



UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA

FACSISTEL

CARRERA DE ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

COMPONENTE PRÁCTICO DEL EXAMEN COMPLEXIVO

**DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA
AUTOMATIZADO PARA EL PROCESO DE MEZCLADO EN
PLANTAS DE PRODUCCIÓN DE BEBIDAS
CARBONATADAS**

AUTOR

CARLOS DANIEL MENDEZ MOLINA

Dirigido por

Ing. Carlos Saldaña Enderica, Mgt.

DEDICATORIA

Agradezco a Dios por haberme dado la fuerza, el conocimiento y la perseverancia necesaria para terminar esta etapa. Se lo dedico a mis padres, Danny y Laura, por su amor incondicional y su apoyo constante; a mi familia, quienes son mi pilar fundamental; a mis amigos, por su compañía y aliento a lo largo de este viaje académico; a mis abuelos, por sus historias y su sabiduría; a mis compañeros de estudio, por su camaradería y colaboración; y a mis mentores y profesores, por su dedicación y valiosas enseñanzas. Este logro es tan suyo como mío.

Carlos Daniel Mendez Molina

AGRADECIMIENTO

Primero quiero expresar mi más profundo agradecimiento a Dios, por brindarme la sabiduría, la fortaleza y la determinación necesarias para completar este trabajo. Sin su guía y bendiciones, este logro no habría sido posible. Como dice el versículo de Josué 1:9, "Esfuézate y sé valiente; no temas ni desmayes, porque Jehová tu Dios estará contigo dondequiera que vayas".

A mis padres, Danny Mendez y Laura Molina, les dedico este trabajo con todo mi amor y gratitud. Su apoyo incondicional y amoroso ha sido fundamental a lo largo de mi viaje académico. Gracias por creer en mí, por sus constantes palabras de aliento y por estar siempre a mi lado en los momentos difíciles.

Papá, tu ejemplo de dedicación y perseverancia ha sido una fuente continua de inspiración para mí. Mamá, tu cariño y paciencia me han brindado la fuerza necesaria para seguir adelante. Este logro es tanto suyo como mío, y les agradezco de todo corazón por ser mis pilares de apoyo.

Finalmente, quiero agradecer a todos aquellos que, de alguna manera, han contribuido a la realización de esta tesina. Sus palabras de aliento y apoyo han sido invaluable en este proceso.

Carlos Daniel Mendez Molina

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del trabajo examen complejo denominado: “Diseño y simulación de un sistema automatizado para el proceso de mezclado en plantas de producción de bebidas carbonatas”, elaborado por el estudiante Carlos Daniel Méndez Molina, de la carrera de Electrónica y Automatización de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, me permito declarar que luego de haber orientado, estudiado y revisado, la apruebo en todas sus partes y autorizo al estudiante que inicie los trámites legales correspondientes.

La Libertad, 18 de junio de 2024



ING. CARLOS ALBERTO SALDAÑA ENDERICA, MGT

Docente Tutor

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN



Ph.D. Ronald Humberto Rovira Jurado.

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



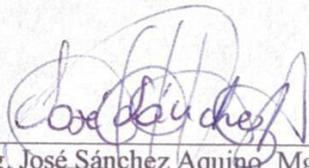
Ing. Luis Enrique Chuquimarca.

Jiménez, Mgt.
DOCENTE GUÍA UIC II.



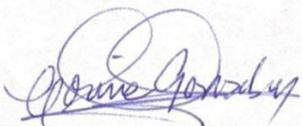
Ing. Carlos Alberto Saldana, Mgt.

DOCENTE TUTOR



Ing. José Sánchez Aquino, Mgt.

DOCENTE ESPECIALISTA.



Ing. Corina Gonzabay, Mgt.

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

Contenido	
DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO	3
APROBACIÓN DEL TUTOR	4
FIRMAS DE RESPONSABILIDAD	5
RESUMEN	8
INTRODUCCION.....	10
OBJETIVOS.....	11
Objetivo general.....	11
Objetivos específicos	11
Título	12
Antecedentes.....	12
Justificación	13
Alcance del proyecto	14
CAPITULO 1: FUNDAMENTOS TEORICOS.....	15
1.1. Marco conceptual.....	15
1.1.1. Ingeniería en sistemas de automatización	15
1.1.2. Automatización industrial	15
1.1.3. Interfaz máquina-hombre (HMI).....	16
1.1.4. Controlador lógico programable (PLC)	16
1.1.5. Sistemas automáticos	17
1.1.6. Maquinas usadas en la etapa de mezcla para la bebida carbonatada.....	17
1.1.7. Componentes físicos	17
1.1.8. Componentes lógicos	22
1.1.9. Norma ISA 101	26
1.1.10. Normativas a seguir para el diseño de mezcla de bebidas carbonatadas	27
1.2. Importancia y beneficios	31
CAPÍTULO 2:.....	32
2.1 Plan de ejecución.....	32
2.2 Descripción de la solución propuesta.....	39
2.3 Prueba y puesta en marcha del proceso de mezcla de bebidas carbonatadas	53

2.4	Resultados	61
2.5	Conclusiones	62
2.6	Recomendaciones.....	63
	Referencias	64
	ANEXOS	67

Contenido de ilustraciones

<i>Ilustración 1 Plc PLC S71200 1212C AC/DC/Rly [13].....</i>	<i>17</i>
<i>Ilustración 2 Selección del HMI [13].....</i>	<i>18</i>
<i>Ilustración 3 Comunicación entre PLC y HMI [15].....</i>	<i>20</i>
<i>Ilustración 4 Lenguaje de programación KOP [24].....</i>	<i>22</i>
<i>Ilustración 5 Pantalla de proceso de mezcla del HMI.....</i>	<i>48</i>
<i>Ilustración 6 Pantalla de Alarmas</i>	<i>49</i>
<i>Ilustración 7 Pantalla de Históricos.....</i>	<i>50</i>
<i>Ilustración 8 Pantalla de mantenimiento.....</i>	<i>51</i>
<i>Ilustración 9 Parámetros eléctricos.....</i>	<i>52</i>
<i>Ilustración 10 Funcionamiento del sistema.....</i>	<i>53</i>
<i>Ilustración 11 Pantalla de mantenimiento de bombas.....</i>	<i>54</i>
<i>Ilustración 12 Pantalla de históricos</i>	<i>56</i>
<i>Ilustración 13 Proceso de mezcla simulado en Factor IO.....</i>	<i>57</i>
<i>Ilustración 14 Proceso de llenado del tanque.....</i>	<i>58</i>

Contenido de tablas

<i>Tabla 1 Características PLC S71200 1212C AC/DC/Rly [13].....</i>	<i>17</i>
<i>Tabla 2 Características del HMI [13].....</i>	<i>18</i>
<i>Tabla 3 Costo de equipos</i>	<i>35</i>
<i>Tabla 4 Costo de Mano de Obra</i>	<i>36</i>
<i>Tabla 5 Costo total.....</i>	<i>36</i>

RESUMEN

El proyecto tiene como finalidad el desarrollo de un sistema de control y monitoreo destinado al proceso de mezclado en las plantas de producción de bebidas carbonatadas. Este sistema se fundamenta en la utilización de controladores lógicos programables en conjunto con una interfaz simulada, representando así una aplicación avanzada de la ingeniería de automatización en los sectores de la industria de bebidas.

Una de las herramientas fundamentales en la fase de desarrollo del sistema en cuestión es la simulación. El proceso de simulación se basa en la creación de un modelo virtual del proceso de mezclado, lo que permite verificar detalladamente el funcionamiento del mismo proceso en diferentes condiciones controladas. De esta forma, tal aproximación implica la identificación anticipada de cualquier potencial fallo y, adicionalmente, permite optimizar los parámetros operativos antes de la implementación en la planta de producción real.

El uso de controladores lógicos programables (PLC) en el proceso de mezclado busca no solo mejorar la productividad operativa, sino también brindar una mayor acomodación al sistema. Esto involucra la capacidad de realizar ajustes en tiempo real para poder tomar en cuenta las demandas cambiantes del entorno productivo, garantizando una respuesta inapreciable a las condiciones variables de producción.

El proyecto establece la adecuada combinación de la tecnología de controladores lógicos programables en el proceso de mezclado, así como en la correcta realización de la fase de simulación. Esta busca mejorar de manera sustancial la calidad de carbonatación, la proporción entre la dosificación del agua y jarabe, y la temperatura. Además, se medirá la consistencia de la carbonatación, la precisión en la dosificación del agua y jarabe, y la estabilidad térmica durante el proceso. Para asegurar el cumplimiento de los más altos estándares de calidad, se implementarán normas ISO 9001 e ISO 22000, que engloban la gestión de calidad y la seguridad alimentaria. Todo esto con el objetivo de mejorar la gestión de recursos y maximizar la competencia funcional en el sector de la producción de bebidas carbonatadas, cumpliendo con los parámetros del fabricante y las normativas locales e internacionales.

Palabras clave: Bebidas carbonatadas, Condiciones de producción, PLC, Automatización, Simulación.

ABSTRACT

The purpose of the project is the development of a control and monitoring system for the mixing process in carbonated beverage production plants. This system is based on the use of programmable logic controllers in conjunction with a simulated interface, thus representing an advanced application of automation engineering in the beverage industry sectors. One of the fundamental tools in the development phase of the system in question is simulation. The simulation process is based on the creation of a virtual model of the mixing process, which allows the operation of the same process to be verified in detail under different controlled conditions. In this way, such an approach implies the early identification of any potential failure and, additionally, allows the optimization of operating parameters before implementation in the real production plant.

The use of programmable logic controllers (PLC) in the mixing process not only seeks to improve operational productivity, but also provide greater convenience to the system. This involves the ability to make adjustments in real time to take into account the changing demands of the production environment, ensuring an invaluable response to variable production conditions.

The project establishes the appropriate combination of programmable logic controller technology in the mixing process, as well as in the correct implementation of the simulation phase. This seeks to substantially improve the quality of carbonation, the proportion between the dosage of water and syrup, and the temperature. In addition, the consistency of the carbonation, the precision in the dosage of water and syrup, and the thermal stability during the process will be measured. To ensure compliance with the highest quality standards, ISO 9001 and ISO 22000 standards will be implemented, which encompass quality management and food safety. All this with the objective of improving resource management and maximizing functional competence in the carbonated beverage production sector, complying with the manufacturer's parameters and local and international regulations.

Keywords: Carbonated drinks, Production conditions, PLC, Automation, Simulation.

INTRODUCCIÓN

En el dinámico ámbito de la industria de bebidas en Ecuador, mejorar constantemente los procesos de producción se considera esencial para mantener la innovación. Surge la necesidad de desarrollar un sistema de control y monitoreo para el proceso de mezclado en las plantas de producción de bebidas carbonatadas. Respondiendo a la urgencia de elevar los estándares de adaptabilidad en la cadena de producción de estas bebidas, contribuyendo al crecimiento sostenible del sector industrial ecuatoriano [1].

Los controladores lógicos programables y una interfaz simulada, representa un paso importante hacia la modernización y mejora continua de los procesos productivos. Como parte primordial es importante mejorar el rendimiento y la precisión en la etapa de mezclado, al mismo tiempo que se dota al sistema de la capacidad para ajustarse rápidamente a las fluctuaciones del mercado y las condiciones de producción. Estableciendo un estándar de excelencia en funcionamiento activo, y verificando recursos en la industria de bebidas carbonatadas en Ecuador [2].

Centrando la mejora continua, la innovación tecnológica y el liderazgo en el mercado nacional e internacional. A través de un enfoque interdisciplinario y colaborativo, se pretende desarrollar un sistema integral de control y monitoreo que no solo resuelva las necesidades actuales, también sienta las bases para el crecimiento futuro y la expansión del sector de bebidas en Ecuador. Se posiciona como un agente de cambio y un motor de desarrollo económico, con el propósito de impulsar la innovación, la sustentabilidad y el progreso en la industria del país [1].

OBJETIVOS

Objetivo general

Diseñar y simular un sistema de monitoreo y control para el proceso de mezclado en las plantas de producción de bebidas carbonatadas, utilizando controlador lógico programable.

Objetivos específicos

- Diseñar un entorno simulado para la automatización del proceso de mezclado en las plantas de producción de bebidas carbonatadas.
- Desarrollar la programación Ladder para la automatización en el proceso de mezclado en las plantas de producción de bebidas carbonatadas basado en el PLC S7-1200.
- Desarrollar una interfaz gráfica simulada para el monitoreo y control en el proceso de producción de bebidas carbonatadas.
- Probar y validar la infraestructura industrial de la automatización diseñada dentro de un ambiente controlado (laboratorio de automatización).

Título

Desarrollo de un sistema de control y monitoreo del proceso de mezclado en plantas de producción de bebidas carbonatas empleando controlador lógico programado y una interfaz simulada.

Antecedentes

Uno de los primeros hitos significativos fue la introducción de los primeros sistemas de control automático en la industria alimentaria a principios del siglo XX. Estos sistemas, aunque rudimentarios en comparación con las tecnologías actuales, representaron un avance importante al permitir la regulación automatizada de variables como la temperatura y la presión en los procesos de producción [3].

Con el paso del tiempo, la aparición de dispositivos electromecánicos, como los relés y temporizadores, permitió una mayor automatización de los procesos industriales. Estos dispositivos fueron ampliamente utilizados en la industria de alimentos y bebidas, incluyendo la producción de bebidas carbonatadas, para controlar tareas específicas como el llenado de botellas y la mezcla de ingredientes [3].

La década de 1960 marcó otro acontecimiento importante con la llegada de los primeros Controladores Lógicos Programables. Estos dispositivos, inicialmente desarrollados para la industria automotriz, pronto se adoptaron en una variedad de aplicaciones industriales, incluyendo la producción de bebidas. Los controladores lógicos programables permitieron una programación confiable y una comunicación más sencilla con otros sistemas, lo que los convirtió en una herramienta invaluable para la automatización de procesos complejos como el mezclado de bebidas carbonatadas [3].

A medida que la tecnología avanzaba, se desarrollaron sensores más precisos y sistemas de control más sofisticados, lo que permitió una automatización aún más completa de los procesos de producción. En el caso específico del mezclado en la industria de bebidas carbonatadas, la combinación de controladores lógicos programables, sensores y sistemas de control avanzados ha llevado a mejoras significativas en la elaboración del producto. Estos hitos históricos proporcionan un contexto importante para comprender el desarrollo y la relevancia del proyecto en el panorama industrial actual [4].

Justificación

Uno de los problemas como en cualquier empresa de producción a gran escala es la simplificación de los procesos. Es fundamental mantener estándares elevados y satisfacer la demanda del mercado.

El proceso de mezclado de ingredientes para la producción de bebidas carbonatadas es una etapa importante en la cadena de producción. Mantener la especificidad en la elaboración de bebidas carbonatadas y asegurar la satisfacción del cliente son aspectos fundamentales a medida que avanza el proceso.

El control manual del proceso de mezclado presenta desafíos, como la posibilidad de errores humanos y la falta de monitoreo en tiempo real. Estos problemas pueden resultar en variaciones en el desperdicio de materias primas, lo que afecta negativamente la productividad de la empresa.

El desarrollo de un sistema de control y monitoreo automatizado utilizando controlador lógico programable y una interfaz simulada se justifica como una medida para mejorar el resultado final del producto lo cual permite un control apto de los parámetros de mezclado facilitando el monitoreo en tiempo real del proceso.

Al implementar tecnologías avanzadas como controlador lógico programable y una interfaz simulada, se asegura la conformidad con normativas internacionales como la ISO 22000, que establece parámetros para la gestión de la seguridad alimentaria, incluyendo la calidad del agua utilizada en la producción y la dosificación de ingredientes como el jarabe. Esto permite que los procesos de producción se alineen con los más altos modelos de calidad y seguridad, perfeccionando el control sobre las variables importantes del proceso y minimizando el riesgo de errores humanos y desperdicio de materias primas.

Alcance del proyecto

El proyecto cubrirá la implementación de un sistema automatizado para el proceso de mezclado en las plantas de producción de bebidas carbonatadas. El sistema se implementará para controlar cada etapa relevante del proceso, desde la carbonatación, dosificación exacta de los ingredientes en la mezcla hasta la homogeneización efectiva de la mezcla final.

Varios sensores estratégicamente ubicados a lo largo de la línea de producción estarán en funcionamiento. Los sensores se implementarán para verificar el flujo de los ingredientes, la temperatura en los tanques de almacenamiento, la presión en las líneas de suministro, entre otros. Utilizando la información en tiempo real generada por los sensores, el sistema ajustará el proceso para llegar a un resultado esperado.

Se emplearán Controladores Lógicos Programables para la automatización de todo este proceso. Estos equipos recibirán los datos de los sensores, ejecutando algoritmos de control diseñados específicamente para este proyecto y coordinarán todas las operaciones necesarias para llegar al producto esperado totalmente finalizado.

El alcance del proyecto consiste en el automatizado de mezclado y al control eléctrico en un entorno simulado. El cual consiste en mejorar el proceso de mezclado mediante tecnologías avanzadas de control y automatización.

CAPITULO I

1.1. Marco conceptual

1.1.1. Ingeniería en sistemas de automatización

La ingeniería en automatización y control industrial se refiere a la rama de la ingeniería de sistemas que se encarga de aplicar la integración de tecnologías avanzadas para diseñar, implementar y mantener sistemas automatizados en entornos industriales.

1.1.2. Automatización industrial

La automatización industrial se refiere al uso sistemas automáticos y tecnología para controlar y supervisar procesos de fabricación y producción en entornos industriales. Estos sistemas automatizados pueden incluir dispositivos electrónicos, sensores, actuadores, software de control y redes de comunicación que trabajan juntos para ejecutar tareas específicas de manera continua [5].

La automatización industrial mediante los sistemas de control permite el funcionamiento automático sin la necesidad de operadores humanos [6].

Los sistemas automatizados han logrado diversos cambios como Reducción de costos, mejora en la alta productividad de la organización y reducción de errores [6].

Existen tres tipos de automatización industrial

- **Automatización fija:** son utilizadas para ejecutar operaciones repetitivas, automatizando los procesos de secuencias fijas que están determinadas por la configuración de controladores lógicos programables [6]
- **Automatización programable:** esta forma de automatización es para la fabricación de productos en procesos se debe reprogramación el equipo de producción, respetando su línea de tiempo, habiendo un periodo de no productividad seguida de una corrida de producción del producto en proceso [6].
- **Automatización flexible:** este sistema proporciona un equipo de control automático el cual da gran flexibilidad para realizar cambios al producto de una manera rápida y automática [6].

1.1.3. Interfaz máquina-hombre (HMI)

La interfaz hombre-máquina (HMI) se refiere al punto de interacción entre los seres humanos y las máquinas, donde los usuarios pueden controlar, comunicarse o interactuar con un sistema o dispositivo. Esta interfaz facilita la comunicación bidireccional, permitiendo que los usuarios proporcionen información a la máquina y reciban retroalimentación o resultados de esta [7].

La interfaz hombre-máquina puede adoptar diversas formas, desde simples botones y pantallas hasta interfaces más complejas como pantallas táctiles, dispositivos de entrada/salida, controles de voz, realidad virtual o realidad aumentada, entre otros. El objetivo principal de estas interfaces es proporcionar una experiencia de usuario intuitiva, permitiendo a los usuarios interactuar de manera efectiva con la máquina y realizar tareas de manera cómoda y segura [7].

1.1.4. Controlador lógico programable (PLC)

Un PLC (Controlador Lógico Programable, por sus siglas en inglés) es un dispositivo electrónico utilizado en sistemas de automatización industrial para controlar y monitorear procesos. Estos dispositivos están diseñados para realizar tareas específicas de control y manejo de entradas y salidas digitales y analógicas, basadas en un programa previamente definido por el usuario [8].

El PLC de una unidad central de procesamiento (CPU), que ejecuta el programa creado por el usuario, y varios módulos de entrada y salida (E/S) que se conectan a sensores y actuadores en

el proceso industrial. Además, suelen contar con memoria para almacenar el programa y datos de configuración [8].

1.1.5. Sistemas automáticos

Los sistemas automáticos son sistemas diseñados para realizar tareas o procesos específicos de manera automática, sin intervención humana directa. Estos sistemas utilizan sensores, actuadores, controladores y otros componentes para detectar y responder a cambios en el entorno o en las condiciones de operación, con el objetivo de mantener un funcionamiento excelente [9].

1.1.6. Maquinas usadas en la etapa de mezcla para la bebida carbonatada

Mezcladores de bebidas: Estas máquinas se utilizan para mezclar los ingredientes líquidos y sólidos en las proporciones adecuadas. Pueden ser mezcladores estáticos o dinámicos, dependiendo del proceso y del tamaño de la planta de producción [10].

Carbonatadores: Son máquinas diseñadas específicamente para disolver dióxido de carbono (CO₂) en el líquido, creando así las burbujas características de las bebidas carbonatadas. Pueden ser de varios tipos, incluyendo carbonatadores estáticos o dinámicos, que varían en su capacidad de carbonatación funcionamiento [11].

Homogeneizadores: Estos equipos se utilizan para asegurar una distribución uniforme de los ingredientes en la mezcla. Ayudan a mantener la consistencia de bebidas carbonatadas al romper las partículas grandes y distribuir uniformemente los sólidos suspendidos en el líquido [10].

Filtros: Se usan para eliminar cualquier impureza que pueda estar presente dentro de la mezcla. Esto garantizará la claridad del en cuanto a bebidas carbonatadas [12].

Tanques de almacenamiento y mezcla: Una vez que los ingredientes se han mezclado y carbonatado adecuadamente, se transfieren a tanques de almacenamiento donde se pueden mantener bajo las condiciones adecuadas hasta su embotellado o enlatado [12].

1.1.7. Componentes físicos

ELECCIÓN DE PLC PARA LA IMPLEMENTACIÓN

En la ilustración 1 se presenta el PLC S71200 1212C AC/DC/Rly, seleccionado por su notable capacidad de procesamiento. Este PLC puede incorporar módulos de expansión según las necesidades específicas, demostrando un rendimiento eficiente en la gestión de entradas de alta velocidad para tareas de conteo y medición. Entre sus funcionalidades, el PLC S71200 incluye comunicación Ethernet, entre otras, como se detalla en la tabla 1. [13].



Ilustración 1 Plc PLC S71200 1212C AC/DC/Rly [13]

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

Display	
Con Display	No
Tensión de alimentación	
Valor nominal (AC)	
- 120V AC	Si
- 220V AC	Si
Rango admisible, límite inferior (AC)	85V
Rango admisible, límite superior (AC)	264V
Frecuencia de red	
Rango de frecuencia, límite inferior	47Hz
Rango de frecuencia, límite superior	63Hz
Intensidad de Entrada	

Consumo (Valor nominal)	100mA con 120V AC; 50mA, con 240V AC
Intensidad de cierre, máx.	20A, con 264V
Alimentación de sensores	
24V	Rango permitido: 20,4 a 28.8V
Intensidad de salida	
Intensidad en bus de fondo (5V DC), máx.	1600mA; máx. 5V DC para SM y CM
Memoria	
Tipo de memoria	EEPROM
Nº de entradas digitales	14; integrado
Salidas digitales	
Nº de Salidas	10; Relé
Nº de entradas analógicas	2
Nº de salidas analógicas	0

Selección del Interfaz Hombre-Máquina

La ilustración 2 presenta la pantalla HMI TP 1200 Confort, resaltando sus características que incluyen funcionalidades táctiles, capacidad de conectividad Ethernet y compatibilidad con PROFINET. Así mismo se detalla sus características en la tabla 2.



Ilustración 2 Selección del HMI [13]

Tabla 2 Características del HMI [13]

Peso	5Kg
------	-----

Tipo	LCD-TFT
Área activa de la pantalla	12.1"; 261.1x163.2mm
Resolución	1200x800 píxeles
Colores representables	Hasta 16 millones
Ajuste brillo	Manual/automático, rango de valores de 0 a 100, 0 = retroiluminación desactivada
Unidad de entrada	
Pantalla táctil	Si, capacidad proyectada
Memoria	
Memoria disponible para datos de usuario	12MB
Memoria disponible para datos de receta	2MB
Memoria adicional para opciones	12MB
Tarjeta de memoria de datos	1 MMC/SD Combination Slot
Tarjeta de memoria del sistema	1 Slot SD
Interfaces	
1 RS 422/485 (PROFIBUS)	Máx. 12 Mbits/s, válido en modo DP
Ethernet (PROFINET)	2 x RJ45 10/100 Mbits/s
Ethernet (PROFINET)	1 x RJ45 10/100/1000 Mbits/s
Audio	Line Out
USB 2.0	2 Host
Fuente de alimentación	
Tensión nominal	24V DC
Rango de tensión admisible	+19,2 V a +28,8 V
Corriente nominal	1.5 ^a
Corriente nominal, en función de la carga	1.2 ... 1.7A
Impulso de corriente de conexión I2t	0.5A ² S
Consumo de potencia	36W
Transitorios máximos admisibles	35 V (500 ms)
Tiempo mínimo entre dos transitorios	50s
Fusible interno	Si

WINCC

Es un software de SIEMENS que permite realizar una programación gráfica, la cual realiza campos de entrada y salida, botones en pantalla, pilotos luminosos, controles deslizantes, textos fijos escalables, gráficos, avisos, barras, curvas, recetas, listas de textos y gráficos, conexión LAN, administración de usuarios, entre otros [14].

Comunicación entre PLC y HMI (WINCC)

Es un software de SIEMENS que facilita la programación gráfica, permitiendo la creación de campos de entrada y salida, botones en pantalla, indicadores luminosos, controles deslizantes, textos fijos escalables, gráficos, alertas, barras, curvas, recetas, listas de textos y gráficos, conexión LAN, gestión de usuarios, entre otras funcionalidades [14]. Para lograr una comunicación efectiva entre un PLC S71200 y un HMI como WINCC, es esencial seleccionar un protocolo de comunicación compatible, como OPC, Modbus o Profibus. Luego, se configuran las variables de comunicación en el software de programación como se muestra detalladamente en la ilustración 3.



Ilustración 3 Comunicación entre PLC y HMI [15]

Sensores

Los sensores, ya sean dispositivos electrónicos o mecánicos, están diseñados con el propósito de detectar o medir cambios en el entorno físico o en sistemas específicos. Estos dispositivos transforman dicha información en señales eléctricas, mecánicas u ópticas, las cuales pueden ser interpretadas y empleadas para diversos propósitos. La variedad de sensores es amplia y diversa, pudiendo detectar una gama de variables como temperatura, presión, luz, sonido, humedad, movimiento, posición, entre otras [16].

Sensores de temperatura: Son utilizados para medir la temperatura de la mezcla durante el proceso de mezclado y carbonatación. Mantener la temperatura dentro de rangos específicos es

importante para garantizar un resultado esperado y el funcionamiento adecuado de las máquinas [17].

Sensores de presión: Estos sensores son importantes para medir la presión dentro de los tanques de carbonatación y en las líneas de proceso. La presión es crítica para controlar la carbonatación del producto y asegurar la seguridad de las operaciones [17].

Sensores de nivel: Utilizados para monitorear el nivel de líquido en los tanques de mezcla y almacenamiento. Esto es esencial para asegurar un flujo constante de ingredientes y evitar desbordamientos o falta de producto durante el proceso [18].

Sensores de flujo: Estos sensores miden el flujo de líquido a través de las tuberías durante el proceso de mezcla y transferencia. Ayudan a controlar la velocidad de flujo y garantizar una distribución uniforme de los ingredientes [17].

Sensor de CO₂: Controla la presencia y la concentración de dióxido de carbono (CO₂) en la mezcla para garantizar la carbonatación adecuada de la soda [19].

Sensor de presión: Supervisa la presión dentro del tanque de carbonatación para controlar el proceso de carbonatación y prevenir problemas como la sobrepresión [20].

Motores trifásicos

Los motores trifásicos son un tipo de motor eléctrico que funciona con un suministro de corriente alterna trifásica. Estos motores son ampliamente utilizados en una variedad de aplicaciones industriales, comerciales y domésticas debido a su rentabilidad y versatilidad [21]. En un motor trifásico, la energía eléctrica se suministra mediante tres fases de corriente alterna que están desfasadas en 120 grados entre sí. Esta disposición trifásica de las corrientes permite un funcionamiento suave y uniforme del motor, ya que el campo magnético producido por cada fase se suma y se promedia a lo largo del tiempo, lo que resulta en un par motor constante [17].

1.1.8. Componentes lógicos

- **Nivel de visualización**
 - **Totally Integrated Automation Portal (Tia portal)**

TIA Portal, conocido como el Portal de Automatización Totalmente Integrada, es un software desarrollado por Siemens utilizado para la programación de controlador lógico programable e Interfaz Hombre-Máquina. Este software integra una amplia gama de componentes de máquinas para el control de sistemas industriales, siendo una herramienta fundamental en la

automatización de fábricas y proyectos de domótica. La principal característica de TIA Portal es su capacidad para centralizar múltiples funciones en una sola plataforma, incluyendo SIMATIC STEP 7, SIMATIC WinCC y SINAMICS Startdrive [22].

TIA Portal ofrece una amplia gama de funcionalidades para la programación y control de sistemas industriales. Sin embargo, también presenta ciertas limitaciones. Por ejemplo, permite la integración de controladores lógicos programables, interfaz Hombre-Máquina, motor, periféricos descentralizados, administración de motores y control de movimiento, todo dentro de un mismo entorno de desarrollo [22].

Lenguaje de programación KOP

El lenguaje ladder, también conocido como Lenguaje KOP o diagrama de escalera, es una representación gráfica de circuitos eléctricos que guarda similitud con los esquemas eléctricos tradicionales de la lógica cableada. Este método de programación gráfica es ampliamente utilizado en los autómatas programables, ya que se basa en los esquemas eléctricos de control convencionales. Esto facilita la tarea de programación de los autómatas para técnicos e ingenieros eléctricos, ya que pueden aplicar sus conocimientos previos en la materia con facilidad [23].

La ilustración 4 muestra un ejemplo de lenguaje ladder en ejecución.

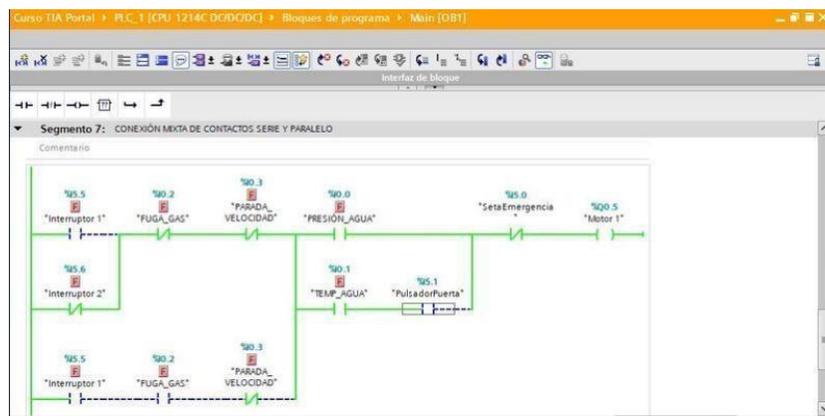


Ilustración 4 Lenguaje de programación KOP [24]

Redes de comunicación industriales

Las redes industriales son sistemas de comunicación específicamente concebidos para entornos industriales, conectando una variedad de dispositivos como sensores, actuadores, controladores lógicos programables (PLC), con el propósito de automatizar y supervisar los procesos industriales [25].

Estas redes posibilitan la transmisión confiable de datos y señales entre los dispositivos dentro de una planta industrial. Además, están diseñadas para resistir las duras condiciones comunes en entornos industriales, tales como altas temperaturas, vibraciones, interferencias electromagnéticas y ambientes hostiles [25].

Las redes industriales deben su origen a la fundación FieldBus, que desarrolló un nuevo protocolo de comunicación para la medición y el control de procesos, permitiendo que todos los instrumentos se comuniquen en una misma plataforma [26].

La comunicación entre los instrumentos de proceso y el sistema de control se basa principalmente en señales analógicas, como las neumáticas de 3 a 15 psi en las válvulas de control y las electrónicas de 4 a 20 mA CC. Sin embargo, ya existen instrumentos digitales que pueden manejar grandes cantidades de datos y almacenarlos históricamente, ofreciendo una precisión diez veces superior a la de la señal típica de 4-20 mA CC. En lugar de transmitir cada variable mediante un par de cables, estos instrumentos transmiten secuencialmente las variables a través de un único cable de comunicaciones llamado bus.

La tecnología fieldbus es un protocolo de comunicación digital de alta velocidad diseñado para reemplazar la clásica señal de 4-20 mA, que aún se usa en muchos sistemas DCS (Sistema de Control Distribuido) y PLC (Controladores Lógicos Programables), así como en instrumentos de medición y transmisión y válvulas de control. La arquitectura fieldbus conecta estos instrumentos con computadoras que se utilizan en diferentes niveles de coordinación y gestión de la planta.

Muchos de los protocolos propietarios para estas aplicaciones tienen la limitación de que no permiten la interoperabilidad de instrumentos entre diferentes fabricantes, es decir, no se pueden intercambiar instrumentos de un fabricante por otros similares. Es evidente que estas tecnologías cerradas están en declive, ya que la interoperabilidad de sistemas y dispositivos es cada vez más necesaria para manejar sistemas abiertos y estandarizados. Con el avance de los protocolos de

comunicación, ahora es posible reducir el tiempo necesario para la transferencia de datos, asegurando la sincronización y el tiempo real de respuesta en algunas aplicaciones. [27].

Protocolos de comunicación:

Los protocolos de comunicación hacen referencia a la variedad de normas que disponen que dos o más dispositivos puedan interconectarse, estas normas están dirigidas a la revisión de fallas en la transmisión de datos entre los equipos, garantizando el buen funcionamiento de sistemas operativos y programas que la integran, además de ofrecer la recuperación de datos en el caso de que haya pérdida de estos durante el proceso de comunicación [26].

Profinet

Este tipo de comunicación se destaca entre las del tipo comercial debido a que soportan características presentes en el ámbito de los procesos industriales, por mencionarse las del ruido del tipo eléctrico y/o magnético, y resaltándose así la confiabilidad para su uso. Así mismo se apoyan de normas que regulan el intercambio de mensajes bidireccionales, ya sea por medio de comandos y formatos en dicho ámbito, y esto se da para que se manifieste la comunicación entre equipos de distintas marcas (fabricantes) [28].

Y es que el estándar Profinet es una combinación de la red Ethernet más la Profibus, su puesta en marcha se distingue por la velocidad de transmisión de datos, adaptándose con otros protocolos, variabilidad en tiempo real; dentro del modelo en capas OSI, se fundamenta en las de acceso a la red, red, transporte y de aplicación, en el modo de que utiliza los protocolo Ethernet, el del tipo IP, y en relación a la conexión entre las dos periferias, usa el protocolo del tipo TCP o UDP, y por ultimo requiere del protocolo HTTP para algún diagnóstico o actualización, respectivamente [28].

Factor I/O

El software Factory I/O da la posibilidad de comunicar directamente el controlador lógico programable a la línea de producción simulada y correr la programación del mismo para controlar todo dentro de la simulación [29].

Factory I/O es un software de simulación en 3D para fábricas industriales, diseñado para el aprendizaje de tecnologías de automatización. Este programa, fácil de usar, permite crear rápidamente una fábrica virtual con una variedad de componentes industriales comunes [30].

Factory I/O incluye numerosas escenas inspiradas en aplicaciones industriales reales, abarcando desde niveles principiantes hasta avanzados. Su uso más frecuente es como plataforma de capacitación para PLC, dado que estos son los controladores más habituales en aplicaciones industriales. No obstante, también puede utilizarse con microcontroladores, SoftPLC, Modbus, y muchas otras tecnologías [30].

1.1.9. Norma ISA 101

La norma ISA-101, también conocida como ANSI/ISA-101.01-2015, "Human Machine Interfaces for Process Automation Systems", es un estándar desarrollado por la Sociedad Internacional de Automatización (ISA) que proporciona pautas y mejores prácticas para el diseño y la implementación de interfaces hombre-máquina (IHM) en sistemas de automatización de procesos [31].

Esta norma se centra en mejorar la usabilidad, la seguridad de las interfaces hombre-máquina utilizadas en entornos industriales. Proporciona recomendaciones para la presentación de información, la navegación, la interacción con el usuario y otros aspectos relacionados con el diseño de interfaces que permitan a los operadores supervisar y controlar sistemas de forma segura [31].

En la empresa "Orangine", se utilizan diversas normas internacionales y locales para asegurar la calidad y seguridad en sus procesos de producción. A continuación, se detallan algunas de las normas más relevantes aplicadas en la empresa [32]:

ISO 9001: Sistema de gestión de calidad que establece requisitos para asegurar que los productos y servicios cumplan consistentemente con los requisitos del cliente y que la calidad se mejore continuamente.

ISO 22000: Sistema de gestión de seguridad alimentaria que incluye los procesos y procedimientos necesarios para gestionar la seguridad alimentaria a lo largo de la cadena de suministro.

ISO 13849: Seguridad de las máquinas - Partes de los sistemas de control relacionados con la seguridad, aplicable a la implementación de sistemas automatizados y de control.

IEC 61131: Normas para controladores lógicos programables, incluyendo requisitos generales, pruebas y lenguajes de programación.

IEC 61010-1: Requisitos de seguridad para equipos eléctricos de medida, control y uso en laboratorio, aplicables a los sensores y dispositivos de medición utilizados en el proceso de producción.

IEC 62061: Seguridad funcional de sistemas de control eléctricos, electrónicos y programables, que asegura la seguridad de los sistemas de automatización utilizados en la planta.

EN 61326: Requisitos de compatibilidad electromagnética (EMC) para equipos eléctricos de medida, control y uso en laboratorio, garantizando que los equipos no interfieran entre sí.

ASME B40.100: Norma para medidores de presión, aplicable a los sensores de presión utilizados en la producción.

EHEDG (European Hygienic Engineering & Design Group): Guías para el diseño higiénico de equipos de procesamiento de alimentos, asegurando que los equipos cumplan con altos estándares de limpieza y desinfección.

GAMP 5 (Good Automated Manufacturing Practice): Directrices para la validación de sistemas automatizados en la industria de alimentos y bebidas, garantizando conformidad regulatoria y gestión de riesgos.

FDA 21 CFR Part 11: Requisitos para registros electrónicos y firmas electrónicas, aplicable si se utilizan sistemas de registro digital en la producción.

ISO 4064: Norma para medidores de agua, aplicable a los sensores de flujo de líquidos utilizados en el proceso.

ISO 5167: Medición de flujo de fluidos mediante dispositivos de presión diferencial, aplicable a los sistemas de medición de flujo en la planta.

1.1.10. Normativas a seguir para el diseño de mezcla de bebidas carbonatadas

En las empresas de bebidas carbonatadas, los sensores utilizados para medir y controlar diversos aspectos del proceso de producción de bebidas carbonatadas operan bajo una serie de normativas para asegurar la calidad, seguridad y entre otros aspectos. Estas normativas incluyen estándares internacionales y locales que garantizan el cumplimiento de los más altos niveles de control y gestión en la industria alimentaria. A continuación, se detallan algunas de las normativas aplicables a los distintos tipos de sensores empleados [32]:

Sensores de Temperatura:

- **ISO 9001:** Sistema de gestión de calidad.

- **ISO 22000:** Sistema de gestión de seguridad alimentaria.
- **IEC 60751:** Norma para sensores de resistencia térmica (RTD).
- **FDA 21 CFR Part 11:** Requisitos para registros electrónicos y firmas electrónicas (aplicable si se usan sistemas de registro digital).

Sensores de Presión:

- **ISO 9001:** Sistema de gestión de calidad.
- **ISO 22000:** Sistema de gestión de seguridad alimentaria.
- **ASME B40.100:** Norma para medidores de presión.
- **IEC 61508:** Norma para sistemas electrónicos relacionados con la seguridad funcional.

Sensores de Nivel:

- **ISO 9001:** Sistema de gestión de calidad.
- **ISO 22000:** Sistema de gestión de seguridad alimentaria.
- **IEC 60529:** Grados de protección proporcionados por envoltorios (Código IP).

Sensores de Flujo:

- **ISO 9001:** Sistema de gestión de calidad.
- **ISO 22000:** Sistema de gestión de seguridad alimentaria.
- **ISO 4064:** Norma para medidores de agua (aplicable a sensores de flujo líquidos).
- **ISO 5167:** Medición de flujo de fluidos mediante dispositivos de presión diferencial.

Sensor de CO₂:

- **ISO 9001:** Sistema de gestión de calidad.
- **ISO 22000:** Sistema de gestión de seguridad alimentaria.
- **ISO 10298:** Seguridad de los analizadores de gas.
- **EHEDG:** Diseño higiénico de equipos de medición (aplicable para equipos en contacto con alimentos).

Sensores de Presión en Tanques de Carbonatación:

- **ISO 9001:** Sistema de gestión de calidad.
- **ISO 22000:** Sistema de gestión de seguridad alimentaria.
- **ASME B40.100:** Norma para medidores de presión.
- **IEC 61508:** Norma para sistemas electrónicos relacionados con la seguridad funcional.

Para el uso de la Interfaz Humano-Máquina y el controlador lógico programable en la empresa Orangine, específicamente el HMI TP 1200 Comfort y el PLC S7-1200 1212C AC/DC/Rly, se aplican varias normativas que aseguran la calidad y seguridad de estos sistemas de control y monitoreo. A continuación, se detallan algunas de las normativas aplicables [33]:

Normativas para HMI TP 1200 Comfort:

ISO 9001: Sistema de gestión de calidad.

ISO 13849: Seguridad de las máquinas - Partes de los sistemas de control relacionados con la seguridad.

IEC 61131-3: Normas para lenguajes de programación de controladores lógicos programables.

IEC 61010-1: Requisitos de seguridad para equipos eléctricos de medida, control y uso en laboratorio.

IEC 62061: Seguridad funcional de los sistemas de control eléctricos, electrónicos y programables.

EN 61326: Requisitos de compatibilidad electromagnética para equipos eléctricos de medida, control y uso en laboratorio.

Normativas para PLC S7-1200 1212C AC/DC/Rly:

ISO 9001: Sistema de gestión de calidad.

IEC 61131-1: Normas generales para controladores lógicos programables.

IEC 61131-2: Requisitos y pruebas para controladores lógicos programables.

IEC 61508: Seguridad funcional de los sistemas eléctricos/electrónicos programables.

UL 508: Norma de seguridad para equipos de control industrial.

EN 60204-1: Seguridad de las máquinas - Equipos eléctricos de las máquinas - Parte 1: Requisitos generales.

EMC Directive 2014/30/EU: Directiva de compatibilidad electromagnética.

Low Voltage Directive 2014/35/EU: Directiva de baja tensión.

Consideraciones Adicionales:

- **GAMP 5 (Good Automated Manufacturing Practice):** Directrices para la validación de sistemas automatizados en la industria farmacéutica, que pueden ser aplicables a las industrias de alimentos y bebidas para asegurar la conformidad regulatoria y la gestión de riesgos.
- **FDA 21 CFR Part 11:** Requisitos para registros electrónicos y firmas electrónicas (aplicable si se utilizan sistemas de registro digital).
- **EHEDG:** Guías de diseño higiénico de equipos de procesamiento de alimentos.

Aplicación en las industrias de bebidas:

En las empresas de bebidas carbonatadas, estas normativas aseguran que tanto el HMI TP 1200 Comfort como el PLC S7-1200 1212C AC/DC/Rly funcionen de manera segura y conforme a los más altos estándares de calidad y seguridad. La implementación de estas normativas permite:

- Garantizar la integridad y seguridad de los procesos de producción.
- Cumplir con las regulaciones locales e internacionales.
- Asegurar una interfaz de usuario intuitiva y segura.
- Mantener la confiabilidad y precisión en el control y monitoreo de los procesos productivos.
- Facilitar la validación y auditoría de los sistemas automatizados.

Estas normativas no solo mejoran la productividad operativa o la calidad del producto final, sino que también aseguran la conformidad con las exigencias regulatorias y las mejores prácticas de la industria.

La implementación de estas normativas asegura que la empresa Orangine mantenga la integridad y seguridad de sus procesos de producción, dando garantía a la calidad de sus productos y cumpliendo con las regulaciones exigidas por la industria alimentaria.

1.2. Importancia y beneficios

En un país con una creciente industria de bebidas como Ecuador, se debe mantener la competitividad y satisfacer las crecientes demandas del mercado. La adopción de tecnologías modernas, como la automatización del proceso de mezclado, permite a las plantas de producción mejorar sus productos, lo que les ayuda a mantenerse al día con las expectativas del consumidor y a disputar tanto a nivel nacional como internacional.

La implementación de un sistema automatizado de control y monitoreo proporciona una oportunidad única para mejorar el uso de recursos y reducir los costos de producción. La gestión más perdurable de materias primas y energía contribuye directamente a la rentabilidad de las empresas del sector, permitiéndoles operar de tal manera que se llegue al último proceso sin falla alguna.

En cuanto a la calidad del producto, la automatización del proceso de mezclado garantiza una precisión, lo que se traduce en productos finales de alta demanda y en la satisfacción del consumidor. Esta uniformidad en los productos no solo mejora la reputación de las marcas locales en el mercado nacional, sino que también las posiciona favorablemente en los mercados internacionales, donde se valora la perfección del producto.

El uso de tecnologías de monitoreo en tiempo real no solo mejora la fabricación, sino que también aumenta la seguridad alimentaria al identificar y corregir de manera proactiva cualquier desviación en el proceso de producción. Esto reduce el riesgo de productos no conformes.

El desarrollo de un sistema de control y monitoreo del proceso de mezclado en plantas de producción de bebidas carbonatadas es necesario para mejorar la competencia del sector industrial de bebidas en Ecuador. Contribuye no solo a la modernización e innovación de la industria local, sino también a su posicionamiento en los mercados internacionales, fortaleciendo así la economía del país.

CAPÍTULO II

2.1 Plan de ejecución

El análisis detallado de los requisitos que el sistema de control de este proceso de mezclar en una planta de producción de bebidas carbonatadas deba satisfacer. Esto podría incluir la descripción de las funcionalidades, como el control automático del proceso, la visualización en tiempo real de los parámetros y la posibilidad de intervención manual. Luego, se debe seleccionar el hardware y el software adecuados. En primer lugar, un controlador lógico programable que satisface los requisitos, un software de programación que es compatible y permite una programación efectiva. Como un interfaz de usuario, podría seleccionar una interfaz Humano-Máquina intuitivo y aceptablemente efectivo.

Con el hardware y software seleccionados, se procederá al diseño y desarrollo del software de control de proceso. Esto incluirá la programación del controlador lógico programable y la implementación de algoritmos de control para el proceso de mezclado. Se realizarán pruebas para verificar el correcto funcionamiento del software en diferentes condiciones.

Simultáneamente, se diseñará la interfaz Hombre-Máquina para permitir la visualización en tiempo real de los parámetros del proceso y la interacción manual con el sistema. Se configurarán las pantallas y controles de manera intuitiva, teniendo en cuenta las necesidades del usuario final. Una vez completado el desarrollo del software y la interfaz de usuario, se procederá a integrar el sistema completo. Se realizarán pruebas de integración para asegurar la comunicación adecuada entre todos los componentes del sistema y su correcto funcionamiento.

2.1.1 Diseño de la propuesta

La propuesta para desarrollar un sistema de control y monitoreo del proceso de mezclado en plantas de producción de bebidas carbonatadas, utilizando PLC y una interfaz simulada, se divide en varias fases:

Se emplea el editor de pantallas de Wincc para diseñar la disposición gráfica de la interfaz, incorporando elementos como botones, indicadores y gráficos para representar visualmente el proceso de mezclado. La interacción de la interfaz se logra asignando acciones a estos elementos, como la simulación de funciones o la navegación entre pantallas.

Se establece la conexión con variables del controlador lógico programable S71200 para reflejar información en tiempo real en la interfaz, y se añaden animaciones visuales, como transiciones suaves entre pantallas y cambios de color dinámicos, para mejorar la experiencia del usuario.

Para asegurar la precisión, se implementa la gestión de alarmas con configuraciones visuales que alertan al usuario sobre eventos importantes o situaciones anómalas durante el proceso de mezclado. El diseño de la interfaz se adapta para admitir múltiples idiomas si es necesario, y permite la personalización según las preferencias del usuario.

Se realiza una fase de simulación y pruebas absoluta para verificar la funcionalidad de la interfaz antes de la implementación en el sistema real, lo que incluye validar la comunicación con el controlador lógico programable y la correcta visualización de los datos en la interfaz. Se crea una documentación detallada del diseño para facilitar el mantenimiento y posibles actualizaciones.

Finalmente, se procede con la implementación en el sistema real, monitoreando el rendimiento de la interfaz y realizando ajustes según sea necesario para asegurar un funcionamiento excelente del sistema de control y monitoreo del proceso de mezclado

2.1.2 Factibilidad técnica

El proceso requiere evaluar la capacidad de la tecnología del controlador lógico programable para ejecutar con éxito la automatización y si dicho enfoque cumple con lo establecido.

Se requiere valorar la capacidad técnica del controlador lógico programable, específicamente el modelo S7-1200 1212C AC/DC/Rly, para controlar y monitorear el proceso de mezcla en las plantas de producción de refrescos gaseosos. Como resultado, se considera la capacidad de procesamiento y el número de entradas y salidas, entre otros dispositivos y sensores necesarios en la mezcla.

El PLC S7-1200 1212C AC/DC/Rly de Siemens cuenta con:

- 6 entradas digitales (DI) y 4 salidas digitales (DO), que pueden ampliarse con módulos adicionales.
- Entradas analógicas (AI) integradas, lo que permite la conexión directa de sensores de temperatura, presión, nivel y flujo.
- La posibilidad de agregar módulos de expansión, tanto de entradas y salidas digitales como analógicas, para satisfacer las necesidades específicas del proceso.

Importante revisar la posibilidad de diseñar y programar la lógica de control requerida para automatizar el proceso de mezclado. Este paso también determina si sería posible crear un

programa en el controlador lógico programable que se encargará de la ejecución de los diferentes procesos del proceso de mezclado.

Estos procesos incluyen el dispensado adecuado de los ingredientes, la regulación de la temperatura y la velocidad y la conexión a otros sistemas de la planta de producción de bebidas carbonatadas. Se simula el proceso de mezclado asistido por el controlador lógico programable y una interfaz simulada. Se crearán modelos de simulación que reflejen con precisión el procedimiento y en diversas circunstancias.

Se deberá analizar la infraestructura actual en la planta para determinar la necesidad de ajustes o mejoras. Esto incluye la evaluación de la capacidad eléctrica, la disponibilidad de redes de comunicación y la comunicación con otros sistemas de monitoreo.

Para asegurar la viabilidad técnica de este sistema, es necesario lo siguiente:

- Evaluar la capacidad del PLC S7-1200 para manejar el número y tipo de sensores y actuadores necesarios, incluyendo la capacidad de expansión mediante módulos adicionales.
- Diseñar la lógica de control adecuada utilizando el entorno de programación TIA Portal, asegurando que el controlador lógico programable pueda gestionar todos los aspectos del proceso de mezcla.
- Simular el proceso utilizando herramientas de simulación disponibles en TIA Portal para validar el comportamiento del sistema antes de su implementación.
- Revisar la infraestructura existente, asegurando que la capacidad eléctrica y las redes de comunicación sean suficientes para soportar el nuevo sistema automatizado.

Con estas consideraciones, el proyecto puede ser técnicamente viable, y el PLC S7-1200 1212C AC/DC/Rly parece ser adecuado para cumplir con los requisitos del sistema de control y monitoreo del proceso de mezclado en plantas de producción de bebidas carbonatadas. La capacidad de expandir las entradas y salidas y la comunicación con otros sistemas de control y supervisión asegurarán una implementación célebre del sistema.

2.1.3 Factibilidad económica

Para realizar una evaluación de viabilidad económica en la automatización de los procesos de producción de bebidas carbonatadas por ejemplo la Coca-Cola, se deben tener en cuenta varios aspectos:

Se analizan los costos de implementación, que abarcan desde la adquisición de equipos y sistemas automatizados hasta los gastos de instalación, capacitación del personal, desarrollo de software y cualquier otro desembolso inicial relacionado con la implementación.

Se evalúan los ahorros y beneficios potenciales que pueden derivarse de la automatización, como la reducción de costos operativos, la disminución de desperdicios, la mejora en la producción, la reducción de errores y la optimización de recursos como la energía y las materias primas.

Se calcula el periodo de retorno de la inversión (ROI), que indica el tiempo necesario para recuperar la inversión inicial a través de los ahorros o beneficios generados por la automatización. Un ROI más corto suele indicar una mayor viabilidad económica del proyecto.

Se realiza un análisis de riesgos para identificar posibles riesgos financieros asociados con la implementación, como costos imprevistos, cambios en los costos operativos y depreciación tecnológica.

Se comparan los costos y beneficios de la automatización con alternativas disponibles, como mantener el proceso actual o implementar otras tecnologías, para determinar la opción más rentable.

La evaluación de la viabilidad económica en la automatización de la fabricación de bebidas carbonatadas o la Coca-Cola implica un análisis detallado de los costos y beneficios asociados con la implementación de sistemas automatizados, con el fin de determinar si la inversión será rentable y generará un impacto positivo en la rentabilidad del proceso de producción

Costo de Equipos:

En la Tabla 3 se presenta el desglose del costo de los equipos utilizados en la implementación del diseño de la simulación, arrojando un costo total de equipos de \$3691.39.

Tabla 3 Costo de equipos

CANT.	Descripción	P. Unitario	P. Total
1	Tablero Eléctrico de control	\$120	\$120
1	Medidor de parámetros eléctricos	\$110	\$110
1	Accesorios y elementos de protección	\$180	\$180
1	S7-1200, Salidas Analógicas	\$278.29	\$278.29
1	6AV2124-0GC01-0AX0 Siemens	\$623.10	\$623.10
1	Switch Industrial CSM1277	\$220.00	\$220.00
1	CPU 1212C AC/DC/Relé	\$480.00	\$480.00
1	Computador	\$1100.00	\$1100.00
1	Licencias Siemens TCP/IP Ethernet	\$990.00	\$990.00
TOTAL, COSTO DE EQUIPOS			\$4101.39

En la tabla 4 se puede visualizar el costo de mano de obra, el cual tiene un costo de \$6700,00

Tabla 4 Costo de Mano de Obra

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

Costo Final

A continuación, se detalla el costo final generado por costo de equipo y mano de obra dando un resultado de \$8601.39. Se visualiza en la tabla 5.

Tabla 5 Costo total

Equipos	\$4101.39
Mano de obra	\$4500.00
Total	\$8601.39

2.1.4 Metodología de la investigación del proyecto

Investigación Aplicada

Durante la fase inicial del proyecto, se llevó a cabo una investigación rigurosa utilizando una variedad de fuentes bibliográficas pertinentes relacionadas con la automatización en plantas de producción de bebidas carbonatadas. Esta búsqueda incluyó la revisión de obras escritas por expertos en campos como la automatización industrial, el control de procesos y los sistemas integrados en la producción de bebidas.

Se aprovechó el conocimiento previo adquirido durante el período universitario, especialmente en áreas relacionadas con la electrónica, la automatización industrial y los sistemas de control. En la siguiente etapa del proceso, se puso un énfasis significativo en la comprensión de los requisitos específicos del sistema necesarios para la implementación de la automatización en el proceso de mezclado en la planta de producción. Se utilizó una técnica cuidadosa de observación y análisis para identificar con precisión los componentes electrónicos y el software esenciales

requeridos para llevar a cabo la propuesta tecnológica en el contexto de la producción de bebidas carbonatadas.

Luego, se avanzó con la elaboración de las secciones de control y programación destinadas al sistema automatizado utilizado en el proceso de mezclado. Esta fase se basó en la infraestructura de automatización ya existente en la planta, aprovechando sus beneficios y ventajas. Se empleó software especializado para diseñar la lógica programable, asegurando que la programación se adaptará a las necesidades específicas del proceso de mezclado en la producción de bebidas carbonatadas.

2.1.1 Resultados esperados

La implementación de sistemas automatizados en plantas de bebidas carbonatadas conducirá a varias mejoras operativas significativas. Se esperan mejoras significativas en la terminación del producto en los procesos optimizando los flujos de trabajo y reduciendo el tiempo de producción mediante la automatización de sistemas clave. Esto, a su vez, reducirá los costos laborales al eliminar tareas repetitivas.

También se espera que los productos mejoren significativamente. La homogeneidad de la preparación de ingredientes impulsada por la automatización garantizará la homogeneidad en cuanto a bebidas carbonatadas. La introducción de sistemas de inspección automatizados también facilitará procesos más precisos y consistentes, como la mezcla y el embotellado.

Una gestión productiva del flujo de materiales ayudará a reducir los posibles cuellos de botella en la producción, mientras que la automatización ayudará a mejorar la seguridad al reducir la exposición humana a entornos peligrosos. Se espera que la producción tenga mayor conformidad y pueda acomodarse rápidamente a la demanda del mercado, lo que aumentará la capacidad de la fábrica para responder a las necesidades cambiantes de los clientes.

La implementación de sistemas de inspección automatizados garantizará estándares de productos consistentes, lo que en última instancia aumentará la satisfacción del cliente y fortalecerá la reputación de la empresa en el mercado. La introducción de sistemas de embalaje automatizados acelerará el procesamiento de productos, garantizará su entrega en condiciones óptimas y aumentará aún más la eficiencia de las operaciones de la fábrica.

2.2 Descripción de la solución propuesta

2.2.1 Descripción del proyecto

El desarrollo de este proyecto, tomando como referencia empresas líderes en la industria de bebidas como Coca-Cola, PepsiCo Inc, Starbucks Corp y Heineken N.V., emplea un controlador lógico programable y una interfaz simulada. El cuál uno de los propósitos es mejorar las condiciones operativas del proceso de producción de bebidas carbonatadas mediante la implementación de tecnologías de automatización.

El proyecto se basa en una planta específica de producción de bebidas carbonatadas, ubicada en zonas industriales de manera estratégica. Estas plantas cuentan con una capacidad de producción considerable y se dedica principalmente a la fabricación de una amplia gama de bebidas carbonatadas, incluyendo refrescos, sodas y bebidas energéticas.

En esta etapa se espera un mezclado excelente en la producción de bebidas carbonatadas, ya que implica la combinación de ingredientes, como agua, jarabes, concentrados de sabor y dióxido de carbono, para obtener el producto deseado. Actualmente, este proceso se lleva a cabo de manera semi automatizada, lo que puede generar inconsistencias en la terminación del producto y aumentar los tiempos de producción.

El proyecto propone la instalación de un sistema de control basado en controladores lógico programado en todas las etapas del proceso de mezclado. Estos instrumentos estarán conectados a una red de sensores distribuidos a lo largo de la planta, que monitorearán continuamente variables clave, como el caudal de los ingredientes, la temperatura de los tanques de almacenamiento y la presión en las líneas de suministro.

La información recopilada por los sensores será procesada por el controlador lógico programado, que ejecutará algoritmos de control diseñados para optimizar los parámetros del proceso y garantizar una mezcla homogénea. Se implementará una interfaz, que proporcionará a los operadores una visualización en tiempo real del proceso de mezclado y les permitirá realizar ajustes manuales si es necesario.

La implementación de este sistema de control y monitoreo permitirá a la planta mejorar la precisión y la consistencia en la producción de bebidas carbonatadas, reducir los tiempos de producción y minimizar los desperdicios de materia prima. Al automatizar tareas repetitivas y propensas a errores, se liberará al personal para que se enfoque en actividades de mayor valor

agregado, como la innovación de productos.

2.2.2 Diseño infraestructura industrial para la automatización

El diseño de infraestructura industrial para sistemas de control automatizados en plantas de producción de bebidas carbonatadas requiere la configuración de todos los componentes físicos y tecnológicos necesarios para soportar la automatización de los procesos. Esto incluye evaluar y ajustar la capacidad eléctrica, implementar redes de comunicación robustas y seguras, e integrar controladores lógicos programables como el S7-1200 1212C AC/DC/Rly con una interfaz, como el TP 1200 Comfort. Asegurándose que la infraestructura soporte de manera positiva y segura el control y monitoreo de los procesos, tales como el mezclado de ingredientes, el dispensado, la regulación de temperatura y la carbonatación, cumpliendo con las normas internacionales de calidad y seguridad alimentaria.

- **Diagrama P&ID del proceso de mezclado en bebidas carbonatadas**

El diagrama P&ID del proceso de mezclado en plantas de bebidas carbonatadas detalla y visualiza los componentes esenciales, tales como tanques de almacenamiento, bombas, válvulas, refinadores, sensores y otros elementos cruciales. También ilustra la dirección del flujo de la materia prima y describe los métodos de control y supervisión del proceso.

Este tipo de diagrama nos ayuda a entender la secuencia y la interacción entre los equipos en la planta de producción, lo que facilita el diseño, tomando en cuenta el mantenimiento y operación, véase en anexo 2, seg1.

El diagrama tiene una gran importancia en la ingeniería de procesos industriales, proporciona una visión detallada sobre las interconexiones entre equipos, instrumentos, válvulas y tuberías utilizados en el proceso.

Se puede visualizar los instrumentos que se usan en el campo, tales como las válvulas de caudal como el FV, seguido de su número indicativo el cuál es el lanzo de control 100, se visualiza sensores de caudal FE, PT es la transmisión de control, las líneas directas indican un flujo de líquido, mientras que las líneas discontinuas que va de válvulas, bombas y PLC detallan las conexiones eléctricas, mientras que las líneas que están entre la mezcladora y el tanque de la mezcladora es una conexión mecánica.

- **Diagrama sistema eléctrico**

El diagrama eléctrico detalla señales de entrada provenientes de interruptores o sensores

conectados a las entradas digitales del controlador lógico programable. Estas señales son procesadas por el controlador de acuerdo con la lógica de control programada. Basándose en las condiciones de las entradas, el controlador activa o desactiva las salidas digitales, las cuales están conectadas a relés o directamente a los contactores de los motores. Cada salida del controlador puede activar un contactor específico, lo que permite un control preciso del encendido y apagado de los motores en el sistema. Las bobinas de los contactores reciben las señales de control de los relés del PLC, activándose o desactivándose según las salidas digitales del controlador. Véase en anexo 2, seg2, seg3.

2.2.3 Diagrama topológico físico

El diagrama topológico representa la estructura de red del sistema, mostrando la interconexión y disposición física de los dispositivos y componentes. En este diagrama, se visualizan claramente los nodos principales, así como las conexiones entre ellos. Esta representación gráfica nos permite comprender la arquitectura de la red, identificar posibles puntos de fallo y planificar adecuadamente la expansión y mantenimiento del sistema. Además, facilita la comunicación entre los equipos de administración de red y proporciona una visión general de la infraestructura tecnológica la planta.

2.2.4 Diagrama de flujo del proceso de mezcla de bebidas carbonatadas

El proceso comienza con el accionamiento de las electroválvulas de agua y CO₂, permitiendo la entrada de estos componentes al sistema. Se controla el nivel de agua en el tanque mediante un sensor. Si el nivel de agua alcanza o supera el punto de ajuste (SP), se procede a desactivar las electroválvulas de agua y CO₂ para detener la entrada de estos componentes. Luego, se desactiva específicamente la electroválvula de CO₂ para asegurar que no entre más dióxido de carbono. A continuación, se activa la bomba y la electroválvula de jarabe, permitiendo la entrada del jarabe al tanque. El motor agitador se enciende para mezclar de manera uniforme el agua, el CO₂ y el jarabe, asegurando una mezcla homogénea y de buena calidad. Finalmente, el proceso concluye, y la bebida carbonatada está lista. Véase en anexo 2, seg4.

De la misma manera se evidencia la tabla de variables requeridas a usar en el proceso, Véase en anexo 2, seg5.

2.2.5 Programación en lenguaje Ladder

El lenguaje Ladder, también conocido como Lenguaje de Escalera o Diagrama de Escalera, es un lenguaje de programación gráfico utilizado en la industria para la programación de

controladores lógicos programables (PLC, por sus siglas en inglés [34].

El lenguaje Ladder es especialmente útil en la automatización industrial debido a su simplicidad y familiaridad para los ingenieros y técnicos, que a menudo tienen experiencia en electricidad y circuitos eléctricos. Así mismo, su estructura gráfica facilita la comprensión y la depuración de programas de control en entornos industriales [35].

Para el proceso de control y monitoreo del mezclado en plantas de producción de bebidas carbonatadas empleando PLC y una interfaz simulada, la programación en Ladder podría abordar las siguientes etapas específicas:

- **Selección de Materia Prima:**

En esta etapa, las instrucciones en Ladder podrían incluir la monitorización de sensores de nivel en los tanques de almacenamiento de las materias primas para verificar la disponibilidad adecuada del material. Se podrían utilizar instrucciones de comparación para verificar los niveles y activar alarmas en caso de necesitar reabastecimiento.

- **Almacenamiento y Manejo:**

Las funciones de Ladder podrían controlar los actuadores, como transportadores o elevadores, para manejar y transportar las materias primas desde las áreas de almacenamiento hasta los puntos de dosificación y mezcla. Se utilizarían instrucciones de control de motores para activar o desactivar estos dispositivos según sea necesario.

- **Medición de Materias Primas:**

En esta etapa, la programación en Ladder podría involucrar la lectura de datos de sensores de peso o volumen para medir con precisión las cantidades de materias primas que se están dosificando. Se emplearían instrucciones de conversión de datos para traducir las lecturas de los sensores en unidades de medida específicas.

- **Mezclado:**

Las funciones de Ladder en esta etapa controlarían los dispositivos de mezcla, como mezcladoras o tambores giratorios. Se utilizarían instrucciones de control de motor para activar y desactivar los motores que operan estos dispositivos, así como temporizadores para controlar la duración del proceso de mezclado.

- **Integración de Sensores y Actuadores:**

Es esencial una estrecha vinculación entre la programación en Ladder, los sensores para la adquisición de datos y los actuadores para realizar acciones físicas.

- **Seguridad y Mantenimiento:**

La programación en Ladder debe incluir elementos de seguridad, como la integración de paradas de emergencia, además de considerar procedimientos de mantenimiento preventivo para asegurar que el sistema automatizado funcione de manera eficiente y tenga una vida útil prolongada [36].

- **Lógica de programación para el proceso de preparación de la materia prima**

La lógica de programación creada para el proceso de preparación de la materia prima, específicamente desarrollada en Lenguaje Ladder mediante el entorno TIA Portal, representa un componente esencial en la automatización de dicho proceso. Este método de programación se distingue por su estructura gráfica, que se fundamenta en símbolos y conexiones lógicas, permitiendo una representación visual clara del control de los dispositivos implicados en la manipulación de las materias primas [37].

La programación en Lenguaje Ladder a través de TIA Portal proporciona una secuencia lógica y jerárquica, lo que posibilita la implementación de condiciones, secuencias y acciones específicas, como la dosificación, mezcla, control de flujo y otros aspectos decisivos del proceso. Esta programación resulta altamente adecuado para garantizar un control preciso de las operaciones en la preparación de las materias primas, ofreciendo una gran fiabilidad y facilidad de mantenimiento en el sistema automatizado [38].

La programación establece parámetros críticos, tales como las proporciones específicas de los componentes, los tiempos de mezcla y otras variables clave. Se definen protocolos de respuesta ante posibles contingencias o desviaciones del proceso predefinido.

- **Selección Manual/Automático**

Para tener una configuración en el lenguaje escalera se necesita de dos tipos de selecciones: En el modo de selección manual, los operadores tienen un control directo sobre el proceso de mezclado. Pueden supervisar activamente el sistema, ajustar manualmente los parámetros según sea necesario y tomar decisiones basadas en su experiencia y conocimientos específicos. Este modo permite una interacción casi inmediata en caso de situaciones imprevistas o cambios en

las condiciones del proceso. Los operadores pueden realizar pruebas, calibraciones y ajustes finos en tiempo real del sistema. Véase en anexo 1, seg1.

En el modo automático, el sistema opera de manera autónoma sin intervención directa de los operadores. El controlador lógico programable ejecuta las instrucciones predefinidas para el proceso de mezclado, controlando los actuadores y ajustando los parámetros según lo programado. Este modo es útil para operaciones continuas y repetitivas, donde se requiere un alto nivel de precisión en la producción Véase en anexo 1, seg2.

La selección entre modo local y automático en el sistema de control y monitoreo del proceso de mezclado permite adaptarse a diferentes situaciones y requisitos operativos. Ambos modos pueden complementarse para maximizar la fabricación en la producción de bebidas carbonatadas. Véase en anexo 1, seg3.

- **Activación y desactivación de alarmas**

El manejo de bloques de alarmas y la activación/desactivación de actuadores son aspectos importantes que requieren una atención especial.

En cuanto a los bloques de alarmas, estos se utilizan para detectar y notificar cualquier condición anormal o situación de riesgo durante el proceso de mezclado. Cuando se detecta una anomalía, como una presión fuera de los límites seguros o un flujo de ingredientes incorrecto, se activa una alarma correspondiente. Estas alarmas pueden ser visuales, auditivas o enviarse a través de la interfaz de usuario para alertar a los operadores. Los bloques de alarmas también pueden incluir un registro de eventos para documentar las incidencias y facilitar la resolución de problemas.

En lo que respecta a la activación y desactivación de actuadores, esto se refiere al control de los dispositivos físicos que regulan el flujo de ingredientes, la presión y otras variables del proceso de mezclado. Los actuadores pueden incluir válvulas, bombas, calentadores y otros dispositivos que se activan o desactivan según las necesidades del proceso. Por ejemplo, al recibir una señal del controlador lógico programable, un actuador puede abrir una válvula para permitir el flujo de un ingrediente específico, o cerrarla para detener el flujo. Del mismo modo, los actuadores pueden encender o apagar calentadores para controlar la temperatura del sistema. La activación y desactivación de actuadores se realiza de acuerdo con la lógica de control programada en el controlador lógico programable, teniendo en cuenta las condiciones del proceso y las instrucciones de operación, véase en anexo 1, seg4, seg5.

El manejo de bloques de alarmas y la activación/desactivación de actuadores son funciones necesarias para garantizar un funcionamiento seguro del proceso. Los bloques de alarmas alertan a los operadores sobre posibles problemas, mientras que la activación y desactivación de actuadores controlan los dispositivos físicos para mantener las condiciones deseadas del proceso. Ambos aspectos contribuyen la seguridad del sistema.

- **Proceso automático**

En el modo automático del proceso de mezclado en plantas de producción de bebidas carbonatadas, el proceso consta de varias etapas:

El proceso comienza con la verificación del nivel del tanque principal. Si está por debajo del umbral alto, se activa el tren de pulso para el llenado del tanque. Este controla la apertura de la válvula de entrada para dosificar la cantidad correcta de líquido. Los sensores de nivel monitorean el llenado y detienen el proceso al alcanzar el nivel deseado.

Primero se puede observar las etapas del proceso que lleva, véase en anexo 1, seg6.

Una vez lleno el tanque principal, comienza la dosificación de ingredientes. Los sensores de nivel en los contenedores de ingredientes verifican su disponibilidad. Los actuadores abren las válvulas dosificadoras para agregar la cantidad correcta de cada ingrediente al tanque principal, según las recetas predefinidas.

Se puede ver las diferentes etapas para llenar el tanque principal, véase en anexo 1, seg7 seg8.

Durante el proceso de mezclado, se controlan variables como la presión. Los sensores de presión monitorean estas variables y envían retroalimentación al controlador lógico programable. Este ajusta los actuadores según sea necesario para mantener las condiciones recomendables de mezcla.

En caso de detectarse niveles de tanque fuera de rango, como nivel alto o bajo, se activan las alarmas correspondientes. El controlador lógico programable detiene el proceso y alerta a los operadores para que tomen medidas correctivas.

Este proceso se puede observar en los siguientes anexos del proceso, véase en anexo 1, seg9.

Cuando se completa el ciclo de mezclado y se alcanzan las condiciones finales, el proceso se detiene automáticamente. Los actuadores responsables del llenado y vaciado del tanque principal se desactivan. El sistema queda en estado de espera hasta que se reinicie para el próximo ciclo de producción. Véase en anexo 1, seg10.

El proceso de mezclado en plantas de producción de bebidas carbonatadas se ejecuta de manera controlada, con el controlador lógico programable supervisando y ajustando las variables clave para garantizar la calidad del producto final.

También se puede apreciar el tren de pulso con temporizadores, como el mismo para llenado y vaciado del tanque principal, véase en anexo 1, seg11, seg12, seg13.

En el proceso encontramos la cantidad de ingredientes a ingresar al tanque principal, de una manera muy controlada. Véase en anexo 1, seg14.

- **Proceso manual del sistema**

En el proceso manual del sistema de mezclado en plantas de producción de bebidas carbonatadas, los operadores desempeñan un papel importante al tener un control directo y práctico sobre las diversas operaciones del sistema. Este modo de operación involucra una supervisión activa y una intervención directa por parte de los operadores en todas las etapas del proceso.

Los operadores son responsables de activar y desactivar manualmente las bombas y válvulas necesarias para el proceso de mezclado. Esto significa que deben abrir y cerrar las válvulas de entrada y salida según sea necesario, así como encender y apagar las bombas para controlar el flujo de líquidos y materiales a través del sistema. Véase en anexo 1, seg15.

Los mismos también supervisan de cerca el llenado y vaciado del tanque principal. Utilizan sus conocimientos y experiencia para controlar manualmente la apertura y cierre de las válvulas que regulan el flujo de líquidos hacia y desde el tanque, asegurando que se agregue la cantidad adecuada de ingredientes al tanque y que se elimine el exceso de líquido cuando sea necesario. Véase en anexo 1, seg16.

Los operadores gradúan manualmente la cantidad correcta de jarabe y agua en el tanque principal, siguiendo las recetas y proporciones predefinidas. Utilizan equipos de medición y herramientas manuales para agregar los ingredientes en las cantidades exactas requeridas para cada lote de producto. Véase en anexo 1, seg17.

Se debe mantener una atención muy sigilosa a las condiciones del proceso, y realizar ajustes en tiempo real según sea necesario. Esto puede involucrar la modificación de las velocidades de las bombas, la regulación de las válvulas de control de flujo o el ajuste de otros parámetros garantizando que se llegue al resultado esperado. Véase en anexo 1, seg18.

2.2.6 Pantallas de simulación del sistema en HMI (WINCC)

En la industria de bebidas gaseosas, las interfaces de pantalla en HMI tienen un papel importante en la supervisión y regulación de los procedimientos de fabricación. Estas interfaces brindan una representación visual del desarrollo del proceso, desde la mezcla inicial de ingredientes hasta el envasado definitivo.

Los trabajadores emplean las pantallas de HMI para vigilar el avance del proceso e identificar posibles irregularidades o inconvenientes. Asimismo, tienen la capacidad de ajustar y regular diferentes parámetros, como la presión y el nivel de carbonatación, con el fin de asegurar el producto terminado.

Las pantallas de HMI posibilitan la gestión de recetas, lo que indica que los trabajadores pueden acceder y modificar las fórmulas de producción de manera sencilla e intuitiva. Esto les proporciona la capacidad de adaptarse a cambios en la demanda del mercado o de realizar ajustes según las preferencias de los consumidores.

La pantalla de inicio de sesión (login) en una Interfaz Humano-Máquina es fundamental para la seguridad y el control de acceso en sistemas de automatización industrial. Requiere que los usuarios ingresen credenciales de acceso, como nombre de usuario y contraseña, para autenticarse. Esto asegura que solo usuarios autorizados tengan acceso a las funciones y datos del HMI.

La pantalla de login protege el sistema contra accesos no autorizados y previene el uso indebido de las funciones del HMI. Los usuarios deben autenticarse antes de acceder a la interfaz y realizar cualquier acción en el sistema.

Algunos sistemas de HMI registran las actividades de inicio de sesión para realizar un seguimiento del uso del sistema y proporcionar un registro de auditoría para fines de seguridad y cumplimiento normativo.

En una Interfaz Humano-Máquina, la visualización y control del proceso de mezcla en una planta de producción de bebidas carbonatadas es pantalla requerida. La interfaz muestra gráficamente el proceso, desde la dosificación de ingredientes hasta la regulación de parámetro. Los operadores pueden ajustar parámetros como tiempos de mezcla y velocidades de agitación, además de gestionar recetas modificando cantidades de ingredientes y tiempos de mezcla. También pueden monitorear el proceso mediante gráficos de tendencias y recibir alertas de cualquier anomalía.

A continuación, se detallan las pantallas que se han diseñado para la simulación.

Pantalla principal del proceso. - El proceso de mezcla de componentes para bebidas carbonatadas, tal como se observa en el HMI (Human Machine Interface) de la simulación RT Simatic de Siemens, está representado de manera detallada, proporcionando un control completo y monitoreo en tiempo real de todas las variables respectivas del sistema.

En el HMI se destacan los siguientes componentes principales del proceso:

El Tanque de Agua, que incluye la válvula V2 para controlar la entrada de agua al sistema de mezcla y un sensor de nivel (LH) para monitorear el nivel de agua en el tanque.

El Tanque Principal de Mezcla, que está equipado con un sensor de nivel (LL) para detectar el nivel de líquido, una válvula V1 que controla el flujo de agua desde el tanque de agua al tanque principal, un agitador (M) que mantiene la mezcla uniforme dentro del tanque principal, y un sensor de CO2 que mide la presión de dióxido de carbono en el tanque principal para asegurar la correcta carbonatación.

Bomba1 y Bomba2, que son responsables de transportar los ingredientes y la mezcla a través del sistema, junto con las válvulas V3, V4 y V5 que controlan la entrada y salida de los ingredientes y la mezcla dentro del proceso.

El sistema puede operar en Modo Manual, permitiendo la activación manual de las válvulas y bombas (V1, V2, V3, V4, V5, Bomba1, Bomba2 y el agitador M). En Modo Automático, el proceso de mezcla se inicia automáticamente según los parámetros predefinidos, asegurando consistencia.

La interfaz también proporciona una pantalla de estado que muestra el estado actual del sistema (Manual o Automático), junto con las lecturas de los sensores de presión, nivel y otros parámetros importantes. Además, incluye un registro de eventos que proporciona un historial de las actividades y eventos, incluyendo conexiones establecidas, cambios de modo de operación y alertas específicas.

La interfaz muestra que el proceso está instrumentado, con sensores de nivel, presión y controladores de válvulas que aseguran un manejo preciso de los ingredientes. Se puede apreciar en la ilustración 5.

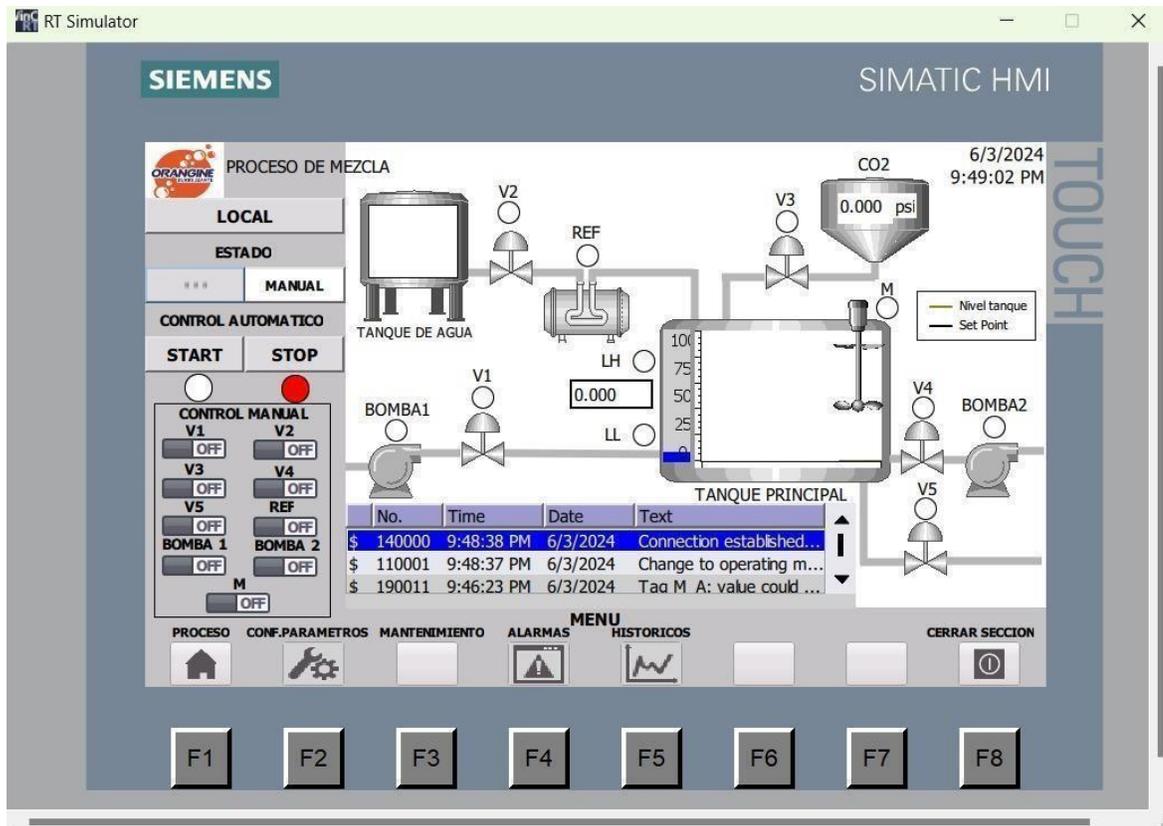


Ilustración 5 Pantalla de proceso de mezcla del HMI

Alarmas.- La pantalla de alarmas de la interfaz para el proceso de mezcla de bebidas carbonatadas en la simulación RT Simatic de Siemens proporciona una vista detallada de los eventos y condiciones anómalas en el sistema, permite identificar y resolver problemas.

En esta pantalla de alarmas se observan los siguientes componentes y funcionalidades clave:

Listado de Alarmas Activas y Sucesos Recientes: En la parte superior se muestra una lista de alarmas activas con detalles como el número de la alarma, la hora y fecha de ocurrencia, y una breve descripción del evento. Por ejemplo:

V5: Alarmas relacionadas con la válvula V5.

V4: Alarmas relacionadas con la válvula V4.

V1: Alarmas relacionadas con la válvula V1.

Estado de Conexión y Eventos del Sistema: En la parte inferior de la pantalla se registran eventos importantes del sistema como:

Establecimiento de conexión del HMI con detalles de la estación y slot.

Cambio al modo de operación "online".

Modificación del proyecto con una nota de que las alarmas no pueden ser restauradas desde el buffer persistente de alarmas.

Indicadores de Estado: Las alarmas están codificadas con colores para indicar su estado: Verde para alarmas operativas (O/F, que puede significar Operación/Fallo), indicando que el componente en cuestión está en operación pero ha registrado un fallo en algún momento. Se puede apreciar en la ilustración 6.

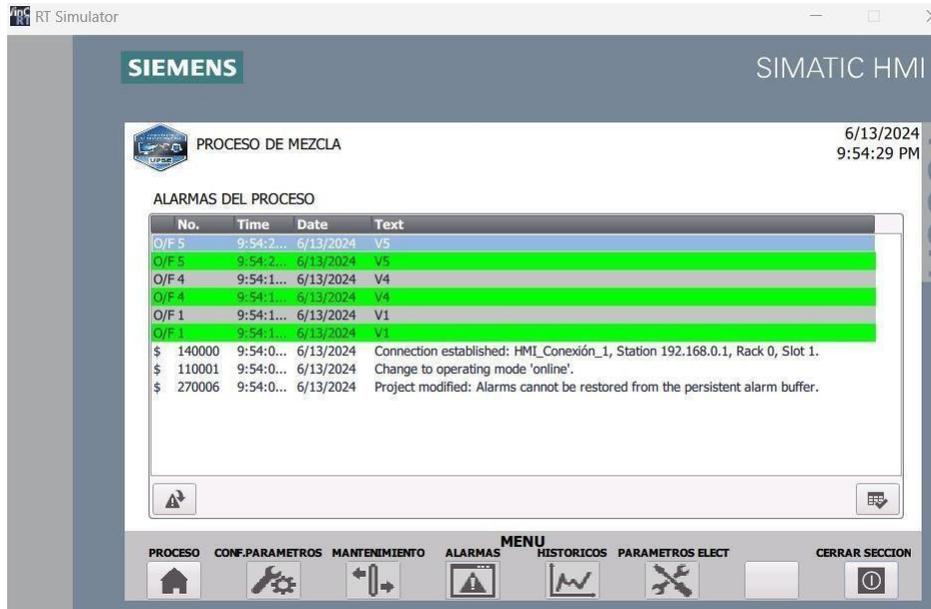


Ilustración 6 Pantalla de Alarmas

Históricos.- Las gráficas muestran tendencias del proceso: por ejemplo la siguiente gráfica superior presenta una tendencia ascendente, posiblemente representando un parámetro como presión o volumen de mezcla que aumenta con el tiempo, mientras que la gráfica inferior muestra una línea constante con picos antes de estabilizarse, lo que podría indicar cualquier otro parámetro. Ambas gráficas están sincronizadas en el tiempo. Debajo de cada gráfica hay controles de reproducción y zoom que permiten pausar, reproducir y ajustar la visualización para un análisis detallado de los datos históricos. La imagen muestra una interfaz de usuario de un sistema interfaz Humano-Máquina que permite analizar datos históricos de un proceso de mezcla en la producción de bebidas carbonatadas, proporcionando información sobre los cambios en los parámetros del proceso a lo largo del tiempo y permitiendo a los operadores revisar y ajustar el proceso según sea necesario. Se puede apreciar en la ilustración 7.

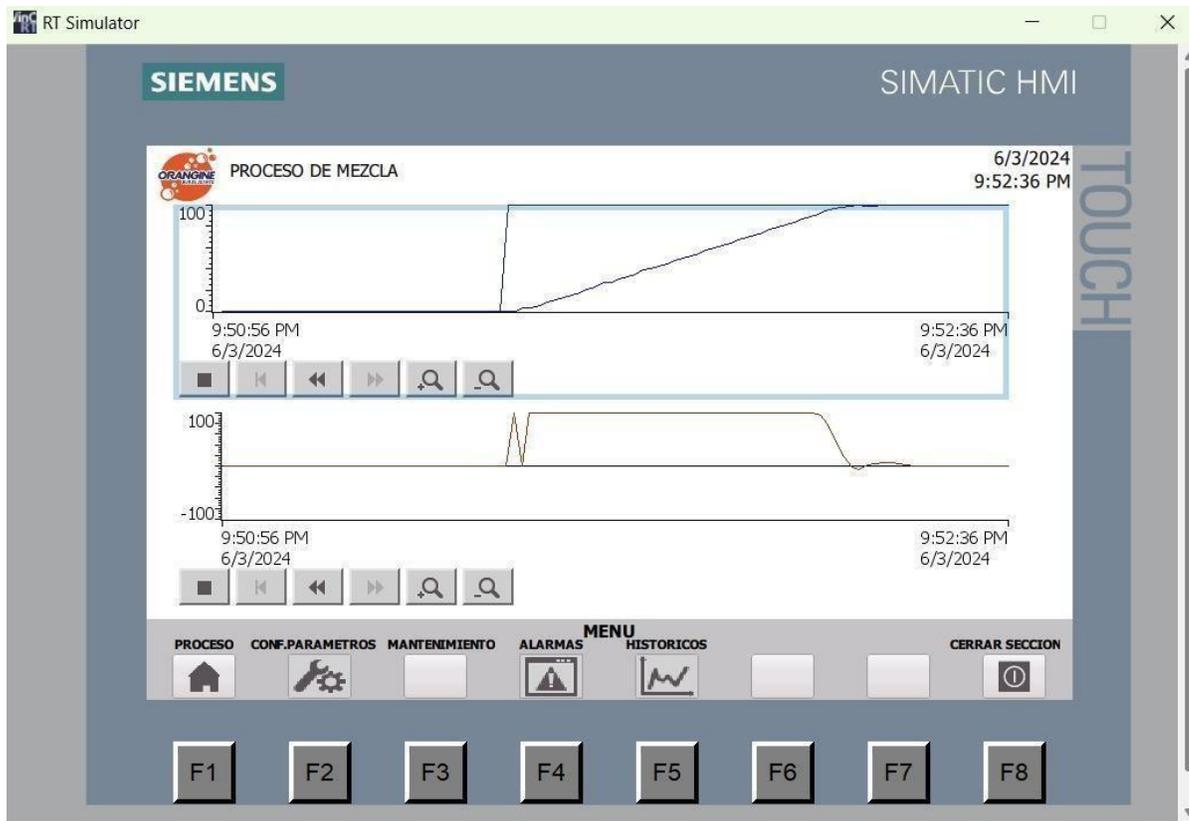


Ilustración 7 Pantalla de Históricos

Mantenimiento.-En el centro de la pantalla se observa un esquema que representa cuatro bombas (Bomba 1, Bomba 2, Bomba 3 y Bomba 4). Cada bomba tiene asociada una opción para ser colocada en mantenimiento. Actualmente, ambas opciones para las Bombas 1 y 2 y las Bombas 3 y 4 están configuradas en "NO", indicando que ninguna de las bombas está en mantenimiento en este momento.

La imagen muestra una interfaz de usuario de un sistema HMI que permite gestionar el estado de mantenimiento de las bombas utilizadas en un proceso de mezcla para la producción de bebidas carbonatadas. Los operadores pueden modificar el estado de mantenimiento de cada bomba, asegurando así un funcionamiento continuo del sistema. Se puede apreciar en la ilustración 8.

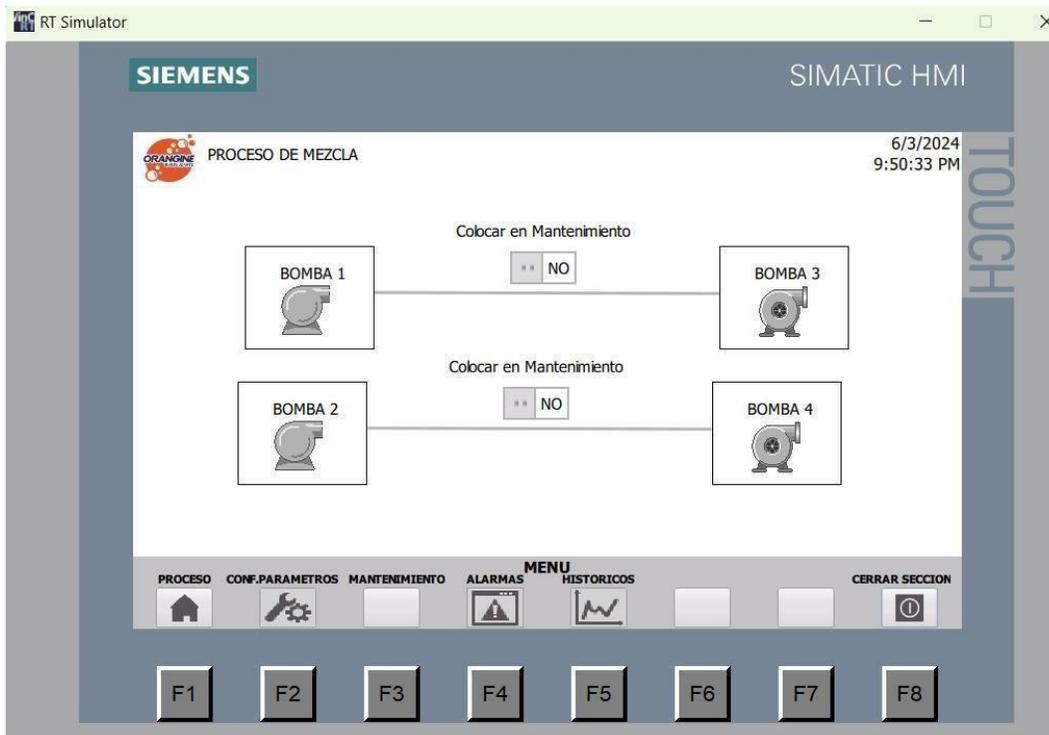


Ilustración 8 Pantalla de mantenimiento

Parámetros eléctricos. - Se presentan diversos componentes con sus respectivos parámetros eléctricos:

Bombas (1 a 4): Cada bomba tiene asociados los siguientes parámetros:

Voltaje (Volt): Indicador del voltaje aplicado.

Amperaje (Amp): Indicador de la corriente eléctrica.

Potencia (Pot): Indicador de la potencia utilizada.

Eficiencia: Rango de eficiencia operativa (0-80%).

Agitador: Presenta los mismos parámetros eléctricos que las bombas, con una eficiencia operativa en el rango de 0-80%.

Válvulas (1 a 5): Cada válvula tiene asociados los siguientes parámetros:

Voltaje (24 V): Indicador del voltaje aplicado.

Amperaje (Amp): Indicador de la corriente eléctrica.

Apertura: Rango de apertura (0-10).

Eficiencia: Rango de eficiencia operativa (0-90%).

La ilustración 9 muestra la interfaz de usuario de un sistema que permite monitorear los parámetros eléctricos de los equipos utilizados en un proceso de mezcla para la producción de

bebidas carbonatadas. Los operadores pueden revisar y ajustar los valores de voltaje, amperaje, potencia y eficiencia operativa de bombas, agitadores y válvulas.

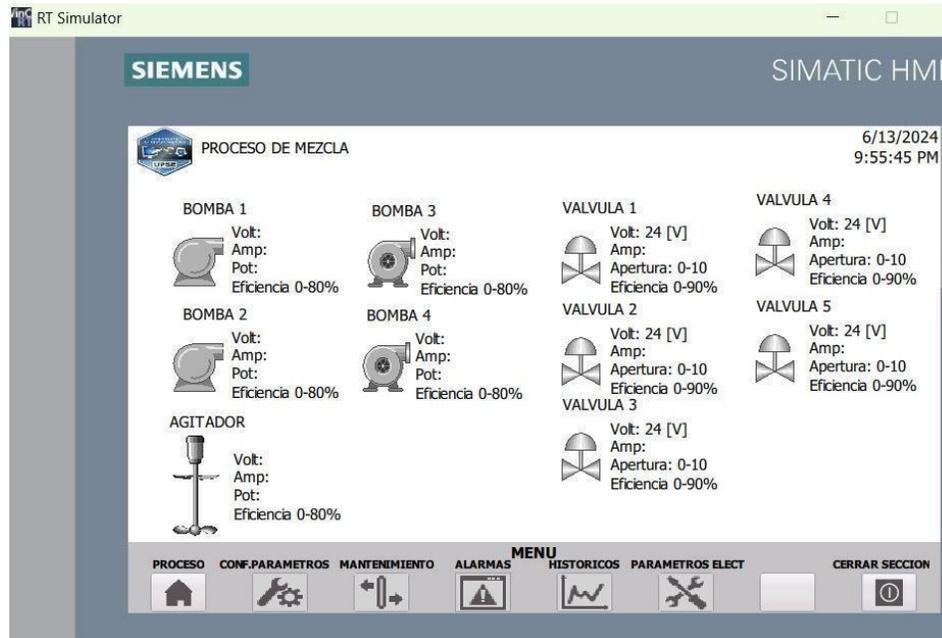


Ilustración 9 Parámetros eléctricos

2.3 Prueba y puesta en marcha del proceso de mezcla de bebidas carbonatadas

En la interfaz Hombre-Máquina, la cantidad de agua, el tiempo de mezclado, la cantidad de jarabe y la cantidad de CO2 se presentan para facilitar la supervisión del proceso.

La cantidad de agua se visualiza en una pantalla específica que muestra el nivel actual en el tanque de mezcla, utilizando un indicador gráfico de nivel de líquido junto con un valor numérico que indica la cantidad exacta en litros o como porcentaje de la capacidad del tanque.

El tiempo de mezclado se configura y muestra en una sección dedicada de la Interfaz Hombre-Máquina. Los operadores pueden ajustar este parámetro según las necesidades del proceso.

La cantidad de jarabe se muestra en una pantalla separada que indica la cantidad actual de jarabe agregado al tanque de mezcla. Esto se representa numéricamente en litros o en porcentaje de la mezcla total, y puede estar acompañado de un indicador visual que muestra el nivel de jarabe en el tanque.

La cantidad de CO2 se presenta en una sección del mismo mostrando la presión de CO2 en el sistema de carbonatación. Se muestra numéricamente en unidades de presión, como psi o bar, y puede incluir un indicador gráfico que representa visualmente la presión actual. En la ilustración 10 se visualiza.

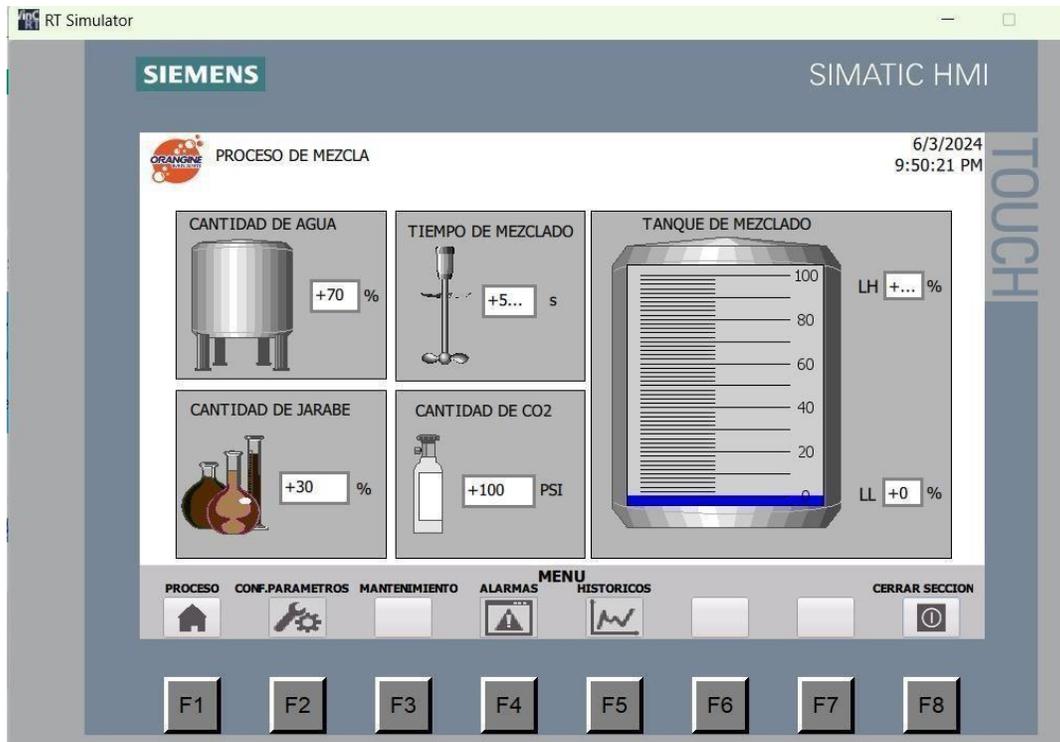


Ilustración 10 Funcionamiento del sistema

La pantalla de Interfaz Hombre-Máquina diseñada para el monitoreo y control de las bombas incluye varias características para facilitar el mantenimiento. Entre estas se encuentran indicadores de estado de las bombas que muestran si las bombas están en funcionamiento, en espera, o fuera de servicio; alarmas y notificaciones para alertar sobre condiciones anómalas tales como sobrecalentamiento, fallos mecánicos o mantenimiento programado; y gráficos en tiempo real para monitoreo de diferentes parámetros.

Cuando una bomba necesita ser colocada en mantenimiento, ciertas acciones deben llevarse a cabo a través de la interfaz. En primer lugar se debe ingresar a "Modo de Mantenimiento". Para esto, desde la pantalla principal, se accede a la sección "Mantenimiento de Bombas" y se selecciona la bomba específica que necesita mantenimiento. Luego, se inicia el procedimiento de desactivación asegurándose de que la bomba seleccionada no esté en operación activa, seleccionando la opción "Colocar en Mantenimiento" y confirmando la acción a través de un cuadro de diálogo emergente. La pantalla debe mostrar que la bomba está en modo de mantenimiento y los parámetros como alarmas y notificaciones para la bomba deben ser desactivados temporalmente. Todos los eventos de mantenimiento deben ser registrados en la

base de datos del sistema y el operario puede ingresar notas sobre las acciones realizadas durante el mantenimiento.

Una vez completado el mantenimiento, la bomba debe ser reactivada desde la misma interfaz. Para esto, se accede nuevamente a la sección "Mantenimiento de Bombas" desde la pantalla principal y se selecciona la opción "Reactivar Bomba". Se debe confirmar el estado operativo verificando que todos los parámetros están dentro de los rangos operativos normales y la bomba debe pasar por una secuencia de prueba antes de ponerse en operación completa.

Consideraciones adicionales incluyen el entrenamiento adecuado del personal en el uso de la interfaz, mantener manuales y procedimientos actualizados sobre el mantenimiento y operación de las bombas, y establecer un plan de mantenimiento preventivo con un cronograma regular para el mantenimiento de todas las bombas en la planta para prevenir averías no planificadas. Se puede apreciar la pantalla de proceso de mezcla en la ilustración 11, en la sección de mantenimiento de bombas en la interfaz.

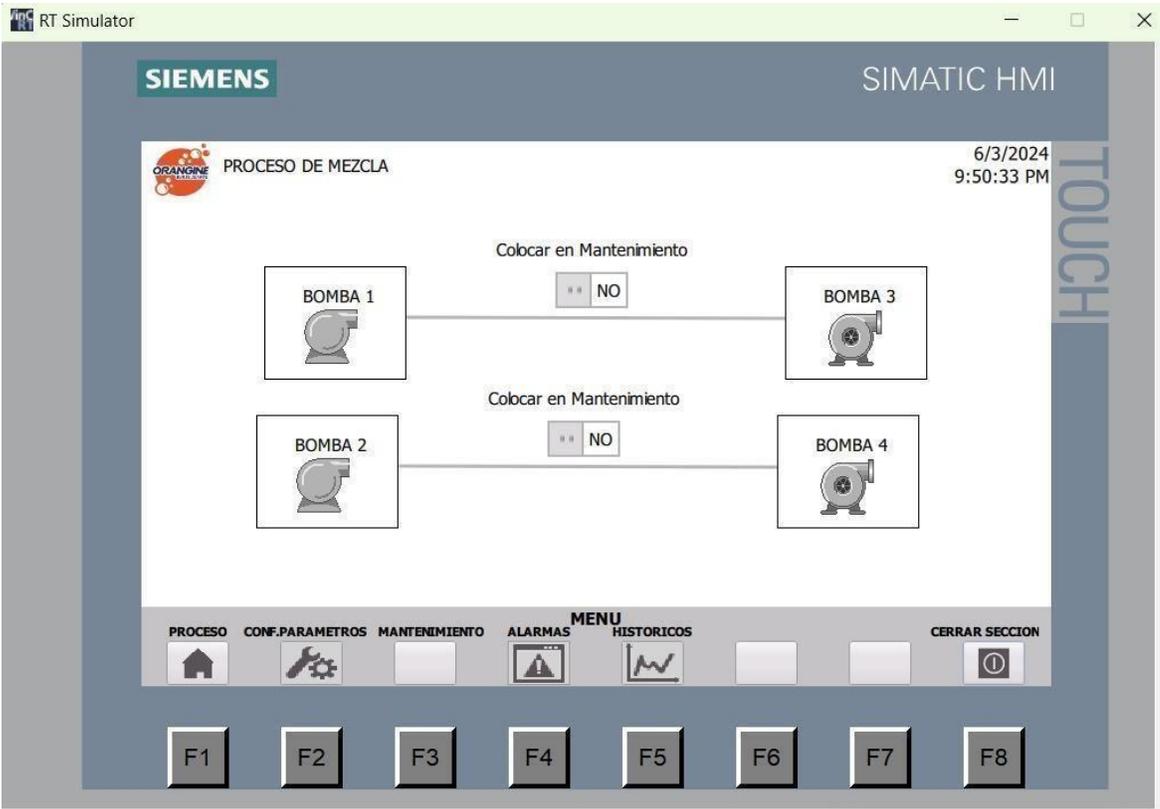


Ilustración 11 Pantalla de mantenimiento de bombas

La pantalla de históricos en un sistema de control y monitoreo de una planta de producción de bebidas carbonatadas permite visualizar un análisis y la mejora continua del proceso de mezcla. Esta pantalla permite a los operarios y a los ingenieros de procesos revisar datos pasados y detectar tendencias, anomalías o eventos que afectaron la producción.

La pantalla de históricos debe incluir varias características fundamentales para facilitar su uso y maximizar su utilidad. La información almacenada debe ser accesible y fácil de interpretar, presentándose de manera gráfica y tabulada.

Primero, debe haber opciones para seleccionar el rango de fechas específico del cual se desean analizar los datos. Esto puede incluir opciones de rango predefinido (por ejemplo, últimas 24 horas, última semana, último mes) o la capacidad de elegir fechas personalizadas. Estos gráficos deben ser interactivos, permitiendo al usuario acercarse o alejarse en el tiempo para un análisis más detallado.

Una característica importante es la posibilidad de generar informes automáticos a partir de los datos históricos. Estos informes deben ser configurables y programables, de modo que se puedan generar de manera diaria, semanal, mensual, o según se requiera, y puedan ser enviados automáticamente a los correos electrónicos de los responsables del proceso.

La pantalla de históricos debe también incluir un historial, se puede apreciar la pantalla de históricos del proceso en la ilustración 12.

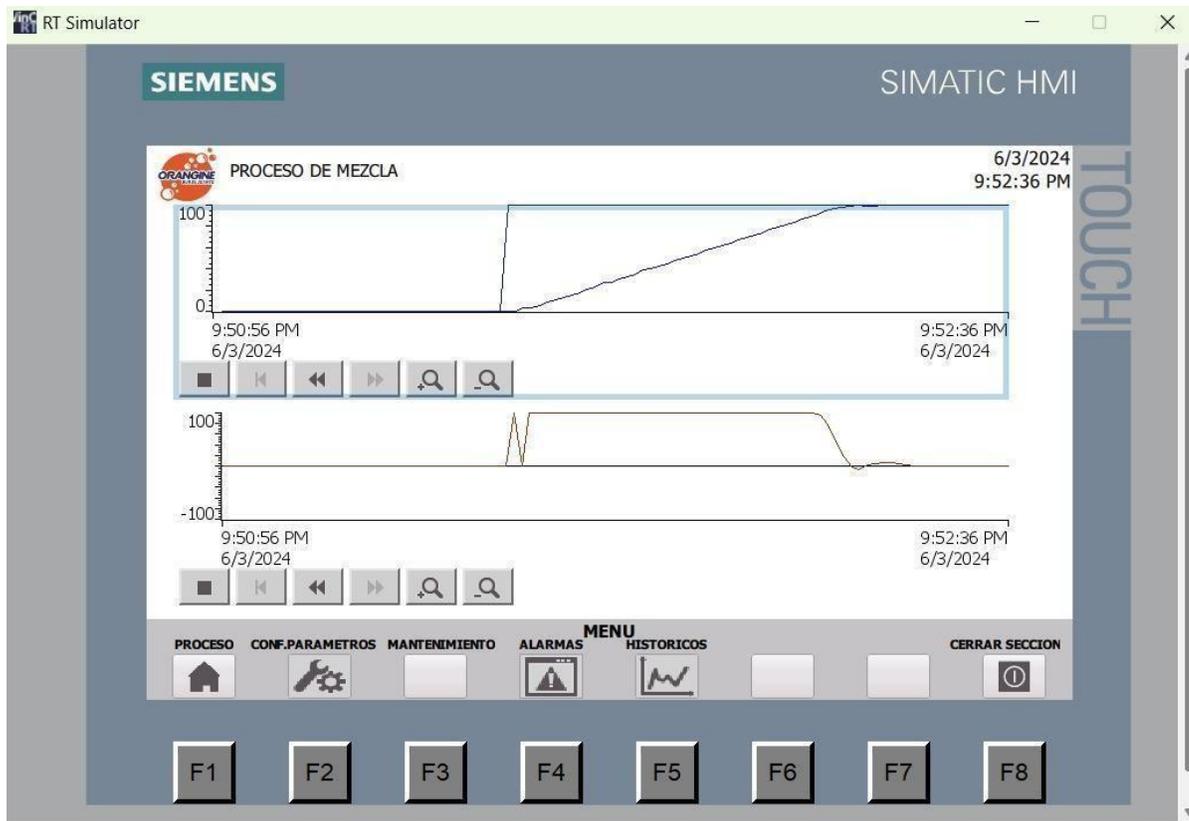


Ilustración 12 Pantalla de históricos

El llenado del tanque se debe controlar rigurosamente. El proceso comienza cuando el operario inicia la secuencia de llenado desde la interfaz, seleccionando el tanque a llenar y los parámetros específicos del producto. El controlador lógico programable recibe esta señal de inicio y verifica que todos los sistemas y componentes necesarios, como bombas, válvulas y sensores, estén en estado operativo.

Luego, se ejecuta una comprobación de seguridad para asegurar que no haya condiciones que inhiban el llenado, como alarmas activas o niveles de líquido inapropiados. Los sensores de nivel, presión y flujo son consultados para confirmar que el tanque está listo para recibir el producto.

Las válvulas de entrada del tanque se abren gradualmente, controladas por el controlador lógico programable, para evitar golpes de ariete o fluctuaciones bruscas en el flujo. Las bombas de transferencia se activan para iniciar el flujo del producto hacia el tanque, regulando la velocidad para mantener una tasa constante y adecuada, previniendo turbulencias que puedan afectar el producto final. Se puede visualizar cómo se encuentra vacío el tanque en ilustración 13.

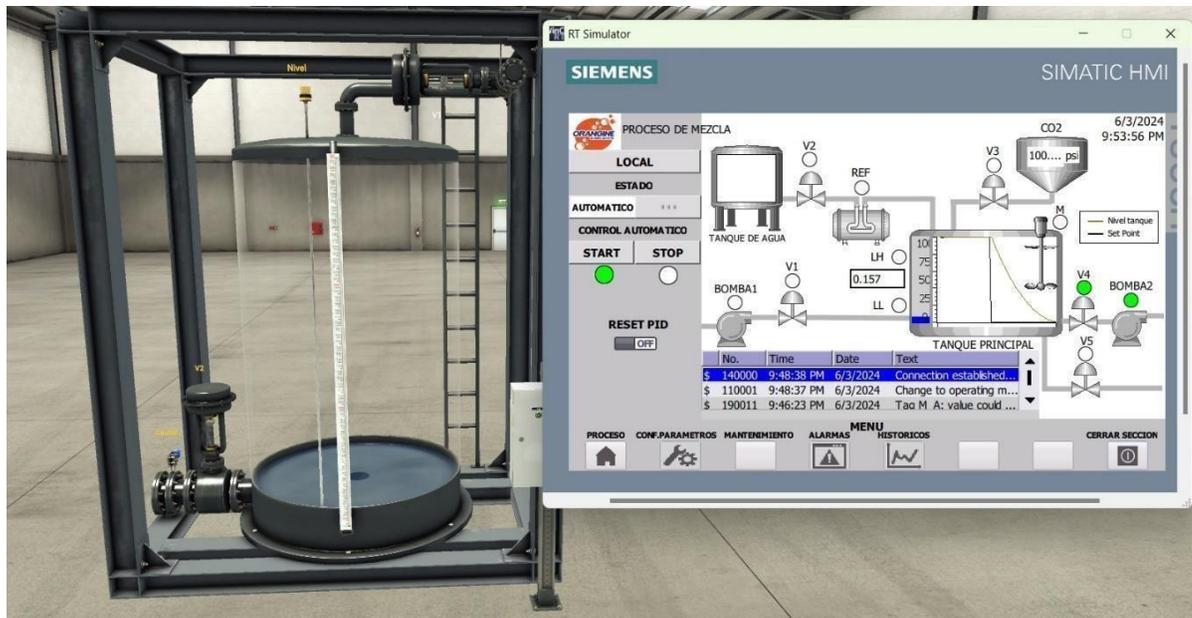


Ilustración 13 Proceso de mezcla simulado en Factor IO

Durante todo el proceso, el controlador lógico programable monitoriza en tiempo real los valores de presión, flujo y niveles de líquido mediante sensores distribuidos en el sistema, y la interfaz hombre-máquina muestra estos parámetros en gráficos de fácil lectura para que el operario pueda supervisar el proceso de manera continua.

Los sensores de nivel en el tanque proporcionan datos constantes al controlador lógico programable, que ajusta el flujo de entrada según sea necesario. En caso de alcanzar niveles cercanos a la capacidad máxima, las válvulas de entrada se cierran parcialmente para desacelerar el flujo y evitar desbordamientos.

Si el sistema detecta cualquier anomalía, como niveles de presión inadecuados o flujos inconsistentes, se activan alarmas en la Interfaz, alertando al operario de manera inmediata mediante señales visuales o auditivas, y ofreciendo información sobre la naturaleza del problema y posibles acciones correctivas.

Una vez que se ha alcanzado el nivel deseado en el tanque, el controlador cierra las válvulas de entrada y desacelera gradualmente las bombas para detener el llenado de manera controlada. Los sensores confirman que el flujo de producto ha cesado y que las condiciones en el tanque son estables. Finalmente, el operario realiza una verificación final del nivel de llenado y estados de los sensores a través de la Interfaz, y se genera un reporte automático del ciclo de llenado que

se guarda en el sistema para futuras referencias y análisis. Se puede apreciar el proceso de llenado junto desde la pantalla del proceso. Se puede apreciar en la ilustración 14.

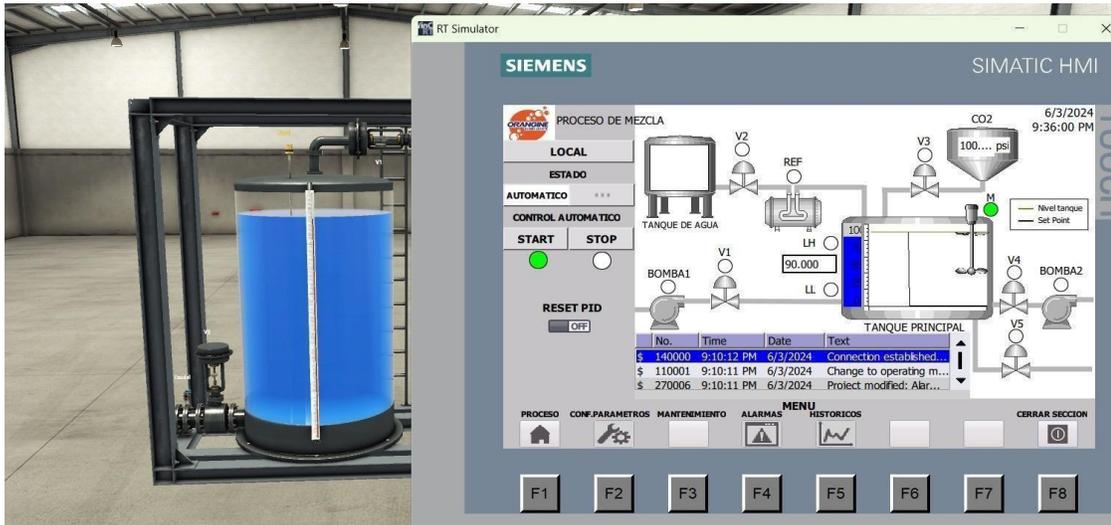


Ilustración 14 Proceso de llenado del tanque

El diseño y configuración de un sistema basado en controladores lógicos programables para supervisar y regular los parámetros del proceso de mezclado en plantas de producción de bebidas carbonatadas ha demostrado ser efectivo para mejorar la eficiencia y la consistencia en la producción. La implementación de controlador lógicos programables proporciona un confiable sobre el proceso, lo que resulta algo muy beneficioso en cuanto se refiere a su producto final.

El desarrollo de una interfaz simulada que permite visualizar en tiempo real el funcionamiento del proceso de mezclado ha facilitado la detección temprana de posibles fallos y la toma de decisiones. La capacidad de monitorear el proceso de forma remota y en tiempo real a través de la interfaz simulada mejorará significativamente la producción y reducido el tiempo de respuesta ante eventos inesperados.

El establecimiento de criterios y protocolos de operación para el sistema de control y monitoreo, incluyendo la definición de umbrales de tolerancia y alarmas para eventos fuera de los rangos establecidos, ha sido fundamental para garantizar la producción del proceso de mezclado. La implementación de alarmas y umbrales de tolerancia ha permitido a los operadores identificar y abordar rápidamente cualquier desviación del proceso, minimizando así el riesgo de fallas y asegurando la consistencia en la producción.

La evaluación del rendimiento del sistema de control y monitoreo implementado mediante pruebas simuladas en condiciones reales de producción ha sido importante para identificar áreas de mejora y realizar ajustes necesarios para garantizar su productividad operativa a largo plazo. Estas pruebas han proporcionado información valiosa sobre el rendimiento del sistema en situaciones reales y han permitido realizar ajustes para un mejor funcionamiento en el futuro.

2.4 Resultados

- Diseñar un entorno industrial simulado
- que denota el proceso de mezclado en las plantas de producción de bebidas carbonatadas. Este diseño simulado integra un sistema de tuberías y agitadores controlados que se nutren de sensores de nivel y temperatura, permitiendo un monitoreo y regulación precisa de los parámetros clave durante el mezclado, lo que se traduce en una mayor uniformidad al momento de producir.
- Se desarrolló un programa Ladder altamente optimizado e implementado en el PLC S7-1200 para automatizar el proceso de mezclado en las plantas de producción de bebidas carbonatadas. Este programa de control integrado gestiona de manera precisa la dosificación y combinación de los ingredientes, aprovechando las capacidades avanzadas del PLC S7-1200 para lograr una reducción significativa en la latencia del proceso, lo que se traduce en una mejora sustancial en la eficiencia del ciclo de producción.
- Se desarrolló una interfaz hombre-máquina (HMI) en el panel SIMATIC KT900 con capacidades de monitoreo en tiempo real para parámetros esenciales del proceso, como temperatura, flujo y nivel, además de incluir funcionalidades de control manual y automático, lo que optimiza la capacidad de respuesta ante variaciones en el proceso.
- La infraestructura automatizada fue sometida a pruebas profundas en un entorno simulado, logrando una replicación precisa de las condiciones operativas de la planta real, lo cual garantiza una transición exitosa del sistema en su despliegue en campo.

2.5 Conclusiones

- Se desarrolló un programa Ladder basado en el PLC S7-1200 para gestionar la automatización del proceso de mezclado, el código de control integrado demuestra la capacidad del PLC S7-1200 para administrar con precisión la dosificación y combinación de ingredientes de la misma manera la eficiencia del programa Ladder se traduce en una reducción significativa de los tiempos de respuesta, mejorando sustancialmente la productividad del proceso.
- Se implementó una interfaz hombre-máquina (HMI) en el panel SIMATIC KT900 que permite el monitoreo en tiempo real de los parámetros críticos del proceso de producción, la interfaz gráfica brinda acceso a funciones de control manual y automático, lo que optimiza la capacidad de respuesta ante variaciones en el proceso, esta solución HMI integrada mejora la visibilidad del proceso de producción de bebidas carbonatadas.
- La infraestructura automatizada fue sometida a un proceso de pruebas y validación en un entorno de laboratorio controlado, permitiendo replicar con precisión las condiciones operativas de la planta real, estos resultados hechos en el laboratorio de automatización respaldan la implementación de la solución en el entorno de producción.

2.6 Recomendaciones

- Realizar una revisión exhaustiva de la literatura sobre procesos de mezclado en la producción de bebidas carbonatadas
- Analizar los requisitos específicos de las plantas de producción, incluyendo las necesidades de precisión, velocidad y eficiencia en el mezclado.
- Asegurar de que el entorno simulado represente fielmente las condiciones de una planta real, incluyendo sensores, actuadores, y las dinámicas de fluidos.
- Continuar realizando pruebas exhaustivas en entornos simulados que repliquen las condiciones operativas de la planta real.
- Se recomienda utilizar el módulo de salidas analógicas del PLC S7-1200. Este módulo permite un control más fino de dispositivos como válvulas proporcionales y variadores de velocidad, ajustando parámetros de proceso de manera continua y precisa.

Referencias

- [1] A. B. V. ROSARIO, «—CONTROL DE PRODUCCIÓN Y EL MEJORAMIENTO CONTÍNUO EN INDUSTRIAS LICORERAS ASOCIADAS S.A. DE LA CIUDAD DE AMBATO,» UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE CIENCIAS ADMINISTRATIVAS, Ambato, 2015.
- [2] M. L. J. O. D. S. y. E. B. M. García, «Process simulation with Programmable Logic Controllers (PLC' s),» Barcelona, Spain, 2014.
- [3] F. Gonzalez-Longatt, «Capitulo 1: Introducción a los Sistemas de Control,» de *Introducción a los Sistemas de Control*, 2007, p. 14.
- [4] F. I. Burgos Pilamunga, «Implementación de un sistema de mezclado industrial para bebidas preparadas en la Planta de Lácteos de la ESPOCH,» Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Chimborazo, 2016.
- [5] Sothis, «sothis.tech,» 2021. [En línea]. Available: <https://www.sothis.tech/automatizacion-industrial/>.
- [6] LIFEDER, «LIFEDER,» 2022. [En línea]. Available: <https://www.lifeder.com/automatizacion-industrial/#Tipos%20de%20Automatizaci%C3%B3n%20Industrial>.
- [7] A. 21, «Centro de formación Técnica para la industria,» 2020. [En línea]. Available: <https://www.cursosaula21.com/que-es-un-hmi/>.
- [8] Autycom, «Innovación Inteligente,» [En línea]. Available: <https://www.autycom.com/para-que-sirve-un-plc/#:~:text=Un%20Controlador%20L%C3%B3gico%20Programable%2C%20m%C3%A1s,f%C3%A1brica%20o%20de%20situaciones%20mec%C3%A1nicas..>
- [9] DDESIGN, «MoveWork,» 2024. [En línea]. Available: <https://movework.es/sistema-automatizado/>.
- [10] INOX, «INOXIM PROCESS,» 2024. [En línea]. Available: <https://www.inoxmim.com/blog/industria-alimentaria/mezcladores-industriales-para-liquidos/>.
- [11] P. W. Zurita, «Diseño de una planta para la obtención de una bebida carbonatada de jugo clorificado de mora,» Escuela Politécnica Nacional , Quito, 2014.
- [12] Labmersa, «LABMERSA,» 2022. [En línea]. Available: <https://labomersa.com/2021/05/25/filtracion-para-que-sirve-y-areas-de-uso/>.
- [13] G. B. Suárez, «En la ilustración 1 se presenta el PLC S71200 1212C AC/DC/Rly seleccionado debido a su considerable capacidad de procesamiento. Puede integrar

módulos de expansión según los requisitos específicos, demostrando,» Universidad Estatal Península De Santa Elena, La Libertad, 2023.

- [14] J. S. Y. TUMBACO, «Simulación de un Sistema Automatizado de una línea de producción de Harina de Pescado en la Provincia de Santa Elena,» UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA, La Libertad, 2023.
- [15] A. J. Mina Cedeño, «Diseño y simulación de un sistema automatizado de las etapas de pasteurización e hilado mediante PLC para el proceso de elaboración de queso.,» Universidad Estatal Península de Santa Elena, La Libertad, 2024.
- [16] SDI, «SDI INDUSTRIAL,» 2022. [En línea]. Available: <https://sdindustrial.com.mx/blog/sensores/>.
- [17] J. E. P. G. Jipson Albeiro Bastidas Posso, «Elaboración de una bebida carbonatada de jugo de Uchuva,» Universidad de Nariño , San Juan de Pasto, 2013.
- [18] drurylandetheatre, «drurylandetheatre,» 2024. [En línea]. Available: <https://www.drurylandetheatre.com/es/tank-level-senors-tank-level-measurement/>.
- [19] A. J. Flores, «Sistema SCADA para la automatización del proceso de elaboración de jarabe simple en la industria refresquera,» 2020.
- [20] HBM, «HBM,» 2022. [En línea]. Available: <https://www.hbm.com/es/7646/que-es-un-sensor-de-presion/>.
- [21] HvIndustrial, «Hv industrial,» 2024. [En línea]. Available: <https://hvindustrial.com/es/blog/Tipos-de-Motores-El%C3%A9ctricos>.
- [22] A. 21, «AULA 21,» 2022. [En línea]. Available: <https://www.cursosaula21.com/tia-portal/>.
- [23] Edraw, «Edrawsoft,» 2014. [En línea]. Available: <https://www.edrawsoft.com/es/article/what-is-ladder-diagram.html>.
- [24] D. S. Borbor Guerrero, «Diseño y simulación del proceso automatizado de envasado vertical utilizando un PLC para productos alimenticios granulados,» Universidad Estatal Península de Santa Elena, La libertad, 2024.
- [25] G. J. P. Allauca, «DISEÑO, DIMENSIONAMIENTO Y SELECCIÓN DE UN SISTEMA ASINTERFACE PARA EL PROCESO DE LLENADO DE LIQUIDOS,» ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO, Riobamba, 2013.
- [26] E. D. Jaramillo Vinueza, «Análisis de protocolo de comunicación para una red de área del hogar de una red eléctrica inteligente,» Universidad Técnica del Norte, 2020.
- [27] AguaMarket, «www.aguamarket.com,» www.aguamarket.com, 2006. [En línea]. Available:

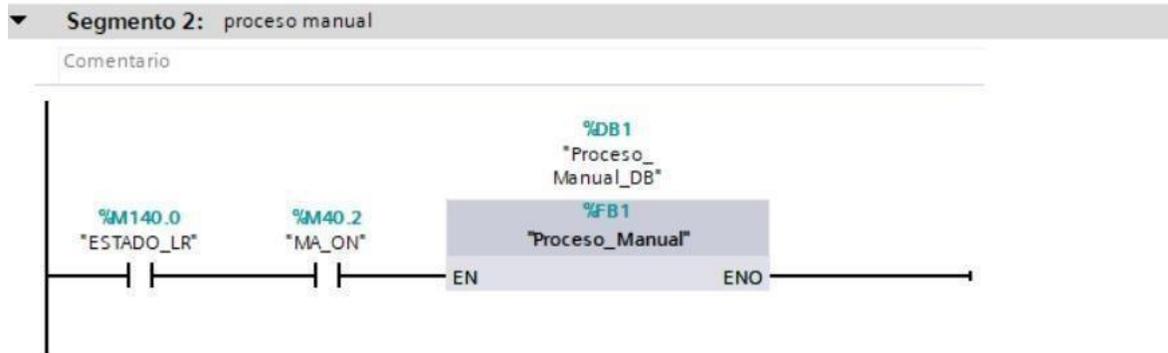
<https://www.aguamarket.com/diccionario/terminos.asp?Id=6277&termino=redes+industriales>.

- [28] M. A. Domínguez González, « Diseño y simulación de un sistema de separación de desechos avanzado basado en sensores ópticos para la clasificación eficiente de residuos orgánicos e inorgánicos,» Universidad Estatal Península de Santa Elena, La libertad , 2024.
- [29] M. Y. J. Hernán, «MONITOREO Y GESTIÓN DE ALARMAS MEDIANTE LA SIMULACIÓN DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE CALZADO DE LA EMPRESA GAMO'S.,» UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO, AMBATO, 2018.
- [30] D. Vick, «Factory io - Automatización industrial en tiempo real,» 2023.
- [31] C. G. G. ALBERTO y V. O. A. RAFAEL, «DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SCADA PARA LA LÍNEA DE SIMULACIÓN DE PROCESOS INDUSTRIALES DE CREDIT, BASADO EN UNA CADENA DE PROCESAMIENTO DE POLLOS,» DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES , SANGOLQUÍ, 2019.
- [32] P. V. Quinaucho Mosquera, «La cadena de suministros en el área de comercialización y su impacto en la rentabilidad de la empresa "Orangine",» Departamento de Ciencias Económicas, Administrativas y del Comercio , Latacunga, 2023.
- [33] A. y. d. C. Departamento de Ciencias Económicas, «Departamento de Ciencias Económicas, Administrativas y del Comercio,» Departamento de Ciencias Económicas, Administrativas y del Comercio , Quito, 2016.
- [34] areatecnologia, «areatecnologia,» 2011. [En línea]. Available: <https://areatecnologia.com/electricidad/lenguaje-de-contactos.html>.
- [35] T. USA, «Tecnología USA,» 2024. [En línea]. Available: <https://tecnologiausa.com/lenguaje-de-contactos-ladder-o-kop-aprende-facil/>.
- [36] J. A. G. I. M. González, «El autómata programable Schneider M340. Problemas Lenguajes LD, FBD, ST y GRAFCET,» UNIVERSIDAD DE OVIEDO , 2024.
- [37] P. Siemens, «programacionsiemens.com,» 2018. [En línea]. Available: <https://programacionsiemens.com/lenguaje-kop-o-ladder/>.
- [38] educatia, «educatia,» 2022. [En línea]. Available: <https://educatia.com.co/grafcet-a-ladder-programacion-plc/>.
- [39] D. Carrillo, «La Industria de alimentos y bebidas en el Ecuador,» Ecuador, 2009.

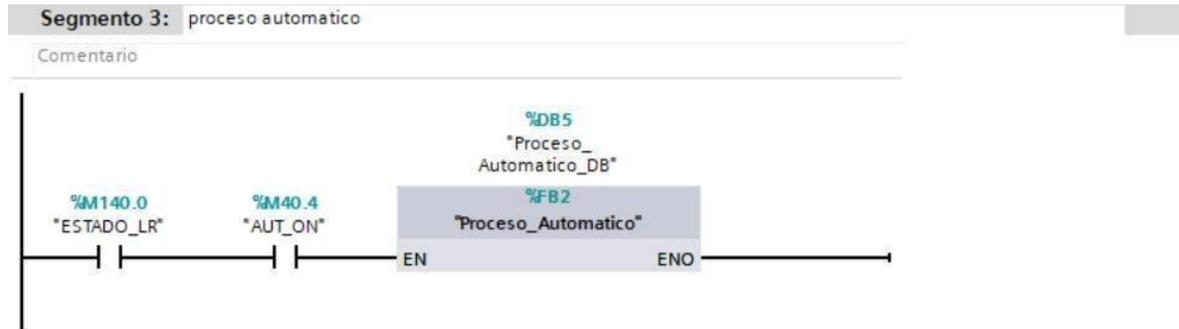
ANEXOS

Anexo 1: Descripción de la programación TIA PORTAL

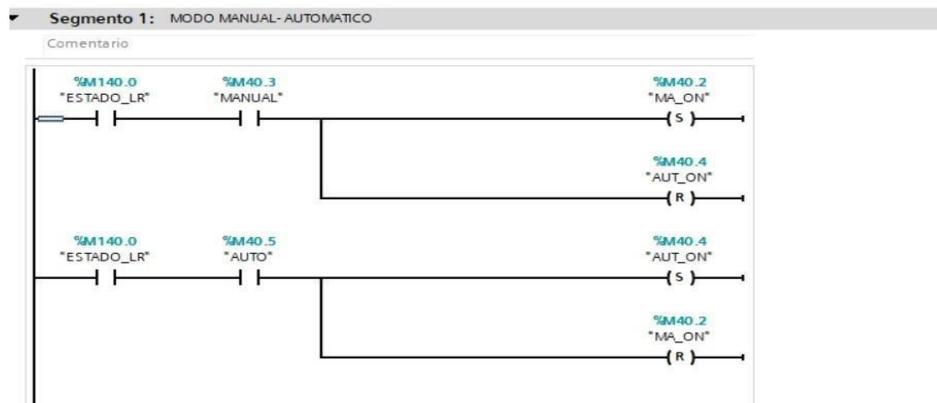
Segmento 1: Bloques de programación Manual



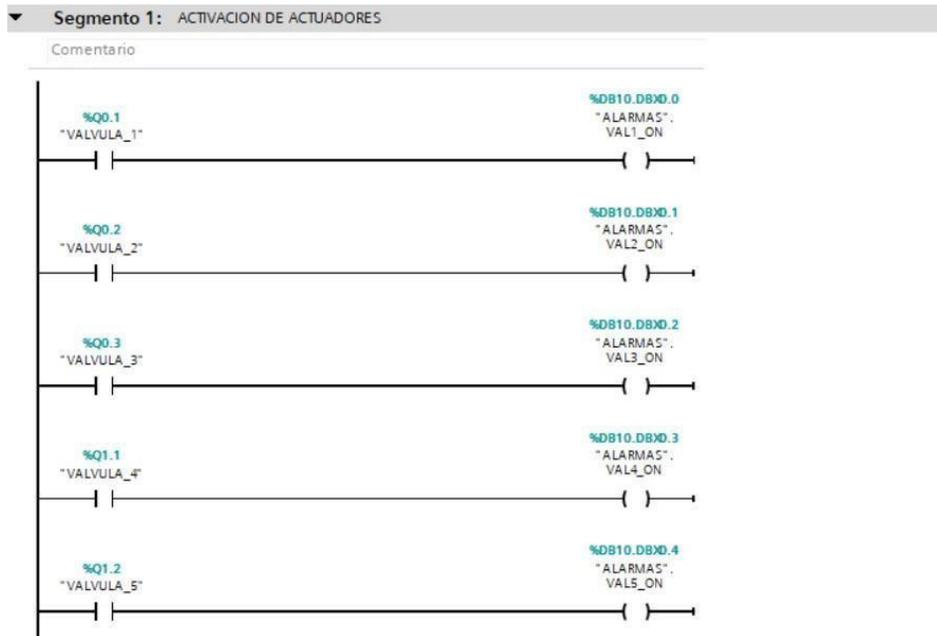
Segmento 2: Bloque de selección Automático



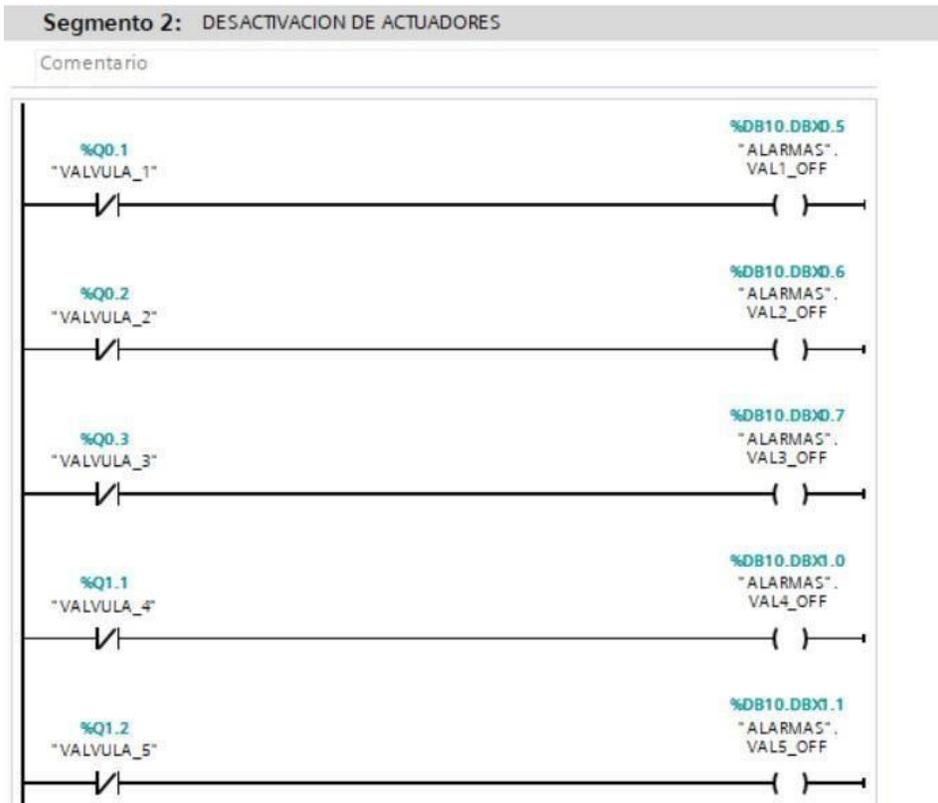
Segmento 3: Programación del estado Manual - Automático



Segmento 4: Activación de actuadores



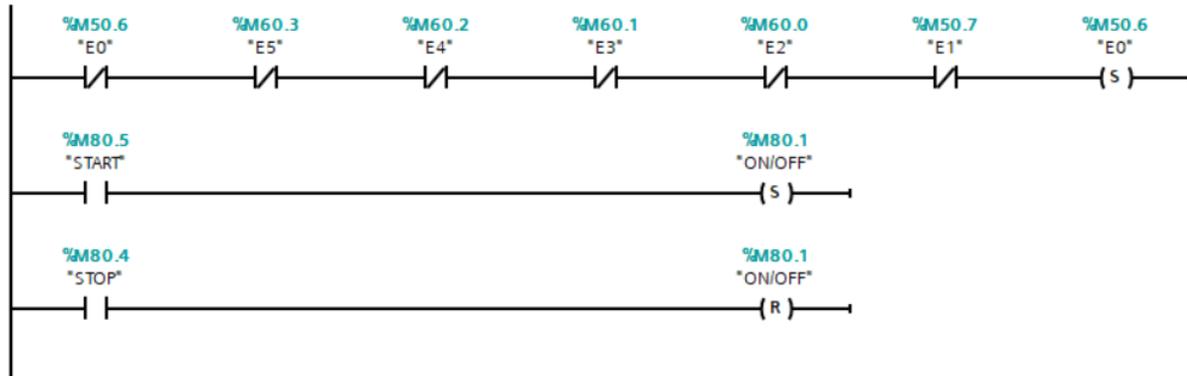
Segmento 5: Desactivación de actuadores



Segmento 6: Etapas del proceso

Segmento 1: etapas del proceso

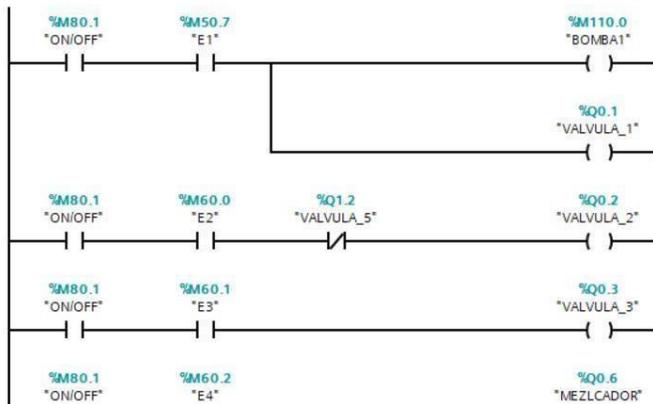
una vez de poner star se hace enclavamiento y bloqueo de las etapas



Segmento 7: Etapas para llenar el tanque principal

Segmento 2: ETAPAS PARA LLENAR EL TANQUE PRINCIPAL

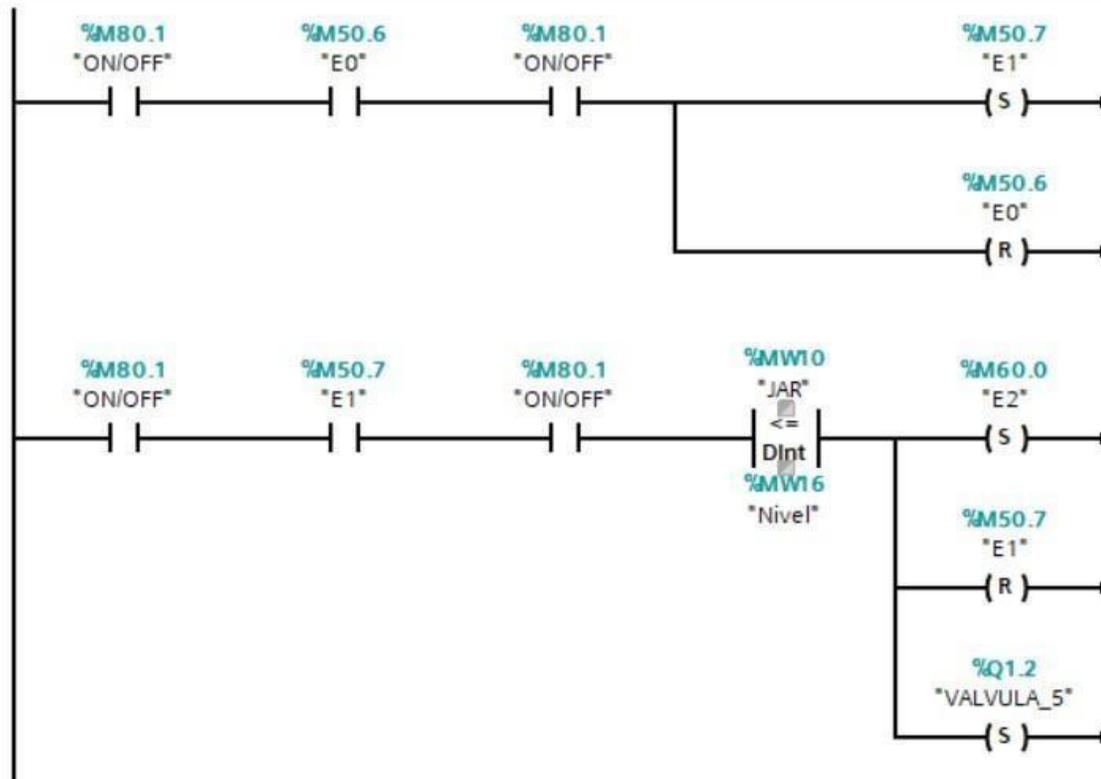
Cuando se activa la etapa E1 se activan la BOMBA 1 y la VALVULA_1 para llenar el tanque con jarabe una vez cumplido eso E1 se desactiva y activa E2 para la siguiente etapa pero hay una condicion para vaciar el otro ingrediente al tanque principal que consiste en que se debe desactivar la VALVULA_5 que esta llenando una tanque con agua para que asi active la VALVULA_2 para vaciar el agua hacia el tanque, una vez que ya se vacio el agua se desactiva la VALVULA_2 y se pasa a la etap E3 que permite la activacion de la VALVULA_3 para llenar el tanque con el ultimo ingrediente y cuando se llena se desactiva la etapa E3 y activa la etapa E4 para activa el MEZCLADOR.



Segmento 8: Etapas del proceso

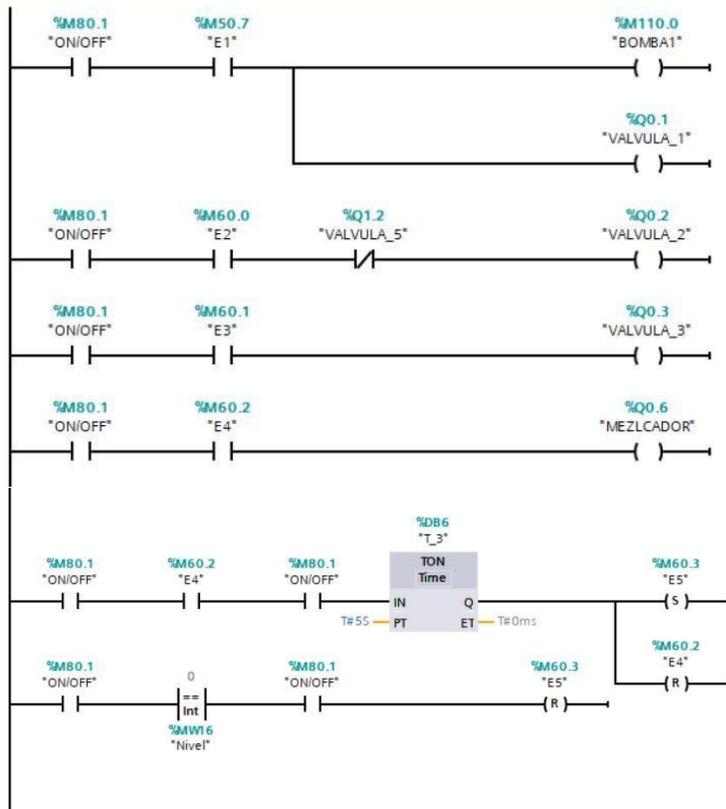
Segmento 3: ETAPAS DEL PROCESO

- ▼ Aquí se pone en marcha el proceso de cada una de las etapas cuando se presiona START al iniciar el proceso se mantiene encendido la etapa E1 y cuando se cumple la condición de la cantidad de llenado establecido al tanque esta apaga se etapa E1 y enciendo la etapa E2 junto co la VALVULA_5 que llena un tanque con agua. Al igual que la anterior etapa cuando esta cumple la condición del llenado establecido desactiva la etapa E2 y activa la etapa E3 para continuar con el llenado del taque principal y una vez llenado el tanque se desactiva E3 y se activa la etapa E4 que consiste en la ativacion de un mezclador que cuenta con un temporizador para que se mantenga activado durante un tiempo determinado y cuando se cumple el tiempo este desactiva la etapa E4 y activa la etapa E5 que consiste en vaciar el tanque principal cuando se cumple su condición este se desactiva haciendo que vuelva activar la etapa E0 para que el proceso vuelva a repetirse.



Segmento 9: Proceso del sistema

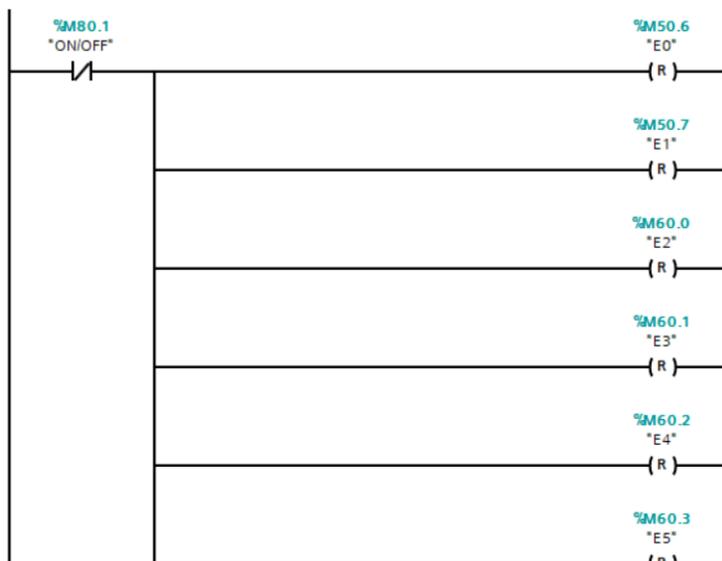
... para que cuando llenamos un tanque con agua para que se vacie en la etapa E4 para volver a llenar el agua hacia el tanque, una vez que ya se vacio el agua se desactiva la VALVULA_2 y se pasa a la etapa E3 que permite la activacion de la VALVULA_3 para llenar el tanque con el ultimo ingrediente y cuando se llena se desactiva la etapa E3 y activa la etapa E4 para activa el MEZCLADOR.



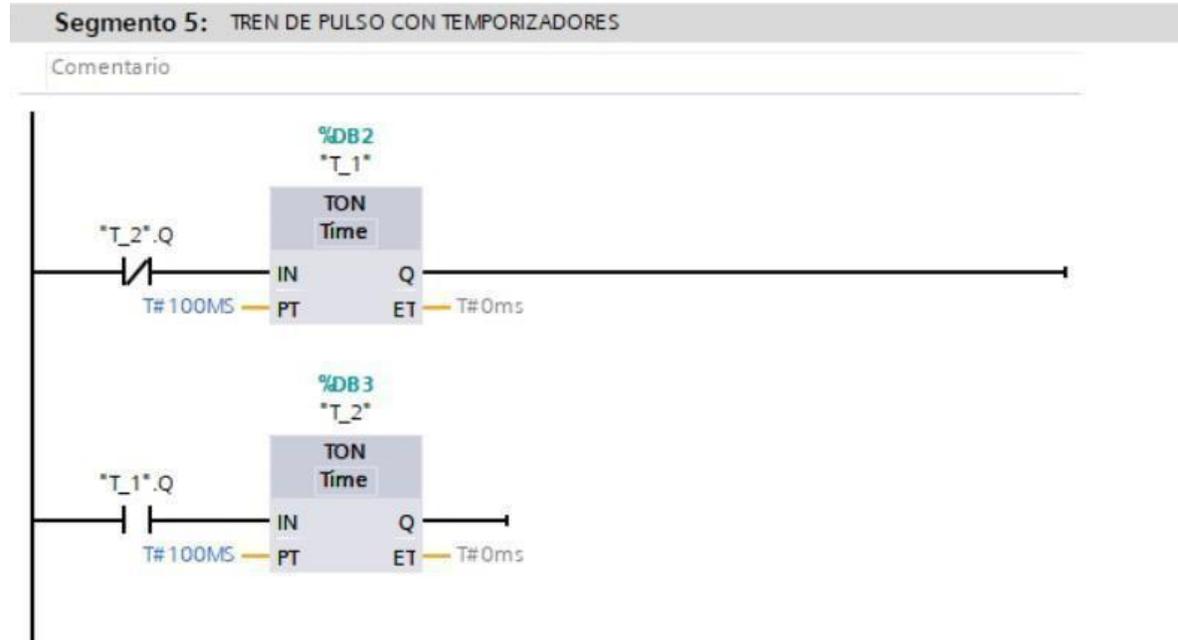
Segmento 10: Paradas de la etapa del proceso

Segmento 4: PARADA DE LAS ETAPAS DEL PROCESO

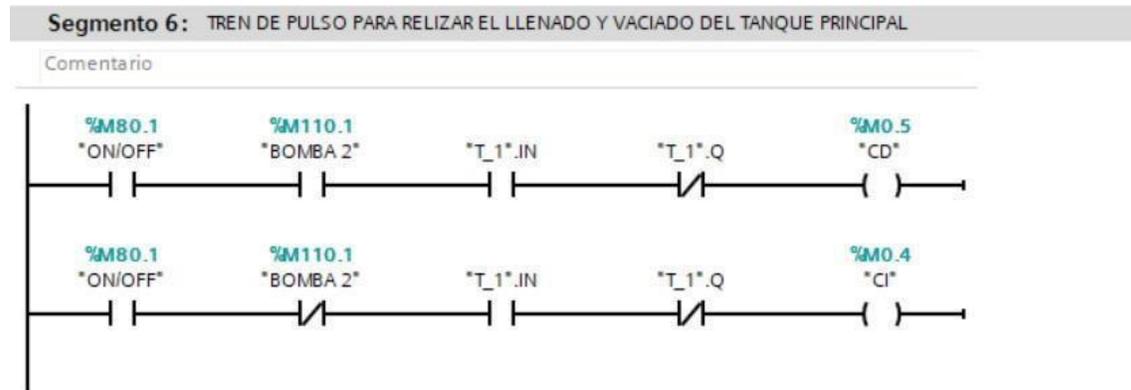
Comentario



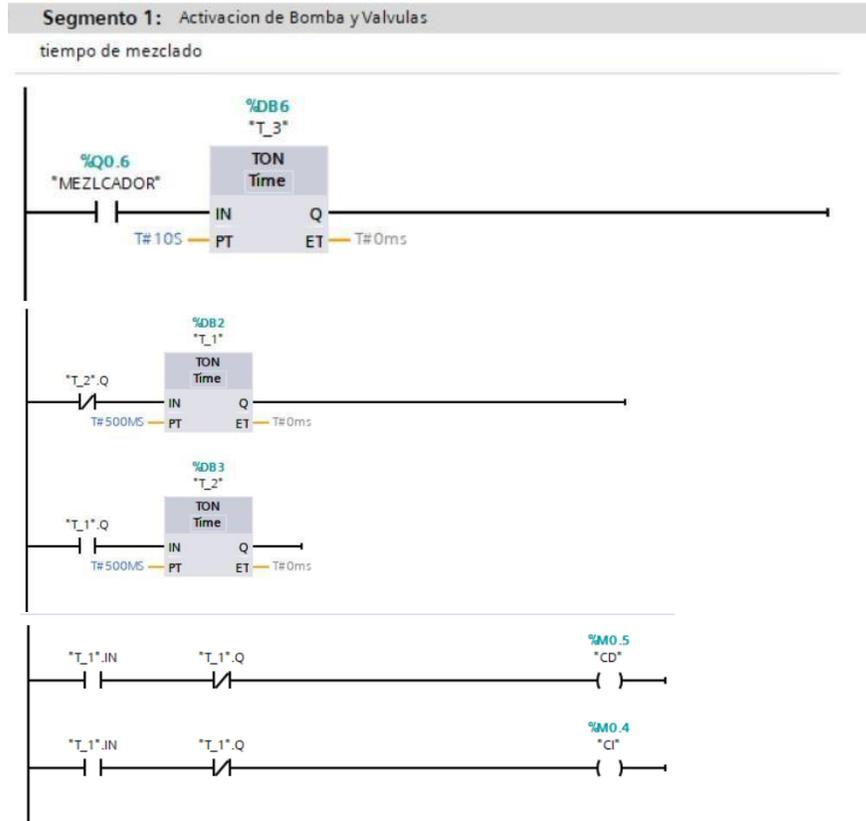
Segmento 11: Tren de pulso con temporizadores



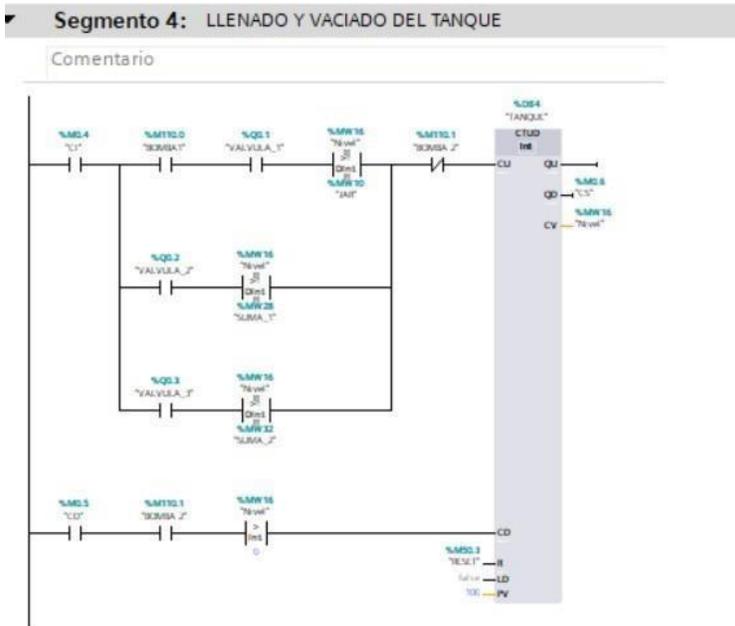
Segmento 12: Tren de pulso para llenado y vaciado de tanque principal



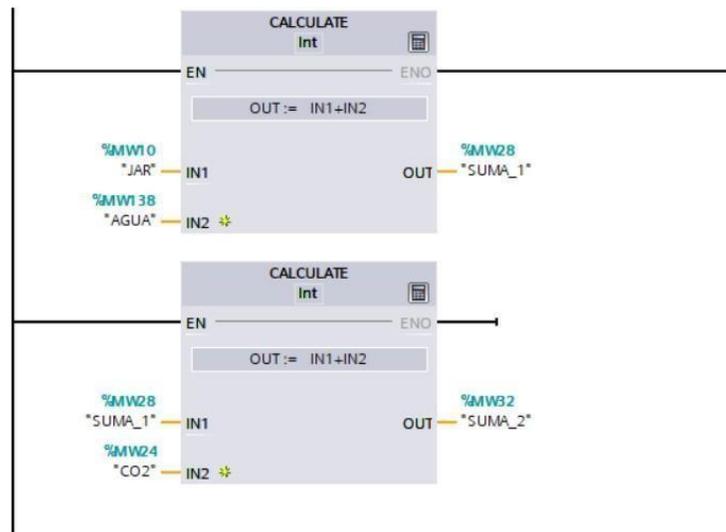
Segmento 15: Activación de bombas y válvulas



Segmento 16: Llenado y vaciado del tanque



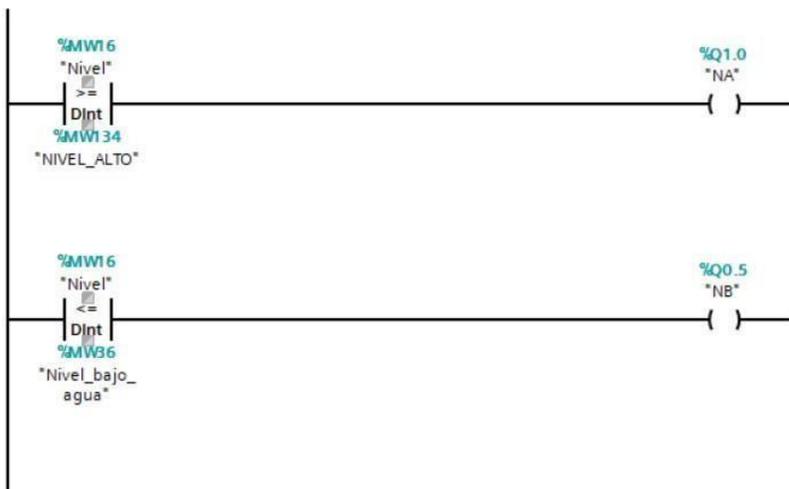
Segmento 17: Cantidad de producto y jarabe



Segmento 18: Cantidad de los productos

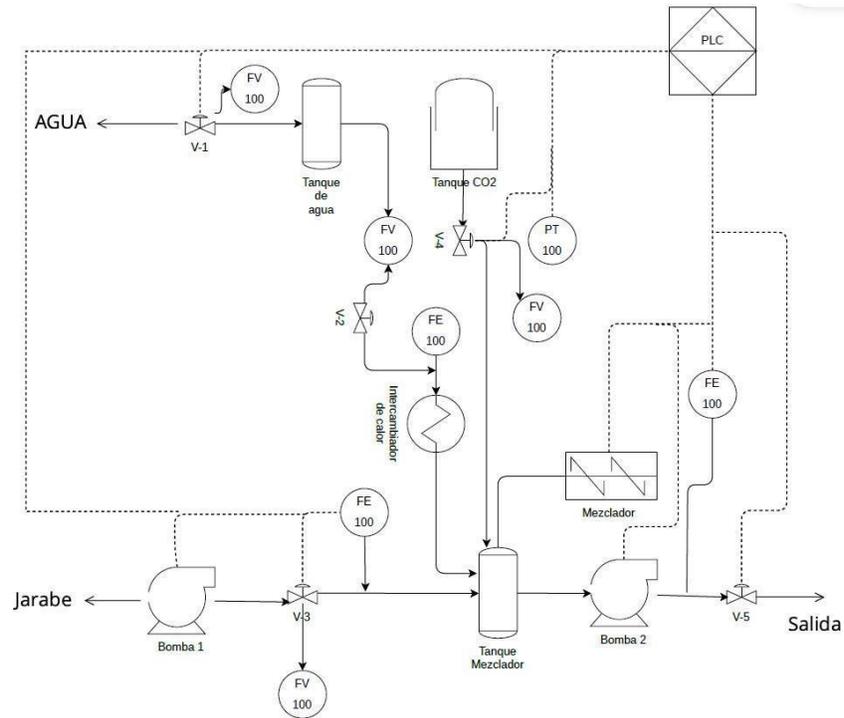
Segmento 7: Cantidades de los productos

Comentario

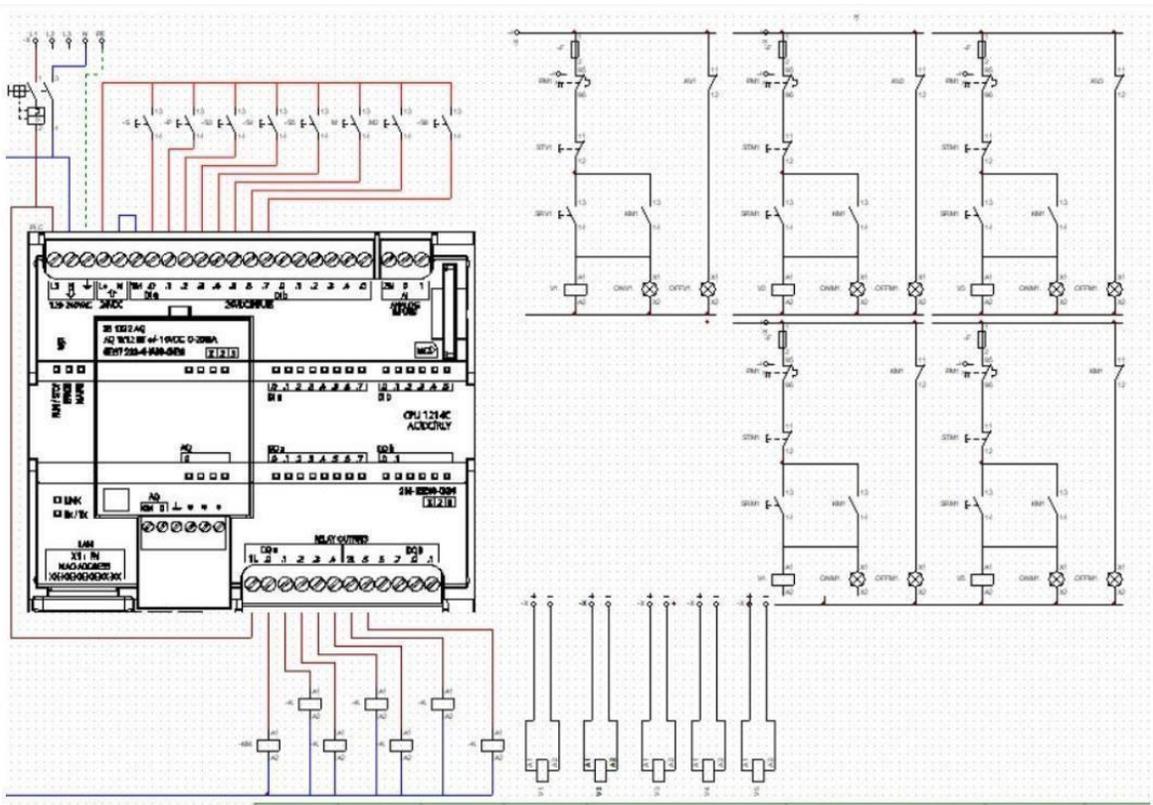


Anexo 2: Diagramas e Infraestructura Industrial automatización

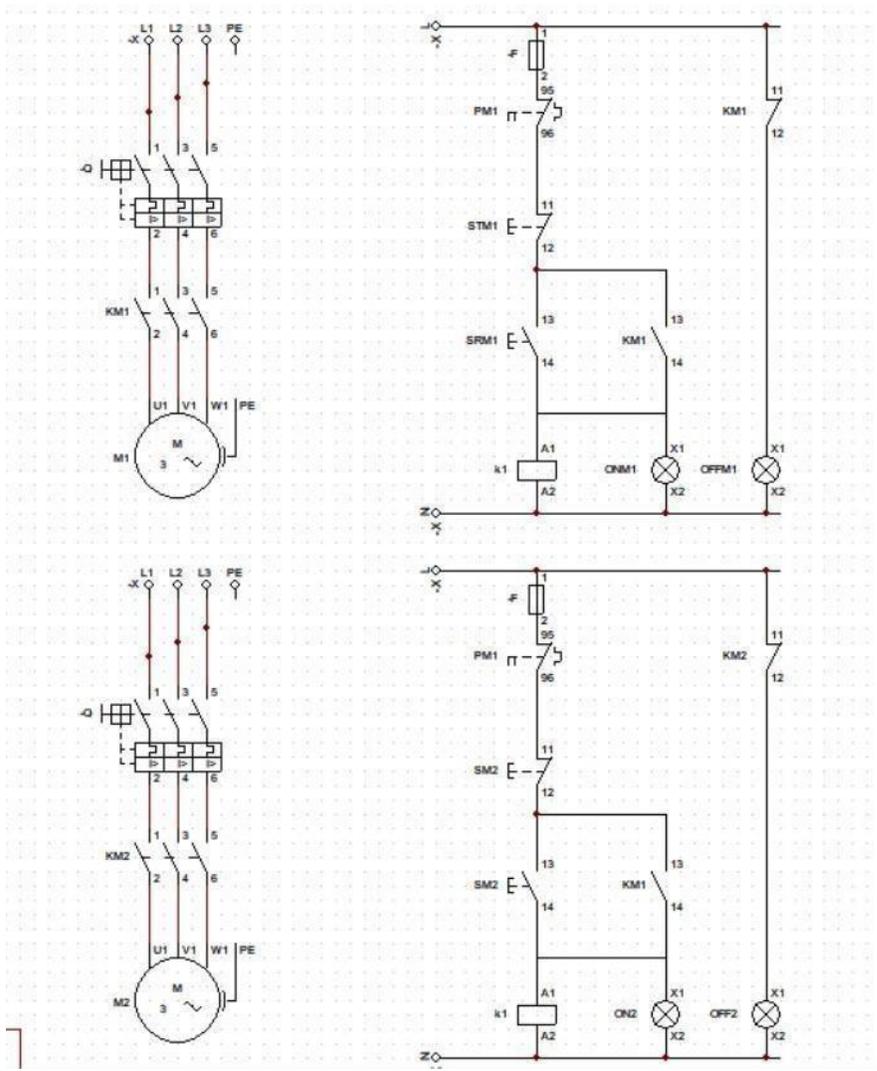
Segmento 1: Diagrama P&ID del proceso de mezcla de bebidas carbonatadas



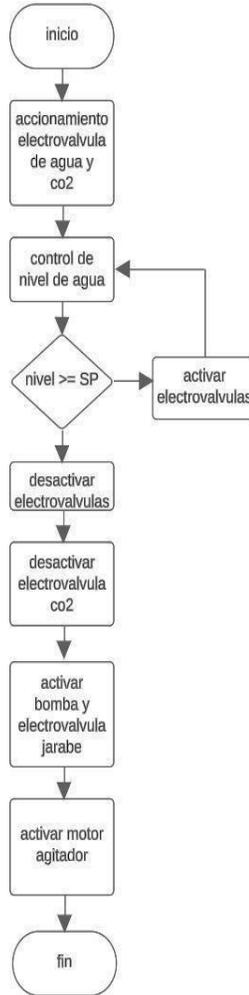
Segmento 2: Diagrama de control y fuerza de electrovalvulas. Manual y automático



Segmento 3 Diagrama de control y fuerza de motores. Manual y automático



Segmento 4: Diagrama de Flujo de proceso de bebidas carbonatadas



Segmento 5: Tabla de variables usadas en el proceso

VARIABLE	DIRECCION	ENTRADAS	SALIDAS	DESCRIPCION
Start	I0.0	DI		Pulsador marcha
Stop	I0.1	DI		Pulsador paro
Inicio	I0,2	DI		Enclavamiento del proceso
M_A	I1.6	DI		Interruptor manual-automatico
RESET_PID	I2.2	DI		Restear el pid
MT1	I2.3	DI		Backup motor 1
MT2	I2.4	DI		Backup motor 2
ESTADO_LR	M110.2	MI		Modo de operación local remoto
Nivel	ID30	AI		Nivel del tanque
N_tanque	MD42	AI		Nivel porcentaje tanque
SP	MD50	AI		Set point

Cant_agua	MD54	AI		Cantidad de agua
Cant_jarabe	MD58	AI		Cantidad de jarabe
Cant_Co2	MD62	AI		Cantidad de co2
Time_M	MD66	AI		Tiempo de mezclado
LevelMax	MD70	AI		Nivel maximo del tanque
LevelMin	MD74	AI		Nivel minimo del tanque
V1	M1.0		DO	Valvula 1
V2	M1.1		DO	Valvula 2
V3	M1.2		DO	Valvula 3
V4	M1.3		DO	Valvula 4
V5	M1.4		DO	Motor agitador
Mezclador	M1.5		DO	Valvula 5
REFF	M1.7		DO	Intercambiador de calor
BOMBA1	M2.0		DO	Motor bomba 1
BOMBA2	M2.1		DO	Motor bomba 2
I_V1	MD78		DO	Indicador valvula 1
I_V2	MD82		DO	Indicador valvula 2
I_V3	MD86		DO	Indicador valvula 3
I_V4	MD90		DO	Indicador valvula 4
I_V5	MD94		DO	Indicador valvula 5
I_B1	MD98		DO	Indicador bomba 1
I_B2	MD102		DO	Indicador bomba 2
I_M	MD106		DO	Indicador agitador
I_LL	M110.0		DO	Indicador nivel bajo del tanque
I_LH	M110.1		DO	Modo de operación local remoto
V_entrada	QD30		AO	Entrada valvula tanque principal
V_salida	QD34		AO	Salida de valvula tnque principal
CV	MD46		AO	Variable controlada

MODULO DI	ENTRADAS	Direccion	Descripcion	Salida
manual	F1	Fisica	FUSIBLE MOTOR 1	Contactor KM1
	q	Fisica	INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO	
	PE	Fisica	PARO DE EMERGENCIA	
	SRM1	Fisica	ENCENDIDO MOTOR 1	
	STM1	Fisica	APAGAR MOTOR 1	
	F2	Fisica	FUSIBLE MOTOR 2	Contactor KM2
	q	Fisica	INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO	
	PE	Fisica	PARO DE EMERGENCIA	
	SRM2	Fisica	ENCENDIDO MOTOR 2	
	STM2	Fisica	APAGAR MOTOR 2	

FV1	Fisica	Fusible Valvula 1	solenoides valvula 1
RV1	Fisica	RELE VALVULA 1	
SRV1	Fisica	APERTURA DE ELECTROVALVULA 1	
SPV1	Fisica	CIERRE DE ELECTROVALVULA 1	
SV1	Fisica	SOLENOINDE VALVULA 1	
FV2	Fisica	Fusible Valvula 2	Solenoides valvula 2
RV2	Fisica	RELE VALVULA 2	
SRV2	Fisica	APERTURA DE ELECTROVALVULA 2	
SPV2	Fisica	CIERRE DE ELECTROVALVULA 2	
SV2	Fisica	SOLENOINDE VALVULA 2	
SRV3	Fisica	APERTURA DE ELECTROVALVULA 3	Solenoides valvula 3
SPV3	Fisica	CIERRE DE ELECTROVALVULA 3	
SV3	Fisica	SOLENOINDE VALVULA 3	
FV4	Fisica	Fusible Valvula 4	Solenoides valvula 4
RV4	Fisica	RELE VALVULA 4	
SRV4	Fisica	APERTURA DE ELECTROVALVULA 4	
SPV4	Fisica	CIERRE DE ELECTROVALVULA 4	
SV4	Fisica	SOLENOINDE VALVULA 4	
FV5	Fisica	Fusible Valvula 5	Solenoides valvula 5
RV5	Fisica	RELE VALVULA 5	
SRV5	Fisica	APERTURA DE ELECTROVALVULA 5	
SPV5	Fisica	CIERRE DE ELECTROVALVULA 5	
SV5	Fisica	SOLENOINDE VALVULA 5	