

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

Título del trabajo:

**DISEÑO Y SIMULACIÓN MEDIANTE UN PLC S7-1500 DE UN
PROCESO DE LLENADO Y VACIADO DEL PRODUCTO DE
SOJA EN UN SILO PARA UNA PLANTA QUE OFRECE
SOLUCIONES PARA PRODUCCIÓN DE CAMARÓN**

Previo la obtención del Título de:

Ingeniero en Electrónica y Automatización

Presentado por:

Juan Diego Aguirre Aguilar

Jorge Israel Suárez Aguilar

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2023

DEDICATORIA

El presente trabajo de titulación se lo dedico a mi familia, que ha estado apoyándome durante toda mi trayectoria universitaria. Sus sacrificios y confianza en mí me han dado las energías necesarias para seguir dando lo mejor de mí en el estudio.

A mis amigos y todas las personas que me han brindado su apoyo para no rendirme en cada semestre y seguir adelante con el estudio.

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, quiero agradecerle a Dios por darme todas las fuerzas durante estos años para cumplir el sueño de graduarse de esta prestigiosa universidad.

A la empresa Citell SA, por haberme brindado todas las herramientas necesarias para realizar este proyecto, por los consejos y asesoramiento que ayudaron a tener más conocimiento de todo el proceso involucrado en el trabajo.

DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, me(nos) corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; (*nombre de los participantes*) y doy(damos) mi(nuestro) consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”



Juan Diego Aguirre



Jorge Israel Suárez

EVALUADORES

Phd. Efrén Vinicio Herrera
PROFESOR DE LA MATERIA

Phd. Douglas Antonio Plaza
PROFESOR TUTOR

RESUMEN

La tesis se aboca al análisis crítico de la problemática relacionada con el llenado y vaciado de productos en silos dentro del ámbito de la industria alimentaria. Específicamente, se concentra en una industria que emplea soja como componente fundamental en la alimentación destinada a la producción de camarones. La meta es establecer un sistema automatizado capaz de garantizar un proceso eficaz de llenado y una extracción precisa de la soja en el silo, de manera que el suministro requerido para la cría de camarones se mantenga constante y adecuado.

Con el propósito de alcanzar este objetivo, se sugiere la implementación del PLC S7-1500, un controlador lógico programable avanzado y confiable. Este dispositivo asumirá la responsabilidad de supervisar y regular diversos elementos cruciales en el procedimiento, tales como válvulas de entrada y salida, bombas de trasvase, sensores de nivel y sistemas de medición y monitorización.

El proceso de concepción y simulación será realizado a través de software especializado, permitiendo la modelación y simulación del comportamiento del sistema antes de su materialización concreta. Esta fase previa permitirá la detección temprana de posibles contratiempos y oportunidades de optimización, maximizando la eficiencia y evitando pérdidas de tiempo y recursos.

Dentro de los desafíos inherentes a este proceso, se destaca la necesidad de lograr una coordinación precisa en los tiempos de llenado y vaciado, el control del nivel del producto en el silo para prevenir desbordamientos y cortes en la producción, y la correcta integración del PLC con otros sistemas presentes en la instalación.

En resumen, la tesis se enfoca en la planificación y simulación de un procedimiento automatizado para el llenado y vaciado de soja en un silo, haciendo uso del PLC S7-1500. El propósito primordial consiste en asegurar un flujo constante y eficiente para la producción de camarones en una planta especializada en soluciones para este sector industrial.

Palabras claves: PLC S7-1500, soja, sistema automatizado, sector industrial

ABSTRACT

The thesis addresses the critical issue of product filling and emptying in a silo in the food processing industry. It focuses on a plant that uses soybeans as part of the feed for shrimp production. The objective is to create an automated system that ensures efficient filling and accurate emptying of the soybean product into the silo to maintain a constant and adequate supply for shrimp farming.

To achieve this, the use of an S7-1500 PLC, an advanced and reliable programmable logic controller, is proposed. This device will be responsible for supervising and regulating various essential components in the process, such as inlet and outlet valves, transfer pumps, level sensors, and measurement and monitoring systems.

The design and simulation process will be carried out using specialized software, allowing to model and simulate the behavior of the system before its physical implementation. This preliminary stage will identify potential problems and opportunities for improvement, optimizing efficiency and avoiding waste of time and resources.

Among the challenges present in this process are the precise coordination of filling and emptying times, the regulation of the product level in the silo to prevent overflows and production outages, and the correct integration of the PLC with other systems in the plant.

[0:01 p. m., 29/8/2023] Jorge Suarez: In summary, the thesis focuses on the design and simulation of an automated process for the filling and emptying of soybeans in a silo, using the PLC S7-1500. The objective is to ensure a constant and efficient supply to produce shrimp in a plant specialized in solutions for this industry.

Key words: PLC S7-1500, Soja, Automatic system, Industrial Sector

ÍNDICE GENERAL

Contenido

RESUMEN.....	I
ABSTRACT.....	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ÍNDICE DE TABLAS.....	VI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VII
ABREVIATURAS.....	IX
SIMBOLOGÍA.....	X
CAPÍTULO 1.....	11
1. Introducción.....	11
1.1 Descripción del problema.....	11
1.2 Justificación del problema.....	12
1.2.1 Optimización de los procesos de producción:.....	12
1.2.2 Automatización de tareas:.....	12
1.2.3 Control de calidad y trazabilidad:.....	12
1.2.4 Eficiencia energética y reducción de costos:.....	13
1.3 Objetivos.....	13
1.3.1 Objetivo General.....	13
1.3.2 Objetivos Específicos.....	13
1.4 Marco teórico.....	14
1.4.1 Automatización Industrial y PLC.....	14
1.4.1.1 PLC S7-1500.....	14
1.4.1.2 Partes del PLC S7-1500.....	15
1.4.1.3 Descripción general del PLC S7-1500.....	18
1.4.2 Proceso de llenado y vaciado de producto de soja en un silo:.....	19
1.4.3 Diseño del proceso:.....	19
1.4.3.1 Automatización Industrial.....	19
1.4.3.2 Redes de comunicación industrial.....	19
1.4.3.3 Variador de frecuencia.....	20
1.4.3.4 Silo.....	20
1.4.3.5 PROFINET.....	21
1.4.3.6 Motor eléctrico trifásico.....	22
1.4.3.7 Transportador de cadena.....	23

1.4.3.8	Elevador de cangilones	23
1.4.3.9	Electroválvula.....	24
1.4.3.10	Totally Integrated Automation (TIA) Portal.....	24
1.4.4	Simulación del Proceso:.....	25
1.4.4.1	Sistema HMI	25
1.4.4.2	Sistema SCADA.....	25
1.4.4.3	Diferencias entre HMI y SCADA	26
1.4.5	Beneficios y Aplicaciones:.....	27
CAPÍTULO 2	28
2.	Metodología.....	28
2.1	Método de investigación	28
2.1.1	Investigación bibliográfica.....	28
2.2	Tipo de investigación.....	28
2.2.1	Tipo preexperimental.....	28
2.2.2	Tipo prospectivo.....	28
2.2.3	Tipo transversal	28
2.3	Esquema metodología empleada:	29
2.4	Análisis preliminar	29
2.4.1	Llenado de producto	29
2.4.2	Vaciado de producto.....	31
2.5	Material Granulado.....	33
2.5.1	Tamaño de las partículas:.....	33
2.5.2	Densidad:	33
2.6	Selección de equipos:.....	33
2.6.1	Transportador de cadena	34
2.6.2	Elevador de cangilones	34
2.6.3	Banda transportadora	34
2.6.4	Trip runner	34
2.6.5	Compuerta eléctrica.....	34
2.7	Sensores que se usarán para cada equipo:.....	35
2.7.1	Transportador de cadena	35
2.7.2	Compuertas eléctricas	35
2.7.3	Elevador de cangilones	35
2.7.4	Banda transportadora	36
2.7.5	Transporte tripper	36
2.8	Arquitectura de control:	37

2.8.1	Diagrama de flujo.....	37
2.8.2	Diseño de red.....	37
2.8.3	HMI.....	38
CAPÍTULO 3		40
3.	Resultados Y ANÁLISIS.....	40
3.1	Programación del proceso de llenado y vaciado	40
3.1.1	Proceso de llenado.....	40
3.1.2	Proceso de vaciado	40
3.2	Beneficios del proyecto.....	41
3.2.1	Automatización Precisa	41
3.2.2	Monitoreo en tiempo real.....	41
3.3	Coste de materiales y recursos software	43
3.4	Coste de mano de Obra.....	44
3.5	Coste total.....	45
CAPÍTULO 4		46
4.	Conclusiones Y Recomendaciones.	46
4.1	Conclusiones	46
4.2	Recomendaciones	47
BIBLIOGRAFÍA		48
ANEXO.....		49

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1.	Componentes del PLC S7-1500	15
TABLA 2.	Características generales del PLC S7-1500	18
TABLA 3.	Diferencias entre HMI y SCADA	26
TABLA 4.	Ítems de la pantalla del HMI.....	39
TABLA 5.	Lista de materiales del proyecto para implementarlo	44
TABLA 6.	Coste de mano de obra del proyecto.....	45
TABLA 7.	Coste total del proyecto	45
TABLA 8.	Especificaciones técnicas del transportador de cadena	49
TABLA 9.	Especificaciones técnicas del elevador de cangilones	50
TABLA 10.	Especificaciones técnicas de la banda transportadora.....	51
TABLA 11.	Especificaciones técnicas del Trip Runner.....	51
TABLA 12.	Especificaciones técnicas de la compuerta eléctrica.....	52
TABLA 13.	Lista de señales de entrada y salida por cada proceso llenado y vaciado	53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	PLC S7-1500	14
Figura 2.	Silos cilíndricos.....	21
Figura 3.	Silo tipo Iglesia.....	21
Figura 4.	Motor Trifásico	22
Figura 5.	Transportador de cadena.....	23
Figura 6.	Elevador de cangilones.....	24
Figura 7.	HMI Siemens	25
Figura 8.	Sistema SCADA	26
Figura 9.	Esquema de metodología aplicada en este proyecto	29
Figura 10.	Canalización de llenado de silo.....	30
Figura 11.	Canalización de vaciado de producto	32
Figura 12.	Diagrama de flujo del proceso	37
Figura 13.	Arquitectura de Red.....	38
Figura 14.	Diseño del proceso de llenado y vaciado en HMI.....	38
Figura 15.	Ventana principal HMI	42
Figura 16.	Ventana de menú principal	42
Figura 17.	Ventana de control automático.....	43
Figura 18.	Ventana de control manual	43
Figura 19.	Bloque transportador de cadena	61
Figura 20.	Bloque elevador de cangilones.....	61
Figura 21.	Bloque banda transportadora.....	62
Figura 22.	Programación del proceso automático llenado.....	62
Figura 23.	Programación del proceso automático llenado.....	63
Figura 24.	Programación del proceso automático llenado.....	63
Figura 25.	Programación del proceso automático llenado.....	64
Figura 26.	Programación del proceso automático llenado.....	64
Figura 27.	Programación del proceso automático descarga	65
Figura 28.	Programación del proceso automático descarga	65
Figura 29.	Programación del proceso automático descarga	66
Figura 30.	Programación del proceso automático descarga	66
Figura 31.	Programación del proceso automático descarga	67
Figura 32.	Programación del proceso automático descarga	67
Figura 33.	Programación del contador de llenado y de descarga.....	68

Figura 34.	Programación del contador de llenado y de descarga.....	68
Figura 35.	Programación del contador de llenado y de descarga.....	69

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
PLC	Program Logic Controller
TIA	Totally Integrated Automation
HMI	Human-Machine Interface
CAD	Computer-Aided Design
CPU	Central Processing Unit
FBD	Function Block Diagram
ST	Structured Text
VFD	Variable Frequency Drive
PROFINET	Process Field Network
SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition

SIMBOLOGÍA

m	Metro
°C	Grados Celsius
h	Hora
V	Voltio
Hz	Frecuencia
m ³	metros cúbicos
W	Vatio
s	Segundo
t	Tonelada
A	Amperios
HP	Caballos de fuerza

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

En el campo de la industria alimentaria, específicamente en la producción de camarón, es esencial contar con procesos eficientes y controlados que garanticen la calidad y la optimización de los recursos utilizados. Uno de los aspectos clave en este sentido es el manejo adecuado de los insumos utilizados en la alimentación de los camarones, como es el caso del producto de soja. En este marco teórico, se aborda el diseño y la simulación de un proceso de llenado y vaciado del producto de soja en un silo, utilizando un controlador lógico programable (PLC) modelo S7-1500.

1.1 Descripción del problema

El llenado y vaciado de productos en un silo es una operación crucial en la industria de procesamiento de alimentos. En el caso específico de esta planta, el producto de soja es utilizado como parte de la alimentación para la producción de camarón. Es necesario diseñar y simular un sistema automatizado que permita un llenado eficiente y un vaciado preciso del producto de soja en el silo, garantizando así un suministro constante y adecuado para la producción de camarón.

Para lograr esto, se propone utilizar un PLC S7-1500, que es un controlador lógico programable avanzado y altamente confiable. El PLC será el encargado de controlar los diversos componentes y dispositivos necesarios en el proceso de llenado y vaciado, como las válvulas de entrada y salida, las bombas de transferencia, los sensores de nivel y los sistemas de medición y monitoreo.

El diseño y la simulación del proceso se llevarán a cabo utilizando software especializado, que permitirá modelar y simular el comportamiento del sistema antes de implementarlo físicamente. Esto ayudará a identificar posibles problemas o mejoras en el diseño antes de la implementación, ahorrando tiempo y recursos.

Algunos de los desafíos que podrían surgir en este proceso incluyen la coordinación precisa de los tiempos de llenado y vaciado, el control del nivel del producto en el silo para evitar desbordamientos o interrupciones en la producción, y la integración adecuada del PLC con otros sistemas de la planta.

En resumen, el problema descrito se centra en diseñar y simular un proceso de llenado y vaciado del producto de soja en un silo, utilizando un PLC S7-1500, con el objetivo

de garantizar un suministro eficiente y constante para la producción de camarón en una planta especializada en soluciones para esta industria.

1.2 Justificación del problema

1.2.1 Optimización de los procesos de producción:

La industria acuícola, en particular la producción de camarón requiere de un abastecimiento constante y eficiente de alimento para garantizar el crecimiento y la salud de los camarones en los criaderos. El diseño y la simulación de un proceso de llenado y vaciado del producto de soja en un silo permitirá optimizar este aspecto clave de la cadena de suministro de alimentos, asegurando una distribución precisa y oportuna de los recursos necesarios para la producción de camarón.

1.2.2 Automatización de tareas:

La implementación de un PLC S7-1500 en el proceso de llenado y vaciado del producto de soja en un silo ofrecerá la posibilidad de automatizar diversas tareas, lo que resultará en una mejora significativa en la eficiencia operativa y en la reducción de errores humanos. La automatización permitirá un control preciso de los tiempos, volúmenes y velocidades del llenado y vaciado, minimizando los tiempos de inactividad y optimizando la utilización de los recursos disponibles.

1.2.3 Control de calidad y trazabilidad:

La utilización de un PLC en el proceso de llenado y vaciado del producto de soja en un silo permitirá implementar sistemas de control y monitoreo continuo. Esto garantizará que se cumplan los estándares de calidad establecidos, evitando la contaminación y asegurando que los camarones reciban una alimentación adecuada y segura. Además, se podrá realizar un seguimiento preciso de los procesos, lo que facilitará la trazabilidad de los lotes de producto y contribuirá a la gestión eficiente de la planta.

1.2.4 Eficiencia energética y reducción de costos:

El diseño y la simulación adecuada del proceso de llenado y vaciado del producto de soja en un silo mediante un PLC S7-1500 permitirá optimizar el consumo de energía y reducir los costos asociados a la producción de camarón. El control preciso de los tiempos de llenado y vaciado, así como la regulación eficiente de los mecanismos de transporte, contribuirán a minimizar el desperdicio de energía y a maximizar la eficiencia del sistema en su conjunto.

En resumen, el diseño y la simulación mediante un PLC S7-1500 de un proceso de llenado y vaciado del producto de soja en un silo para una planta que ofrece soluciones para producción de camarón se presenta como una solución necesaria y estratégica para optimizar los procesos de producción, automatizar tareas, garantizar la calidad y trazabilidad, así como mejorar la eficiencia energética y reducir costos. Su implementación contribuirá significativamente al desarrollo sostenible de la industria acuícola y al éxito de la planta en la producción de camarón.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Diseñar un sistema de automatización industrial aplicado al proceso de llenado y vaciado de producto de soja en un silo para mejorar tiempos de producción mediante el uso de software de ingeniería.

1.3.2 Objetivos Específicos

1. Diagramar la arquitectura de red de comunicaciones empleando el software AutoCAD con el fin de presentar todos los dispositivos.
2. Realizar la programación del proceso de automatización empleando el software TIA Portal incluyendo la interfaz HMI.
3. Verificar el funcionamiento del sistema de automatización industrial mediante simulación en TIA Portal.
4. Elaborar la lista de señales y dispositivos que se implementaran en el diseño y simulación del proceso de llenado y vaciado de producto de soja.

1.4 Marco teórico

1.4.1 Automatización Industrial y PLC

La automatización industrial con el paso del tiempo se ha transformado en una herramienta que nos permite incrementar la eficiencia, reducir errores de los sectores industriales para mejorar la productividad. Los PLC también llamados Controladores Lógicos Programables son dispositivos que nos permiten controlar procesos en tiempo real. Están conformados por entradas y salidas digitales/analógicas, una CPU y se puede programar usando lenguajes de programación como Structured Text (ST), Fuction Block Diagram (FBD) y Ladder.

1.4.1.1 PLC S7-1500

Siemens Simatic S7-1500 es una serie de PLCs avanzados producidos por la marca alemana que vienen a sustituir a las series de PLCs S7-300 y S7-400 que están diseñados para aplicaciones en el sector industrial, puede realizar tareas grandes y complejas.

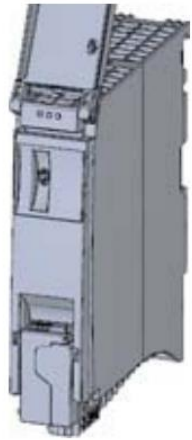





Figura 1. PLC S7-1500


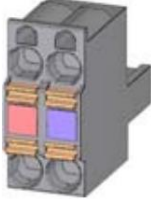

1.4.1.2 Partes del PLC S7-1500

En la siguiente tabla se muestra los principales componentes que conforman al PLC S7-1500.

TABLA 1. COMPONENTES DEL PLC S7-1500

Componente	Función	Figura
<p>Fuente de alimentación del sistema (PS)</p>	<p>El sistema se nutre a través de un módulo de alimentación diseñado para ser diagnosticado, el cual se enlaza al bus principal mediante un conector en forma de U. Esta fuente de energía resulta indispensable cuando la capacidad de la CPU para proporcionar energía en el bus principal resulta insuficiente para alimentar adecuadamente los diversos módulos conectados al sistema. Existen diversas opciones de fuentes de alimentación del sistema disponibles, cada una con sus propias variaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • PS 25W 24V DC • PS 60W 24/48/60V DC • PS 60W 120/230V AC/DC 	
<p>CPU</p>	<p>La Unidad Central de Procesamiento (CPU) lleva a cabo la ejecución del programa de usuario y, mediante la incorporación de una fuente de energía en el sistema, suministra electricidad a los componentes electrónicos de los módulos adicionales a través del bus principal. Además, existen otras cualidades y capacidades de la CPU:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Comunicación Ethernet • Comunicación vía PROFIBUS/PROFINET • Comunicación HMI • Servidor web integrado 	

	<ul style="list-style-type: none"> • Tecnología integrada • Diagnóstico de sistema integrado • Seguridad integrada 	
Módulo de periferia	<p>Los módulos de periferia actúan como la conexión entre el controlador y el proceso. A través de los sensores y actuadores que están enlazados, el controlador identifica la condición actual del proceso y activa las respuestas adecuadas. Estos módulos de periferia se dividen en las siguientes categorías:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Entrada digital (DI) - Salida digital (DQ) - Entrada analógica (AI) - Salida analógica (AQ) - Módulo tecnológico (TM) - Módulo de comunicaciones (CM) - Procesador de comunicaciones (CP) <p>Todos estos módulos de periferia incluyen un conector U como parte de su paquete de suministro.</p>	
Conector U	<p>El propósito del conector U es unir los módulos presentes en el sistema de automatización S7-1500. Este conector se encarga de establecer tanto la conexión física como la eléctrica entre los diversos módulos involucrados.</p> <p>El conector U está incluido en el volumen de suministro de todos los módulos (excepción: CPU) y puede pedirse como repuesto.</p>	

<p>Conector frontal</p>	<p>El enchufe frontal se utiliza para conectar los módulos periféricos. Para los módulos tecnológicos y analógicos, es necesario expandir el enchufe frontal con una sujeción de pantalla, un componente de alimentación y un sujetador de pantalla. Estos elementos están provistos junto con los módulos tecnológicos y analógicos, y también pueden solicitarse como complementos. El paquete que acompaña al enchufe frontal contiene 4 puentes y una abrazadera para los cables.</p>	
<p>Conector de 4 polos para tensión de alimentación de la CPU</p>	<p>En el estado de suministro, toda CPU lleva enchufado un conector de 4 polos.</p>	
<p>Fuente de alimentación de carga (PM)</p>	<p>Una fuente de energía de carga para el PLC S7-1500 es aquella que suministra energía sin utilizar un espacio en la configuración del sistema ni ser parte de su diagnóstico. Estas fuentes de energía de carga están disponibles en varias opciones, como:</p> <ul style="list-style-type: none"> • PM 70W 120/230V CA • PM 190W 120/230V CA 	

1.4.1.3 Descripción general del PLC S7-1500

TABLA 2. Características generales del PLC S7-1500

Rendimiento y Capacidades	<ul style="list-style-type: none"> • Tiene una gran capacidad de E/S y puede procesar aplicaciones industriales de gran complejidad. • Proporciona respuestas rápidas.
Comunicación	<ul style="list-style-type: none"> • Integración con redes industriales como PROFIBUS y PROFINET. • Permite comunicarse con cualquier dispositivo de la planta.
Seguridad integrada	<ul style="list-style-type: none"> • Cumple estándares de seguridad industrial para máquinas y sistemas.
Diagnóstico y mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Permite la detección de fallas tempranas y aplicar medidas correctivas.
Programación y desarrollo	<ul style="list-style-type: none"> • Permite lenguajes de programación estándar como IEC 61131-3 en donde se incluye lenguajes de programación como Ladder, Function Block Diagram (FBD) entre otros.
Expansión y flexibilidad	<ul style="list-style-type: none"> • Permite la expansión mediante módulos adicionales y tarjetas de expansión los cuales ayudan a adaptarse a las necesidades cambiantes del sistema.
Aplicaciones típicas	<ul style="list-style-type: none"> • Sectores industriales de fabricación, procesamiento y automatización. • Maquinaria automatizada y sistemas de manipulación.

1.4.2 Proceso de llenado y vaciado de producto de soja en un silo:

El llenado y vaciado de un silo es un proceso crítico en la manipulación de productos a granel. En el caso de la producción de camarón, el producto de soja es utilizado como parte de la alimentación, y su almacenamiento adecuado en el silo es fundamental. El diseño del proceso implica la implementación de dispositivos y sistemas de control que permitan el llenado controlado del silo con el producto de soja, así como su vaciado en los momentos requeridos.

1.4.3 Diseño del proceso:

El diseño del proceso de llenado y vaciado del producto de soja en el silo requiere la identificación y selección de los componentes y dispositivos necesarios. Estos incluyen sensores de nivel, válvulas de control, sistemas de transporte, bombas y el PLC S7-1500. Además, se deben considerar los aspectos de seguridad, como la protección contra sobrecargas y la prevención de derrames.

1.4.3.1 *Automatización Industrial*

Es una herramienta a través de la cual los procedimientos de fabricación emplean los avances en la informática para supervisar los factores que influyen en la entrada, el proceso y los resultados que dirigen el funcionamiento del sistema de producción. Esto implica que los procedimientos, las maquinarias y los materiales son regulados mediante software con el propósito de alcanzar los estándares de calidad y cantidad requeridos por el cliente o usuario, con el fin de lograr costos operativos competitivos. Acuña-A., J. E. (2016)

1.4.3.2 *Redes de comunicación industrial*

Las redes de comunicación industrial son creadas y estructuradas para gestionar el control en tiempo real y la integridad de la información al ser instaladas en amplias instalaciones industriales que pueden operar en condiciones desafiantes. Independientemente del tipo de conexión empleado, ya sea cobre, coaxial, fibra óptica o inalámbrica, estas redes posibilitan el intercambio de volúmenes significativos de datos dentro

de un ancho de banda limitado. Existen diversas maneras de establecer una infraestructura de comunicación según los protocolos requeridos por los controladores digitales, los dispositivos de terreno, el software de automatización empleado y los sistemas externos (Sicma21, 2021).

1.4.3.3 Variador de frecuencia

Los convertidores de frecuencia o variadores son dispositivos ubicados between la fuente de poder eléctrica y los motores eléctricos. Su función radica en controlar la velocidad de rotación de los motores de corriente alterna (CA).

Comúnmente, nos referimos a estos dispositivos como VFD por sus iniciales en inglés, que provienen de "variable frequency drive", que podría traducirse literalmente como "dispositivo regulador de frecuencia variable". No obstante, también se emplean otros términos en el mercado, como VSD (variable speed drive o dispositivo regulador de velocidad variable) o ASD (adjustable speed drive o dispositivo ajustable de velocidad), que en español se conoce como "accionamiento de velocidad variable".

Al ajustar la frecuencia de la electricidad suministrada al motor, el variador de frecuencia logra proporcionar al motor la electricidad necesaria, previniendo la pérdida de energía y, en esencia, optimizando el consumo. (S&P, S&P, 2023)

1.4.3.4 Silo

Los silos son recipientes de considerable tamaño, a menudo en disposición vertical, que tienen la capacidad de ser sellados de manera airtight. Su función principal es el almacenamiento y preservación de diversos productos, siendo su uso más común para alimentos, bebidas, granos y forraje. Los silos pueden presentar variaciones en su dimensión, así como en su estructura y en el material empleado en su

construcción. Pueden adoptar formas cilíndricas, rectangulares e incluso cuadradas, según la variante. (Acura, 2023)



Figura 2. Silos cilíndricos

En resumen, un silo tipo iglesia es una estructura de almacenamiento que se asemeja a una iglesia en su forma, y su diseño puede combinar tanto una funcionalidad práctica como un impacto visual en su entorno. Estos silos son ejemplos de cómo la arquitectura y la ingeniería pueden fusionarse para crear soluciones de almacenamiento que también tengan un valor estético y cultural.

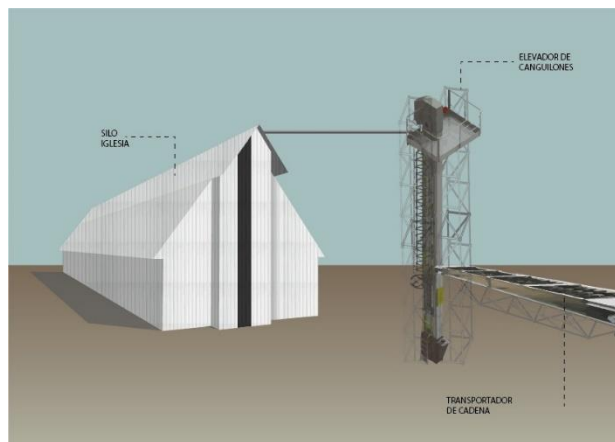


Figura 3. Silo tipo Iglesia

1.4.3.5 **PROFINET**

PROFINET (PROcess FIEld NETwork) representa un protocolo de comunicación originado por la entidad PROFIBUS & PROFINET International (PI). Su concepción radica en enlazar dispositivos industriales con diversas categorías de maquinaria productiva, incluyendo motores, sensores y otros componentes electrónicos. La característica distintiva del protocolo es su independencia de

fabricante, lo que implica que aparatos de distintas marcas tienen la capacidad de interoperar sin dificultades. Adicionalmente, se ha optimizado el protocolo con el propósito de brindar un rendimiento sobresaliente mediante innovaciones tales como la detección automática de dispositivos, herramientas de diagnóstico de alta complejidad y una recuperación veloz ante posibles fallos. Estas atribuciones convierten a las infraestructuras basadas en PROFINET en la elección ideal para los entornos industriales contemporáneos. (Profibus, 2023)

1.4.3.6 *Motor eléctrico trifásico*

El motor trifásico debe el término a que se alimenta de energía eléctrica trifásica.

El empleo del motor trifásico es ampliamente difundido en aplicaciones dirigidas hacia instalaciones industriales o comerciales. Esto se debe, en parte, a que suelen ser más compactos y fáciles de gestionar en comparación con los motores monofásicos de igual capacidad.

La capacidad del motor trifásico varía según su utilización y se manufacturan en una amplia gama de capacidades, expresadas en kilovatios o caballos de fuerza. Mayormente están diseñados para propulsar maquinarias como bombas, montacargas, ventiladores, grúas, elevadores, y otros dispositivos similares. (S&P, S&P, 2019)



Figura 4. Motor Trifásico

1.4.3.7 *Transportador de cadena*

Los transportadores de cadena son dispositivos robustos y de larga duración que tienen la función de desplazar productos a lo largo de una línea de fabricación. Estas cintas resultan ideales para el traslado de numerosos artículos y se emplean principalmente en el movimiento de paletas, contenedores industriales u otros objetos con una base resistente en la parte inferior. Su aplicación principal se encuentra en entornos industriales y comerciales como almacenes, instalaciones de fabricación de automóviles y puntos de distribución. (Jocar, 2021)



Figura 5. Transportador de cadena

1.4.3.8 *Elevador de cangilones*

El sistema de transporte mediante elevador de cangilones desempeña un papel esencial en instalaciones donde se manejan sustancias a granel, como granos, pequeños fragmentos en posición vertical u oblicua, así como partículas de talco granulado, entre diversos materiales. En estas circunstancias, es vital mantener un flujo constante de transporte sin interrupciones entre las etapas de carga y descarga. (Meprosa, 2018)



Figura 6. Elevador de cangilones

1.4.3.9 *Electroválvula*

Cuando mencionamos una electroválvula, estamos haciendo alusión a un aparato electromecánico elaborado para regular el paso del flujo en un conducto. Generalmente, cuenta únicamente con dos estados posibles: abierto o cerrado. Este tipo de válvulas se activa gracias a una bobina solenoide, lo cual las distingue de las válvulas motorizadas que utilizan un motor para operar su mecanismo y lograr distintas posiciones de apertura o cierre. (Arco, 2020)

1.4.3.10 *Totally Integrated Automation (TIA) Portal*

TIA Portal constituye un programa que fusiona todos los elementos de las máquinas con el propósito de supervisar procesos y acciones. Dado que es una aplicación modular, es factible incorporar nuevas capacidades que se ajusten a los requisitos de la situación. Resulta especialmente apropiado para dispositivos que emplean el S7-1200 y S7-1500. Es innegable que los recientes paneles tienen un rendimiento optimizado al trabajar con este software. Adicionalmente, se facilita la transición de proyectos que involucren sistemas ya establecidos. (Autycom, 2022)

1.4.4 Simulación del Proceso:

La simulación del proceso de llenado y vaciado del producto de soja en el silo permite evaluar y validar el diseño del sistema antes de su implementación en la planta. Se utilizan herramientas de software especializadas que permiten modelar y simular el comportamiento del proceso, teniendo en cuenta las interacciones entre los dispositivos y las variables de control. Esto ayuda a identificar posibles problemas o mejoras antes de la puesta en marcha real del sistema.

1.4.4.1 Sistema HMI

HMI representa las iniciales de Interfaz Humano-Máquina, que se refiere a una interfaz de usuario o a un panel de control que integra tanto componentes de software como hardware. Su propósito radica en facilitar la comunicación entre operadores y sistemas, así como máquinas, posibilitando una interacción efectiva entre ellos. (Sicma21, 2021).



Figura 7. HMI Siemens

1.4.4.2 Sistema SCADA

SCADA, un término que proviene del inglés Supervisory Control and Data Acquisition, se traduce al español como Control de Supervisión y Adquisición de Datos. En esencia, se trata de un sistema que captura

información proveniente de sensores distribuidos en diversos puntos de una fábrica, planta u otras locaciones remotas. Estos datos son posteriormente transmitidos a una computadora central a través de un sistema de comunicación designado para su gestión y regulación. La efectividad de un sistema SCADA está directamente vinculada al empleo de tecnología confiable y comprobada, así como a la capacitación exhaustiva del personal involucrado en su operación. (Sicma21, 2021)



Figura 8. Sistema SCADA

1.4.4.3 *Diferencias entre HMI y SCADA*

TABLA 3. DIFERENCIAS ENTRE HMI Y SCADA

HMI	SCADA
Es un equipo de monitoreo que muestra el estado de la maquina	Es una aplicación o sistema utilizado para la recopilación en tiempo real de datos de una o más ubicaciones remotas.
Utilizado por operarios y supervisores de línea para controlar y coordinar procesos industriales y de fabricación	Los sistemas SCADA necesitan de HMI para poder visualizar información de producción
Es un componente de monitoreo y control en un sistema SCADA	Permite importar o exportar datos a aplicaciones externas como Excel
Usualmente la HMI se instala cerca de la maquina lo más cerca posible.	Es un sistema flexible y escalable

1.4.5 Beneficios y Aplicaciones:

La implementación de un proceso de llenado y vaciado controlado del producto de soja en un silo mediante un PLC S7-1500 ofrece numerosos beneficios. Entre ellos se encuentran la optimización de recursos, la reducción de costos, la mejora en la calidad del producto y la automatización de tareas repetitivas. Además, este enfoque puede ser aplicado en otras plantas de producción de camarón u otros sectores de la industria alimentaria que requieran el manejo eficiente de productos a granel.

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

2.1 Método de investigación

2.1.1 Investigación bibliográfica

Fue necesario la revisión bibliográfica a través de motores de búsqueda destinados a artículos científicos de la Revista CIES, ACIMED, entre otras, por medio de los tópicos de interés: automatización, control automático y demás temas afines. De este modo se recopiló artículos científicos, tesis de postgrado, informes técnicos y documentos varios que brindarán distintos puntos de enfoque al problema planteado.

2.2 Tipo de investigación

2.2.1 Tipo preexperimental

En esta investigación se pretende diseñar y simular un sistema automatizado de llenado y vaciado de un silo a través de la toma de datos en campo y procesamiento de estos, para definir estrategias de diseño, con el fin mejorar el sistema de automatización que se refleja directamente en los costos de producción.

2.2.2 Tipo prospectivo

Los datos que son requeridos para el desarrollo de esta investigación son tomados directamente, mediante la planificación previa considerando el sesgo de la medición.

2.2.3 Tipo transversal

Los datos fueron medidos un cierto periodo de tiempo, es decir, en un momento único determinado, pero su influencia puede verse reflejada a lo largo del tiempo, la flexibilidad de considerar múltiples variables juntas como una constante, con una sola variable como foco del estudio transversal.

2.3 Esquema metodología empleada:

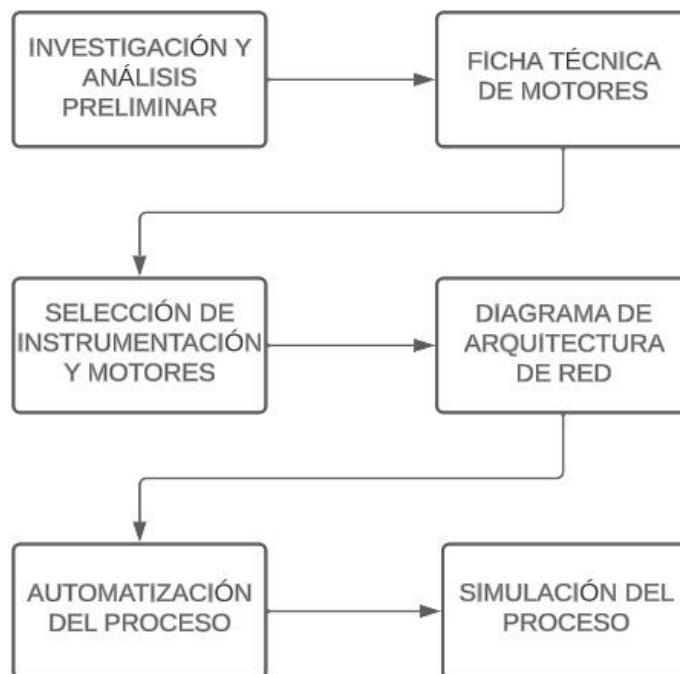


Figura 9. Esquema de metodología aplicada en este proyecto

2.4 Análisis preliminar

El proceso general del recorrido del producto de soja se divide en llenado y vaciado, con las cuales se especifica la llegada del producto a las secciones del silo y la descarga de este para enviarlo al edificio principal de producción.

2.4.1 Llenado de producto

El producto de soja entra en el proceso de llenado del silo iglesia una vez que se coloca en la plataforma de descarga. A continuación, se transporta mediante el uso del transportador de cadena EQ-100 hasta que se eleve mediante el elevador de cangilones EQ-101. Posteriormente, el producto se distribuye utilizando otro transportador de cadena, EQ-102, hasta llegar al punto de descarga en la banda transportadora EQ-103. Mediante el trip runner EQ-104, se deposita el producto en la sección específica del silo que ha sido designada previamente por el operador al inicio del procedimiento.

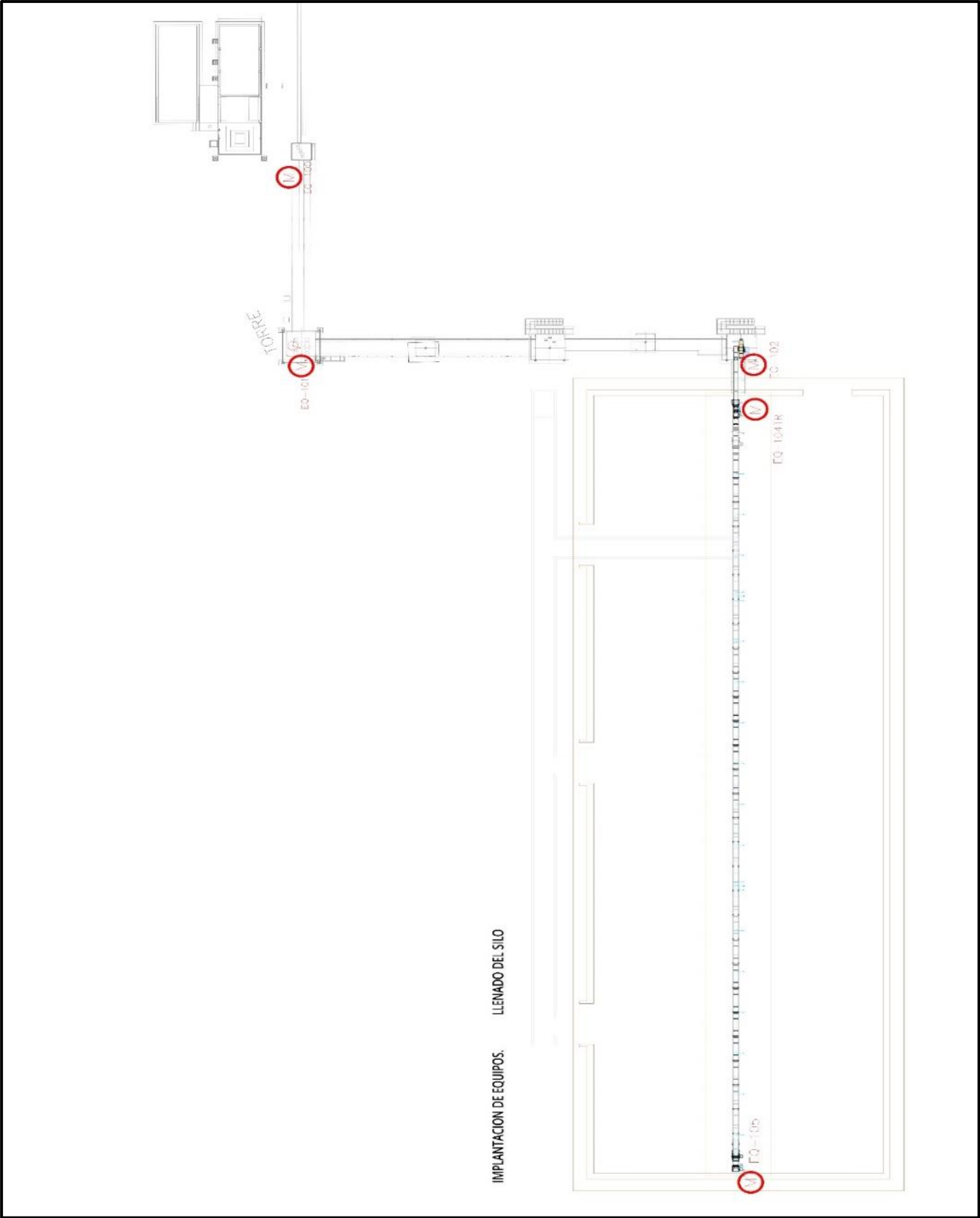


Figura 10. Canalización de llenado de silo

2.4.2 Vaciado de producto

Para el proceso de descarga de la soja, desde el silo iglesia hacia el proceso principal de producción, se deberá seleccionar por parte del operador el silo y sección desde donde se desea realizar la descarga. Confirmada la ruta, el operador descargará a través de las compuertas eléctricas (EQ-108, EQ109, EQ110) el producto que se transportará por los equipos EQ-105, EQ-106 y EQ-107 para llegar a los transportadores de cadena EQ-111 y EQ-112 que llevarán el producto hasta el elevador de cangilones EQ-113. Finalmente, el producto llega al elevador de cangilones EQ-113, para trasladarlo hacia la rastra de salida EQ-114 descargando sobre la rastra EQ-115 que lo transporta hacia el dilo pulmón 076 del edificio principal.

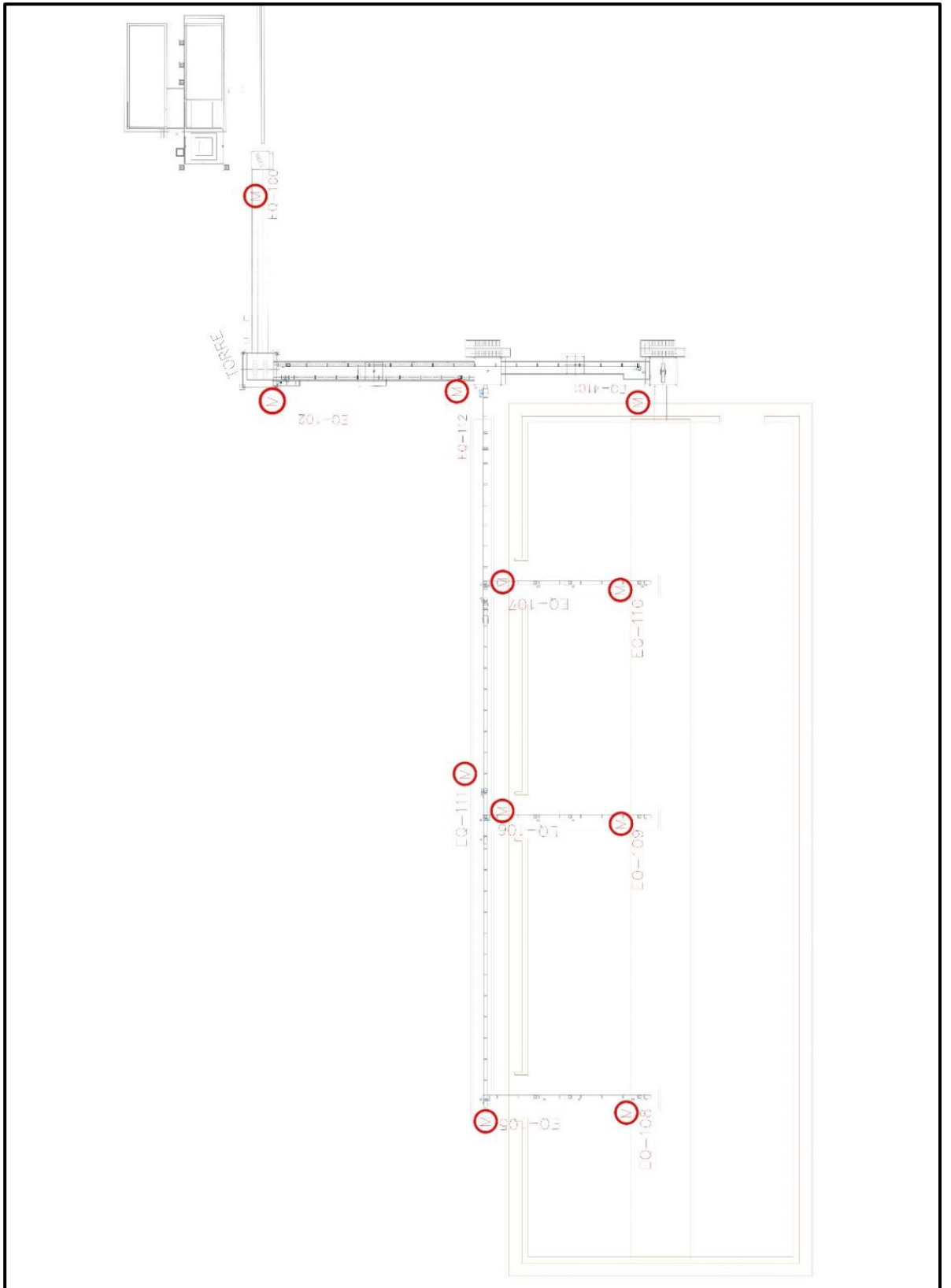


Figura 11. Canalización de vaciado de producto

2.5 Material Granulado

La inclusión de harina de soja en la elaboración de piensos equilibrados para camarones es una práctica común debido a su contenido rico en proteínas y aminoácidos de alta calidad. No obstante, es esencial someter la harina de soja a un procesamiento y formulación adecuados para atender las necesidades nutricionales de los camarones y asegurar que las partículas sean apropiadas para su consumo.

2.5.1 Tamaño de las partículas:

El tamaño de las partículas de harina de soja en la dieta equilibrada para camarones desempeña un papel crucial, ya que impacta la facilidad de digestión y la aceptación del alimento. En términos generales, se persigue que las partículas tengan un tamaño suficientemente pequeño para que los camarones las ingieran sin dificultad, pero no tan pequeño que se disuelvan rápidamente en el agua. Por lo general, el tamaño de las partículas fluctúa en el rango de 100 a 800 micrómetros, dependiendo del tamaño de los camarones y las preferencias particulares de la especie bajo cultivo.

2.5.2 Densidad:

La densidad de la harina de soja puede oscilar según elementos como la humedad y la compresión durante la etapa de producción. Sin embargo, por lo general, la densidad de la harina de soja se encuentra alrededor de 600 a 700 kg/m³.

2.6 Selección de equipos:

El cliente CITELL S.A. nos proporcionó un listado de equipos con su respectiva ficha técnica para realizar la selección de estos en cada tramo del recorrido de llenado y vaciado del producto de soja. Se determinó que será preciso emplear una combinación de equipos, como transportadores de cadena, elevadores de cangilones, bandas transportadoras, compuertas eléctricas y un trip runner.

2.6.1 Transportador de cadena

El transportador de cadena que se seleccionó como EQ-100, EQ-105, EQ-106, EQ-107, EQ-114 y EQ-115 es el TCA.120 ya que tiene una longitud de 23m ideal para los tramos en los que se requiere un transportador de cadena, por los cálculos efectuados por el cliente, la potencia instalada será de 5.5kW. Véase las especificaciones en la tabla 8 de anexos.

2.6.2 Elevador de cangilones

El elevador de cangilones se seleccionó como EQ-101 y EQ-113 ya que cuenta con una altura de 17m ideal para los dos tramos en los que se requiere subir el producto, por los cálculos efectuados por el cliente, la potencia instalada será de 9.2kW. Véase las especificaciones en la tabla 9 de anexos.

2.6.3 Banda transportadora

La banda transportadora que se seleccionó como EQ-103 es la TNM.450340.T ya que cuenta con una longitud de 97m que servirá para que el producto pueda llegar a las tres secciones del silo, por los cálculos efectuados por el cliente, la potencia instalada será de 7.5kW. Véase las especificaciones en la tabla 10 de anexos.

2.6.4 Trip runner

El trip runner que se seleccionó como EQ-104 cumple con la función de que el producto caiga a la sección elegida por el operador, por los cálculos efectuados por el cliente, la potencia instalada será de 7.5kW. Véase las especificaciones en la tabla 11 de anexos.

2.6.5 Compuerta eléctrica

La compuerta eléctrica que se seleccionó como EQ-108, EQ-109 y EQ-110 es la QVE.500 que es la que generalmente se usa cuando hay una sección de 50x50cm, la potencia del accionamiento será de 0.55kW. Véase las especificaciones en la tabla 12 de anexos.

2.7 Sensores que se usarán para cada equipo:

2.7.1 Transportador de cadena

Cada transportador de cadena consta de:

- (1) sensor de velocidad mínima (SS)
- (1) sensor de sobre flujo (FS)
- (1) seccionador con contacto NO (HSO) y NC (HSC)

El sensor de velocidad (SS) indica la velocidad mínima de operación la cual se determina en las pruebas de operación y el sensor de sobre flujo (FS) detecta posibles atascos en el transportador en caso de acumulación de producto.

Por otro lado, el juego de sensores de temperatura (TT) permite controlar el sobrecalentamiento de los cojinetes.

Estos transportadores de cadena son controlados a través de un variador de frecuencia.

2.7.2 Compuertas eléctricas

Cada compuerta eléctrica consta de:

- (2) sensores de posición (ZSO y ZSC)
- (1) seccionador con contacto NO (HSO) y NC (HSC)
- (1) transmisor de corriente

Los sensores de posición verifican la apertura y cierre de la compuerta y el transmisor de corriente monitorea el consumo en [A] del motor.

Estos equipos son controlados a través de un arranque directo con marcha y reversa.

2.7.3 Elevador de cangilones

Cada elevador consta de:

- (1) sensor de velocidad mínima (SS)
- (2) switches de alineamiento (ZS)
- (1) seccionador con contacto NO (HSO) y NC (HSC)

El sensor de velocidad (SS) indica la velocidad mínima de operación la cual se determina en las pruebas de operación y los sensores de alineamiento (ZS) en

la parte superior e inferior del elevador para detectar cualquier desalineación o desviación de los cangilones.

Estos elevadores de cangilones son controlados a través de un variador de frecuencia.

2.7.4 Banda transportadora

La banda transportadora consta de:

- (1) sensor de velocidad mínima (SS)
- (4) switches de alineamiento (ZS)
- (1) seccionador con contacto NO (HSO) y NC (HSC)

El sensor de velocidad (SS) indica la velocidad mínima de operación la cual se determina en las pruebas de operación y los sensores de alineamiento (ZS) a lo largo de la banda para detectar cualquier desalineación o desviación de la cadena.

El transportador de cadena del sistema tripper es controlado a través de un variador de frecuencia.

2.7.5 Transporte tripper

El transporte del sistema tripper consta de:

- (1) encoder incremental (PC)
- (1) resistencia de frenado (BR)
- (1) seccionador con contacto NO (HSO) y NC (HSC)

El encoder incremental (PC) proporciona información precisa sobre la posición del carro y la resistencia de frenado (BR) para detener el movimiento del carro de manera segura y controlada.

El transporte del sistema tripper es controlado a través de un variador de frecuencia.

2.8 Arquitectura de control:

2.8.1 Diagrama de flujo

Para entender el proceso de llenado y vaciado se realizó un diagrama de flujo en el cual se indican las opciones que tendrá el operador en el HMI:

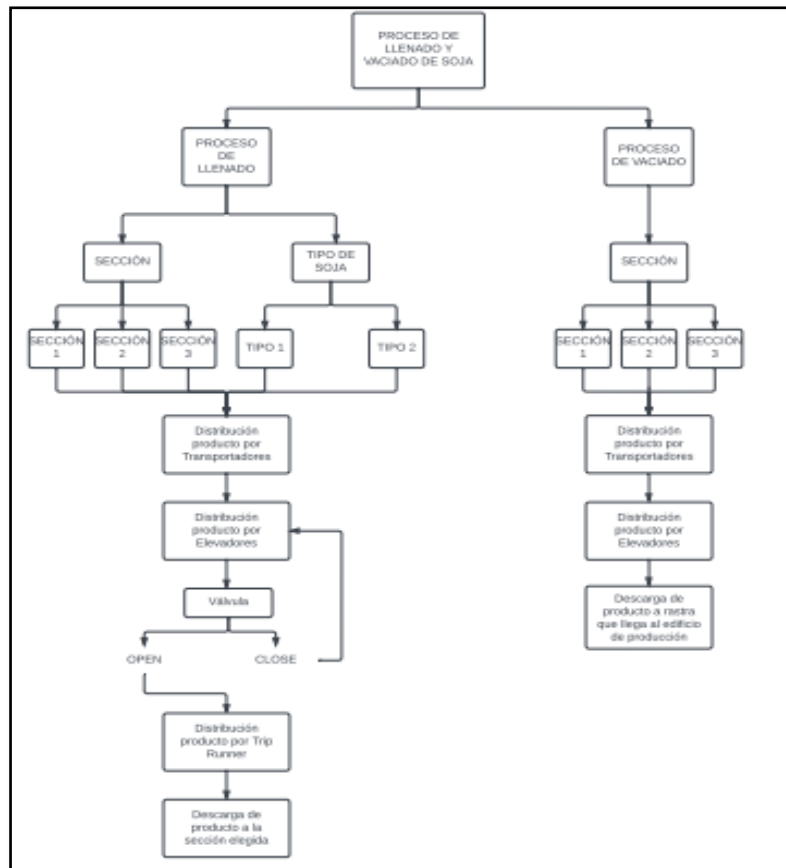


Figura 12. Diagrama de flujo del proceso

2.8.2 Diseño de red

La red industrial está conformada por el PLC serie S7-1500, el software TIA Portal para realizar la programación y simulación del proceso de llenado y vaciado de un silo, además del HMI en el TP900 COMFORT realizada en TIA Portal y la comunicación con los variadores Sinamics de Siemens.

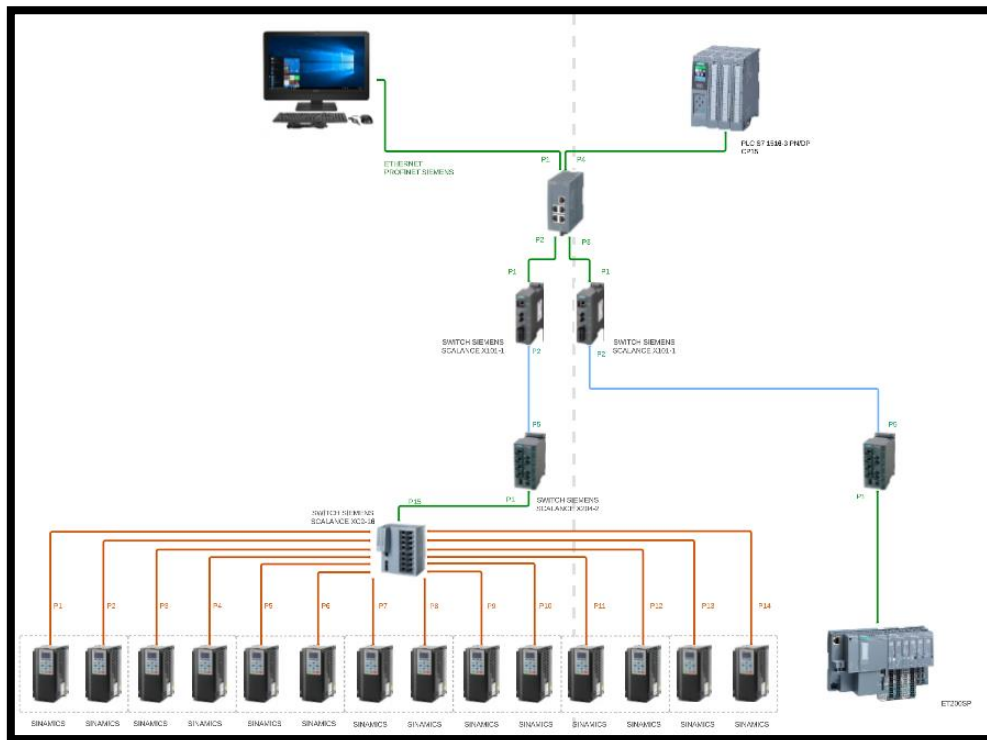


Figura 13. Arquitectura de Red

2.8.3 HMI

En la figura 14 se observa un bosquejo del proceso del llenado y vaciado del producto de soja con los respectivos nombres de los motores.

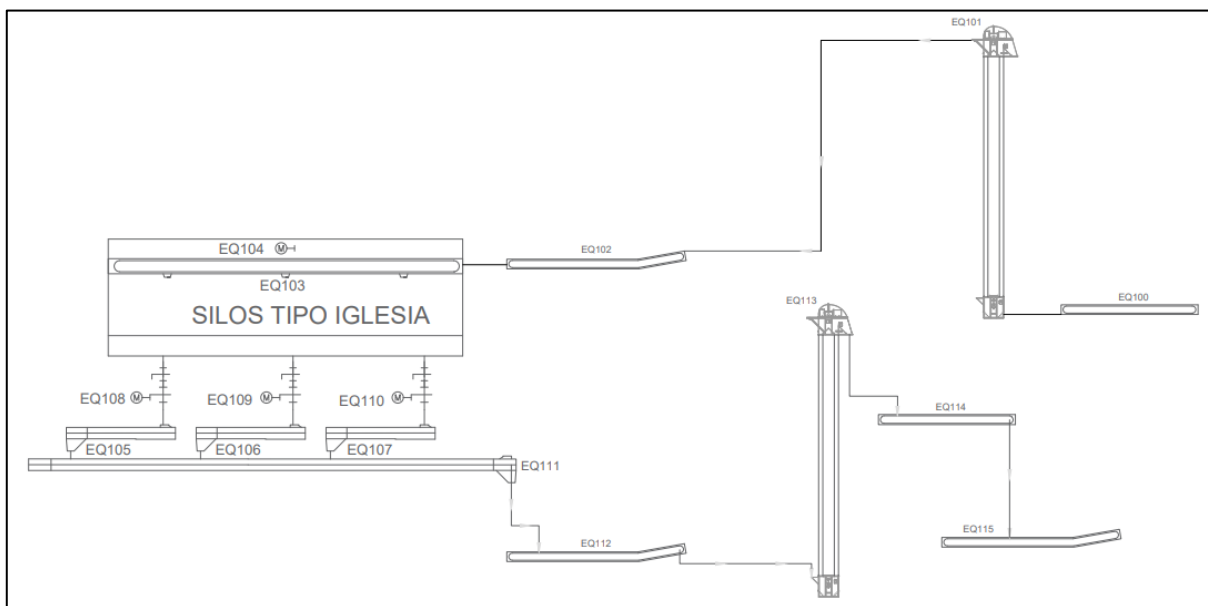


Figura 14. Diseño del proceso de llenado y vaciado en HMI

TABLA 4. ÍTEMS DE LA PANTALLA DEL HMI

<i>Item</i>	<i>Descripción</i>
1	Encendido del sistema automático
2	Encendido del proceso de llenado
3	Encendido del proceso de descarga
4	Estado de los motores
5	Elección de sección a llenar o vaciar
6	Encendido de motores
7	Parada de motores

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

El sistema SCADA despliega su función como un centro de control centralizado que vigila y dirige de manera altamente efectiva la totalidad del proceso de producción. Mediante el uso de sensores y dispositivos enlazados a lo largo de distintas fases del proceso, el SCADA recolecta información en tiempo real, la cual posteriormente se canaliza hacia el HMI. En esta interfaz, los datos se presentan de manera nítida y fácil de entender para los operadores y el equipo de dirección.

3.1 Programación del proceso de llenado y vaciado

3.1.1 Proceso de llenado

En la planificación del proceso de llenado automatizado, se emplean dos variables fundamentales: "automático" y "llenado" para iniciar el procedimiento. De manera secuencial, se activa inicialmente el motor EQ-100, y después de un lapso de 5 segundos, se ponen en marcha los motores EQ-101, EQ-102, EQ-103, EQ-104 y EQ-105. Dentro de este proceso, se contemplan tres variables que determinan la sección en la que el producto será direccionado. Para una referencia visual más detallada, se pueden consultar las figuras 22, 23, 24, 25 y 26 en los anexos.

3.1.2 Proceso de vaciado

En el proceso automatizado de descarga del producto de soja, se requiere inicialmente la activación de las variables correspondientes a la automatización y a la descarga, con el fin de dar inicio al procedimiento. Posteriormente, según la sección específica que el operador necesite para efectuar la descarga del producto, se procede a activar las válvulas respectivas: EQ-108, EQ-109 y EQ-110. Luego de transcurrir cinco segundos, se ponen en marcha los motores de las rastras asignadas a cada sección, es decir, EQ-105, EQ-106 y EQ-107. Adicionalmente, se activan los motores correspondientes a las rastras EQ-111 y EQ-112, así como al elevador de cangilones EQ-113. Finalmente, se procede a

encender los motores de las últimas rastras, EQ-114 y EQ-115, encargadas de distribuir el producto al edificio principal de producción. Para una representación visual, consultar las figuras 27, 28, 29, 30, 31 y 32 en los anexos.

3.2 Beneficios del proyecto

3.2.1 Automatización Precisa

Un PLC S7-1500 es un controlador industrial de alto rendimiento que permite una automatización precisa y confiable del proceso de llenado y vaciado. Puede ejecutar secuencias de control con alta precisión, lo que asegura que el proceso se realice de acuerdo con los parámetros establecidos.

3.2.2 Monitoreo en tiempo real

El PLC permite el monitoreo en tiempo real de diversos parámetros y variables del proceso. Esto facilita la detección temprana de problemas o desviaciones, lo que a su vez permite tomar medidas correctivas de manera oportuna.

En las HMI realizadas en el proyecto se puede llevar el monitoreo del estado del Silo y cada una de sus secciones, se puede controlar la carga y descarga de la soja hacia el edificio de producción en donde se elabora el balanceado de camarón.

A continuación, se describen las interfaces visuales disponibles en el HMI:

La figura 15 ilustra la ventana principal que exhibe el título del proyecto y presenta un botón para acceder a la pantalla del menú de control.

En la figura 16 se representa un cuadro en el cual es posible elegir entre el modo automático o el manual.

La figura 17 exhibe el proceso automatizado de carga y descarga del producto de soja. En esta pantalla se muestran indicadores luminosos que señalan el estado encendido o apagado de los motores correspondientes a cada tramo del recorrido. Además, se visualiza un porcentaje que indica el nivel de llenado de las secciones del silo, junto con botones para llevar a cabo las acciones de llenado, vaciado y detención del proceso.

En la figura 18 se representa el proceso manual en el que tenemos botoneras para encender y apagar los motores de cada tramo, así como, leds que señalan el estado de estos.



Figura 15. Ventana principal HMI

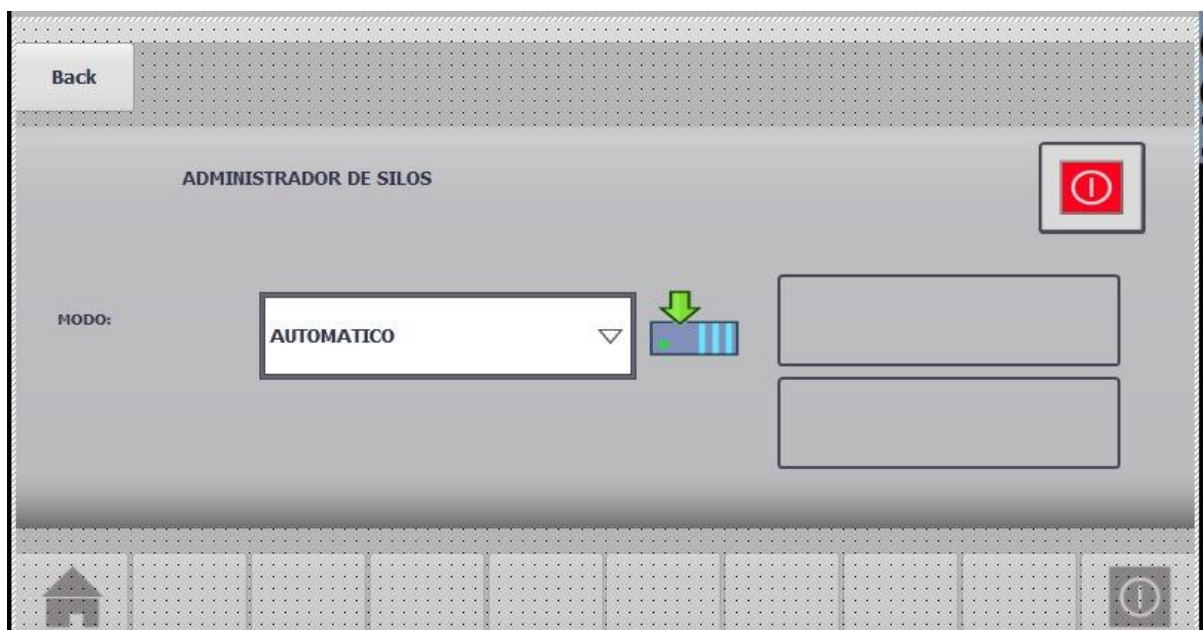


Figura 16. Ventana de menú principal

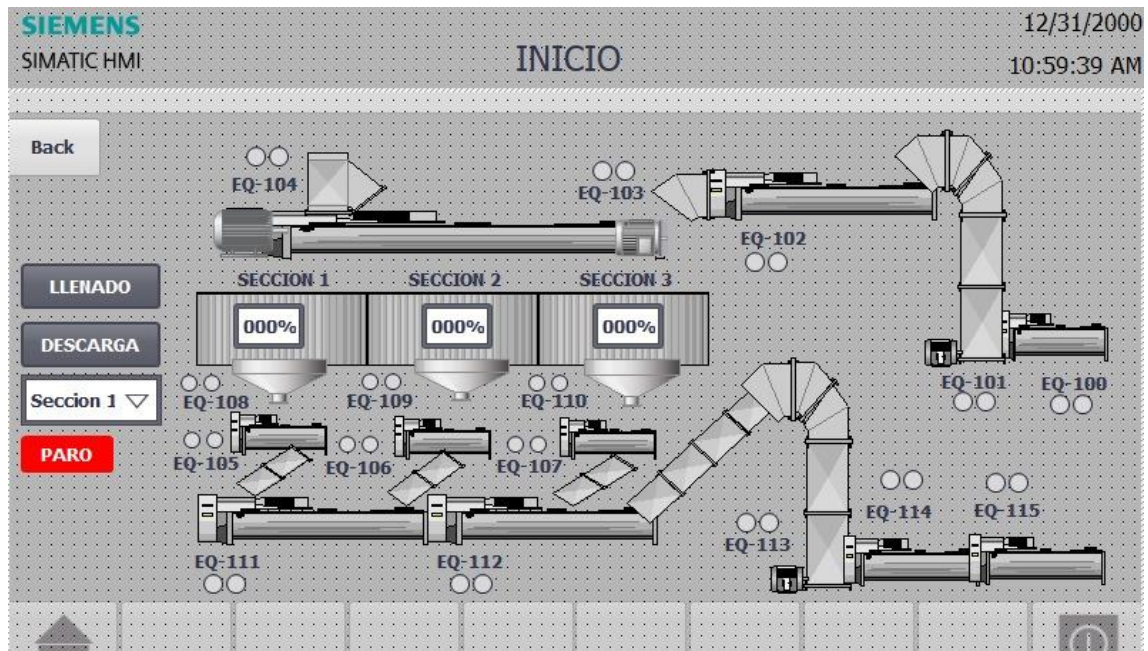


Figura 17. Ventana de control automático

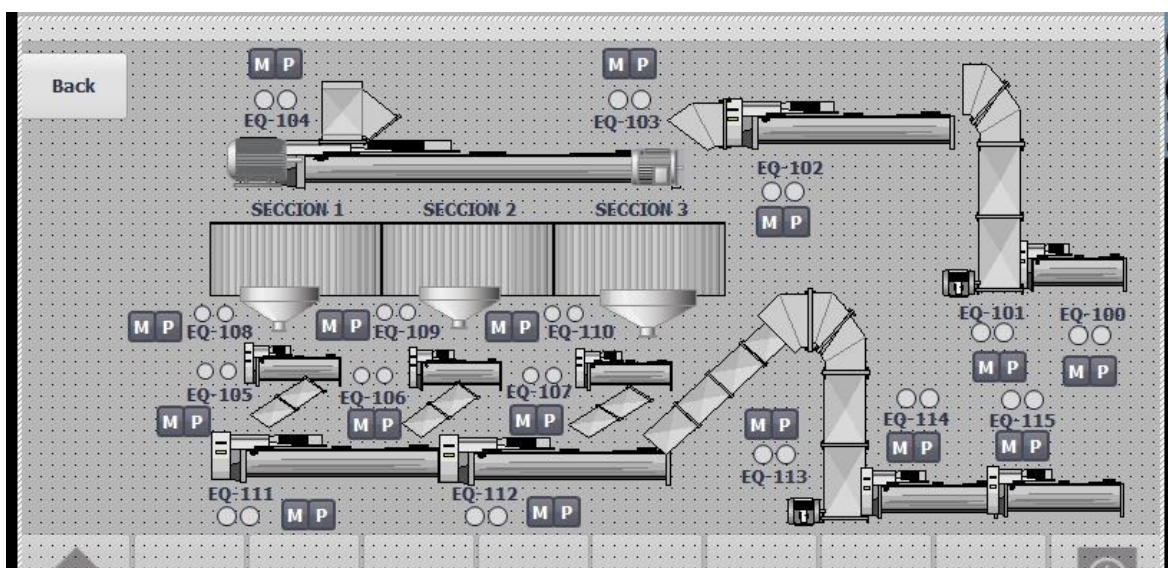


Figura 18. Ventana de control manual

3.3 Coste de materiales y recursos software

El objetivo de este capítulo es conocer el presupuesto tanto de materiales y mano de obra que se necesitarían para desarrollar el proyecto.

A continuación, se realiza el detalle los precios de los materiales que se necesitan (hardware y software), cabe recalcar que los precios son referenciales y fueron obtenidos por distribuidore como Siemens, Sumelec y Electrolég.

TABLA 5. LISTA DE MATERIALES DEL PROYECTO PARA IMPLEMENTARLO

Unidades	Descripción	Referencia	Precio (\$)
1	Perfil de soporte S7-1500, 482 mm	6ES7590-1EA80-0AA0	30.22
1	Fuente de alimentación PM1507, 3A, 24 VDC	6EP1332-4BA00	109.70
1	CPU 1513-1PN	6ES7 1513-1AL00-0AB0	1610.49
1	Micro Memory Card, 12 MB	6ES7 954-8LF03-0AA0	253.58
1	SIMATIC DP CPU 1510SP F-1 PN	6ES7510-1SK03-0AB0	945.13
2	SIMATIC ET 200SP DI 16x 24V DC ST	6ES7131-6BH01-0BA0	130
3	SIMATIC ET 200SP Base Unit Typ A0	6ES7193-6BP00-0DA0	30
1	Siemens SIMATIC ET 200SP Base Unit Typ A0	6ES7193-6BP20-0BA0	25
1	SIMATIC ET 200SP DQ 16x24VDC/0,5A ST	6ES7132-6BH01-0BA0	120
1	SIMATIC ET 200SP AI 2x U/I 2-/4-Wire HS	6ES7134-6HB00-0DA1	287
13	PM SINAMICS G-120	6SL3224-0BE13-17UA0	1302
100	Metro de cable profinet	6XB1870-2B	2.30
20	Conector Profinet Fast Connect	6GK1901-1BB10-2AA0	17.80
1	SIMATIC HMI TP900 Comfort	6AV2124-0JC01-0AX0	1825
1	SCALANCE XC216	6GK5216-0BA00-2AC2	685.60
TOTAL			25039..72
TOTAL (IVA Incluido)			28044.50

3.4 Coste de mano de Obra

Los costes en este apartado son relativos ya que depende del tiempo de ejecución del proyecto, montaje y creación de la memoria técnica detallada.

TABLA 6. COSTE DE MANO DE OBRA DEL PROYECTO

Descripción	Coste por Hora (\$)	N° de Horas	Precio (\$)
Desarrollo del Proyecto	15	150	2250
Redacción de Memoria	5	40	200
TOTAL			2450
TOTAL (IVA Incluido)			2744

3.5 Coste total

El coste total para desarrollar el sistema SCADA del proceso de llenado y vaciado del Silo sería:

TABLA 7. COSTE TOTAL DEL PROYECTO

Concepto	Precio (\$)
Materiales	28044.50
Mano de Obra	2744
TOTAL PROYECTO	30788.48

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

4.1 Conclusiones

- a) La utilización de un PLC S7-1500 proporciona un nivel de control y monitorización en tiempo real que permite una gestión más precisa de todo el proceso. La simulación previa del proceso brinda la oportunidad de identificar posibles problemas o cuellos de botella, lo que conduce a la optimización del diseño y la prevención de posibles fallos en la operación real ya que se puede monitorear cada etapa del proceso de llenado y vaciado. Esto contribuye no solo a mejorar la calidad del producto final, sino también a reducir los tiempos de producción y minimizar desperdicios.
- b) La implementación de un sistema SCADA puede mejorar la seguridad en el proceso. Los operadores pueden supervisar condiciones potencialmente peligrosas y tomar medidas correctivas de inmediato gracias a las diferentes pantallas que se puede monitorear en el HMI.
- c) Se diagramo con éxito todos los equipos necesarios para diseñar la arquitectura de red del proceso de llenado y vaciado además se obtuvo un costo referencial de \$30778.48 que incluyen materiales y la mano de obra.
- d) Se realizó exitosamente la programación en TIA Portal correspondiente al encendido automático y manual de los motores que están involucrados en cada etapa del proceso donde podemos controlarlos mediante el sistema SCADA y monitorearlo a través del HMI.
- e) Un sistema automatizado trae muchos beneficios al sector industrial del almacenaje de granos y alimentos mediante silos ya que podemos controlar con precisión la carga y descarga.

4.2 Recomendaciones

- a) Elije cuidadosamente el hardware y el software que se adapten mejor a las necesidades del proceso y a las condiciones del entorno. Asegúrate de que el hardware sea confiable y robusto, y que el software SCADA sea escalable y compatible con las tecnologías utilizadas en la industria.
- b) Proporciona una capacitación adecuada a los operadores y técnicos que interactuarán con el sistema automatizado. Esto asegura un manejo seguro y eficiente del proceso.
- c) Antes de la implementación física, realiza simulaciones del proceso utilizando software de simulación. Esto ayuda a identificar posibles problemas y ajustar parámetros antes de la puesta en marcha.
- d) Diseña el sistema para ser flexible y escalable. Los requisitos de producción pueden cambiar con el tiempo, por lo que es importante que el sistema pueda adaptarse y crecer según sea necesario.

BIBLIOGRAFÍA

- Acura. (28 de Abril de 2023). *Grupo Acura*. Grupo Acura: <https://grupoacura.com/es/blog/que-es-un-silo/>
- Arco. (02 de Marzo de 2020). *Arco*. Arco: <https://blog.valvulasarco.com/electrovalvulas-que-es-y-para-que-sirve>
- Autycom. (1 de Julio de 2022). *AUTYCOM*. AUTYCOM: <https://www.autycom.com/tia-portal-vs-simatic-manager/#:~:text=TIA%20Portal%20es%20un%20software,-1200%20y%20S7-1500>.
- GSL, I. (1 de Junio de 2021). *GSL Industrias*. GSL Industrias: <https://industriagsl.com/blogs/automatizacion/que-es-un-plc-y-como-funciona>
- Jocar. (21 de Diciembre de 2021). *Jocar*. Jocar: <https://jocar.eu/blog/que-son-los-transportadores-de-cadena.html>
- Meprosa. (08 de Noviembre de 2018). *Meprosa*. Meprosa: <https://meprosa.mx/funcionamiento-elevador-de-cangilones-tipos-aplicaciones/>
- Profibus. (2 de Febrero de 2023). *Profibus*. Profibus: [https://profibus.com.ar/profinet-que-es-y-como-funciona/#:~:text=PROFINET%20\(PROcess%20FIeld%20NETwork\)%20es,sensores%20y%20otros%20dispositivos%20electrónicos](https://profibus.com.ar/profinet-que-es-y-como-funciona/#:~:text=PROFINET%20(PROcess%20FIeld%20NETwork)%20es,sensores%20y%20otros%20dispositivos%20electrónicos).
- S&P. (09 de Diciembre de 2019). *S&P*. S&P: <https://www.solerpalau.com/es-es/blog/motor-trifasico/>
- S&P. (1 de Junio de 2023). *S&P*. S&P: <https://www.solerpalau.com/es-es/blog/variador-de-frecuencia/>
- Sicma21. (11 de Octubre de 2021). *SICMA21*. https://www.sicma21.com/que-es-un-hmi-y-como-funciona/#Que_es_un_HMI_y_sus_caracteristicas

ANEXO

- Transportador de cadena

TABLA 8. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL TRANSPORTADOR DE CADENA

Descripción	Cálculos
<p>Diagrama de referencia: CC206</p> <p>Tipo de producto: Harina de soja Densidad aparente: 0,7 t/m³</p> <p>Humedad: 14%</p> <p>Temperatura: 30 °C</p> <p>Capacidad solicitada: 100 t/h</p> <p>Voltaje: 460 (±10%) V</p> <p>Frecuencia: 60 Hz</p> <p>Longitud total de la máquina: 23 m Tratamiento superficial: Acero pregalvanizado</p>	<p>Potencia instalada: 5.5 kW</p> <p>Potencia teórica absorbida a la capacidad solicitada: 3.8 kW</p> <p>Velocidad real de la cadena: 0,76 m/s</p> <p>Factor de seguridad de la capacidad (sección libre en la carcasa): 26,06 %</p> <p>Factor de seguridad sobre la potencia instalada: 44.73 %</p> <p>Factor de seguridad real de la cadena: 21.34</p>

- Elevador de cangilones

TABLA 9. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL ELEVADOR DE CANGILONES

Descripción	Cálculos
<p>Diagrama de referencia: BE201</p> <p>Tipo de producto: Harina de soja Densidad aparente: 0,7 t/m³ Humedad: 14%</p> <p>Temperatura: 30 °C Capacidad solicitada: 100 t/h</p> <p>ATEX: No</p> <p>Voltaje: 460 (±10%) V</p> <p>Frecuencia: 60 Hz</p> <p>Altura total de la máquina: 17 m</p> <p>Tratamiento superficial: Acero pregalvanizado</p>	<p>Potencia instalada: 9,2 kW</p> <p>Potencia teórica absorbida a la capacidad solicitada: 7,14 kW</p> <p>Densidad del cangilón: 6,75 nr/m</p> <p>Velocidad real de la cinta: 2,49 m/s</p> <p>Capacidad máxima: 116,39 ton/h</p> <p>Factor de seguridad sobre la potencia instalada: 28,9 %</p> <p>Factor de seguridad en el cinturón: 22,54</p> <p>Factor de seguridad sobre la capacidad: 16,39 %</p>

- Banda transportadora

TABLA 10. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA BANDA TRANSPORTADORA

Descripción	Cálculos
Diagrama de referencia: BC101 Tipo de producto: Harina de soja Densidad aparente: 0,7 t/m³ Humedad: 14% Temperatura: 30 °C Capacidad solicitada: 100 t/h Voltaje: 460 (±10%) V Frecuencia: 60 Hz Longitud total de la máquina: 97 m Versión: Abierto (con tripper) Tratamiento superficial: galvanización en caliente	Potencia instalada: 7.5 kW Potencia teórica absorbida a la capacidad solicitada: 6.23 kW Velocidad real de la cadena: 3.06 m/s Factor de seguridad de la capacidad (sección libre en la carcasa): 39.34 % Factor de seguridad sobre la potencia instalada: 20,3 %

- Trip Runner

TABLA 11. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL TRIP RUNNER

Descripción	Cálculos
Diagrama de referencia: BC101 Tipo de producto: Harina de soja Densidad aparente: 0,7 t/m³ Humedad: 14% Temperatura: 30 °C Capacidad solicitada: 100 t/h Voltaje: 460 (±10%) V Frecuencia: 60 Hz	Potencia instalada: 7.5 kW Potencia teórica absorbida a la capacidad solicitada: 6.23 kW Velocidad real de la cadena: 3.06 m/s Factor de seguridad de la capacidad (sección libre en la carcasa): 39.34 %

Tratamiento superficial: galvanización en caliente	Factor de seguridad sobre la potencia instalada: 20,3 %
-----------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------

- Compuerta Eléctrica

TABLA 12. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA COMPUERTA ELÉCTRICA.

Descripción
Diagrama de referencia: SL-E Compuerta de tornillo sin fin tipo QVE.500 - sección: 500x500 mm - accionamiento eléctrico (0,55 kW) con 2 sensores de límite - ejecución estándar Manejo permanente de toneladas: 0.67 ton

- Lista de señales por equipo

TABLA 13. LISTA DE SEÑALES DE ENTRADA Y SALIDA POR CADA PROCESO LLENADO Y VACIADO

TABLA 1. SEÑALES POR EQUIPO							
NO.	EQUIPO	TAG	DESCRIPCIÓN	Column1	DI	DO	AI
	TRANSPORTADOR EN CADENA DEL INGRESO	EQ-100		TAG	3	0	0
1	TRANSPORTADOR EN CADENA DEL INGRESO	EQ-100-SS	SWITCH DE VELOCIDAD CERO	EQ-100-SWITCH DE VELOCIDAD CERO	1		
2	TRANSPORTADOR EN CADENA DEL INGRESO	EQ-100-FS	SWITCH DE SOBREFLUJO	EQ-100-SWITCH DE SOBREFLUJO	1		
3	TRANSPORTADOR EN CADENA DEL INGRESO	EQ-100-HSO	SECCIONADOR NO	EQ-100-SECCIONADOR NO	1		
	ELEVADOR DEL INGRESO	EQ-101			6	0	0
4	ELEVADOR DEL INGRESO	EQ-101-SS	SWITCH DE VELOCIDAD CERO	EQ-101-SWITCH DE VELOCIDAD CERO	1		
5	ELEVADOR DEL INGRESO	EQ-101-ZSL1	SWITCH ALINEAMIENTO IZQUIERDO INFERIOR	EQ-101-SWITCH ALINEAMIENTO IZQUIERDO INFERIOR	1		
6	ELEVADOR DEL INGRESO	EQ-101-ZSR1	SWITCH ALINEAMIENTO DERECHO INFERIOR	EQ-101-SWITCH ALINEAMIENTO DERECHO INFERIOR	1		

7	ELEVADOR DEL INGRESO	EQ-101-HSO	SECCIONADOR NO	EQ-101-SECCIONADOR NO	1		
8	ELEVADOR DEL INGRESO	EQ-101-ZSL2	SWITCH ALINEAMIENTO IZQUIERDO SUPERIOR	EQ-101-SWITCH ALINEAMIENTO IZQUIERDO SUPERIOR	1		
9	ELEVADOR DEL INGRESO	EQ-101-ZSR2	SWITCH ALINEAMIENTO DERECHO SUPERIOR	EQ-101-SWITCH ALINEAMIENTO DERECHO SUPERIOR	1		
	TRANSPORTADOR EN CADENA ELEVADOR DEL INGRESO	EQ-102			3	0	0
10	TRANSPORTADOR EN CADENA ELEVADOR DEL INGRESO	EQ-102-SS	SWITCH DE VELOCIDAD CERO	EQ-102-SWITCH DE VELOCIDAD CERO	1		
11	TRANSPORTADOR EN CADENA ELEVADOR DEL INGRESO	EQ-102-FS	SWITCH DE SOBREFLUJO	EQ-102-SWITCH DE SOBREFLUJO	1		
12	TRANSPORTADOR EN CADENA ELEVADOR DEL INGRESO	EQ-102-HSO	SECCIONADOR NO	EQ-102-SECCIONADOR NO	1		
	TRANSPORTADOR EN CADENA TRIPPER	EQ-103			14	0	0
13	TRANSPORTADOR EN CADENA TRIPPER	EQ-103-ZS1	SWITCH DE ALINEAMIENTO IZQUIERDO 1	EQ-103-SWITCH DE ALINEAMIENTO IZQUIERDO 1	1		
14	TRANSPORTADOR EN CADENA TRIPPER	EQ-103-ZS2	SWITCH DE ALINEAMIENTO DERECHO 1	EQ-103-SWITCH DE ALINEAMIENTO DERECHO 1	1		
15	TRANSPORTADOR EN CADENA TRIPPER	EQ-103-ZS3	SWITCH DE ALINEAMIENTO IZQUIERDO 2	EQ-103-SWITCH DE ALINEAMIENTO IZQUIERDO 2	1		
16	TRANSPORTADOR EN CADENA TRIPPER	EQ-103-ZS4	SWITCH DE ALINEAMIENTO DERECHO 2	EQ-103-SWITCH DE ALINEAMIENTO DERECHO 2	1		
17	TRANSPORTADOR EN CADENA TRIPPER	EQ-103-ZS5	SWITCH DE ALINEAMIENTO IZQUIERDO 3	EQ-103-SWITCH DE ALINEAMIENTO IZQUIERDO 3	1		

18	TRANSPORTADOR EN CADENA TRIPPER	EQ- 103- ZS6	SWITCH DE ALINEAMIENTO DERECHO 3	EQ-103-SWITCH DE ALINEAMIENTO DERECHO 3	1		
19	TRANSPORTADOR EN CADENA TRIPPER	EQ- 103- ZS7	SWITCH DE ALINEAMIENTO IZQUIERDO 4	EQ-103-SWITCH DE ALINEAMIENTO IZQUIERDO 4	1		
20	TRANSPORTADOR EN CADENA TRIPPER	EQ- 103- ZS8	SWITCH DE ALINEAMIENTO DERECHO 4	EQ-103-SWITCH DE ALINEAMIENTO DERECHO 4	1		
21	TRANSPORTADOR EN CADENA TRIPPER	EQ- 103- ZS9	SWITCH DE ALINEAMIENTO IZQUIERDO 5	EQ-103-SWITCH DE ALINEAMIENTO IZQUIERDO 5	1		
22	TRANSPORTADOR EN CADENA TRIPPER	EQ- 103- ZS10	SWITCH DE ALINEAMIENTO DERECHO 5	EQ-103-SWITCH DE ALINEAMIENTO DERECHO 5	1		
23	TRANSPORTADOR EN CADENA TRIPPER	EQ- 103- YS1	SWITCH POSICION TRIPPER INICIO	EQ-103-SWITCH POSICION TRIPPER INICIO	1		
24	TRANSPORTADOR EN CADENA TRIPPER	EQ- 103- YS2	SWITCH POSICION TRIPPER FIN	EQ-103-SWITCH POSICION TRIPPER FIN	1		
25	TRANSPORTADOR EN CADENA TRIPPER	EQ- 103-SS	SWITCH DE VELOCIDAD CERO	EQ-103-SWITCH DE VELOCIDAD CERO	1		
26	TRANSPORTADOR EN CADENA TRIPPER	EQ- 103- HSO	SECCIONADOR NO	EQ-103-SECCIONADOR NO	1		
	TRANSPORTE TRIPPER	EQ- 104TR			1	0	0
27	TRANSPORTE TRIPPER	EQ- 104TR- HSO	SECCIONADOR NO	EQ-104TR-SECCIONADOR NO	1		
28	TRANSPORTE TRIPPER	EQ- 104TR- PC	ENCODER INCREMENTAL	EQ-104TR-ENCODER INCREMENTAL			
	TRANSPORTADOR EN CADENA - SET 1	EQ- 105			3	0	0

29	TRANSPORTADOR EN CADENA - SET 1	EQ-105-SS	SWITCH DE VELOCIDAD CERO	EQ-105-SWITCH DE VELOCIDAD CERO	1		
30	TRANSPORTADOR EN CADENA - SET 1	EQ-105-FS	SWITCH DE SOBREFLUJO	EQ-105-SWITCH DE SOBREFLUJO	1		
31	TRANSPORTADOR EN CADENA - SET 1	EQ-105-HSO	SECCIONADOR NO	EQ-105-SECCIONADOR NO	1		
	TRANSPORTADOR EN CADENA - SET 2	EQ-106			3	0	0
32	TRANSPORTADOR EN CADENA - SET 2	EQ-106-SS	SWITCH DE VELOCIDAD CERO	EQ-106-SWITCH DE VELOCIDAD CERO	1		
33	TRANSPORTADOR EN CADENA - SET 2	EQ-106-FS	SWITCH DE SOBREFLUJO	EQ-106-SWITCH DE SOBREFLUJO	1		
34	TRANSPORTADOR EN CADENA - SET 2	EQ-106-HSO	SECCIONADOR NO	EQ-106-SECCIONADOR NO	1		
	TRANSPORTADOR EN CADENA - SET 3	EQ-107			3	0	0
35	TRANSPORTADOR EN CADENA - SET 3	EQ-107-SS	SWITCH DE VELOCIDAD CERO	EQ-107-SWITCH DE VELOCIDAD CERO	1		
36	TRANSPORTADOR EN CADENA - SET 3	EQ-107-FS	SWITCH DE SOBREFLUJO	EQ-107-SWITCH DE SOBREFLUJO	1		
37	TRANSPORTADOR EN CADENA - SET 3	EQ-107-HSO	SECCIONADOR NO	EQ-107-SECCIONADOR NO	1		
	COMPUERTA ELECTRICA - SET 1	EQ-108			5	2	1
38	COMPUERTA ELECTRICA - SET 1.1	EQ-108-ZSO	SWITCH DE POSICIÓN ABIERTO	EQ-108-SWITCH DE POSICIÓN ABIERTO	1		
39	COMPUERTA ELECTRICA - SET 1.1	EQ-108-ZSC	SWITCH DE POSICIÓN CERRADO	EQ-108-SWITCH DE POSICIÓN CERRADO	1		
40	COMPUERTA ELECTRICA - SET 1.1	EQ-108-HSO	SECCIONADOR NO	EQ-108-SECCIONADOR NO	1		

41	COMPUERTA ELECTRICA - SET 1.1	EQ-108-KMP	MARCHA	EQ-108-MARCHA		1	
42	COMPUERTA ELECTRICA - SET 1.1	EQ-108-KMR	REVERSA	EQ-108-REVERSA		1	
43	COMPUERTA ELECTRICA - SET 1.1	EQ-108-OLP	CONFIRMACIÓN MARCHA	EQ-108-CONFIRMACIÓN MARCHA	1		
44	COMPUERTA ELECTRICA - SET 1.1	EQ-108-OLR	CONFIRMACIÓN REVERSA	EQ-108-CONFIRMACIÓN REVERSA	1		
45	COMPUERTA ELECTRICA - SET 1.1	EQ-108-TC	LECTURA CORRIENTE	EQ-108-LECTURA CORRIENTE			1
	COMPUERTA MANUAL - SET 1	EQ-108			2	0	0
46	COMPUERTA MANUAL - SET 1	EQ-108-ZSO	SWITCH DE POSICIÓN ABIERTO	EQ-108-SWITCH DE POSICIÓN ABIERTO	1		
47	COMPUERTA MANUAL - SET 1	EQ-108-ZSC	SWITCH DE POSICIÓN CERRADO	EQ-108-SWITCH DE POSICIÓN CERRADO	1		
	COMPUERTA ELECTRICA - SET 2	EQ-109			5	2	1
48	COMPUERTA ELECTRICA - SET 2	EQ-109-ZSO	SWITCH DE POSICIÓN ABIERTO	EQ-109-SWITCH DE POSICIÓN ABIERTO	1		
49	COMPUERTA ELECTRICA - SET 2	EQ-109-ZSC	SWITCH DE POSICIÓN CERRADO	EQ-109-SWITCH DE POSICIÓN CERRADO	1		
50	COMPUERTA ELECTRICA - SET 2	EQ-109-HSO	SECCIONADOR NO	EQ-109-SECCIONADOR NO	1		
51	COMPUERTA ELECTRICA - SET 2	EQ-109-KMP	MARCHA	EQ-109-MARCHA		1	

52	COMPUERTA ELECTRICA - SET 2	EQ-109-KMR	REVERSA	EQ-109-REVERSA		1	
53	COMPUERTA ELECTRICA - SET 2	EQ-109-OLP	CONFIRMACIÓN MARCHA	EQ-109-CONFIRMACIÓN MARCHA	1		
54	COMPUERTA ELECTRICA - SET 2	EQ-109-OLR	CONFIRMACIÓN REVERSA	EQ-109-CONFIRMACIÓN REVERSA	1		
55	COMPUERTA ELECTRICA - SET 2	EQ-109-TC	LECTURA CORRIENTE	EQ-109-LECTURA CORRIENTE			1
	COMPUERTA MANUAL - SET 2	EQ-109			2	0	0
56	COMPUERTA MANUAL - SET 2	EQ-109-ZSO	SWITCH DE POSICIÓN ABIERTO	EQ-109-SWITCH DE POSICIÓN ABIERTO	1		
57	COMPUERTA MANUAL - SET 2	EQ-109-ZSC	SWITCH DE POSICIÓN CERRADO	EQ-109-SWITCH DE POSICIÓN CERRADO	1		
	COMPUERTA ELECTRICA - SET 3	EQ-110			5	2	1
58	COMPUERTA ELECTRICA - SET 3	EQ-110-ZSO	SWITCH DE POSICIÓN ABIERTO	EQ-110-SWITCH DE POSICIÓN ABIERTO	1		
59	COMPUERTA ELECTRICA - SET 3	EQ-110-ZSC	SWITCH DE POSICIÓN CERRADO	EQ-110-SWITCH DE POSICIÓN CERRADO	1		
60	COMPUERTA ELECTRICA - SET 3	EQ-110-HSO	SECCIONADOR NO	EQ-110-SECCIONADOR NO	1		
61	COMPUERTA ELECTRICA - SET 3	EQ-110-KMP	MARCHA	EQ-110-MARCHA		1	
62	COMPUERTA ELECTRICA - SET 3	EQ-110-KMR	REVERSA	EQ-110-REVERSA		1	

63	COMPUERTA ELECTRICA - SET 3	EQ-110-OLP	CONFIRMACIÓN MARCHA	EQ-110-CONFIRMACIÓN MARCHA	1		
64	COMPUERTA ELECTRICA - SET 3	EQ-110-OLR	CONFIRMACIÓN REVERSA	EQ-110-CONFIRMACIÓN REVERSA	1		
65	COMPUERTA ELECTRICA - SET 3	EQ-110-TC	LECTURA CORRIENTE	EQ-110-LECTURA CORRIENTE			1
	COMPUERTA MANUAL - SET 3	EQ-110			2	0	0
66	COMPUERTA MANUAL - SET 3	EQ-110-ZSO	SWITCH DE POSICIÓN ABIERTO	EQ-110-SWITCH DE POSICIÓN ABIERTO	1		
67	COMPUERTA MANUAL - SET 3	EQ-110-ZSC	SWITCH DE POSICIÓN CERRADO	EQ-110-SWITCH DE POSICIÓN CERRADO	1		
	TRANSPORTADOR EN CADENA - SALIDA 1	EQ-111			3	0	0
68	TRANSPORTADOR EN CADENA - SALIDA 1	EQ-111-SS	SWITCH DE VELOCIDAD CERO	EQ-111-SWITCH DE VELOCIDAD CERO	1		
69	TRANSPORTADOR EN CADENA - SALIDA 1	EQ-111-FS	SWITCH DE SOBREFLUJO	EQ-111-SWITCH DE SOBREFLUJO	1		
70	TRANSPORTADOR EN CADENA - SALIDA 1	EQ-111-HSO	SECCIONADOR NO	EQ-111-SECCIONADOR NO	1		
	TRANSPORTADOR EN CADENA - SALIDA 2	EQ-112			3	0	0
71	TRANSPORTADOR EN CADENA - SALIDA 2	EQ-112-SS	SWITCH DE VELOCIDAD CERO	EQ-112-SWITCH DE VELOCIDAD CERO	1		
72	TRANSPORTADOR EN CADENA - SALIDA 2	EQ-112-FS	SWITCH DE SOBREFLUJO	EQ-112-SWITCH DE SOBREFLUJO	1		
73	TRANSPORTADOR EN CADENA - SALIDA 2	EQ-112-HSO	SECCIONADOR NO	EQ-112-SECCIONADOR NO	1		
	ELEVADOR DE SALIDA	EQ-113			6	0	0

74	ELEVADOR DE SALIDA	EQ-113-SS	SWITCH DE VELOCIDAD CERO	EQ-113-SWITCH DE VELOCIDAD CERO	1		
75	ELEVADOR DE SALIDA	EQ-113-ZSL1	SWITCH ALINEAMIENTO IZQUIERDO INFERIOR	EQ-113-SWITCH ALINEAMIENTO IZQUIERDO INFERIOR	1		
76	ELEVADOR DE SALIDA	EQ-113-ZSR1	SWITCH ALINEAMIENTO DERECHO INFERIOR	EQ-113-SWITCH ALINEAMIENTO DERECHO INFERIOR	1		
77	ELEVADOR DE SALIDA	EQ-113-HSO	SECCIONADOR NO	EQ-113-SECCIONADOR NO	1		
78	ELEVADOR DE SALIDA	EQ-113-ZSL2	SWITCH ALINEAMIENTO IZQUIERDO SUPERIOR	EQ-113-SWITCH ALINEAMIENTO IZQUIERDO SUPERIOR	1		
79	ELEVADOR DE SALIDA	EQ-113-ZSR2	SWITCH ALINEAMIENTO DERECHO SUPERIOR	EQ-113-SWITCH ALINEAMIENTO DERECHO SUPERIOR	1		
	TRANSPORTADOR EN CADENA ELEVADOR DE SALIDA 1	EQ-114			3	0	0
80	TRANSPORTADOR EN CADENA ELEVADOR DE SALIDA	EQ-114-SS	SWITCH DE VELOCIDAD CERO	EQ-114-SWITCH DE VELOCIDAD CERO	1		
81	TRANSPORTADOR EN CADENA ELEVADOR DE SALIDA	EQ-114-FS	SWITCH DE SOBREFLUJO	EQ-114-SWITCH DE SOBREFLUJO	1		
82	TRANSPORTADOR EN CADENA ELEVADOR DE SALIDA	EQ-114-HSO	SECCIONADOR NO	EQ-114-SECCIONADOR NO	1		
	TRANSPORTADOR EN CADENA ELEVADOR DE SALIDA 2	EQ-115			3	0	0
83	TRANSPORTADOR EN CADENA ELEVADOR DE SALIDA	EQ-115-SS	SWITCH DE VELOCIDAD CERO	EQ-115-SWITCH DE VELOCIDAD CERO	1		
84	TRANSPORTADOR EN CADENA ELEVADOR DE SALIDA	EQ-115-FS	SWITCH DE SOBREFLUJO	EQ-115-SWITCH DE SOBREFLUJO	1		
85	TRANSPORTADOR EN CADENA ELEVADOR DE SALIDA	EQ-115-HSO	SECCIONADOR NO	EQ-115-SECCIONADOR NO	1		

ANEXO

PROGRAMACIÓN EN TIA PORTAL:

- Transportador de cadena

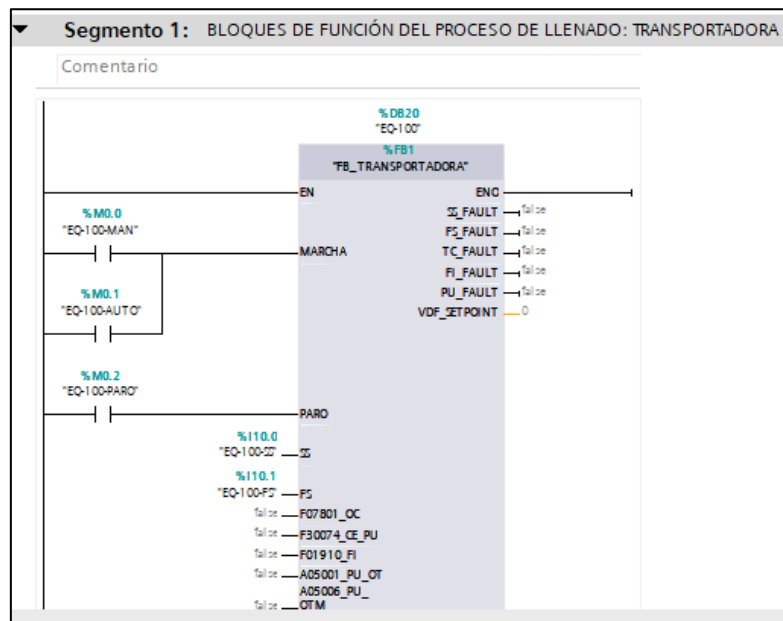


Figura 19. Bloque transportador de cadena

- Elevador de cangilones

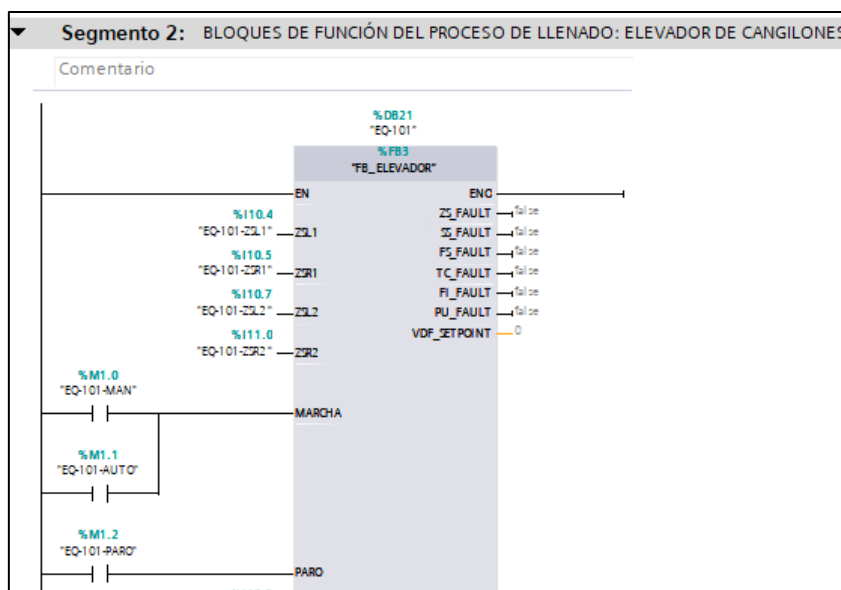


Figura 20. Bloque elevador de cangilones

- Banda transportadora

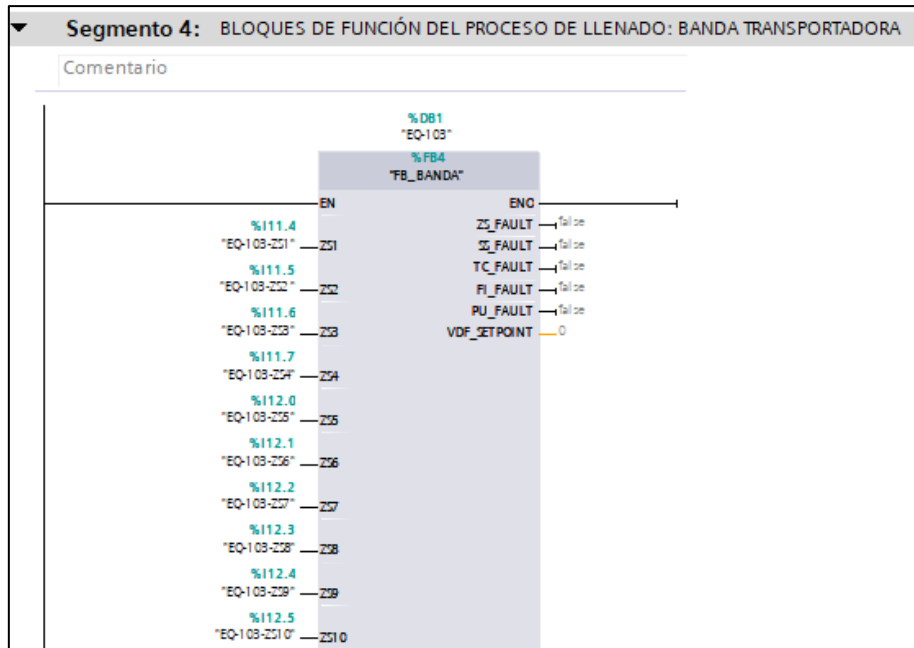


Figura 21. Bloque banda transportadora

- Proceso llenado automático

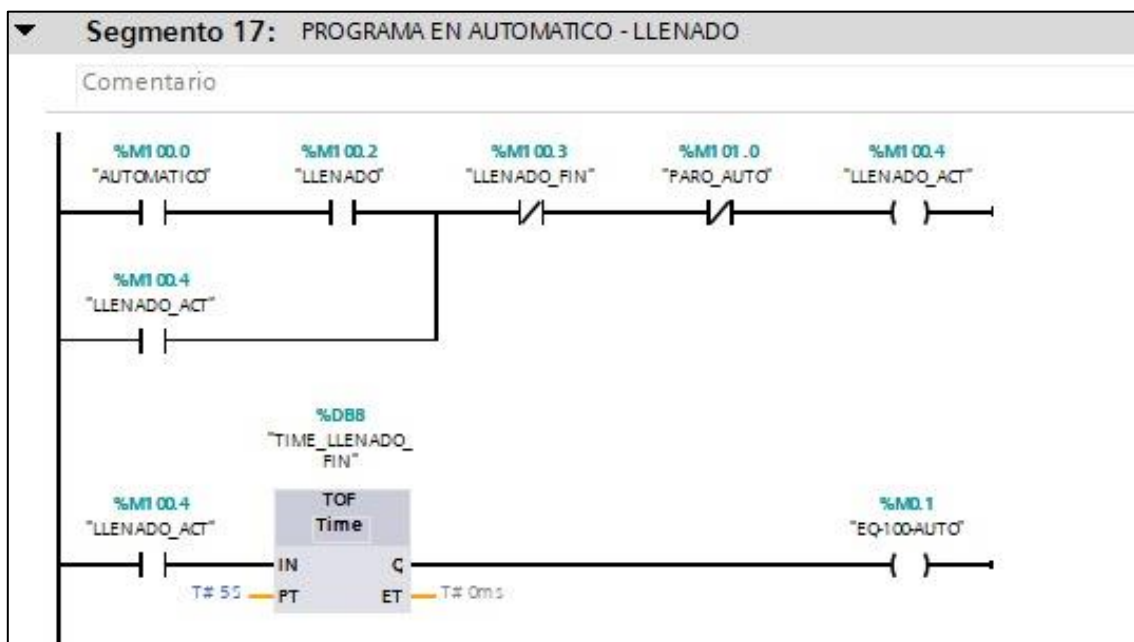


Figura 22. Programación del proceso automático llenado



Figura 23. Programación del proceso automático llenado

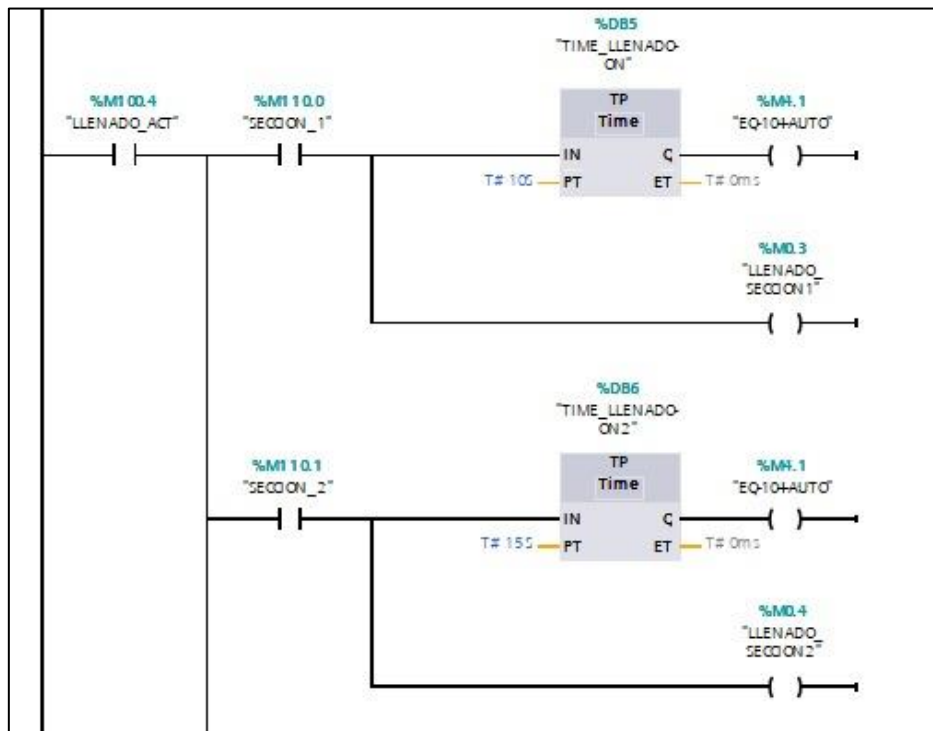


Figura 24. Programación del proceso automático llenado

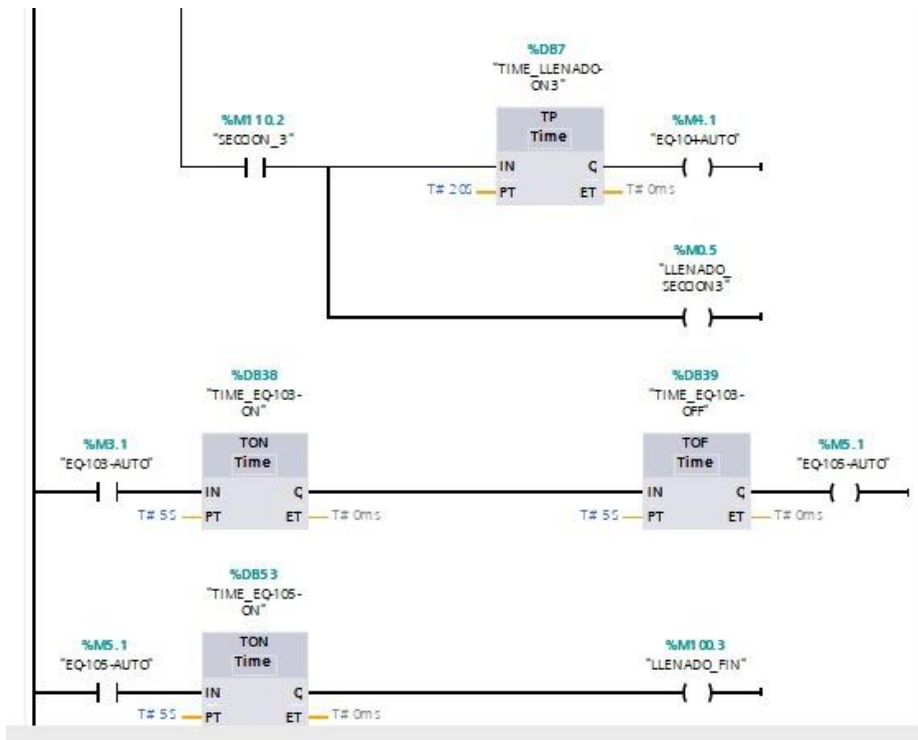


Figura 25. Programación del proceso automático llenado

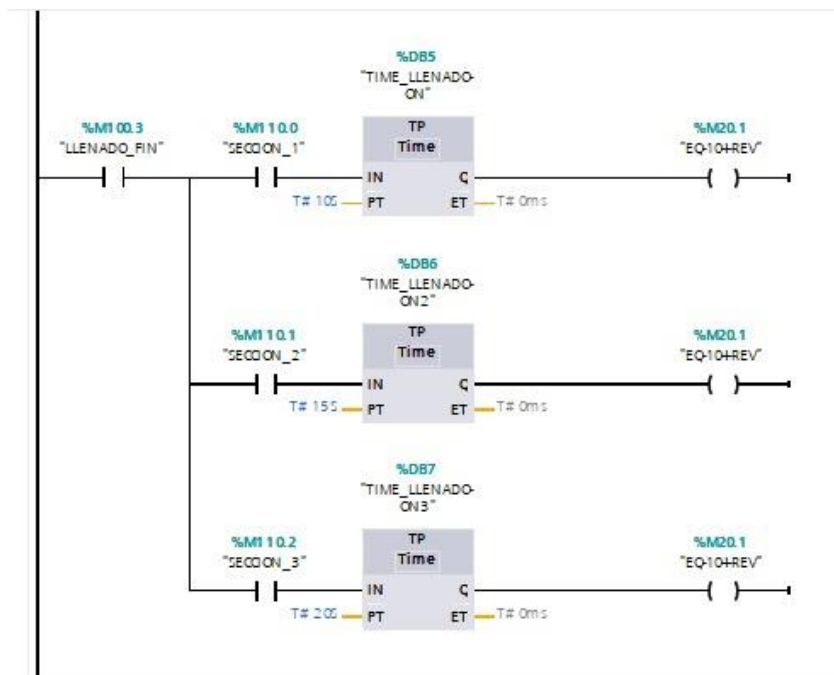


Figura 26. Programación del proceso automático llenado

- Proceso descarga automático

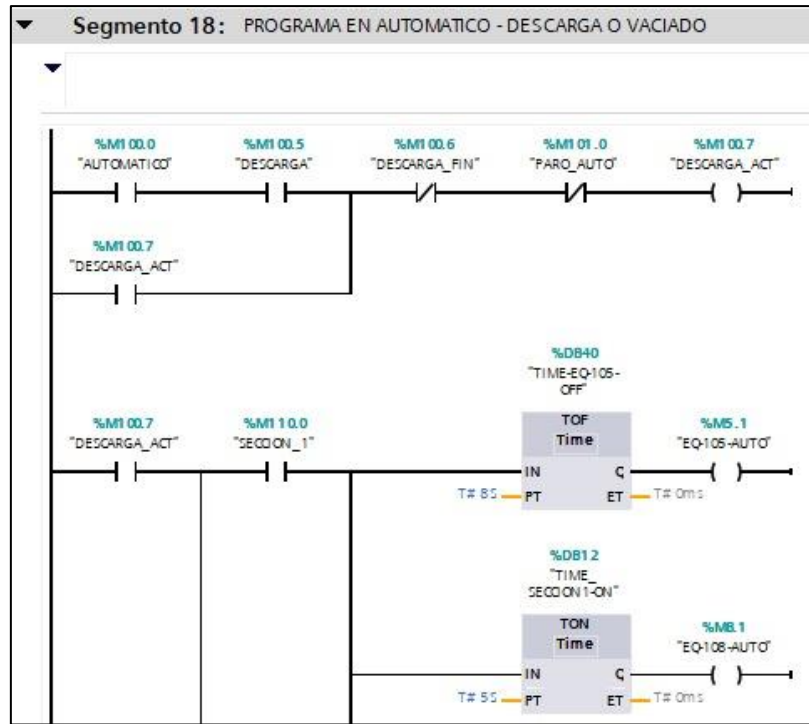


Figura 27. Programación del proceso automático descarga

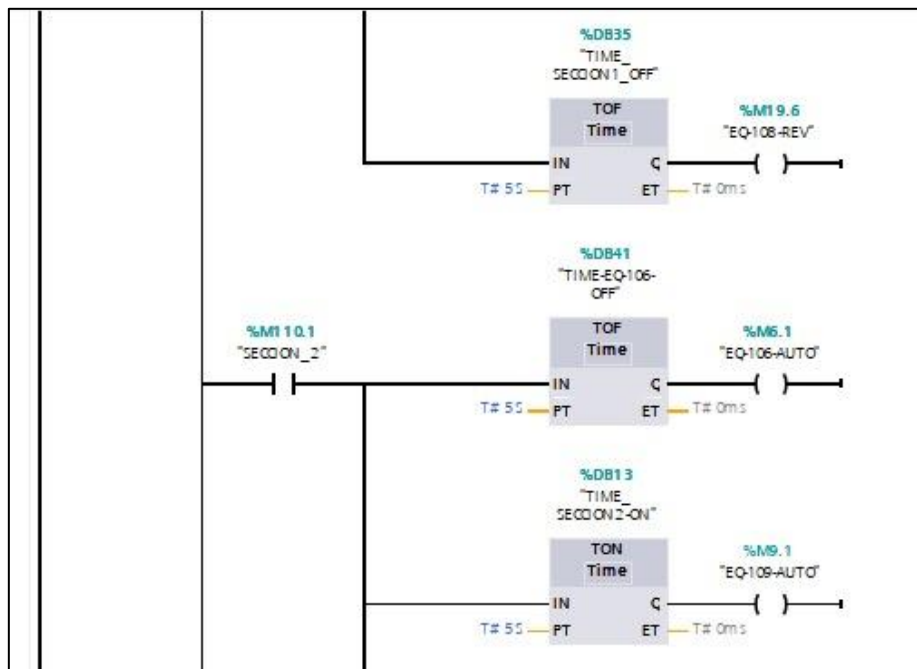


Figura 28. Programación del proceso automático descarga

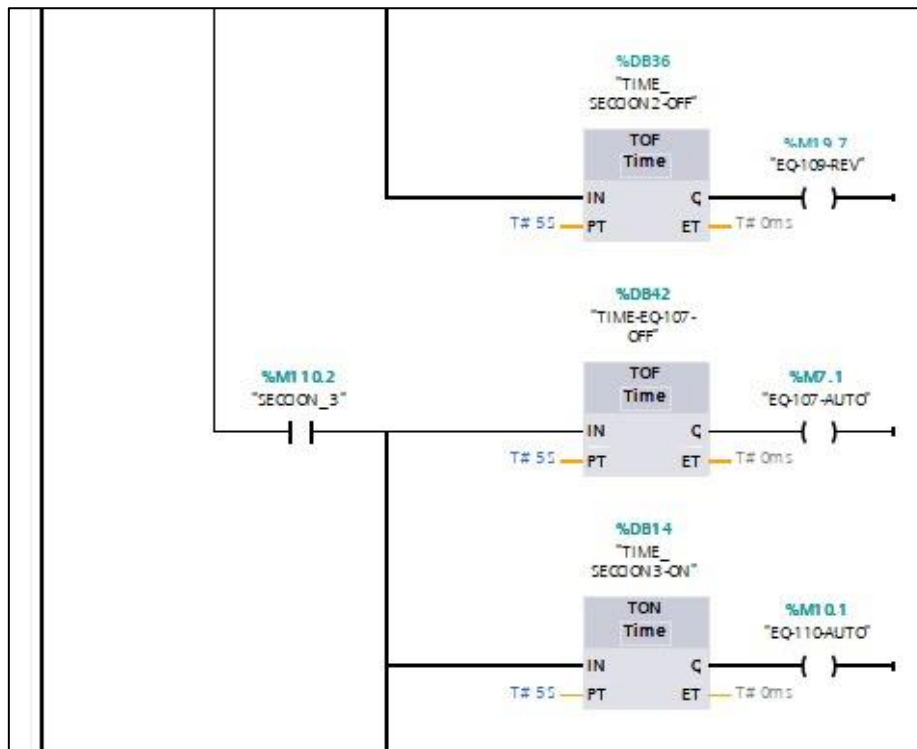


Figura 29. Programación del proceso automático descarga

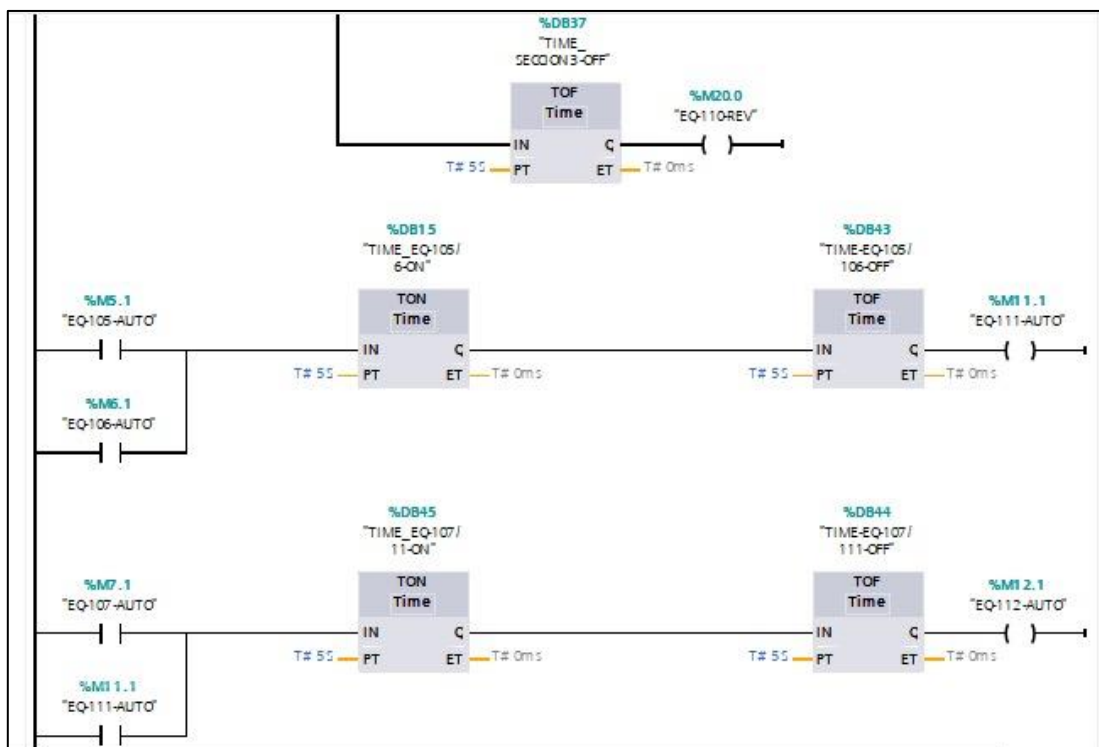


Figura 30. Programación del proceso automático descarga

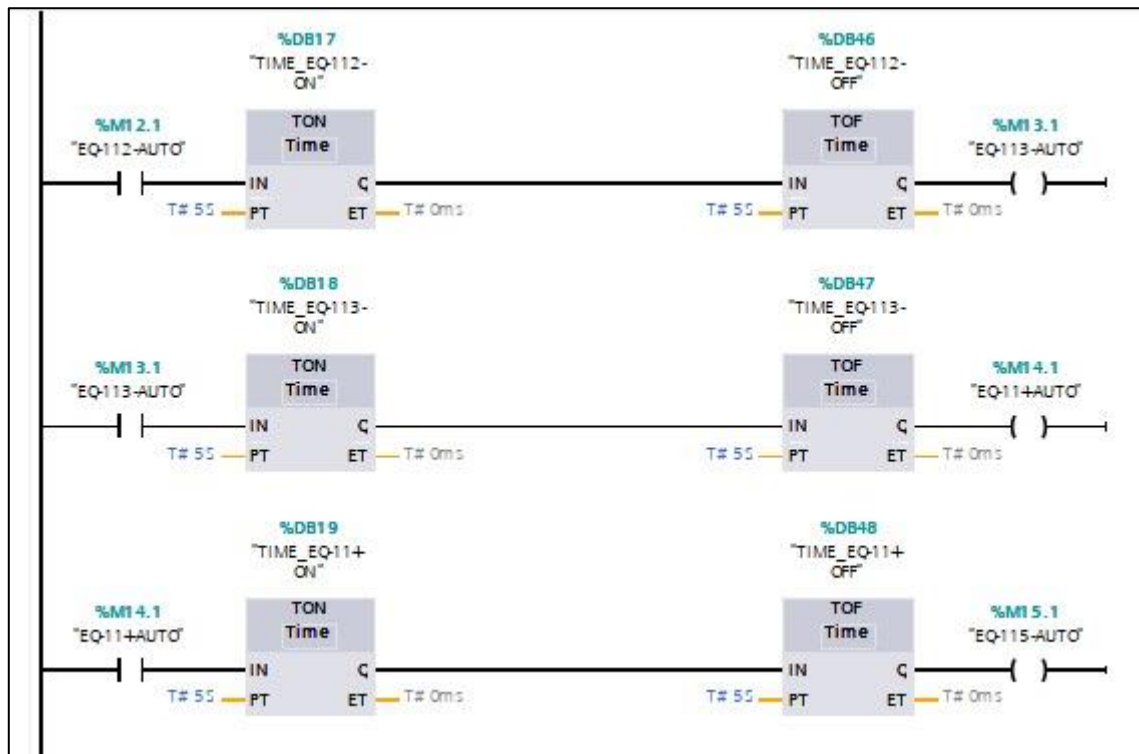


Figura 31. Programación del proceso automático descarga

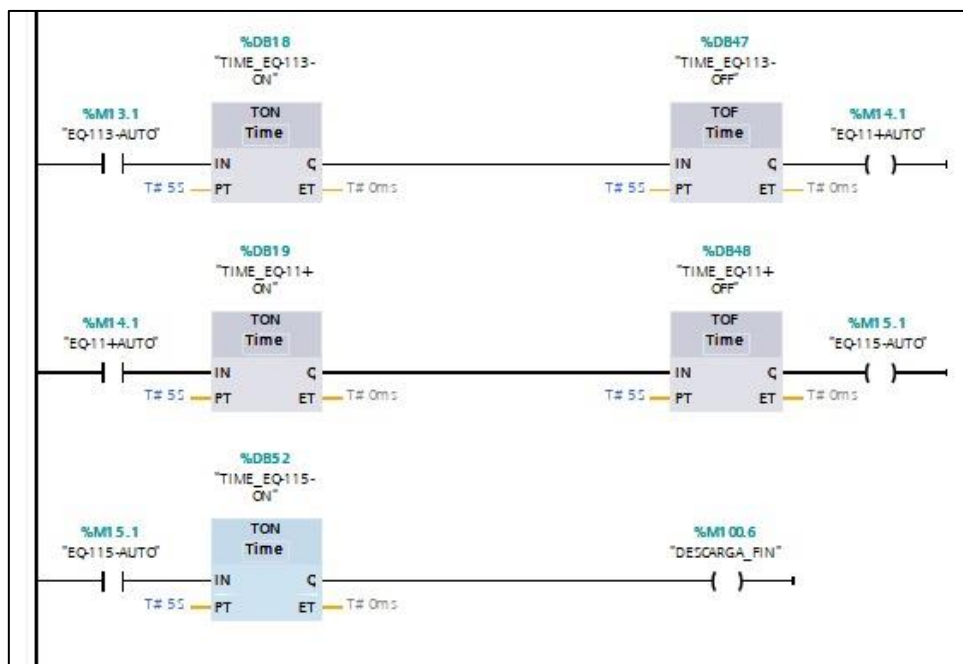


Figura 32. Programación del proceso automático descarga

- Contador de llenado y descarga

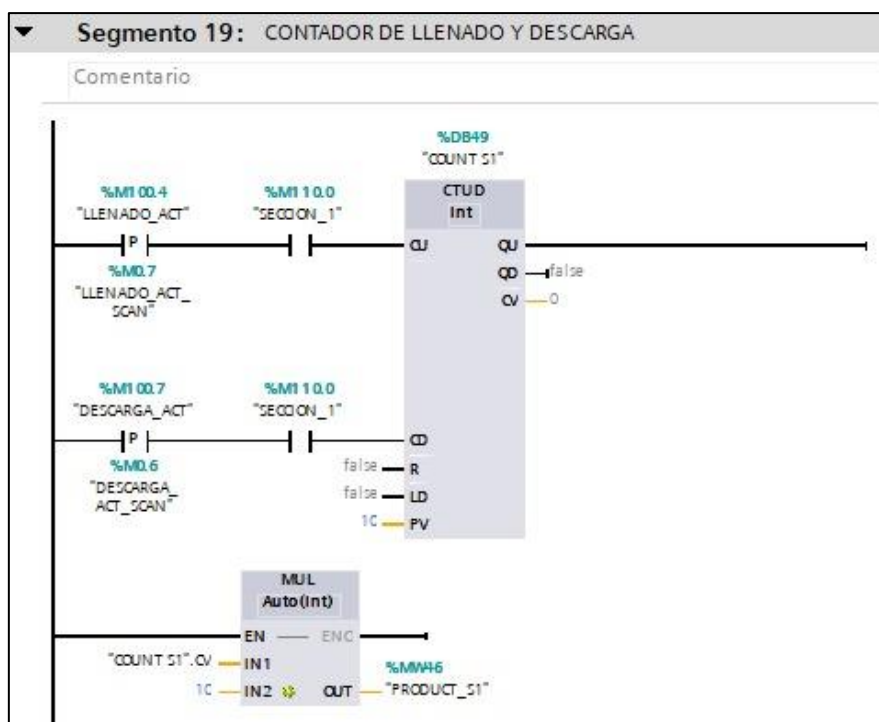


Figura 33. Programación del contador de llenado y de descarga

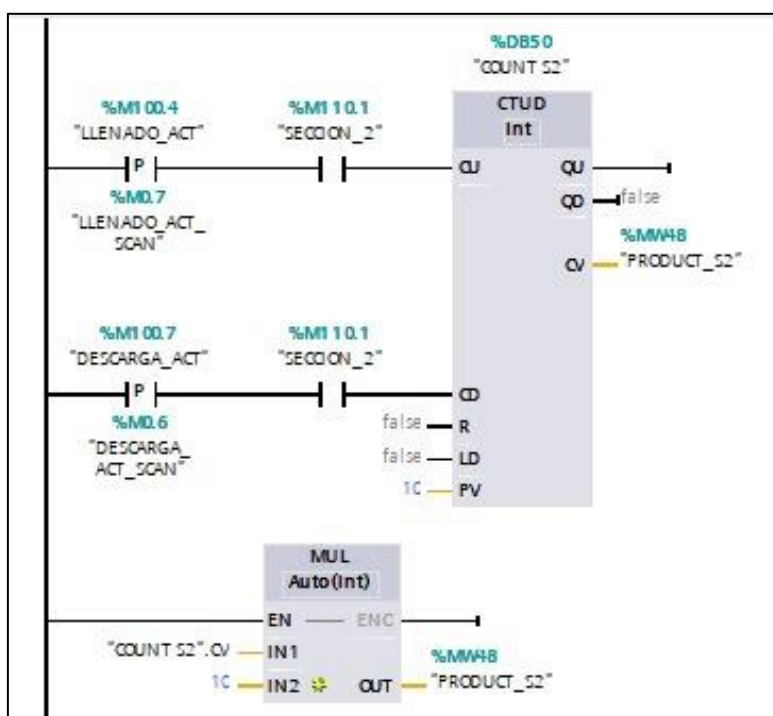


Figura 34. Programación del contador de llenado y de descarga

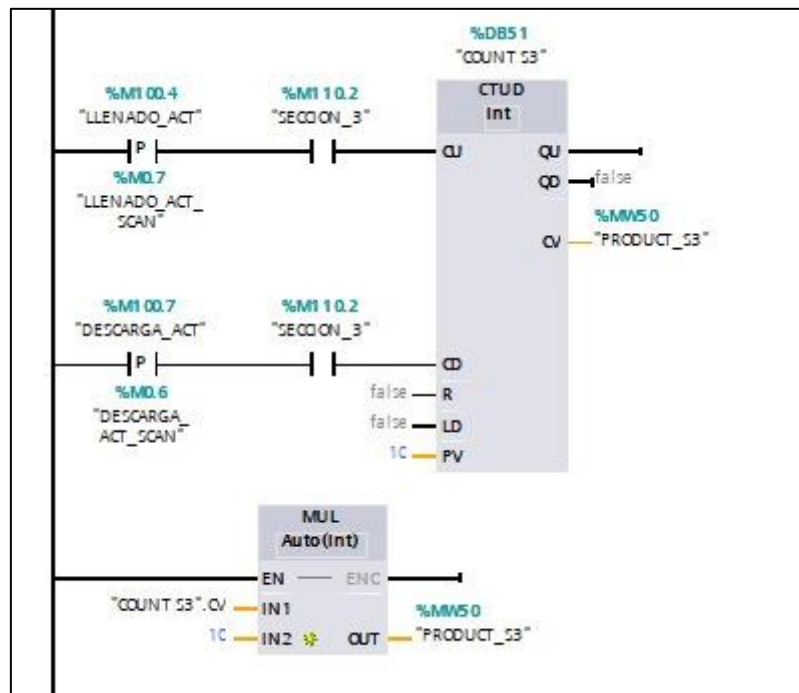


Figura 35. Programación del contador de llenado y de descarga