesos de manera más efectiva. La HMI también juega un papel importante en la seguridad de los procesos industriales. Al proporcionar información clara y concisa al operador, la HMI puede ayudar a prevenir accidentes y minimizar los riesgos asociados con la operación de equipos y procesos industriales(Núñez, 2019).

Las características de una interfaz hombre-máquina (HMI) pueden variar dependiendo del tipo de sistema de control y monitoreo de procesos industriales en el que se utilice. Sin embargo, existen algunas características generales que son comunes en la mayoría de las HMI:

1. **Visualización de datos:** La HMI debe ser capaz de presentar información relevante al operador de manera clara y concisa. Esto puede incluir gráficos en tiempo real, alarmas, tendencias, informes y otras características avanzadas.
2. **Interacción con el usuario:** La HMI debe permitir al operador interactuar con el sistema de control y monitoreo de manera intuitiva y eficiente. Esto puede incluir botones, teclados, pantallas táctiles y otros dispositivos de entrada.

3. **Personalización:** La HMI debe ser altamente personalizable para adaptarse a las necesidades específicas del sistema de control y monitoreo. Esto puede incluir la capacidad de agregar o eliminar características, cambiar la apariencia y personalizar los informes.
4. **Seguridad:** La HMI debe ser segura y confiable para minimizar los riesgos asociados con la operación de equipos y procesos industriales. Esto puede incluir la capacidad de establecer niveles de acceso y controlar el acceso a la información.
5. **Compatibilidad:** La HMI debe ser compatible con los sistemas de control y monitoreo existentes para garantizar una integración sin problemas. Esto puede incluir la capacidad de comunicarse con diferentes tipos de controladores y dispositivos.

3.1.4.1. Tipos de HMI

Existen varios tipos de interfaz hombre-máquina (HMI) que se utilizan en los sistemas de control y monitoreo de procesos industriales (Nuñez, 2019). A continuación, se describen algunos de los tipos más comunes:

- 1) **Interfaz de manipulación directa:** Este tipo de interfaz permite a los usuarios manipular los objetos que se les presentan, con las acciones que correspondan con el mundo físico. Por ejemplo, una pantalla táctil que permite al operador tocar y arrastrar objetos en la pantalla.
- 2) **Interfaz gráfica de usuario (GUI):** Este tipo de interfaz utiliza elementos gráficos, como iconos, botones y menús, para permitir al operador interactuar con el sistema de control y monitoreo. Las GUI son muy comunes en los sistemas de control de procesos industriales.
- 3) **Interfaz de voz del usuario:** Este tipo de interfaz acepta la entrada y proporciona una salida mediante la generación de mensajes de voz. La entrada del usuario se realiza pulsando las teclas o botones, o respondiendo verbalmente a la interfaz.
- 4) **Interfaz basada en texto:** Este tipo de interfaz utiliza texto para presentar información al operador y permitirle interactuar con el sistema de control y monitoreo. Las interfaces basadas en texto son menos comunes en los sistemas de control de procesos industriales, pero todavía se utilizan en algunos casos.

3.1.4.2. HMI Siemens TP700 Confort

Los paneles SIMATIC Comfort Outdoor con pantalla táctil de cristal y frontal de aluminio **Figura 3-3** con recubrimiento de polvo y resistencia a los rayos ultravioletas están concebidos para el uso tanto en interiores como en exteriores, p. ej. en los sectores marítimo, de petróleo y gas y de técnica de refrigeración. Todos los dispositivos disponen de las mismas funciones y se configuran exclusivamente con el innovador software HMI WinCC. El software de ingeniería está integrado en el Engineering Framework "Totally Integrated Automation Portal" (Siemens, 2023).

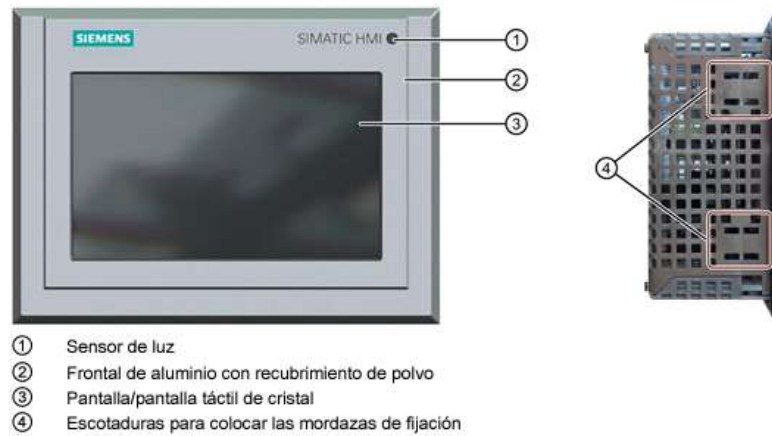
Figura 3-3. Pantalla HMI Siemens TP700 Confort



Fuente: (Siemens, 2016)

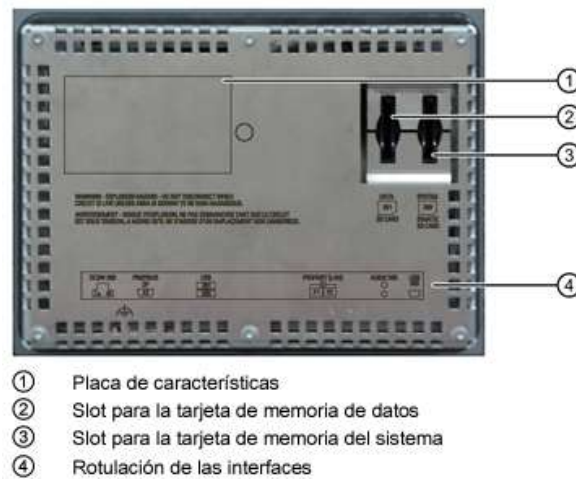
Se requiere el software WinCC V13 SP1 (TIA Portal) Update 6 con Hardware Support Package "HSP0149 HMI TP700_1500 Comfort Outdoor" o versiones superiores. Encontrará el software en las páginas del Technical Support en Internet. En la **Figura 3-4**, **Figura 3-5** y **Figura 3-6** se observan las especificaciones técnicas de la pantalla HMI.

Figura 3-4. Vista frontal y lateral del Siemens TP700 Confort



Fuente: (Siemens, 2016)

Figura 3-5. Vista posterior



Fuente: (Siemens, 2016)

Figura 3-6. Ubicación de las interfaces



Fuente: (Siemens, 2016)

3.1.5. Lenguaje Leader

El Lenguaje Ladder LD (escalera o de contactos) es un lenguaje de programación gráfico que se utiliza en la programación de controladores lógicos programables (PLC). Este lenguaje se basa en la representación gráfica de los circuitos eléctricos, utilizando símbolos que representan contactos, bobinas, temporizadores, contadores, entre otros elementos (Fonseca Velasquez et al., 2023).

La representación gráfica de los circuitos eléctricos en el Lenguaje Ladder LD permite a los programadores de PLC's diseñar y programar sistemas de control de manera más intuitiva y visual. Además, este lenguaje es muy utilizado en la industria debido a que muchos de los sistemas de control que se utilizan en la automatización de procesos industriales están basados en circuitos eléctricos (Fonseca Velasquez et al., 2023). La Tabla 3-4 representa las principales características del lenguaje Ladder o lenguaje escalera.

Tabla 3-4. Características de lenguaje ladder

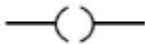


Característica	Descripción
----------------	-------------



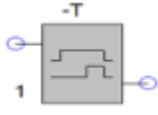
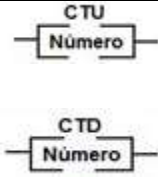
Símbolos Gráficos	Utiliza símbolos gráficos (relés, contactos, bobinas) dispuestos en forma de escalera.
Diagrama de Contactos	Representa condiciones lógicas mediante un diagrama de contactos, con contactos abiertos o cerrados.
Ejecución Secuencial	Los programas se ejecutan de manera secuencial, de arriba a abajo, reflejando la naturaleza secuencial del control.
Funciones Lógicas y Temporales	Permite la implementación de funciones lógicas (AND, OR, NOT) y funciones temporales (temporizadores, contadores).
Facilidad de Lectura y Escritura	Es conocido por su facilidad de lectura y escritura, facilitando la comprensión para ingenieros y técnicos.
Amplia Aplicación en Automatización	Ampliamente utilizado en entornos industriales para el control de procesos y maquinaria.

Fuente: (Fonseca Velasquez et al., 2023; Sosa Yarlequé, 2018)

Para programar un autómata con Ladder, además de estar familiarizado con las reglas de los circuitos de conmutación, (también denominada Lógica de Contactos), es necesario conocer cada uno de los elementos de que consta este lenguaje. A continuación, en la Tabla 3-5 se describen de modo general los más comunes.

Tabla 3-5. Elementos básicos en Ladder

Símbolo	Elemento	Descripción
	Bovina (Coil)	Representa una salida o un elemento activado cuando se cumple una condición.
	Contacto Normalmente Abierto (NO)	Representa un contacto que está abierto en condiciones normales y se cierra cuando se activa.
	Contacto Normalmente Cerrado (NC)	Representa un contacto que está cerrado en condiciones normales y se abre cuando se activa.

	Botón de Inicio	Un botón normalmente abierto que se cierra cuando se presiona.
	Botón de Parada	Un botón normalmente cerrado que se abre cuando se presiona.
	Temporizador (Timer)	Representa una función de temporización que se activa después de un período de tiempo preestablecido.
	Contador (Counter)	Representa una función de conteo que se incrementa o decrementa en respuesta a eventos específicos.

Fuente: (Sosa Yarlequé, 2018)

La identificación de los bits de sistema, generalmente indicada por los caracteres B o M, incluye tanto bobinas como contactos asociados. Estos bits suelen recibir números de identificación en el rango de 0 a 255. Su función principal radica en almacenar información intermedia, simplificando así los esquemas y la programación. Los bits de sistema son activados por el propio autómatas según las circunstancias o necesidades específicas. Entre ellos, los más significativos son los de arranque y los de reloj, que inician la ejecución desde un punto específico y establecen una base de tiempos, respectivamente. La nomenclatura de estos bits varía según el tipo de autómatas y el fabricante (Sosa Yarlequé, 2018).

En la práctica, los contactos pueden representar la entrada de información, como la activación de un sensor, o el estado de una memoria interna, comúnmente conocida como M. Por otro lado, las bobinas representan estas memorias M y también las salidas al exterior. Estas bobinas activan o desactivan elementos tales como luces, motores eléctricos o solenoides de válvulas neumáticas, dependiendo de la programación realizada (Sosa Yarlequé, 2018).

3.2. Antecedentes

En las investigaciones acerca de actualización tecnológica de bancos de entrenamiento del PLC Siemens S7-1200 son relativamente amplios a nivel de aplicaciones por lo cual se seleccionaron investigaciones asociadas a la implementación de estas tecnologías en nuevas tendencias de estudio. Teniendo en cuenta lo anterior, se han tomado trabajos de investigación acerca del tema para determinar parámetros de trabajo y aumentarla información acerca de los diseños e implementaciones de estos sistemas.

Autores como Smith et al. (2015) investigaron las técnicas más efectivas para la actualización y modernización de sistemas de control como el PLC Siemens S7-200, detallando los pasos críticos y las consideraciones clave en este proceso. Adicionalmente, Smith y Johnson (2017) presentaron un análisis detallado sobre la implementación y configuración del PLC Siemens S7-200, destacando las mejoras tecnológicas y su impacto en entornos de formación y aplicaciones industriales. Este estudio se centró en la actualización del software y hardware, así como en las prácticas recomendadas para la puesta en servicio exitosa del equipo. Trabajos realizados a nivel local como el realizado por en la Universidad Tecnológica de Bolívar tuvo objetivo del documento era proporcionar prácticas de laboratorio para desarrollar competencias en la aplicación de procesos secuenciales en sistemas de paso vehicular y peatonal utilizando temporizadores para controlar las acciones requeridas.

Sin embargo, trabajos particulares que aportan al desarrollo del proyecto se presentan a modo de antecedentes para reforzar la información y permitan validar los resultados que se presenten el documento.

En el trabajo de investigación "diseño y montaje de un entrenador con el controlador lógico programable PLC 7-200 de siemens" que fue escrito en 2008 por (Pérez Rojas, 2008) como parte de su tesis para obtener el título de ingeniero electrónico en la Universidad Pontificia Bolivariana se centró en el diseño y montaje de un entrenador con el controlador lógico programable PLC S7-200 de Siemens. El autor detalló los materiales necesarios para construir el entrenador y explicó cómo programar el controlador para realizar diferentes tareas en el entrenador. Además, se describieron diferentes aplicaciones que se pueden realizar con este entrenador y controlador.

El proyecto de título “Laboratorio Remoto Para Prácticas Virtuales De Automatización Con El PLC Simatic S7-1200” (Hernández & Medina Cohen, 2011) consistió en la creación de un laboratorio remoto para prácticas virtuales de automatización con el PLC SIMATIC S7-1200. Los autores (Toral & Sánchez, 2011), desarrollaron una solución tecnológica para optimizar los recursos en beneficio de los estudiantes de ingeniería electrónica. El diseño y estructura del laboratorio remoto se enfocó en superar las limitaciones de acceso a los recursos que presentan los laboratorios tradicionales, como factores horarios, económicos y de espacio. El proyecto incluyó el desarrollo de un software llamado STEP 7 Basic de Siemens. El laboratorio remoto ofreció una herramienta valiosa para estudiantes y profesionales de la ingeniería electrónica, permitiendo el acceso a prácticas virtuales de automatización de manera más flexible y eficiente.

La tesis de grado presentada por (Castro Yáñez & García Núñez, 2011) se enfocó en la implementación de un banco de pruebas de sistemas industriales didáctico mediante un PLC S7-1200 en el laboratorio de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi durante el periodo 2011. El objetivo principal era proporcionar a los estudiantes de Ingeniería Electromecánica un entorno de aprendizaje práctico para la simulación y prueba de sistemas industriales. La propuesta se basó en el conocimiento de nuevas tecnologías de programación lógica con PLC y de comprobación de la funcionalidad de procesos a través de la automatización.

En el proyecto realizado por (Heredia, 2012) consistió en el diseño y construcción de una plataforma para el control de maquetas docentes utilizando Arduino. El objetivo era proporcionar una alternativa a los autómatas programables S7-200 para complementar la docencia en el Laboratorio de Automática y Robótica del Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática de la Universidad Politécnica de Cartagena. Este constó de varias fases, incluyendo el estudio de las limitaciones de hardware y programación de Arduino, el diseño y construcción de una etapa de ampliación y aislamiento para controlar el sistema completo de forma segura y eficaz, y la realización de pruebas experimentales con la maqueta a automatizar. Finalmente, se destacó que, aunque la programación de los autómatas es más cercana al usuario inexperto en programación, en Arduino es necesario un conocimiento mínimo de lenguajes de programación, tales como C o C++. Sin embargo, las tarjetas de bajo coste de Arduino son cada vez más conocidas y tienen muchas aplicaciones desarrolladas, foros y blogs, lo que las hace atractivas para el alumnado. En general, el proyecto fue exitoso y proporcionó una plataforma viable para el control de maquetas docentes. La comparativa con los

autómatas programables S7-200 demostró que la plataforma de Arduino era una alternativa viable y efectiva.

En el trabajo de investigación de título "Repotenciación del módulo de verificación mediante la implementación del PLC SIMATIC S7-1200 y pantalla táctil del laboratorio de control y manipulación automática de la Escuela de Ingeniería de Mantenimiento de la ESPOCH" presentada por (Vargas Viteri & Vallejo Zavala, 2014), tenía como objetivo mejorar la formación académica en la escuela utilizando nueva tecnología de automatización. El proyecto consistió en la implementación del PLC SIMATIC S7-1200 y una pantalla táctil en el Laboratorio de Control y Manipulación Automática de la escuela para mejorar la eficiencia y precisión del proceso de verificación. El estudio se inició con un mantenimiento previo en la estación de procesamiento para determinar el estado técnico inicial. En esta fase, se reunieron elementos para mejorar la organización y control de los trabajos de repotenciación, diseñando documentos de control. La repotenciación del módulo de verificación tuvo un impacto positivo en la Escuela de Ingeniería de Mantenimiento de la ESPOCH, mejorando la eficiencia y precisión del proceso de verificación.

El artículo "The Research and Construction of Virtual PLC Laboratory based on Configuration Software" realizado por (Zhang et al., 2016) describe la construcción de un laboratorio virtual de PLC utilizando software de configuración. El objetivo del laboratorio virtual es proporcionar un entorno de experimentación similar al real para los estudiantes. El software de configuración se utilizó para simular los objetos de control de PLC y se construyó un entorno web para el laboratorio virtual. El sistema se basó en el software de configuración de Zijin Bridge y en un PLC Siemens S7-200 como dispositivo de control. El artículo describe en detalle el proceso de diseño, construcción y funcionamiento del laboratorio virtual. El sistema es de bajo costo, no requiere mantenimiento, es flexible y seguro. Los estudiantes pueden operar los experimentos de forma remota y los profesores pueden supervisar y evaluar los resultados. El laboratorio virtual de PLC tiene ventajas significativas en términos de costo, consumo experimental, seguridad y efectividad en la enseñanza y capacitación del personal.

En el trabajo de investigación "Automatización de Máquinas Industriales con la Aplicación del PLC SIMATIC S7-200" (Maquera, 2021) se presentó una investigación sobre la automatización de procesos industriales mediante el uso de Controladores Lógicos Programables (PLC) y la aplicación del programa STEP-7 MICRO/WIN. El artículo destacó la importancia de la automatización en la

industria moderna y cómo el PLC se había convertido en una solución práctica, eficiente y versátil para las necesidades de la industria. El artículo también describió las características y áreas de memoria especiales del SIMATIC S7-200, un modelo de PLC utilizado en la investigación. En general, el artículo proporcionó información valiosa sobre la automatización de procesos industriales y el uso de PLC en la industria moderna.

En el artículo "Investigating Current PLC Security Issues Regarding Siemens S7 Communications and TIA Portal" realizado por (Hui & McLaughlin, 2018) se enfocó en analizar las vulnerabilidades de los controladores Siemens S7-1211C y el software de ingeniería TIA. El objetivo era proporcionar información valiosa sobre posibles exploits y ayudar a la industria a mejorar la seguridad de estos controladores. El documento identificó varias formas de explotar el protocolo de comunicación propietario de Siemens, S7CommPlus, y el protocolo de configuración básica y descubrimiento Profinet. También se describieron ataques como el robo de sesión, el PLC fantasma, la conexión cruzada de controladores y la denegación de conexiones S7. Se destacó la falta de autenticación y la explotación del paquete S7-ACK como algunos de los problemas clave en la seguridad de los controladores Siemens S7-1211C.

Por otro lado, se destacaron documentos que tributan en mayor manera a la temática específica del proyecto por su modernidad, su relevancia respecto a lo implementado en el proyecto y su aporte en cuanto a lo metodológico.

El proyecto de tesis "Diseño e implementación de un módulo didáctico para procesos industriales electroneumáticos, mediante un PLC S7-1200 e interfaz HMI" realizado por (Cuenca Flores & Delgado Ávila, 2021) tuvo como objetivo principal la creación de un módulo didáctico que permitiera a los estudiantes de ingeniería y técnicos en electrónica aprender sobre procesos industriales electroneumáticos y su implementación a través de un PLC S7-1200 y una interfaz HMI.

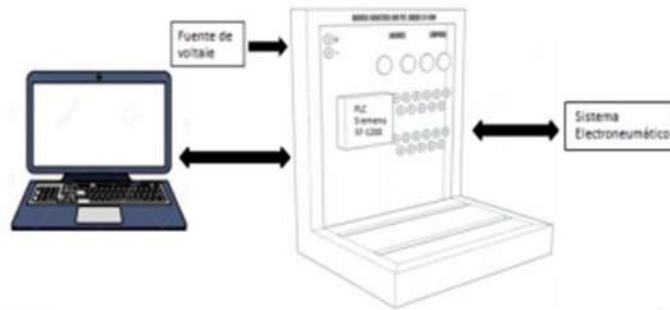
Inicialmente, la metodología utilizada comenzó con una investigación y análisis exhaustivo de los procesos electroneumáticos, lo que incluyó una revisión bibliográfica en profundidad para identificar los componentes necesarios para la implementación del módulo didáctico. Posteriormente, se procedió a la selección de los componentes esenciales, como cilindros de doble efecto, electroválvulas y unidades de mantenimiento, para llevar a cabo la implementación. La programación del PLC S7-1200 y la interfaz HMI desempeñaron un papel crucial en el proyecto, ya que se desarrollaron sistemas de control para supervisar y gestionar los procesos electroneumáticos.

Se llevaron a cabo pruebas y simulaciones rigurosas para garantizar el correcto funcionamiento del módulo didáctico, lo que aseguró que los estudiantes pudieran adquirir conocimientos teóricos y prácticos sólidos.

Finalmente, resultados del proyecto fueron altamente satisfactorios, ya que se logró con éxito la implementación del módulo didáctico. Los estudiantes se beneficiaron en gran medida al mejorar su comprensión de los conceptos teóricos y prácticos relacionados con los procesos electroneumáticos. El proyecto representó una contribución significativa a la formación y desarrollo de habilidades de los estudiantes en el campo de la automatización industrial y la electroneumática.

Por otro lado, los autores (Morán Solano et al., 2018) llevaron a cabo el diseño e implementación de un panel didáctico equipado con un PLC Siemens S7-1200, orientado a la enseñanza de automatización en la Licenciatura de Ingeniería en Electrónica y Licenciatura de Ingeniería Mecánica de la UAEM. EL proyecto buscaba la creación de un recurso didáctico efectivo y portátil, lo que permitiría su despliegue en diversas locaciones con fines educativos y de capacitación. El panel se conformó siguiendo una estructura que involucra una computadora con el software TIA Portal, un cable Ethernet industrial, una fuente de voltaje para alimentar el PLC y un sistema electroneumático bajo el control del PLC S7-1200 como se muestra en **Figura 3-7**.

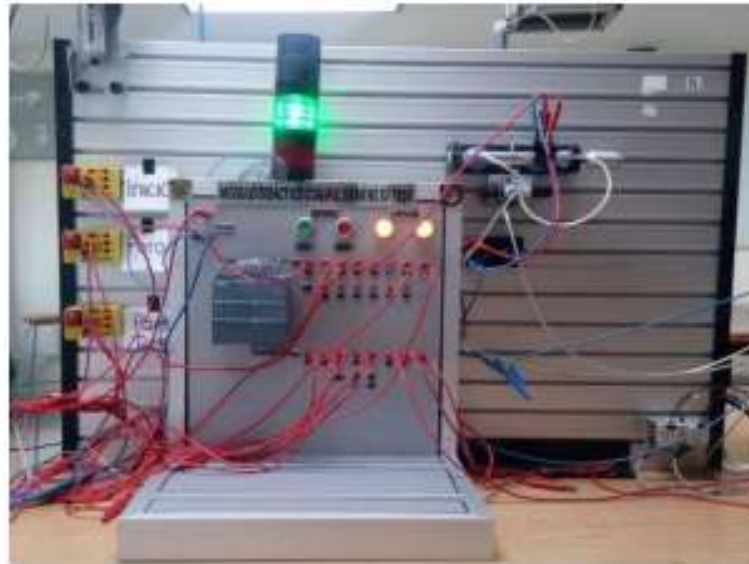
Figura 3-7. Esquema de elementos del panel didáctico



Fuente: (Morán Solano et al., 2018)

El proceso de diseño y construcción culminó con éxito, dando lugar a un panel funcional que resulta esencial para llevar a cabo actividades de formación y capacitación en automatización tal como se muestra en la **Figura 3-8**. Además, se realizaron pruebas de simulación del programa para la detección y corrección de errores, junto con la optimización de la conexión física entre el panel didáctico y la computadora para la descarga del programa.

Figura 3-8. Puesta en marcha del Panel didáctico y el proceso de automatización



Fuente: (Morán Solano et al., 2018)

En resumen, el panel didáctico con el PLC Siemens S7-1200 representa una herramienta altamente beneficiosa para la enseñanza de automatización en la UAEM, permitiendo a los estudiantes aplicar sus conocimientos teóricos en un entorno práctico y resolutivo. Esto no solo ahorra tiempo en la obtención de equipos y materiales, sino que también facilita la configuración eficiente del PLC.

El proyecto titulado "Diseño y construcción de un sistema automatizado de dosificación de elementos controlado por un PLC S7-1200" fue llevado a cabo por los autores (Andrango Pachacama & Changoluisa Moreno, 2023). La metodología empleada en este proyecto abarcó una investigación exhaustiva de los métodos de dosificación de elementos utilizados en sistemas de automatización industrial. Esta investigación implicó un análisis detallado de las ventajas y desventajas de cada método, lo que permitió la selección del enfoque más adecuado para la aplicación específica.

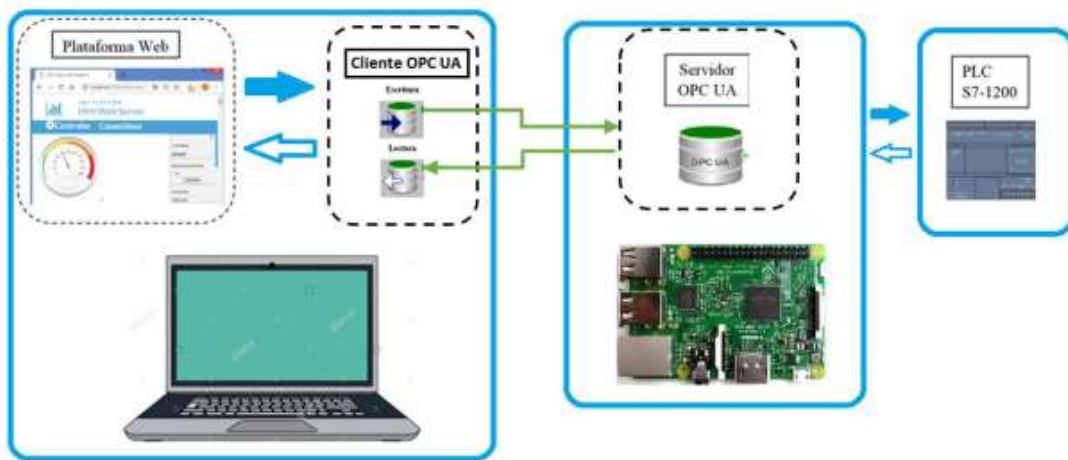
Una vez determinado el método de dosificación idóneo, se procedió a la implementación del PLC S7-1200 en la automatización del sistema de dosificación. Esto incluyó el diseño y programación del programa de control del PLC, así como la configuración de las entradas y salidas necesarias para garantizar el funcionamiento preciso del sistema.

La etapa final del proyecto involucró pruebas exhaustivas del sistema automatizado de dosificación con el fin de evaluar su desempeño. Estas pruebas se llevaron a cabo siguiendo criterios rigurosos, los cuales abordaron aspectos como la precisión de la dosificación, la velocidad de producción y la eficiencia global del sistema. En resumen, la metodología aplicada en este proyecto condujo con éxito al diseño y construcción de un sistema automatizado de dosificación de elementos controlado por un PLC S7-1200. El propósito principal de esta implementación era mejorar el sistema de producción, reducir las pérdidas de materia prima y optimizar el uso del tiempo en los procesos productivos.

Finalmente, en el proyecto titulado "Diseño de una plataforma web de software libre para la creación de HMIs para los PLC S7-1200 y su incidencia en la reducción de costos de monitoreo" fue desarrollado por (NUÑEZ RAMIREZ, 2019). Su objetivo central fue la creación de una plataforma web de software libre orientada a la generación de Interfaces Human-Máquina (HMIs) específicamente diseñadas para los Controladores Lógicos Programables (PLC) S7-1200, con el fin de disminuir los gastos asociados al monitoreo de sistemas automatizados.

Este proyecto abarcó una variedad de enfoques, incluyendo la búsqueda de información tanto en fuentes documentales como en experiencias de campo. Se consultaron libros, manuales técnicos, publicaciones especializadas, internet y revistas relacionadas con la automatización industrial. Además, se llevaron a cabo pruebas y experimentos prácticos en condiciones reales, con el propósito de recopilar datos concretos que respaldaran las decisiones tomadas en la creación de la plataforma. Posterior a esta revisión, se identificaron las estructuras esenciales requeridas para la construcción de sistemas similares y se generaron preguntas clave sobre las herramientas de programación web necesarias. Al describir el proceso de desarrollo de la plataforma realizada fue necesario entender la arquitectura de la aplicación tal como se observa en la **Figura 3-9**.

Figura 3-9. Diagrama de funcionamiento de la plataforma Web



Fuente: (Nuñez Ramirez, 2019)

El resultado más destacado del proyecto fue la creación exitosa de la plataforma web de software libre para la creación de HMIs, específicamente diseñadas para los PLC S7-1200. La implementación de esta plataforma se tradujo en una reducción efectiva de los costos relacionados con el monitoreo de sistemas automatizados, lo que representó un paso significativo en términos de eficiencia y ahorro. La investigación también proporcionó claridad sobre el proceso de intercambio de información entre la plataforma web y los controladores, a través del protocolo OPC UA.

En las conclusiones del proyecto se destacan la plataforma web de software libre para la creación de HMIs resultó ser una solución innovadora y rentable para el monitoreo de sistemas automatizados. Su aplicación potencial en la industria se mostró promisorio, ofreciendo beneficios notables en términos de reducción de costos y mejora de la eficiencia en los sistemas automatizados. El proyecto demostró la efectividad de la metodología utilizada y dejó espacio para futuras investigaciones orientadas a perfeccionar y expandir esta solución en diversos sectores industriales.

4. Procedimiento metodológico

El tipo de estudio aplicado en este proyecto se enmarca en la categoría de desarrollo tecnológico. La elección de este tipo de estudio se basa en el propósito fundamental de resolver un problema práctico y específico en el campo de la formación en ingeniería electrónica. La actualización tecnológica del banco de entrenamiento del PLC Siemens S7-200 tiene un objetivo claramente aplicado, que es mejorar la calidad de la formación de los estudiantes y prepararlos para los desafíos tecnológicos de la Industria 4.0.

4.1. Metodología

4.1.1. Fase 1

En esta fase inicial, se llevó a cabo la evaluación de las condiciones operativas y funcionales del banco de entrenamiento del PLC Siemens S7-200 en el Laboratorio de Automatización. Esta operación incluyó la recopilación de datos sobre su estado actual, la revisión de documentación técnica, y la identificación de componentes que requirieron actualización o reemplazo. Se realizaron mediciones técnicas para evaluar el rendimiento del banco en su estado actual, centrándose en aspectos como la velocidad de procesamiento, la precisión de las mediciones y la integridad del sistema. Los resultados de esta fase proporcionaron datos claves para la toma de decisiones en las etapas posteriores.

4.1.2. Fase 2

Una vez recopilada la información sobre las condiciones actuales, se procedió a la fase de diseño del sistema de control automático. Esta fase se centró en definir los requisitos específicos del sistema de control, teniendo en cuenta las necesidades de formación y los estándares industriales relevantes.

Se diseñó un sistema de control integral que consideró las variables de entrada, salida, procesos y una interfaz de usuario intuitiva. Esto implicó la selección de componentes, tecnologías y software adecuados para lograr los objetivos establecidos. El diseño se documentó en detalle, incluyendo diagramas de flujo, esquemas eléctricos y especificaciones técnicas.

La implementación del sistema de instrumentación, control y visualización de variables requirió de la selección del controlador, de la pantalla HMI, del sensor de temperatura y del switch de presión. En esta fase se hizo mantenimiento correctivo a la infraestructura del banco de prácticas, a la electrobomba de agua y a las tuberías.

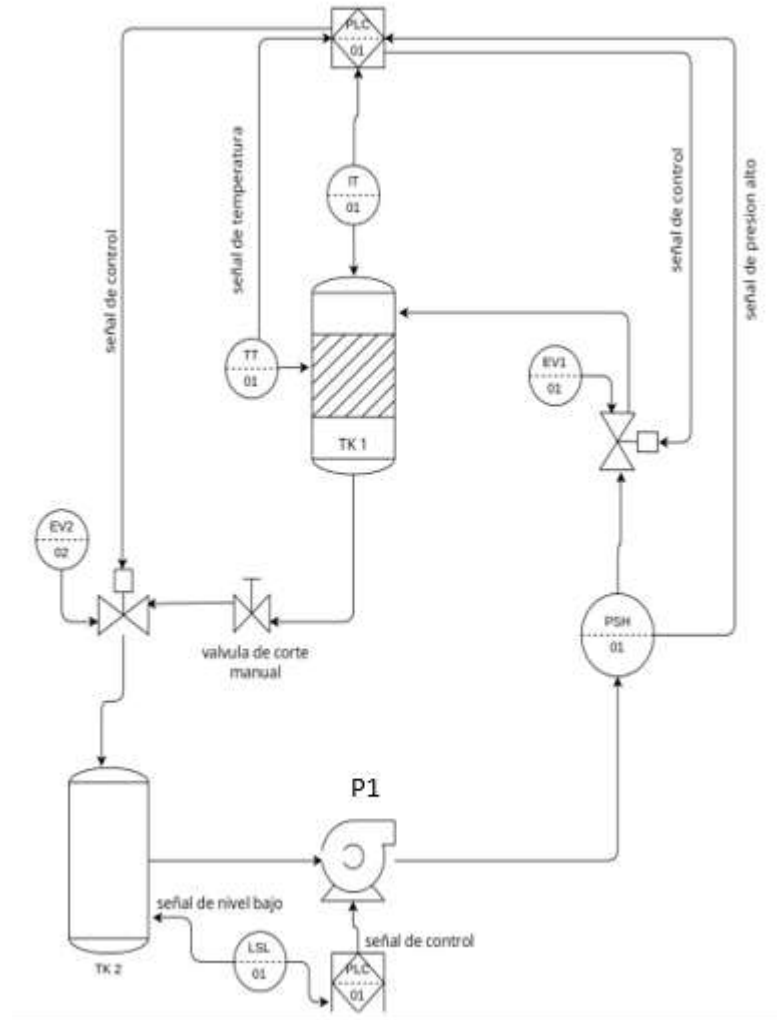
Finalmente, se realizaron pruebas de funcionamiento y operación que sirvieron para realizar los ajustes definitivos al banco.

5. Desarrollo del Proyecto de Ingeniería

5.1. Requerimientos y Evaluación de Condiciones Actuales del Banco del PLC S7-200

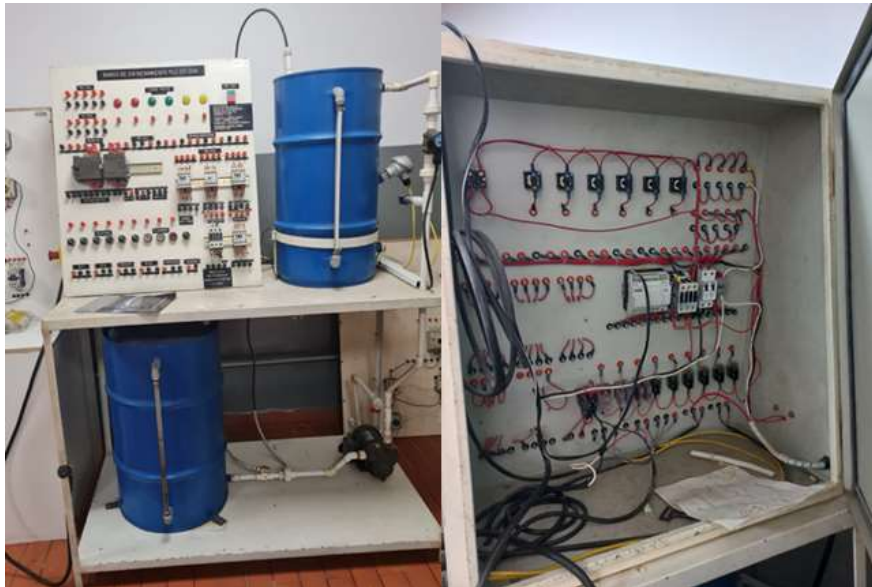
En la **Figura 5- 1.** se muestra el diagrama P&ID del banco del PLC S7-200. Este banco consta de un PLC S7-200, una electrobomba de agua(P1), dos (2) depósitos o tanque de almacenamiento de líquido, dos (2) electroválvulas para el control del flujo, una termorresistencia, un sensor PT100 y su respectivo transmisor, un sensor de nivel por presión hidrostática y detector de nivel por bajo. El banco fue diseñado para controlar el nivel y la temperatura del líquido en el tanque TK1. El proceso consiste en hacer recircular el agua del tanque TK2 mediante la electrobomba (P1), hacia el tanque TK2, donde el agua es sometida a un proceso de calentamiento y luego es redireccionada por gravedad al tanque TK2 como se muestra en la **Figura 5-1.**

Figura 5- 1. Diagrama P&ID del banco del PLC S7-200



Fuente: autores

Para la evaluación de las condiciones operativas del banco se realizó una inspección general. Inicialmente se verificó las condiciones operativas, funciones y estructurales del banco, encontrándose algunos fallos y daños en los equipos eléctricos, mecánicos, como también daños estructurales en la base física y en los contenedores de líquidos, tal como se evidencia en la **Figura 5- 2.**

Figura 5- 2. Estado inicial del banco de entrenamiento

Fuente: Autores

Dentro de los daños eléctricos se encontraron cables y borneras rotas, contactos sulfatados, contactores quemados a causa de cortos circuitos, el PLC utilizado se encontró con daños en los puertos de entrada digitales, daño en la fuente de alimentación, y según los datos proporcionado por el fabricante este equipo se encuentra discontinuado a partir del año 2017 (SIEMENS, 2019) ,se encontraron sensores en mal estado (Ver **Figura 5- 3**). Y se evidencio que algunos de sus componentes como selectores, bornas y luces se encontraban caducados de acuerdo con la vida útil del fabricante.

Figura 5- 3. Equipos eléctricos en mal estado



Fuente: Autores

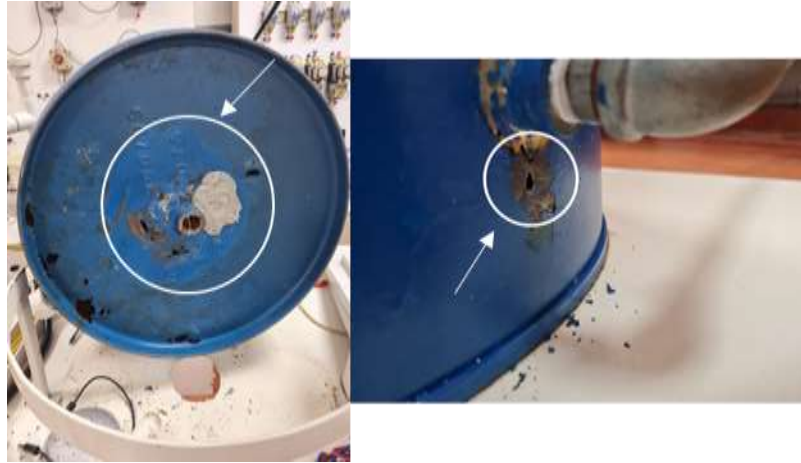
Entre las condiciones mecánicas se identificó falla en arranque del motor monofásico de $\frac{1}{2}$ hp y daños en los sellos mecánicos de la bomba centrífuga como se muestra en la **Figura 5- 4**.

Figura 5- 4. Bomba centrífuga en mal estado



Fuente: Autores

En los daños estructurales se encontró depósitos de agua con fugas por desgaste del material debido a la corrosión, tal como se observa en la **Figura 5- 5**.

Figura 5- 5. Daños del tanque debido a la corrosión

Fuente: Autores

A continuación, y a manera de resumen, se presentan en la Tabla 5-1 los principales fallos encontrados en el banco de PLC S7-200:

Tabla 5-1. Fallos y averías encontrados en banco de entrenamiento del PLC Siemens S7-200

Equipo	Tag	Función	Estado	Acción correctiva
Plc siemens s7-200	Plc	Control de proceso	averiado	Se reemplazo equipo por plc siemens s7-1200
Sensor de temperatura	Pt100	Medir temperatura TK-1	Averiado por falta de transmisor de corriente	Se instalo un transmisor de corriente 4 mA – 20 mA
Transmisor de presion	TP-1	Medir presión de descarga de bomba	Borneras de transmisor quemadas	Se reemplazo por swich de presión suco ref. 0511

Continuación de la Tabla 5-1.

Bomba centrífuga	B-1	Suministro de agua al sistema	Se encuentra bomba atascada por corrosión en los rodamientos	Se reemplazaron rodamientos, se y mantenimiento general al motor
Tanque de proceso 1	TK-01	Albergar proceso de calefacción	Inhabilitado por suciedad y filtraciones de agua	Se realizo limpieza y sellado con masilla de filtraciones
Tanque de almacenamiento 02	TK-02	Almacenare agua del sistema	Inhabilitado por suciedad y filtraciones de agua	Se realizo limpieza y sellado de filtraciones

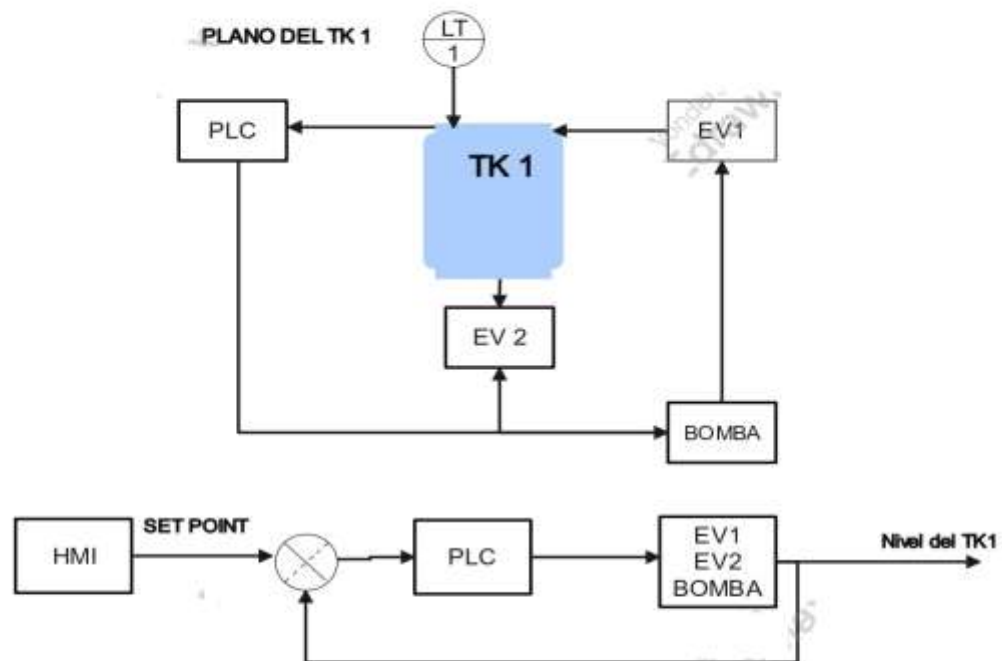
Fuente: Autores

5.2. Diseño del Sistema de Control Automático

En la **Figura 5- 6**, **Figura 5- 7** y **Figura 5- 8** se muestra el diagrama de bloques aplicado en la actualización del banco de entrenamiento para PLC S7-200

En la **Figura 5- 6** se observa el sistema de control de lazo cerrado empleado en el proceso de llenado y control de nivel del tanque TK1. Este proceso consta de una pantalla HMI la cual recibe los datos (porcentaje de nivel) del usuario y son recibidos y procesados por el PLC quien compara los datos suministrados por el LT (transmisor de nivel) y activa la EV1 (electroválvula 1) y la BOMBA (P1) para direccionar el flujo de agua hacia al tanque TK1.

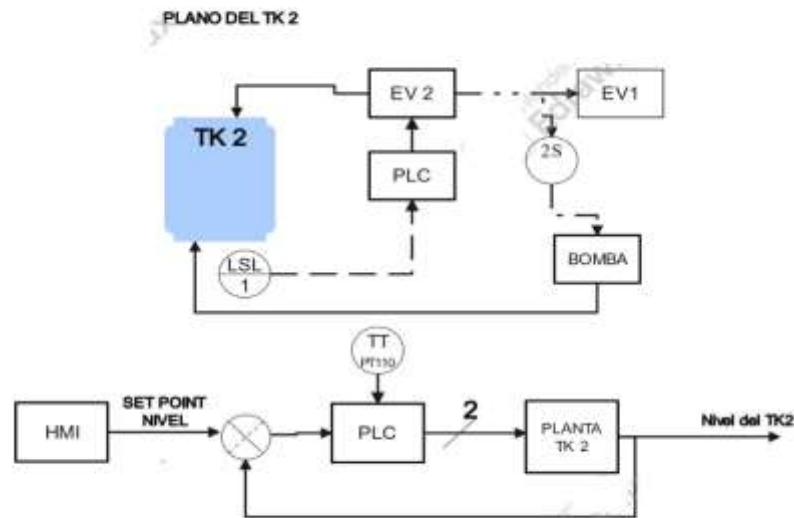
Figura 5- 6. Diagrama de bloques TK1



Fuente: Autores

En la **Figura 5- 7** se observa el proceso de llenado del tanque TK2 Y el sistema de control de lazo cerrado empleado para controlar y mantener constantemente la presencia de líquido en el depósito. En este proceso el PLC recibe la señal del LSL (sensor de nivel por bajo), el transmisor de temperatura y el set-point ingresado en la HMI. Quien procesa los datos y activa la EV2 (electroválvula 1) para drenar agua al tanque TK2.

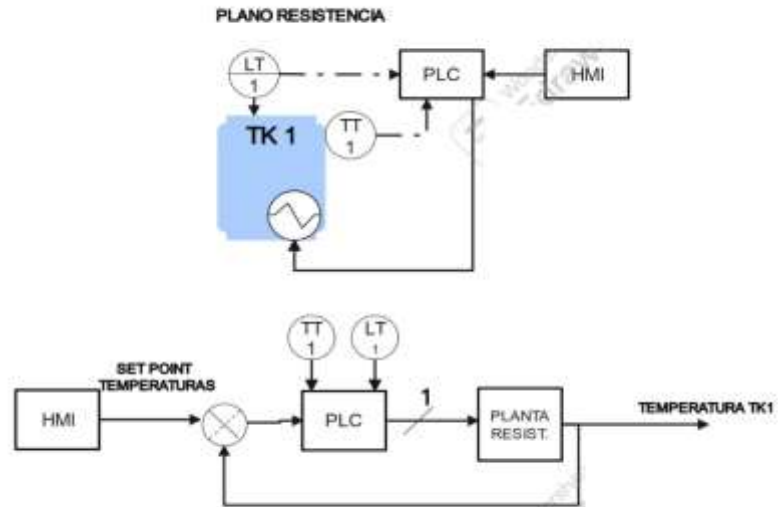
Figura 5- 7. diagrama de bloque TK2



Fuente: autores

En la **Figura 5- 8** se observa el proceso de calentamiento del agua en el tanque TK1 mediante la activación de una resistencia eléctrica. el PLC recibe los datos del sensor PT100 (TT) de la temperatura actual del tanque TK1 realiza un proceso de comparación con los datos suministrados por la pantalla HMI y activa la resistencia eléctrica para que inicie el proceso de calentamiento si es necesario.

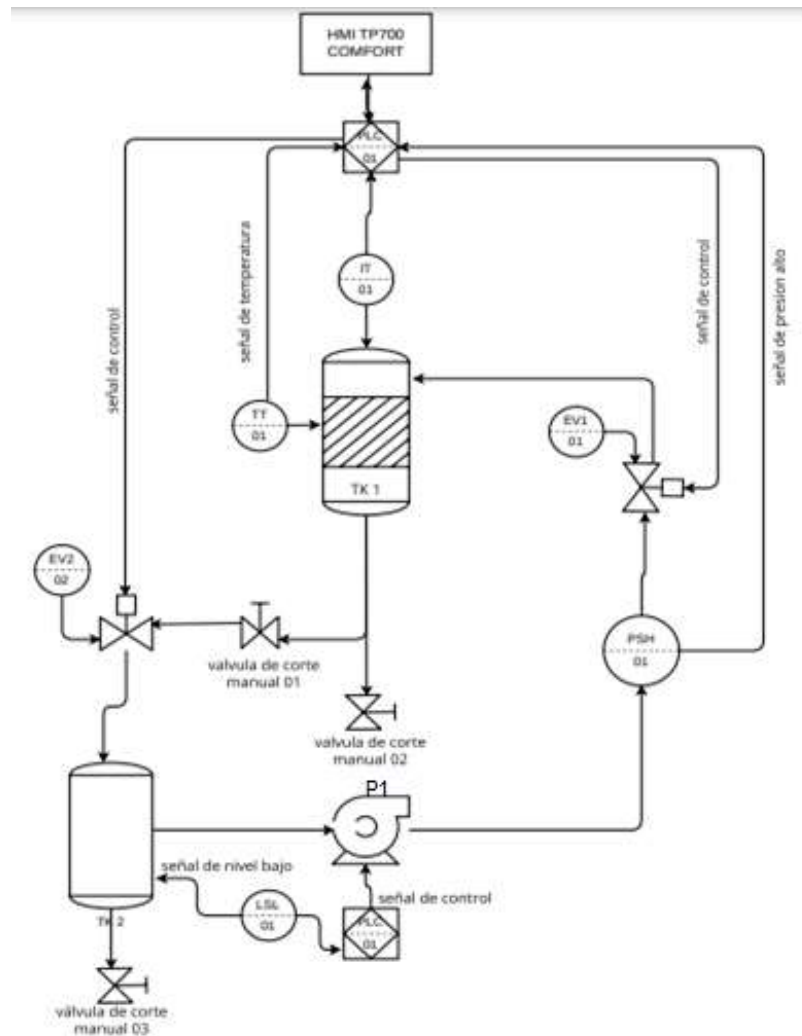
Figura 5- 8. Diagrama de bloques resistencia eléctrica



Fuente: Autores

El diagrama de bloques representa visualmente la interconexión y las relaciones funcionales entre los componentes clave del sistema de control del banco de entrenamiento del PLC. Como se muestra en la figura, el sistema está conformado por un PLC que actúa como el cerebro del sistema. Es el núcleo de procesamiento que recopila información de los módulos de medición conformados por transmisor de temperatura (TT), un transmisor de nivel (LT), un sensor de nivel bajo (LSL) y un sensor de nivel por alto (PSH). Toma decisiones en función de esa información e interviene los actuadores electroválvula (EV1), EV2, bomba centrífuga (P1) y resistencia eléctrica. El diagrama P&DI que se propone para el banco se muestra en la **Figura 5- 9** y la **Figura 5-10** muestra el diagrama de flujo del proceso.

Figura 5- 9. Diagrama P&DI actualizado



Fuente: Autores

5.3. Diseño de la filosofía de control

En el (Anexo 1. Diagrama de flujo) se observa la filosofía de control representado en el flujograma del sistema propuesto para el desarrollo del banco de entrenamiento.

En este se establecen las siguientes condiciones en la programación del PLC para el arranque seguro del proceso del calentamiento del agua, teniendo en cuenta que el estado inicial de los actuadores

como bomba, electroválvulas y resistencia es reposo (OFF). Así como también la lectura permanente de los sensores de nivel por baja (LSL), presión por alta (PSH) y set-point de temperatura y nivel del tanque TK1 durante toda la operación de la planta.

- **Nivel mínimo en el TK1:**

El nivel mínimo del tanque TK1 debe ser el 5% para garantizar que la resistencia eléctrica de calentamiento se encuentre sumergida en agua y así evitar el daño de la resistencia por trabajar en vacío.

- **Switch de presión (PSH) = ON:**

Se instaló un sensor de presión por alta en la línea de descarga de la bomba. El cual se activa con una presión igual o mayor a 30 Psi con la finalidad de proteger la integridad de los operadores y la tubería del proceso por ruptura por sobrepresión.

Este consta de un contacto normalmente cerrado (NC) el cual indica que se encuentra en ON. Si en algún momento la presión de la línea alcanza una presión de 30 Psi el sensor de presión cambia de estado a OFF abriendo el contacto NC para desactivar la bomba.

- **Sensor de nivel por baja (LSL)= ON:**

Este sensor se está leyendo en todo momento para determinar si el tanque TK2 contiene o no contiene líquido. Si no contiene líquido se pone estado OFF desactivando la bomba para que no trabaje en vacío.

- **Encendido de resistencia:**

La resistencia de calentamiento se activa si cumple estas dos condiciones

- I. El nivel del tanque TK1 es igual al set-point de nivel establecido en la HMI
- II. La temperatura ambiente del tanque TK1 es menor al set-point de temperatura establecido en la HMI

5.4. Selección de Componentes

El proceso de selección de los principales componentes para el banco de entrenamiento del PLC Siemens S7-200 implica la identificación de dispositivos que cumplan con los requisitos específicos del proyecto el cual controla variables de temperatura entre los rangos 20°C a 60°C, niveles de líquidos entre los rangos 0% = 0 lt a 80% = 55.2 lt de agua y presiones entre los rasgos 0 psi a 83 psi. Los principales componentes por seleccionar son el PLC, la Interfaz de Monitorización Humana (HMI), el detector de presión, y transmisor de temperatura.

1. PLC (Controlador Lógico Programable):

Para la selección del PLC, se requirió que tuvieran como mínimo las siguientes características:

- I. 4 entradas y 4 salidas digitales
- II. 2 entradas analógicas de 0 - 10 VDC
- III. Alimentación de voltaje de 24 V DC
- IV. Salidas por relé
- V. Rango de corriente a la salida 250 mA
- VI. Memoria de trabajo de 500 Kbyte
- VII. Temperatura de ambiente de trabajo 25°C - 40 °C
- VIII. Grado de protección IP20
- IX. Compatibilidad con lenguaje Ladder

2. HMI (Interfaz de Monitorización Humana):

Para la selección de la pantalla HMI se requirió de las siguientes características mínimas:

- I. Alimentación de voltaje de 24 VDC
- II. Puerto de comunicación ethernet
- III. Tamaño de pantalla de 5"
- IV. Memoria de trabajo 12 Mbyte
- V. Grado de protección frontal IP 65
- VI. Grado de protección posterior IP20
- VII. Temperatura de servicio 25 °C – 40°C

3. Detector de Presión:

Para la selección del sensor de presión se requirió de las siguientes características mínimas:

- I. Alimentación de voltaje 24 VDC
- II. Sensor tipo PNP
- III. Rango de presión 0 – 150 psi
- IV. Tipo de conexión a proceso NPT 1/4 in
- V. Tipo de fluido a censar hidráulico
- VI. Temperatura de operación 60 °C
- VII. Grado de protección IP 67

4. Transmisor de Temperatura:

Para la selección del transmisor de temperatura se requirió de las siguientes características mínimas:

- I. Alimentación de voltaje 24 VDC
- II. Temperatura de operación 60 °C
- III. Corriente de salida 4 – 20 mA
- IV. Grado de protección IP 00
- V. Rango de temperatura -200 – 850 °C

En la **Tabla 5-2**,

Tabla 5-3 y **Tabla 5-4** se observan los criterios de selección para los equipos de automatización, control de presión y temperatura para el banco de entrenamiento de PLC.

Tabla 5-2. Presupuesto de equipos PLC y HMI

Descripción	Marca	Ofertado en mercado nacional	Costo	Compatibilidad	Programación	Compatible con red ethernet
-------------	-------	------------------------------	-------	----------------	--------------	-----------------------------

PLC	Siemens S7-1200	Sí	\$1.500.000	Compatible con HMI Siemens	Lenguaje Ladder	SI
PLC	Allen-Bradley MicroLogix 1400	Sí	\$1.200.000	Compatible con HMI Allen-Bradley	Lenguaje Ladder	NO
PLC	Mitsubishi FX5U	Sí	\$1.800.000	Compatible con HMI Mitsubishi	Lenguaje Ladder	NO
HMI	Siemens Comfort Panel TP700	Sí	\$2.500.000	Compatible con PLC Siemens	TIA Portal	SI
HMI	Allen-Bradley PanelView Plus 7	Sí	\$3.000.000	Compatible con PLC Allen-Bradley	FactoryTalk View Studio	SI
HMI	Mitsubishi GOT2000	Sí	\$2.800.000	Compatible con PLC Mitsubishi	GT Works3	Si
Equipo seleccionado	<p>Siemens S7-1200 cuenta con 14 entradas digitales, 10 salidas digitales y 2 entradas analógicas de 0 a 10V DC, puerto de comunicación ethernet compatible con la pantalla HMI, alimentación de voltaje 24 DC y protección IP20. (ver anexo 2. Datasheet PLC siemens S7-1200)</p> <p>Siemens Comfort Panel TP700 compatible con la el PLC siemens S7-1200, puerto ethernet, pantalla de 7", alimentación de voltaje 24 V DC y grado de protección IP65 (ver anexo 3. Datasheet pantalla HMI 700 comfort)</p>					

Fuente: Autores

Tabla 5-3. Presupuesto de equipos de presión

Descripción	Marca	Ofertado en mercado nacional	Costo	Compatibilidad	Programación
Detector de presión	Honeywell PX2	Sí	\$500.000	Compatible con PLC Siemens, Allen-Bradley y Mitsubishi	No requiere programación
Detector de presión	Endress+Hauser Cerabar PMP71	Sí	\$1.000.000	Compatible con PLC Siemens, Allen-Bradley y Mitsubishi	No requiere programación
Detector de presión	WIKA A-10	Sí	\$600.000	Compatible con PLC Siemens, Allen-Bradley y Mitsubishi	No requiere programación
Switch de presión	Suco ref 0511	Sí	\$200.000	Compatible con PLC Siemens, Allen-Bradley y Mitsubishi	No requiere programación

Instrumento seleccionado	Suco ref 0511 voltaje de alimentación 24 VDC, conexión ¼ NPT, conexión PNP de 3 hilos, grado de protección IP67 (ver anexo 4 . Datasheet Switch de presión)
--------------------------	---

Fuente: Autores

Tabla 5-4. Presupuesto de equipos de temperatura

Descripción	Marca	Ofertado en mercado nacional	Costo	Compatibilidad	Programación
Sensor de temperatura	Danfoss MBT 9110-000B-G110	Sí	\$1.000.000	Compatible con PLC Siemens, Allen-Bradley y Mitsubishi	No requiere programación
Transmisor de temperatura	Siemens SITRANS T	Sí	\$800.000	Compatible con PLC Siemens, Allen-Bradley y Mitsubishi	No requiere programación
Transmisor de temperatura	Endress+Hauser iTHERM TM411	Sí	\$1.200.000	Compatible con PLC Siemens, Allen-Bradley y Mitsubishi	No requiere programación
Transmisor de temperatura	WIKA T32	Sí	\$900.000	Compatible con PLC Siemens, Allen-Bradley y Mitsubishi	No requiere programación
Instrumento seleccionado	Danfoss MBT 9110-000B-G110 posee un rango de temperatura de -200 °C ~850 °C, conexión eléctrica 2 hilos, voltaje de alimentación 24V DC, salida Analógica (ver Anexo 5 . Datasheet transmisor de temperatura)				

Fuente: Autores

5.5. Implementación del Banco de PLC

5.5.1. Mantenimiento del Banco de PLC

A partir de lo encontrado en el análisis de condiciones generales del banco, se iniciaron las reparaciones y sustituciones en caso de requerirse de los componentes dañados (ver **Figura 5-11**)

Figura 5- 10. Reparaciones y sustituciones de piezas



Fuente: Autores

La corrección de las fallas y daños es un paso esencial para garantizar que el banco esté en condiciones óptimas para la actualización tecnológica y que los estudiantes puedan realizar prácticas en un entorno seguro y funcional.

Una vez estas acciones fueron completadas y el banco de entrenamiento fue restaurado a su funcionamiento adecuado, se procedió a la implementación y configuración.

5.5.2. Implementación del sensor de nivel

La selección del sensor de nivel para el sistema de control automático del banco de entrenamiento del PLC Siemens S7-200 es una etapa crucial en el diseño del sistema. El sensor de nivel es el componente encargado de medir el nivel de líquido en el tanque y proporcionar esta información al controlador PLC.

- **Identificación de Requisitos:**

Se inicia identificando los requisitos clave del sensor de nivel. Estos requisitos incluyen la precisión de la medición, el rango de medición, la compatibilidad con el medio en el tanque y la interfaz de salida (por ejemplo, analógica o digital).

- **Investigación de Mercado:**

Se investigan las opciones disponibles en el mercado colombiano. Esto incluye la consulta de catálogos de fabricantes, la búsqueda en línea y el contacto con proveedores locales. Se recopila información sobre marcas, modelos y especificaciones técnicas.

- **Comparación de Opciones:**

Se comparan al menos tres opciones de sensores de nivel, como se muestra en la Tabla 5-5. Estas opciones deben cumplir con los requisitos identificados en el paso 1.

Se compara el costo de cada sensor, teniendo en cuenta el presupuesto disponible para el proyecto.

Se verifica la compatibilidad del sensor con el PLC Siemens S7-200, asegurando que la interfaz de salida del sensor sea compatible con las entradas del PLC.

- **Evaluación de Programación:**

Se evalúa la facilidad de programación y configuración del sensor de nivel. Esto incluye la revisión de documentación técnica y manuales de usuario proporcionados por el fabricante.

Tabla 5-5. Selección del sensor de nivel

Descripción	Marca	Ofertado en mercado nacional	Costo	Compatibilidad	Programación
Sensor de nivel	IFM Electronic LR3000	Sí	\$500.000	Compatible con PLC Siemens S7-1200	No requiere programación
Sensor de nivel	Pepperl+Fuchs UCC1000	Sí	\$600.000	Compatible con PLC Siemens S7-1200	No requiere programación
Sensor de nivel	Balluff BTL7-E17-M0050-P-S32	Sí	\$700.000	Compatible con PLC Siemens S7-1200	No requiere programación

Fuente: Autores

5.5.3. Programación del PLC S7-1200

El PLC Siemens S7-1200 es un controlador lógico programable que se ha utilizado tradicionalmente con el lenguaje de programación Ladder. El entorno TIA Portal proporciona una plataforma de

programación específicamente diseñada para los controladores Siemens, lo que garantiza una alta compatibilidad y una transición más suave.

Teniendo en cuenta lo anterior, la programación Ladder se dividió en varios segmentos según el funcionamiento de la siguiente manera:

Segmento 1: Arrancar sistema (Ver **anexo 6**. Programa del PLC S7-1200).

En este segmento, se define la lógica para el inicio del sistema. Puede involucrar la verificación de condiciones de seguridad y la activación de las señales necesarias para poner en funcionamiento el banco de entrenamiento.

Segmento 2: Energizar bomba. (Ver **anexo 6**. Programa del PLC S7-1200).

En este segmento, se controla la puesta en marcha de la bomba. Esto puede incluir la activación de contactores, relés u otros dispositivos necesarios para energizar la bomba.

Segmento 3: Energizar resistencia (Ver **anexo 6**. Programa del PLC S7-1200).

Aquí se establece el control para la activación de la resistencia eléctrica. Esto podría implicar el uso de relés para controlar la energización de la resistencia en función de las necesidades del proceso.

Segmento 4: Abrir EV2 (Ver **anexo 6**. Programa del PLC S7-1200).

Este segmento se encarga de abrir una válvula (EV2) en el proceso. Puede requerir la activación de un solenoide o una señal de control para permitir el flujo de un fluido.

Segmento 5: Ciclo de drenaje (Ver **anexo 6**. Programa del PLC S7-1200).

En este segmento se da una vez finalizado el ciclo de calentamiento del agua. Este requiere la activación de EV2 y monitorea constantemente el nivel del tanque 1 hasta llegar al mínimo requerido 5%

Segmento 6: Verificación de nivel (Ver **anexo 6**. Programa del PLC S7-1200).

En este segmento se da la verificación del nivel del tanque 1. Donde el controlador recibe la señal del sensor hidrostático sobre el nivel real del tanque

Segmento 7: Finalizar ciclo (Ver **anexo 6**. Programa del PLC S7-1200).

En este segmento se da la finalización del proceso, este consta de una pregunta al usuario por medio de la pantalla HMI si desea finalizar el ciclo

Segmento 8: Parada total del sistema (Ver **anexo 6**. Programa del PLC S7-1200).

En este segmento se establece la lógica para detener completamente el sistema. Puede involucrar desenergización de componentes críticos y la activación de frenos de emergencia.

Segmento 9: Reconocer fallas (Ver **anexo 6**. Programa del PLC S7-1200).

Aquí se define la lógica para reconocer posibles fallas o condiciones anómalas en el sistema. Puede implicar la activación de alarmas, el registro de eventos de error y la toma de medidas correctivas.

Segmento 10: Paro de emergencia (Ver **anexo 6**. Programa del PLC S7-1200).

Este segmento se encarga de establecer la lógica para una parada de emergencia. Puede incluir el cierre inmediato de todas las válvulas y la desconexión de energía para evitar situaciones peligrosas.

Segmento 11: Escalar señal nivel de tanque 1 AI0 (Ver **anexo 6**. Programa del PLC S7-1200).

En este segmento se define la lógica para escalar la señal del nivel del tanque 1. Esto implica ajustar la señal de entrada analógica (AI0) a un rango adecuado para su procesamiento.

Segmento 12: Escalar señal temperatura de tanque 1 AI1 (Ver **anexo 6**. Programa del PLC S7-1200).

Similar al segmento anterior, aquí se escala la señal de temperatura del tanque TK1 (AI1) para su procesamiento y control.

Segmento 13: Límite de set point de temperatura-seguridad-máximo 60°C (Ver **anexo 6**. Programa del PLC S7-1200).

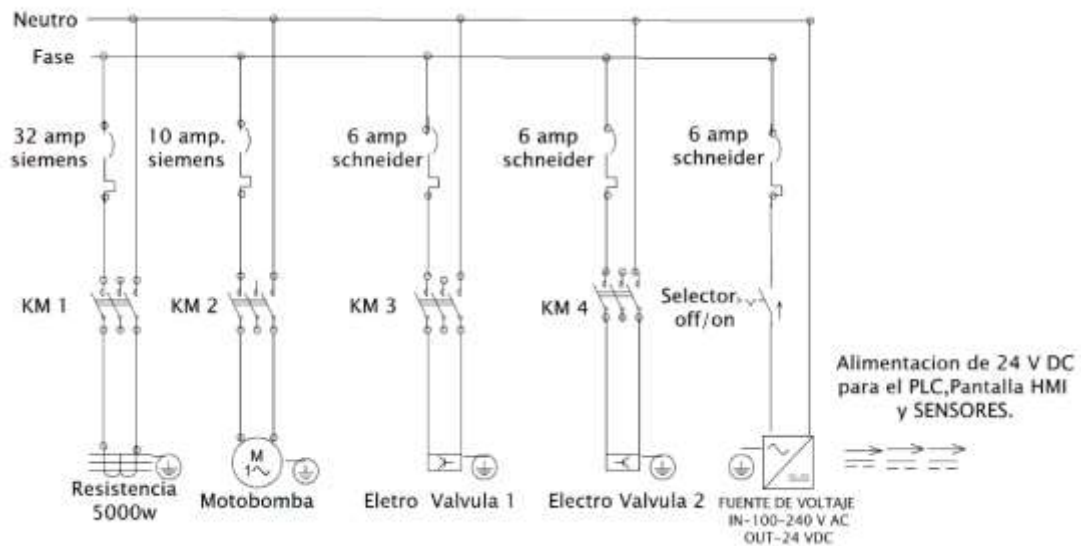
En este segmento, se establece el límite de set point de temperatura para garantizar que no se supere un valor máximo seguro de 60°C. Esto podría implicar la activación de dispositivos de seguridad en caso de superación.

Segmento 14: Límite de set point de nivel de tanque-seguridad-máximo 100% (Ver **anexo 6** Programa del PLC S7-1200).

Similar al segmento anterior, aquí se establece el límite de set point de nivel de tanque para evitar que supere un valor máximo seguro del 100%. Esto puede ser esencial para prevenir desbordamientos.

Cada segmento de la programación en Ladder define la lógica de control y las acciones necesarias para operar el sistema de manera segura y eficiente. Las variables y señales se utilizan para monitorear y controlar el proceso, garantizando que se cumplan los objetivos de funcionamiento y seguridad del banco de entrenamiento.

Figura 5- 11. Diagrama unifilar de conexión del PLC



Fuente: Autores

A continuación, se muestra la nomenclatura descrita en la anterior figura.

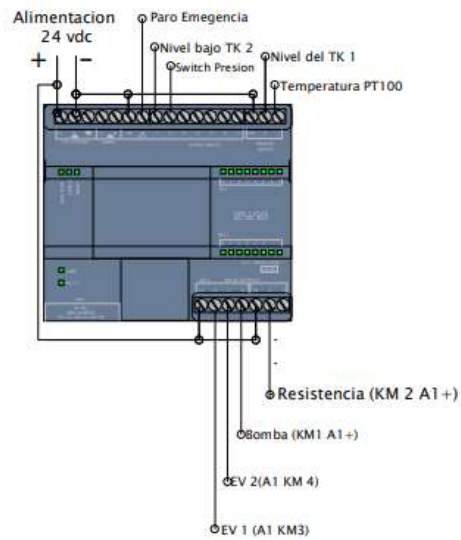
KM1=CONTACTOR 1

KM2=CONTACTOR 2

KM3=CONTACTOR 3

KM4=CONTACTOR 4

Figura 5- 12. Diagrama de conexión del PLC S7-1200



Fuente: Autores

Por otro lado, se encuentra el montaje físico (Ver **Figura 5- 12**. Diagrama de conexión del PLC S7-1200) teniendo en cuenta las especificaciones. Aquí, se lleva a cabo el montaje físico de los componentes del sistema en el banco de entrenamiento del PLC Siemens S7-200. Esto incluye el posicionamiento y la interconexión de los elementos clave para garantizar el funcionamiento coordinado del sistema.

El controlador PLC Siemens S7-200 se instala en una ubicación central del banco de entrenamiento, lo que facilita su acceso y permite una conexión eficiente con otros componentes (Ver **anexo 7**. Plano de conexión de PLC). Los módulos de medición, que incluyen el sensor de temperatura, el sensor de nivel y el interruptor de presión, se colocan en las posiciones correspondientes dentro del sistema. El sensor de temperatura se ubica cerca del área donde se necesita supervisar la temperatura, mientras que el sensor de nivel se coloca en el tanque que se debe controlar. El interruptor de presión se posiciona en la zona donde es relevante para el proceso.

Las resistencias de calentamiento se montan en una ubicación adecuada para proporcionar calor cuando sea necesario. Las electroválvulas se instalan en el punto de control de flujo del proceso. La bomba centrífuga se coloca en una posición estratégica para permitir la circulación de líquido o fluidos según sea necesario.

Se presta atención a la disposición mecánica de los componentes, asegurando que estén de manera segura y que se eviten posibles interferencias.

El diagrama de conexiones esquemático muestra las relaciones entre los componentes del sistema y las conexiones eléctricas entre ellos.

Se representa la conexión del controlador PLC a los módulos de medición, indicando que el PLC recibe señales de entrada de temperatura, nivel y presión. Las resistencias de calentamiento se conectan al PLC para su control y activación cuando sea necesario.

Las electroválvulas se conectan al PLC para recibir señales de control y ajustar el flujo de acuerdo con las decisiones del controlador. La bomba centrífuga también está conectada al PLC para permitir su control y activación en función de las necesidades del proceso.

Se muestra la alimentación eléctrica principal del PLC y se resaltan las conexiones eléctricas clave.

Este diagrama de conexiones es fundamental para comprender cómo se interconectan los componentes en el sistema y cómo se transmiten señales entre ellos. Proporciona una visión general clara de la estructura del sistema de control y es una referencia esencial para el montaje físico y las futuras operaciones y mantenimiento del banco de entrenamiento.

5.6. Implementación y Configuración de HMI

Con la programación en Ladder definida para controlar el sistema en su núcleo, el siguiente paso en la actualización tecnológica del banco de entrenamiento del PLC Siemens S7-200 es la configuración de la Interfaz de Monitorización Humana (HMI). Esta parte crucial del proyecto permitirá a los usuarios interactuar con el sistema de una manera más intuitiva y eficiente. La HMI actúa como un puente entre el operador y el proceso automatizado, proporcionando una representación visual de los datos y parámetros clave del sistema (Ver **Figura 5- 14**. Diseño de visualización de sistema de control en WinCC). Donde se muestran los diferentes botones que conforman la interfaz tales como:

I. **Set-point:**

En este botón se establecen los valores de temperatura y nivel que se desean ingresar para iniciar el proceso en el tanque TK1 teniendo en cuenta que el rango de temperatura Max es de 60°C y el rango de nivel Max es de 80%

inicio de sesión:

Este botón aparece cuando se desea ingresar los valores de set-point ya sea de TEMP TNK1 o NIVEL TNK1 desplegando un requerimiento de **usuario (uan)** y **contraseña (123)**

II. **Inicio:**

En este botón da inicio al arranque de la planta

III. **Tendencia:**

Este botón despliega una pantalla donde se muestra la tendencia de la temperatura con relación al tiempo, los estados de los sensores, los estados de los actuadores y el nivel del tanque TK1 (ver **Figura 5- 13**)

Figura 5- 13. Pantalla de tendencia



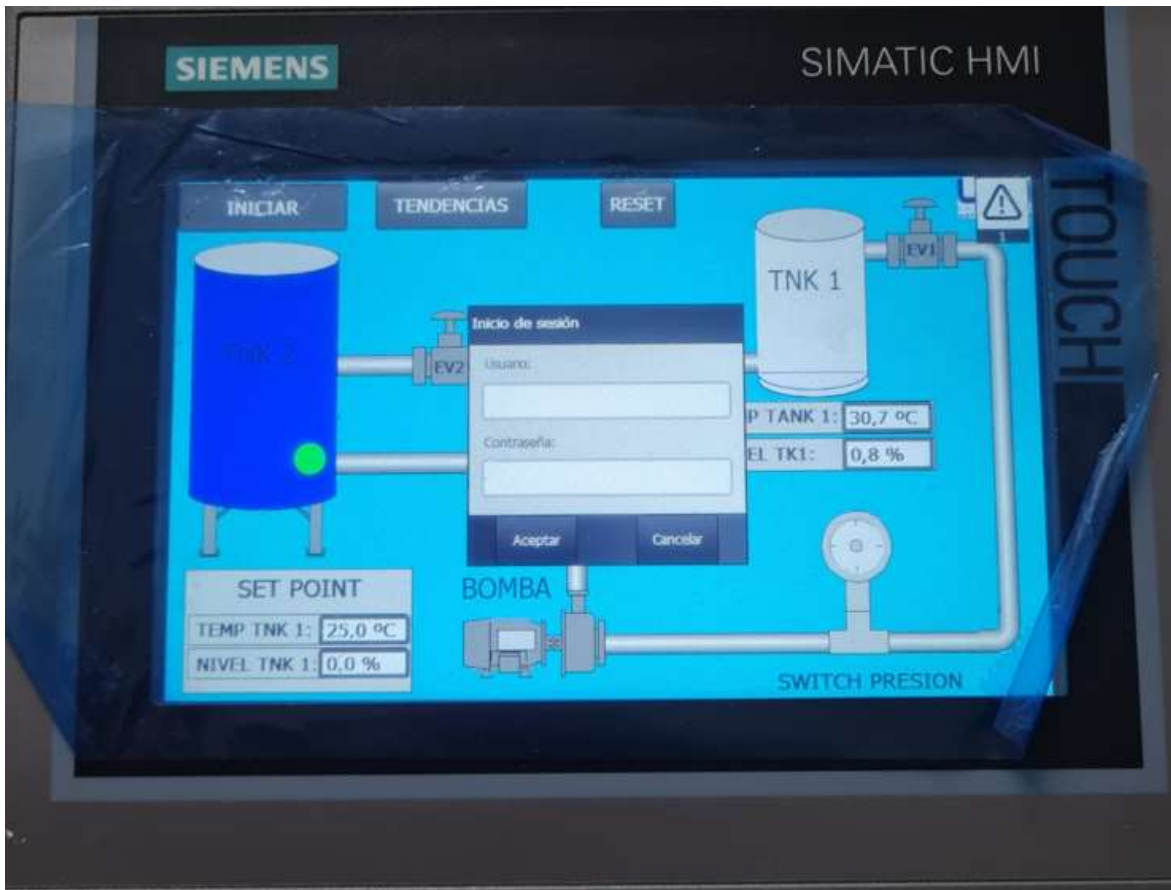
Fuente: Autores

IV. Botón de reset:

En este botón se restableces los valores iniciales de la pantalla siempre y cuando se halla corregido la falla presentada.

La programación en Ladder y la configuración de la HMI se complementan para ofrecer una solución integral en la formación de los estudiantes en automatización y control de procesos (Ver **Figura 5-15**. Pruebas del sistema implementado.

Figura 5- 14. Diseño de visualización de sistema de control en WinCC



Fuente: Autores

Figura 5- 15. Pruebas del sistema implementado



Fuente: Autores

Como se mencionó anteriormente, el programa que se utilizó para realizar la programación del PLC es el TIA Portal de Siemens, aquí es donde se configura la lógica de codificación del PLC y de la pantalla HMI. Esta comunicación entre el PLC y la pantalla se realiza por medio de un puerto Ethernet.

La programación consistió inicialmente en realizar un ejercicio de calentamiento del sistema. Es decir, este tiene dos tanques en el banco de entrenamiento TK1 y TK2 (ver **Figura 5- 16**) uno está en la parte inferior y el otro en la parte superior. El tanque TK1 posee en su interior una resistencia que realiza el calentamiento, un sensor PT100 (TT) que se encarga de medir la temperatura cuando se active la resistencia y posee un transmisor de nivel (LT) que se encarga de medir el nivel del tanque. Este rango de calentamiento se configura por medio de la pantalla HMI en la interfaz SET-POINT, menú TEMP TNK1, en esta misma interfaz en el menú NIVEL TK1 se establece el set-point para el nivel. Una vez igualado el set-point de nivel. inicia el proceso activando la electroválvula (EV1) y 5 segundos después arranca la bomba.

Una vez cumplida la condición de set-point de nivel. Se inicia el proceso de calentamiento siempre y cuando la TEMP TNK1 sea menor a la temperatura de set-point establecido en la pantalla HMI. Alcanzado el rango de temperatura aparecerá un mensaje en la pantalla HMI preguntado al usuario

si desea drenar el agua en caso de responder (SI) se abre la electroválvula (EV2) que se encuentra en la parte inferior del tanque TK1 dejando pasar el agua al tanque TK2 finalizando el ciclo.

Figura 5- 16. Estructura del banco de entrenamiento actualizado



Fuente: Autores

Una vez realizado esto aparece un mensaje en la pantalla preguntado si se desea se abre una válvula que se encuentra en la parte inferior del tanque uno para que se mezcle con la que se encuentra en el tanque dos y se pueda enfriar el agua. Esto se realiza tantas veces lo requiera la práctica.

El objetivo de este banco es que los estudiantes puedan familiarizarse con lo que es un PLC 1200 y una pantalla en donde se muestren entradas y salidas, así como también introducir conceptos y aplicarlos, tales como; señales analógicas y digitales, que en este caso se está empleando una salida digital y dos entradas analógicas; que son la señal de la PT100 y de un sensor de nivel que trabaja por presión hidrostática. Esta señal sale de 4 a 20 mA del instrumento, pero el PLC solo tiene dos entradas analógicas de 0 a 10 V. Para ello, se utilizó una resistencia para cada caso. La resistencia instalada es de 250Ω , es decir, que el rango de operación de esa señal para el PLC, está entre 1 V ($4 \text{ mA} * 250 \Omega$) a 5 V ($(20 \text{ mA} * 250 \Omega)$).

6. Análisis de Resultados

Para verificar y confirmar la funcionalidad del sistema de control automático del banco se realizaron pruebas de funcionamiento al sistema de control de nivel y control de temperatura que busca identificar que tan eficientes y confiables son los instrumentos de medida utilizados. Los resultados de estas pruebas se describen en las Tabla 6-1, 6-2

Prueba del sensor de nivel: Esta prueba fue realizada en el tanque TK1 y consistió en comparar los resultados en tiempo real de dos (2) métodos de medida. Los cuales fueron realizados por medio de una mirilla de nivel por gota ubicada en la parte lateral de tanque TK1, y un sensor de nivel por presión hidrostática ubicado en la parte superior del tanque TK1.

El procedimiento consistió en llenar con agua el tanque TK1 con diferentes niveles, descritos de manera porcentual. una vez estabilizado el sistema se registraron las medidas de ambos métodos y se compararon en la tabla 6-1, arrojando los siguientes resultados.

Tabla 6-1. Control de nivel

Nivel TK 1	Mirilla con gota	Sensor de nivel	Error sensor de nivel	Error porcentual
0%	0%	0%	0	0%
50%	50%	48.5%	1.5	3,09%
65%	65%	64%	1	1,5%
70%	70%	69.5%	0.5	0,7%
80%	80%	79.8%	0.2	0,6%
Promedio de error				1,2%

Fuente: Autores

La Tabla 6-1. Control de nivel muestra una relación tabular que mostraba la correlación entre diversos niveles porcentuales y las mediciones tomadas por dos dispositivos de control: la mirilla con gota y el sensor de nivel por presión hidrostática. Los porcentajes de nivel, que oscilaban entre el 0% y el 80%, se asociaban directamente con las mediciones reflejadas tanto en la mirilla con gota como en el sensor de nivel. Ambos dispositivos proporcionaban mediciones en concordancia con los distintos niveles de llenado del recipiente, ofreciendo un método para monitorizar y controlar el nivel de líquidos o materiales en un sistema específico.

Prueba del sensor de temperatura: en esta prueba se establecieron diferentes rangos de temperatura como set-point. La medida obtenida fue comparada con un instrumento patrón de medida (Multímetro GwInTEK GDM-350B). El comportamiento en la medición de los dos instrumentos especificados se muestra en la Tabla 6-2. El objetivo fue verificar la exactitud del instrumento de temperatura (PT100 y transmisor) utilizado en el banco de prueba.

Tabla 6-2. Control de temperatura

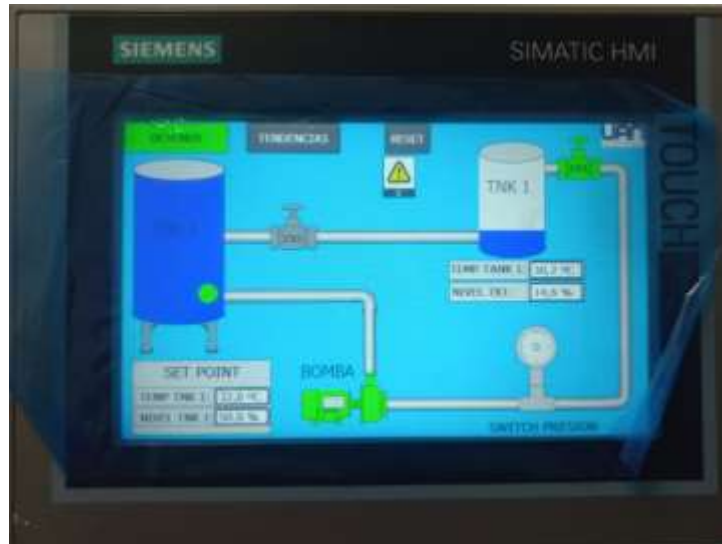
Instrumento	Temperatura de prueba					
Multímetro GwInTEK GDM-350B	28°C	32°C	33°C	36°C	44°C	
PT100	28°C	32.5°C	33.8°C	35.6°C	44.8°C	
Error absoluto PT100	0 °C	0.5°C	0.8°C	0.4°C	0.8°C	
Error porcentual PT100	0%	1.56%	2.42%	1.1%	1.81%	1.5%

Fuente: Autores

Como se observa en la tabla anterior, las mediciones realizadas a diferentes rangos de temperaturas y el error porcentual generado por el instrumento PT100 estuvo en el rango entre 0 a 0.4 °C para las diferentes mediciones realizadas. Con base en estos cálculos, se determinó que el porcentaje de error del instrumento fue del $\pm 1,5\%$. Este porcentaje reflejaba la exactitud general del instrumento en relación con las mediciones realizadas a distintas temperaturas, mostrando una discrepancia mínima entre las mediciones reales y los valores teóricos esperados.

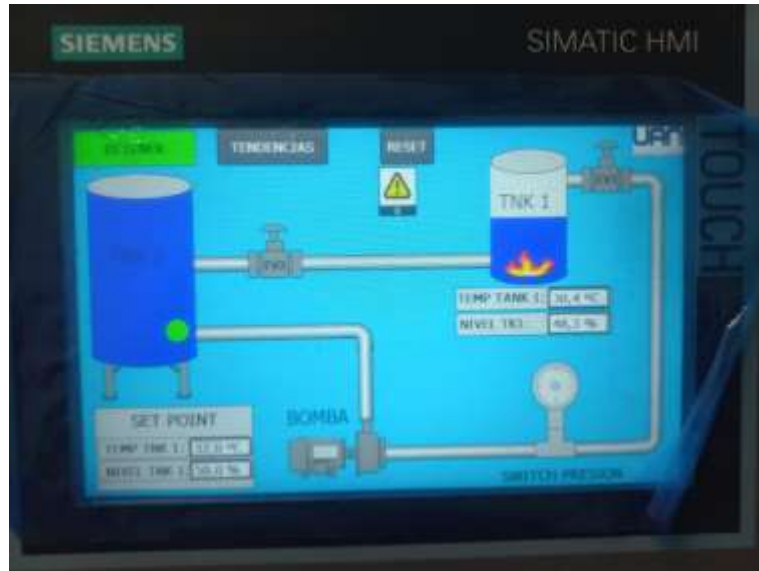
En la **Figura 6-1**, **Figura 6-2** y **Figura 6- 13** se observa las pruebas de funcionamiento del banco con sus respectivas mediciones.

Figura 6- 1. Pruebas de funcionamiento del banco de entrenamiento (Encendido)



Fuente: Autores

Figura 6- 2. Pruebas de funcionamiento del banco de entrenamiento (resistencia encendida calentando el agua)



Fuente: Autores

Figura 6- 3. Pruebas de funcionamiento del banco de entrenamiento (Apagado)



Fuente: Autores

Prueba lógica de funcionamiento: En esta prueba se comprobó la secuencia del proceso establecido en la lógica de control en el capítulo 5 sección 5.3 (**Anexo 1.** Diagrama de flujo). donde en primera medida se energizar el sistema, el controlador PLC se inicia realizando un chequeo de las condiciones de seguridad establecidas en la siguiente tabla.

Tabla 6-3. Condiciones de seguridad

Condición	Estado
Nivel TK1	< 5%
Switch de presión	= ON
Nivel TK 2	= alto
Set-point temp TK 1	< temp ambiente

Fuente: autores

Una vez el controlador verificó las siguientes condiciones y de haber ingresado los valores de set-point de temperatura a la que trabajara el proceso e ingresar el nivel de agua que llegara el TK 1 tal como se muestra en la **Figura 6- 1** y **Figura 6- 2**. Pruebas de funcionamiento del banco de entrenamiento (resistencia encendida calentando el agua) Posteriormente el sistema de acuerdo con la lógica establecida activa la válvula 1 y bomba de llenado, luego de alcanzar los set-point establecidos el sistema apaga la bomba de llenado, desactiva la válvula 2 y activa la termorresistencia para que inicie el proceso de calentamiento en el TK1.

Finalmente, después de haber alcanzado la temperatura el sistema de acuerdo a la lógica de control apaga la termorresistencia y activa la válvula 2 para retornar el agua caliente del TK 1 al TK 2 y finaliza el proceso tal como se muestra en la **Figura 6- 3**. Pruebas de funcionamiento del banco de entrenamiento (Apagado)

7. Conclusiones y recomendaciones

7.1. Conclusiones

- Se identificaron las condiciones operativas y funcionales del banco de entrenamiento del PLC Siemens S7-200, identificándose múltiples daños y fallas en los equipos, dispositivos e instrumentos como el PLC, sensor de presión, transmisor de temperatura, bomba centrífuga, cableado de control y potencia, estructura base y tanques de depósitos de agua. Esto fue esencial para implementar las acciones de mantenimiento preventivo y correctivo al banco de entrenamiento para la respectiva solución de los mismos y puesta en servicio.
- Se diseñó un sistema de control automático de lazo cerrado que permite integrar y monitorear de manera permanente las variables de entrada (temperatura y nivel) y salidas (acciones de control y mando en electroválvulas, bomba de agua y resistencia de calentamiento) y una interfaz que permite interactuar de manera amigable con el proceso.
- Se implementó un sistema de instrumentación confiable y capaz de brindar información exacta de la variable intervenida, enlazado a un sistema de control lógico de lazo cerrado capaz de ejecutar el proceso de la planta de manera segura, ejecutándose de acuerdo a la lógica del proceso en cada una de sus acciones. Siendo controlado y visualizando mediante un sistema Scada permitiéndole al usuario interactuar con las variables del proceso de manera precisa y efectiva

7.2. Recomendaciones

Para hacer del presente proyecto un sistema totalmente autónomo se recomienda:

1. Emplear un sistema regulador de presión que incorpore manómetros, válvulas reguladoras de presión y una línea de flujo de retorno por sobrepresión, que le permita al operador tener control sobre las presiones de trabajo
2. Incorporar un sensor de flujo en línea de carga de la bomba centrifuga como protección contra vacío
3. Incorporar un sistema de control PI& DI
4. Incorporar un sistema de detección por alto y su respectivo actuador mecánico (válvula con flotador) como medida de protección de sobre llenado o desbordamiento, por si el control automático de nivel entra en fallos.
5. Elaborar guías de funcionamiento y operación para que el banco de entrenamiento pueda ser empleado en procesos de capacitación a estudiantes.

8. Bibliografía

- Andrango Pachacama, J. E., & Changoluisa Moreno, J. F. (2023). *Diseño Y Construcción De Un Sistema Automatizado De Dosificación De Elementos Controlado Por Un PLC S7 1200*. Tecnológico Universitario Vida Nueva.
- Antonsen, T. (2020). *Controles PLC con Texto estructurado* (2nd ed., Vol. 1). Books on Demand.
- Arango Fontecha, K. V. (2018). *Implementación de una interfaz hombre máquina para el control de posición y velocidad de un motor trifásico usando un PLC y un Touch Panel Simatic de Siemens*. Universidad Pontificia Bolivariana.
- Arrieta Arvilla, R., & Gonzalez Kerguelen, F. (2003). *Tutorial Básico Para Programación De PLC*.
- Barreiro, L., Molina, J., & Cevallos, H. (2015). *Diseño e Implementación de un Control de Planta de Nivel Gunt RT450 del Laboratorio de Instrumentación Industrial utilizando un Plc Simatic S7 1200 con Automatización Total Integrada (TIA PORTAL) e Implementación de una Interfaz para Usuario diseñada en Labview con Comunicación mediante OPC*.
- Castro Yáñez, J. A., & García Núñez, D. D. (2011). *Implementación De Un Banco De Pruebas De Sistemas Industriales Didáctico Mediante Un PLC S7-1200, En El Laboratorio De Ingeniería Electromecánica De La Universidad Técnica De Cotopaxi Periodo 2011*. Universidad Técnica De Cotopaxi.
- Cuenca Flores, D., & Delgado Ávila, A. (2021). *Diseño e implementación de un módulo didáctico para procesos industriales electro neumáticos, mediante un PLC S7-1200 e interfaz HMI*. Universidad Politécnica Salesiana.
- Fonseca Velasquez, A., Cardenas Miranda, M. C., Pedraza Tunjo, S., & Tangarife Escobar, H. I. (2023). Diseño e implementación de un control de humedad del suelo bajo cubierta usando lógica difusa mediante PLC. *Investigación e Innovación En Ingenierías*, 11(1), 45–60. <https://doi.org/10.17081/invinno.11.1.6108>

- Heredia, J. M. (2012). *Estudio y construcción de una plataforma para el control de maquetas docentes con Arduino. Comparativa con autómatas programables S7-200* [Tesis de grado]. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales.
- Hernández, W., & Medina Cohen, E. (2011). *Control Secuencial Con PLC S7-200 Prácticas De Laboratorio*. Universidad Tecnológica de Bolívar .
- Hui, H., & McLaughlin, K. (2018, August). *Investigating Current PLC Security Issues Regarding Siemens S7 Communications and TIA Portal*. <https://doi.org/10.14236/ewic/ICS2018.8>
- Kuong, S., Thap, T., Math, S., Yahoui, H., Tran, T. K., & Heng, S. (2023). Industry 4.0: Developing Center of Excellence for PLC Lab in the field of Automation. *2023 Joint International Conference on Digital Arts, Media and Technology with ECTI Northern Section Conference on Electrical, Electronics, Computer and Telecommunications Engineering (ECTI DAMT & NCON)*, 369–373. <https://doi.org/10.1109/ECTIDAMTNCN57770.2023.10139411>
- Lascano Andaluz, C. F., & Costales Balladres, P. M. (2017). *Diseño e implementación de un sistema automatizado de transporte y dosificación de alimentos, mediante PLC S7 1200 para el ganado bovino en las jaulas de ordeño en la Estación Experimental Tunshi*. ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO.
- López Rua, A. M., & Tamayo Alzate, Ó. E. (2012). Las prácticas de laboratorio en la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista Latinoamericana de Estudios*, 8(1), 145–166.
- Maquera, Y. (2021). Automatización de Máquinas Industriales con la Aplicación del PLC SIMATIC S7-200. *Electrónica ETN*, 1(1), 24–33.
- Miranda Gamarra, A. M., & Ruiz Quishpe, D. R. (2023). *Diseño e implementación de un módulo educativo controlado mediante PLC S7-1200 con interfaz HMI, para simulación de procesos industriales neumáticos y electroneumáticos*. Universidad Politécnica Salesiana.

- Morán Solano, M. G., Moreno Jiménez, J., & Martínez Galván, A. X. (2018). Diseño E Implementación De Un Panel Didáctico Con Plc Siemens S7-1200. *Congreso Internacional En Ingeniería Electrónica*, 1–6.
- Nuñez Ramirez, A. V. (2019). *Diseño De Una Plataforma Web De Software Libre Para La Creación De HMIS Para Los PLC S7-1200 Y Su Incidencia En La Reducción De Costos De Monitoreo*. Universidad Técnica De Ambato.
- Ogata, K. (2010). *Ingeniería de control moderna* (5th ed., Vol. 1). PRENTICE HALL.
- Pérez Rojas, E. (2008). *Diseño Y Montaje De Un Entrenador Con El Controlador Lógico Programable PLC S7-200 De Siemens*. Universidad Pontificia Bolivariana.
- Quezada-Quezada, J., Bautista-López, J., Flores-García, E., & Quezada-Aquilar, V. (2014). Diseño e implementación de un sistema de control y monitoreo basado en HMI-PLC para un pozo de agua potable. *Ingeniería Investigación y Tecnología*, 15(1), 45–50.
- Siemens. (2023, October 20). *Siemens SIMATIC HMI TP700 Comfort Panel 7" 6AV2124-0GC01-0AX0*. GSL Industrias.
- S7 Controlador programable S7-1200, Pub. L. No. A5E02486683-AL, SIMATIC 1 (2018).
- Paneles de operador TP700 Comfort Outdoor, TP1500 Comfort Outdoor, Pub. L. No. A5E35956986-AC, Instrucciones de servicio resumidas 1 (2016).
- Sosa Yarlequé, I. (2018). *Diseño De Un Programador Lógico Programable Usando Microcontrolador Atmega Y Lenguaje Ladder Para Aplicaciones De Laboratorio* [Tesis de grado]. Universidad Nacional de Piura.
- Vargas Viteri, L. I., & Vallejo Zavala, G. J. (2014). *Repotenciación Del Módulo De Verificación Mediante La Implementación Del PLC Simatic S7-1200 Y Pantalla Táctil Del Laboratorio De Control Y Manipulación Automática De La Escuela De Ingeniería De Mantenimiento De La ESPOCH* [Tesis de Grado]. Escuela Superior Politécnica De Chimborazo.
- Zhang, Y., Zhang, N., Han, X., & Jiang, Z. (2016). *The Research and Construction of Virtual PLC Laboratory based on Configuration Software*. <https://doi.org/10.2991/emcs-16.2016.115>

SIEMENS. (26 de 01 de 2019). *SIEMENS*. Obtenido de
[https://support.industry.siemens.com/cs/document/109763486/informaci%C3%B3n-de-producto-para-los-productos-s7-200-cn-\(descatalogaci%C3%B3n-en-2017\)?dti=0&lc=es-AR](https://support.industry.siemens.com/cs/document/109763486/informaci%C3%B3n-de-producto-para-los-productos-s7-200-cn-(descatalogaci%C3%B3n-en-2017)?dti=0&lc=es-AR)

9. Anexos

Anexo 1. Diagrama de flujo

Anexo 2. Datasheet PLC Siemens S7-1200

Anexo 3. Datasheet pantalla HMI 700 comfort

Anexo 4. Datasheet switch de presión

Anexo 5. Datasheet transmisor de temperatura

Anexo 6. Programa PLC Siemens S7-1200

Anexo 7. Plano de conexión PLC

Anexo 8. Procedimiento de conexionado puesta en servicio y operación del banco entrenamiento para PLC S7-1200