

**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA
ELENA**

FACSISTEL

ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

**COMPONENTE PRÁCTICO DEL EXAMEN
COMPLEXIVO**

*“Diseño de un sistema automatizado para el proceso de
producción de botellas de vidrio”*

AUTOR:

Ariel Vinicio Terán Castro

DIRIGIDO POR:

Ing. Carlos Saldaña Enderica, M.Sc.

La Libertad – Ecuador

2024

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado a mis a padres, Vinicio Terán y Maritza Castro, quienes me han apoyado de todas las maneras posible para que pudiera llegar hasta donde estoy. A mi esposa Dayanna Albarracín, quien ha creído y confiado en mí en cada decisión que hemos tomado, y quien con paciencia ha estado conmigo en este largo camino.

Y a mi hijo Benjamín Terán, el impulso para mejorar día tras día para ser su ejemplo y darle todo lo necesario para que llegue lejos en su vida.

AGRADECIMIENTO

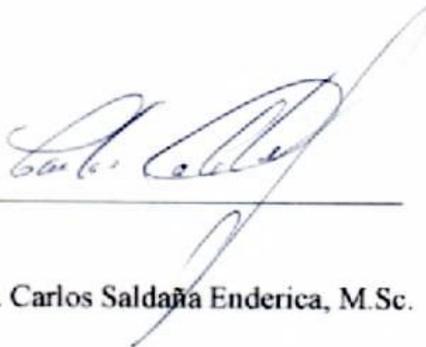
Agradezco principalmente a mis padres, que gracias a su sacrificio diario me han dado el impulso para aprender y mejorar. A mi esposa Dayanna Albarracín, quien con su compañía ha sabido alentarme y darme las fuerzas, confiando siempre el uno con el otro.

A mis compañeros Ariel Calixto, Marly Asencio, Anthony Rosales y Jerick Suarez, con quienes nos hemos sabido apoyar para avanzar en esta trayectoria académica. Y a los docentes que han dedicado su tiempo para compartirnos su conocimiento. Muchas gracias por ser parte de mi vida.

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del trabajo examen complejo denominado: “Diseño de un sistema automatizado para el proceso de producción de botellas de vidrio”, elaborado por el estudiante Ariel Vinicio Terán Castro, de la carrera de Electrónica y Automatización de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, me permito declarar que luego de haber orientado, estudiado y revisado, lo apruebo en todas sus partes y autorizo al estudiante que inicie los trámites legales correspondientes.

La Libertad, 13 de enero de 2025



Ing. Carlos Saldaña Enderica, M.Sc.
Docente Tutor

FIRMAS DE RESPONSABILIDAD

Firmas de responsabilidad del estudiante.

Nombre: Ariel Vinicio Terán Castro

Cédula: 0150907384



Firma

Firmas de responsabilidad del Profesor o Tutor Propuesto (opcional).

Nombre: Ing. Carlos Saldaña, M.Sc.

Cédula: 0914840947



Firma

Firmas de responsabilidad del Docente de Unidad de Integración Curricular II.

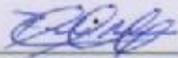
Nombre: Ing. Luis Enrique Chuquimarca Jiménez, M.Sc.

Cédula: 1104610132



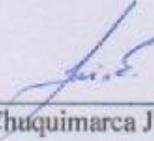
Firma

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN



PhD. Ronald Humberto Rovira Jurado.

**DIRECTOR DE LA CARRERA DE
ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN.**



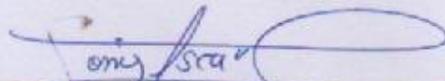
Ing. Luis Chuquimarca Jiménez, MSc.

DOCENTE GUÍA UIC II



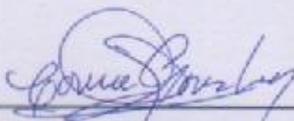
Ing. Carlos Saldaña Enderica, MSc.

DOCENTE TUTOR



Ing. Óscar Gómez Morales, MBA.

DOCENTE ESPECIALISTA



Ing. Corina Gonzabay, Mgt.

**SECRETARIA DEL TRIBUNAL
DE SUSTENTACIÓN**

RESUMEN

El proyecto en cuestión se orienta al diseño de un sistema automatizado para el proceso de producción de botellas de vidrio mediante PLC S7 - 1200 y HMI, mismo que permite mejorar significativamente la eficiencia y control de esta producción industrial. Para lo cual se aplicaron métodos investigativos para la extracción de información, así como método deductivo para el diseño del algoritmo de control y método experimental para las pruebas y resultados.

Con el estudio del proceso de fabricación de botellas de vidrio se pudo identificar los dispositivos y con dicha información, diseñar el sistema automatizado para el llenado y vaciado de las materias primas como el calcín, la base, el vitrificante y el fundente-colorante. Se generó los distintos diagramas de flujo correspondientes a cada uno de los sistemas y se diseñó la lógica de programación en lenguaje Ladder con TIA Portal, creando tablas de variables y bloques de datos para el funcionamiento interno y la herramienta de recetas.

Mediante el diseño de un árbol de navegación para las pantallas del dispositivo SIMATIC TP900 Comfort, se diseñó un HMI, con WinCC que a su vez permitió personalizar colores, movimientos y seguridad, para cumplir con la normativa ANSI - ISA. Con el enlace de las variables HMI y PLC, se procedió con el funcionamiento evaluado en conjunto con la simulación. Las pruebas en el laboratorio de automatización de la UPSE confirmaron que la conexión y funcionamiento de los dispositivos de medición de parámetros eléctricos y control de temperatura sean correctos, asegurando que el sistema reacciona según lo esperado.

Palabras Claves: Automatización, botellas de vidrio, HMI, PLC S7 – 1200, TIA Portal.

ABSTRACT

This project focuses on the design of an automated system for the production process of glass bottles using PLC S7-1200 and HMI, which significantly improves the efficiency and control of this industrial production. Investigative methods were applied for information extraction, as well as the deductive method for the design of the control algorithm and the experimental method for testing and results.

The study of the glass bottle manufacturing process allowed the identification of devices and, with this information, the design of an automated system for the filling and emptying of raw materials such as cullet, base, vitrifying agent, and flux-colorant. Various flow diagrams corresponding to each of the systems were generated, and the programming logic was designed in Ladder language using TIA Portal, creating variable tables and data blocks for internal operation and the recipe tool.

The designing a navigation tree for the screens of the SIMATIC TP900 Comfort device, an HMI was designed with WinCC, which allowed the customization of colors, movements, and security to comply with ANSI-ISA standards. With the linking of HMI and PLC variables, the operation was evaluated together with the simulation. Tests in the UPSE automation laboratory confirmed that the connection and operation of the electrical parameter measurement and temperature control devices were correct, ensuring that the system reacts as expected.

Keywords: Automation, glass bottles, HMI, PLC S7 – 1200, TIA Portal.

Índice General

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO.....	III
APROBACIÓN DEL TUTOR	III
FIRMAS DE RESPONSABILIDAD.....	IV
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN.....	V
RESUMEN.....	VI
ABSTRACT	VII
INTRODUCCIÓN	11
Objetivos del proyecto	13
Objetivo general.....	13
Objetivos específicos.....	13
Antecedentes.....	14
Justificación.....	15
Alcance del proyecto.....	16
Capítulo 1: Fundamentos Teóricos	17
1.1. Marco Conceptual.....	17
1.1.1. Procesos Automatizados.....	17
1.1.2. La pirámide de automatización.....	17
1.1.3. Controlador lógico programable	18
1.1.4. Interfaz humano máquina	19
1.1.5. Protocolos de comunicación.....	20
1.1.6. Botellas de vidrio	20
1.1.7. Tipos de botellas y sus propiedades.....	23
1.1.8. Dosificación de materiales	26
1.1.9. Automatización de una planta de producción de botellas de vidrio	27
1.2. Componentes físicos.....	32
1.2.1. Sensores analógicos	32
1.2.2. Actuadores eléctricos	33
1.2.3. Actuadores Neumáticos.....	34
1.3. Componentes lógicos.....	35
1.4. Normativa empleada en el desarrollo del proyecto	36
1.4.1. Normativa HMI	36
1.4.2. Normativa PLC.....	36
1.5. Importancia y beneficio de la propuesta	37
Capítulo 2: Desarrollo experimental	38
2.1. Plan de ejecución.....	38

2.1.1. Metodología del proyecto.....	38
2.1.2. Estudio de factibilidad.....	39
2.2. Descripción de la solución del proyecto	41
2.2.1. Descripción del proyecto.....	41
2.2.2. Diseño del sistema	42
2.2.3. Diagrama P&ID de los procesos de carga y descarga de Silos y Mezclado de materiales	45
2.2.4. Esquema eléctrico del proyecto	45
2.3. Diseño de la propuesta.....	45
2.3.1. Lógica de control del proceso de fabricación de botellas de vidrio.....	45
2.3.2. Programación de la lógica de control.....	46
2.3.3. Comunicación entre PLC y HMI.....	50
2.3.4. Diseño de la interfaz HMI.....	51
2.4. Pruebas y puesta en marcha de la solución	54
2.4.1. Interfaz de simulación PLC	54
2.4.2. Interfaz de simulación HMI.....	56
2.5. Resultados	67
2.6. Conclusiones.....	69
2.7. Recomendaciones	69
Bibliografía.....	70

Índice de Figuras

Figura 1: Esquema general de un sistema automatizado [4].....	17
Figura 2: Pirámide de Automatización [5]	18
Figura 3: Esquema interno del PLC S7 – 1200 [9]	19
Figura 4: Comunicación PLC – HMI [Fuente: Autor]	20
Figura 5: Ejemplar de las primeras botellas de vidrio modernas [14].....	21
Figura 6: Primera máquina automatizada para la formación de botellas [15]	21
Figura 7: Calcín [17]	22
Figura 8: Arena Sílice [18]	22
Figura 9: Cal [30]	22
Figura 10: Compuestos fundentes [20].....	23
Figura 11: Botella cerveza ALE 50cl [21].....	23

Figura 12: Botella cerveza BELGIEN 70cl [22].....	24
Figura 13: Botella Borgoña leve [23].....	25
Figura 14: Botella Zumo 283ml [24].....	25
Figura 15: Porcentajes de materiales Botella ALE	26
Figura 16: Porcentajes de materiales Botella BELGIEN.....	26
Figura 17: Porcentajes de materiales Botella Borgoña LEVE.....	27
Figura 18: Porcentajes de materiales Botella ZUMO.....	27
Figura 19: Esquema de carga y descarga de silos [Fuente: Autor]	28
Figura 20: Mezclador rotativo industrial [25].....	28
Figura 21: Horno de fusión de la empresa BDF Industries [26].....	29
Figura 22: Distintos moldes para botellas de vidrio [29]	29
Figura 23: Proceso del moldeo y soplado [31]	30
Figura 24: Botella en el proceso de recocido [31]	30
Figura 25: Cámaras reconociendo el estado lateral de la botella [34].....	31
Figura 26: Disposición de los inspectores de calidad [34]	32
Figura 27: Sensor tipo radar VEGAPULS 6X.....	32
Figura 28: Flujo de trabajo de la norma ANSI/ISA-101.01-2015 [38].....	36
Figura 29: Estándar 61131-3 PLC programming Languages [41].....	37
Figura 30: Esquema lineal de la propuesta. [Fuente: Autor]	38
Figura 31: Descripción del proyecto [Fuente: Autor]	42
Figura 32: Diseño del proceso de carga y descarga de silos [Fuente: Autor].....	43
Figura 33: Selección del dispositivo controlador [Fuente: Autor].....	46
Figura 34: Menú de ingreso de bloques y lenguaje de programación PLC [Fuente: Autor]	47
Figura 35: Conexión virtual PLC - HMI [Fuente: Autor]	50
Figura 36: Ingreso de variables HMI [Fuente: Autor].....	50
Figura 37: Enlace de variables HMI con variables PLC [Fuente: Autor]	51
Figura 38: Árbol de navegación de pantallas HMI [Fuente: Autor]	51
Figura 39: Ingreso de usuarios HMI [Fuente: Autor].....	52
Figura 40: Registro de recetas [Fuente: Autor].....	53
Figura 41: Registro de cantidades por receta [Fuente: Autor].....	53
Figura 42: PLCSIM en estado RUN.....	54

Figura 43: Carga del algoritmo en el PLCSIM.....	55
Figura 44: Observación online activada	55
Figura 45: Comprobación del normalizado y escalado mediante forzado de variable analógica.....	56
Figura 46: Acceso de usuarios	56
Figura 47: Aviso de inicio de sesión	57
Figura 48: Pantalla de control general.....	57
Figura 49: Avisos en pantalla general	58
Figura 50: Pantalla de menú de opciones	58
Figura 51: Control de Silo 1	59
Figura 52: Ventana emergente de controles de Silo	59
Figura 53: Ventana emergente de controles de compuerta.....	60
Figura 54: Controles de la mezcladora.....	60
Figura 55: Controles del llenado de tanque	61
Figura 56: Pantalla de mantenimientos.....	61
Figura 57: Pantalla de recetas	62
Figura 58: Sistema en modo automático.....	62
Figura 59: Simulación de sensores analógicos.....	63
Figura 60: Carga neumática activa en silo	63
Figura 61: Carga neumática inactiva en silo lleno	64
Figura 62: Valores de controlador de temperatura en tanque de agua	64
Figura 63: Mezcladora activa.....	65
Figura 64: Mezclador en etapa de vaciado	65
Figura 65: Históricos: Llenado de silos.....	66
Figura 66: Históricos: Valores operativos	66
Figura 67: Históricos: Llenado de tanque.....	66
Figura 68: Históricos: Controlador de temperatura.....	67

Índice de Tablas

Tabla 1: Propiedades de la botella cerveza ALE 50cl [21].....	23
Tabla 2: Propiedades de la botella cerveza BELGIEN 70cl [22].....	24
Tabla 3: Propiedades de la botella Borgoña leve [23].....	24

Tabla 4: Propiedades de la botella ZUMO 283ml [24]	25
Tabla 5: Distribución de materias primas por botella.....	26
Tabla 6: Datos técnicos del sensor tipo radar VEGAPULS 6X.....	32
Tabla 7: Características de válvula EK924 [36].....	34
Tabla 8: Costos de equipos	40
Tabla 9: Costos de mano de obra del proyecto	41
Tabla 10: Costo total del proyecto	41
Tabla 11: Entradas / Salidas del proceso de carga y descarga de silos	43
Tabla 12: Diseño del proceso de Mezclado [Fuente: Autor]	44
Tabla 13: Diseño del proceso de llenado del tanque [Fuente: Autor]	44
Tabla 14: Entradas / Salidas del proceso mezclado y llenado de tanque.....	45

INTRODUCCIÓN

Las botellas de vidrio reciclado son un recurso valioso para la industria y el medio ambiente. Al reciclar este producto, se llega a ahorrar energía, de tal modo que se disminuye la emisión de gases perjudiciales, tanto como para las personas en su salud, como para el medio ambiente. Producir botellas de vidrio reciclado, es un proceso de varias etapas, tales como la selección de materias primas, la dosificación, el mezclado, la fusión, el corte y moldeo, el recocido y el enfriamiento. Estas etapas requieren la tecnología adecuada pues el vidrio, sigue siendo un material frágil.

Entre los procesos a mejorar la eficiencia, está la dosificación de materias primas, mismo proceso que se encarga de que cada uno de los ingredientes que conforman las botellas de vidrio, sean vertidas en las cantidades correctas.

El proceso de mezclado de materias primas constituye fundamental antes de pasar a ser una pasta homogénea lista para ser fundida en el horno, cada silo lleno con la cantidad justa para la botella del tipo deseado, abre sus compuertas permitiendo el paso de las materias a la mezcladora, en esta etapa el agua es crucial, por lo cual, un tanque se llena con la cantidad necesaria, la cual depende del tipo de botella y la cantidad de las mismas a producir.

Partiendo del principio fundamental de los procesos mencionados, la optimización de los mismos mediante la aplicación de dispositivos PLC es, no solo viable, sino que ofrece ventajas sobre entornos no automatizados. Además, la monitorización acorde al estado real de la planta debe indicarnos posibles situaciones de alarma mediante un HMI, como un exceso consumo de corriente, sobrecargas u otra eventualidad en el proceso.

Al finalizar, las revisiones y correcciones validarán el funcionamiento lógico del sistema, poniendo a prueba el sistema en situaciones en las que los sensores puedan enviar lecturas no acordes al funcionamiento normal de la planta, ayudándonos de las entradas físicas y analógicas disponibles en el laboratorio de pruebas, y forzando la activación de las otras variables en estado de memoria, y así evitar estados de redundancia, procesos erróneos o lecturas de sensores que puedan provocar fallos graves en el sistema.

Este proyecto puede ampliarse en un futuro extendiendo los procesos que continúan en la producción industrial de botellas de vidrio, y reemplazando las entradas de tipo memoria por sensores reales, puesto que el funcionamiento es el mismo.

Objetivos del proyecto

Objetivo general

Diseñar un sistema automatizado para los procesos de llenado de silos y mezclado de materiales en la producción de botellas de vidrio, con interfaz humano – máquina para el monitoreo.

Objetivos específicos

- Diseñar un algoritmo de programa en lenguaje Ladder, para los procesos de llenado de silos y mezclado de materiales mediante el software TIA PORTAL.
- Diseñar una interfaz gráfica HMI, con el software TIA PORTAL, para la visualización y monitoreo, tanto del llenado de cada silo, como de la mezcladora de materias primas.
- Evaluar la funcionalidad del programa PLC S7 – 1200 junto con la interfaz HMI mediante los resultados de las pruebas de funcionamiento.

Antecedentes

En Ecuador se ha ido ampliando el uso de este producto con respecto a su semejante, botellas de plástico. En nuestro país, según un cálculo realizado por “O-I” Ecuador en el año 2012, un aproximado de cuatro mil ochocientos millones de botellas de vidrio se mueven dentro del territorio nacional, disputándose contra unos mil trescientos millones de ejemplares de botellas plásticas, la razón de esta preferencia se debe a las ventajas de reciclaje, precio y reutilización que aventaja al vidrio [1].

Tal es el caso de la empresa proveniente de Europa “O-I” una de las más grandes a nivel mundial enfocadas al desarrollo de envases de este material [2]. La fábrica inicia sus procesos con la recepción y almacenamiento de las materias primas en grandes silos mediante sistemas de carga por banda transportadora. Para el mezclado se utiliza un sistema de dosificación gravimétrica, el pesaje automatizado controla precisamente las cantidades que pasarán a la mezcladora. El proceso de mezcla es continuo, conforme se va mezclando, se va vertiendo la cantidad necesaria de agua para mantener la homogeneidad antes de llegar al horno.

En el 2024, un proyecto de automatización desarrollado en la UPSE desarrolló el diseño de un sistema automatizado aplicado a los subprocesos de triturado y mezclado en la fabricación de vidrio, en el cual se cuenta con un sistema de transporte por puente grúa del vidrio reciclado, hacia la mezcladora. La apertura de los recipientes de mezclado se realiza mediante compuertas neumáticas [3].

La UPV en el 2022 desarrolló el “diseño y fabricación de una mezcladora de sólidos pulverulentos”, en los cuales se amplían los conceptos de diseño de espirales para la remoción y flujo constante de los sólidos, además de la potencia del motor trifásico del mezclador, alimentado por 220 VAC con frecuencia de 60Hz constante [4].

El enfoque del proyecto en cuestión se orienta a un sistema de carga neumática de sólidos al granel para cada silo de materia prima, del mismo modo las compuertas neumáticas para el vaciado de cada recipiente. La mezcladora se fundamenta en un clásico sistema por aspas. El controlador PLC con la programación específica para que el sistema funcione tanto automáticamente por señales de los sensores, así como manualmente, mediante pulsadores en los paneles.

Justificación

El problema que se pretende solucionar al automatizar el proceso de fabricación de botellas de vidrio reciclado es el de reducir el consumo de energía, los costes de producción y el impacto ambiental. El vidrio reciclado requiere menos temperatura para fundirse que el vidrio virgen, lo que implica un menor gasto de combustible y una menor emisión de gases de efecto invernadero. Además, al reutilizar el vidrio se evita la extracción de materias primas y se reduce la cantidad de residuos que se generan. Sin embargo, el proceso de fabricación de botellas de vidrio reciclado implica varias etapas que requieren mano de obra, tiempo y recursos. Estas etapas son: la recolección, el transporte, la limpieza, la clasificación, el triturado, el fundido y el moldeado. Al automatizar estas etapas se puede optimizar el rendimiento, la calidad y la seguridad del proceso, así como minimizar los errores humanos y los riesgos laborales.

Este proyecto sienta sus bases en los beneficios del ámbito económico y ambiental que ofrece automatizar el proceso de fabricación de botellas de vidrio reciclado. La automatización de un sistema de por sí ya ofrece una ventaja en el consumo de energía, pues el tiempo de producción se reduce, a comparación de un trabajo realizado de forma manual. Por otra parte, se obtendría una mejora de la calidad del producto, pues el sistema se encarga de realizar todo a medida. Así, el proyecto contribuiría a la sostenibilidad del sector del vidrio y al cuidado medio ambiental.

Alcance del proyecto

Inicialmente, se realizará un análisis exhaustivo de los procesos actuales de llenado de silos y mezclado de materiales para identificar áreas de mejora y posibles integraciones con sistemas automatizados. Posteriormente, se procederá al diseño de un algoritmo en lenguaje Ladder que permita controlar y optimizar estas operaciones a través del software TIA Portal. Este algoritmo será el núcleo del sistema, asegurando que los procesos se ejecuten de manera eficiente y consistente.

Se diseñará una interfaz gráfica HMI aplicando la normativa ANSI/ISA-101.01-2015 para el diseño y utilizando el software WinCC como herramienta, para visualizar de forma clara el sistema, por lo cual, la misma debe ser intuitiva y entendible para que el operador interactúe con el sistema y pueda supervisar y controlarlo eficazmente.

El proyecto también incluirá pruebas rigurosas de simulación para validar la funcionalidad del sistema antes de su implementación. Estas pruebas ayudarán a identificar y corregir errores, asegurando que el sistema sea confiable.

Capítulo 1: Fundamentos Teóricos

1.1. Marco Conceptual

El capítulo siguiente se explican aquellos conceptos necesarios y fundamentales de ingeniería en automatización orientada a procesos industriales para comprender de mejor manera el proyecto.

1.1.1. Procesos Automatizados

Mediante el avance tecnológico, se ha podido realizar distintas tareas de manera automática, orientado a un fin respectivo, los procesos automatizados ofrecen unos puntos claves de sus ventajas [5].

- Mejora de eficiencia. - Automatizar tareas cíclicas reduce drásticamente el tiempo de producción, comparando a si dicho proceso lo realizase un ser humano, las máquinas y su programación ofrecen una ventaja significativa [6].
- Desarrollo Digital. – Las transiciones y evolución de la industria se han disparado en las últimas décadas, y actualmente los algoritmos basados en IA y Machine Learning amplían los límites del alcance y escalabilidad en procesos industriales [7].

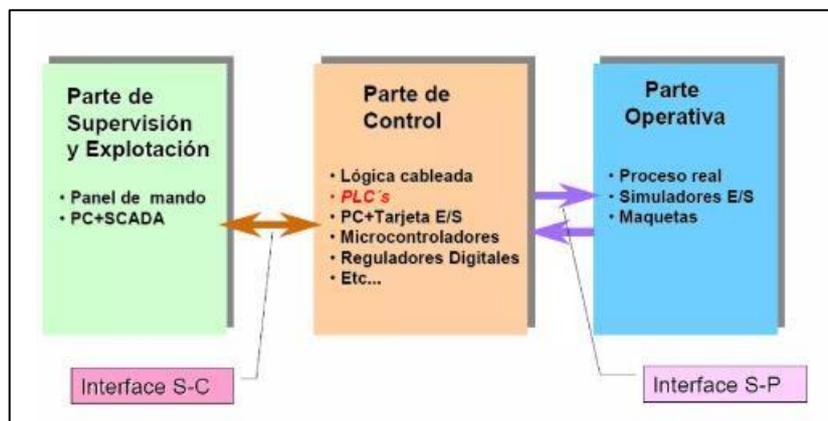


Figura 1: Esquema general de un sistema automatizado [1]

1.1.2. La pirámide de automatización

Este concepto se utiliza para describir los diferentes niveles de automatización dentro de una organización industrial. El presente modelo se compone de cinco niveles, cada uno correspondiente a una capa específica de tecnología y dispositivos integrados que trabajan en conjunto para optimizar los procesos de producción [8]. Consta de cinco niveles:

- En la base de la pirámide se encuentra el nivel de campo, donde los sensores y actuadores interactúan directamente con la maquinaria y los procesos físicos.
- El siguiente nivel es el de control, que procesa los datos recogidos en el nivel de campo y toma decisiones para la operación de la maquinaria.
- Por encima de este, se sitúa el nivel de supervisión, que monitorea y optimiza los procesos de producción.
- El cuarto nivel, denominado de planificación, donde se analizan los datos para mejorar la eficiencia y la productividad.
- Finalmente, en la punta de la pirámide se encuentra el nivel de gestión, que se enfoca en la toma de decisiones estratégicas basadas en el análisis de datos de producción.

La pirámide de automatización es fundamental en la Industria 4.0, ya que permite la integración sistemática de tecnologías avanzadas como la inteligencia artificial, el big data y el Internet de las Cosas [8].

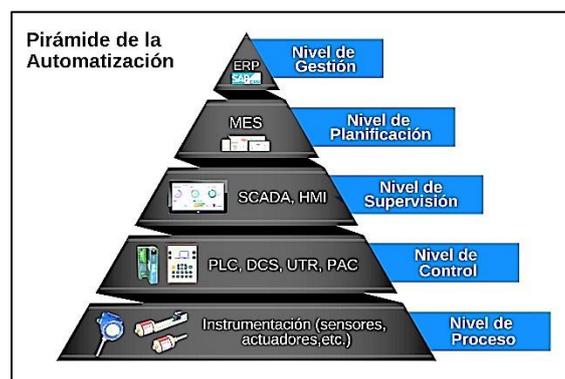


Figura 2: Pirámide de Automatización [2]

1.1.3. Controlador lógico programable

Todo sistema automatizado depende un controlador, sea el más básico de los procesos o el más complejo y robusto de los automatismos, el escoger el dispositivo que se va a encargar de hacer funcionar todo es crucial [9].

El PLC, en inglés (Programmable Logic Controller), son dispositivos electrónicos digitales que son usados en entornos industriales para automatizar procesos y maquinarias. Estos dispositivos cuentan con una memoria programable para almacenar instrucciones que ejecutan funciones de control como lógica, secuenciación, temporización y conteo, gestionando señales de entrada y salida tanto digitales como

analógicas. Los PLCs son fundamentales en la implementación de la Industria 4.0, permitiendo la integración de nuevas tecnologías de control [9].

El PLC S7-1200 tiene una gran flexibilidad y capacidad de adaptación. Como se observa en la ilustración (3), este dispositivo cuenta de fábrica con ocho entradas y seis salidas digitales, además de dos entradas analógicas que se pueden configurar según las necesidades específicas de cada proceso, y su interfaz PROFINET integrada permite una comunicación eficiente para la programación, conexión HMI y la interacción con otros dispositivos [3].

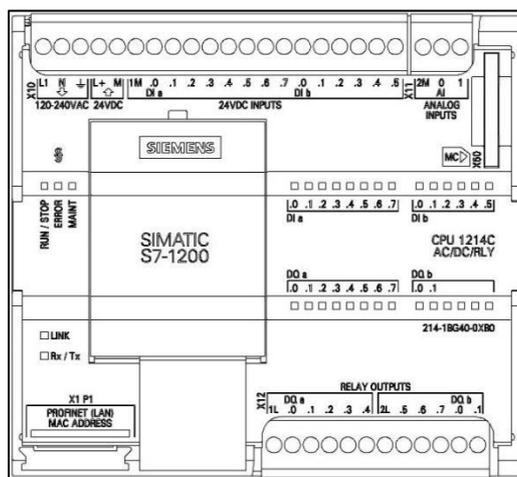


Figura 3: Esquema interno del PLC S7 – 1200 [3]

1.1.4. Interfaz humano máquina

Los Interfaces Hombre-Máquina (HMI) son dispositivos o software que permiten la interacción entre los operadores humanos y las máquinas. Los orígenes de los HMI se remontan a paneles de control analógicos y han evolucionado hasta las sofisticadas interfaces gráficas de usuario que conocemos hoy [10].

Las ventajas de los HMI modernos incluyen una mayor eficiencia operativa, mejor visualización de procesos, y la capacidad de realizar diagnósticos y solución de problemas en tiempo real. El software TIA Portal V16 de Siemens es un ejemplo destacado de esta evolución, integrando funciones de programación de PLC y HMI en una sola plataforma. Esta integración facilita la ingeniería y reduce los tiempos de puesta en marcha y mantenimiento. Además, TIA Portal V16 ofrece una interfaz de usuario intuitiva y herramientas de diagnóstico avanzadas, lo que mejora la experiencia del usuario y la productividad. Con capacidades como la gestión de carga basada en PLC y la optimización del suministro de energía [10].

1.1.5. Protocolos de comunicación

Entre los protocolos más usados para la comunicación con PLCs se encuentra el "ISO-on-TCP", que permite la comunicación TCP/IP abierta y es ampliamente utilizado para el intercambio de datos entre dispositivos. Además, el S7-1200 facilita la comunicación punto a punto a través de interfaces RS422/485 y RS232, siendo compatible con el protocolo MODBUS-RTU, lo que permite definir módulos de comunicación como maestros o esclavos dentro de una red MODBUS [11].

La integración con PROFINET es otra característica relevante, que permite la comunicación con sistemas SCADA como WinCC RT Advanced y facilitando la transmisión de áreas de memoria entre PLCs de Siemens mediante el bloque de instrucciones PUT [11].

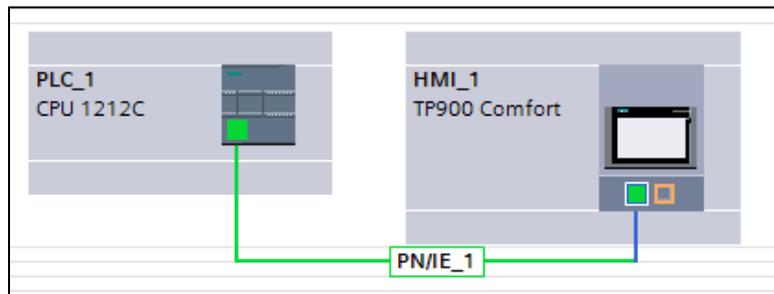


Figura 4: Comunicación PLC – HMI [Fuente: Autor]

1.1.6. Botellas de vidrio

Las botellas de vidrio han acompañado a la humanidad durante miles de años, evolucionando junto a nuestras sociedades y necesidades y fue en el Imperio Romano (siglo I d.C.), cuando se desarrolló la primera producción a gran escala de botellas para almacenar vino y otros líquidos [12].

En el siglo XVII, Sir Kenelm Digby crea la "Botella Inglesa", una botella cilíndrica con hombros caídos y cuello largo, similar a la borgoñesa actual [13].



Figura 5: Ejemplar de las primeras botellas de vidrio modernas [4]

Para el siglo XVIII junto con la revolución industrial hacen su aparición las primeras máquinas para la fabricación en serie de botellas [14][15].

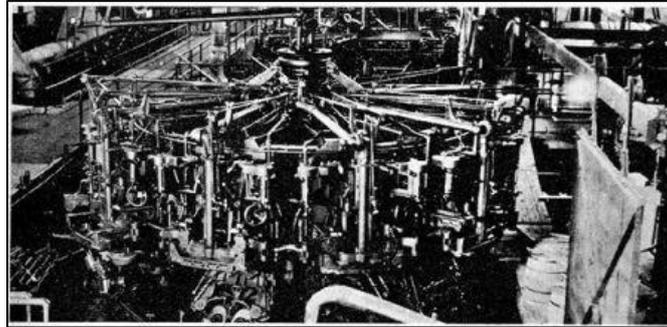


Figura 6: Primera máquina automatizada para la formación de botellas [16]

Actualmente se ha mejorado la receta para producir estas botellas de vidrio de alta resistencia y mejoras en los procesos de producción, permitiendo botellas más ligeras y resistentes [17].

Las botellas de vidrio, tienen en su composición, generalmente [18]:

- **Calcín:** es un término utilizado para referirse al vidrio reciclado que se ha triturado y limpiado para ser reutilizado en la fabricación de nuevos productos de vidrio. Este material es fundamental en la industria del reciclaje y juega un papel crucial en la economía circular, ya que permite la reutilización de recursos y reduce la necesidad de extraer materias primas vírgenes [6].



Figura 7: Calcín [7]

- **Vitrificantes:** Materiales como sílice (SiO_2), arenas silíceas o arenisca son fundamentales para la fabricación del vidrio. Estos materiales forman redes que permiten al vidrio tener solidez, a su vez la transparencia y resistencia química y térmica [8].



Figura 8: Arena Sílice [8]

- **Bases:** La cal (CaO) como también la piedra caliza del cual se extrae el carbonato de calcio (CaCO_3) es una base química usada principalmente para estabilizar la fusión del vidrio, lo cual mejora considerablemente su calidad y apariencia física. La cal a su vez mejora la resistencia química, y por ende se prolonga la durabilidad del mismo. Este compuesto se descompone en cal en el proceso de horneado del vidrio [9].



Figura 9: Cal [30]

- **Fundentes y Colorante:** El carbonato de sodio (Na_2CO_3) se usa como fundente para reducir el punto de fusión del vidrio y mejorar su eficiencia energética lo cual

permita que el proceso de fundido se acelere. El carbonato de sodio también promueve la resistencia y transparencia del vidrio, así como también su coeficiente de refracción. Por otra parte, el óxido de hierro permite variar el color del vidrio mediante reacciones químicas [10].



Figura 10: Compuestos fundentes [10]

1.1.7. Tipos de botellas y sus propiedades

Botella cerveza ALE 50cl: Este tipo de botella es muy conocida, por la forma, tamaño y color, se la utiliza mucho para el envasado de cervezas artesanales o industriales, así como algunos tipos de sidras [19].

Tabla 1: Propiedades de la botella cerveza ALE 50cl [11]

Familia:	Envases de vidrio, botellas para cerveza
Subfamilia:	Botellas para agua, cerveza y refrescos en general.
Capacidad:	500ml
Peso:	385g
Diámetro:	68.5mm
Altura:	270.0mm
Color:	Ámbar
Boca:	Corona 26



Figura 11: Botella cerveza ALE 50cl [11]

Botella cerveza BELGIEN 75cl: Aunque a simple vista tenga un gran parecido con la botella ALE, difiera en la forma del cuello y en el ancho del cuerpo de la botella, ligeramente más grande, esta botella es habitualmente usada para almacenar cervezas, vermut y sidras [20].

Tabla 2: Propiedades de la botella cerveza BELGIEN 70cl [12]

Familia:	Envases de vidrio, botellas para cerveza
Subfamilia:	Botellas para agua, cerveza y refrescos en general.
Capacidad:	750ml
Peso:	560g
Diámetro:	79.5mm
Altura:	291.0mm
Color:	Ámbar
Boca:	Corona 26



Figura 12: Botella cerveza BELGIEN 70cl [12]

Botella Borgoña Leve: Como su nombre lo indica, esta botella fue diseñada especialmente para almacenar vinos, tanto tintos como blancos por su forma clásica de botella de vino [21].

Tabla 3: Propiedades de la botella Borgoña leve [13]

Familia:	Envases de vidrio, botellas para vino, botellas Borgoñas
Subfamilia:	Botellas para vino tinto, vino blanco
Capacidad:	750ml
Peso:	296g
Diámetro:	80.3mm
Altura:	296.0mm
Color:	Verde oscuro
Boca:	Corcho



Figura 13: Botella Borgoña leve [13]

Botella ZUMO 283ml: Botella de diseño versátil, utilizada mayoritariamente en el envasado de zumo de fruta, aunque también es usada para almacenar salsas [22].

Tabla 4: Propiedades de la botella ZUMO 283ml [14]

Familia:	Envases de vidrio, botellines para salsa, zumo
Subfamilia:	Botellas para zumos, té, bebidas frescas, salsas
Capacidad:	283ml
Peso:	165g
Diámetro:	61.30mm
Altura:	137.0mm
Color:	Transparente
Boca:	Tapa de giro de 56mm (Twist - off)



Figura 14: Botella Zumo 283ml [14]

1.1.8. Dosificación de materiales

Puesto que cada una de las botellas que se van a producir, tienen composiciones diferentes, la dosificación de las materias primas se hace en función del tipo de envase, tomando en cuentas sus características. Proporcionalmente los ingredientes necesarios para que se pueda formar cada botella se observan en la siguiente tabla:

Tabla 5: Distribución de materias primas por botella

Materia Prima	Cantidad de materia según botella (%)			
	Cerveza ALE	Cerveza BELGIEN	Borgoña LEVE	ZUMO
Calcín	67	62	60	30
Vitrificante	23	29	31	64
Base	5	5	6	5
Fundente / Colorante	5	4	3	1
Total	100	100	100	100

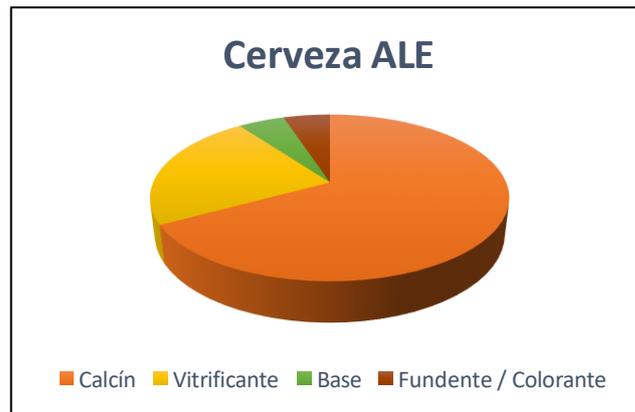


Figura 15: Porcentajes de materiales Botella ALE

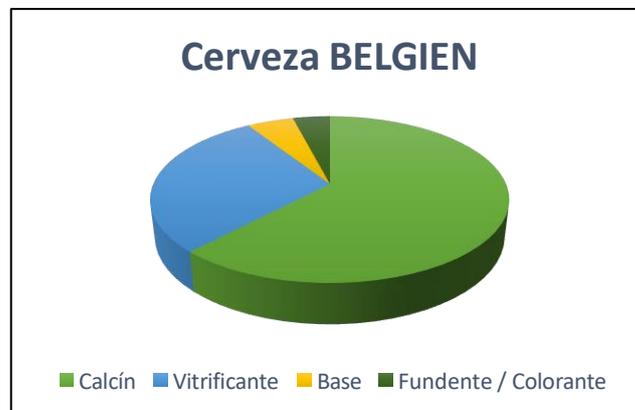


Figura 16: Porcentajes de materiales Botella BELGIEN

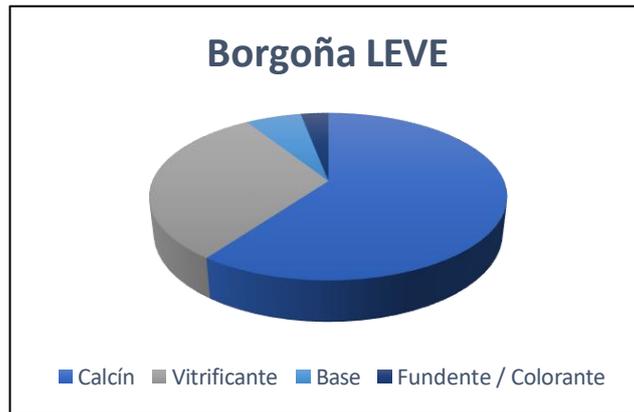


Figura 17: Porcentajes de materiales Botella Borgoña LEVE

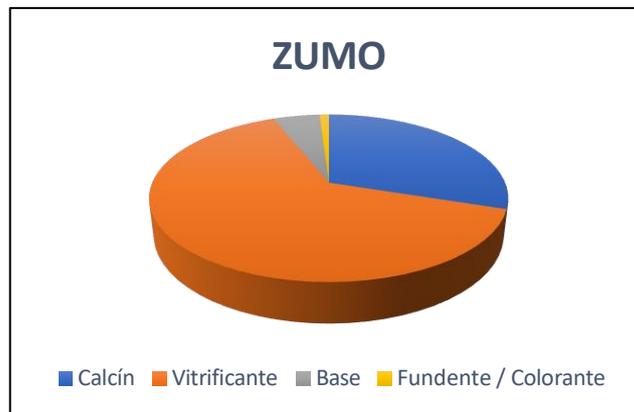


Figura 18: Porcentajes de materiales Botella ZUMO

1.1.9. Automatización de una planta de producción de botellas de vidrio

Carga y descarga de silos

La materia prima llega al interior de los silos mediante un proceso de carga neumática para sólidos, cuatro silos de almacenamiento guardan la materia prima lista para la producción de las botellas [23].

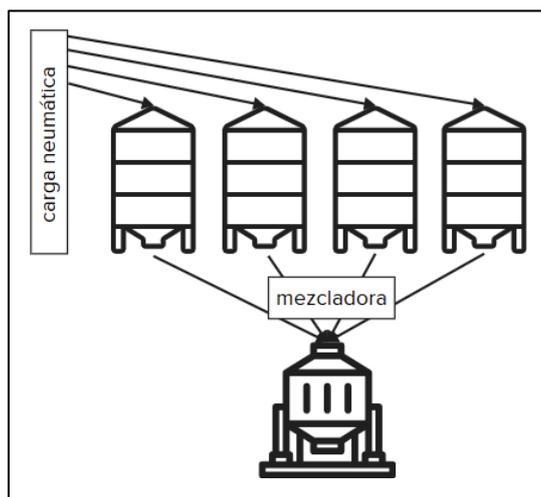


Figura 19: Esquema de carga y descarga de silos [Fuente: Autor]

Mezcladora

En esta parte del proceso se asegura que las materias primas se vuelvan una pasta homogénea lista para ser transportada al horno de fusión. El mezclado se lo realiza con un mezclador rotativo de altas capacidades, la descarga es más rápida que en otro tipo de mezcladores, además de un diseño robusto que permite una mayor durabilidad al trabajar con materiales como bases fuertes [2].



Figura 20: Mezclador rotativo industrial [15]

Horno de fusión

Parte fundamental en el proceso de fabricación de botellas de vidrio es la fusión, y aquí entra en juego los hornos. Estos hornos se encargan de fundir la materia prima a temperaturas muy elevadas, alrededor de 1500°C, para lograr la fusión completa de los componentes. Además, estos hornos deben permanecer encendidos las 24 horas del día, los 7 días de la semana, para evitar que el vidrio se solidifique y dañe el equipo. Por esta razón, los hornos de fusión requieren un alto consumo energético y un mantenimiento constante. El tiempo de vida de estos hornos ronda los 8 a 10 años de vida [2].

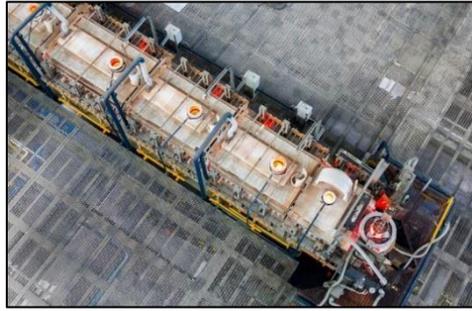


Figura 21: Horno de fusión de la empresa BDF Industries [16]

Corte del vidrio

El transporte hacia la cortadora se realiza mediante “feeders”, el término se refiere a unos canales de enfriamiento controlado, el cual evita daños en la estructura molecular del vidrio. Tras el acondicionamiento, que implica la estabilización y el control de la temperatura del vidrio, el primer paso consiste en dar forma adecuada a la gota. Este proceso se lleva a cabo con la ayuda de tijeras lubricadas con una mezcla de aceite y agua. La velocidad de corte también determina el índice de cavit rate de la máquina, lo que es crucial para su correcto funcionamiento [24].

Moldeado

El proceso de la etapa de moldeado en la fabricación de botellas de vidrio consiste en dar forma al vidrio fundido mediante el uso de moldes metálicos. Los moldes se abren y se cierran mediante un mecanismo hidráulico o neumático, y se inyecta aire comprimido para presionar el vidrio contra las paredes del molde. El molde tiene la forma y el tamaño de la botella que se desea obtener, y puede tener diferentes diseños y acabados. El tiempo de permanencia del vidrio en el molde es de 7 segundos después del soplado [24].



Figura 22: Distintos moldes para botellas de vidrio [17]

Soplado

El proceso de la etapa de soplado consiste en introducir aire a presión en el interior de una masa de vidrio fundido que tiene forma de cilindro hueco. Este aire hace que el vidrio se expanda y adopte la forma del molde que lo rodea. Una vez que el vidrio ha tomado la forma deseada, se enfría rápidamente para evitar que se deforme o se rompa. las botellas preformadas entran a la etapa de soplado, cada botella ocupa un molde y recibe aire[24].

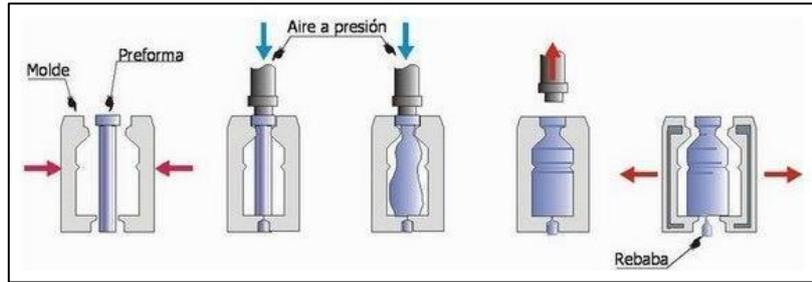


Figura 23: Proceso del moldeo y soplado [18]

Horno de recocido

El recocido es una etapa importante en el proceso de fabricación de botellas de vidrio, ya que permite eliminar las tensiones internas que se generan durante el moldeo y el enfriamiento [19].

El recocido consiste en calentar las botellas a una temperatura cercana a la de fusión del vidrio, y luego enfriarlas lentamente y de forma controlada. De esta manera, se evita que las botellas se agrieten o se rompan por cambios bruscos de temperatura o por golpes. El recocido también mejora la resistencia mecánica y la transparencia del vidrio. En este proceso se cambia la temperatura de la botella lentamente de unos 550 a 400°C. Seguido se aumenta la velocidad de enfriamiento para cambiar la temperatura de la botella de 200°C a unos 80°C [2].

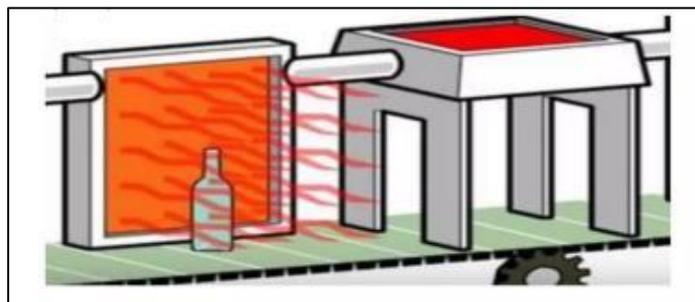


Figura 24: Botella en el proceso de recocido [18]

Tratamiento superficial en frío

El tratamiento superficial en frío es una técnica que se aplica para mejorar las propiedades mecánicas y térmicas del vidrio. Consiste en rociar la superficie externa de las botellas con una solución de polietileno o sales metálicas, como el estaño o el titanio, que al reaccionar con el vidrio forma una capa protectora que aumenta la resistencia al desgaste, a la abrasión y a los cambios bruscos de temperatura, lo que prolonga la vida útil de las botellas y reduce el riesgo de roturas [25].

Control de calidad

Un sistema de medición revisa que cada botella cumpla con las medidas de altura, diámetro y espesor se cumplan, además de no contener burbujas o grietas, caso contrario pasan a una línea de reciclaje para volver a ser materia prima. El sistema permite activar un reector para las botellas defectuosas [26].

- **Inspección lateral:** Revisión de las paredes laterales en busca de objetos extraños, contaminantes, daños y para evaluar el nivel de desgaste. Este proceso se divide en dos módulos distintos: el primero, ubicado en la entrada, también verifica el perfil de la botella; el segundo, ubicado en la salida, realiza una inspección más exhaustiva de las paredes gracias a la rotación de la botella que ocurre dentro de la máquina. El control independiente de las correas permite girar las botellas siempre con un ángulo constante, sin importar su diámetro.



Figura 25: Cámaras reconociendo el estado lateral de la botella [20]

- **Inspección de la boca, fondo y rosca:** Permite inspeccionar rupturas en la superficie, cuerpos extraños mediante lente ópticos de gran precisión.

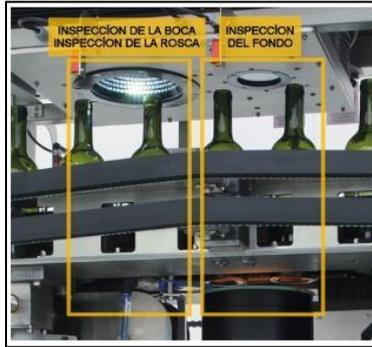


Figura 26: Disposición de los inspectores de calidad [20]

1.2. Componentes físicos

En este apartado se muestran los componentes físicos que en conjunto permiten el funcionamiento de la planta automatizada.

1.2.1. Sensores analógicos

- **Sensor de nivel ultrasónico**

Este dispositivo de medición por radar permite controlar el nivel de los sólidos al granel lo que lo hace ideal para mediciones exactas de nuestras materias primas [26].



Figura 27: Sensor tipo radar VEGAPULS 6X

Tabla 6: Datos técnicos del sensor tipo radar VEGAPULS 6X

Modelo	VEGAPULS 6X
Descripción	Sensor universal para la medición continua de nivel de líquidos y sólidos a granel en todas las condiciones de proceso
Rango de medición	120m

Temperatura de proceso	-196 a 450 °C
Presión de proceso	-1 a 160 bar
Tubos de respiración	2
Nivel de precisión	±1 mm
Frecuencia	6GHz 26 GHz 80 GHz
Tipo de comunicación para recepción de datos	PLICSCOM PC, PACTware y DTM Comunicador HART Bluetooth

1.2.2. Actuadores eléctricos

- **Motor mezcladora dinámica**

Estos motores operan con corriente alterna y se distinguen por tener tres fases de corriente desfasadas entre sí en 120 grados, lo que permite un funcionamiento suave y eficiente. Una característica clave es su alto par de arranque, ideal para mover cargas pesadas, lo que los hace adecuados para aplicaciones industriales como bombas, montacargas y sistemas de ventilación. Además, el compacto diseño permite una instalación y transporte más fáciles [27].

Modelo	ATHi S1422E
Descripción	S14 Rotor mezcladora de minerales
Tecnología	Dinámica
Producto de mezcla	Polvo
Carga/Descarga	Superior/ Inferior
Aplicación	Proceso industrial del vidrio
Tipo de mezcladora	Rotativa
Potencia del motor	Mín: 4kW(5,44Hp) Máx: 90kW (122,37Hp)
Capacidad	Mín: 200Kg Máx: 2500Kg

- **Válvula solenoide**

Este tipo de válvula eléctrica brinda un control en el paso del flujo de algún líquido, al recibir una señal eléctrica. Las electroválvulas on – off tienen dos estados de funcionamiento y permiten trabajar con señales booleanas de encendido – apagado [28].

Tabla 7: Características de válvula EK924 [21]

Modelo	Mastork EK924
Descripción	Válvula Solenoide
Tecnología	Válvula de bola
Tensión de funcionamiento	110 VAC
Tipo de comunicación	Ethernet
Protección	IP67
Medida	2”

1.2.3. Actuadores Neumáticos

- **Cilindro neumático de simple efecto**

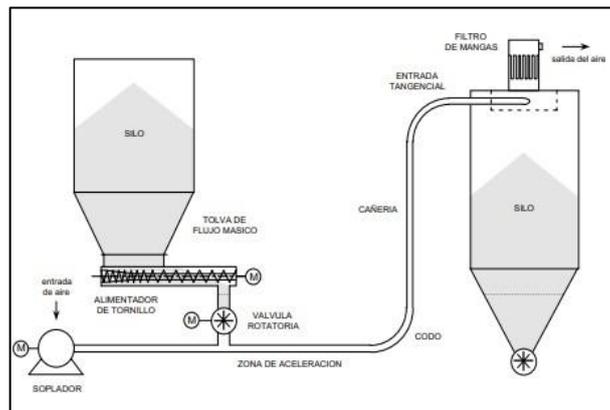
Estos dispositivos compuestos por un mecanismo que mueve un vástago dependiendo de la entrada de aire comprimido. Los cilindros de simple vienen con un muelle o resorte que devuelve el vástago a su posición original una vez la señal de aire haya desaparecido [28].

Modelo	Cilindro neumático serie 63
Descripción	Cilindro de simple efecto
Presión de funcionamiento	1.5 – 145 psi
Velocidad de extensión	1000 mm/s – 5 mm/s
Dimensiones del vástago	120 mm de diámetro 2500 mm de largo

- **Carga neumática**

La carga neumática de sólidos es un proceso utilizado para transportar materiales sólidos a granel mediante el uso de un gas, generalmente aire, a través de tuberías. Este método se puede dividir en dos formas de transporte, uno conocido como fase diluida, en la cual,

se trata de suspender a los sólidos en el aire, con un mayor caudal del gas comprimido, pero una menor presión [29]. Por otra parte, el transporte por fase densa, los sólidos no se suspenden por completo en el aire, requiriendo menos caudal del gas, pero a su vez aumentando la demanda de presión. Esta última fase de transporte está siendo más utilizada en la actualidad, debido a que por el menor caudal de aire, se reduce el choque de las partículas con las paredes de las tuberías, aumentando la vida útil del mismo, no obstante, para productos polvosos, o que no presentan desgaste a la velocidad de flujo, la fase diluida corresponde a la mejor opción [30].



1.3. Componentes lógicos

- **TIA Portal**

Este software de Siemens permite una versatilidad por la integración de entornos de programación, simulación, configuración de una amplia gama dispositivos, estas características nos permiten planificar, programar, probar y gestionar proyectos de automatización de manera eficiente. Además, las capacidades de multiusuario y la administración de energía de TIA Portal ofrecen una colaboración mejorada y una optimización del consumo energético, respectivamente [3].

- **WinCC**

Desarrollado por Siemens, WinCC proporciona una plataforma sólida para el desarrollo de interfaces HMI, así como de sistemas SCADA, para que los operadores monitoreen, controlen y analicen procesos tecnológicos en diversas industrias. Su naturaleza escalable le permite satisfacer las necesidades de pequeños sistemas de un solo usuario, así como de complejos sistemas multiusuario. Esta plataforma permite el manejo avanzado de imágenes emergentes, que permite a los operadores recibir información visual importante de manera oportuna, un sistema de gestión de alarmas nos proporciona

notificaciones inmediatas sobre cualquier condición anormal o error en el sistema, lo que facilita una rápida respuesta y resolución [3].

1.4. Normativa empleada en el desarrollo del proyecto

1.4.1. Normativa HMI

La normativa ANSI/ISA-101.01-2015 se ha establecido para guiar el diseño y la implementación de las HMI, asegurando que sean seguras, eficientes y efectivas. Esta normativa abarca aspectos como la jerarquía de menús, convenciones de navegación, uso de colores y gráficos, así como la gestión de alarmas y seguridad. El objetivo es mejorar la interacción del usuario con la maquinaria, permitiendo una operación más intuitiva y reduciendo la probabilidad de errores. La norma ISA101 enfatiza la importancia de un diseño que facilite al operador la detección, diagnóstico y respuesta adecuada ante situaciones anormales, contribuyendo así a la seguridad y eficiencia operativa [31].

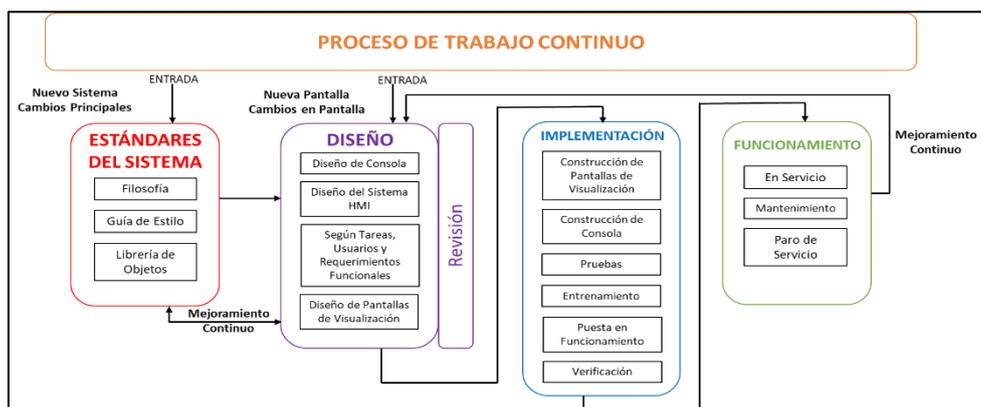


Figura 28: Flujo de trabajo de la norma ANSI/ISA-101.01-2015 [22]

1.4.2. Normativa PLC

El estándar IEC 61131-3 es una normativa internacional crucial para la programación del PLC, publicada por la Comisión Electrotécnica Internacional. Representa la tercera parte de una serie de estándares que buscan la estandarización y eficiencia en la automatización industrial en el cual, se especifican los lenguajes de programación para PLCs, incluyendo dos lenguajes gráficos: el Diagrama de Contactos (LD) y el Diagrama de Bloques de Funciones (FBD), así como dos lenguajes textuales: Texto Estructurado (ST) y Lista de Instrucciones (IL). Además, introduce el concepto de Bloques de Función Secuenciales (SFC) para la organización de programas de computación paralela y secuencial [33].

El estándar también establece un conjunto de tipos de datos comunes, como Booleanos, Enteros, Reales, BYTE, WORD, DATE, TIME-OF-DAY y STRING, para prevenir

errores en el desarrollo de programas. Además, permite a los usuarios definir sus propios Tipos de Datos Derivados [33].

La asignación de variables a direcciones específicas del hardware o a entradas y salidas particulares es otro aspecto importante del IEC 61131-3, ya que proporciona un método estandarizado para la interacción con el hardware del PLC. Esto facilita la portabilidad del código y reduce la dependencia de hardware específico del fabricante, lo que a su vez puede reducir costos y aumentar la flexibilidad en la selección de equipos [23].

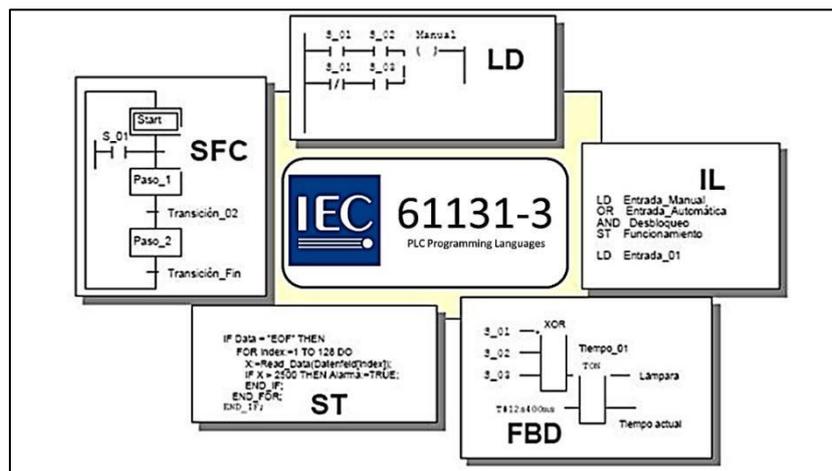


Figura 29: Estándar 61131-3 PLC programming Languages [24]

1.5. Importancia y beneficio de la propuesta

Automatizar este proceso de fabricación de botellas de vidrio reciclado radica su importancia en la reducción del consumo energético, que a tu vez disminuye los costes de producción y el impacto al medio ambiente. El vidrio reciclado requiere menos temperatura para fundirse que el vidrio virgen, lo que implica un menor gasto de combustible y una menor emisión de gases de efecto invernadero. Además, la reutilización del vidrio disminuye la extracción de materias primas y por consiguiente la cantidad de residuos generados.

Este proyecto se basa en los beneficios económicos, sociales y ambientales de automatizar el proceso de fabricación de botellas de vidrio reciclado. La automatización lograría una mayor eficiencia energética, reducción de costes de producción, mejora de la calidad del producto y disminución del impacto ambiental. Estos beneficios provienen de las ventajas del uso del vidrio reciclado frente al vidrio virgen y de la eliminación o simplificación de las etapas manuales que consumen más recursos, tiempo y mano de obra.

Capítulo 2: Desarrollo experimental

2.1. Plan de ejecución

La propuesta se puede dividir y representar en 4 etapas lineales, como se observa en la Figura 7, se parte de un diseño de los procesos, en los cuales se tiene en consideración el funcionamiento general, y los datos a tomar en cuenta, por consiguiente, el diseño de la lógica de programación, junto con las variables que entran en juego para el funcionamiento del algoritmo. La tercera etapa se enfoca en el desarrollo de la interfaz, cada una de las pantallas para la interacción con el sistema, así como la seguridad, y la configuración y comunicación con las variables PLC. Por último, la etapa de pruebas y corrección, fase en la cual se realizan los ajustes pertinentes para que el funcionamiento sea acorde a lo planteado.

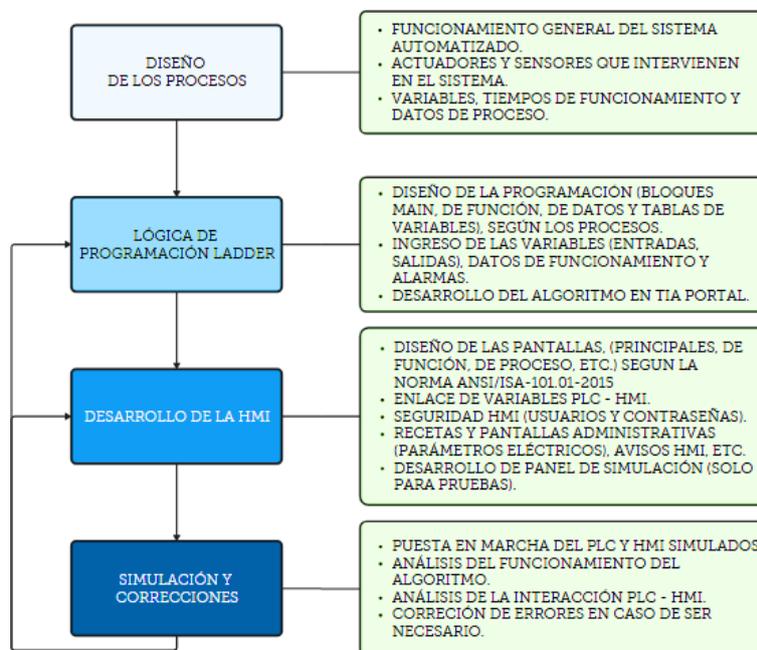


Figura 30: Esquema lineal de la propuesta. [Fuente: Autor]

2.1.1. Metodología del proyecto

El desarrollo del proyecto se fundamenta en la metodología investigativa, diagnóstica y experimental.

Metodología de investigativa

Partiendo de la identificación del problema, se reconoce la necesidad de un nuevo sistema o la mejora de uno existente, por lo cual se investigan casos relacionados al tema, (tesis, artículos científicos, libros teóricos, etc.), que sirven de guía para formular las bases del

diseño de los procesos de producción de envases de vidrio. Se extrae la información relacionada con los tres primeros niveles de la pirámide de automatización, tales como sensores, actuadores, instrumentos (Nivel de Proceso), Controladores como PLC (Nivel de control), Sistemas SCADA o HMI (Nivel de supervisión).

Metodología deductiva

Con la información investigada, se infiere un diseño de proyecto para afinar los objetivos del mismo, los alcances del proyecto y la descripción del mismo en sí, con el fin de tener una idea clara y concisa de lo que se va a llevar a cabo. En este punto se desarrollan diagramas de flujo, para organizar la información de forma lineal, y organizar los datos que van a enviar y recibir dentro de los procesos.

Metodología experimental

Esta metodología implica en esencia el desarrollo del sistema, desde la programación lógica del funcionamiento interno, interacción entre sensores y actuadores, así como el diseño de la interfaz de control. También entran en práctica los diversos protocolos de comunicación para la correcta recepción de los datos y envíos de los mismos, y la configuración en los programas de los dispositivos a utilizar. El desarrollo no estaría completo si no se realizan las pruebas en el entorno simulado, en este paso la evaluación experimental del rendimiento, eficiencia, y capacidad de respuesta ante eventos no usuales permiten corregir anomalías, o redistribuir cargas de trabajo que puedan causar daños al sistema a largo plazo.

2.1.2. Estudio de viabilidad

En esta sección, se analiza la viabilidad tanto técnica, como económica del proyecto.

- **Factibilidad técnica**

El diseño de un sistema automatizado para el proceso de elaboración de botellas de vidrio centra su potencial en agilizar los subprocesos de carga y descarga de las materias primas, la reducción en el tiempo de este proceso permite una mayor producción, así mismo el control preciso en la dosificación de las materias primas contribuye a que los envases no tengan problemas técnicos una vez se hayan formado, por lo que tanto la dureza, translucidez y calidad de las botellas, parten esencialmente de que los componentes sean correctamente dosificados y mezclados.

Tomando en cuenta que la producción es diaria, es decir, los silos se llenan con la cantidad necesaria para la producción de un día, por lo tanto, se resalta que una mayor agilidad en los procesos primarios en los que se centra este proyecto, permite que los procesos posteriores (fusión, corte, moldeo, tratamientos superficiales y control de calidad), tengan más tiempo para completar la producción del día.

• **Factibilidad económica**

El siguiente apartado corresponde al estimado del valor monetario tanto de los componentes (Tabla 8) y la mano de obra (Tabla 9) según un análisis para obtener un valor de inversión del proyecto.

Tabla 8: Costos de equipos

Cant.	Componente	Marca	Modelo/Referencia	Valor Unitario \$	Valor Total
1	PLC S7 1200 AC/DC/RLY	Siemens	6ES7215-1BG40-0XB0	696.36	696.36
10	Módulos de expansión de entradas digitales	Siemens	6ES7223-1PH32-0XB0	205.53	2,055.30
1	Módulo de entradas analógicas	Siemens	6ES7223-0BD30-0XB0	77.80	77.80
1	DTB 4848	Delta Electronics	DTB4848CR	114.25	114.25
1	DPM-C530	Delta Electronics	DPM-C530	260.77	260.77
1	Módulo CM 1241	Siemens	6ES7241-1CH32-0XB0	162.93	162.93
1	Pantalla HMI TP COMFORT 900	Siemens	6AV2124-0JC01-0AX0	2,274.15	2,274.15
1	Motor WEG 10 HP 1750 RPM IP55 220/440V IE3	WEG	12860551	800	800.00
1	Electroválvula	Irritrol	Serie 2500	20.87	20.87
5	Cilindro de simple efecto con retorno por muelle de 60 psi	-	-	31.81	159.05
1	Bomba de agua industrial	-	-	1,378.65	1,378.65
5	Electroválvula neumática	Festo	MFH-5-1/8-B	171.56	857.80
4	Compresores para carga neumática de 20 psi	-	-	200.00 (estimado)	800.00

1	Compresor de 60 psi	-	-	500.00 (estimado)	500.00
5	Sensores de nivel	Vega	Vegapuls 6X	1,000.00 (estimado)	5,000.00
100 m	Cables de colores para control y fuerza	-	-	2.00/m (estimado)	200.00
10	Pulsadores y luces piloto	-	-	10.00 (estimado)	100.00
1	Pulsador de seta	-	-	20.00 (estimado)	20.00
	TOTAL				15,478.93

Tabla 9: Costos de mano de obra del proyecto

Personal	Trabajo	Horas	Costo
Ingeniero en Automatización	Análisis del proceso	20	\$1000.00
Ingeniero en Automatización	Desarrollo del algoritmo y Diagramas	40	\$2000.00
Ingeniero Supervisor	Supervisión del montaje	120	\$2500.00
Técnicos	Montaje	120	\$3000.00
Total:			\$8500.00

Con base en las tablas anteriores se realiza el costo total del proyecto, añadiendo un costo extra de viáticos, como se observa en la tabla 10.

Tabla 10: Costo total del proyecto

Gasto	Costo
Equipos	15478.92
Mano de obra	8500.00
Gastos extras (Viáticos)	600.00
Total:	24578.92

2.2. Descripción de la solución del proyecto

2.2.1. Descripción del proyecto

El proyecto desarrollo de un sistema automatizado para la producción de botellas de vidrio se fundamenta en el control y monitoreo de las fases de carga y descarga de silos mediante sistemas de carga neumática de sólidos en fase diluida, en estos procesos es

importante el monitoreo del nivel del cada silo para que el lote de botellas tenga la mezcla necesaria y no haya problemas de composición, así como la mezcla de las mismas en un sistema de mezclado con agua de proceso, misma que debe mantenerse a una determinada temperatura.

Para su implementación se tienen los dispositivos de medición de parámetros eléctricos, mismo que correspondería, en este caso a la medición eléctrica de la mezcladora, con datos enviados por protocolo MODBUS RTU – 485 al PLC. Del mismo modo el controlador PID de temperatura del agua, envía sus datos por medio del mismo protocolo de comunicación.

Los datos recibidos y generados por el PLC se visualizan en el HMI comunicado por medio de ETHERNET TCP/IP.

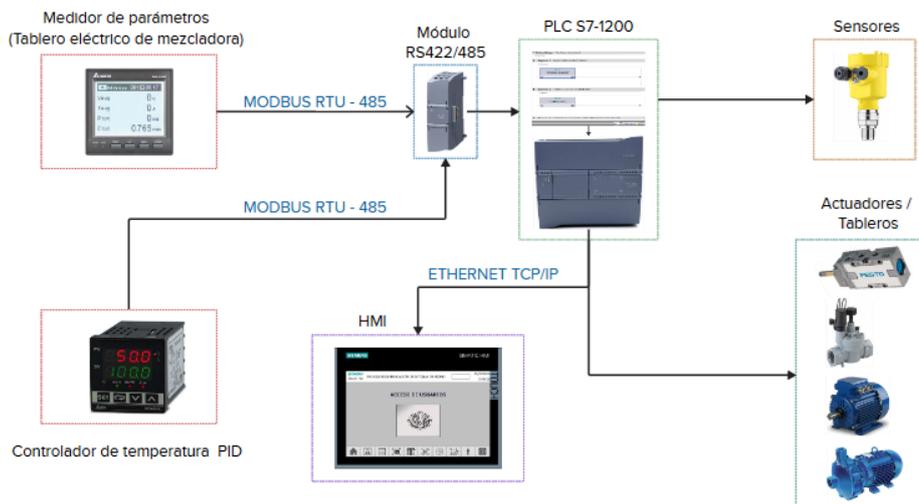


Figura 31: Descripción del proyecto [Fuente: Autor]

2.2.2. Diseño del sistema

El sistema se divide en las fases de carga neumática de los silos, y luego la fase de descarga con la posterior mezcla.

- **Fase de carga neumática de los silos**

Cada silo se carga con una materia prima, calcín, vitrificante, base y fundente/colorante. Cada silo funciona independiente, pero el proceso es similar para cada elemento, el sistema se realiza por medio de carga neumática de sólidos iniciado por una fuente de aire comprimido, el cual sirve de empuje para el sólido granulado. Al activarse la carga

neumática, se activa la válvula de paso de aire para que fluya a través del dispensador de sólidos rotatorio que permite el paso controlado del material hacia la tubería de impulso

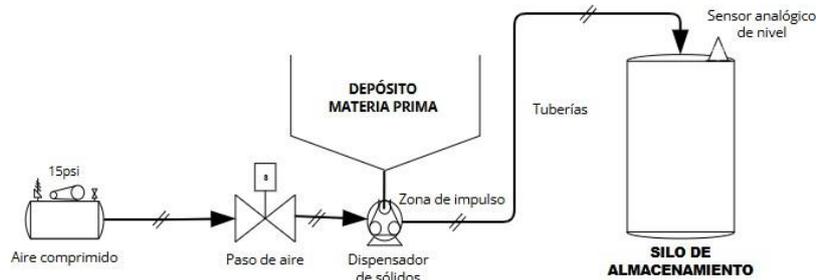


Figura 32: Diseño del proceso de carga y descarga de silos [Fuente: Autor]

El sistema empieza a cargar la materia, dependiendo de la cantidad del elemento del silo, el sensor analógico monitorea para desactivar el sistema de carga una vez se haya llegado al nivel deseado.

En este sistema se tienen los elementos de entrada y de salida que se indican en la tabla 11.

Tabla 11: Entradas / Salidas del proceso de carga y descarga de silos

Etapa de carga neumática de Silos		
Silo	Entrada/Tipo	Salidas/Tipo
1	Sensor de nivel / Analógico	Válvula de paso de aire / Digital Válv. cilindro neumático / Digital
2	Sensor de nivel / Analógico	Válvula de paso de aire / Digital Válv. cilindro neumático / Digital
3	Sensor de nivel / Analógico	Válvula de paso de aire / Digital Válv. cilindro neumático / Digital
4	Sensor de nivel / Analógico	Válvula de paso de aire / Digital Válv. cilindro neumático / Digital

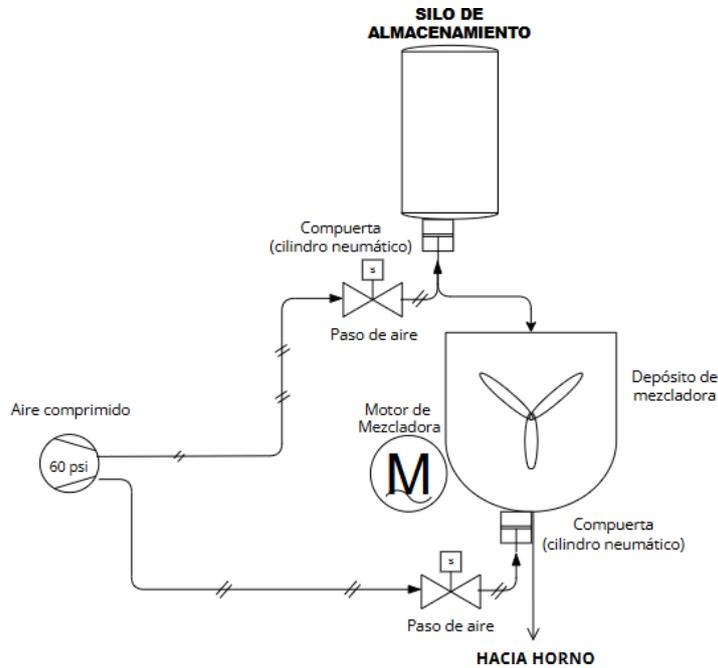
• Mezclado de materias primas

Una vez se haya finalizado la carga y todos los silos estén cargados con la materia prima exacta del proceso, se inicia el vaciado hacia la mezcladora.

Para el vaciado, se activa una válvula que permite el paso de aire a un cilindro neumático de simple efecto con retorno por muelle conectado a la compuerta de vaciado. Una vez

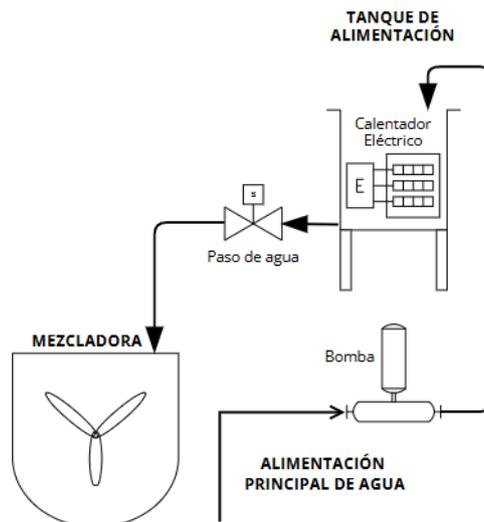
se ha aperturado, el material desemboca en el depósito de la mezcladora, para iniciar el proceso de mezclado todos los silos deben haber vaciado sus materiales.

Tabla 12: Diseño del proceso de Mezclado [Fuente: Autor]



Para el proceso de Mezclado, se necesita agua, usualmente se usa agua templada, alrededor de los 70 °C, para ello se utiliza un calentador eléctrico de agua, controlado por un DTB4848, controlador de temperatura por PID ajustable en el mismo dispositivo.

Tabla 13: Diseño del proceso de llenado del tanque [Fuente: Autor]



En este sistema se tienen los elementos de entrada y de salida que se indican en la tabla 14.

Tabla 14: Entradas / Salidas del proceso mezclado y llenado de tanque

Etapa de mezclado		
Sub proceso	Entrada/Tipo	Salidas/Tipo
Mezcladora	-	Motor trifásico / Digital Válv. cilindro neumático / Digital
Tanque de agua	Sensor de nivel / Analógico Sensor de temperatura / Analógico	Válvula de paso de agua / Digital Bomba / Digital Calentador Eléctrico / Analógico

2.2.3. Diagrama P&ID de los procesos de carga y descarga de Silos y Mezclado de materiales.

El diagrama P&ID que se visualiza en el Anexo 1 muestra el esquema general de los procesos, así como la funcionalidad y el envío de las señales, de acuerdo con los dispositivos de control, sensores, y las activaciones de válvulas, motores y bombas.

2.2.4. Esquema eléctrico del proyecto

En el Anexo 2 se observa el esquema de fuerza utilizado para activar el motor de la mezcladora, así como los controles de mando de arranque directo que se observan en el Anexo 3

En el Anexo 4 se representa las conexiones de las entradas y salidas del PLC S7 – 1200.

2.3. Diseño de la propuesta

2.3.1. Lógica de control del proceso de fabricación de botellas de vidrio

El anexo 5 corresponde al diagrama de flujo de los procesos, así como las activaciones secuenciales de acuerdo al funcionamiento del sistema en modo automático.

El proceso se inicia cuando se recibe una señal de activación (M) en el sistema general (M_P), de este dependen todos los subprocesos, y es el que se encarga de detener todo en caso de haber un paro de emergencia (P_E).

• Lógica de control de la etapa carga y descarga de silos

Una vez el sistema esté en modo automático, cada uno de los cuatro silos empiezan a cargar instantáneamente (C_N_S_#), en esta parte del proceso el sensor de nivel (M_S_#) indicaría que los reservorios van aumentando hasta que cada uno llegue al nivel requerido.

Si todos los silos han llegado al nivel correcto ($M_LL_S_\#$), significa que ya se puede proseguir con la etapa de mezclado, entonces se activan las compuertas de cada silo hasta que el nivel ($M_S_\#$) sea aproximadamente cero. En ese instante, cuando se termina de vaciar el último silo, una señal de procesos de llenado finalizado se activa (P_LL_F), esta variable evita la activación cíclica de los llenados hasta que el material termine el último proceso de formación de botellas.

- **Lógica de control del mezclado de materias primas**

Este sistema requiere agua, por lo que se verifica que la medida de agua en el tanque (M_T) de la mezcladora tiene el nivel que necesita el proceso, de no ser así, se procede con la activación de la bomba (B_T_M), para el llenado. En este subproceso, el agua debe mantenerse a temperatura de 70°C aproximadamente, por lo que un calentador eléctrico que, a su vez, está controlado por PID, señal que se encarga de manipular el DTB4848, se activa dependiendo de la temperatura del agua.

2.3.2. Programación de la lógica de control

Utilizando el software TIA Portal V16, se inicia seleccionando el dispositivo controlador S7 – 1200 AC/DC/RLY, junto con la versión V4.4 con la que se trabaja en esta ocasión, como se observar en la Figura 33.

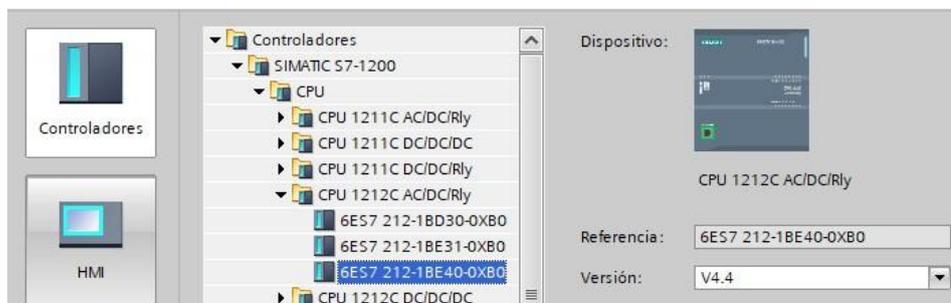


Figura 33: Selección del dispositivo controlador [Fuente: Autor]

Cada bloque de organización o función se maneja por lenguaje KOP, que en español significa diagrama de escalera, una forma de programar que ofrece versatilidad, tanto para la comprensión del algoritmo, así como para la ejecución de funciones en tiempo real y en procesos simultáneos, dicho lenguaje se selecciona por defecto en cada bloque se agregue al programar.

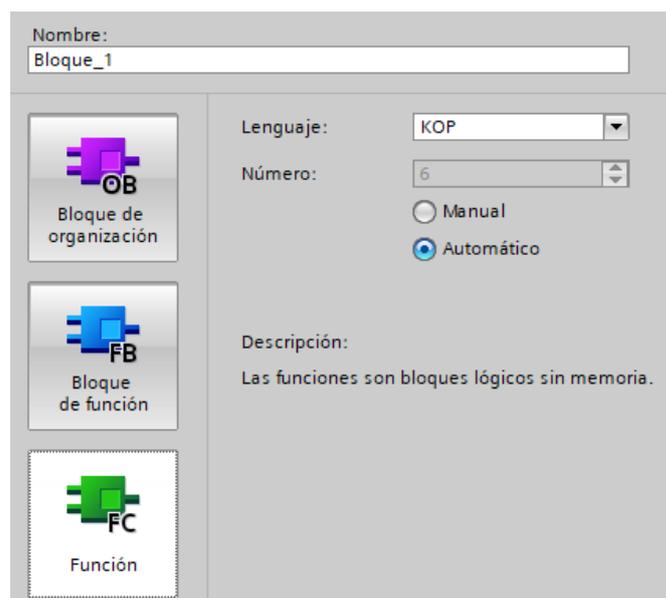


Figura 34: Menú de ingreso de bloques y lenguaje de programación PLC [Fuente: Autor]

Bloques de organización, función, datos del proceso y variables en PLC

- **Bloques de organización**

El bloque “**main**” que se observa en el Anexo 8, organiza cada uno de los bloques de función principales como el control general, control de carga de silos, control de descarga de silos, funcionamiento de la mezcladora, así como la lectura de los datos del medidor de parámetros y el controlador de temperatura.

El bloque “**Cyclic interrupt**” que se muestra en el Anexo 9, es un bloque crucial para adquirir los datos por del Módulo RS422/485, asegurando un funcionamiento periódico en el intercambio de datos RX/TX.

- **Bloques de Función**

Control General (Anexo 10), este bloque es en cuestión el más importante de las funciones, aquí se gestionan las órdenes de puesta en marcha y paro, así como los modos de operación, que son quienes dan vida a cada proceso.

Debido a que este proceso automatizado también se pueda enlazar con un sistema SCADA y un HMI, existe una variable virtual “**MARCHA MEMORIA**” esta se controlará únicamente desde estos sistemas; por otra parte, el pulsador de “**MARCHA**”, que es una entrada física hacia el PLC.

La variable: “MARCHA PROCESO”, es una memoria que dará paso a todas las operaciones del sistema. Se activan indicadores físicos y memorias dependiendo de la variable principal.

El modo automático básicamente se refiere a que todo el proceso depende de sensores y las señales que estos envíen al PLC.

Para el modo manual, cada actuador se accionaría con un pulsador o botón en lo que sería la planta de proceso, en este caso haremos uso de las entradas de físicas del plc para simular dichas señales.

Los controles tanto locales y remotos nos permiten seleccionar distintas formas de monitorear y operar el proceso, uno con el HMI y el otro con el sistema SCADA.

Llenado de los silos (Anexo 11) controla el llenado de cada que depende del sensor de nivel, como consecuencia, si cumple las condiciones para llenado, se activa la carga neumática y cuenta con un sistema de enclavamiento que permite mantener activo el proceso hasta que el material se llene según las especificaciones de la receta para el producto.

Las señales obtenidas previamente por los sensores entran en juego y mediante comparaciones, determinan si el sistema se ha llenado o no.

Este proceso funciona en paralelo para cada silo, una vez que todos los cuatro se encuentren en el nivel requerido, se activa una señal, la misma que sirve como apertura para las compuertas de descarga.

Vaciado de Silos (Anexo 12), controla las compuertas que funcionan igualmente por un proceso de enclavamiento, esto funcionará hasta que cada silo haya sido vaciado, en ese momento, las compuertas vuelven a su estado natural, y el material habrá pasado a la siguiente sección.

El último segmento nos ayuda a evitar que los silos vuelvan a llenarse después de vaciarse, puesto que ya comenzó la mezcla y no será hasta que se comience otro proceso de producción para que inicien nuevamente.

Mezcladora (Anexo 12) este proceso con la materia prima que ya reposa en la mezcladora, lista para volverse una pasta antes de entrar al horno. Este proceso requiere

agua albergada en un tanque de almacenamiento, las mediciones se las realiza con otro sensor analógico de nivel escalado y normalizado, esta lectura es la clave para activar un sistema de bombeo, el tanque debe estar al nivel deseado para descargar.

Toda la mezcladora depende de una señal general, “MEZCLADORA FUNCIONANDO” se activa si se activan todas las condiciones de forma automática, o por medio de una señal de marcha manual, de tal modo que la bomba deberá encender si el nivel del tanque no está al nivel ideal.

Cuando el agua haya llegado a su apogeo, una válvula que en principio retenía el líquido en el tanque, ahora se apertura y da paso a que se mezcle con los ingredientes y se activa el motor el cuál moverá las grandes varillas que crea una pasta pre – vidrio. El motor funcionará por un tiempo determinado TP

Una vez se cumpla dicho tiempo, las compuertas de vaciado se accionan, así mismo se cerrarán después del tiempo determinado.

Lectura de sensores analógicos (Anexo 13) comienza con las funciones de lectura para las señales analógicas, nótese que existen tres funciones parecidas, pero cada una difiere según el modo de operación, manual, automático, o si la variable es una simulación para pruebas.

Las lecturas analógicas deben pasar por un proceso de normalizado y escalado, que no es otra cosa que recibir la señal y convertirla a un formato que nos facilita las mediciones y comparaciones.

Las lecturas de los otros dos bloques son señales para la simulación, este es un bloque añadido que solo permite manipular los valores a manera de si sensores físicos se tratasen, es parte de la simulación.

- **Bloques de alarmas**

Alarmas generales (Anexo 14) recopila las alarmas que representan el funcionamiento general, estado del sistema y modo de operación.

Alarmas silos (Anexo 15) recopila las alarmas del proceso de carga y descarga de silos, actuadores funcionando y avisos en caso de errores o problemas.

Alarmas mezcladora (Anexo 16) recopila las alarmas del proceso de mezclado, activaciones del motor, bomba, así como avisos en caso de fallos o anomalías.

- **Bloque de recetas**

Recetas (Anexo 17) administra la información de la cantidad de materia prima que se va a necesitar para el formado de la botella, dependiendo del tipo de la misma, color y cantidad.

- **Tablas de variables (Anexo 18)**

Se registran cada tabla de variables dependiendo del proceso y el tipo de dato que representan, enteras, reales, booleanas, así como si son de memorias, entradas o salidas.

2.3.3. Comunicación entre PLC y HMI

Sirviéndonos del protocolo de comunicación Profinet, que utiliza la arquitectura de Ethernet Industrial, se puede entablar la transferencia de datos entre el controlador y el HMI en tiempo real.

Para configurar este protocolo, en el software TIA Portal en la sección de “vista de redes”, de enlazan los dispositivos de puerto a puerto como se observa en la figura 35.

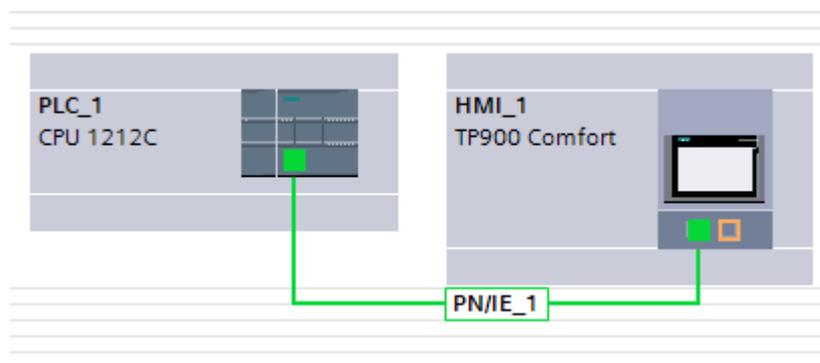


Figura 35: Conexión virtual PLC - HMI [Fuente: Autor]

El enlace de las variables que se van a comunicar PLC – HMI se lo puede realizar junto con el ingreso de variables HMI, como se observa en la figura 36 al escoger la conexión HMI_Conexión_1, se selecciona el controlador (PLC_1), y luego se enlaza la variable del dispositivo a la que corresponde, como se observa en la figura 37.

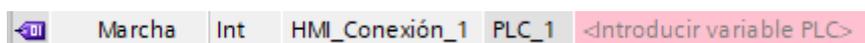


Figura 36: Ingreso de variables HMI [Fuente: Autor]

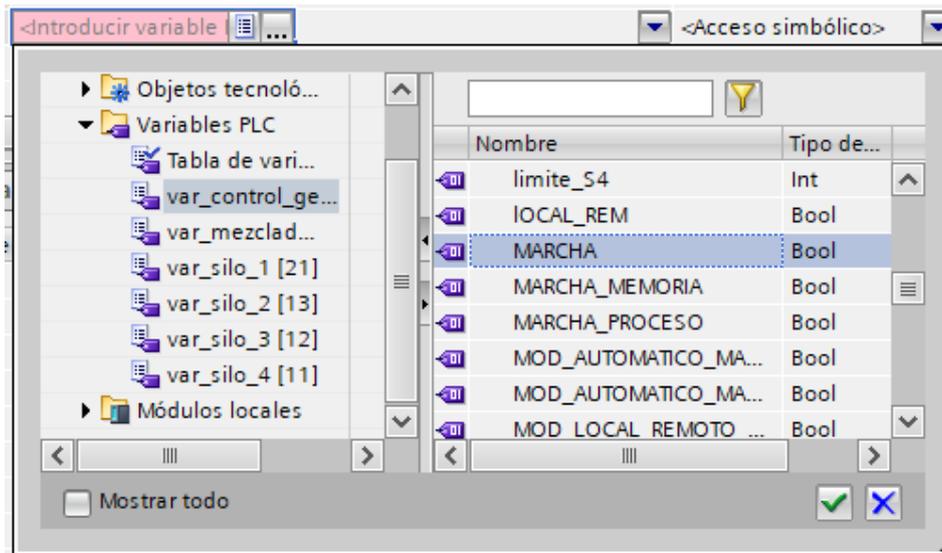


Figura 37: Enlace de variables HMI con variables PLC [Fuente: Autor]

2.3.4 Diseño de la interfaz HMI

Con base en la normativa ANSI/ISA-101.01-2015 para diseño de HMI se establecen los parámetros para tomar en cuenta al momento de crear cada pantalla de la interfaz, asegurando no solo un entendimiento intuitivo y un diseño fácil de maniobrar, sino también un diseño funcional, ergonómico y que eviten distracciones innecesarias.

- **Navegación**

Desplazarse entre las pantallas es importante para que el operario pueda navegar entre las distintas funciones. En la figura 38 se muestra un diagrama de la estructura en la que las pantallas se conectan entre sí.

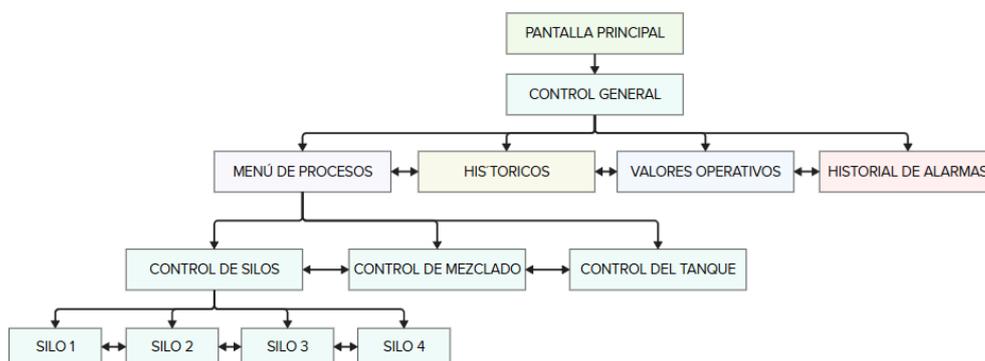


Figura 38: Árbol de navegación de pantallas HMI [Fuente: Autor]

- **Pantalla principal**

Es la primera ventana de acceso del sistema, como se observa en la figura 39, aquí se ingresa a todas las funciones del HMI, por ende, es importante que se controle los

usuarios que ingresan, tanto para administradores, operarios o técnicos. Estos usuarios se configuran en el software TIA Portal, ajustando los parámetros de nombre, contraseña, tiempo de cierre de sesión, comentario de aviso y grupo de usuarios que a su vez ofrecen los servicios de operación, monitorización o control general, tal como se observa en la figura 39.

Usuarios					
Nombre	Contraseña	Cierre de sesión autom...	Tiempo de cierre de sesió	Número	Comentario
admin	*****	<input checked="" type="checkbox"/>	5	1	El usuario 'Administrador' se asigna al grupo 'A...
operario	*****	<input checked="" type="checkbox"/>	5	2	
mantenimiento	*****	<input checked="" type="checkbox"/>	10	3	
<Agregar>					

Grupos					
Miembro de	Nombre	Número	Nombre de visualización	Caducidad de l...	Comentario
<input type="radio"/>	Grupo de administradores	1	Grupo de administradores	<input type="checkbox"/>	El grupo 'Administradores' ti...
<input checked="" type="radio"/>	Usuarios	3	Usuarios	<input type="checkbox"/>	El grupo 'Usuarios' tiene inici...
<input type="radio"/>	Grupo Técnico	2	Tecnico mantenimiento	<input type="checkbox"/>	

Figura 39: Ingreso de usuarios HMI [Fuente: Autor]

- **Control general**

Esta ventana tiene como objetivo dar una visualización rápida del estado del sistema, un apartado de alarmas permite una comprensión de lo que está ocurriendo en la planta, así como indicadores de marcha, paro, o los modos de operación, automático, manual, local o remoto.

Desde esta pantalla se puede abrir el menú de procesos o se puede acceder a los íconos de la parte inferior para una navegación más rápida

La sección de modo de operación permite iniciar la marcha del sistema o detenerlo desde la propia HMI.

- **Pantallas de procesos**

Hay una pantalla de proceso para cada silo, así como para el mezclado y otra para el control del tanque de agua

Cada pantalla tiene un panel de indicadores de estado, una representación pictórica del sistema que permite apreciar cuando un actuador está operando o verificar las señales del sensor de nivel y un acceso al panel manual de cada actuador. Por otra parte, en cada proceso se podrán visualizar los botones de parámetros eléctricos, y valores de los sensores (para simulación).

- **Pantalla de Mantenimiento**

Esta pantalla permite un manejo rápido del estado de mantenimiento de los actuadores de cada sistema. Activa el mantenimiento deshabilita temporalmente todos los actuadores del sistema seleccionado. El mantenimiento activo se visualiza en un indicador, además de tener una pantalla de avisos que informa sobre algún cambio en el funcionamiento del sistema.

- **Pantalla de recetas (seteo de parámetros de operación)**

Las recetas son la cantidad de ingredientes necesarios para fabricar un determinado tipo de producto, en este caso, se gestiona la cantidad de materia prima que llega a los silos, dependiendo del tipo de botella que se esté fabricando, como se observa en la figura 40.

Recetas								
Nombre	Nombre de visualizac..	Número	Versión	Ruta	Tipo	Número máximo de re...	Tipo de comunicación	Tooltip
BOPELLAS	Receta_1	1	30/06/2024 12:...	FlashRecipes	Limitado	500	Variables	
<Agregar>								

Elementos								
Registros								
Nombre	Nombre de visualizac..	Variable	Tipo de datos	Longitud d...	Valor predetermi...	Valor mínimo	Valor máximo	D...
CALCIN	VIDRIO RECICLADO	RECETAS_vidrio_c...	Real	4	67	-3,402823466E+38	3,402823466E+38	0
VITRIFICANTE	SILICE	RECETAS_vitrifica...	Real	4	23	-3,402823466E+38	3,402823466E+38	0
BASE	CAL	RECETAS_base_cal	Real	4	5	-3,402823466E+38	3,402823466E+38	0
COLORANTE_FUNDE...	OXIDO DE HIERRO	RECETAS_f_carcal...	Real	4	5	-3,402823466E+38	3,402823466E+38	0
<Agregar>								

Figura 40: Registro de recetas [Fuente: Autor]

Del mismo modo se cuenta con una cantidad de registros de 4 botellas predeterminadas, mismas a las que se puede acceder desde la ventana de recetas en la HMI, estas botellas se observan en la figura 41.

Elementos								
Registros								
Nombre	Nombre de visualizac..	Número	CALCIN	VITRIFICANTE	BASE	COLORANTE_FUND...		
B_CERVEZA_ALE	CERVEZA ALE	1	67	23	5	5		
B_CERVEZA_BELGIEN	CERVEZA BELGIEN	2	62	29	5	4		
B_VINO_BORGOÑA_S...	VINO BORGOÑA	3	60	31	6	3		
B_REFRESCO	REFRESCO	4	30	64	5	1		

Figura 41: Registro de cantidades por receta [Fuente: Autor]

- **Pantalla de registros históricos**

Aquí se pueden visualizar el comportamiento de distintos parámetros por medios de gráficos a través del tiempo. Esto es de gran utilidad, puesto que permite una percepción de qué es lo que ha ocurrido, cuanto de cierto nivel de ha llenado en un silo, o si los datos en alguna parte del proceso han llegado a ser erróneos.

También se muestran los datos de registro de los valores PID del controlador de la temperatura del agua y los valores operativos correspondientes al nivel que debe tener cada silo en fase de carga

- **Pantallas emergentes**

Las pantallas emergentes son más pequeñas que las normales, la prioridad es un acceso rápido y pueden sobre montarse en una pantalla de proceso y cerrarse sin volver a activar la pantalla principal.

En el proceso se utiliza este recurso principalmente para los controles independientes de cada actuador, y de cada proceso, así como para el control de simulación de los sensores y los parámetros eléctricos.

2.4. Pruebas y puesta en marcha de la solución

Esta sección contiene el desarrollo de las puestas en marcha y la verificación del funcionamiento del sistema.

2.4.1. Interfaz de simulación PLC

Con la función PLCSIM del software TIA Portal que se muestra en la figura 42, se procede a comprobar el funcionamiento del algoritmo de control.

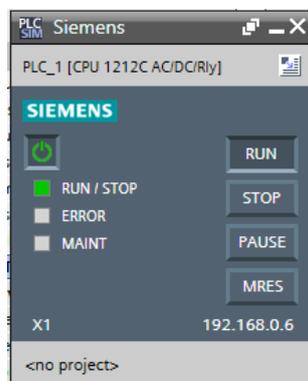
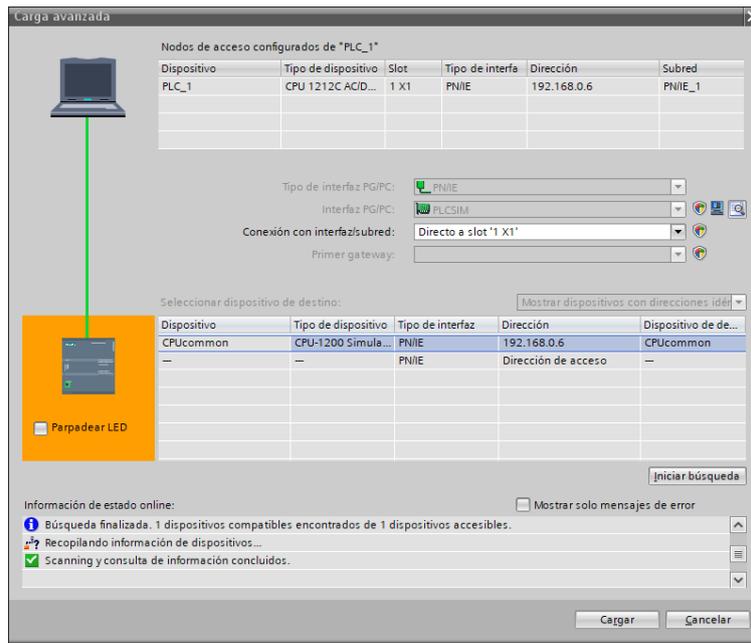
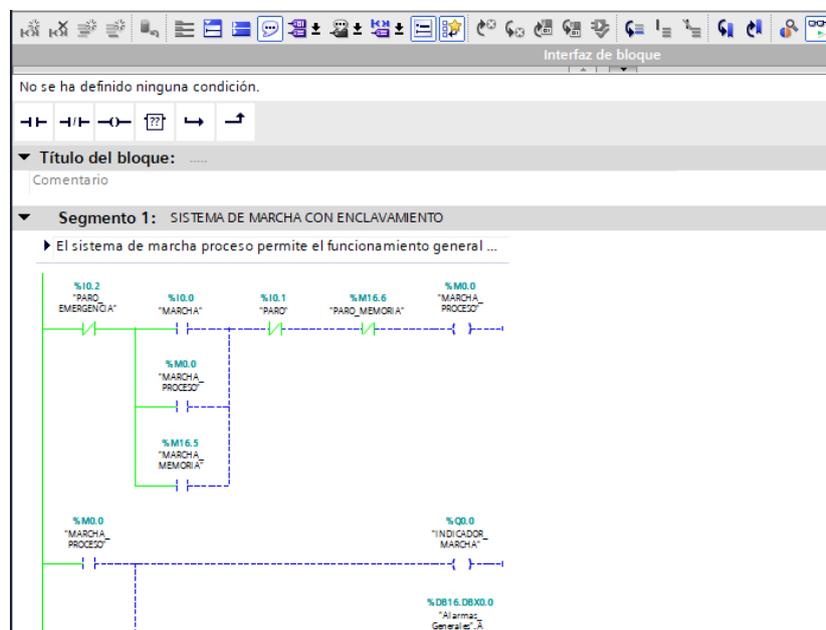


Figura 42: PLCSIM en estado RUN

Para cargar el proyecto en el simulador, se realiza una compilación, y se continúa seleccionando PLCSIM como dispositivo, como se observa en la figura 43.



Con el dispositivo virtual correctamente cargado, se utiliza la herramienta “Establecer conexión online” que se indica en la figura 44 para comunicarse en tiempo real con el PLC, y activando la opción “activar/desactivar observación” que permite observar el estado actual de las variables y el flujo de datos.”



Para comprobar que operaciones como el normalizado y escalado de las señales de los sensores analógicos funcionan correctamente, se puede forzar el valor que correspondería a la señal del respectivo sensor, como se observa en la figura 45.

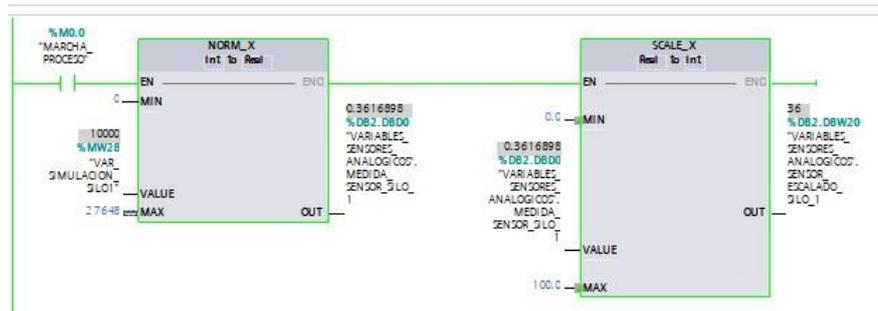


Figura 45: Comprobación del normalizado y escalado mediante forzado de variable analógica

2.4.2. Interfaz de simulación HMI

Como se explicó anteriormente, la pantalla de inicialización de la HMI, muestra los datos básicos, nombre y logo del sistema, hora y fecha, y el ingreso de los usuarios se realiza al presionar el logo de la empresa. En la figura 46 se observa el diseño de esta pantalla.

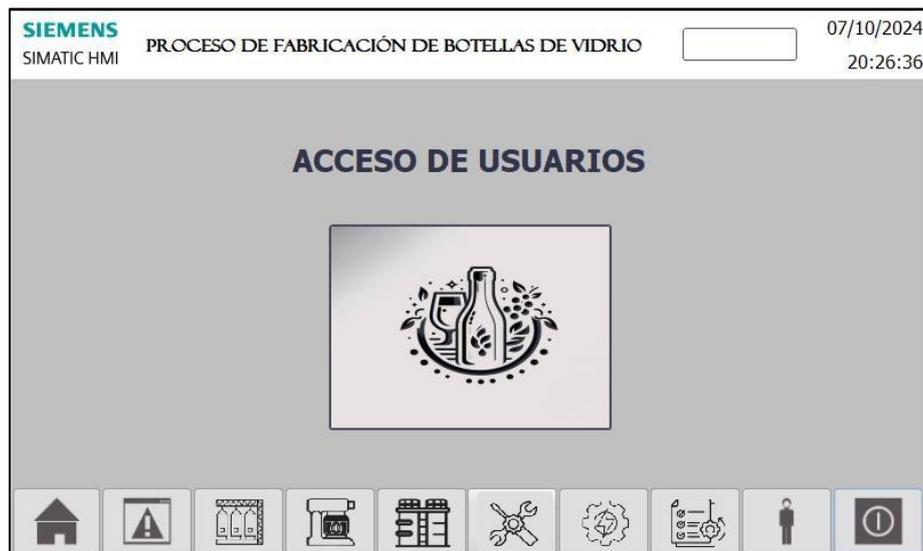


Figura 46: Acceso de usuarios

Para desplazarse a través de las distintas pantallas es necesario, al menos el permiso de observación, por lo que se pide el acceso de usuario que se observa en la figura 47, el ingreso como administrador permite el acceso a todas las funciones.

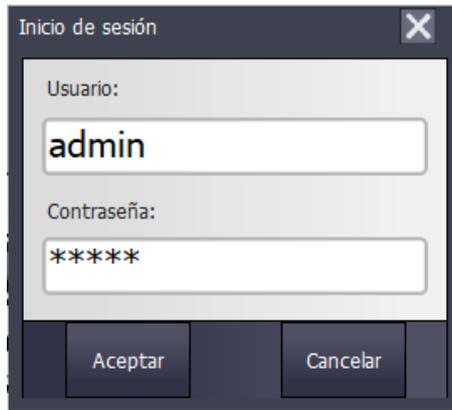


Figura 47: Aviso de inicio de sesión

La pantalla de estado de sistema, una vista rápida de cómo se encuentra en general, modos de funcionamiento y una lista de avisos con la información en tiempo real de los procesos, nótese que en la parte superior se escribe “ADMIN”, texto que se refiere al usuario en cuestión. En la fase de prueba, el modo manual será la forma de operar el sistema, por lo cual se accede a “Modo de operación”, desplegándose una emergente (figura 48)



Figura 48: Pantalla de control general

Un aviso indica que el modo de operación “MANUAL”, a sido activado como se observa en la figura 49.

N.º	HORA	FECHA	ESTADO	TEXTO
A 3	20:36:31	07/10/2024	1	Modo de funcionamiento: Manual
A 7	20:22:12	07/10/2024	1	Modo de control: Local
A 4	20:22:12	07/10/2024	1/0	Modo de funcionamiento: Automático
A 2	20:22:12	07/10/2024	1	Sistema: En marcha
A 18	20:22:12	07/10/2024	1	Silo 4: LLenando
A 17	20:22:12	07/10/2024	1	Silo 3: LLenando

Figura 49: Avisos en pantalla general

El menú de procesos organiza cada función de la interfaz, aunque también hay una barra de acceso rápido al inferior de la venta (figura 50).

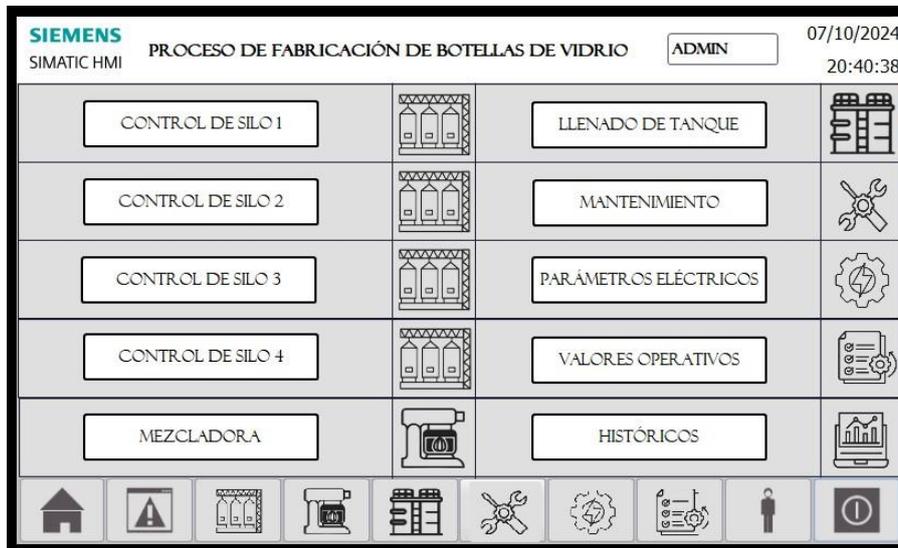


Figura 50: Pantalla de menú de opciones

Para el control de los silos, se tiene una pantalla con las características que se observan en la figura 51, con indicadores de estado del sistema, avisos y una representación gráfica del proceso, además de unas flechas de desplazamiento entre pantallas.



Figura 51: Control de Silo 1

Para la activación manual, se pulsa en el botón de cada actuador, para el sistema de carga se presiona en “SILO” (figura 52), así como para la descarga en el botón “COMPUERTA” (figura 53), que despliegan una ventana emergente con las funciones de poner en marcha y paro.

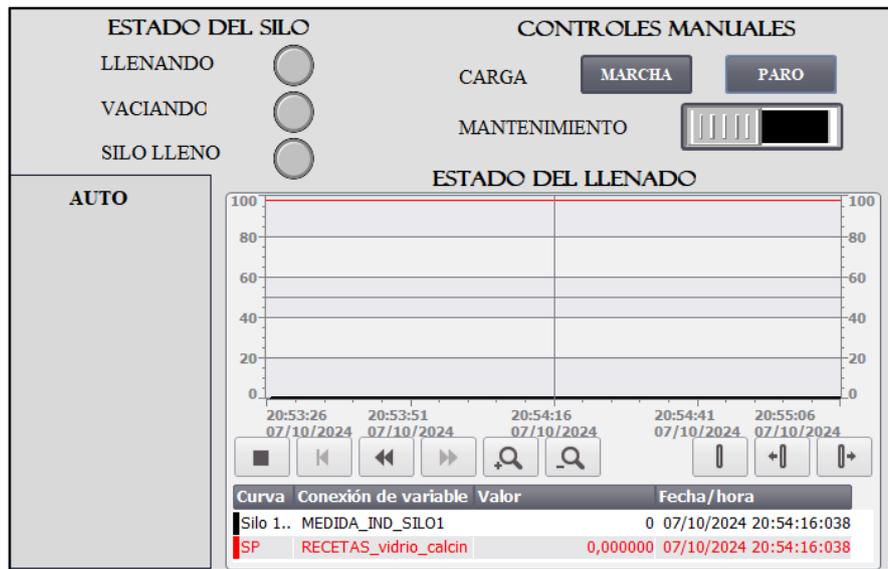


Figura 52: Ventana emergente de controles de Silo



Figura 53: Ventana emergente de controles de compuerta

La mezcladora se visualiza con el mismo esquema (figura 54), del mismo modo el control del tanque (figura 55), a su vez se observa que, en cada activación los avisos indican algún cambio en el sistema.



Figura 54: Controles de la mezcladora



Figura 55: Controles del llenado de tanque

Aunque se puede poner en mantenimiento cada sistema por separado en los controles manuales, la pantalla dedicada para estos procedimientos permite una mejor gestión en la activación y desactivación de este modo como se observa en la figura 56. Nótese que, al activar un modo de mantenimiento se indica en el aviso de dicho cambio.



Figura 56: Pantalla de mantenimientos

Cuando se habla del modo automático, el sistema necesita referencias de funcionamiento, en esencia son los valores de operación, que en este caso se traducen a las recetas que se utiliza para los distintos valores de materia prima que necesita cada variante del envase a realizar.



Figura 57: Pantalla de recetas

Al haber elegido el registro, los datos se cargan al PLC, son los parámetros con los que se trabaja para los llenados de silos, para después seleccionar el modo “Automático” que se observa en la figura 58.



Figura 58: Sistema en modo automático

En este modo el sistema compara los datos de los sensores, con el valor seteados por las recetas, por lo que, para simular el sensor, se utiliza el apartado de sensores que nos permite ingresar los valores que llegarían de un sensor físico. El switch de la parte superior izquierda permite alternar los valores simulados, de los reales. (figura 59).

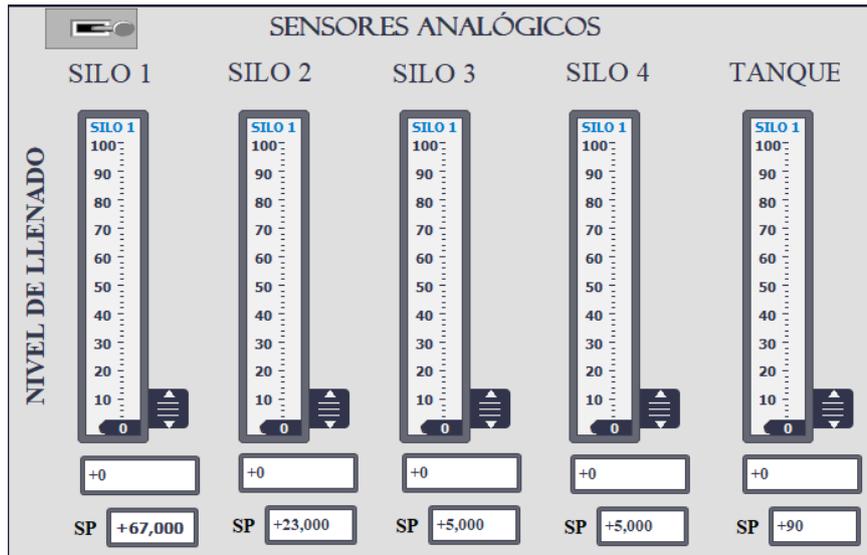


Figura 59: Simulación de sensores analógicos

Para el caso de los silos, cada silo comienza su fase de carga hasta completar el nivel requerido (figura 60).



Figura 60: Carga neumática activa en silo

Una vez cada silo esté en el límite correcto, el llenado se detiene, las compuertas se aberturan una vez todos los silos estén cargados (figura 61).



Figura 61: Carga neumática inactiva en silo lleno

Con el vaciado de los silos, el proceso de mezclado de activa, y se envía la señal al tanque para que se active la carga de agua. En esta etapa el agua se debe mantener a una temperatura de trabajo, por lo que se activa el controlador PID TBD4848, mismo que envía los datos de PV y SP al PLC para ser monitoreados. (figura 62).



Figura 62: Valores de controlador de temperatura en tanque de agua

Con el vaciado del agua del tanque a la mezcladora se activa el motor de mezclado por el tiempo determinado de mezcla (figura 63) y una vez acabado ese tiempo, se activa la compuerta de vaciado para permitir el paso del material al siguiente proceso (figura 64).



Figura 63: Mezcladora activa



Figura 64: Mezclador en etapa de vaciado

La ventana de históricos muestra el registro gráfico de las distintas variables que intervienen en el sistema, tal es el caso del registro del nivel de los silos (figura 65), el registro de los valores de operación (figura 66), el registro del llenado del tanque (figura 67) y por último los valores del controlador PID de temperatura (figura 68).

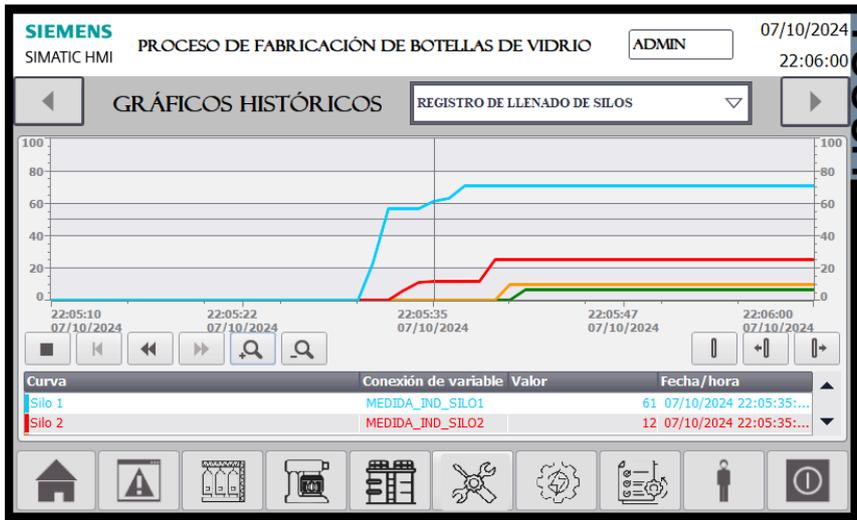


Figura 65: Históricos: Llenado de silos

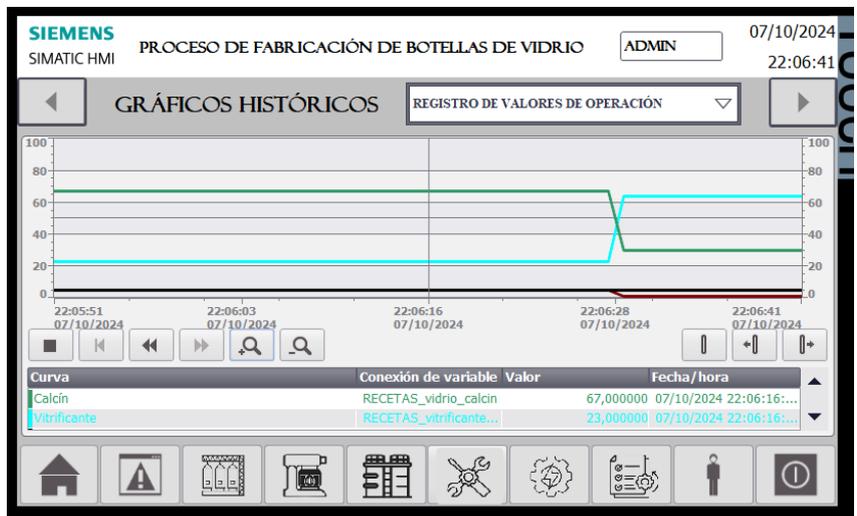


Figura 66: Históricos: Valores operativos



Figura 67: Históricos: Llenado de tanque



Figura 68: Históricos: Controlador de temperatura

Los parámetros eléctricos se muestran en una pantalla emergente accesible desde cada proceso o desde el acceso rápido, en esta se detallan los valores de los sensores analógicos, así como los valores que envía el tablero (medidor de parámetros) (figura 69).

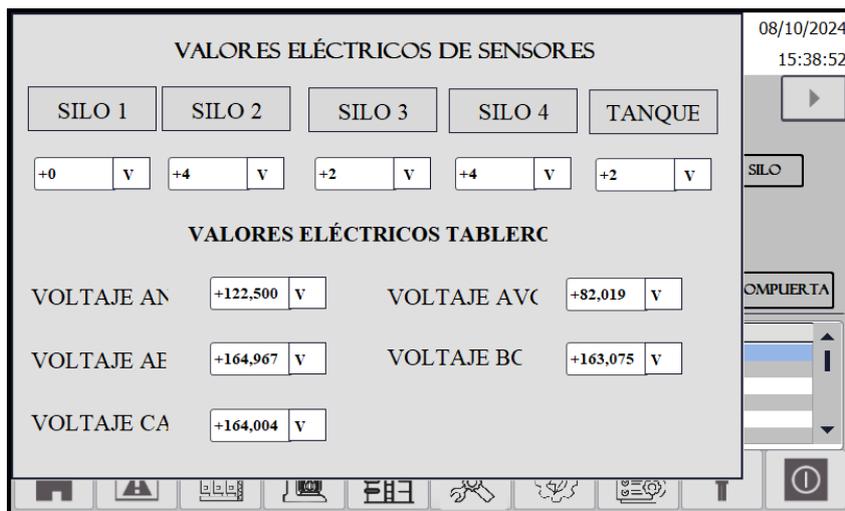


Figura 69: Parámetros eléctricos

2.5. Resultados

A partir del estudio de varias fuentes sobre el proceso de fabricación de botellas de vidrio se extrajo la información de los dispositivos que conforman el sistema y una vez identificado cada una de las entradas y salidas (actuadores, sensores, módulos de comunicación, etc.) se diseñó el sistema automatizado para el llenado de materia prima necesaria para la formación de las botellas, como lo son el calcín, la base, el vitrificante y el fundente – colorante. Así también para el proceso de vaciado de la materia prima en la mezcladora temporizada, que a su vez requiere del sistema de llenado de agua. Para el

agua, la temperatura debe rondar los 60C°, con el fin de preservar la precisión se utilizó el controlador de temperatura PID TDB4848. Se desarrolló los esquemas P&ID de cada uno de los procesos, con base en la normativa ISA, y los esquemas de conexiones eléctricas al PLC, junto con los diagramas de mando y fuerza para el arranque del motor de mezclado.

Se organizó la información del proceso automatizado en diagramas de flujo para una mejor comprensión y síntesis, pues la misma sirvió de guía para el diseño de la lógica en lenguaje de programación Ladder realizada mediante el software TIA Portal. Se organizaron los distintos bloques de función principales que dividen cada proceso y subproceso, así como los bloques de organización cíclicos, uno para el sistema en general y el otro para la comunicación MODBUS. Se crearon tablas de variables para separar cada entrada y salida de acuerdo al sistema al que corresponden para evitar confusiones al momento de registrar dichas variables en la programación. También se crearon bloques de datos, que permiten almacenar información crucial para el funcionamiento interno, datos tales como los tiempos de funcionamiento, niveles de llenado de silos y tanque que a su vez se enlaza con la herramienta de recetas. El algoritmo desarrollado se evaluó constantemente y validó, mediante PLCSIM, herramienta disponible del software para simular el PLC.

Se desarrolló un esquema de árbol de navegación para las pantallas de la HMI, organizando las distintas funciones y como interactúan una con otra, teniendo en cuenta el desplazamiento y la prioridad. Tomando como base el esquema, se diseñó cada una de las pantallas para el dispositivo SIMATIC TP900 Comfort, utilizando la herramienta WinCC la cual ofreció una amplia gama de opciones para el diseño y funcionalidad, así como personalización en cuanto a colores, movimientos, como también para el ingreso de usuarios, seguridad, manejo de datos de tipo recetas, registros históricos y avisos, entre otros. Se comprobó que el diseño no contenga distracciones innecesarias, y sea lo más funcional y versátil posible. Una vez desarrollada la parte visual, se registraron las variables HMI que se enlazaron con las variables PLC, y mediante la herramienta de simulación integrada se comprobó y validó el funcionamiento en conjunto del PLC y HMI, teniendo en cuenta que el usuario pueda navegar rápidamente entre las funciones para un mayor nivel de respuesta ante eventualidades.

Se hicieron las pruebas en el laboratorio de automatización de la UPSE, por lo cual se cargó el algoritmo en un PLC S7-1200, y se conectó mediante Ethernet al computador, el cual sirvió de monitor HMI y se comprobó la conexión entre ambos dispositivos. Luego se procedió a enlazar los dispositivos de medición de parámetros eléctricos (DPM C530) y control de temperatura (DTB 4848), para validar que los datos que nos envían dichos dispositivos sean los que se reciben en el PLC y efectivamente se visualizaron en la HMI. Finalmente se realizaron las pruebas de todo el sistema ingresando las señales de los sensores y se comprobó que el sistema reacciona según lo esperado y programado.

2.6. Conclusiones

La ejecución del diseño del sistema automatizado para la fabricación de botellas de vidrio permite concluir que la automatización de las etapas de llenado y vaciado de materias primas, junto con el mezclado de las mismas brinda una gran ventaja en cuanto al tiempo de proceso de las mismas, utilizando tecnología innovadora como la carga neumática de sólidos. Con esto a su vez se busca reducir al mínimo la intervención humana como operador, disminuyendo a su vez riesgos de accidentes.

La interfaz HMI proporciona un acceso rápido, intuitivo y versátil al estado del sistema, permitiendo modificar fácilmente los parámetros de funcionamiento como las cantidades de materia prima, que a su vez varían para la formación de otros tipos de botellas, siempre y cuando el usuario sea del nivel administrador.

Enlazar el sistema con el medidor de parámetros proporciona una manera directa de observar el consumo de energía del sistema, así como monitorizar directamente las líneas de voltaje, lo cual representa una gran ventaja en caso de anomalías. Así mismo la integración del controlador de temperatura PID da una ventaja al tener un dispositivo dedicado a control sin la intervención de un algoritmo en el propio PLC, y su monitorización brinda un mejor control del estado del sistema.

2.7. Recomendaciones

Para el análisis de información del proceso, se recomienda consultar con empresas dedicadas a dicha producción, puesto que la cantidad de documentación enfocada en la producción de botellas de vidrio es un tanto limitada. Así mismo consultar con fuentes en otros idiomas, como el inglés, para aumentar las posibilidades de seleccionar datos relevantes.

Para el diseño de la automatización, es preciso buscar sensores que se adecuen al proceso, teniendo en cuenta temperatura, humedad, corrosión o movimiento. Del mismo modo seleccionar dispositivos y maquinarias modernos que permitan aumentar la eficacia del sistema.

Para comprobar en físico el funcionamiento se recomienda utilizar sensores analógicos físicos para comprobar la precisión en los llenados de cada silo, así como utilizar un módulo de expansión de salidas que permitan visualizar más activaciones de las que permite el PLC.

Para el enlace con los dispositivos de lectura de parámetros por comunicación MODBUS, es importante tener en consideración que cada uno tiene una dirección diferente al momento de enlazarse con un bloque de funciones en TIA Portal, si no se enlaza con la dirección correcta no se reciben las lecturas.

Bibliografía

- [1] E. Vélez, “Elaboración de elementos decorativos para el hogar, a través de un plan de reciclaje de botellas, bajo un modelo de economía circular”, 2024, Consultado: el 1 de noviembre de 2024. [En línea]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/22659/1/236T0962.pdf>
- [2] H. Puma, *Estudio de Impacto Ambiental EX-POST por la operación y mantenimiento de la planta industrial y sistema de almacenamiento y regasificación de GNL de la empresa CRISTALERIA DEL ECUADOR S.A. CRIDESA*. 2015. Consultado: el 2 de noviembre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://maeguayas.wordpress.com/wp-content/uploads/2015/09/eia-cridesa.pdf>
- [3] M. J. Tomalá Rodríguez, “Desarrollo de la simulación de un sistema automatizado para los subprocesos de triturado y mezclado en la fabricación de vidrio.”, ago. 2024, [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/11944>
- [4] Ó. Ferrer Miralles, “Diseño y fabricación de una mezcladora de sólidos pulverulentos”, oct. 2022, [En línea]. Disponible en: <https://riunet.upv.es:443/handle/10251/187739>

- [5] C. A. Bermúdez Irreño, “RPA - Automatización robótica de procesos: Una revisión de literatura”, *Revista Ingeniería, Matemáticas y Ciencias de la Información*, vol. 8, núm. 15, pp. 111–122, ene. 2021, doi: 10.21017/rimci.2021.v8.n15.a97.
- [6] F. M. Montero Molano, “Mejoramiento del Proceso de Curvado de Vidrio Laminado, Mediante el Diseño de un Sistema de Supervisión y la Implementación de la Automatización del Sistema”, 2017. [En línea]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/11349/5163>
- [7] Y. L. Vargas, “Diseño de la automatización y monitoreo de los subprocesos críticos del reciclaje del vidrio”, *Ingeniería en Automatización*, ene. 2011, [En línea]. Disponible en: https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_automatizacion/666
- [8] G. Barona López y L. E. Velasteguí, “Automatización de procesos industriales mediante Industria 4.0”, *AlfaPublicaciones*, vol. 3, núm. 3.1, pp. 84–101, ago. 2021, doi: 10.33262/ap.v3i3.1.80.
- [9] M. Vivero, “Breve Ensayo Sobre el PLC y su Importancia en la Industria”, 2021.
- [10] F. Carriel, “Diseño y simulación del proceso de fabricación de papel mediante PLC y HMI”, 2024. Consultado: el 2 de noviembre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/27752/1/UPS-GT005238.pdf>
- [11] S. Joshua, P. Delvicier, G. Nathaly, y S. Cervantes, “Diseño e implementación de un módulo didáctico para buses de campo PROFIBUS y PROFINET con S7-1200 y ET200-SP para el laboratorio de fabricación flexible”, 2022. Consultado: el 2 de noviembre de 2024. [En línea]. Disponible en: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/21801>
- [12] R. Rubio, “El vidrio y sus máscaras”, 2015. doi: <https://doi.org/10.20868/UPM.thesis.40455>.
- [13] S. K. Estreicher, “From Fermentation to Transportation: Materials in the History of Wine”, *MRS Bull*, vol. 27, núm. 12, pp. 991–994, dic. 2002, doi: 10.1557/mrs2002.309.
- [14] L. Mumford, “Técnica y Civilización”, 1992.

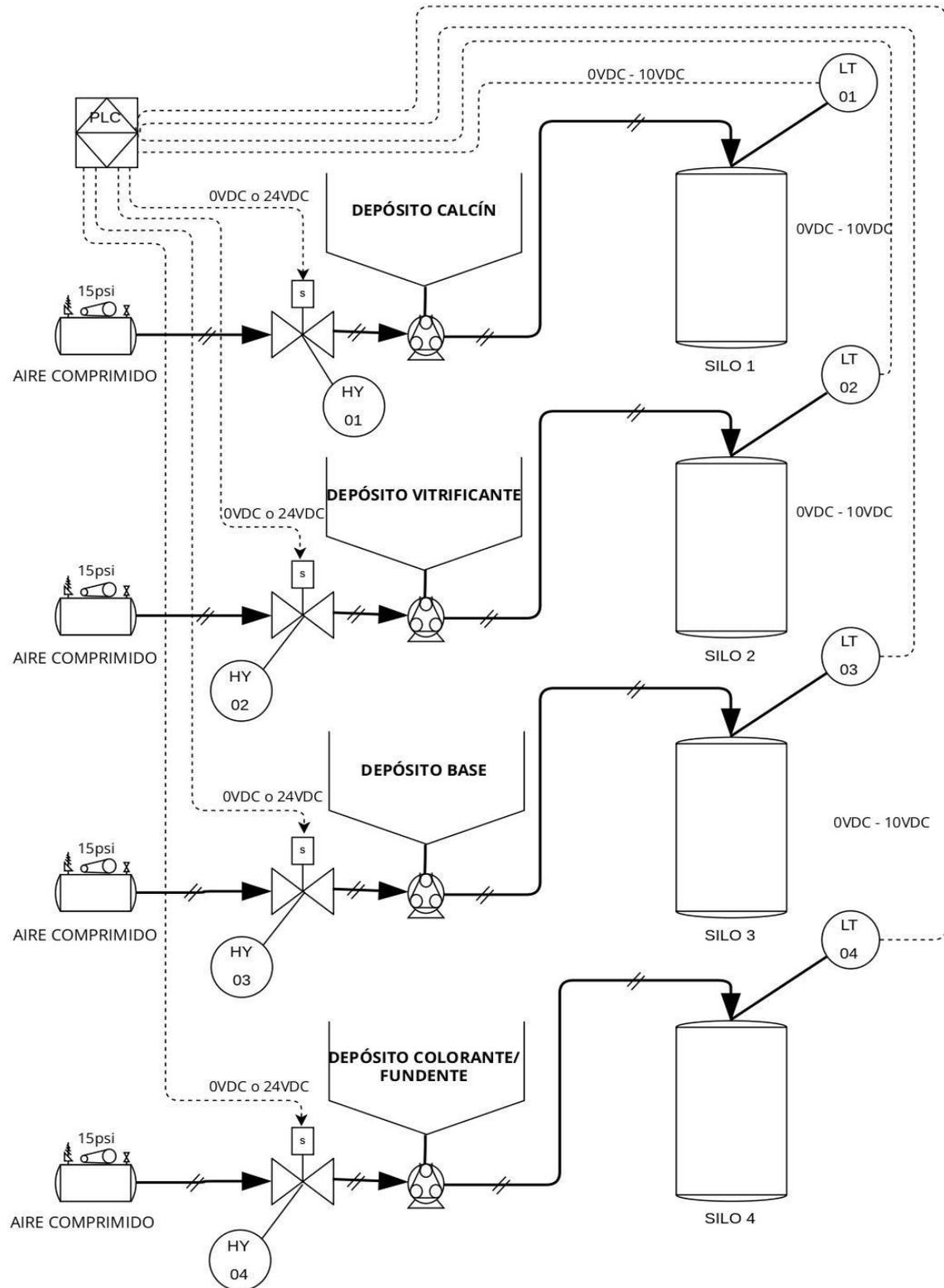
- [15] G. L. Miller y C. Sullivan, “Machine-Made glass containers and the end of production for mouth-blown bottles”, *Historical Archaeology 1984 18:2*, vol. 18, núm. 2, pp. 83–96, sep. 2016, doi: 10.1007/BF03374487.
- [16] J. Barreiro, “Automatización de una planta de embotellado”, 2020.
- [17] A. Galea, “Programación de trabajos en una planta de producción de envases de vidrio”, 2016.
- [18] J. M. Cano, “El programa de reciclado de vidrio”, 1989.
- [19] Vitroval, “Cerveza ALE 50cl - Sección Cerveza”. Consultado: el 2 de noviembre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.vitroval.com/envases-de-vidrio/botellas-para-cerveza/botella-cerveza-ale-50-cl/>
- [20] Vitroval, “Botella Cerveza BELGIEN 75cl - Sección Cerveza”. Consultado: el 2 de noviembre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.vitroval.com/envases-de-vidrio/botellas-para-cerveza/botella-cerveza-belgien-75/>
- [21] Vitroval, “Botella Borgoña Leve - Sección Vino”. Consultado: el 2 de noviembre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.vitroval.com/envases-de-vidrio/botellas-para-vino/botellas-para-vino-borgona/botella-borgona-leve/>
- [22] Vitroval, “Botella Zumo 283ml - Sección Zumo”. Consultado: el 2 de noviembre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.vitroval.com/envases-de-vidrio/tarros-de-cristal-conservas/botella-zumo-283ml/>
- [23] B. Na, S. Ahmed, G. Nemhauser, y J. Sokol, “Optimization of automated float glass lines”, *Int J Prod Econ*, vol. 145, núm. 2, pp. 561–572, oct. 2013, doi: 10.1016/J.IJPE.2013.04.024.
- [24] M. M. Khan *et al.*, “Simulation of PLC Ladder Logic Programming for an Automated Glass Bottle Molding and Refilling Plant”, *IET Conference Proceedings*, vol. 2021, núm. 11, pp. 114–119, 2021, doi: 10.1049/ICP.2022.0324/CITE/REFWORKS.
- [25] B. David Amaya Guevara y U. Antonio Nariño, “Diseño e Implementación de un Sistema de Supervisión y Control para el Proceso de Vidrio Laminado para la Planta AGP Colombia de Bogotá”, 2022.

- [26] “Logics & Controls | Loginspect”. Consultado: el 3 de noviembre de 2024. [En línea]. Disponible en: <http://www.logicscontrols.it/es/products/Loginspect>
- [27] “Mezcladora dinámica - S14 series - Antai Heavy Industry Machinery Co., Ltd. - batch / de polvo / de acero”. Consultado: el 3 de noviembre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.directindustry.es/prod/antai-heavy-industry-machinery-co-ltd/product-244496-2492564.html>
- [28] Daira María Merchán Laje, “Desarrollo y simulación de un sistema automatizado para el proceso de elaboración de gel antibacterial”, 2024.
- [29] F. Cabrejos, I. Jofré, y J. Rojas, “Transporte neumático de materiales sólidos al granel”, 2004.
- [30] A. D. Torres, P. F. Velandia, y O. P. Beltrán, “Transporte neumático de harina”, *Ingeniería e Investigación*, vol. 0, núm. 31, pp. 79–88, ene. 1995, doi: 10.15446/ing.investig.n31.24799.
- [31] E. D. Bohórquez, E. A. Prado, y M. F. Ramirez, “Implementación de la norma ISA 101, sobre las HMI, pertenecientes a los módulos de instrumentación de la Universidad ECCI”, 2019.
- [32] Central Termoeléctrica Santa Elena II de la Unidad de Negocios Electroguayas Celec Ep”, 2024, Consultado: el 2 de noviembre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/10710>
- [33] PLCopen, “IEC 61131-3: un recurso de programación estandar”.

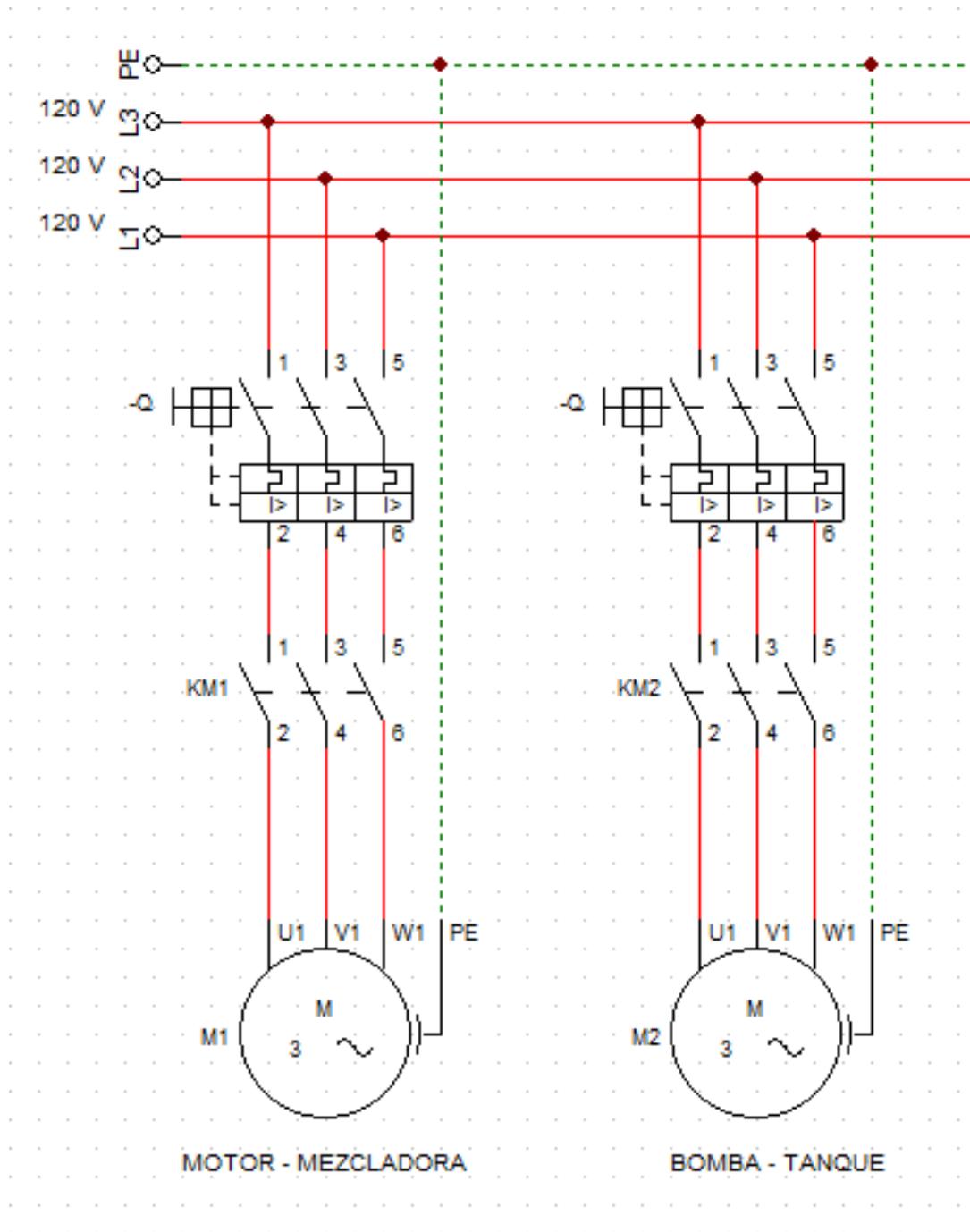
Anexos

Anexo 1: Diagramas P&ID de los procesos

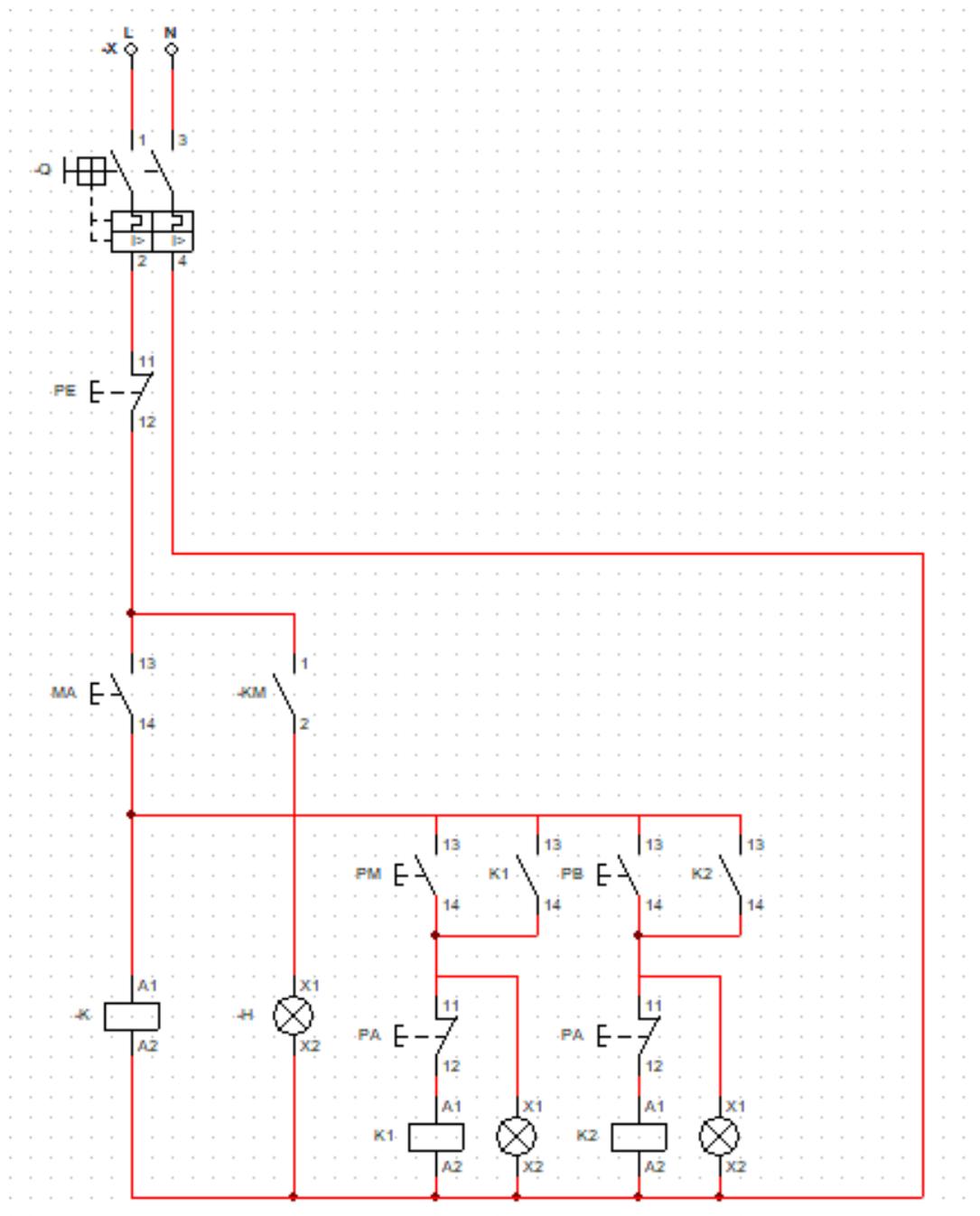
1. Carga y descarga de Silos



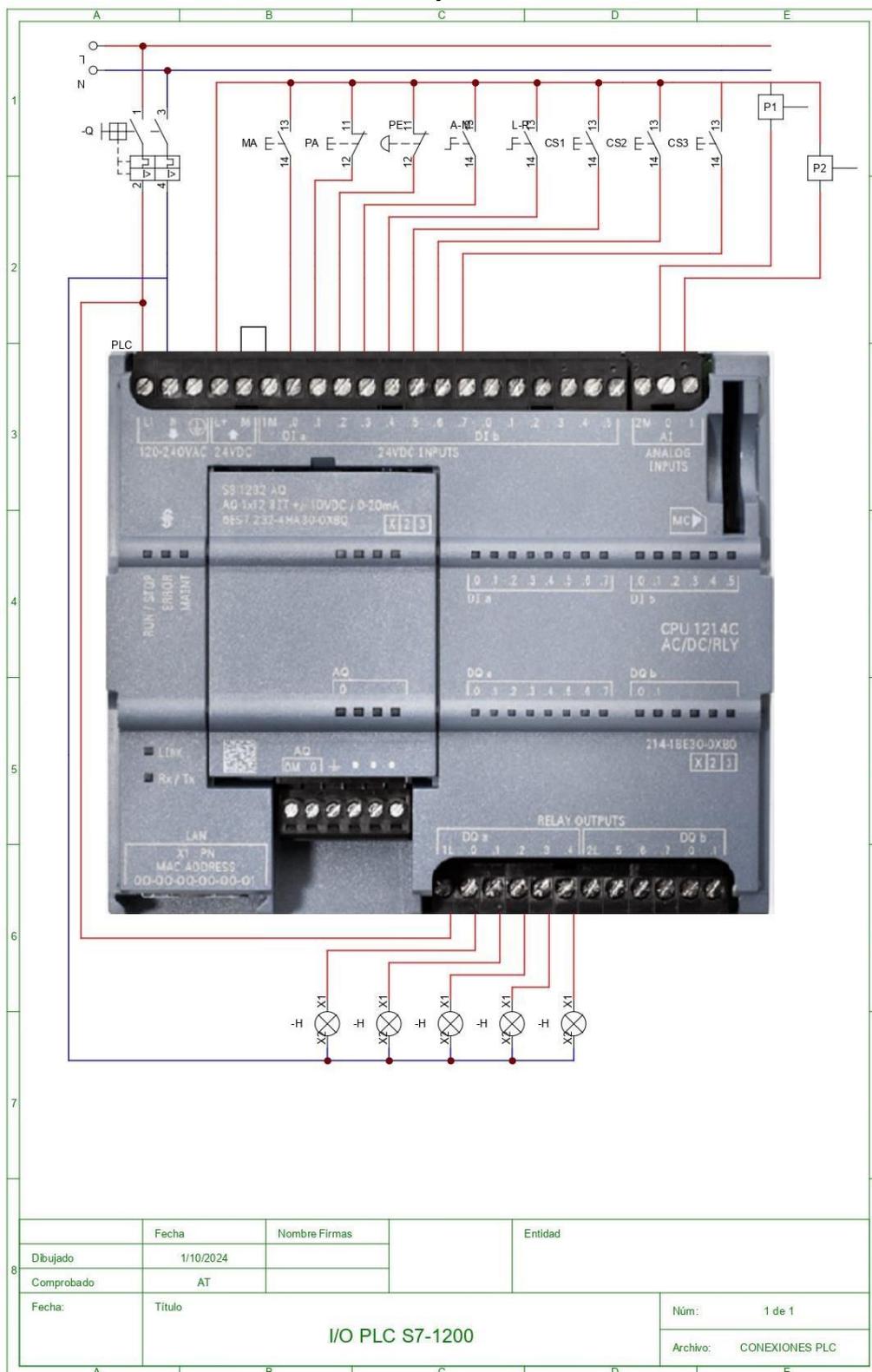
Anexo 2: Esquema eléctrico de Fuerza



Anexo 3: Esquema eléctrico Mando

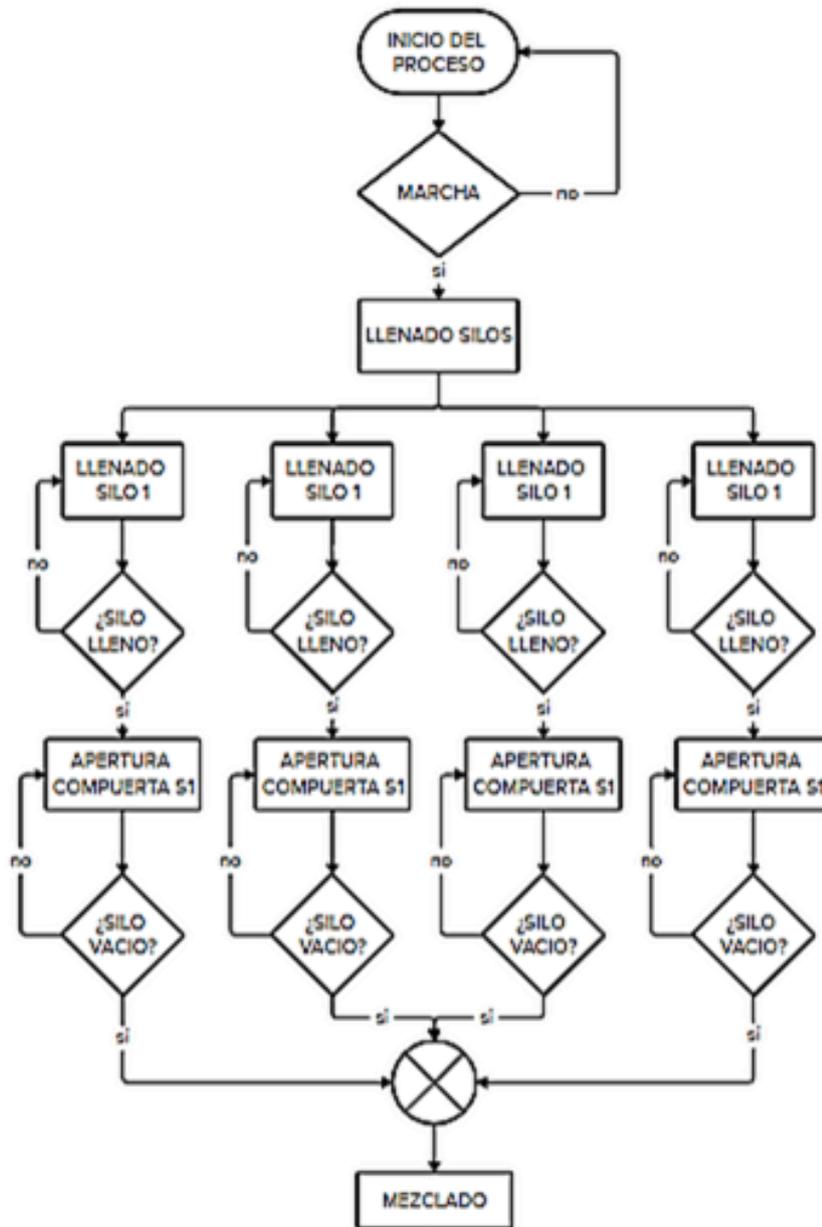


Anexo 4: Entradas y salidas PLC

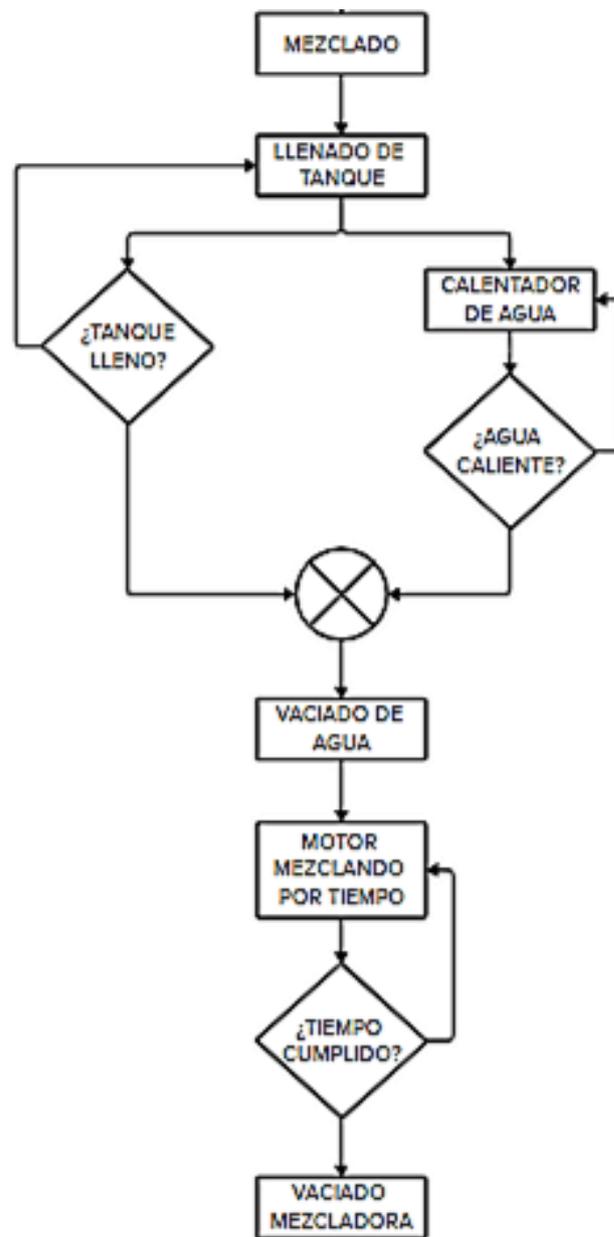


Anexo 5: Diagrama de flujo de los procesos

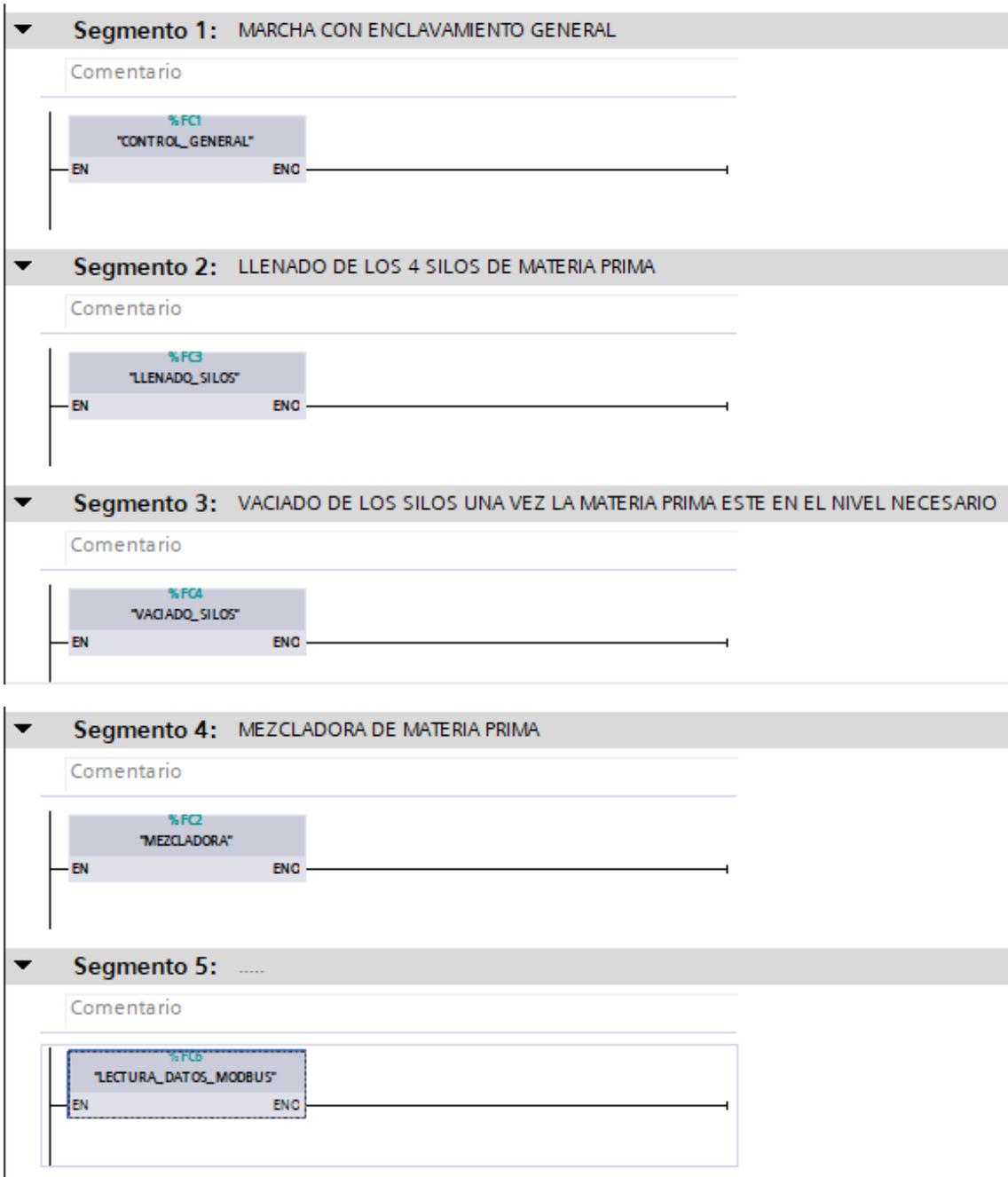
1. Carga y descarga de Silos:



2. Mezclado:



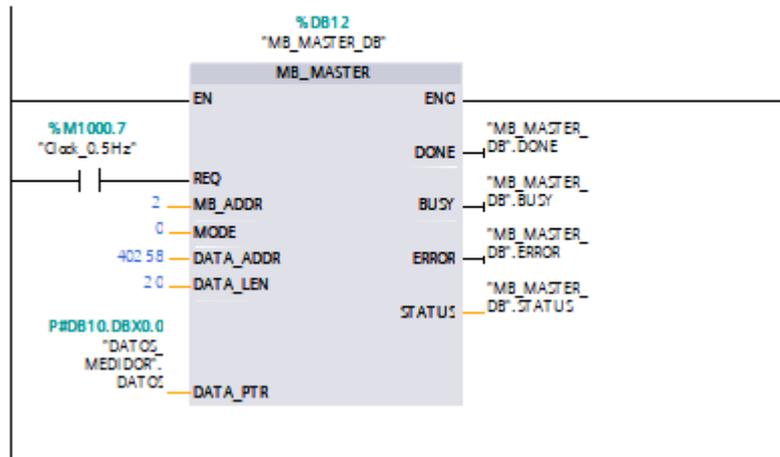
Anexo 6: Bloque “main” de organización de funciones



Anexo 7: Bloque “Cyclic interrupt” para comunicación MODBUS

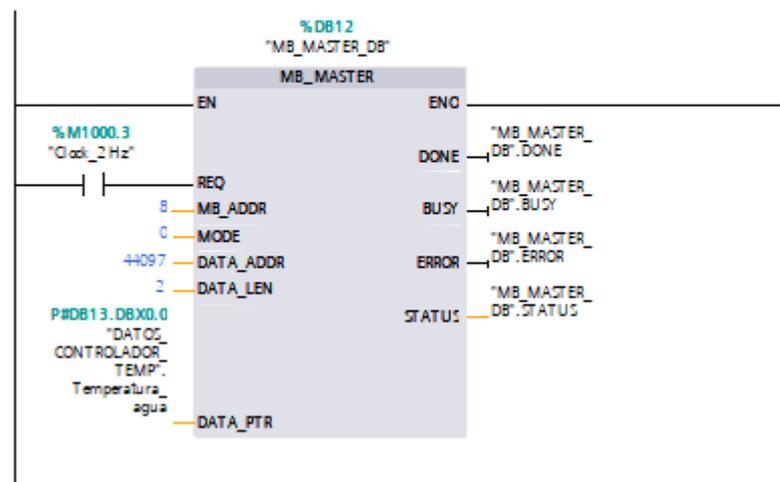
▼ Segmento 1: Toma de datos del medidor de parámetros eléctricos

Comentario



▼ Segmento 2: Toma de datos del controlador de temperatura

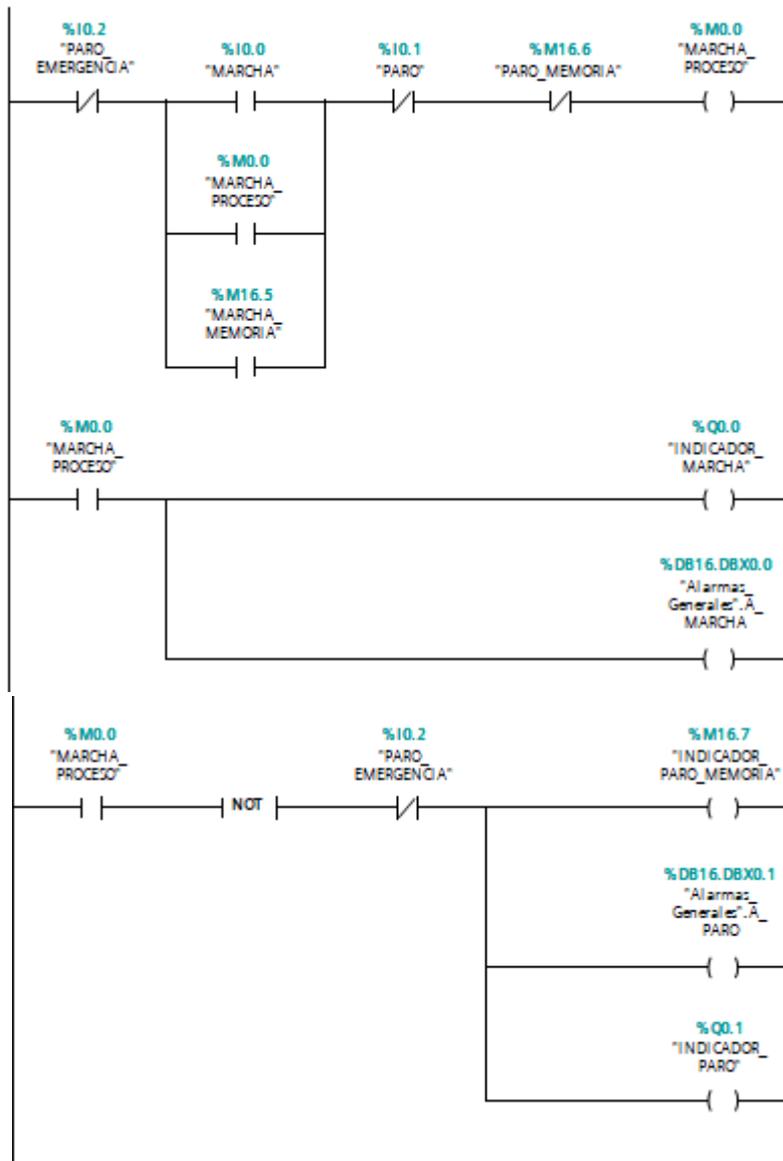
Comentario



Anexo 8: Bloque de control general del sistema

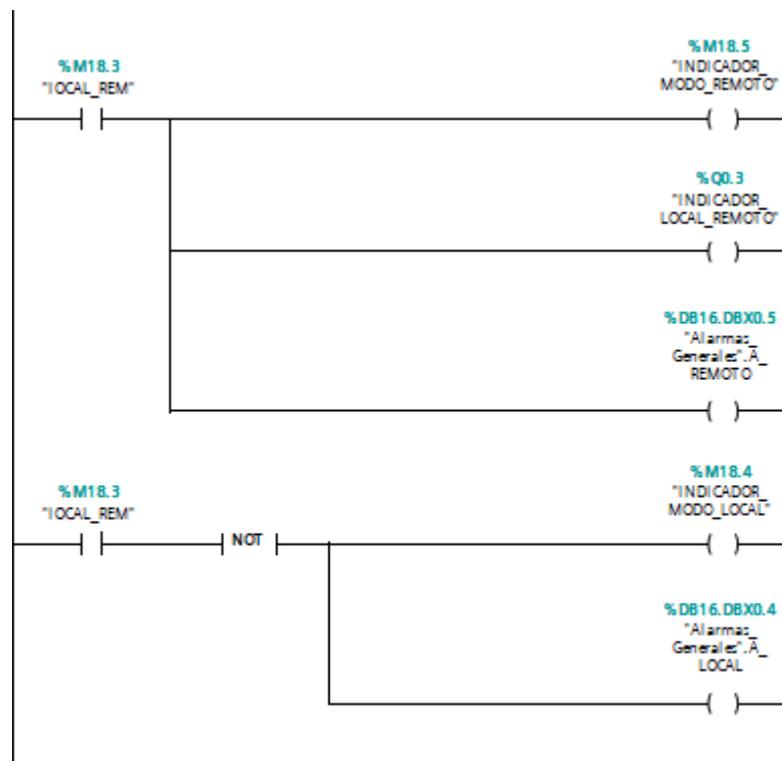
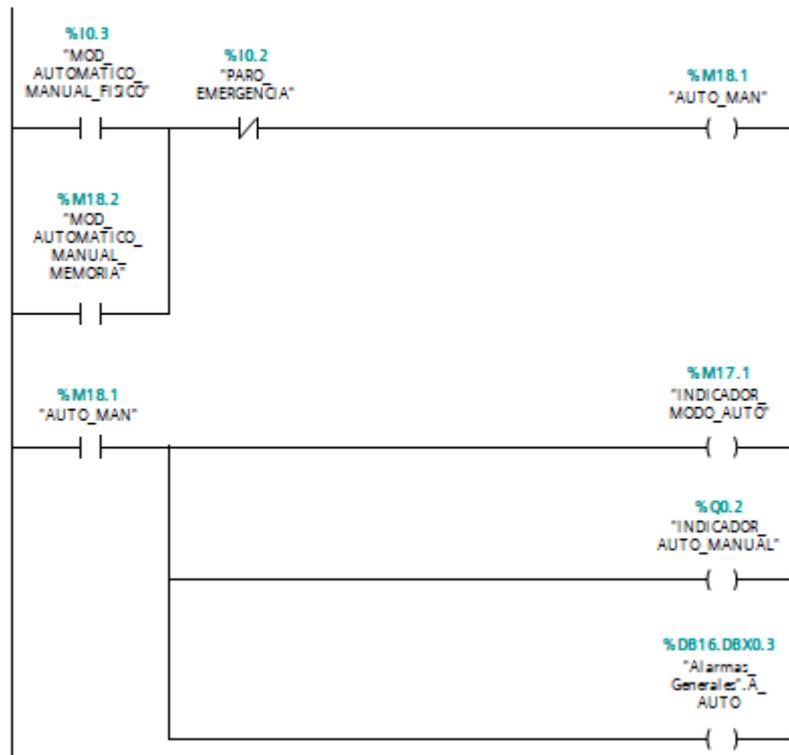
▼ Segmento 1: SISTEMA DE MARCHA CON ENCLAVAMIENTO

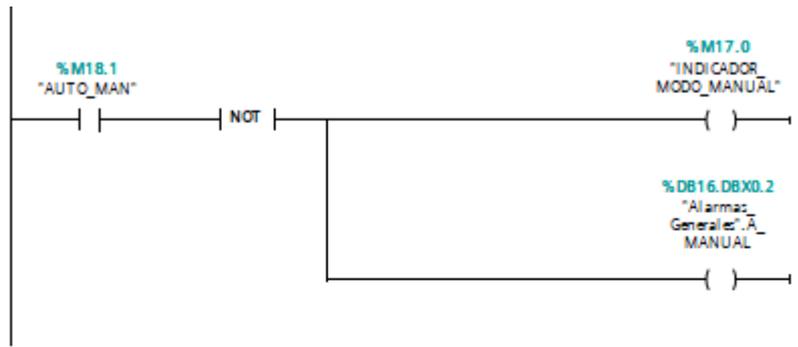
► El sistema de marcha proceso permite el funcionamiento general ...



▼ **Segmento 2:** MODO DE OPERACION: AUTOMATICO - MANUAL

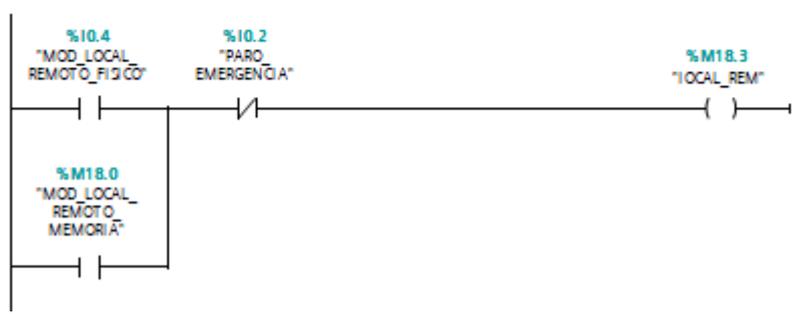
Comentario





▼ **Segmento 3: MODO DE OPERACIÓN: LOCAL - REMOTO**

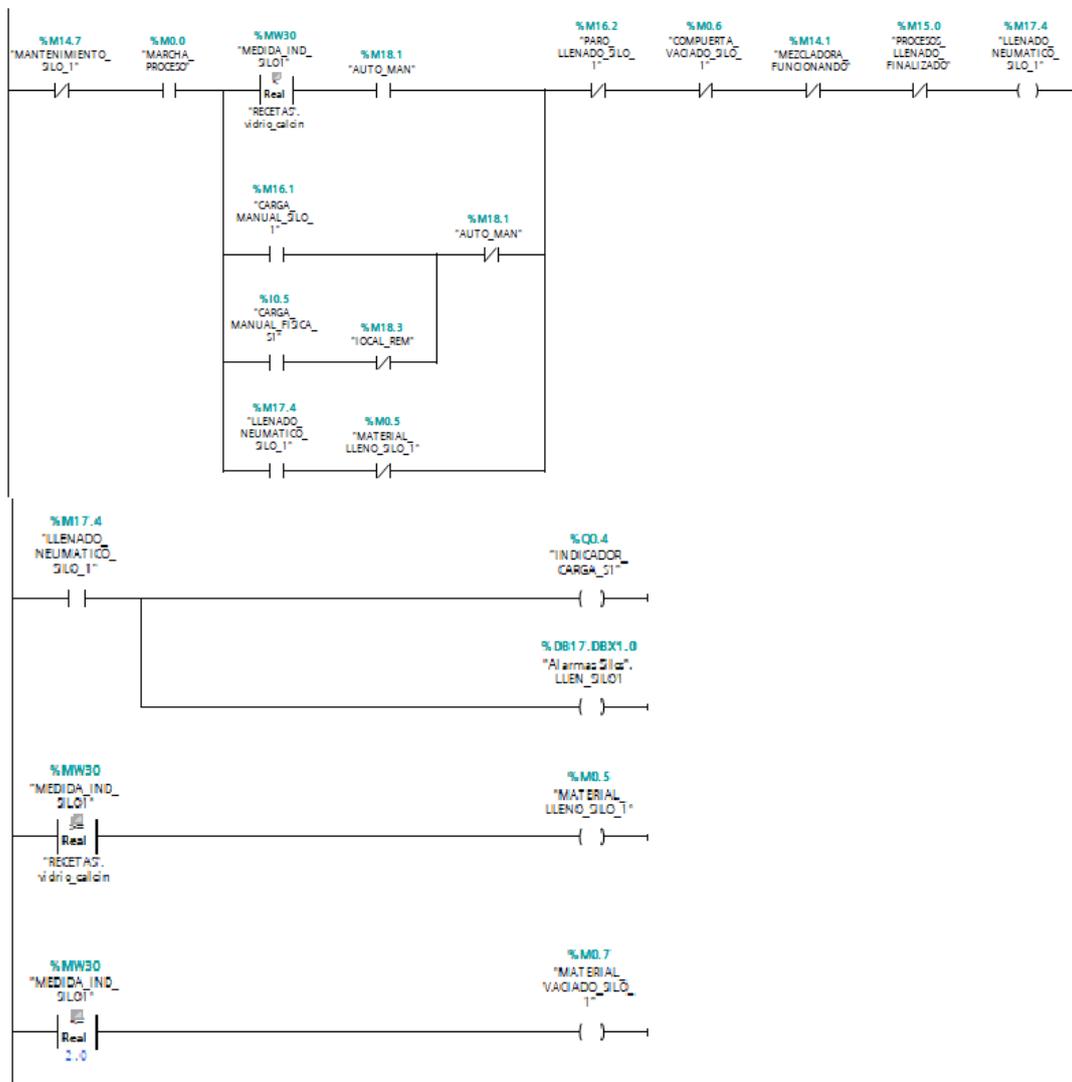
Comentario



Anexo 9: Bloque de llenado de silos

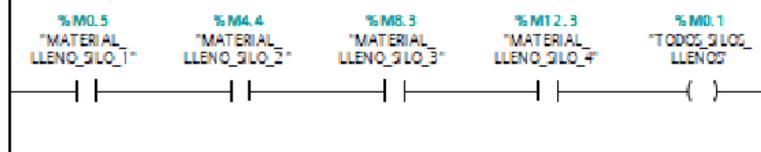
Segmento 2: SILO 1

- Se procede al llenado del silo 1, se compara la lectura del sensor, de acuerdo a la señal se activa el llenado neumático. Se envían señales de silo lleno o silo vacío.



Segmento 6: SILOS LLENOS

- Una señal de que todos los silos se han llenado se activa para la a...



▼ Segmento 7:

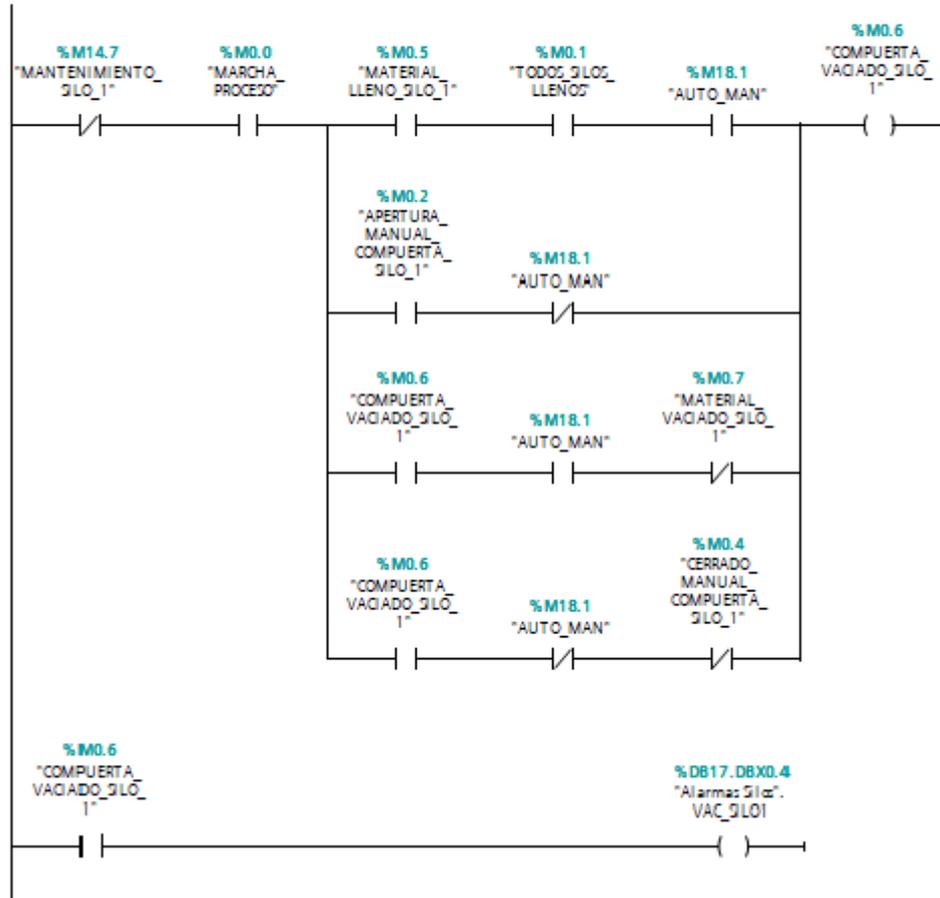
Comentario

%M14.7 "MANTENIMIENTO_ SLO_1"	%DB17.DBX0.0 "Alarma SLO", A_MAN_SLO1
%M15.6 "MANTENIMIENTO_ SLO_2"	%DB17.DBX0.1 "Alarma SLO", A_MAN_SLO2
%M15.7 "MANTENIMIENTO_ SLO_3"	%DB17.DBX0.2 "Alarma SLO", A_MAN_SLO3
%M16.0 "MANTENIMIENTO_ SLO_4"	%DB17.DBX0.3 "Alarma SLO", A_MAN_SLO4

Anexo 10: Bloque de vaciado de silos

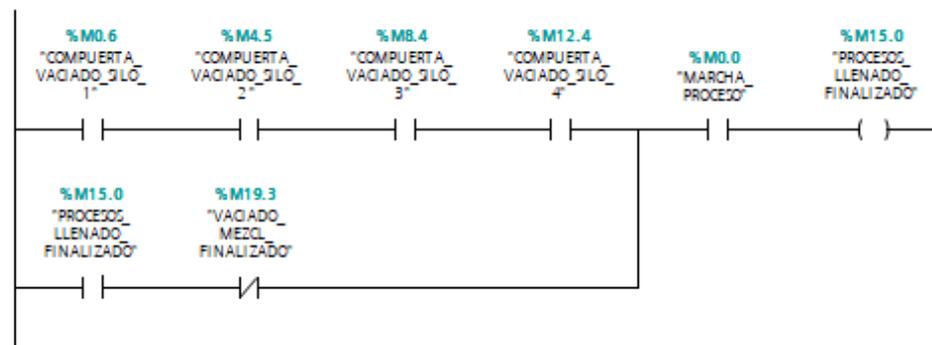
▼ Segmento 1: VACIADO SILO 1

- ▼ El vaciado se inicia automáticamente al momento que todos los silos se han llenado, se apertura la compuerta del silo hasta que se haya vaciado el material ...

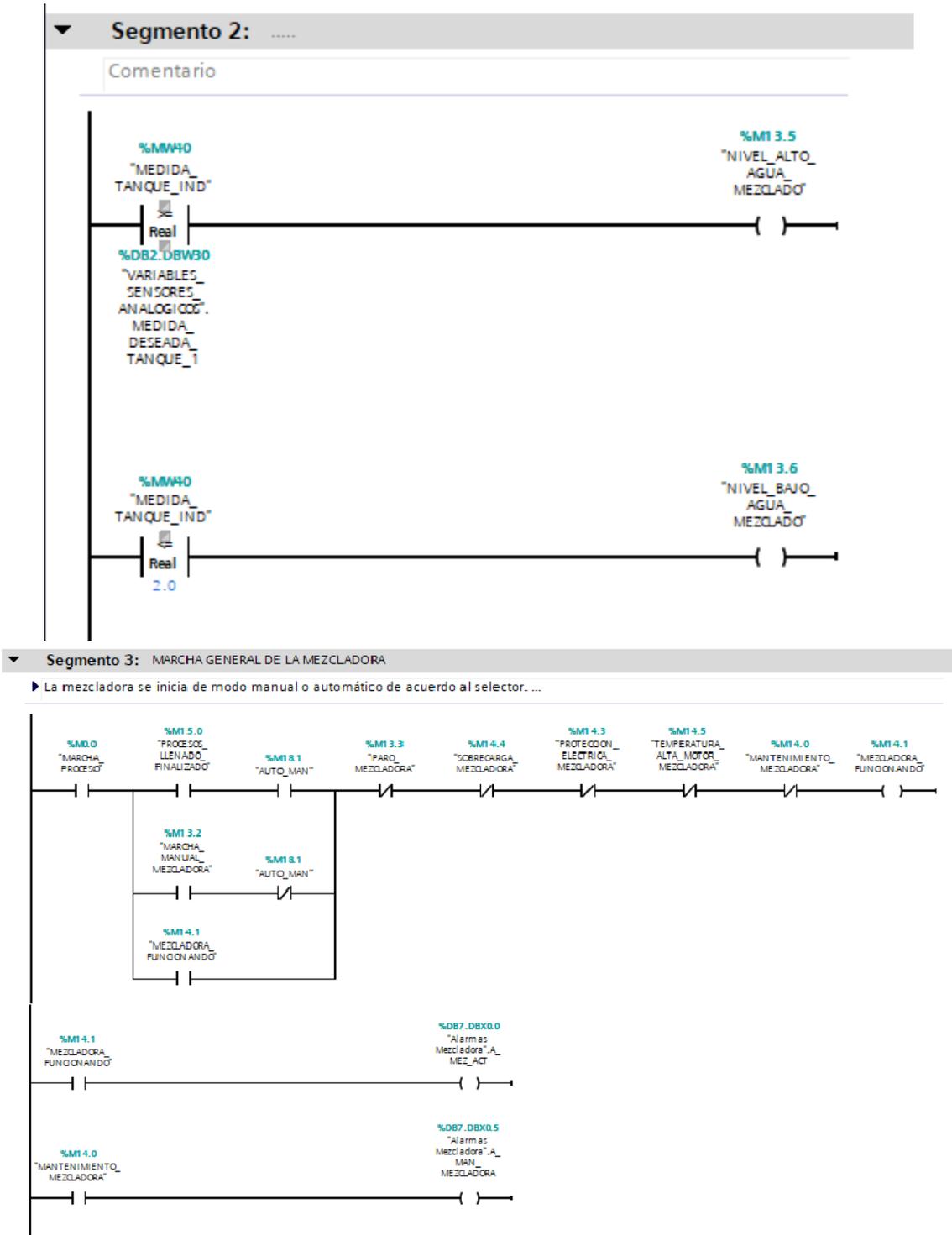


▼ Segmento 5: 4 SILOS VACIANDO

- ▼ Se activa una señal que los silos se estan vaciando, esta señal "Procesos de llenado finalizado" impide el llenado de los silos hasta que se haya completado e...

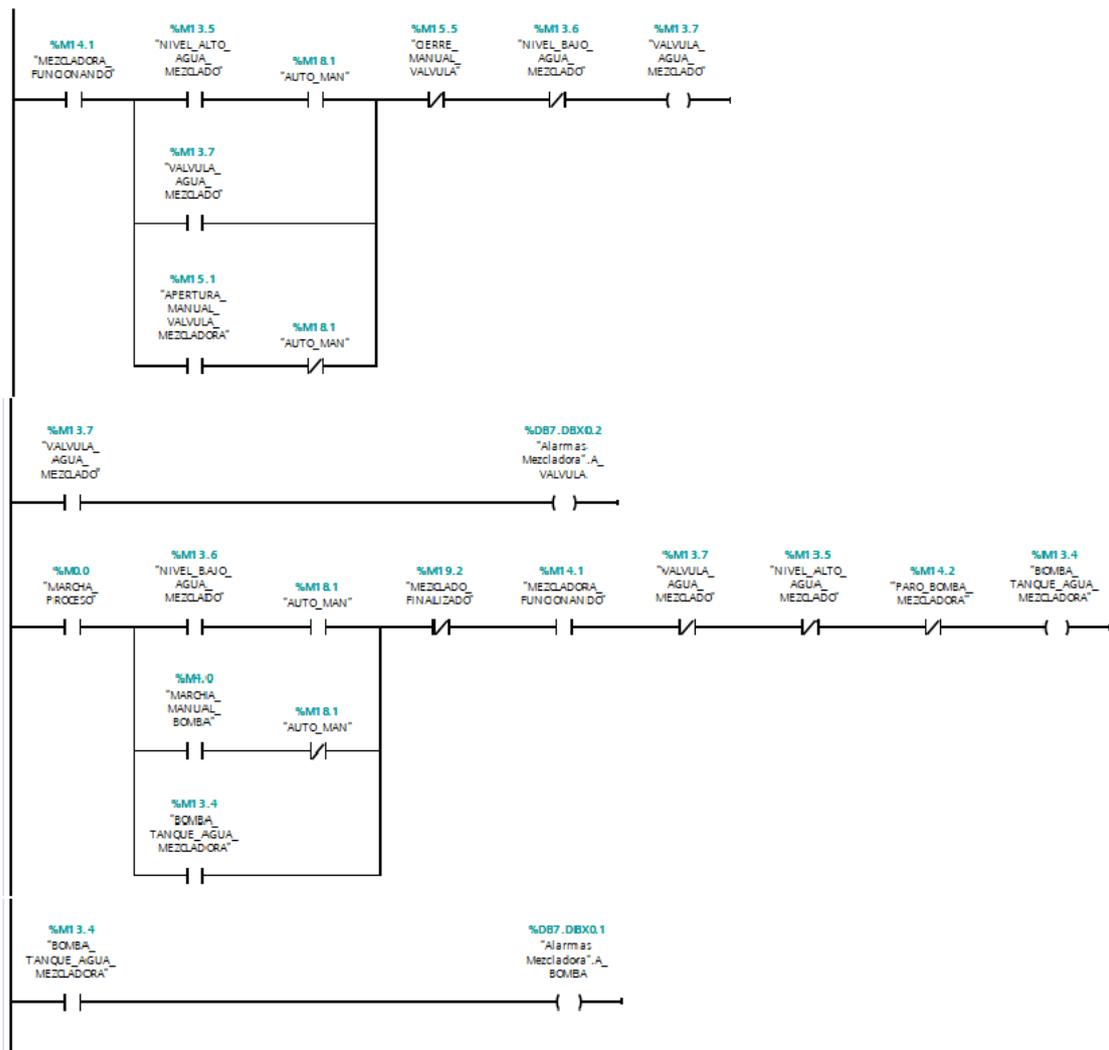


Anexo 11: Bloque de mezclado de materias primas



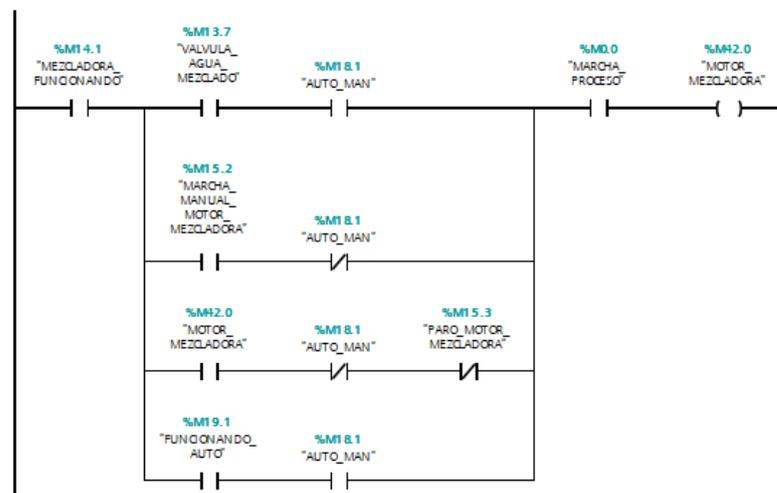
▼ Segmento 4: LLENADO DE AGUA PARA LA MEZCLADORA

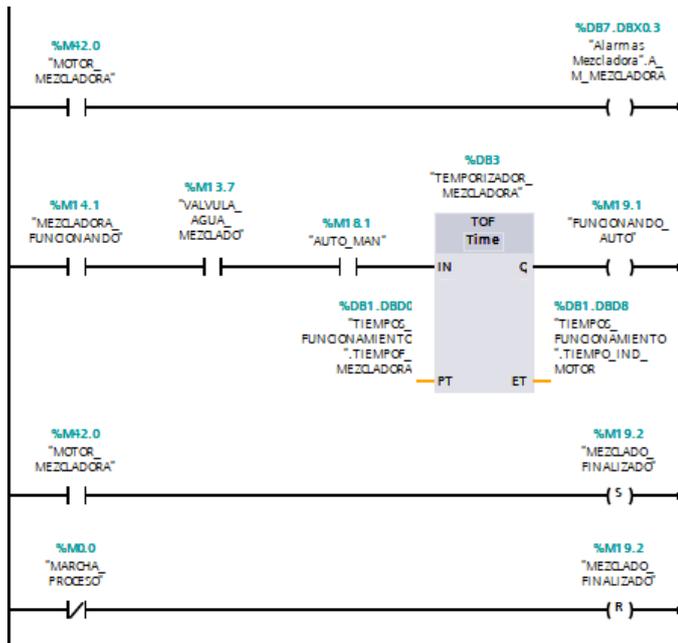
- ▼ La activación de la válvula de agua de mezclado se inicia al momento que el tanque de agua esté lleno, Si el nivel del agua en el tanque no es el necesario (Nivel Alto), se procede a activar una bomba de llenado, misma que finalizará cuando el tanque se encuentre en nivel alto.



▼ Segmento 5: ACTIVACION DEL MOTOR DE MEZCLADO

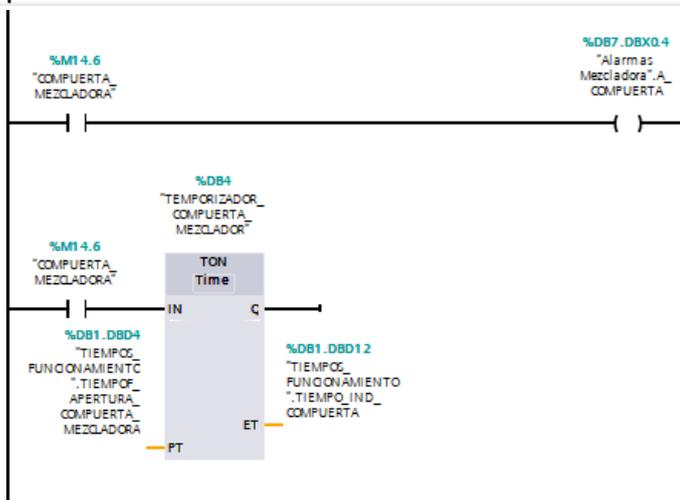
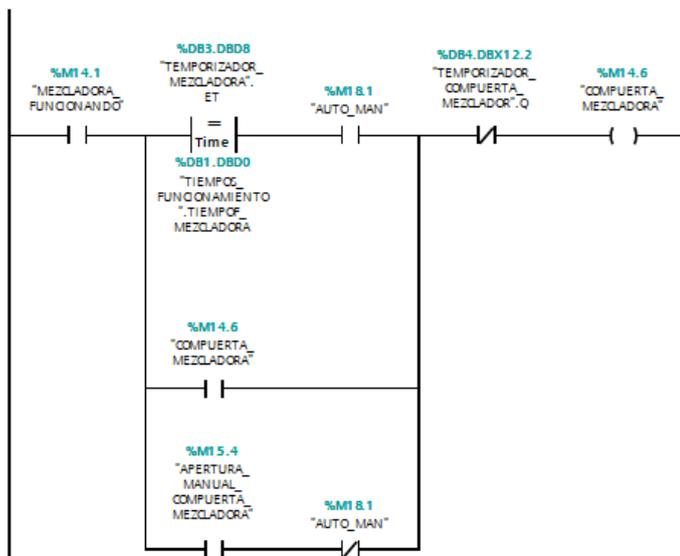
- ▼ El mezclado iniciará cuando la válvula de agua del tanque se aperture, mismo que indicará que el agua está en su nivel, y el mezclado comienza. un temporizador mantendrá activado el motor por un determinado tiempo de mezclado.



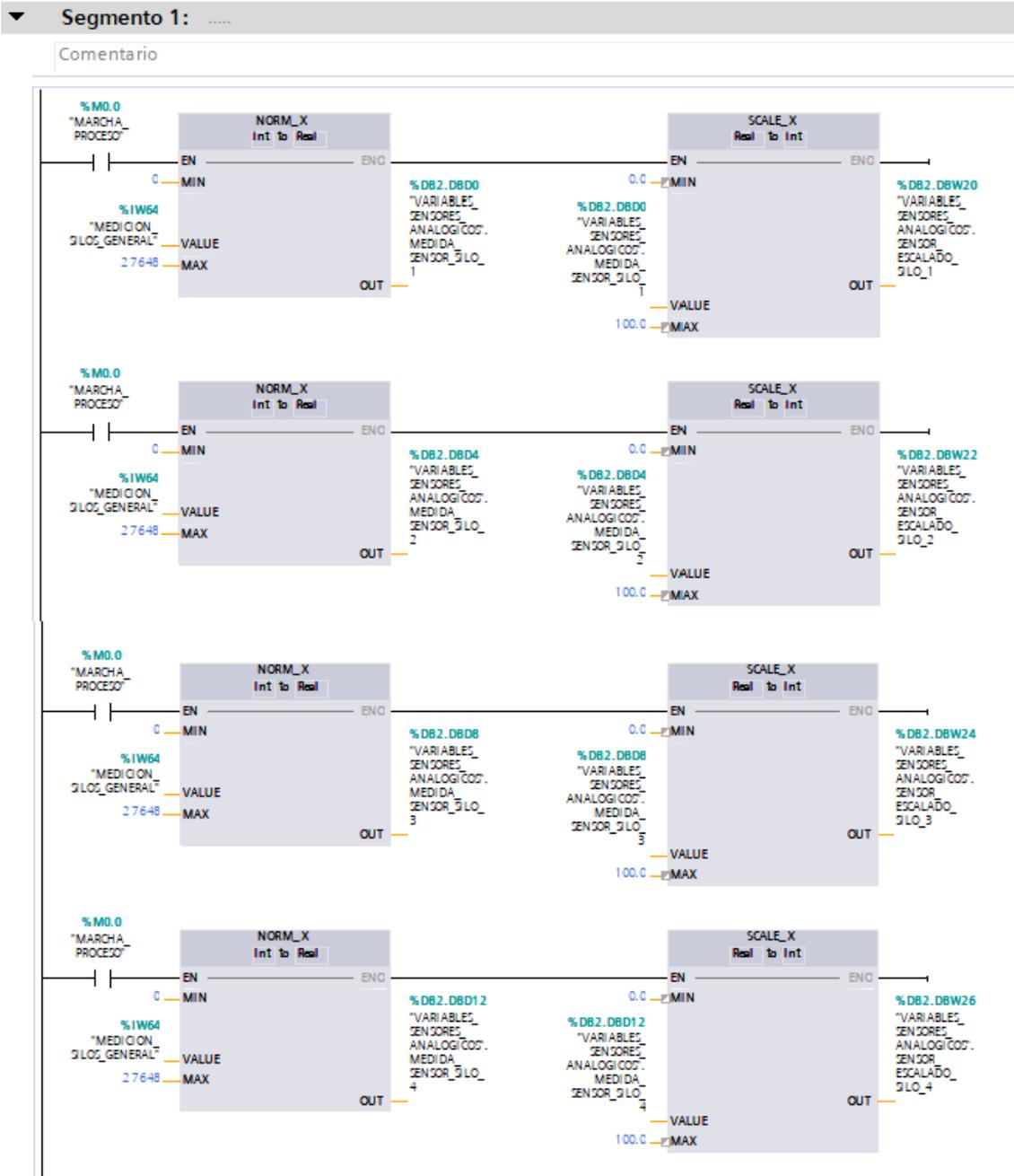


▼ Segmento 6: APERTURA COMPUERTA MEZCLADORA

▼ La compuerta de la mezcladora se aperturará trascurrido el tiempo de mezclado....



Anexo 12: Bloque de lectura de sensores analógicos



Anexo 13: Bloque de Alarmas generales

Alarmas_Generales								
	Nombre	Tipo de datos	Offset	Valor de arranq...	Remanen...	Accesible d...	Escrib...	Visible en ...
1	Static				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	A_MARCHA	Bool	0.0	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3	A_PARO	Bool	0.1	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
4	A_MANUAL	Bool	0.2	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
5	A_AUTO	Bool	0.3	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
6	A_LOCAL	Bool	0.4	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
7	A_REMOTO	Bool	0.5	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Anexo 14: Bloque de Alarmas de silos

Alarmas Silos								
	Nombre	Tipo de datos	Offset	Valor de arranq...	Remanen...	Accesible d...	Escrib...	Visible en ...
1	Static				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	A_MAN_SILO1	Bool	0.0	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3	A_MAN_SILO2	Bool	0.1	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
4	A_MAN_SILO3	Bool	0.2	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
5	A_MAN_SILO4	Bool	0.3	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
6	VAC_SILO1	Bool	0.4	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
7	VAC_SILO2	Bool	0.5	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
8	VAC_SILO3	Bool	0.6	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
9	VAC_SILO4	Bool	0.7	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
10	LLEN_SILO1	Bool	1.0	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
11	LLEN_SILO2	Bool	1.1	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
12	LLEN_SILO3	Bool	1.2	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
13	LLEN_SILO4	Bool	1.3	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Anexo 15: Bloque de Alarmas de mezcladora

Alarmas Mezcladora								
	Nombre	Tipo de datos	Offset	Valor de arranq...	Remanen...	Accesible d...	Escrib...	Visible en ...
1	Static				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	A_MEZ_ACT	Bool	0.0	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3	A_BOMBA	Bool	0.1	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
4	A_VALVULA	Bool	0.2	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
5	A_M_MEZCLADORA	Bool	0.3	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
6	A_COMPUERTA	Bool	0.4	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
7	A_MAN_MEZCLADORA	Bool	0.5	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Anexo 16: Bloque de Recetas

RECETAS								
	Nombre	Tipo de datos	Valor de arranq...	Remanen...	Accesible d...	Escrib...	Visible en ...	
1	Static			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2	vidrio_calcin	Real	63.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
3	vitrificante_silice	Real	23.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
4	base_cal	Real	5.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
5	f_carcalcio_oxidoh	Real	5.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
6	num_botellas	Real	300000.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

Anexo 17: Tablas de variables

1. Control general:

var_control_general								
	Nombre	Tipo de datos	Dirección	Rema...	Acces...	Escrib...	Visibl...	
1	MARCHA	Bool	%I0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
2	PARO	Bool	%I0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
3	PARO_EMERGENCIA	Bool	%I0.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
4	MARCHA_PROCESO	Bool	%M0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
5	INDICADOR_MARCHA	Bool	%Q0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
6	INDICADOR_PARO	Bool	%Q0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
7	AUTO_MAN	Bool	%M18.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
8	PROCESOS_LLENADO_FINALIZ...	Bool	%M15.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
9	TODOS_SILOS_LLENOS	Bool	%M0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
10	INDICADOR_PARO_MEMORIA	Bool	%M16.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
11	INDICADOR_MODO_MANUAL	Bool	%M17.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
12	INDICADOR_MODO_AUTO	Bool	%M17.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
13	MOD_AUTOMATICO_MANUAL...	Bool	%I0.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
14	MOD_AUTOMATICO_MANUAL...	Bool	%M18.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
15	MOD_LOCAL_REMOTO_MEMO...	Bool	%M18.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
16	MOD_LOCAL_REMOTO_FISICO	Bool	%I0.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
17	IOCAL_REM	Bool	%M18.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
18	INDICADOR_MODO_LOCAL	Bool	%M18.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
19	INDICADOR_MODO_REMOTO	Bool	%M18.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
20	MARCHA_MEMORIA	Bool	%M16.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
21	PARO_MEMORIA	Bool	%M16.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

2. Mezcladora:

var_mezcladora								
	Nombre	Tipo de datos	Dirección	Rema...	Acces...	Escrib...	Visibl...	
1	MARCHA_MANUAL_BOMBA	Bool	%M4.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
2	MARCHA_MANUAL_MEZCLAD...	Bool	%M13.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
3	PARO_MEZCLADORA	Bool	%M13.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
4	NIVEL_ALTO_AGUA_MEZCLADO	Bool	%M13.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
5	NIVEL_BAJO_AGUA_MEZCLADO	Bool	%M13.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
6	VALVULA_AGUA_MEZCLADO	Bool	%M13.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
7	MOTOR_MEZCLADORA	Bool	%M42.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
8	MEZCLADORA_FUNCIONANDO	Bool	%M14.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
9	COMPUERTA_MEZCLADORA	Bool	%M14.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
10	PROTECCION_ELECTRICA_MEZC...	Bool	%M14.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
11	SOBRECARGA_MEZCLADORA	Bool	%M14.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
12	TEMPERATURA_ALTA_MOTOR_...	Bool	%M14.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
13	MANTENIMIENTO_MEZCLADORA	Bool	%M14.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
14	BOMBA_TANQUE_AGUA_MEZ...	Bool	%M13.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
15	PARO_BOMBA_MEZCLADORA	Bool	%M14.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
16	APERTURA_MANUAL_VALVULA...	Bool	%M15.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
17	MARCHA_MANUAL_MOTOR_M...	Bool	%M15.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
18	PARO_MOTOR_MEZCLADORA	Bool	%M15.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
19	APERTURA_MANUAL_COMPUE...	Bool	%M15.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
20	L_ANALOG_MEMORIA_TANQ	Int	%MW38	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
21	L_ANALOG_FISICA_TANQ	Int	%IW66	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
22	CIERRE_MANUAL_VALVULA	Bool	%M15.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
23	MEDIDA_TANQUE_IND	Int	%MW40	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
24	VA_SIMU_NIVEL_TANQUE	Int	%MW44	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
25	NIVEL_MEZCLADORA	Int	%MW48	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

3. Carga y descarga de Sil

var_silo_1								
	Nombre	Tipo de datos	Dirección	Rema...	Acces...	Escrib...	Visibl...	
1	MEDICION_SILOS_GENERAL	Int	%IW64	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
2	CARGA_MANUAL_SILO_1	Bool	%M16.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
3	PARO_LLENADO_SILO_1	Bool	%M16.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
4	APERTURA_MANUAL_COMPUE...	Bool	%M0.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
5	CARGA_NEUMATICA_SILO_1	Bool	%M0.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
6	LLENADO_NEUMATICO_SILO_1	Bool	%M17.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
7	MATERIAL_LLENO_SILO_1	Bool	%M0.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
8	COMPUERTA_VACIADO_SILO_1	Bool	%M0.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
9	MATERIAL_VACIADO_SILO_1	Bool	%M0.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
10	CERRADO_MANUAL_COMPUER...	Bool	%M0.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
11	VAR_SIMULACION_SILO1	Int	%MW28	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
12	VAR_SIMULACION_SILO2	Int	%MW20	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
13	VAR_SIMULACION_SILO3	Int	%MW22	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
14	VAR_SIMULACION_SILO4	Int	%MW24	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
15	MEDIDA_IND_SILO1	Int	%MW30	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
16	MEDIDA_IND_SILO2	Int	%MW32	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
17	MEDIDA_IND_SILO3	Int	%MW34	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
18	MEDIDA_IND_SILO4	Int	%MW36	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
19	CARGA_MANUAL_FISICA_S1	Bool	%I0.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
20	INDICADOR_CARGA_S1	Bool	%Q0.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
21	MANTENIMIENTO_SILO_1	Bool	%M14.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

Botellas de vidrio - Ariel Terán

2

7%
Textos
sospechosos



3% Similitudes

< 1% similitudes entre comillas
< 1% entre las fuentes mencionadas

0% Idiomas no reconocidos

4% Textos potencialmente generados por la IA

Nombre del documento: Botellas de vidrio - Ariel Terán 2.pdf
ID del documento: 1131a6a47173740ed1ebcd16c8d473e85610b6bc
Tamaño del documento original: 3,96 MB
Autores: []

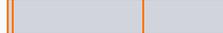
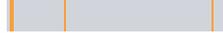
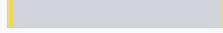
Depositante: CARLOS ALBERTO SALDAÑA ENDERICA
Fecha de depósito: 21/11/2024
Tipo de carga: interface
fecha de fin de análisis: 21/11/2024

Número de palabras: 14.441
Número de caracteres: 103.969

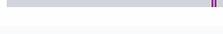
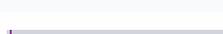
Ubicación de las similitudes en el documento:



Fuentes principales detectadas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	repositorio.upse.edu.ec 7 fuentes similares	1%		Palabras idénticas: 1% (163 palabras)
2	Tesis_Marly_Asencio - corregido.pdf Tesis_Marly_Asencio - corregido #f5c3bb El documento proviene de mi biblioteca de referencias 5 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (92 palabras)
3	Tesis María Tomalá.pdf Tesis María Tomalá #cf6872 El documento proviene de mi biblioteca de referencias 6 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (104 palabras)
4	ADRIAN_TESINA_UIC2.pdf ADRIAN_TESINA_UIC2 #70c797 El documento proviene de mi biblioteca de referencias 4 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (84 palabras)
5	repositorio.upse.edu.ec 4 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (86 palabras)

Fuentes con similitudes fortuitas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	repositorio.upse.edu.ec	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (37 palabras)
2	repositorio.upse.edu.ec	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (30 palabras)
3	Documento de otro usuario #c8d110 El documento proviene de otro grupo	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (26 palabras)
4	www.aicad.es Autómata Programable: ¿Para Qué Sirve? Y ¿Cómo Funciona? Aicad	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (19 palabras)
5	Tesis_BRAVO_PINZON.docx Tesis_BRAVO_PINZON #b9a5ce El documento proviene de mi grupo	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (19 palabras)

Fuentes mencionadas (sin similitudes detectadas)

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

- https://relepro.com/plc-simatic-s7-1200/261/siemens_simatic-s7-1200-cpu-1215c-acdcrele-14di10do2ai2ao_6es7215-1bg40-0xb0.html
- <https://www.electricalautomationnetwork.com/es/siemens/6es7241-1ch32-0xb0-siemens-simatic-s7-1200-modulo-de-comunicacion-cm-1241-rs422-485-sub-d-9-polos-conec>
- <https://es.rs-online.com/web/p/pantallas-hmi/8643973>
- <https://equiposindustrialeshab.com/products/662804454>
- <https://www.gedar.es/tienda/6-bombas-industriales-para-agua>