



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

**COMPONENTE PRÁCTICO DEL EXAMEN
COMPLEXIVO**

“Desarrollo de la simulación de un sistema automatizado
para los subprocesos de triturado y mezclado en la
fabricación de vidrio”

AUTOR:

MARÍA JOSÉ TOMALÁ RODRÍGUEZ

Dirigido por:

Ing. Carlos Saldaña, Mgt.

LA LIBERTAD – ECUADOR

2024

DEDICATORIA

Dedico este logro, en primer lugar, a mi madre, Maritza Rodríguez. Ella ha sido mi mayor motivación e inspiración a lo largo de este largo proceso. Desde el día uno, ha estado a mi lado, sosteniendo mi mano con firmeza y llenándome de fuerzas en cada obstáculo. Su amor y apoyo incondicional han sido la luz que ha guiado cada uno de mis pasos, y siempre llevaré su ejemplo en mi corazón.

A mi padre, Jorge Tomalá, quien ha sido mi mentor y guía a lo largo de este camino. Su fortaleza y sabiduría me han forjado con valor y carácter, enseñándome la importancia del esfuerzo y la perseverancia. Gracias a su dedicación y sacrificio, pude culminar con éxito mis estudios académicos. Sus enseñanzas y ejemplo serán siempre un pilar fundamental en mi vida.

También se lo dedico a mis hermanos Henry, Alexander, Petter y Jorge. Ellos han sido una parte esencial de mi vida y me han brindado su apoyo incondicional en cada paso del camino. Gracias a sus sabios consejos y su constante aliento, siempre supe cuál era el camino correcto para seguir. Su compañía y confianza han sido fundamentales para alcanzar mis metas, y les estaré eternamente agradecido.

Este logro también se lo dedico a mis sobrinos y sepan que los límites no existen y vean que con esfuerzo y mucho sacrificio sí se puede llegar lejos.

María José Tomalá Rodríguez

AGRADECIMIENTO

Primeramente, doy gracias a Dios por haberme brindado salud y mucha fortaleza para poder culminar con mis estudios.

Mi eterno agradecimiento a mis padres y hermanos, quienes me inculcaron buenos valores y me enseñaron que rendirse no era una opción. Su esfuerzo diario y su amor incondicional fueron mi inspiración constante, motivándome a seguir adelante y a alcanzar cada meta que me propuse. Sin su apoyo y sacrificio, este logro no habría sido posible. Su ejemplo y dedicación han sido la fuerza que me impulsó a superar cada obstáculo y a crecer como persona.

Mi profundo agradecimiento a mi tutor Carlos Saldaña por las enseñanzas aprendidas y orientación durante todo mi periodo académico. por las enseñanzas y la orientación brindada a lo largo de todo mi periodo académico

A mis mejores amigos, Raúl Villon, Bryan Zambrano y Anthony Rosales gracias por la paciencia que tuvieron, a pesar de las circunstancias me brindaron su total apoyo. Su respaldo y comprensión fueron importantes para superar las dificultades, y por ello les estaré agradecida.

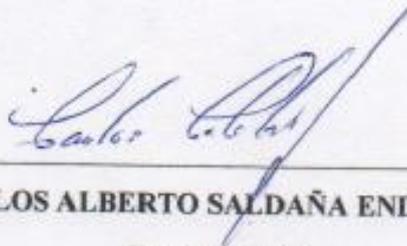
A Lisbette Rodriguez, Mario Salcedo, Douglas Borbor, Guillermo Borbor, mi agradecimiento a todos ellos por la ayuda brindada. Gracias a cada uno de ustedes, pude superar diversos desafíos y seguir adelante con determinación. Su amabilidad y respaldo han sido de gran aporte a mi vida.

María José Tomalá Rodríguez

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, M.Sc.

DOCENTE GUÍA UIC II.

Ing. Carlos Alberto Saldaña
Enderica Mgt.
DOCENTE TUTOR

Ing. Oscar Gómez Morales MBA.
DOCENTE ESPECIALISTA.

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

RESUMEN

El estudio de este trabajo se basa en el diseño y el control de un sistema de automatización mejorando el subproceso de fabricación de vidrio mediante PLC'S. Este proyecto se centra en la fase de triturado y mezclado de materia prima, para poder visualizar y controlar la calidad del producto.

La automatización de esta fase surge como un elemento claro en la industria del vidrio, dado que permite la mejora de operaciones, una reducción de errores relacionados a la operación humana, y un control sobre los parámetros del proceso. En este estudio, se plantea un sistema basado en el PLC para el proceso de mezclado de materias primas.

El diseño del sistema de automatización abarca desde la selección de componentes del PLC hasta la configuración de sensores y actuadores, así como la implementación de la lógica de control mediante software. Además de la implementación del proceso de mezclado utilizando herramientas de software, lo que permitirá ver el rendimiento del sistema en distintas condiciones facilitando la identificación de áreas de mejora.

Con los resultados obtenidos en esta investigación podemos destacar que el proyecto establece las variables de sensores de posición y sistemas eléctricos para que se ejecuten de manera acorde al control del proceso de producción. Estas variables aseguran la implementación de un sistema de gestión de calidad mejorado.

Palabras claves: automatización, vidrio, PLC'S, mezclado, sensores.

ABSTRACT

This study investigates the design and control of an automation system aimed at improving the glass manufacturing subprocess using PLCs. The project focuses on the crushing and mixing phase of raw materials, enabling visualization and control of product quality.

Automating this phase emerges as a crucial element in the glass industry, as it enhances operations, reduces errors associated with human operation, and ensures control over process parameters. This study proposes a PLC-based system for the raw material mixing process.

The automation system design encompasses PLC component selection, sensor and actuator configuration, and control logic implementation through software. In addition to implementing the mixing process using software tools, this approach allows for assessing system performance under various conditions to identify areas for improvement.

The research results highlight that the project establishes sensor position variables and electrical systems to ensure they operate in accordance with production process control. These variables ensure the implementation of an enhanced quality management system.

Keywords: automation, glass, PLCs, mixing, sensors.

ÍNDICE

DEDICATORIA	I
AGRADECIMIENTO	II
APROBACIÓN DEL TUTOR	III
TRIBUNAL DE SUSTENTACION	IV
RESUMEN	V
ABSTRACT	VI
1. Antecedentes	1
2. Título	2
3. Objetivos	2
4. Justificación.....	2
5. Alcance del proyecto.....	3
CAPITULO I.....	4
1.1 Marco conceptual	4
1.1.1 Ingeniería en sistemas de automatización.....	4
1.1.2 Automatización industrial	4
1.1.3 Sistema automatizado	4
1.1.4 Proceso de la fabricación de vidrio.....	5
1.1.5 Tipos de materia prima en la fabricación de vidrio.....	7
1.1.6 Automatización en la industrial de vidrio	7
1.1.7 Componentes físicos	7
1.1.8 Componentes lógicos	12
1.1.9 Normas aplicadas en el proceso de la fabricación de vidrio.....	13
1.2 Importancia y beneficios de la propuesta en la aplicación práctica	14
CAPITULO II.....	16
2.1 Plan de implementación.....	16
2.1.1 Factibilidad técnica	16
2.1.2 Factibilidad económica	18
2.1.3 Metodología de la investigación	19
2.1.4 Resultados esperados	20
2.2 Descripción de la solución.....	20
2.2.1 Descripción del proyecto	20
2.2.2 Diseño del sistema	21
2.2.3 Diseño de la topología de comunicación	23
2.2.4 Lógica de programación (Diagrama de flujo).....	24

2.2.5 Programación Ladder (Programación desarrollada para el controlador PLC S7 1200 1212C AC/DC/RLY en TIA Portal)	25
2.2.6 Desarrollo de la interfaz gráfica (HMI)	27
2.3 Pruebas y puesta en marcha de la solución.....	30
2.3.1 Inicio del sistema	30
2.3.2 Iniciar sesión	31
2.3.3 Pantalla Principal	31
2.3.4 Control remoto/local	32
2.3.5 Pantalla del subproceso de la trituradora	33
2.3.6 Botones del subproceso de la trituradora	33
2.3.7 Puesto en marcha el subproceso de la trituradora	34
2.3.8 Puesto en marcha los motores por separado	34
2.3.9 Alarmas del subproceso de la trituradora.....	35
2.3.10 Funcionamiento del puente grúa.....	35
2.3.11 Llegada del puente grúa a su final del recorrido	36
2.3.12 Movimiento de izquierda a derecha de motor carro	37
2.3.13 Subida y bajada del motor gancho	38
2.3.14 Alarmas del puente grúa.....	39
2.3.15 Botones para el subproceso de mezclado.....	39
2.3.16 En marcha del carril de la mezcladora.....	40
2.3.17 Regreso del carril de la mezcladora	40
2.3.18 Apertura de la compuerta neumática.....	41
2.3.19 Mezclado de la materia prima en los tanques	41
2.3.20 Alarmas del subproceso de mezclado	42
2.3.21 Parámetros eléctricos del sistema	42
2.3.22 Históricos de voltaje	43
2.3.23 Mantenimiento de los subprocesos de triturado y mezclado	43
2.4 Resultados y conclusiones	44
2.4.1 Resultados	44
2.4.2 Conclusiones	45
2.4.3 Recomendaciones	45
Bibliografía.....	46
ANEXO 1	50
ANEXO 2	60

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Proceso de fabricación de vidrio	6
Ilustración 2 Diagrama Topológico Físico	24
Ilustración 3 Pantalla principal.....	28
Ilustración 4 Alarmas.....	28
Ilustración 5 Históricos.....	29
Ilustración 6 Mantenimiento.....	29
Ilustración 7 Parámetros eléctricos.....	30
Ilustración 8 Inicio del sistema.....	30
Ilustración 9 Iniciar sesión.....	31
Ilustración 10 Pantalla Principal del proceso	31
Ilustración 11 Control Remoto	32
Ilustración 12 Control local.....	32
Ilustración 13 Pantalla del subproceso de la trituradora.....	33
Ilustración 14 Botones del subproceso de la trituradora.....	33
Ilustración 15 Puesto en marcha el subproceso	34
Ilustración 16 Puesto en marcha los motores por separados	34
Ilustración 17 Alarmas del subproceso de triturado	35
Ilustración 18 Funcionamiento del puente grúa	35
Ilustración 19 Motores en retroceso del puente grúa.....	36
Ilustración 20 Llegada del puente grúa a su recorrido final	36
Ilustración 21 Movimiento a la derecha del carro	37
Ilustración 22 Movimiento a la izquierda del carro.....	37
Ilustración 23 Gancho del motor arriba.....	38
Ilustración 24 Gancho del motor abajo.....	38
Ilustración 25 Alarmas del puente grúa	39
Ilustración 26 Botones para el subproceso de mezclado	39
Ilustración 27 En marcha el carril.....	40
Ilustración 28 Regreso del carril.....	40
Ilustración 29 Apertura de la compuerta neumática	41
Ilustración 30 Mezclado de la materia prima	41
Ilustración 31 Alarmas del subproceso de mezclado.....	42
Ilustración 32 Parámetros eléctricos del sistema.....	42
Ilustración 33 Históricos de voltaje del sistema	43
Ilustración 34 Mantenimiento del subproceso de la trituradora	43
Ilustración 35 Mantenimiento del subproceso de mezclado.....	44

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Características del PLC S71200 AC/DC/Rly.....	8
Tabla 2 Datos técnicos del HMI	9
Tabla 3 Comparación de Controladores lógicos programables	17
Tabla 4 Costo de equipos para simulación de proceso	19
Tabla 5 Costo total de mano de obra	19
Tabla 6 Total costo final.....	19

1. Antecedentes

La automatización ha revolucionado la industria de las plantas procesadoras de vidrio al permitir un proceso más adecuado a las necesidades del ser humano. En una planta procesadora de vidrio automatizada, se utilizan tecnologías avanzadas y sistemas integrados para mejorar todas las etapas del proceso, desde la preparación de materias primas hasta el empaquetado final del producto [1].

Muchas empresas líderes en la industria del vidrio, como Saint-Gobain, Corning y AGC Glass, han estado a la vanguardia de la adopción de tecnologías automatizadas en todas las etapas de su proceso de producción. Desde la fusión de materias primas hasta el acabado final, estas empresas han implementado sistemas automatizados para mejorar la seguridad en sus operaciones [1].

Desde las antiguas civilizaciones, como la egipcia y la romana, donde se empleaban técnicas elementales para producir objetos de vidrio, hasta el desarrollo de métodos más sofisticados durante la edad media en Europa, el arte de trabajar el vidrio ha sido una constante a lo largo de la historia humana [2].

Sin embargo, fue durante la Revolución Industrial cuando se produjeron avances significativos que transformaron por completo el proceso de fabricación de vidrio. Empresas pioneras como la Pilkington Brothers en el Reino Unido introdujeron técnicas innovadoras que permitieron la producción a gran escala de vidrio plano, revolucionando las industrias de la construcción y automotriz [3].

Con el advenimiento de la era digital en el siglo XX, la automatización se convirtió en un factor clave en la industria manufacturera, y la fabricación de vidrio no fue la excepción. La introducción de los PLC marcó un hito importante en este proceso, permitiendo las operaciones de producción [4].

Estos avances históricos y tecnológicos proporcionan un sólido fundamento para el diseño de la automatización del proceso de fabricación de vidrio en la etapa de mezclado de materias primas. La combinación de una tradición milenaria con las últimas innovaciones en tecnología de automatización ofrece un vasto campo de investigación y desarrollo con potencial para mejorar la productividad en la industria del vidrio [5].

2. Título

Desarrollo de la simulación de un sistema automatizado para los subprocesos de triturado y mezclado en la fabricación de vidrio

3. Objetivos

Objetivo general

Diseñar un sistema de control y monitoreo para los subprocesos de triturado y mezclado utilizando dispositivos lógicos programables (PLC'S).

Objetivos específicos

- Diseñar un sistema industrial simulado para la automatización de los subprocesos de triturado y mezclado en la fabricación de vidrio.
- Desarrollar la programación Ladder para la automatización de los subprocesos de triturado y mezclado usando el PLC S7 1200
- Desarrollar una interfaz gráfica simulada para monitoreo de los subprocesos de triturado y mezclado con el SIMATIC KTP700
- Probar y verificar el sistema industrial simulado de la automatización diseñada dentro de un ambiente controlado (laboratorio de automatización).

4. Justificación

En el proceso de fabricación de vidrio, la empresa "VIDRIALUM" enfrenta desafíos en la rentabilidad de los productos, especialmente en el proceso principal, busca diversificar la fabricación del vidrio como triturado y mezclado. Se necesita asegurar el funcionamiento de manera correcta en esta etapa, sin embargo, los métodos manuales actuales tienen tendencia a cometer errores y presentar variaciones, lo que impacta de manera negativa en todo el proceso, afectando directamente su producción [6].

La incorporación de los sensores de posición resulta esencial ya que contribuye a la precisión y calidad de proceso de producción, esto no solo apoya al cumplimiento de la norma ISO 9001, respalda los objetivos estratégicos de la empresa en términos de

sostenibilidad, del mismo modo engloba los sistemas eléctricos basado en la norma IEC 60947 que establece operar bajo los requisitos de componentes eléctricos en baja tensión, la protección contra sobrecargas y cortocircuitos.

El uso del PLC en la etapa de mezclado proporciona una solución a estos desafíos al implementar un sistema automatizado. Mejorando la consistencia en la mezcla de materiales a través de la automatización de este proceso permitirá a VIDRIALUM lograr una mejora significativa en la calidad del vidrio elaborado.

La importancia de la automatización en los procesos de elaboración de vidrio dentro de este sector radica en la obtención de un producto bajo diferentes estándares de calidad, además de ser un motor significativo de empleo y crecimiento económico local.

Este estudio se justifica por la necesidad de desarrollar sistemas automatizados, para la fabricación de vidrio en Ecuador, en la etapa de mezclado de materias primas. Al implementar sistemas basados en el PLC, en esta etapa del subproceso, las empresas ecuatorianas podrán mejorar su capacidad de producción y ofrecer productos de mayor calidad.

5. Alcance del proyecto

El proyecto se centra en implementar un sistema de visualización simulado para la fase de triturado y mezclado en la fabricación de vidrio, cumpliendo con las normas IEC 60947 (dispositivos de control) e ISO 9001 (gestión de calidad). Usando sensores para monitorear equipos y tiempos de parada, se utilizará tecnología PLC para garantizar la calidad del proceso. Se implementará una HMI adecuada según las normas, permitiendo una visualización clara y monitoreo en tiempo real, mejorando la interacción y el flujo de trabajo en la línea de producción de vidrio.

CAPITULO I

1.1 Marco conceptual

1.1.1 Ingeniería en sistemas de automatización

La Ingeniería en sistemas de automatización es la disciplina que combina la electrónica, la informática y la ingeniería para diseñar, desarrollar e implementar sistemas que pueden realizar tareas autónomas. Los ingenieros en automatización trabajan en colaboración con otros equipos para automatizar procesos industriales, comerciales o domésticos, utilizando tecnologías de control, hardware y software [7].

Entre las responsabilidades de un ingeniero en automatización se encuentran el diseño, la implementación, supervisión, la mejora, y la comunicación. Los ingenieros en automatización deben poseer una gama alta de habilidades técnicas, incluyendo conocimientos en programación, análisis de datos, inteligencia artificial y aprendizaje automático. Su objetivo es eliminar defectos y problemas en los procesos.

1.1.2 Automatización industrial

La automatización, deriva de las palabras griegas: Auto (por sí solo) y Matos (movimiento), abarca cualquier mecanismo autodeterminado, ofreciendo ventajas notables en precisión, potencia y velocidad respecto a sistemas manuales. En el ámbito industrial, permite supervisar variables como temperatura, caudal y presión mediante microprocesadores o controladores, facilitando el procesamiento y control de datos. Los sistemas automatizados utilizan componentes para el control y monitoreo, destacando el desarrollo de productos por proveedores como Siemens, ABB, AB, National Instruments y Omron [8].

1.1.3 Sistema automatizado

Un sistema automatizado se configura como un conjunto interconectado de elementos, diseñados para llevar a cabo tareas específicas de manera autónoma, sin requerir la intervención directa de la mano humanos. Estos sistemas, respaldados por tecnología y controladores, ejecutan sus funciones con características directas que incluyen la capacidad de operar automáticamente, la supervisión mediante controladores, la utilización de sensores y actuadores, la programación de secuencias de acciones, la

mejora de la eficiencia, la repetibilidad en las tareas, la reducción de costos, la seguridad en operaciones peligrosas y su aplicación en diversos ámbitos como la manufactura, la robótica, la logística y la atención médica. El objetivo fundamental radica en optimizar la calidad de las operaciones [9].

El diseño de un sistema de automatización tiene varios componentes que van más allá de la programación de dispositivos. Estos elementos incluyen el análisis de riesgos y peligros del sistema, la definición de criterios que varían según la empresa o el país de desarrollo del proyecto, la documentación de equipos, la configuración de flujos de información y funcionalidades del HMI, la elaboración de descripciones funcionales que detallan la lógica de control, interfaces de usuario, informes y otros aspectos, la creación de diseños que abarcan planos, paneles e instalaciones, la preparación de paquetes de trabajo que visualiza la implementación y los presupuestos necesarios, y finalmente, la adquisición de los equipos requeridos para la ejecución del proyecto [10].

1.1.4 Proceso de la fabricación de vidrio

El proceso de fabricación del vidrio inicia con el triturado de los residuos de vidrios ya utilizados, después pasa al proceso del mezclado de materias primas como la arena, carbonato de sodio, óxido de calcio y otros aditivos, en un horno a una temperatura de aproximadamente 1500 grados Celsius. Una vez homogeneizada la mezcla, la masa de vidrio líquida se vierte sobre un baño continuo de estaño fundido, manteniéndolo a una temperatura cercana a los 1500 grados Celsius [11].

Durante este proceso, el vidrio se extiende sobre la superficie del estaño en forma de cinta, aprovechando la capacidad del estaño fundido para proporcionar una planimetría. A medida que avanza, la cinta de vidrio se enfría hasta llegar a una temperatura que permite manipularlo sin deformaciones [11].

La cinta de vidrio es cortada en tamaños y dimensiones diferentes mediante sistemas de corte automatizados, que utilizan rayos láser para identificar defectos y optimizar la utilización del material. Una vez cortadas en piezas diferentes y pulidas, son inspeccionadas y clasificadas según su calidad antes de ser utilizadas en aplicaciones industriales, arquitectónicas u otras según sus especificaciones [11].

Se puede ver el respectivo proceso de fabricación de vidrio en la siguiente ilustración 1.

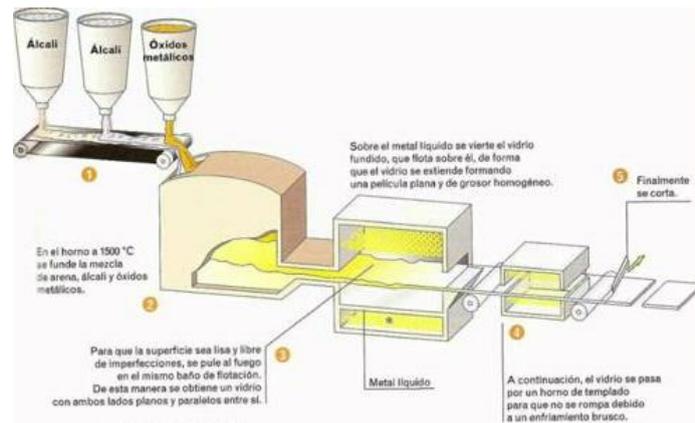


Ilustración 1 Proceso de fabricación de vidrio
Fuente: [11]

1.1.4.1 Subproceso de la trituración en la fabricación de vidrio

En el subproceso de la trituradora, se trabaja con vidrio reutilizado que ya ha estado en uso y en fragmentos pequeños. Las partes de vidrio, que aún no están completamente pulverizados, son manipuladas de manera manual por el operador. Usando una pala, el operador ubica las partes de vidrio en la banda transportadora. Esta banda transportadora se va a encargar de trasladar el vidrio hasta la máquina trituradora. Al llegar a este punto, el vidrio ingresa a la trituradora, donde se sujeta a un proceso de reducción de tamaño, cambiándolas en partículas más pequeñas. El material triturado va a asegurar una mezcla homogénea en las siguientes fases de la fabricación de vidrio. Una vez triturado, el vidrio procesado está listo para ser trasladado a la siguiente fase del proceso de fabricación.

1.1.4.2 Subproceso del mezclado en la fabricación de vidrio

En el subproceso de la mezcladora, después de que el vidrio en su mayoría ha sido triturado en diminutas partículas en la máquina trituradora, el puente grúa traslada la materia prima en un contenedor. Este contenedor se posiciona en una repisa arriba de un carril que este mueve hasta las máquinas de mezclado. En esta etapa, el contenedor se coloca debajo de una válvula en la parte superior de la mezcladora. Cuando esta válvula se apertura vierte el vidrio triturado y se agregan los otros tipos de materias primas para la fabricación del vidrio. Después de la carga de todos los materiales, se enciende la mezcladora, que combina todos los componentes de manera homogénea. Este proceso de

mezcla asegurar la uniformidad del material antes de pasar a la siguiente fase del proceso de la fabricación del vidrio.

1.1.5 Tipos de materia prima en la fabricación de vidrio

En la fabricación de vidrio, los tipos de materia prima son necesarios para poder determinar las propiedades del producto final. Los principales incluyen arena de sílice, carbonato de sodio, caliza, óxido de aluminio, óxido de magnesio y óxido de boro. Cada uno realiza la composición y características del vidrio, desde la transparencia hasta la resistencia y estabilidad térmica. La elección de estas materias primas es importante para así obtener el vidrio con las propiedades deseadas en diversas aplicaciones [12].

1.1.6 Automatización en la industrial de vidrio

La automatización en la industria del vidrio se centra en el control y monitoreo de los subprocesos de triturado y mezclado. A través de sistemas automatizados en el cual supervisa el proceso de triturado y mezclado de materias primas para garantizar la calidad y homogeneidad de los materiales. La visualización y monitoreo constante permiten ajustar los parámetros de mezcla según sea necesario, asegurando que la composición del vidrio cumpla con los estándares establecidos. De esta manera, la automatización contribuye a optimizar el rendimiento y la calidad del vidrio producido al controlar los subprocesos de triturado y mezclado. [13].

1.1.7 Componentes físicos

1.1.7.1 Selección del PLC para llevar a cabo la implementación del proceso

Se ha elegido el PLC S71200 1212C AC/DC/Rly, debido a su capacidad de procesamiento considerable. Este PLC tiene la capacidad de incorporar módulos adicionales según las necesidades específicas del proyecto, lo que demuestra un rendimiento eficiente al manejar entradas de alta velocidad para tareas como conteo y medición. Además, el PLC S71200 viene con características como la comunicación Ethernet, entre otras, como se describe detalladamente en la tabla 1 adjunta [14].

Características	
Con Display	No
Tensión de alimentación	
Valor nominal (AC)	
- 120V AC	Si
- 220V AC	Si
Intensidad de Entrada	
Consumo (Valor nominal)	100mA con 120V AC; 50mA, con 240V AC
Alimentación de sensores	
24V	Rango permitido: 20,4 a 28.8V
Memoria	
Tipo de memoria	EEPROM
Nº de entradas digitales	14; integrado
Salidas digitales	
Nº de Salidas	10; Relé
Nº de entradas analógicas	2

*Tabla 1 Características del PLC S71200 AC/DC/Rly
Fuente: [15]*

1.1.7.2 Interfaz hombre máquina

Un sistema HMI, conocido como Interfaz Hombre-Máquina, representa la puerta de entrada al mundo digital de las máquinas para los seres humanos. Funciona como un puente que permite la comunicación entre la complejidad de las operaciones industriales y la comprensión humana, facilitando así la interacción y el control de los procesos [16].

Mediante esta interfaz, los operadores pueden no solo monitorear el funcionamiento de las máquinas, sino también interactuar con ellas de una manera rápida. Esto se traduce en una ejecución más sencilla de tareas, mayor comodidad para los usuarios y una respuesta más clara ante situaciones de emergencias en el entorno industrial [16].

La imagen muestra la pantalla HMI TP 1200 Comfort, teniendo en cuenta sus atributos como pantalla táctil, capacidad de conexión Ethernet y soporte para PROFINET. Se tienen las características tal como se visualiza en la tabla 2.

Modelo	
Tipo	LCD-TFT
Colores representables	Hasta 16 millones
Pantalla táctil	Si, capacidad proyectada

Memoria	
Memoria disponible para datos de usuario	12MB
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
Consumo de potencia	36W
Fusible interno	Si

Tabla 2 Datos técnicos del HMI

Fuente: [17]

1.1.7.3 Comunicación entre el PLC y HMI (WINCC)

Para lograr la comunicación entre un PLC S71200 y un HMI como WINCC, es fundamental seleccionar un protocolo de comunicación compatible con ambos dispositivos, como OPC, Modbus o Ethernet TCP/IP. Las variables de comunicación se configuran en el software de programación del PLC S71200 para asegurar una asignación. Luego, en el software de configuración del HMI, se establece la comunicación con el PLC S71200 utilizando el mismo protocolo y se ingresan la dirección IP o la configuración de red del PLC S71200. Esto permite que ambos dispositivos intercambien datos, lo que resulta útil para el control y supervisión del sistema.

1.1.7.4 DPM-C530

El medidor multifunción avanzado DPM-C530 de Delta proporciona mediciones precisas de diversos valores de energía eléctrica y parámetros relacionados con la calidad de energía. Esto incluye aspectos como el factor de potencia, las vibraciones armónicas y el desequilibrio de corriente y voltaje. Además, brinda funciones de alarmas para restricciones de acceso y capacidades de registro del historial, todo en un solo dispositivo [18].

1.1.7.5 Módulo CM 1241

CM1241 es un módulo de comunicación desarrollado por Siemens para su uso con los controladores lógicos programables de la serie SIMATIC S7-1200. Permite la comunicación entre el PLC S7-1200 y dispositivos externos a través de la interfaz de comunicación industrial PROFIBUS-DP. El módulo proporciona al PLC S7-1200 la capacidad de integrarse en redes industriales más grandes y comunicarse con una variedad de dispositivos de automatización [19].

1.1.7.6 Sensores

Los sensores son dispositivos que captan y reaccionan ante diferentes tipos de información del entorno físico. Estos se categorizan según las variables que detectan, como corriente eléctrica, magnetismo, humedad, velocidad de fluidos, presión, temperatura, luz, posición, condiciones ambientales y sustancias químicas. Estos componentes son necesarios en numerosas aplicaciones cotidianas y tecnológicas, desde dispositivos domésticos hasta sistemas industriales, facilitando la monitorización y control de diversas variables [20].

- **Sensor de posición**

Se utilizan para controlar la posición de las compuertas, válvulas y otros dispositivos de control en el sistema de dosificación y mezcla. Aseguran que los materiales se dosifiquen y mezclen correctamente en la etapa del subproceso [21].

1.1.7.7 Actuadores

Los actuadores son dispositivos que dan energía y movimiento a otros elementos, utilizando fuentes de energía como aire comprimido, fluidos hidráulicos o electricidad. Estos dispositivos reciben órdenes de controladores y convierten esas órdenes en acciones, generando fuerza a partir de diferentes fuentes de energía [22].

- **Motor trifásico**

Los motores eléctricos trifásicos son dispositivos que convierten la energía eléctrica en energía mecánica mediante el uso de tres corrientes eléctricas alternas. Estos motores funcionan mejor que los motores monofásicos debido a su disposición trifásica, que proporciona un suministro constante y uniforme de corriente, lo que reduce las vibraciones y mejora el rendimiento [23].

El funcionamiento de estos motores se basa en el campo magnético giratorio que se crea cuando las tres corrientes eléctricas alternas fluyen por las bobinas del motor. Esta interacción produce fuerzas que hacen girar el rotor del motor, generando así un movimiento mecánico [23].

- **Motorreductor**

Los motorreductores son dispositivos que permiten regular la velocidad de giro de un motor para que funcione a un ritmo determinado. Estos dispositivos constan de una cadena de engranajes que aplican diferentes velocidades a las piezas giratorias del motor. Los componentes de un motorreductor trabajan juntos para reducir la velocidad del motor sin afectar su rendimiento. Además, pueden ajustar su potencia mecánica según sea necesario [24].

- **Tanque de mezcla**

Los tanques de mezcla son recipientes industriales diseñados específicamente para combinar dos o más sustancias sin que se produzca una reacción química. A diferencia de los tanques reactores, estos no generan ninguna reacción, sino que se encargan de mezclar los materiales. Estos tanques de mezcla son un componente esencial en una gran variedad de procesos productivos, ya que permiten acelerar y optimizar la producción [25].

1.1.7.8 Neumática industrial

La neumática industrial se refiere al uso del aire comprimido como fuente de energía para mover y controlar elementos mecánicos en entornos industriales.

En una fábrica el aire comprimido se distribuye a través de tuberías para alimentar herramientas y maquinaria, facilitando así el proceso de fabricación. Este método es

ampliamente utilizado debido a su seguridad y eficiencia, ya que no supone un riesgo para la salud ni el medio ambiente en caso de fuga [26].

- **Cilindro de doble efecto**

Los cilindros de doble efecto son dispositivos mecánicos que generan un movimiento lineal en ambas direcciones. Están compuestos principalmente por:

Estos cilindros son muy versátiles, ya que controlan la dirección, velocidad y fuerza del movimiento lineal. Se utilizan en la industria automotriz para controlar elementos como frenos, dirección de las ruedas, acelerador y velocidad de los motores [27].

- **Final de carrera**

Los finales de carrera son dispositivos que utilizan aire comprimido para detectar y señalar la posición de un componente en un sistema neumático o automatizado. Estos interruptores son utilizados en entornos industriales para controlar y monitorear la posición de cilindros neumáticos [28].

Estos dispositivos desempeñan un papel importante en el control y monitoreo de sistemas neumáticos, garantizando una operación segura y permitiendo la integración efectiva de componentes en procesos automatizados [28].

1.1.8 Componentes lógicos

1.1.8.1 Totally Integrated Automation Portal (Tia Portal)

TIA Portal, también conocido como Portal de Automatización Totalmente Integrado, es una plataforma desarrollada por Siemens con el objetivo de unificar el proceso de automatización en un único programa. Anteriormente, se requerían programas individuales para cada componente, como Simatic Step 7 para PLCs, WinCC Flexible para HMIs, entre otros para variadores. Sin embargo, con TIA Portal, todos estos aspectos se manejan desde una sola interfaz, simplificando tanto el hardware como los diversos

lenguajes de programación utilizados. Ahora es posible programar PLCs, pantallas y drives desde una única plataforma, sin necesidad de adquirir licencias diferentes para cada tipo de programación [29].

1.1.8.2 Redes de comunicación industrial

Las redes de comunicación industrial desempeñan un papel fundamental en entornos industriales al facilitar la transmisión de datos y la interconexión de dispositivos. Estos sistemas son vitales para la automatización y control de procesos, ya que posibilitan una comunicación eficiente entre diversos componentes de un sistema industrial. La interconexión de dispositivos, como sensores, actuadores, controladores lógicos programables (PLCs) y sistemas de supervisión, es una característica clave de estas redes [30].

- **Protocolo de comunicación Profinet**

PROFINET es un protocolo de comunicación Ethernet industrial que se basa en estándares abiertos como TCP/IP y IT, y está diseñado para intercambiar datos entre controladores y dispositivos en entornos industriales. Los controladores, como PLC y DCS, y los dispositivos, como módulos de E/S, sistemas de visión artificial, lectores de RFID, accionamientos e instrumentos de proceso, pueden comunicarse utilizando PROFINET [31].

- **Protocolo de comunicación Modbus RTU**

Modbus es un protocolo de comunicación abierto utilizado para transmitir información entre dispositivos electrónicos a través de redes en serie. En una red Modbus, hay un dispositivo maestro que solicita información y los dispositivos esclavos que la suministran [32].

1.1.9 Normas aplicadas en el proceso de la fabricación de vidrio

1.1.9.1 Normas isa

En el campo de la instrumentación y el control, se utiliza un sistema especial de símbolos para transmitir información de manera más clara y precisa, siendo esencial en todas las etapas de los sistemas de control, desde el diseño hasta el mantenimiento. La diversidad de normas y sistemas empleados en diferentes industrias subraya la necesidad universal de estandarización en este ámbito. Organizaciones como la ISA (Instrument Society of America) en Estados Unidos y la DIN en Alemania han liderado este esfuerzo, creando las siguientes normas [33].

- **ANSI/ISA-S5.1** para la identificación y símbolos de instrumentación.
- **ANSI/ISA-S5.2** para diagramas lógicos binarios.
- **ISA-S5.3** para control distribuido y sistemas computarizados.
- **ANSI/ISA-S5.4** para diagramas de lazo de instrumentación.
- **ANSI/ISA-S5.5** para símbolos gráficos de visualización de procesos.

1.1.9.2 Normas con las que trabaja la empresa

Norma ISO 9001: La norma ISO 9001 mejora los procesos, el aumento de la satisfacción del cliente y fortalece la reputación de una organización. Su implementación puede representar un desafío grande, tras la actualización del texto normativo en 2015. Aunque ha pasado casi 10 años desde entonces, la norma sigue siendo relevante y no se prevé que la ISO la revise en un futuro cercano [34].

IEC 60947: Establece las normativas para los interruptores automáticos utilizados en entornos industriales, ya que estos protegen la distribución de energía eléctrica de hasta 1000 voltios CA o 1500 voltios CC. Estos interruptores tienen un amplio rango de corrientes nominales, desde 0,5 hasta 6300 amperios, y usualmente son empleados por servicios públicos y en instalaciones industriales [35].

1.2 Importancia y beneficios de la propuesta en la aplicación práctica

Los sistemas HMI son fundamentales en la industria, trabajando en conjunto con los PLC para ejecutar los procesos de producción. Inicialmente, las HMI surgieron como una forma de reemplazar los pulsadores y luces indicadoras cableadas, permitiendo a los

operarios controlar las máquinas y procesos de manera más fácil. Sin embargo, su función ha evolucionado con el tiempo [36].

El HMI van más allá de ser simples interfaces de control. Estas herramientas son capaces de traducir datos en información práctica para los usuarios. Las pantallas ofrecen una representación gráfica de los procesos, brindando orientación en tiempo real. Además, el HMI permite a los supervisores entre otros, monitorear y controlar las operaciones desde dispositivos móviles.

Una de las ventajas clave de las HMI es su capacidad para detectar y notificar automáticamente fallos en el sistema. Mediante el uso de alarmas y alertas, los operarios pueden identificar los problemas y tomar medidas de manera inmediata. [37].

Las HMI se utilizan en una amplia variedad de industrias. En la fabricación de metales, por ejemplo, controlan la velocidad y precisión de corte y doblado de metales. En los procesos de embotellado, supervisan la eficiencia de llenado, detección de errores y ajuste de velocidades. En el sector de servicios públicos, gestionan la distribución de agua.

CAPITULO II

2.1 Plan de implementación

El objetivo es desarrollar un sistema HMI a nivel local para administrar tareas secuenciales y establecer comunicación con los periféricos y etapas específicas del proceso de manufactura de vidrio. Este sistema se enfocará en controlar y monitorear etapas clave, comenzando con la creación de una interfaz con niveles de acceso basados en roles para la supervisión, monitoreo y ajuste de parámetros eléctricos relacionados con la fabricación. Se ofrecerá una visión general de la configuración remota del sistema, lo que permitirá la supervisión y control desde ubicaciones externas. La interfaz HMI se diseñará siguiendo las regulaciones aplicables respecto a las normas ISA.

2.1.1 Factibilidad técnica

Lo principal de este proyecto es verificar la viabilidad para la automatización de los subprocesos de triturado y mezclado en la fabricación de vidrio. Se busca mejorar la operación, reducir los tiempos de producción y asegurar la calidad del producto mediante la implementación de un sistema automatizado. Se propone la introducción de un HMI programado en el PLC Siemens S7-1200 para monitorear y controlar estos procesos.

En la industria del vidrio, los métodos de triturado y mezclado pueden ser muy tradicionales hasta la actualidad. La transición hacia sistemas automatizados implica la modernización del sistema física y eléctrica de las instalaciones para colocar nuevas tecnologías de control y supervisión.

La HMI será diseñada conforme a las normativas ISA 101, utilizando el PLC Siemens S7-1200 como sistema de control. Se emplearán dispositivos como sensores de posición, actuadores neumáticos y sistemas de control, todo dirigido de manera acorde por el PLC. La factibilidad técnica incluirá una evaluación del hardware y del software.

Para validar la eficacia del sistema automatizado propuesto, se realizarán pruebas de simulación y ejecución en el PLC Siemens S7-1200. Además, se compararán diferentes opciones de componentes y tecnologías disponibles en el mercado para asegurar la elección óptima en términos de rendimiento, coste y cumplimiento de normativas.

A continuación, se visualizará lo comparativa entre 3 tipos de controladores lógicos programables y posterior a eso se verá el motivo por el cual el PLC Siemens S7 1200 es el más adecuado a utilizar en este proyecto. Como se puede observar en la tabla 3.

Características	Siemens S7-1200	LOGO	Mitsubishi MELSEC - FX Series
Interfaz de usuario	No incluye pantalla (opcional)	Pantalla integrada	No incluye pantalla
Programación	TIA Portal	LOGO! Comfort	Soft GX Works
Velocidad de procesamiento	Moderada	Baja	Rápida
Escalabilidad	Alta	Limitada	Moderada
Funciones Avanzadas	Avanzadas (PID, Motion control)	Básicas	Básicas
Aplicaciones Ideales	Pequeñas a medianas aplicaciones	Pequeñas automatizaciones	Aplicaciones medianas
Costo	Moderado	Bajo	Moderado

Tabla 3 Comparación de Controladores lógicos programables

El Siemens S7-1200 es el más viable para aplicaciones industriales por sus características superiores. Este PLC tiene 14 entradas digitales y 10 salidas digitales, 2 entradas y 2 salidas analógicas, permitiendo un control sin necesidad de módulos adicionales. Su velocidad de procesamiento de 0.08 μ s por instrucción es más rápida que la de otros PLCs. La comunicación mediante PROFINET realiza la rápida transferencia de datos en redes industriales, mientras que su conexión con el software TIA Portal permite una programación intuitiva. Además, el S7-1200 tiene funciones como control PID, contadores de alta velocidad y Motion Control, lo que elimina la necesidad de hardware adicional para aplicaciones.

2.1.2 Factibilidad económica

Se realiza un estudio de factibilidad económica para entender cuánto se invierte en los subprocesos de la fabricación de vidrio. Este análisis considerará tanto los costos como equipos y materiales, como la mano de obra. A continuación, detallaremos los gastos asociados con los recursos necesarios para llevar a cabo este proyecto.

▪ Costo de Equipos

En la Tabla 4 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 \$8,777.00.

CANT.	Descripción	P. Unitario	P. Total
1	Switch Industrial CSM1277	\$220.00	\$220.00
1	Módulos de expansión PLC	\$518.00	\$518.00
1	PLC 1212C AC/DC/Relé	\$750.00	\$750.00
1	DPM-C530	\$268.00	\$268.00
1	CM 1241	\$127.00	\$127.00
1	Siemens 6AV2123-2GB03-0AX0 SIMATIC	\$1,500.00	\$1,500.00
1	Solenoides para vapor 2 vías 110 VAC, 1"	\$1,850.00	\$1,850.00
8	SIRIUS 3RT2015-1BB41	\$140.00	\$1,120.00
1	Licencias Siemens TCP/IP Ethernet	\$990.00	\$990.00
2	Tableros de control	\$500.00	\$1,000.00
1	Encoders Incrementales Rotativos Autonics	\$134.00	\$134.00
	Pulsadores y demás accesorios	\$300.00	\$300.00

TOTAL	\$8,777.00
-------	------------

Tabla 4 Costo de equipos para simulación de proceso

- **Costo de mano de obra**

A continuación, en la tabla 5 se detalla el costo de la mano de obra:

CANT.	Descripción	P. Unitario	P. Total
1	Diseño y desarrollo del software	\$6,000.00	\$6,000.00
1	Gastos varios	\$3,500.00	\$5,000.00
TOTAL			\$11,000.00

Tabla 5 Costo total de mano de obra

- **Costo Final**

Los siguientes valores representan el gasto de equipo y costo de mano de obra, como resultado de inversión obtenemos un valor de \$19,777.00. Se detalla en la tabla 6.

Equipos	\$8,777.00
Mano de obra	\$11,000.00
Total	\$19,777.00

Tabla 6 Total costo final

2.1.3 Metodología de la investigación

- **Investigación Aplicada**

Se hizo una investigación con fuentes bibliográficas sobre la automatización en plantas de producción de vidrio, tomando ideas de profesionales en automatización industrial, se adaptaron los conocimientos de redes industriales, automatización industrial y sistemas de control. Durante este proceso, se tomó en cuenta las normativas que se debe cumplir, utilizando métodos de observación para identificar los componentes mecánicos y el software. Posteriormente, se desarrolló la programación para el sistema automatizado, usando el sistema simulado de automatización en la planta e implementando la lógica programable con el software TIA Portal para el proceso de fabricación de vidrio.

2.1.4 Resultados esperados

La implementación de la automatización en los subprocesos de triturado y mezclado en la fabricación de vidrio tiene varios acotes. A través del diseño del sistema industrial simulado, lo que resultará un mejor control. La implementación de la automatización en estos subprocesos tiene sus ventajas, incluyendo un mejor rendimiento al momento de que se efectúen todos los procesos, poder monitorear si todos los componentes están aptos para seguir en ejecución, así como la reducción de riesgos laborales a lo que los operarios están expuestos.

La introducción de la programación Ladder para la automatización utilizando el PLC S7 1200 permitirá la creación de los subprocesos de triturado y mezclado, lo que ayuda a la calidad en la preparación de las materias primas.

2.2 Descripción de la solución

2.2.1 Descripción del proyecto

El proyecto de control y monitoreo de los subprocesos de triturado y mezclado representa un avance de calidad en la fabricación de vidrio. Empieza con el subproceso de triturado donde se diseña un sistema en que el operario activa una banda transportadora inclinada, donde se arrastran los residuos de vidrio reciclado de manera manual. Una vez en la banda, los residuos ingresan a una trituradora donde son reducidos a partículas pequeñas. Las partículas trituradas son depositadas en un contenedor (bin) y con el uso de un puente grúa controlado por el operario, mueve el contenedor y transfiere el material al siguiente subproceso.

El siguiente subproceso abarca dos tanques de mezcla ubicados en un carril. Para iniciar el proceso, el operario activa un motor que desplaza el carril hacia la derecha, y una vez que alcanza la ubicación asignada en la parte superior, el operario abre una compuerta para permitir el paso de vidrio triturado y otros aditivos adicionales. Una vez que la compuerta se cierra, el operario prende nuevamente el carril para que el tanque avance, seguido por la activación de otro motor para iniciar el proceso de mezclado, obteniendo una mezcla uniforme.

El sistema industrial simulado diseñado para la automatización de estos subprocesos tiende a la optimización del trabajo y la mejora de la calidad del producto a través de la uniformidad en la preparación de materias primas. La programación Ladder para la automatización se realiza en el PLC S7 1200. Además, se diseñará una interfaz gráfica utilizando el SIMATIC KTP700 para el monitoreo de los subprocesos, lo que permitirá una supervisión y una intervención rápida si hay algún tipo de fallo en los subprocesos.

La prueba y verificación del sistema industrial simulado, realizado en el laboratorio de automatización, asegurará que se cumplan con todas las normativas que se establece al momento de realizar esta programación.

2.2.2 Diseño del sistema

- **Desarrollo de P&ID (Diagramas de Tuberías e Instrumentación)**

El proceso comienza con el vidrio, que es transportado por la Banda Transportadora 1 hacia la Trituradora. La trituradora procesa el vidrio, convirtiéndolo en partículas pequeñas.

El PLC está unido para controlar y monitorear el funcionamiento de los componentes del sistema, incluyendo motores y dispositivos automáticos.

El sistema cuenta con motores (Motor 1, Motor 2, Motor 3, Motor 4, Motor 5, Motor 6). Estos motores están ubicados para operar en diferentes partes del sistema. Motor 1 y Motor 2 son de la trituradora. Motor 3 y Motor 4 se conectan con el manejo del material triturado y su transporte hacia los tanques de mezclado. Motor 5 y Motor 6 que se utilizan en las etapas de transporte y mezclado.

Hay dos tanques de mezclado, Tanque de Mezclado 1 y Tanque de Mezclado 2. Estos tanques se utilizan para mezclar el vidrio triturado con otros materiales, asegurando una mezcla homogénea antes de proceder a las siguientes etapas.

El sistema de transporte incluye el Carril de Transporte 1 y el Carril de Transporte 2, que son utilizados para mover el material a lo largo del proceso. Estos carriles podrían estar en el transporte del vidrio triturado.

La compuerta y el cilindro neumático de doble efecto se utilizan para controlar el flujo de material y su dirección. El cilindro de doble efecto permite el paso de movimiento de

materiales. Otros componentes, como el motorreductor, el motor del carro y el motor del gancho, contribuyen al transporte y manipulación del material. Véase en el anexo 1 del seg.1.

- **Diseño de sistema eléctrico**

Los siguientes diseños que se verán en el anexo 1, seg. 2, seg. 3 y seg. 4. Son diseños electricos de tableros de control, los cuales están alimentados a 24 VDC, usando dispositivos de protección de 5 amperios, guardamotores, portafusibles de 3 amperios, contactores que trabajan a 220V, motores trifásicos, esto se visualizara en los procesos de triturado y mezclado.

El diseño eléctrico tiene el arranque de motores trifásicos los que trabajan con 5Hp por tanto son arranques directos con los que trabaja en el proceso de triturado. Véase en el anexo 1, seg.2.

Para el diseño eléctrico del puente grua se tomó en cuenta el movimiento de los motores 1 y 2 los cuales por sus caballos de fuerza tambien trabajan con arranque directo, pero con inversion de giro. Véase en el anexo 1, seg 3.

Como ultimo diseño eléctrico se tiene los motores del carril en el subproceso de mezclado y trabajan con los mismos motores de los anteriores subprocesos por tanto tambien es arranque directo. Véase en el anexo 1, seg. 4.

- **Diseño de neumática**

Para el esquema neumático se utilizaron electroválvulas de 5/3 vías que trabaja con 24 VDC y corriente de 1 A, el compresor que trabaja con 125 PSI, potencia del motor de 3 Hp, 1725 rpm, motor monofásico trabajando a 220V, valvula de mantenimiento, cilindro de doble efecto.

El esquema representa un sistema de control neumático y eléctrico para una compuerta en un subproceso de mezclado que permite el paso de materia prima. El esquema neumático incluye un cilindro neumático que controla la apertura y cierre de la compuerta, con las conexiones A+ y A-. Una válvula solenoide 5/2, controlada por los solenoides YA y YB, dirige el flujo de aire, y una fuente de aire comprimido.

En el esquema eléctrico, el sistema está alimentado por una fuente de +24V DC con referencia de 0V. Los componentes de control incluyen un botón de marcha (M), un botón de paro (P), y los contactores K1 y K2 que controlan los solenoides de la válvula neumática. Los solenoides YA y YB controlan la apertura y cierre del cilindro.

Al presionar el botón M, el sistema se energiza, permitiendo el paso de corriente de los contactores K1 y K2. Al presionar el pulsador P, se activa el contactor K1, energizando el solenoide YA, lo que cambia la posición de la válvula 5/2 y permite el paso de aire comprimido hacia el puerto A+ del cilindro, abriendo la compuerta. Una vez completado el ciclo de apertura, el pulsador P puede ser presionado nuevamente para activar el contactor K2, energizando el solenoide YB, lo que cambia la posición de la válvula nuevamente y permite el paso de aire comprimido hacia el puerto A-, cerrando la compuerta. Véase en el anexo 1 del seg. 5.

2.2.3 Diseño de la topología de comunicación

Para llevar a cabo el desarrollo del proyecto, se requiere:

Establecer la conexión entre el HMI, PLC y la computadora mediante Ethernet IP/TCP, conectándolos al Switch de comunicaciones.

En el diagrama topológico, se puede observar que el PLC inicial es el PLC S71200, el cual envía instrucciones secuenciales a los demás dispositivos para supervisar todo el subproceso de fabricación de vidrio. Para lograr esto, es esencial realizar una configuración específica tanto en el PLC principal como en el PLC secundario, utilizando el software TIA PORTAL, tal como se observa en la ilustración 2.

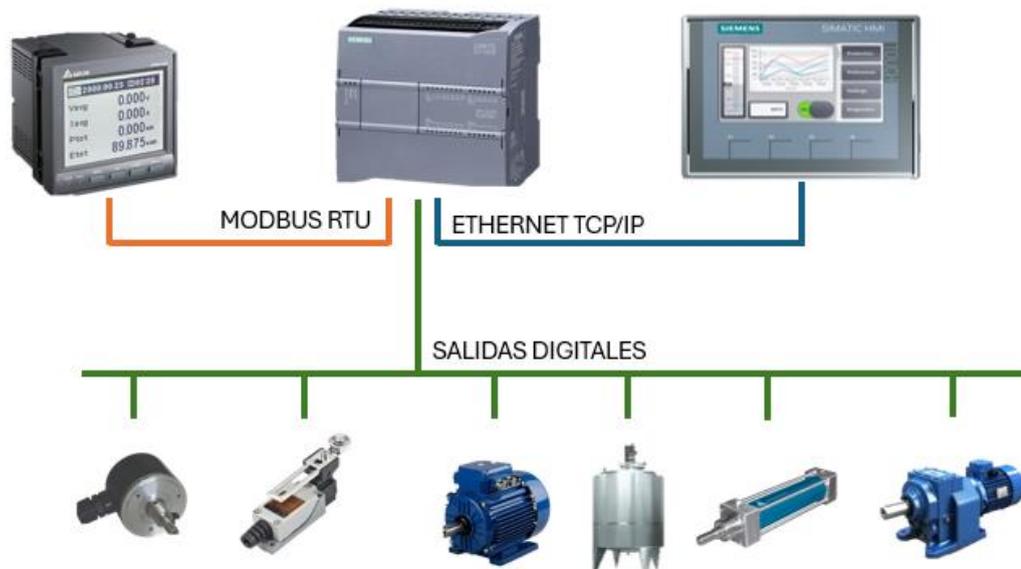


Ilustración 2 Diagrama Topológico Físico.
Fuente: Autor

Para que estos dispositivos puedan comunicarse entre sí, es necesario activar la función de comunicación PUT/GET en las propiedades del dispositivo en el programa TIA PORTAL.

2.2.4 Lógica de programación (Diagrama de flujo)

- **Diagrama de flujo de proceso de triturado**

El diagrama visualiza el proceso de triturado, donde se verifican todas las condiciones antes de iniciar la operación. Si todas las verificaciones son correctas, el proceso de triturado puede iniciar; de lo contrario, se activa el paro de los motores del proceso por separado. Véase en el anexo 1, seg. 6.

- **Diagrama de flujo de modo marcha paro de motores del proceso de triturado por separado**

El diagrama de flujo establece una secuencia de comprobación para validar el estado de operación del sistema de triturado y la banda transportadora. Si todo está correcto, el proceso puede avanzar; de lo contrario, se activa el paro de los motores del proceso por separado. Véase en el anexo 1, seg. 7.

- **Diagrama de flujo de marcha-paro carril de transporte proceso de mezclado**

El diagrama de flujo facilita un control para el sistema de transporte y mezcla. Se inicia con la verificación del paro de emergencia, seguido por la confirmación del estado del mantenimiento de los motores del carril y otros parámetros. Si todas las condiciones son correctas, el proceso puede continuar; de lo contrario, se detendrá para prevenir las operaciones erróneas. Véase en el anexo 1, seg. 8.

- **Diagrama de flujo de proceso apertura y cierre compuerta neumática**

El diagrama de flujo se basa en la apertura y cierre de una compuerta neumática, con revisiones de funcionamiento. Comienza con la aprobación del paro de emergencia y el estado de mantenimiento. Luego verifica el estado de los motores y la posición de la compuerta para ver un funcionamiento correcto. Si todas las condiciones son válidas, el proceso concluye; de lo contrario, se detiene. Véase en el anexo 1, seg. 9.

- **Diagrama de flujo de marcha-paro motores mezcladoras**

El diagrama de flujo controla el arranque y paro de los motores de las mezcladoras, con verificaciones de guardamotors. Comienza con la validación del paro de emergencia y el mantenimiento de cada mezcladora. Luego, verifica el estado operativo de los motores y los parámetros eléctricos antes de iniciar las mezcladoras. Si todas las condiciones son correctas, las mezcladoras se encienden; de lo contrario, el proceso se detiene. Véase en el anexo 1, seg. 10.

- **Diagrama de flujo de monitoreo de salidas del puente grúa**

El diagrama de flujo controla y monitorea los motores reductores de un puente grúa. Verifica los contactos auxiliares, la activación de los motores, los guardamotors, parámetros eléctricos y mantenimiento. También confirma las posiciones finales e iniciales de los motores. Véase en el anexo 1, seg. 11.

2.2.5 Programación Ladder (Programación desarrollada para el controlador PLC S7 1200 1212C AC/DC/RLY en TIA Portal)

La lógica de programación para el proceso de preparación de la materia prima implica diseñar y estructurar algoritmos que optimicen la selección, limpieza y

acondicionamiento de los materiales antes de su uso en la producción. Estos algoritmos deben garantizar eficiencia, minimizar desperdicios y asegurar la calidad del producto final. Además, deben ser flexibles para adaptarse a diferentes tipos de materia prima y condiciones de producción.

- **Segmentos de programación para PLC**

Bloque principal

Segmento 1: Se inicia con el proceso de triturado la cual tienes las respectivas medidas de protecciones eléctricas, junto con los guardamotors y paro de emergencia, además de que la banda transportadora y la trituradora se encenderán al mismo tiempo. Véase en anexo 2, seg 1.

Segmento 2: El proceso de triturado en una planta de procesamiento de materiales requiere la coordinación precisa de los motores y sistemas. Se añaden sistemas de paro y marcha de motores que permiten controlar y detener tanto de la banda transportadora como la trituradora por separado. Véase en anexo 2, seg 2.

Segmento 3: En la parte del proceso de mezclado tiene Marcha- Paro Carril de transporte de tanques de mezclado. Este carril se desplaza de manera horizontal hacia ambos lados, por lo que se necesitan pulsadores para el contactor de giro del motor 1 que gira a la derecha y para el motor 2 que gira a la izquierda. Véase en anexo 2, seg 3.

Segmento 4: En este segmento continuamos con el proceso de la mezcladora en la cual tiene apertura y cierre de compuerta neumática para ingreso de materia prima a tanque de mezclado. Véase en anexo 2, seg. 4.

Segmento 5: En este segmento seguimos con la mezcladora ya que tiene marcha y paro de motor de mezcladora. Véase en el anexo 2, seg 5.

Segmento 6: La programación que se realiza en este segmento es para los parámetros eléctricos que se hicieron con comparadores la cual me permite establecer los rangos en le cual trabajaran los motores. Véase en el anexo 2, seg. 6.

Segmento 7: Al igual que el segmento anterior se realizó la misma programación, pero en este caso se le aplico para el proceso del puente grúa. Véase en el anexo 2, seg. 7.

Segmento 8: Así mismo el procedimiento que se siguió en los segmentos 6 y 7 se aplica en este caso para el proceso de mezclado. Véase en el anexo 2, seg. 8.

Segmento 9: Este segmento controla los motores del puente grúa para que operen bajo condiciones seguras. Controla que los guardamotors estén activos y los motores estén en buen estado, que los finales de carrera indiquen la posición tanto inicial como final alcanzada y que los contactos auxiliares de los motores en diferentes direcciones estén activados. Véase en el anexo 2, seg. 9.

Segmento 10: Este apartado es netamente para el mantenimiento que se debe realizar en cada sensor o motor y la programación se basa en contactos normalmente abiertos. Véase en el anexo 2, seg. 10.

Segmento 11: El bloque de MB_COMM_LOAD almacenará todos los datos que queremos leer en el medidor de parámetros eléctricos y colocarlos de manera mas rápida. Véase en el anexo 2, seg. 11.

Segmento 12: El bloque MB_MASTER_DB permitirá leer los datos en el medidor de parámetros eléctricos. Véase en el anexo 2, seg. 12.

Segmento 13: Con los bloques de MOVE transfiere el contenido de la entrada IN que es el parámetro eléctrico en el bloque de datos a la salida OUT1 que dará en variables de MD que hará el llamado en el WinCC. Véase en el anexo 2, seg. 13.

2.2.6 Desarrollo de la interfaz gráfica (HMI)

Desarrollo de pantallas HMI en Siemens WinCC involucra la elaboración de interfaces visuales que faciliten la interacción con el sistema automatizado, como se muestra a continuación.

- **Pantalla principal**

La creación de la pantalla principal permitirá ver todos los subprocesos de manera general, poder ver las alarmas, accionar de manera local o remota y poder encender o apagar cualquier de los procesos siempre y cuando ingrese con el usuario respectivo tal como se observa en la ilustración 3.



Ilustración 3 Pantalla principal.

Fuente: Autor

- Alarmas

En el apartado de las alarmas me permite ver cada acción que se realice en los subprocesos de triturado y mezclado, así mismo si algún motor presenta alguna falla en mi pantalla de alarmas enviara un aviso, tal como se observa en la ilustración 4.



Ilustración 4 Alarmas.

Fuente: Autor

- **Históricos**

Los históricos permiten ver en tiempo real los voltajes, corriente y velocidad a la que trabaja los motores, tal como se observa en la ilustración 5.



Ilustración 5 Históricos.

Fuente: Autor

- **Mantenimiento**

Esta pantalla permitirá activar y desactivar los motores para enviarlos a mantenimiento, cabe resaltar que si algún proceso está en ejecución al momento de prender estos botones automáticamente el proceso deja de funcionar, tal como se observa en la ilustración 6.



Ilustración 6 Mantenimiento.

Fuente: Autor

- **Parámetros eléctricos**

La pantalla de los parámetros eléctricos con lo que trabaja las líneas en el laboratorio se pueden visualizar en este apartado tanto los voltajes A-B, B-C, C-A y LL-AVG, además de poder ver la frecuencia, tal como se observa en la ilustración 7.

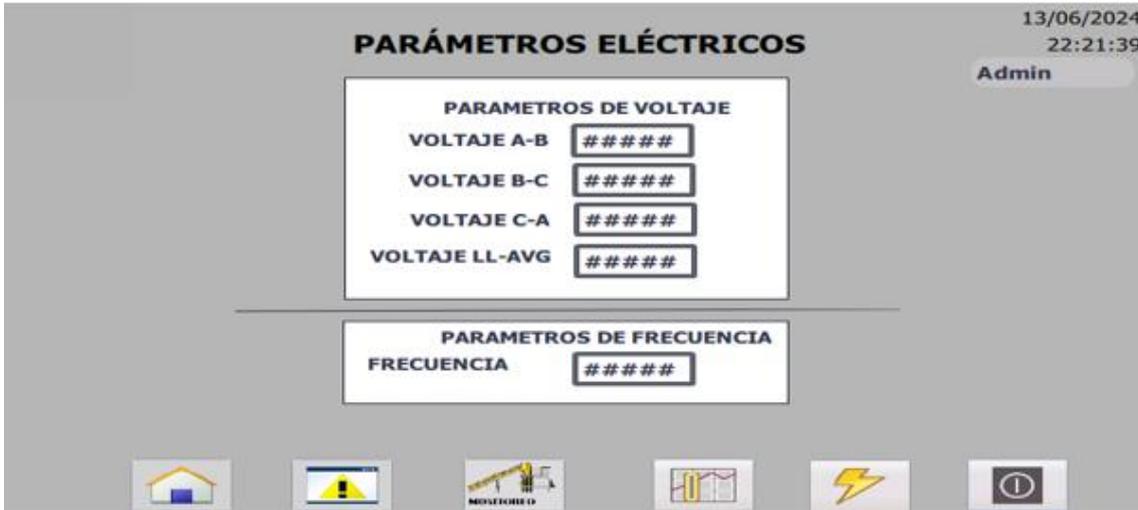


Ilustración 7 Parámetros eléctricos.

Fuente: Autor

2.3 Pruebas y puesta en marcha de la solución

2.3.1 Inicio del sistema

Se visualiza la pantalla del sistema de control industrial (HMI) mediante la simulación en WinCC, donde se muestra la pantalla inicial con un identificador de usuario para iniciar sesión, tal como se observa en la ilustración 8.



Ilustración 8 Inicio del sistema.

Fuente: Autor

2.3.2 Iniciar sesión

Para iniciar sesión se tiene que colocar el usuario y contraseña, acorde a lo que va a visualizar en la interfaz gráfica, tal como se observa en la ilustración 9.



Ilustración 9 Iniciar sesión.
Fuente: Autor

2.3.3 Pantalla Principal

Una vez que se haya colocado el usuario y contraseña con el que se va a ver los subprocesos, se podrá visualizar todos los subprocesos de la planta, tal como se observa en la ilustración 10.



Ilustración 10 Pantalla Principal del proceso.
Fuente: Autor

2.3.4 Control remoto/local

Una vez que se ingresó a la pantalla principal con el usuario de “Admin” se podrá acceder a la configuración de modo remoto, tal como se observa en la ilustración 11.

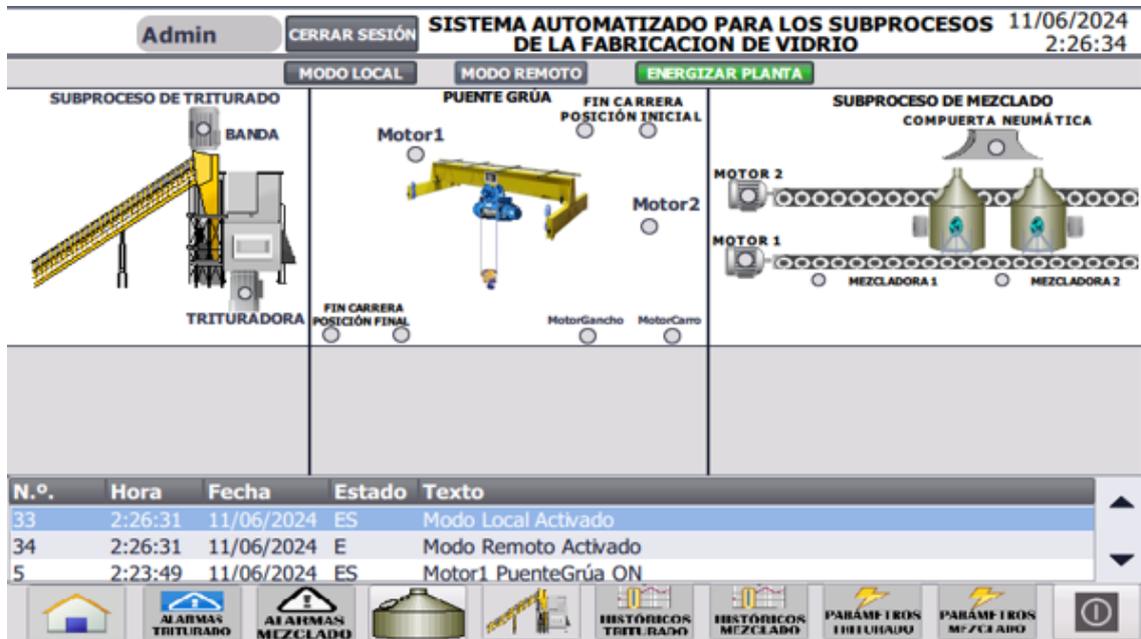


Ilustración 11 Control Remoto.
Fuente: Autor

Para la configuración en modo local, tal como se observa en la ilustración 12.



Ilustración 12 Control local.
Fuente: Autor

2.3.5 Pantalla del subproceso de la trituradora

Para poder ver los subprocesos de manera individual nos dirigimos a los iconos que se encuentran en la parte inferior del hmi y de esa manera accedemos al primer subproceso, tal como se observa en la ilustración 13.



Ilustración 13 Pantalla del subproceso de la trituradora.
Fuente: Autor

2.3.6 Botones del subproceso de la trituradora

Tenemos los botones la cual nos permitirá accionar los procesos tanto de manera conjunta o individual de la banda transportadora y la trituradora, tal como se observa en la ilustración 14.

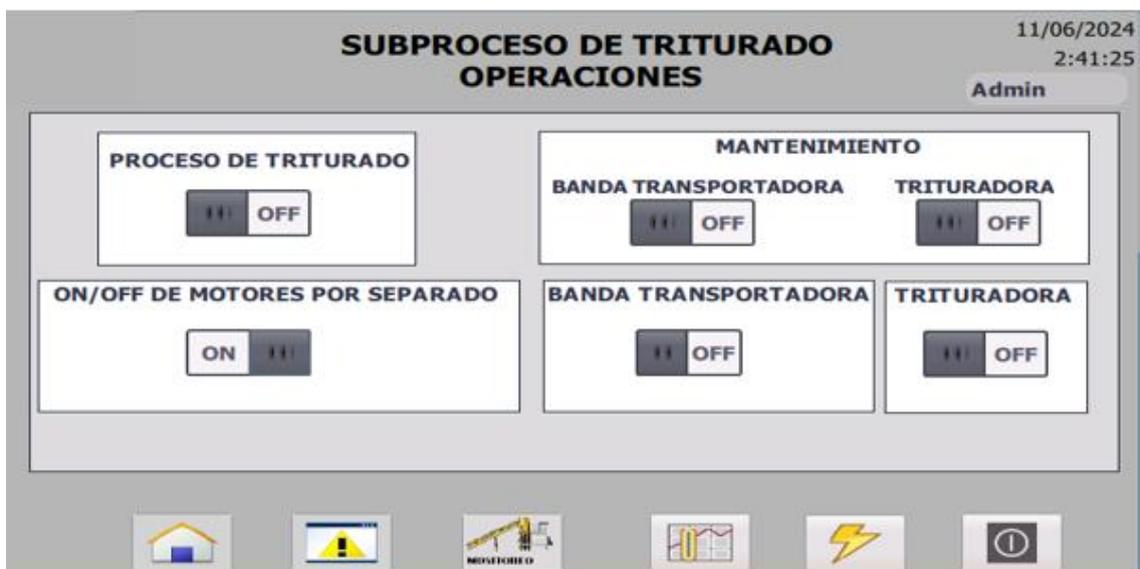


Ilustración 14 Botones del subproceso de la trituradora.
Fuente: Autor

2.3.7 Puesto en marcha el subproceso de la trituradora

Cuando se presiona el botón de “Proceso de triturado” el proceso empieza a funcionar y se enciende tanto la banda transportadora como la trituradora. Además, con la luz piloto que está en el lado derecho se puede observar que se acciono la primera opción de que ambas maquinas funcionen al mismo tiempo, tal como se observa en la ilustración 15.



Ilustración 15 Puesto en marcha el subproceso.

Fuente: Autor

2.3.8 Puesto en marcha los motores por separado

En cambio, presionando el botón “ON/OFF POR SEPARADO” aparecen 2 pulsadores más las cuales me permitirán accionar de manera separada la banda transportadora y la trituradora, además de eso se puede ver en la parte derecha de la interfaz que esta encendida la segunda opción que indica que el proceso se encendió de manera separada, tal como se observa en la ilustración 16.



Ilustración 16 Puesto en marcha los motores por separados.

Fuente: Autor

2.3.9 Alarmas del subproceso de la trituradora

En la siguiente interfaz me permitirá ver las alarmas de cada acción que se realizó en el accionamiento de la trituradora, tal como se observa en la ilustración 17.

N.º	Hora	Fecha	Estado	Texto
8	2:50:11	11/06/2024	E	Trituradora ON
7	2:50:11	11/06/2024	E	Banda Transportadora ON
5	2:50:10	11/06/2024	E	Modo encendido de motores por separado ON
6	2:50:09	11/06/2024	ES	Proceso de Triturado ON
8	2:50:09	11/06/2024	ES	Trituradora ON
7	2:50:09	11/06/2024	ES	Banda Transportadora ON
6	2:43:37	11/06/2024	E	Proceso de Triturado ON
8	2:43:37	11/06/2024	E	Trituradora ON
7	2:43:37	11/06/2024	E	Banda Transportadora ON
5	2:43:35	11/06/2024	ES	Modo encendido de motores por separado ON
5	2:41:16	11/06/2024	E	Modo encendido de motores por separado ON
33	2:29:28	11/06/2024	E	Modo Local Activado
34	2:29:28	11/06/2024	ES	Modo Remoto Activado
33	2:26:31	11/06/2024	ES	Modo Local Activado
34	2:26:31	11/06/2024	E	Modo Remoto Activado

Ilustración 17 Alarmas del subproceso de triturado.

Fuente: Autor

2.3.10 Funcionamiento del puente grúa

Para entender el siguiente proceso se debe tomar en cuenta la posición inicial en el que se encuentra el puente grúa y se puede ver por el encendido de los finales de carrera que muestra el proceso junto con la luz piloto que lo muestra, además de poder ver los motores 1 y 2 prendidos, tal como se observa en la ilustración 18.

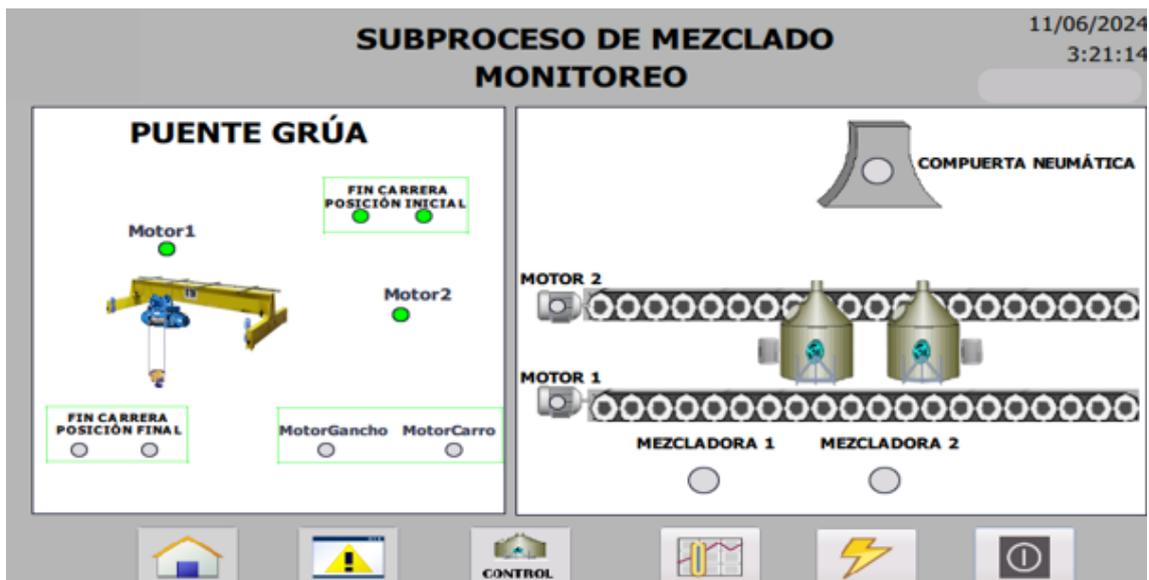


Ilustración 18 Funcionamiento del puente grúa.

Fuente: Autor

En la misma interfaz tambien se puede visualizar cuando el puente grúa va de regreso con la inversion de giro que se les aplica a los motores, tal como se observa en la ilustración 19.



Ilustración 19 Motores en retroceso del puente grúa.

Fuente: Autor

2.3.11 Llegada del puente grúa a su final del recorrido

En la siguiente interfaz se podrá ver cuando el puente grúa ha llegado a su punto final con las luces piloto que se encienden y además de ello se apagan los motores 1 y 2, tal como se observa en la ilustración 20.

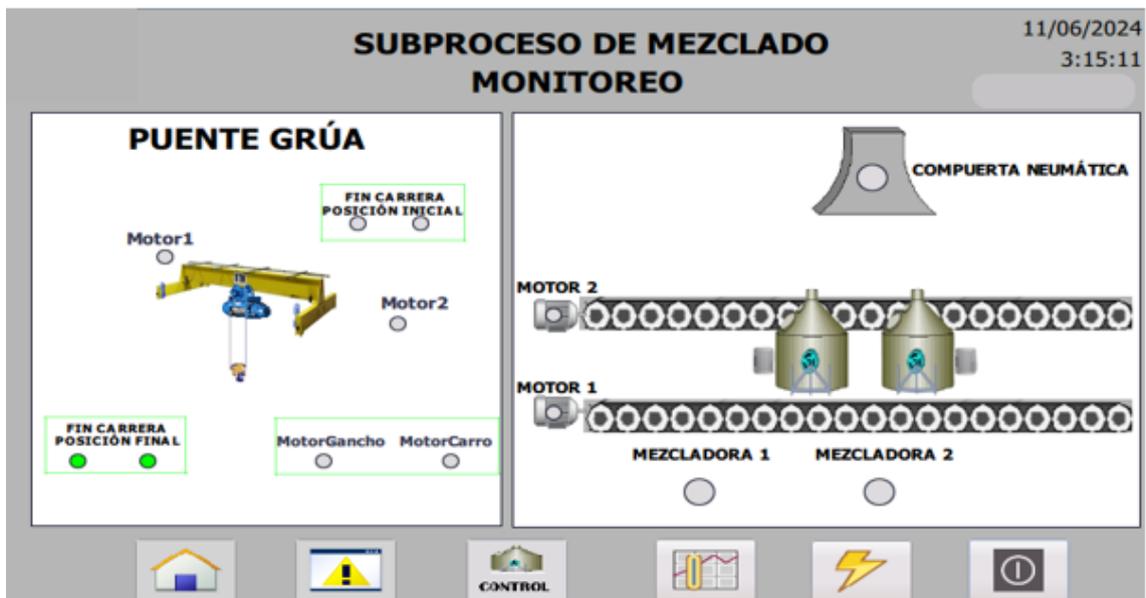


Ilustración 20 Llegada del puente grúa a su recorrido final.

Fuente: Autor

2.3.12 Movimiento de izquierda a derecha de motor carro

En la siguiente acción que hace el puente grúa se puede observar que el carro dependiendo como lo mueva va a ir para la derecha o para la izquierda, para la derecha tal como se observa en la ilustración 21.



Ilustración 21 Movimiento a la derecha del carro.
Fuente: Autor

Para el movimiento hacia la izquierda, tal como se observa en la ilustración 22.

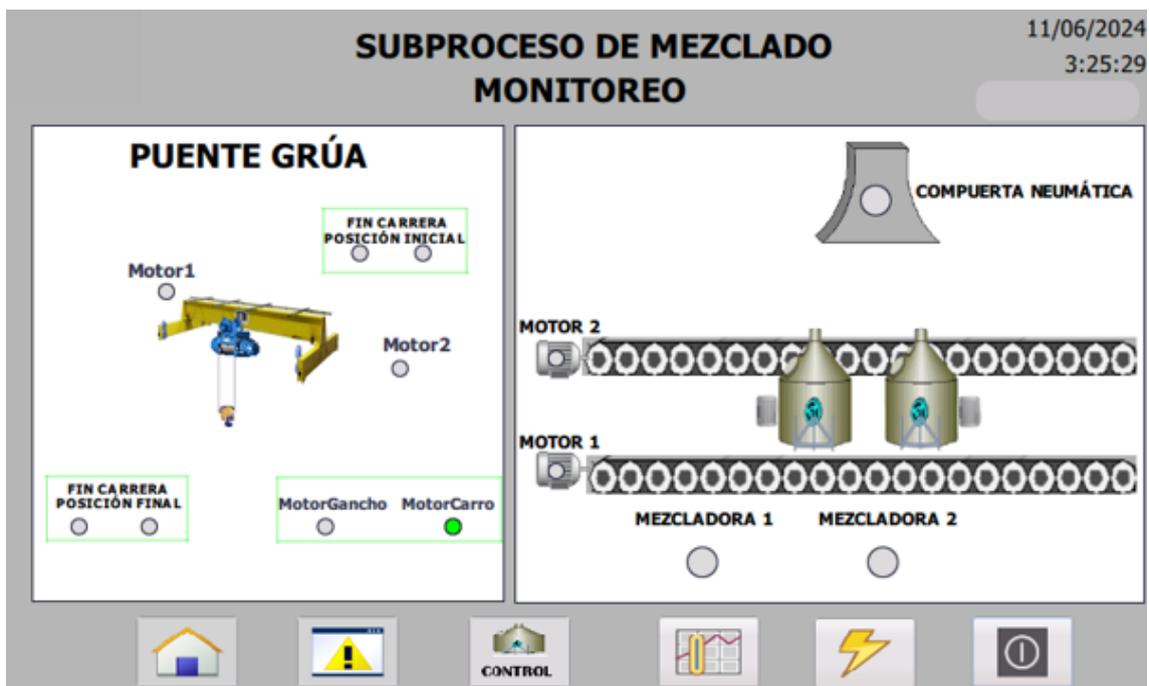


Ilustración 22 Movimiento a la izquierda del carro.
Fuente: Autor

2.3.13 Subida y bajada del motor gancho

El ultimo accionamiento que hace el puente grúa es el gancho que tiene el carro que se lo puede accionar para que suba o baje. Para el movimiento del gancho hacia arriba, tal como se observa en la ilustración 23.

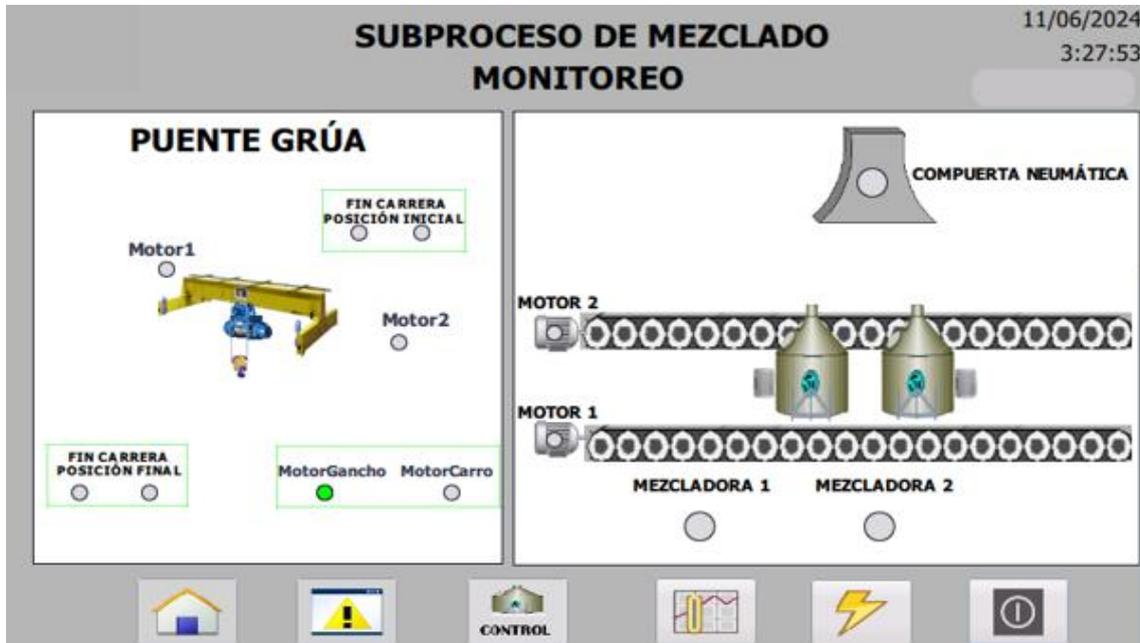


Ilustración 23 Gancho del motor arriba.
Fuente: Autor

Para el movimiento del gancho hacia abajo, tal como se observa en la ilustración 24.



Ilustración 24 Gancho del motor abajo.
Fuente: Autor

2.3.14 Alarmas del puente grúa

Cada accionamiento que se realizaba en el puente grúa se pueden ver en alarmas las cuales almacenan todo, tal como se observa en la ilustración 25.

N.º	Hora	Fecha	Estado	Texto
8	3:27:22	11/06/2024	E	Motor Gancho PuenteGrúa ON
7	3:27:07	11/06/2024	ES	Motor Carro PuenteGrúa ON
7	3:22:31	11/06/2024	E	Motor Carro PuenteGrúa ON
6	3:22:22	11/06/2024	ES	Motor2 PuenteGrúa ON
5	3:22:19	11/06/2024	ES	Motor1 PuenteGrúa ON
10	3:22:12	11/06/2024	EAS	Puente Grúa llegó a posición inicial
10	3:21:01	11/06/2024	EA	Puente Grúa llegó a posición inicial
10	3:20:59	11/06/2024	E	Puente Grúa llegó a posición inicial
6	3:17:43	11/06/2024	E	Motor2 PuenteGrúa ON
5	3:17:39	11/06/2024	E	Motor1 PuenteGrúa ON
6	3:17:32	11/06/2024	ES	Motor2 PuenteGrúa ON
5	3:17:26	11/06/2024	ES	Motor1 PuenteGrúa ON
5	3:17:10	11/06/2024	E	Motor1 PuenteGrúa ON
6	3:17:10	11/06/2024	E	Motor2 PuenteGrúa ON
0	3:17:10	11/06/2024	EAS	PuenteGrúa Llegó a Final de Carrera

Ilustración 25 Alarmas del puente grúa.
Fuente: Autor

2.3.15 Botones para el subproceso de mezclado

En la siguiente interfaz se podrá visualizar los botones el cual me permitirá accionar el subproceso de mezclado, tal como se observa en la ilustración 26.

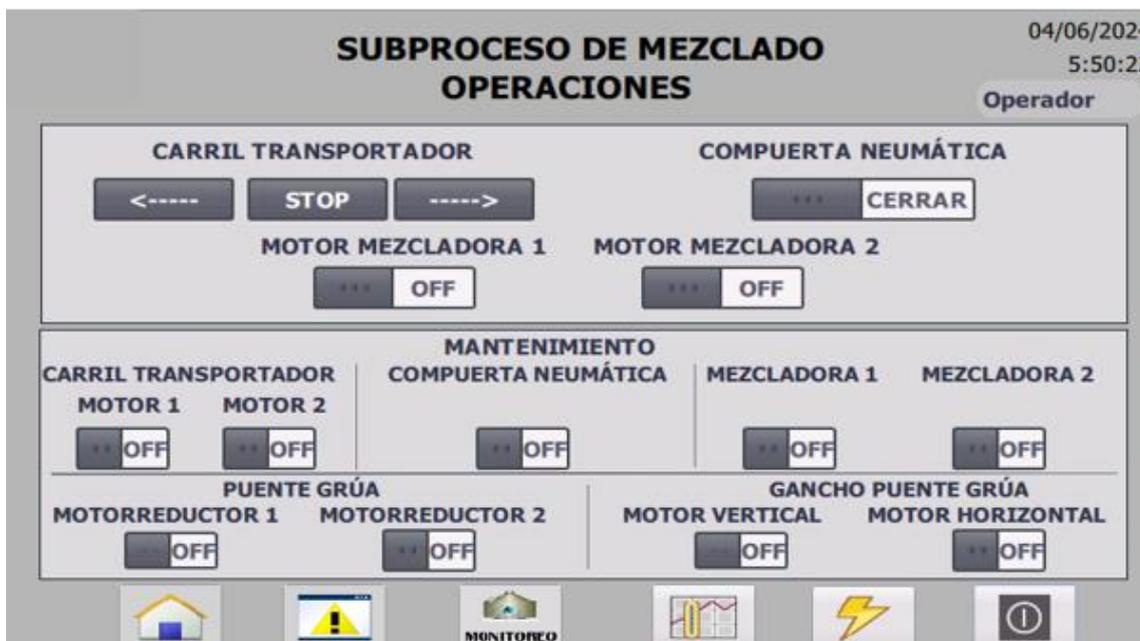


Ilustración 26 Botones para el subproceso de mezclado.
Fuente: Autor

2.3.16 En marcha del carril de la mezcladora

En la siguiente interfaz presionando el botón que va hacia la derecha se enciende el motor 1 y los tanques se empezaran a mover hacia la derecha, tal como se observa en la ilustración 27.

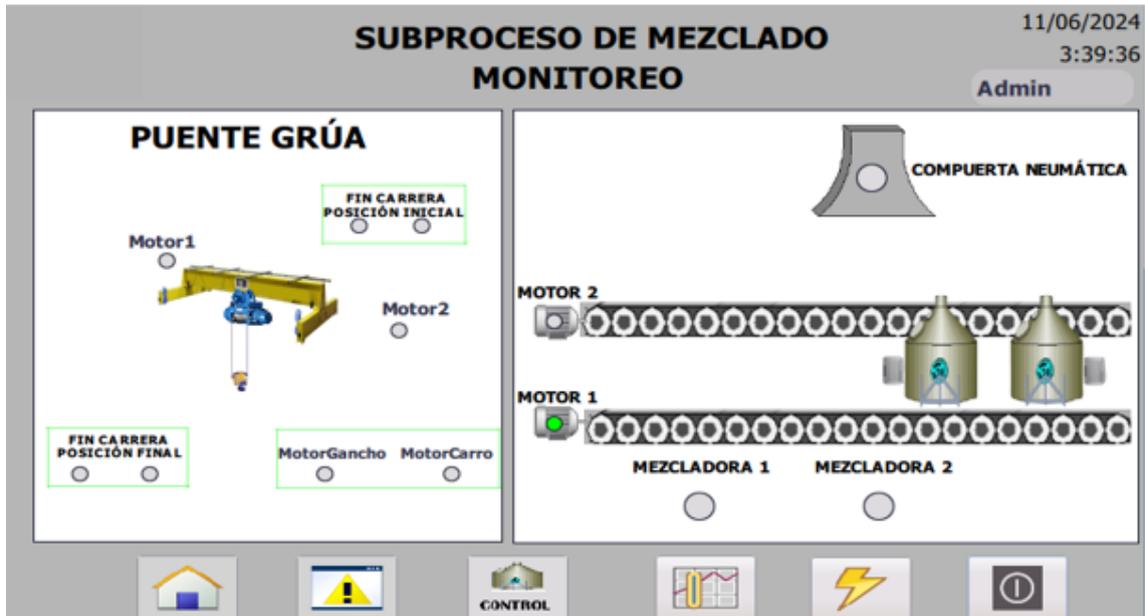


Ilustración 27 En marcha el carril.

Fuente: Autor

2.3.17 Regreso del carril de la mezcladora

Al presionar el botón hacia la izquierda, el motor 2 se enciende lo que indica que el carril va a regresar a su posición inicial, tal como se observa en la ilustración 28.

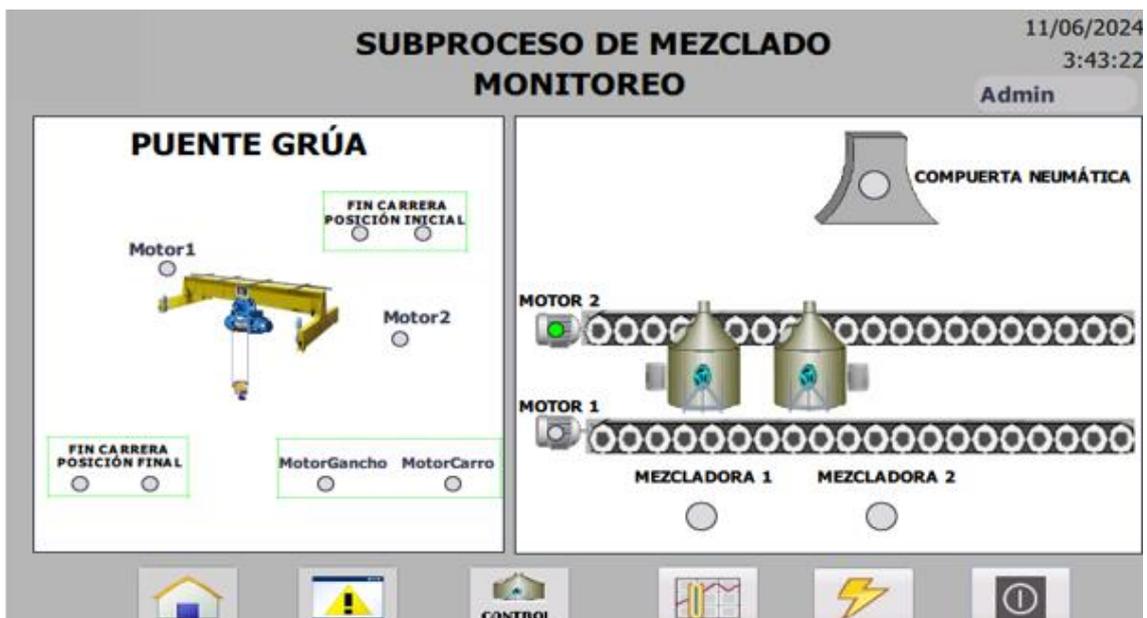


Ilustración 28 Regreso del carril.

Fuente: Autor

2.3.18 Apertura de la compuerta neumática

Una vez que el carril allá realizado su recorrido hacia la derecha y se detiene, se presiona el botón de la compuerta neumática lo que me hará abrirla y que caiga toda la materia prima que se necesita para poder verter en el tanque de la mezcladora, tal como se observa en la ilustración 29.

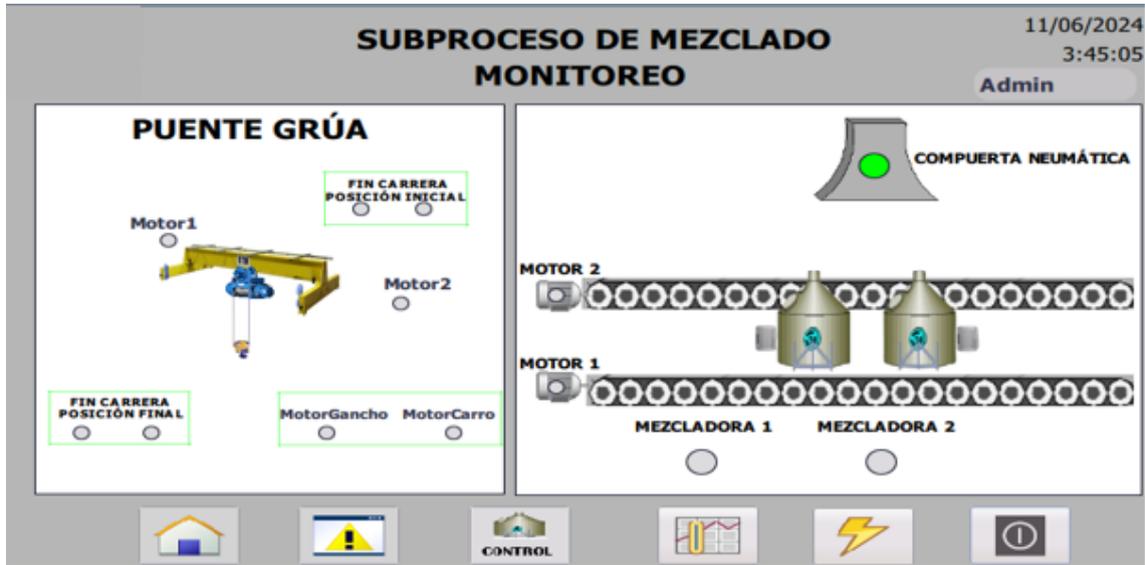


Ilustración 29 Apertura de la compuerta neumática.

Fuente: Autor

2.3.19 Mezclado de la materia prima en los tanques

Una vez vertida la mezcla de la materia prima en los tanques se procede a cerrar la compuerta neumática y posterior a eso se encienden los motores tanto de la mezcladora 1 como la mezcladora 2, tal como se observa en la ilustración 30.

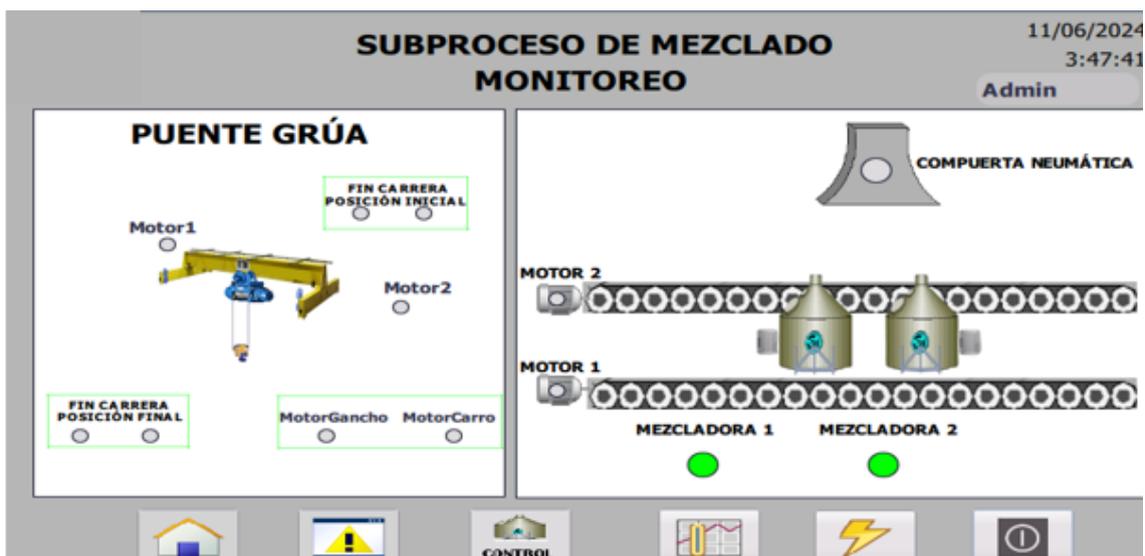


Ilustración 30 Mezclado de la materia prima.

Fuente: Autor

2.3.20 Alarmas del subproceso de mezclado

Todo accionamiento que se haya realizado en el subproceso de mezclado, las alarmas la ira guardando, tal como se observa en la ilustración 31.

N.º	Hora	Fecha	Estado	Texto
14	3:47:35	11/06/2024	E	Motor Mezcladora1 ON
17	3:47:35	11/06/2024	E	Motor Mezcladora2 ON
11	3:47:34	11/06/2024	ES	Apertura de Compuerta Neumática
11	3:45:01	11/06/2024	E	Apertura de Compuerta Neumática
10	3:45:00	11/06/2024	ES	Carril de transporte de mezcladora Girando a la izquierda
9	3:43:01	11/06/2024	ES	Carril de transporte de mezcladora Girando a la derecha
10	3:43:01	11/06/2024	E	Carril de transporte de mezcladora Girando a la izquierda
9	3:39:26	11/06/2024	E	Carril de transporte de mezcladora Girando a la derecha
8	3:39:19	11/06/2024	ES	Motor Gancho PuenteGrúa ON
8	3:27:22	11/06/2024	E	Motor Gancho PuenteGrúa ON
7	3:27:07	11/06/2024	ES	Motor Carro PuenteGrúa ON
7	3:22:31	11/06/2024	E	Motor Carro PuenteGrúa ON
6	3:22:22	11/06/2024	ES	Motor2 PuenteGrúa ON
5	3:22:19	11/06/2024	ES	Motor1 PuenteGrúa ON
10	3:22:12	11/06/2024	ES	Puente Grúa Prof. posición inicial

Ilustración 31 Alarmas del subproceso de mezclado.

Fuente: Autor

2.3.21 Parámetros eléctricos del sistema

Los parámetros que se ven en esta pantalla son los voltajes y frecuencia a la que trabajan las líneas que se encuentran ubicadas en el laboratorio de automatización, tal como se observa en la ilustración 32.

PARAMETROS DE VOLTAJE	
VOLTAJE A-B	158,176
VOLTAJE B-C	158,176
VOLTAJE C-A	158,219
VOLTAJE LL-AVG	158,219

PARAMETROS DE FRECUENCIA	
FRECUENCIA	59,750

Ilustración 32 Parámetros eléctricos del sistema.

Fuente: Autor

2.3.22 Históricos de voltaje

Las curvas de voltaje y frecuencia se pueden visualizar en la siguiente interfaz, tal como se observa en la ilustración 33.



Ilustración 33 Históricos de voltaje del sistema.
Fuente: Autor

2.3.23 Mantenimiento de los subprocesos de triturado y mezclado

Para todos los subprocesos vistos también tienen sus respectivos botones para dar mantenimiento a cada sensor y actuador., para la parte del triturado, tal como se observa en la ilustración 34.



Ilustración 34 Mantenimiento del subproceso de la trituradora.
Fuente: Autor

Para el mantenimiento del subproceso de mezclado, tal como se observa en la ilustración 35.

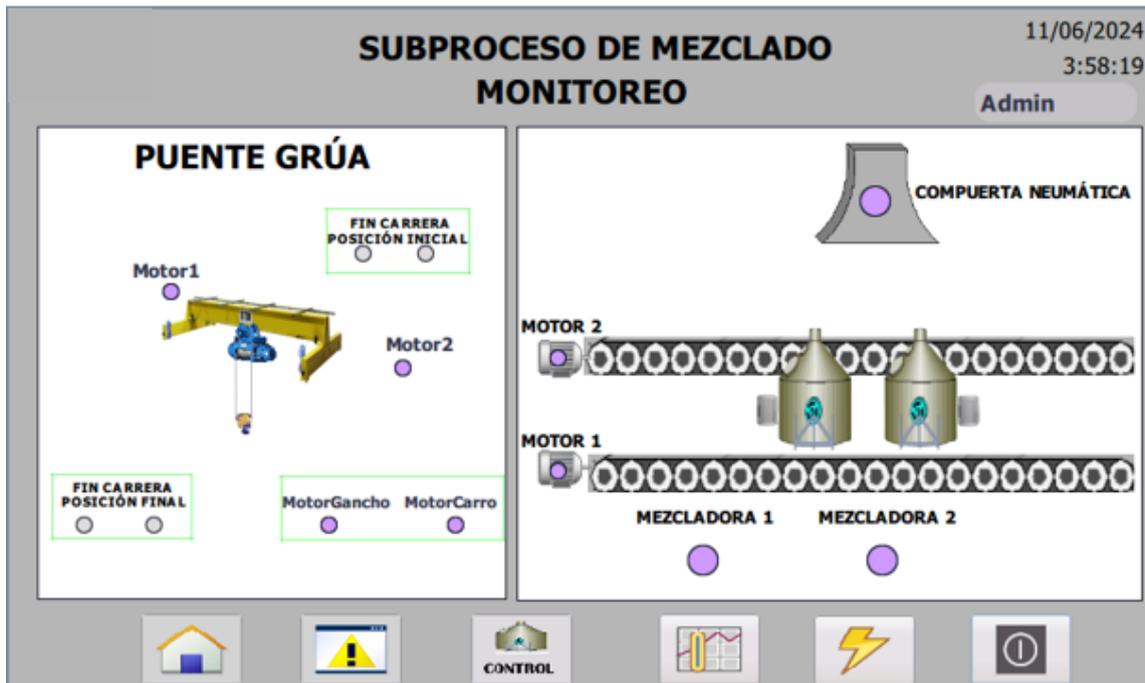


Ilustración 35 Mantenimiento del subproceso de mezclado.
Fuente: Autor

2.4 Resultados y conclusiones

2.4.1 Resultados

Como resultados tenemos el desarrollo del diseño de los tableros de control industrial para la automatización de los subprocesos de triturado y mezclado en la fabricación de vidrio, en la cual si se incluyó todos los componentes mecánicos mencionados y sistemas de control.

Con respecto a la programación Ladder para la automatización de los subprocesos de triturado y mezclado utilizando el PLC S7-1200, se realizó de manera acorde a la descripción de la fabricación de vidrio y a su vez verificar que cada proceso cumpla con las normativas establecidas por la empresa.

El desarrollo e implementación de la HMI simulada utilizando el SIMATIC KTP700 para el monitoreo en tiempo real de los subprocesos de triturado y mezclado, si permitió poder visualizar todos procesos, cabe resaltar que se cumplió con la reducción de riesgos laborales.

Gracias a las pruebas realizadas en el laboratorio de automatización, se logró validar exitosamente el sistema industrial simulado diseñado en un ambiente controlado. Este proceso confirmó el correcto funcionamiento y uso del sistema automatizado en los subprocesos de triturado y mezclado.

2.4.2 Conclusiones

- El proyecto facilita la supervisión del proceso, ya que el sistema industrial simulado nos permite un control de los parámetros del mismo. Esta simulación nos ayuda a entender mejor los subprocesos de triturado y mezclado, permitiendo optimizaciones que se traducen en un mejor desempeño cuando se implementen en la producción real.
- La automatización reduce la necesidad de intervención manual en el proceso de mezclado, lo que minimiza el riesgo de errores humanos y accidentes laborales.
- Los PLCs permiten recopilar y analizar datos en tiempo real sobre las operaciones, lo que proporciona información para optimizar el proceso y mejorar la calidad del producto.
- La automatización de los procedimientos puede aumentar la producción, lo que a futuro será muy beneficioso para las demás etapas del proceso.

2.4.3 Recomendaciones

- Se debe investigar a profundidad cada proceso y saber bajo que normativa trabaja ya que es un paso fundamental que ayuda a que el programador tenga la idea clara y concisa con la que trabaja la empresa y posterior a eso saber que se puede automatizar.
- Tomar en cuenta cuando se sube la programación Ladder a los PLC's recordar y configurar la IP por lo que esto evitará que el programador pase por posibles fallos al momento de realizar cualquier tipo de modificación en su programación.

- Investigar la posibilidad de mejorar el sistema automatizado y aplicarlo a los otros subprocesos de la fabricación de vidrio para que así los operarios puedan tener más seguridad al momento de efectuar cada proceso.
- Para tener la seguridad eléctrica correcta se debe tener en cuenta los rangos con la que trabaja la empresa y usar los dispositivos acordes a la programación que se realizará.

Bibliografía

- [1] A. & T. P. Mercado, «El cambio tecnológico en una empresa mexicana productora de máquinas para el vidrio y el plástico.,» 1982.
- [2] D. A. R. Carvajal, «FABRICACION Y CARACTERIZACION DE VIDRIOS DEL SISTEMA,» DEPARTAMENTO DE ESTUDIOS DE POSGRADO , DEPARTAMENTO DE ESTUDIOS DE POSGRADO , 2013.
- [3] «Academia.edu,» [En línea]. Available: https://www.academia.edu/8338323/Proceso_de_fabricacion_de_vidrio_en_la_fabrica_de_Pilkington.
- [4] M. J. Muñoz Portero, «Procesamiento de materiales cerámicos fundidos: vidrio plano y lana de vidrio,» de *Procesamiento de materiales cerámicos fundidos: vidrio plano y lana de vidrio* , Valencia, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales Universitat Politècnica de Valencia, 2007, p. 10.
- [5] N. Rue, «facilethings.com,» 1 diciembre 2020. [En línea]. Available: <https://facilethings.com/blog/es/improving-productivity-with-automation>.
- [6] J. A. Vallejo Bermeo, «Estudio comparativo de los patrones para interfaces de usuario MVVM y MVC aplicado el desarrollo del sitio de gestión de ventas para Vidrialum,» Riobamba, 2014.
- [7] «Euroinnova Business School,» [En línea]. Available: <https://www.euroinnova.ec/blog/ingenieria-de-control-y-automatizacion>.
- [8] A. 21, «cursosaula21,» 2020. [En línea]. Available: <https://www.cursosaula21.com/que-es-la-automatizacion-industrial/#:~:text=Cuando%20hablamos%20de%20automatizaci%C3%B3n%20industrial,mano%20de%20obra%20y%20reemplazando>.

- [9] sdindustrial, «sdindustrial,» 2019. [En línea]. Available: <https://sdindustrial.com.mx/blog/que-es-un-plc/>.
- [10] instrumentacionycontrol.net, «instrumentacionycontrol,» 2019. [En línea]. Available: instrumentacionycontrol.net.
- [11] A. Aguirre-Flores, «Fabricación del Vidrio Borosilicato,» Abril 2018. [En línea]. Available: <https://enengiedublog.wordpress.com/2018/04/21/fabricacion-del-vidrio-borosilicato/>.
- [12] «Grupo Pochteca | Venta de materias primas para la Industria,» 18 enero 2014. [En línea]. Available: <https://mexico.pochteca.net/principales-materias-primas-utilizadas-durante-la-fabricacion-de-vidrio/>.
- [13] alberto_brunete, «Automatización industrial,» 2014.
- [14] «IDE,» 08 noviembre 2023. [En línea]. Available: <https://sdindustrial.com.mx/blog/que-es-un-plc/>.
- [15] «INDUSTRIALES ANDES SAS,» [En línea]. Available: <https://industrialesandes.co/plc/471-plc-s7-1200-cpu-1212c-6es7-212-1ae40-0xb0.html>.
- [16] I. Punzenberger, «COPADATA,» 2020. [En línea]. Available: <https://www.copadata.com/es/productos/zenon-software-platform/visualizacion-control/que-significa-hmi-interfaz-humano-maquina-copa-data/>.
- [17] «Masvoltaje.com,» [En línea]. Available: <https://masvoltaje.com/simatic-hmi/1153-simatic-tp1200-comfort-panel-windows-ce-60-display-tft-panoramico-de-12-4025515079002.html>.
- [18] «Serie DPM-C530 - Automatización Industrial Delta,» [En línea]. Available: <https://industrialautomation.delta-emea.com/es/dpm-c530-series-2404.htm#:~:text=El%20medidor%20multifunci%C3%B3n%20avanzado%20DPM,y%20funciones%20de%20registro%20del>.
- [19] «Automation24.es,» [En línea]. Available: <https://www.automation24.es/siemens-cm-1241-rs232-6es7241-1ah32-0xb0#:~:text=El%20m%C3%B3dulo%20de%20comunicaci%C3%B3n%20CM,SUB%20D%20de%209%20pines>.
- [20] «SDI,» 25 junio 2021. [En línea]. Available: <https://sdindustrial.com.mx/blog/sensores/>.
- [21] A. G. Fraba, «Posital,» 28 noviembre 2012. [En línea]. Available: <https://www.posital.co>

m/es/productos/posital-position-and-motion-sensors.php.

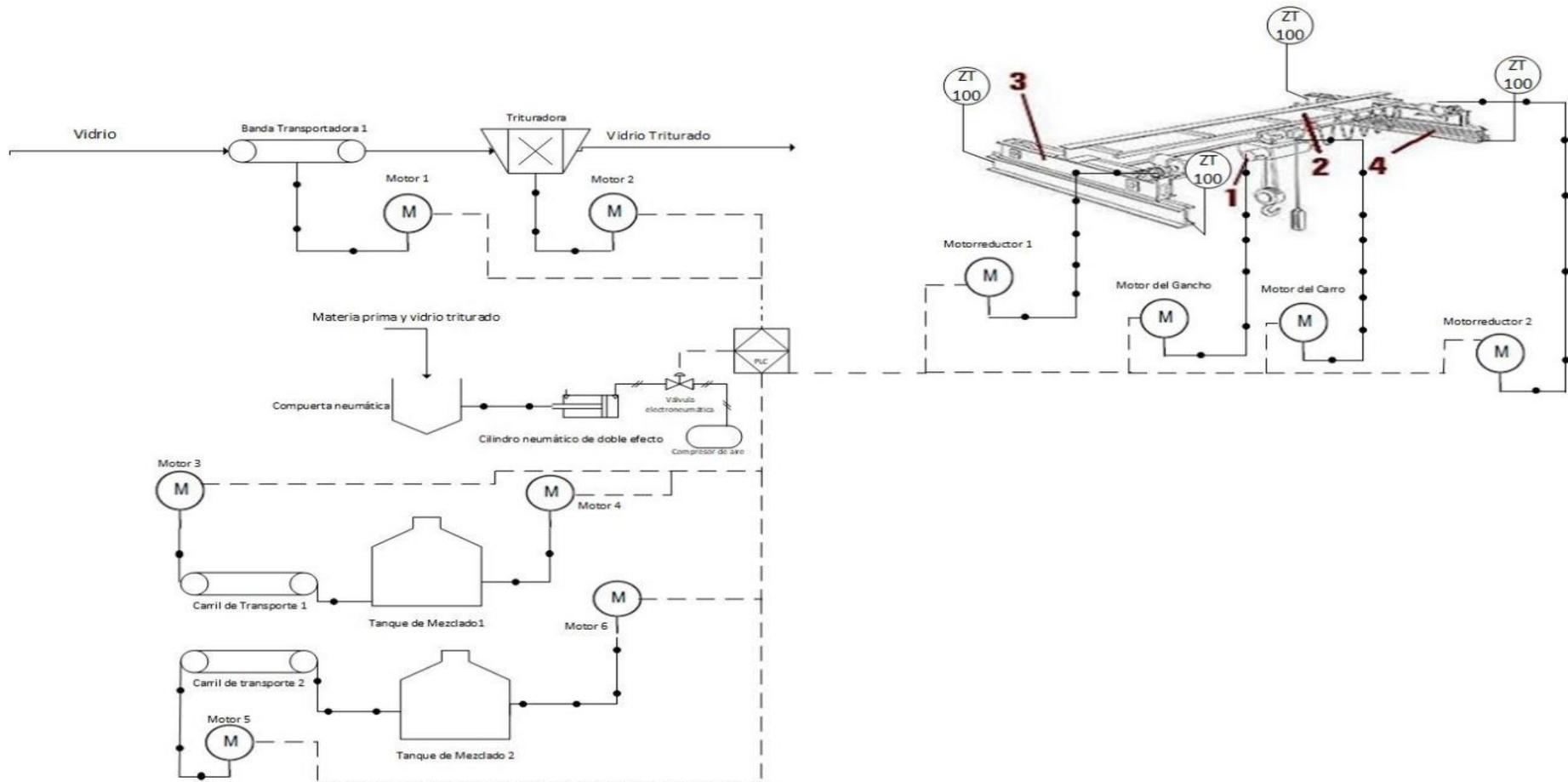
- [22] «SDI,» 23 septiembre 2022. [En línea]. Available: <https://sdindustrial.com.mx/blog/actuaadores/>.
- [23] {Promelsa}, «Com.pe,» 3 octubre 2023. [En línea]. Available: <https://www.promelsa.com.pe/blog/post/que-es-motor-electrico-trifasico.html>.
- [24] E. Garcia, «Ferretería y Suministros industriales Online. - Todoparalaindustria.com,» 16 junio 2023. [En línea]. Available: <https://todoparalaindustria.com/blogs/blog/definicion-de-un-motorreductor-y-como-funciona>.
- [25] «Intranox,» [En línea]. Available: <https://www.intranox.com/tanques-de-almacenamiento/tanques-de-mezcla>.
- [26] «aula21 | Formación para la Industria,» 29 julio 2019. [En línea]. Available: <https://www.cursosaula21.com/que-es-la-neumatica-industrial/>.
- [27] «Kohen.cl,» 14 marzo 2023. [En línea]. Available: <https://kohen.cl/cilindros-de-doble-efecto-lo-que-necesitas-saber/>.
- [28] «Tectul,» [En línea]. Available: <https://tectul.com/es/productos/valvula-neumatica-con-rodillo>.
- [29] I. Gútzies, «TIA Portal: ¿Qué es? - Programación Siemens,» 2023.
- [30] N. O. Alonso, «Redes de comunicaciones industriales. Editorial UNED,» 2013.
- [31] «aula21 | Formación para la Industria,» 21 febrero 2020. [En línea]. Available: <https://www.cursosaula21.com/profinet-que-es-y-como-funciona/>.
- [32] «Com.mx,» 5 mayo 2020. [En línea]. Available: <https://www.logicbus.com.mx/Modbus.php>.
- [33] L. C. Phd., «Instrumentación Industrial,» de *Instrumentación Industrial*, 2007.
- [34] A. Riveros, «EALDE Business School,» 7 julio 2023. [En línea]. Available: <https://www.ealde.es/iso-9001-para-que-sirve/>.
- [35] «Www.se.com,» [En línea]. Available: <https://www.se.com/es/es/faqs/FA376994/#:~:text=La%20norma%20IEC%2060947%2D2,interruptores%20autom%C3%A1ticos%20para%20aplicaciones%20industriales..>

[36] «Ecuainsetec,» 25 abril 2022. [En línea]. Available: <https://www.ecuainsetec.com.ec/noticias/las-ventajas-de-los-sistemas-hmi-en-las-empresas-del-sector-industrial-77>.

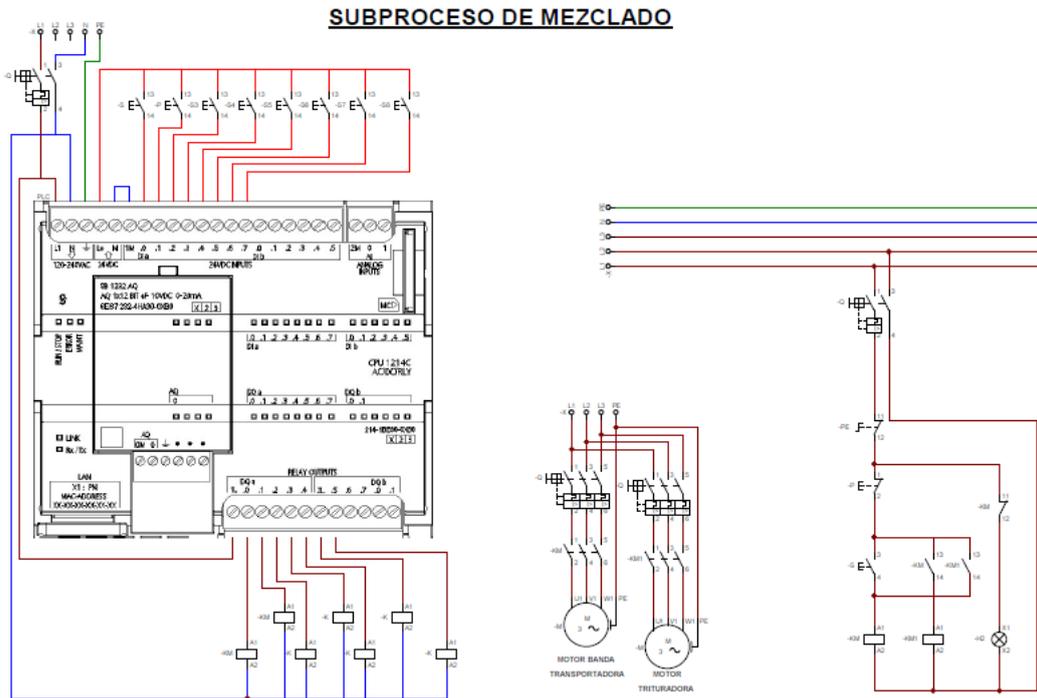
[37] M. Corral González, « Diseño y Desarrollo de un sistema HMI para una Aplicación de Industria 4.0,» 2021.

ANEXO 1

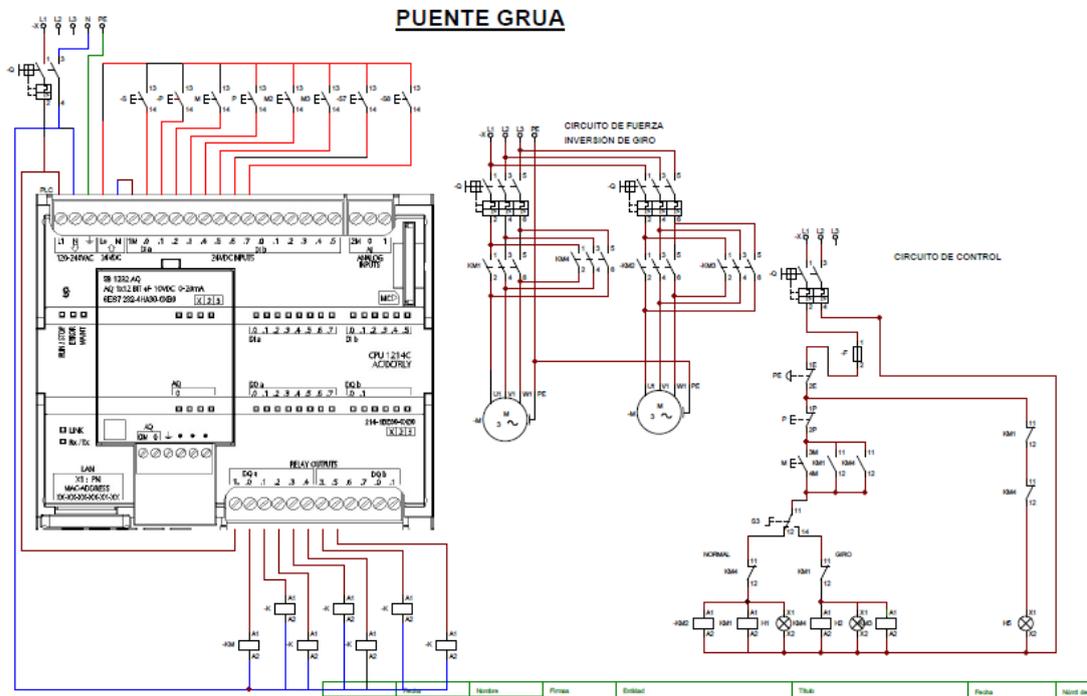
Segmento 1: Diagrama P&ID



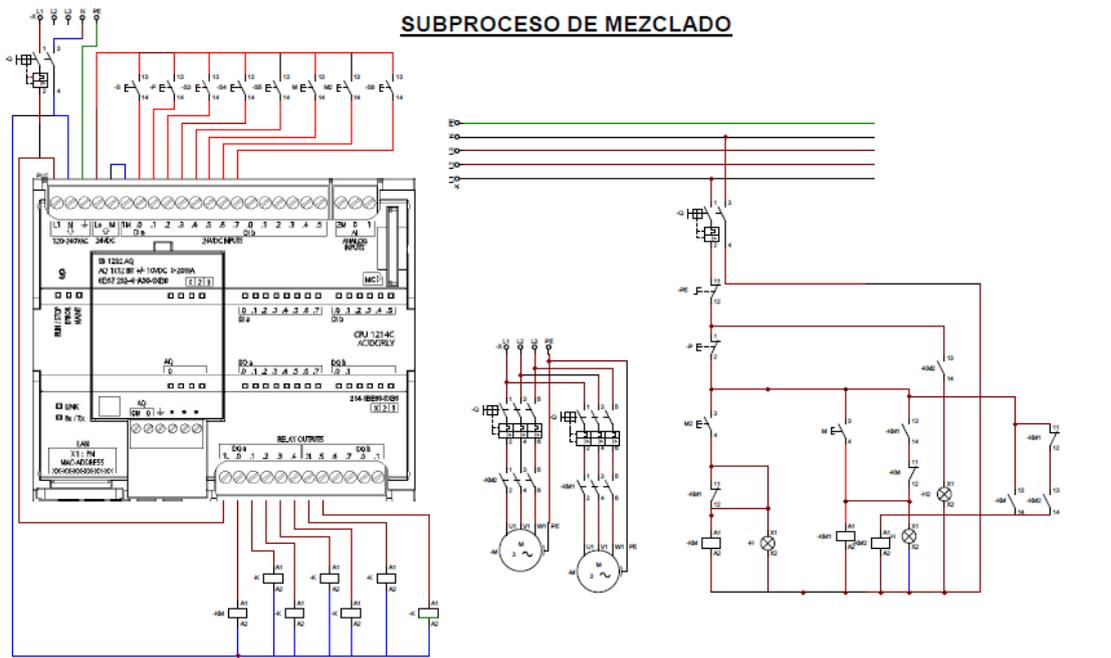
Segmento 2: Esquema eléctrico de la trituradora



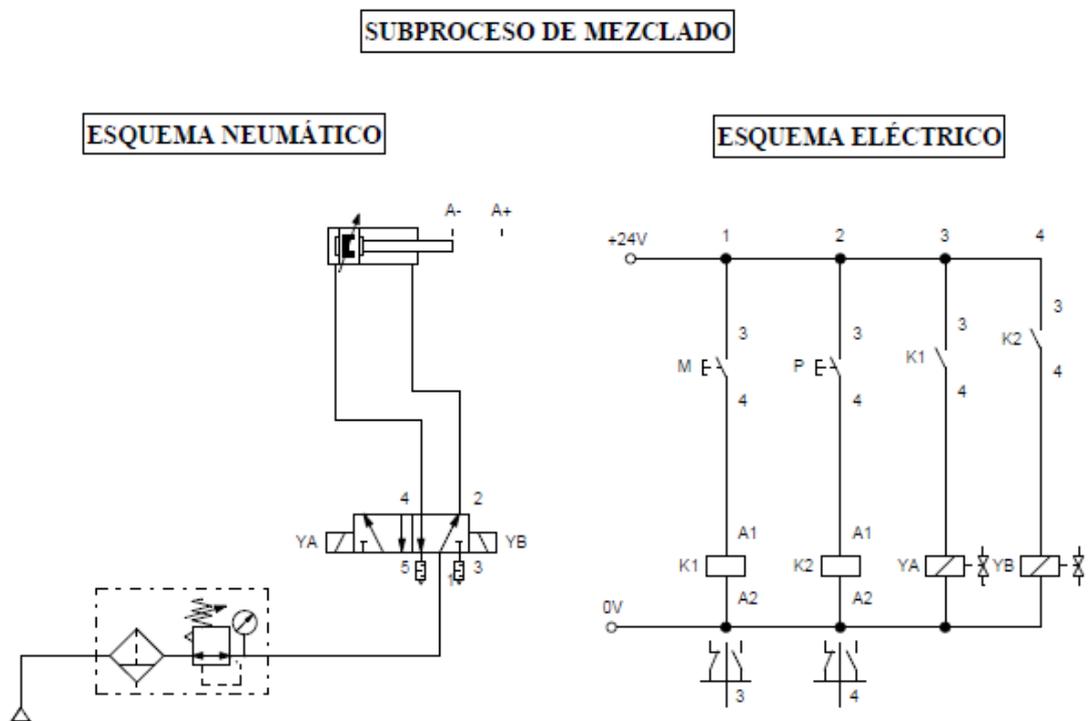
Segmento 3: Esquema eléctrico del puente grúa



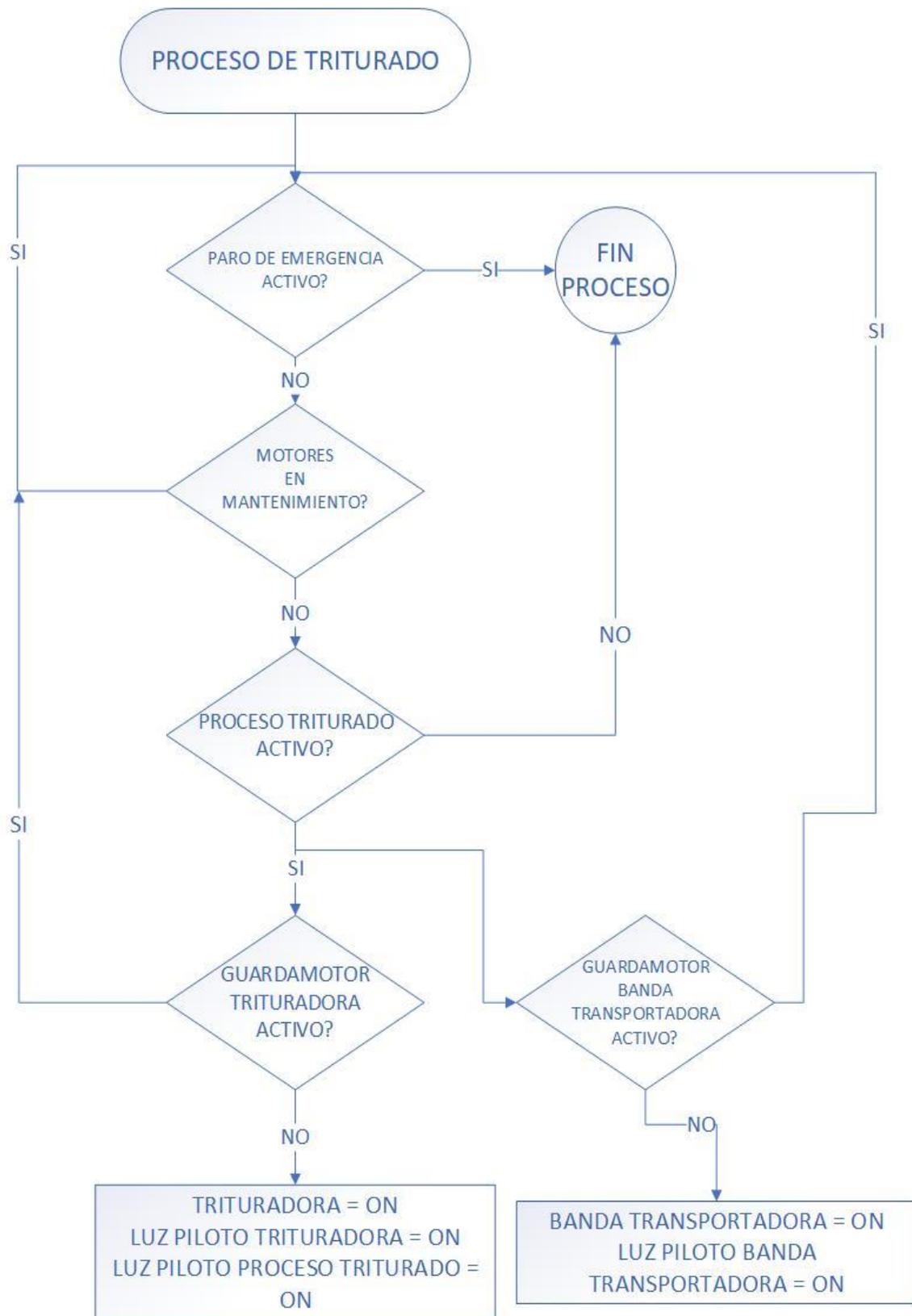
Segmento 4: Esquema eléctrico de la mezcladora



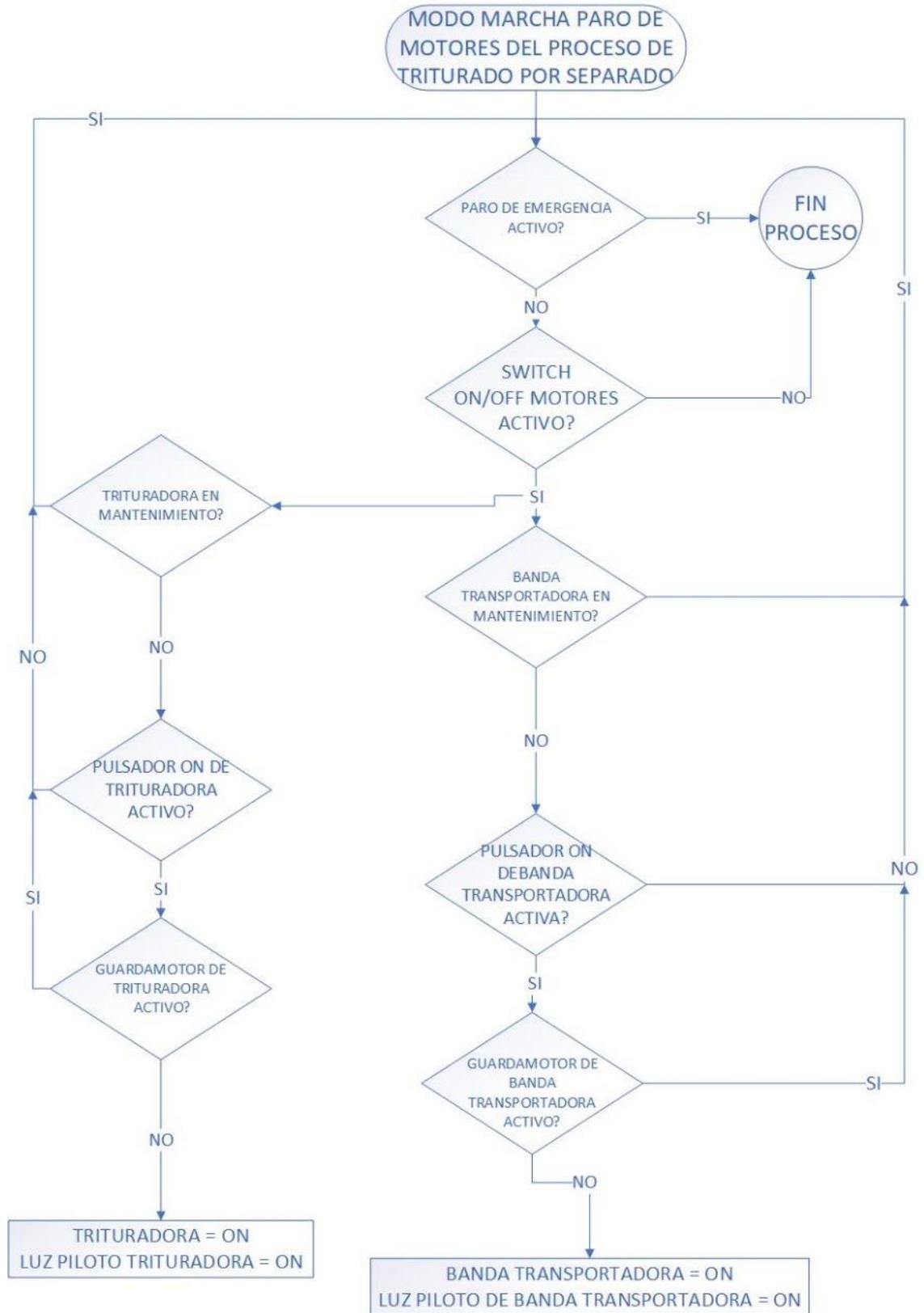
Segmento 5: Esquema neumático



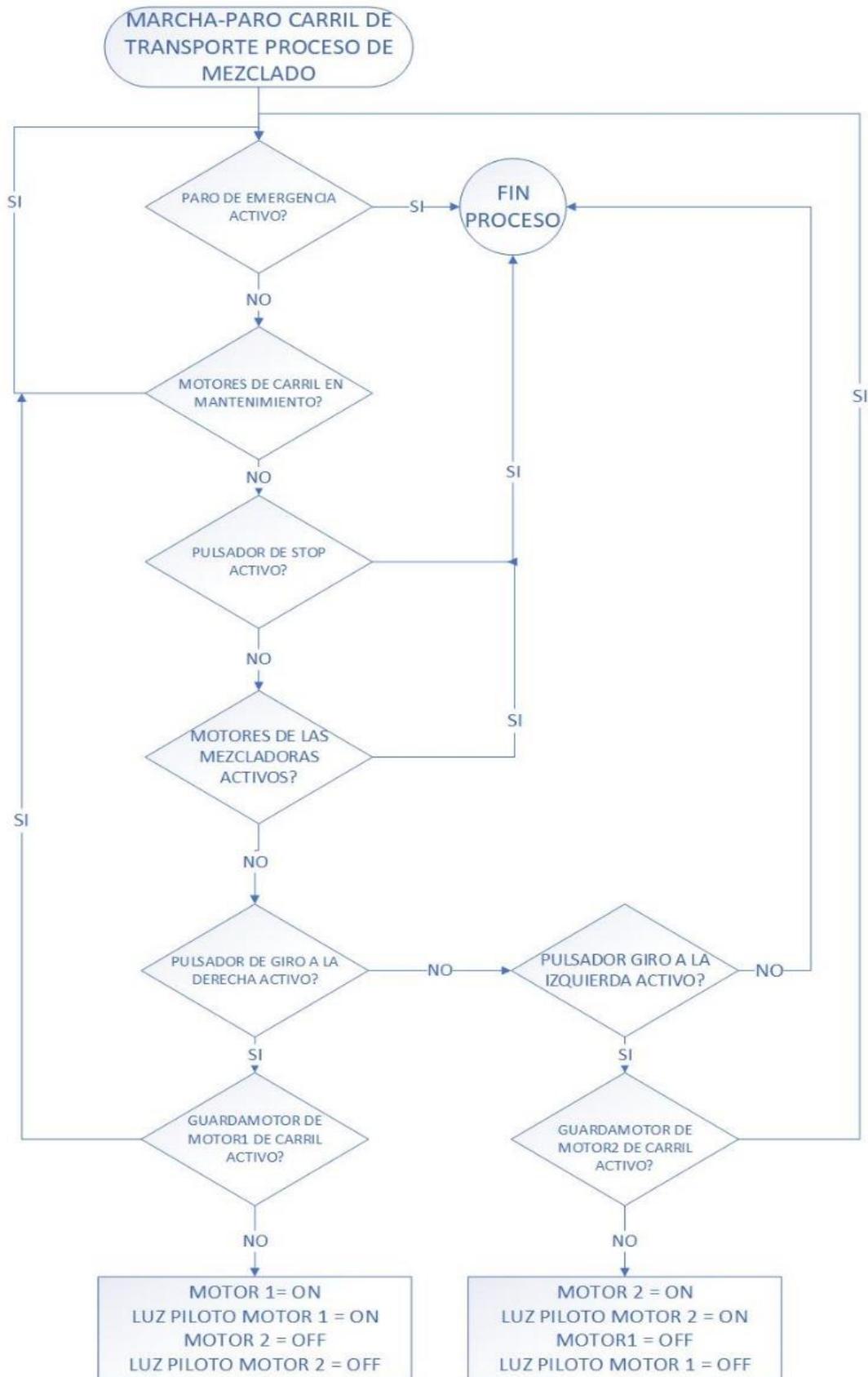
Segmento 6: Diagrama de flujo de proceso de triturado



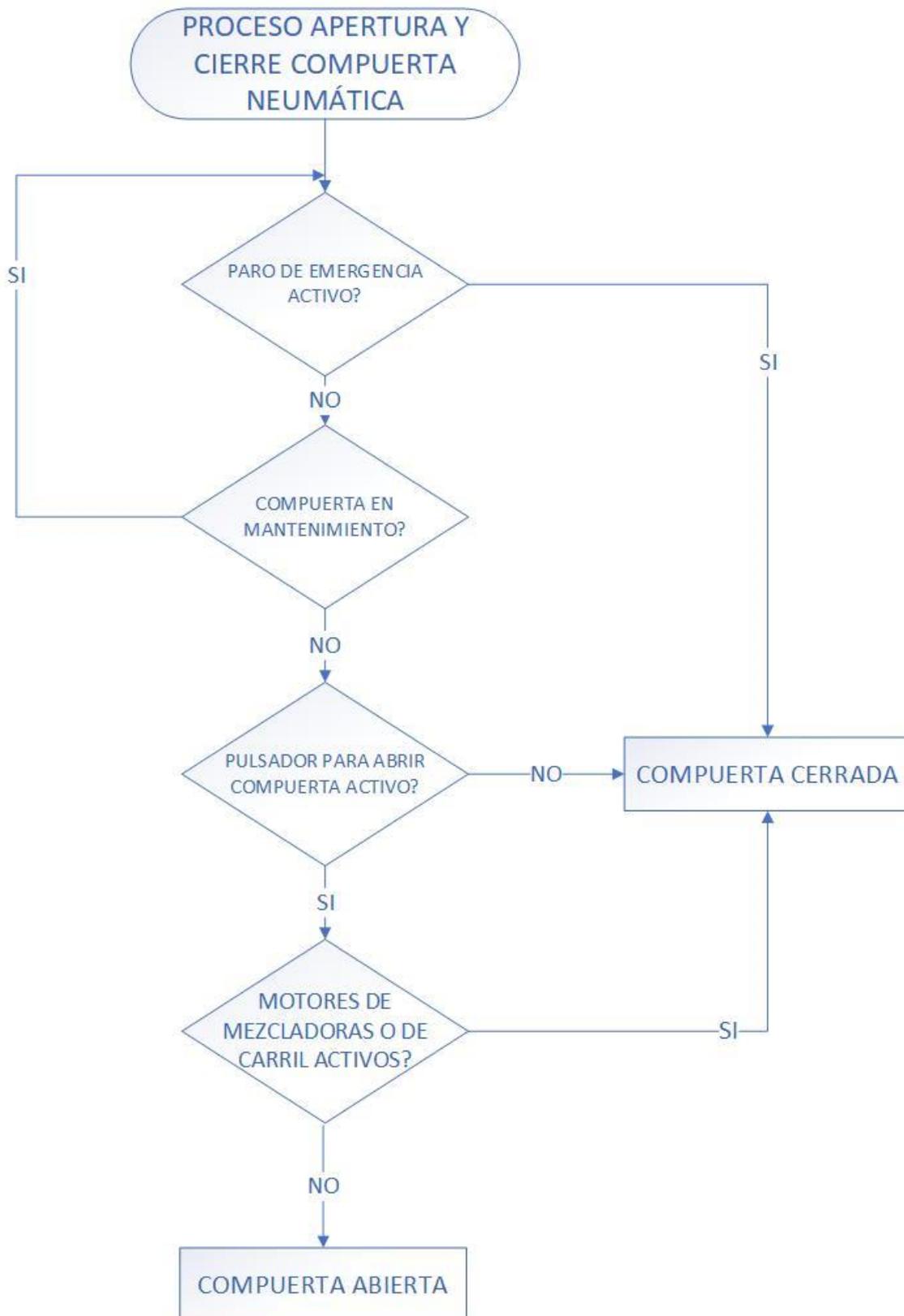
Segmento 7: Diagrama de flujo de modo marcha paro de motores del proceso de triturado por separado



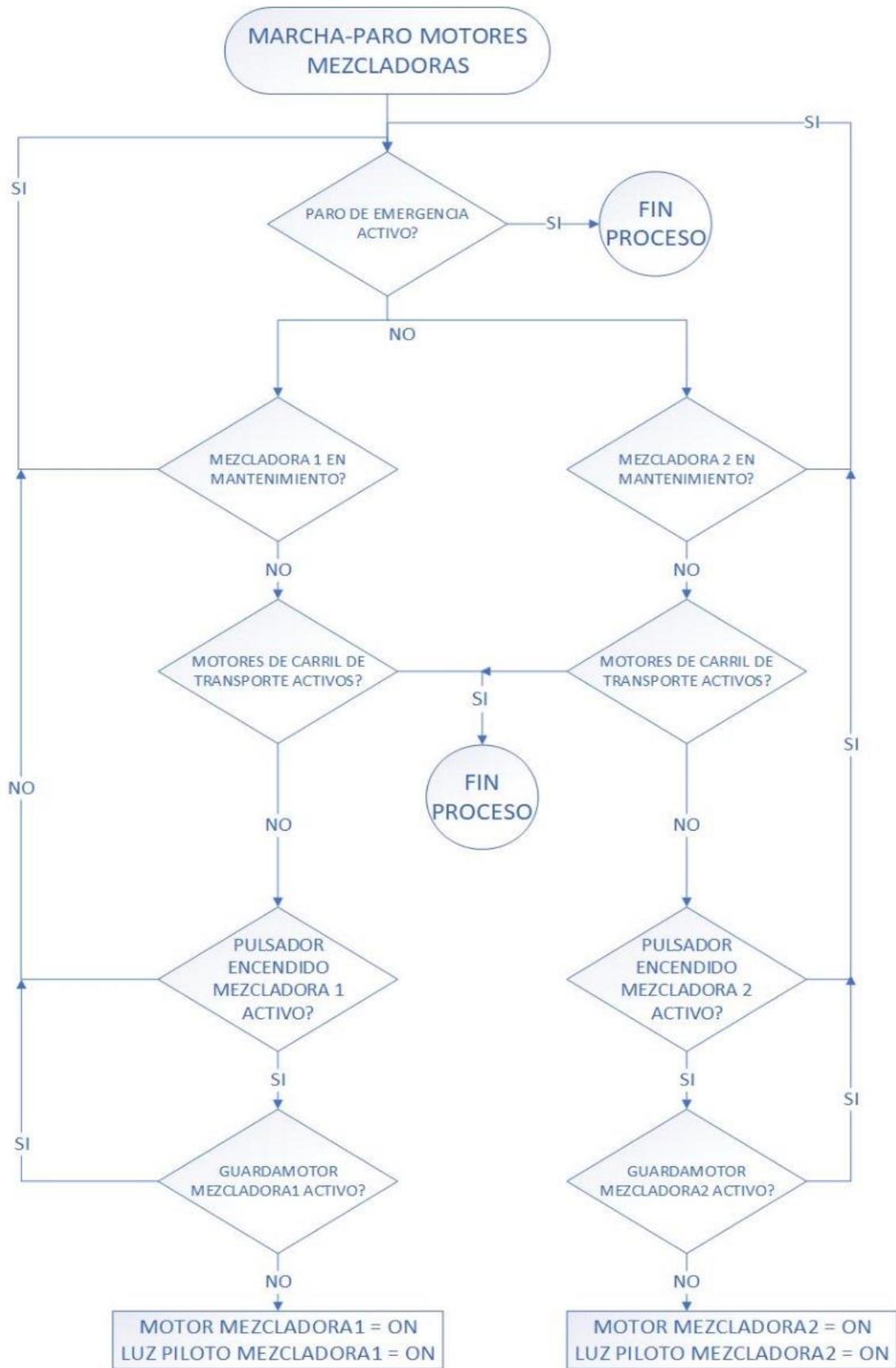
Segmento 8: Diagrama de flujo de marcha-paro carril de transporte proceso de mezclado



Segmento 9: Diagrama de flujo de proceso apertura y cierre compuerta neumática.

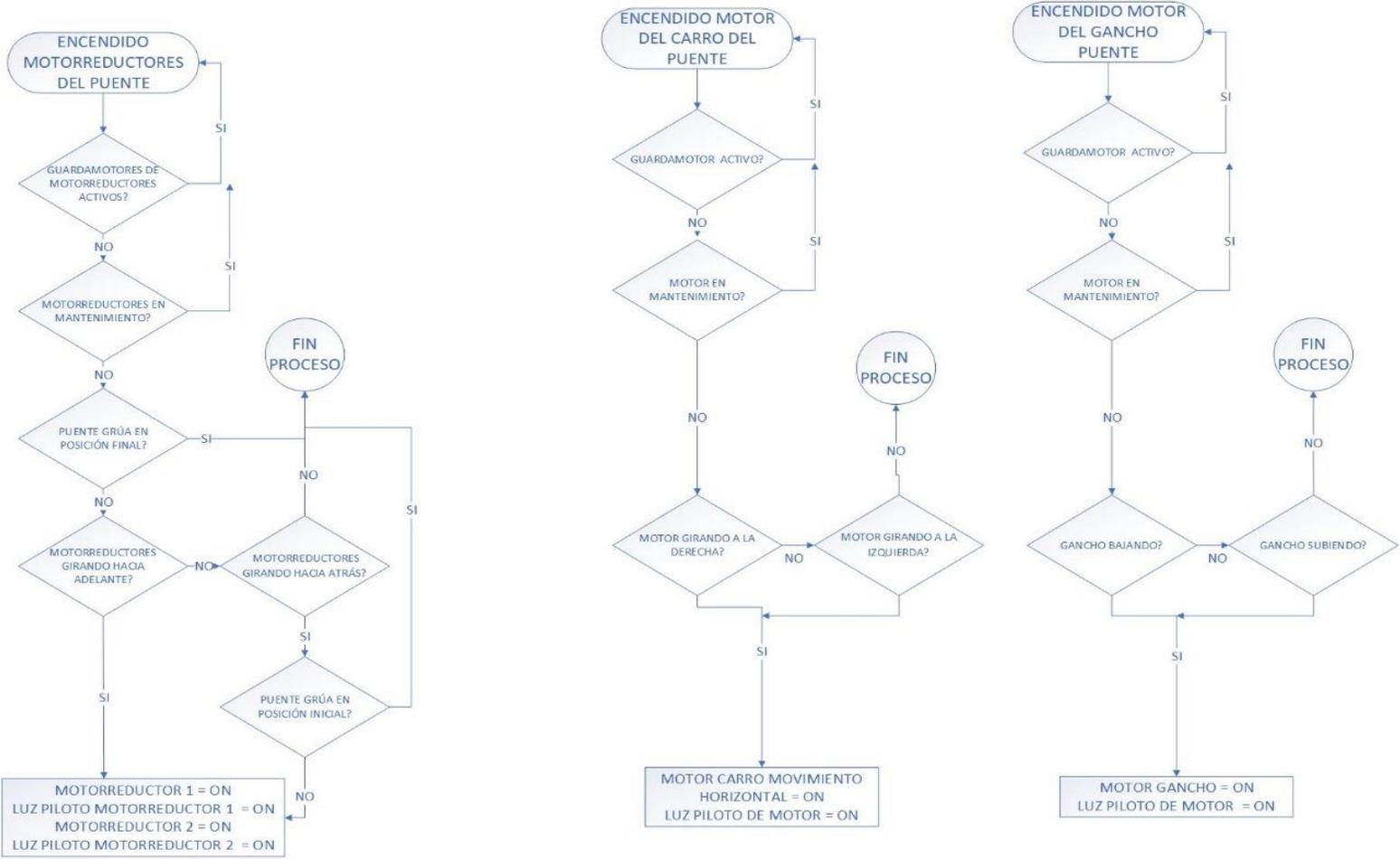


Segmento 10: Diagrama de flujo de marcha-paro motores mezcladoras



Segmento 11: Diagrama de flujo de monitoreo de salidas del puente grúa

MONITOREO DE SALIDAS DEL PUEBTE GRÚA



Segmento 12: Tabla de variables de triturado

CUADROS	MODULO DI	ENTRADAS	DIRECCION	DI/FISICAS	DESCRIPCION	SALIDA	DO/FISICAS	DIRECCION	DESCRIPCION	
TB001 220 V AC TRITURADOR A	M1	M	M164.4	DI	ENERGIZAR TABLERO	MOTOR 1	DO	M12.1	MOTOR DE TRITURADORA	
		PET	I0.4	DI	PARO EMER. TRITURADO	MOTOR 2	DO	M10.3	MOTOR DE BANDA TRANSPORTADORA INCLINADA	
		PEM	I0.5	DI	PARO EMER. MEZCLADO	DETENER PROCESO	DO	Q0.3	DESENERGIZAR PROCESO	
		M1	M202.7	DI	MARCHA MOTOR 1					
		M2	M100.1	DI	MARCHA MOTOR 2					
		OL1	I0.0	DI	GUARDAMOTOR 1					
	OL2	I0.1	DI	GUARDAMOTOR 2						
	MANUAL	M			FISICAS	ENERGIZAR TABLERO	LUZ PILOTO VERDE TABLERO	F		LUZ PILOTO VERDE TABLERO
		P			FISICAS	DESERGENIZAR TABLERO	LUZ PILOTO ROJO TABLERO	F		LUZ PILOTO ROJO TABLERO
		PE			FISICAS	DETENER OPERACIONES	LUZ PILOTO VERDE MOTOR 1	F		LUZ PILOTO VERDE MOTOR 1
		M1			FISICAS	MARCHA MOTOR 1	LUZ PILOTO VERDE MOTOR 2	F		LUZ PILOTO VERDE MOTOR 2
		M2			FISICAS	MARCHA MOTOR 2	LUZ PILOTO ROJO MOTOR 1	F		LUZ PILOTO ROJO MOTOR 1
		P1			FISICAS	PARO MOTOR 1	LUZ PILOTO ROJO MOTOR 2	F		LUZ PILOTO ROJO MOTOR 2
		P2			FISICAS	PARO MOTOR 2	LUZ PILOTO AMARILLA MOTOR 1	F		LUZ PILOTO AMARILLA MOTOR 1
							LUZ PILOTO AMARILLA MOTOR 2	F		LUZ PILOTO AMARILLA MOTOR 2
							K1	F		CONTACTOR MOTOR 1
							K2	F		CONTACTOR MOTOR 2

Segmento 13: Tabla de variables de puente grúa

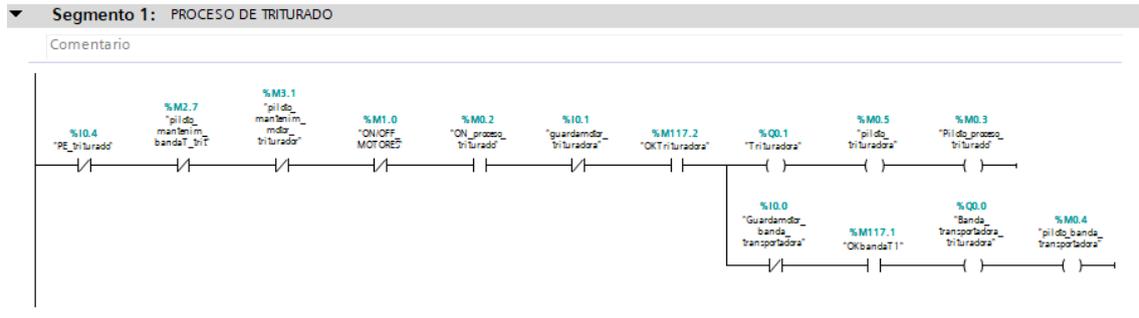
CUADROS	MODULOS	ENTRADAS	DIRECCION	DI/FISICAS	DESCRIPCION	SALIDA	DO/FISICAS	DIRECCION	DESCRIPCION	
TB002 220V AC PUNTE GRUA	M2		I9.6	DI	GUARDAMOTOR 3	MOTOR 3	DO	Q8.2	MOTOR 1 DEL PUENTE GRUA	
			I9.7	DI	GUARDAMOTOR 4	MOTOR 4	DO	Q8.3	MOTOR 2 DEL PUENTE GRUA	
			I0.6	DI	GUARDAMOTOR 5	MOTOR 5	DO	Q8.7	MOTORREDUCTOR	
			I0.7	DI	GUARDAMOTOR 6	MOTOR 6	DO	Q9.1	MOTOR DEL GANCHO	
	MANUAL						LUZ PILOTO VERDE MOTOR 3	F		LUZ PILOTO VERDE MOTOR 3
							LUZ PILOTO VERDE MOTOR 4	F		LUZ PILOTO VERDE MOTOR 4
							LUZ PILOTO VERDE MOTOR 5	F		LUZ PILOTO VERDE MOTOR 5
							LUZ PILOTO VERDE MOTOR 6	F		LUZ PILOTO VERDE MOTOR 6
							LUZ PILOTO ROJO MOTOR 3	F		LUZ PILOTO ROJO MOTOR 3
							LUZ PILOTO ROJO MOTOR 4	F		LUZ PILOTO ROJO MOTOR 4
							LUZ PILOTO ROJO MOTOR 5	F		LUZ PILOTO ROJO MOTOR 5
							LUZ PILOTO ROJO MOTOR 6	F		LUZ PILOTO ROJO MOTOR 6
							LUZ PILOTO AMARILLA MOTOR 3	F		LUZ PILOTO AMARILLA MOTOR 3
							LUZ PILOTO AMARILLA MOTOR 4	F		LUZ PILOTO AMARILLA MOTOR 4
							LUZ PILOTO AMARILLA MOTOR 5	F		LUZ PILOTO AMARILLA MOTOR 5
							LUZ PILOTO AMARILLA MOTOR 6	F		LUZ PILOTO AMARILLA MOTOR 6
							K3	F		CONTACTOR MOTOR 3
							K4	F		CONTACTOR MOTOR 4
					K5	F		CONTACTOR MOTOR 5		
					K6	F		CONTACTOR MOTOR 6		

Segmento 14: Tabla de variables de mezclado

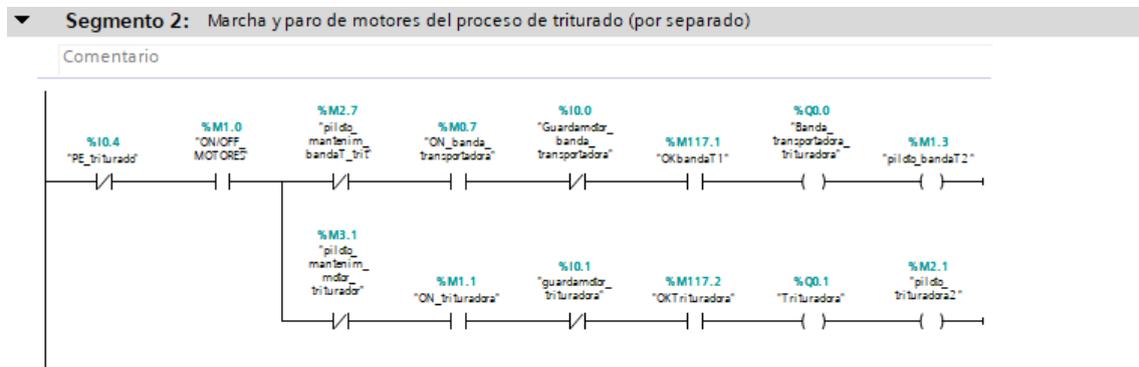
CUADROS	MODULOS	ENTRADAS	DIRECCION	DI/FISICAS	DESCRIPCION	SALIDA	DO/FISICAS	DIRECCION	DESCRIPCION	
TB003 220V AC MEZCLADO	M2	M7	M10.7	DI	MARCHA MOTOR 7	MOTOR 7	DO	Q0.2	MOTOR 1 DE CARRIL	
		M8	M10.5	DI	MARCHA MOTOR 8	MOTOR 8	DO	Q0.3	MOTOR 2 DE CARRIL	
		M9	M52.4	DI	MARCHA MOTOR 9	MOTOR 9	DO	M12.5	MOTOR 1 MEZCLADORA	
		M10	M114.0	DI	MARCHA MOTOR 10	MOTOR 10	DO	M114.1	MOTOR 2 MEZCLADORA	
		OL7	I8.0	DI	GUARDAMOTOR 7					
		OL8	I0.2	DI	GUARDAMOTOR 8					
	OL9	I0.3	DI	GUARDAMOTOR 9						
	OL10	I8.1	DI	GUARDAMOTOR 10						
	MANUAL	M7			FISICAS	MARCHA MOTOR 7	LUZ PILOTO VERDE MOTOR 7	F		LUZ PILOTO VERDE MOTOR 7
		M8			FISICAS	MARCHA MOTOR 8	LUZ PILOTO VERDE MOTOR 8	F		LUZ PILOTO VERDE MOTOR 8
		M9			FISICAS	MARCHA MOTOR 9	LUZ PILOTO VERDE MOTOR 9	F		LUZ PILOTO VERDE MOTOR 9
		M10			FISICAS	MARCHA MOTOR 10	LUZ PILOTO VERDE MOTOR 10	F		LUZ PILOTO VERDE MOTOR 10
		P7			FISICAS	PARO MOTOR 7	LUZ PILOTO ROJO MOTOR 7	F		LUZ PILOTO ROJO MOTOR 7
		P8			FISICAS	PARO MOTOR 8	LUZ PILOTO ROJO MOTOR 8	F		LUZ PILOTO ROJO MOTOR 8
		P9			FISICAS	PARO MOTOR 9	LUZ PILOTO ROJO MOTOR 9	F		LUZ PILOTO ROJO MOTOR 9
		P10			FISICAS	PARO MOTOR 10	LUZ PILOTO ROJO MOTOR 10	F		LUZ PILOTO ROJO MOTOR 10
							LUZ PILOTO AMARILLA MOTOR 7	F		LUZ PILOTO AMARILLA MOTOR 7
							LUZ PILOTO AMARILLA MOTOR 8	F		LUZ PILOTO AMARILLA MOTOR 8
						LUZ PILOTO AMARILLA MOTOR 9	F		LUZ PILOTO AMARILLA MOTOR 9	
						LUZ PILOTO AMARILLA MOTOR 10	F		LUZ PILOTO AMARILLA MOTOR 10	
					K7	F		CONTACTOR MOTOR 7		
					K8	F		CONTACTOR MOTOR 8		
					K9	F		CONTACTOR MOTOR 9		
					K10	F		CONTACTOR MOTOR 10		

ANEXO 2

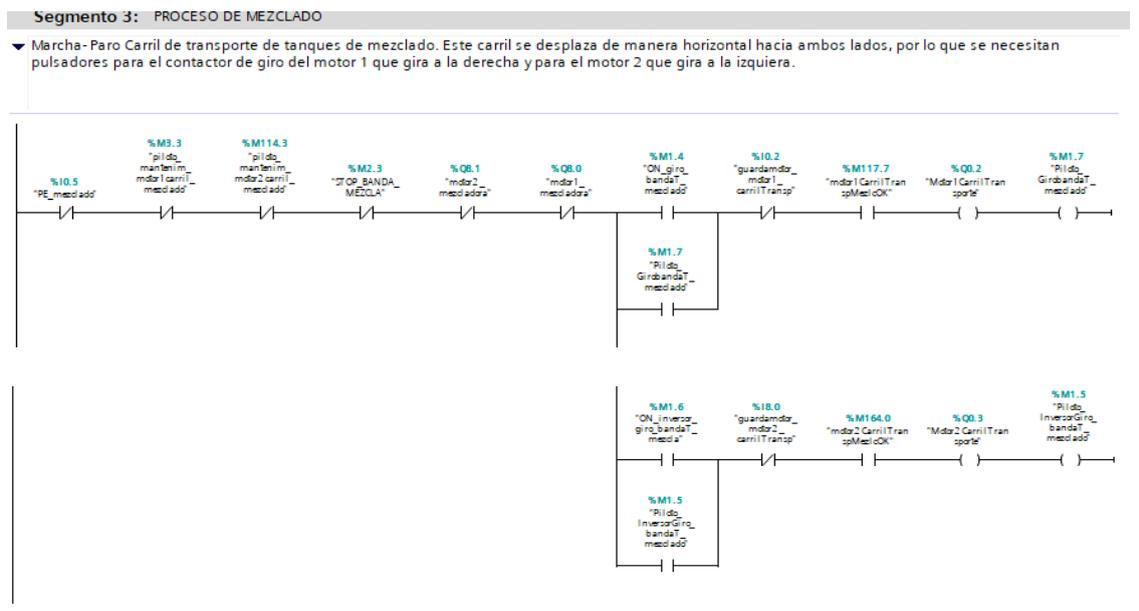
Segmento 1: Proceso de triturado



Segmento 2: Marcha y paro de motores de proceso de triturado por separado



Segmento 3: Proceso mezclado



Segmento 4: Proceso mezclado

Segmento 4: PROCESO DE MEZCLADO

Apertura y cierre de compuerta neumática para ingreso de materia prima a tanque de mezclado



Segmento 5: Proceso mezclado

Segmento 5: PROCESO DE MEZCLADO

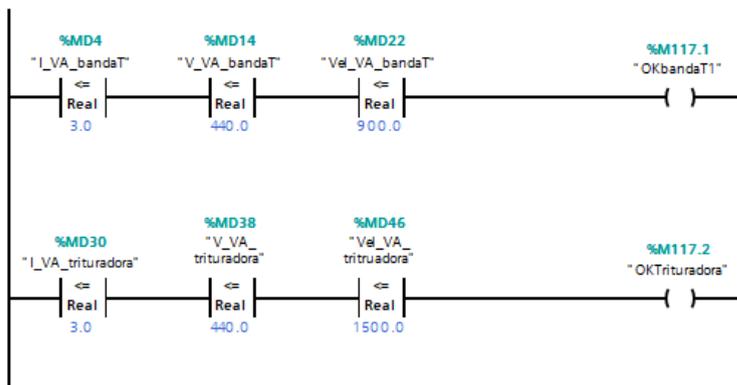
MARCHA Y PARO DE MOTOR DE MEZCLADORA



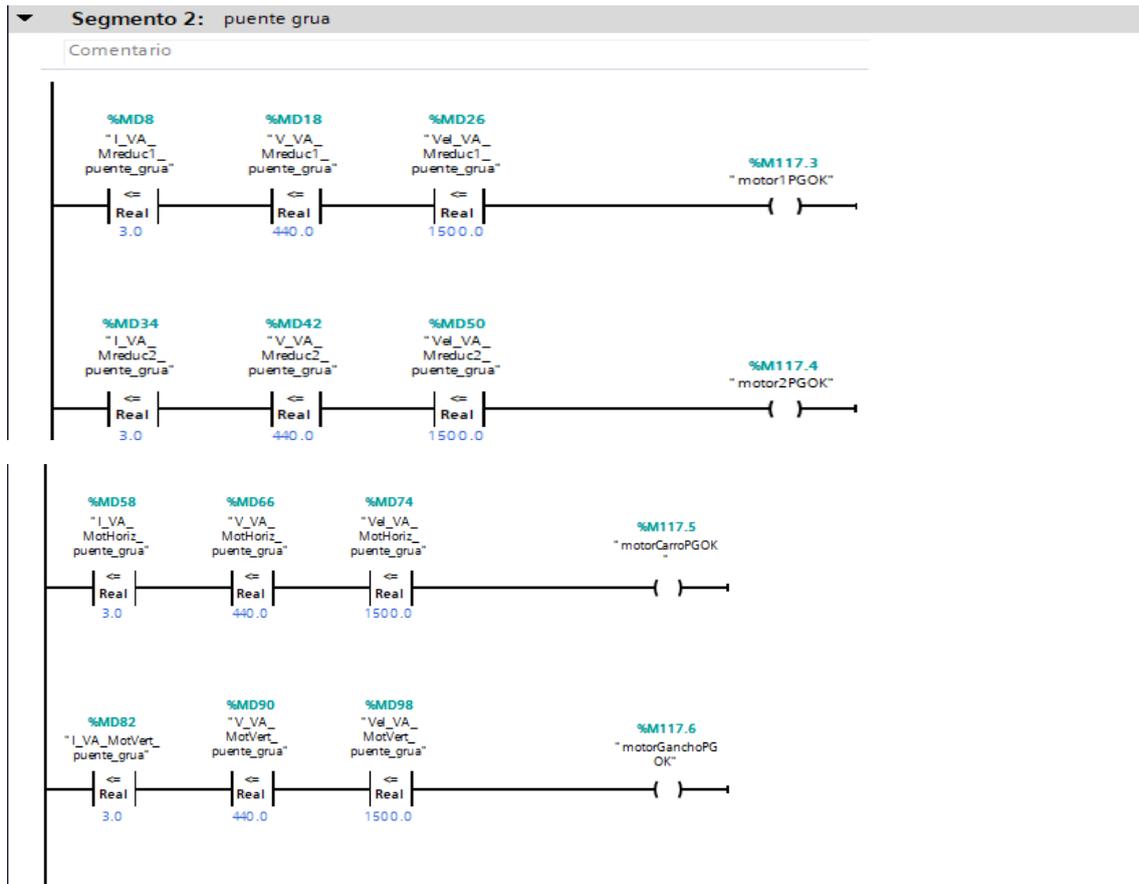
Segmento 6: Parámetros de triturado

Segmento 1: parámetro triturado

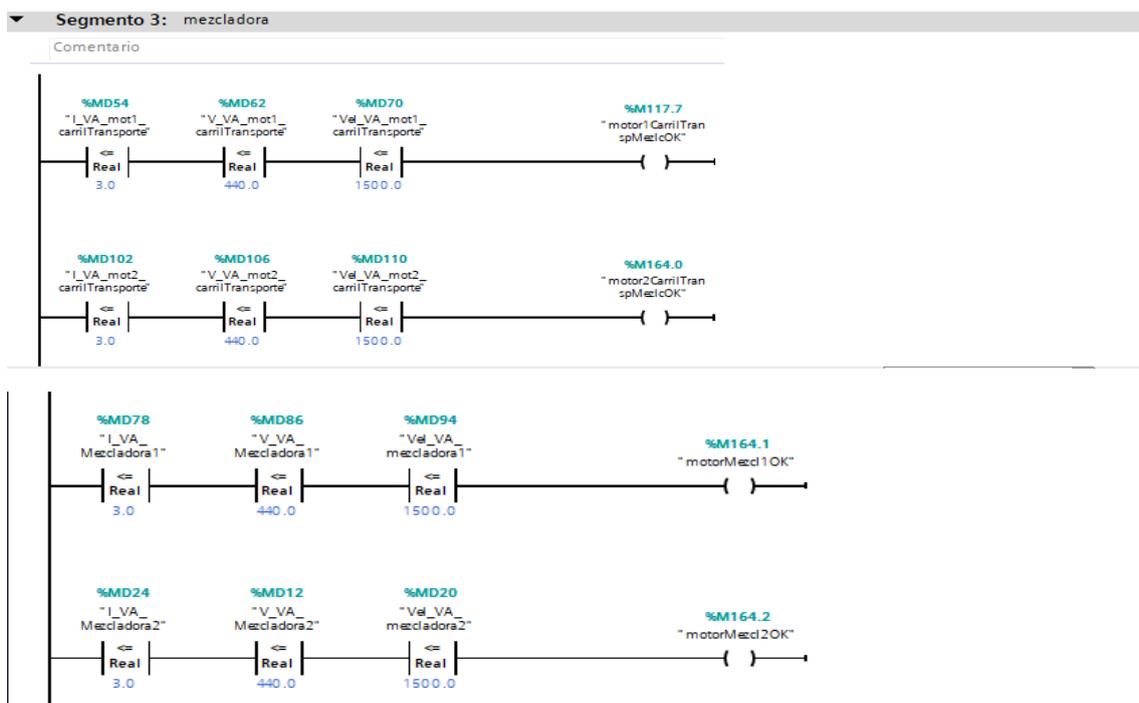
Comentario



Segmento 7: Parámetros eléctricos del puente grúa



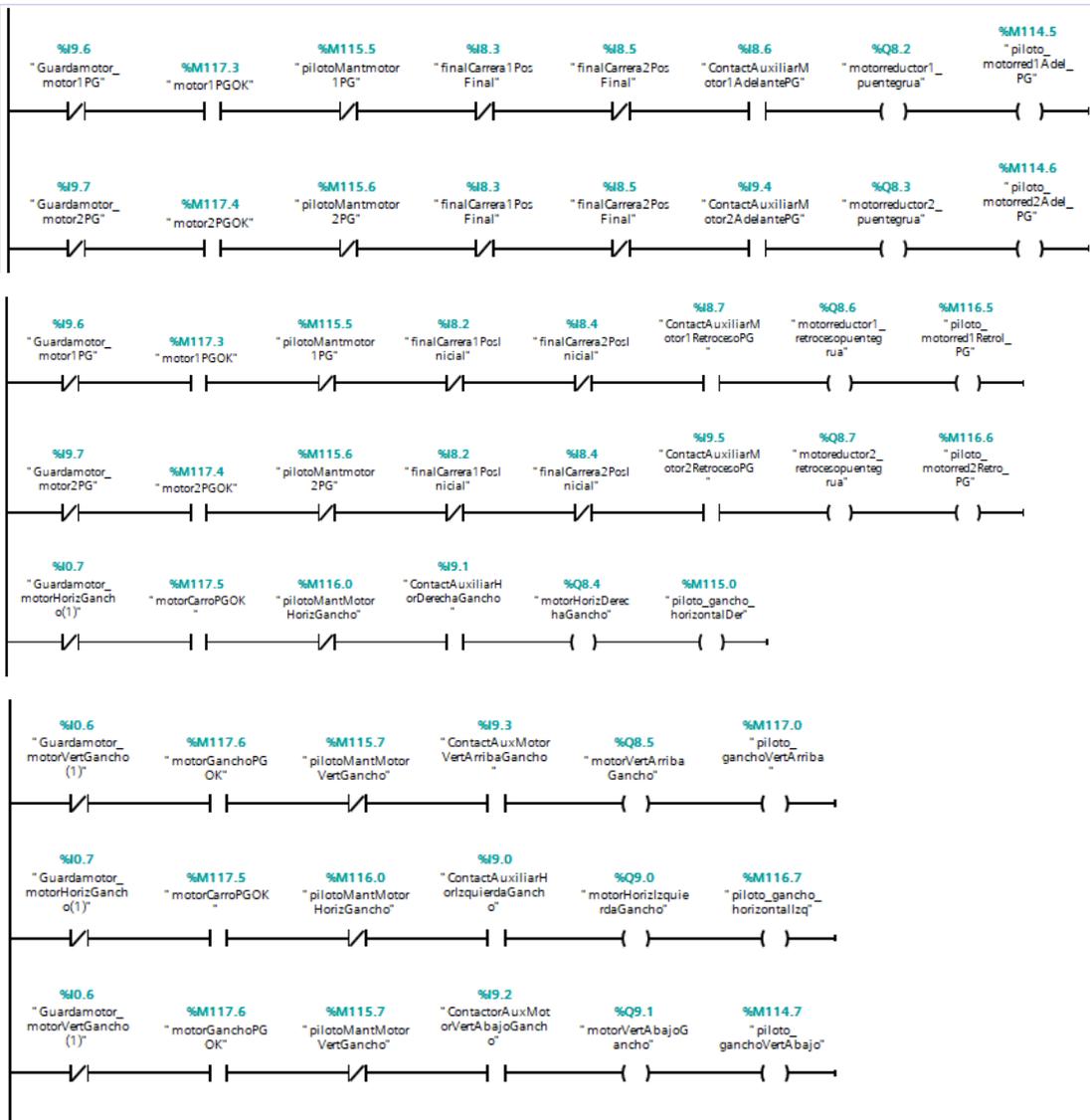
Segmento 8: Parámetros eléctricos de la mezcladora



Segmento 9: Accionamiento del puente grúa

Segmento 1:

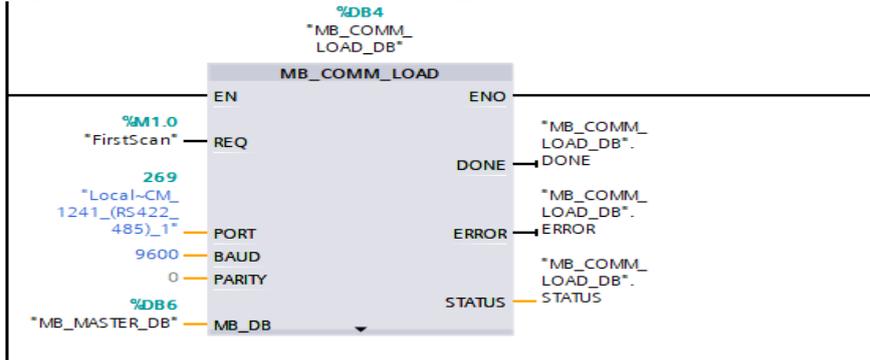
Comentario



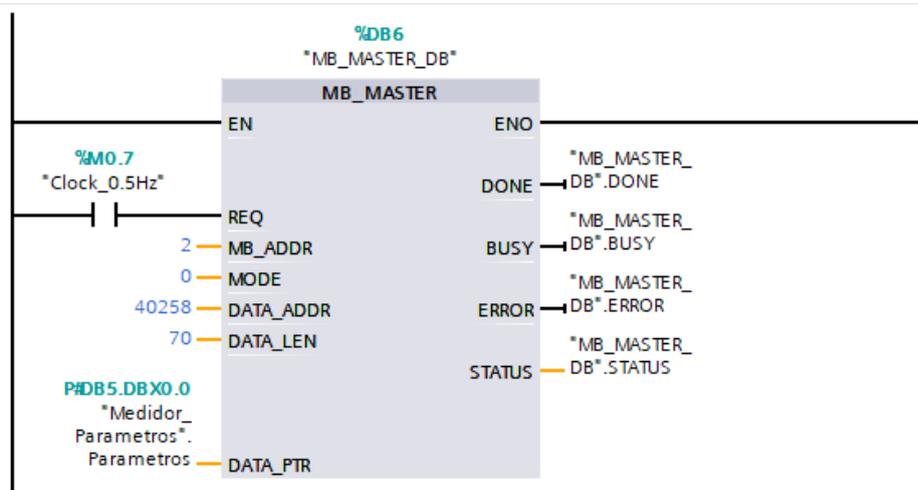
Segmento 10: Mantenimiento del sistema



Segmento 11: Bloque MB_COMM_LOAD



Segmento 12: Bloque MB_MASTER_DB



Segmento 13: Lectura de parámetros eléctricos

