



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN**

TEMA:

**Diseño de un sistema de control automatizado utilizando PLC para
el llenado de botellones de agua en una empresa envasadora de la
isla Santa Cruz, Galápagos.**

AUTOR:

Leon Zambrano, Jimmy Daivid

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de
INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN**

TUTOR:

Ing. Zamora Cedeño, Néstor Armando, M. Sc.

Guayaquil, Ecuador

20 de febrero del 2025



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN**

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación fue realizado en su totalidad por **Leon Zambrano, Jimmy Daivid**, como requerimiento para la obtención del título de **INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN**.

TUTOR (A)

Ing. Zamora Cedeño, Néstor Armando, M. Sc.

DIRECTOR DE LA CARRERA

Ing. Bohórquez Escobar, Celso Bayardo, Ph.D.

Guayaquil, a los 20 días del mes de febrero del año 2025



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRONICA Y AUTOMATIZACIÓN**

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, Leon Zambrano, Jimmy Daivid

DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación, **“Diseño de un sistema de control automatizado utilizando PLC para el llenado de botellones de agua en una empresa envasadora de la isla Santa Cruz, Galápagos.”** previo a la obtención del título de **Ingeniero en Electrónica y Automatización**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 20 días del mes de febrero del año 2025

EL AUTOR

Leon Zambrano, Jimmy Daivid



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN**

AUTORIZACIÓN

Yo, Leon Zambrano, Jimmy Daivid

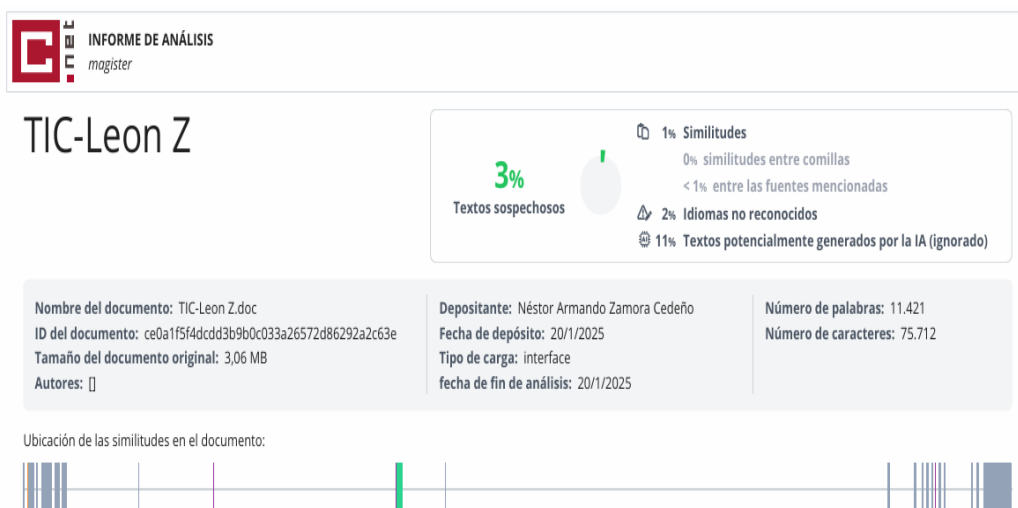
Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, “**Diseño de un sistema de control automatizado utilizando PLC para el llenado de botellones de agua en una empresa envasadora de la isla Santa Cruz, Galápagos**”, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 20 días del mes de febrero del año 2025

EL AUTOR:

Leon Zambrano, Jimmy Daivid

REPORTE COMPILATIO



Certifico que después de revisar el documento final del trabajo de titulación **“Diseño de un sistema de control automatizado utilizando PLC para el llenado de botellones de agua en una empresa envasadora de la isla Santa Cruz, Galápagos”**, presentado por el estudiante Leon Zambrano Jimmy Daivid, fue enviado al Sistema Anti Plagio COMPILATIO, presentando un porcentaje de similitud correspondiente al 3%, por lo que se aprueba el trabajo para que continúe con el proceso de titulación.

Ing. Zamora Cedeño, Néstor Armando, M. Sc.

DEDICATORIA

Dedico este logro a mi papá Jimmy Javier Leon Zambrano, a mi mamá Auxiliadora Zambrano Cusme, a mi abuelita Doraliza Santana y a mis hermanas Yamileth, Yaritza, Nicole, quienes han sido mi fuente de apoyo en todo este camino de mi carrera universitaria por darme ese aliento de confianza y soporte para conseguir mis metas propuestas. Ellos han sido la chispa inquebrantable para no rendirme en ningún momento, siempre aconsejándome con palabras de ánimo las cuales me impulsan en seguir siempre hacia adelante y brindándome su amor incondicional.

También dedico este logro a mi familia más cerca, que siempre están cuando los necesito y siempre me brindan su apoyo incondicional, y a mi mascota Odi que desde que llegue a Guayaquil con mi etapa universitaria siempre se ha desvelado conmigo cuando hacia tareas y siempre me saca una sonrisa aunque este cansado o triste.

Esto se lo dedico a todos mis seres queridos por todo su apoyo, los amo.

Leon Zambrano, Jimmy Daivid

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por ser ese guía en mi vida que nunca me desampara, a mis grandiosos padres por hacer muchos sacrificios por mí, por ser el apoyo fundamental en todo el camino de mi carrera universitaria, dándome siempre su amor y apoyo incondicional. Gracias por siempre confiar en mí, este logro no solo es mío, sino que también es de ustedes. Gracias a ellos soy la persona que no se rinde, siempre agradecido con mis padres.



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN**

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. _____

ING. BOHÓRQUEZ ESCOBAR, CELSO BAYARDO, Ph.D.
DECANO O DIRECTOR DE CARRERA

f. _____

ING. UBILLA GONZALES, RICARDO XAVIER, M. Sc.
COORDINADOR DEL ÁREA O DOCENTE DE LA CARRERA

f. _____

ING. Meléndez Rangel Jesús Ramón, Ph.D.
OPONENTE

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS.....	XII
ÍNDICE DE TABLAS	XIV
RESUMEN.....	XV
ABSTRACT.....	XVI
CAPÍTULO 1.....	2
CONSIDERACIONES GENERALES.....	2
1.1 Introducción	2
1.2 Antecedentes	2
1.3 Justificación.....	3
1.4 Planteamiento del problema.....	4
1.5 Objetivos.....	4
1.5.1 Objetivo general.....	4
1.5.2 Objetivos específicos.....	4
1.6 Metodología de la investigación	5
CAPÍTULO 2:	6
MARCO TEÓRICO	6
2.1 Sistema de llenado.....	6
2.1.1 Sistemas de llenado de líquidos.....	6
2.1.2 Sistemas de llenado de polvo	6
2.1.3 Sistema de llenado sólido	6
2.1.4 Sistemas de llenado de semisólidos	7
2.2 Llenado de botellones	7
2.2.1 Llenado volumétrico.....	7
2.2.2 Llenado por gravedad de nivel	7

2.3 Sistema Automatizado	8
2.3.1 Definición de un sistema automatizado	8
2.4 Modelo estructural de un sistema automatizado.....	8
2.4.1 Parte operativa	10
2.4.2 Parte de control o mando.....	11
2.5 Importancia de la automatización	11
2.6 Objetivos de la automatización.....	12
2.7 Controladores Lógicos Programables (PLC)	12
2.8 Partes de un Controlador lógico programable (PLC)	13
2.8.1 Módulo de entrada.....	14
2.8.2 Memoria del programa.....	14
2.8.3 CPU.....	14
2.8.4 Módulo de salida.....	15
2.9 Funciones del PLC	15
2.10 Ventajas del PLC.....	16
2.11 Lenguaje Ladder	16
2.12 Estructura del diagrama Ladder	18
2.13 Uso de Instrucciones o funciones en diagrama Ladder.....	19
2.14 PLC S7-1200	21
2.15 TIA Portal	23
2.16 HMI (Interfaz hombre-máquina).....	26
CAPÍTULO 3:	28
SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL AUTOMATIZADO PARA	
EL LLENADO DE BOTELLONES DE AGUA EN EL SOFTWARE TIA	
PORTAL	28

3.1 Desarrollo del proyecto	28
3.2 Estado actual del proceso de llenado botellones de agua en la empresa envasadora.....	28
3.3 Diseño del sistema de control automatizado para el llenado de botellones de agua.....	30
3.4 Descripción de la simulación del programa	33
CAPÍTULO 4.....	55
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	55
4.1 Conclusiones	55
4.2 Recomendaciones.....	56
BIBLIOGRAFÍAS.....	57

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Modelo estructural de un sistema automatizado.....	9
Figura 2 Controlador lógico programable de Siemens	13
Figura 3 Autómata programable básico	14
Figura 4 Bloques de las partes del PLC	15
Figura 5 Ejemplo de Diagrama Ladder.....	17
Figura 6 Estructura de diagrama Ladder.....	19
Figura 7 Instrucción compleja en diagrama Ladder.....	20
Figura 8 PLC S7-1200	22
Figura 9 Vista principal del TIA Portal	24
Figura 10 Vista del proyecto.....	25
Figura 11 Pantalla HMI.....	27
Figura 12 Envasado de agua	29
Figura 13 Diagrama de flujo del sistema de control automatizado para el llenado de botellones de agua.....	32
Figura 14 Segmento 1	34
Figura 15 Botón START Y Botón RESTART del segmento 1	35
Figura 16 Segmento 2	36
Figura 17 Botones del segmento 2.....	37
Figura 18 Configuración para la activación de la bomba de agua	38
Figura 19 Elemento seleccionado como la bomba para el llenado del tanque	39
Figura 20 Configuración del conteo del nivel de agua en el tanque.	40
Figura 21 Tanque de agua con su indicador de nivel.....	43

Figura 22	Sistema de activación de la faja transportadora.....	44
Figura 23	Configuración del movimiento de la faja transportadora.	45
Figura 24	Configuración para el contador de botellones.	47
Figura 25	Configuración para la Activación de la Válvula.	49
Figura 26	Configuración para el tiempo de llenado del botellón.....	51
Figura 27	Sistema de Control Automatizado de llenado de botellones de agua.....	54

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Símbolos más conocidos	18
Tabla 2 Componentes del PLC S7-1200	22

RESUMEN

El presente trabajo de integración curricular se centra en diseñar y simular un sistema de control automatizado utilizando PLC para el llenado de botellones de agua en una empresa envasadora de la isla Santa Cruz, Galápagos. Se utiliza el software TIA Portal para recrear la simulación en un PLC, donde aprovecharemos su ventana de main para la programación en diagrama Ladder y la ventana imagen para la proyección de la simulación gráfica del sistema en la pantalla HMI, garantizando un planteamiento eficiente en el control y monitoreo del sistema. El objetivo de implementar este sistema es mejorar la eficiencia en tiempos y pérdida de líquido en la producción general de la línea de llenado. En el que se investigó y se recopiló fuentes bibliográficas, libros y repositorios universitarios como referentes a las bases teóricas de la electrónica, automatización y llenado de botellones de agua. Este trabajo está planteado en dos partes: la parte del marco teórico donde se destaca en los conceptos asociados en los sistemas de controles automatizados y la parte de la simulación del sistema de control de este proyecto donde abarca el estado actual de la empresa envasadora y explicación de la metodología y descripción de la simulación del sistema de control automatizado para el llenado de botellones de agua en el software empleado.

Palabras claves: Automatizado, PLC, TIA Portal, Ladder, HMI, Llenado, Simulación.

ABSTRACT

This curricular integration work focuses on designing and simulating an automated control system using PLC for filling water bottles in a bottling company on Santa Cruz Island, Galapagos. TIA Portal software is used to recreate the simulation in a PLC, where we will take advantage of its main window for programming in Ladder diagram and the image window for the projection of the graphic simulation of the system on the HMI screen, guaranteeing an efficient approach to the control and monitoring of the system. The objective of implementing this system is to improve the efficiency in time and liquid loss in the general production of the filling line. In which bibliographic sources, books and university repositories were investigated and compiled as references to the theoretical bases of electronics, automation and filling of water bottles. This work is presented in two parts: the theoretical framework, which highlights the concepts associated with automated control systems, and the simulation part of the control system of this project, which covers the current state of the bottling company and an explanation of the methodology and description of the simulation of the automated control system for filling water bottles in the software used.

Keywords: Automated, PLC, TIA Portal, Ladder, HMI, Filling, Simulation.

CAPÍTULO 1

CONSIDERACIONES GENERALES

1.1 Introducción

La isla Santa Cruz, ubicada en el archipiélago de Galápagos, es conocida por su gran biodiversidad y su atractivo turístico. Sin embargo, también cuenta con un sector industrial que es clave para la economía local, especialmente en lo que respecta a la producción y envasado de bebidas. Aunque estas actividades son fundamentales para satisfacer la demanda de la población y los turistas, muchas empresas en esta zona enfrentan dificultades debido a la falta de automatización en sus procesos.

La automatización industrial es una solución que ha demostrado mejorar notablemente la eficiencia y estabilidad en los procesos productivos. Al incorporar sistemas automatizados, es posible controlar y supervisar variables importantes en tiempo real, minimizando errores y garantizando un flujo constante en la producción. Tecnologías como los controladores lógicos programables (PLC) y software como TIA Portal de Siemens ofrecen herramientas eficientes para resolver estos problemas y optimizar los procesos.

El objetivo de esta tesis es diseñar y desarrollar un sistema de control automatizado para una línea de llenado de botellones de agua en la isla Santa Cruz. Con esta propuesta, se busca no solo mejorar la eficiencia y estabilidad de las operaciones, sino también crear un modelo que pueda ser implementado en otras empresas de la región.

1.2 Antecedentes

El sector de envasado de bebidas es crucial dentro de la cadena de producción y distribución de bienes de consumo. A lo largo de los años, la automatización ha transformado esta industria, logrando mayores niveles de precisión, velocidad y calidad en los productos. En muchas regiones, estas tecnologías son ya un estándar,

pero en lugares como Galápagos, su adopción ha sido limitada por barreras como la falta de infraestructura y conocimiento técnico.

Investigaciones en pequeñas y medianas empresas han demostrado que la automatización basada en PLC puede reducir significativamente el desperdicio de materiales y optimizar los recursos. Por ejemplo, estudios han documentado mejoras en los tiempos de ciclo y una disminución de defectos en las líneas de producción al integrar sensores inteligentes y sistemas automatizados.

En la isla Santa Cruz, las empresas de envasado enfrentan desafíos específicos como el acceso limitado de agua potable y altos costos de operación. Estas dificultades hacen urgente la implementación de soluciones automatizadas para garantizar la sostenibilidad de las operaciones y reducir su impacto ambiental.

1.3 Justificación

La falta de automatización en las empresas de envasado de bebidas de la isla Santa Cruz representan un obstáculo importante para mejorar la eficiencia y competitividad del sector. Esta carencia provoca ineficiencias que se traducen en mayores costos, desperdicio de recursos y problemas para satisfacer la demanda local de manera sostenible.

Implementar un sistema automatizado basado en PLC ofrece una solución práctica y efectiva. Este sistema permite monitorear y regular variables críticas en tiempo real, asegurando un flujo constante y una producción mas consistente. Además, el uso de herramientas como TIA Portal facilita el diseño y simulación de estos sistemas, asegurando su correcto funcionamiento antes de su implementación.

Desde una perspectiva social y económica, esta tesis podrá fortalecer al sector productivo local. Los beneficios incluyen la reducción de costos mediante el aprovechamiento eficiente de recursos, mejoras en la calidad del producto gracias a la consistencia en el llenado, y un mejor impacto ambiental por el uso racional de energía y agua. También se espera que este modelo inspire a otras empresas de la región a adoptar tecnologías similares, impulsando el desarrollo tecnológico en Galápagos.

1.4 Planteamiento del problema

En la isla Santa Cruz, las empresas dedicadas al envasado de bebidas enfrentan problemas graves por la falta de automatización en sus procesos. Esto resulta en ineficiencias como pérdidas de materiales, tiempos muertos y un flujo de trabajo irregular, afectando negativamente la productividad y la sostenibilidad del sector. Para abordar esta situación, es fundamental diseñar un sistema de control automatizado basado en PLC que optimice el proceso de llenado de botellones de agua, garantizando un flujo continuo, minimizando errores y facilitando la toma de decisiones mediante un monitoreo en tiempo real.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo general

Desarrollar un sistema de control automatizado utilizando PLC para el llenado de botellones de agua en una empresa envasadora de la isla Santa Cruz para mejorar la estabilidad y eficiencia de los procesos de producción en la línea de llenado.

1.5.2 Objetivos específicos

- Analizar el proceso actual de llenado de agua en la empresa envasadora, para mejorar la eficiencia del flujo de producción general de la línea de llenado.
- Identificar las variables críticas donde la falta de automatización provoca ineficiencias en tiempos y recursos que impactan la estabilidad y el reflujo de producción en el proceso de llenado de botellones.
- Diseñar un sistema de control con PLC utilizando el software TIA Portal, enfocado en la regulación de las variables identificadas en la línea de llenado.
- Simular en el TIA Portal el sistema de control para el llenado de botellones.

1.6 Metodología de la investigación

En este proyecto de investigación se utiliza una metodología que integra enfoques analíticos y empíricos para el diseño de un sistema de control automatizado basado en PLC, destinado al llenado de botellones de agua en una empresa envasadora ubicada en la isla Santa Cruz, Galápagos. El enfoque analítico se emplea para estudiar los principios teóricos y conceptuales que sustentan los sistemas de control automatizados y su aplicación en procesos de llenado. También incluye un análisis detallado de los requerimientos técnicos necesarios para el diseño del sistema. Por su parte, el enfoque empírico se centra en el desarrollo y la validación del software de simulación, garantizando el correcto funcionamiento del sistema y permitiendo realizar ajustes y mejoras de manera precisa.

CAPÍTULO 2:

MARCO TEÓRICO

2.1 Sistema de llenado

Un sistema de llenado se define como una máquina o conjunto de máquinas diseñadas para envasar y llenar un producto específico en recipientes o envases. Por lo cual, este tipo de sistema se encuentra ampliamente empleado en diversas industrias, tales como de bebidas, la alimentaria, farmacéutica, química y de productos de consumo. Es importante destacar que hay múltiples tipos de sistemas de llenado, en el que cada uno desarrollado para controlar productos y materiales de envasado específicos (VKPAK, 2023).

2.1.1 Sistemas de llenado de líquidos

Estos sistemas son empleados para dosificar y envasar productos líquidos tales como bebidas, salsas y artículos de limpieza. También, facilitan llenar de maneras más precisa los recipientes de distintos tipos como botellas y latas, lo que afirma una mayor eficiencia y constancia en los procesos de producción industrial (VKPAK, 2023).

2.1.2 Sistemas de llenado de polvo

Los sistemas de llenado de polvo son diseñados para dosificar y envasar productos secos en polvo tales como harina, especias, detergentes y muchos mas productos. De igual forma, se emplean para llenar tipos de contenedores como bolsas, botellas y cajas, para garantizar una dosificación uniforme y optimizando los procesos de producción (VKPAK, 2023).

2.1.3 Sistema de llenado sólido

Los sistemas de llenado sólido están hechos para envasar productos tales como tabletas, dulces y gomitas. De igual forma, se emplean para llenar diversos recipientes como frascos, cajas y bolsas, así afianzando una manipulación adecuada y una distribución eficiente en los procesos de empaque industrial.

2.1.4 Sistemas de llenado de semisólidos

Los procesos de llenado semisólidos están hechos para dosificar y envasar productos tales como geles, pastas y cremas. Donde estos son empleados para llenar recipientes variados como tubos, botellas y frascos, así asegurando la precisión y calidad en los procesos de empaquetado industrial (VKPAK, 2023).

2.2 Llenado de botellones

El proceso de llenado se basa en introducir el líquido en botellones de veinte litros que se encontraran sobre una banda transportadora, utilizando válvulas específicas para este propósito. Este líquido se almacena previamente en el tanque de despacho y se extrae mediante una bomba trifásica. Se puede recalcar que este procedimiento caría entre embotelladoras, ya que la automatización del sistema permite ajustar la producción según las necesidades, aumentando o disminuyendo la capacidad de forma eficiente (Salgado Suárez, 2019).

2.2.1 Llenado volumétrico

Este sistema de llenado regula la cantidad de líquido que se introduce en cada botella debido a la medición precisa del volumen requerido. Asimismo, ofrece una gran flexibilidad en las capacidades de dosificación, al igual en la adaptación a diversas condiciones de operación, basado en el tipo líquido a procesar. Eso facilita trabajar con productos de viscosidades muy diferentes como agua, leche, jugos detergentes, cosméticos y otros productos químicos. Por otra parte, es comúnmente utilizado en el llenado de botellas PET (Polietileno Tereftalato), optimizando la producción en este tipo de envases (Salgado Suárez, 2019).

2.2.2 Llenado por gravedad de nivel

Este tipo de llenado basado en la gravedad a nivel es preciso para procesar productos de baja viscosidad, como agua, vinagre, vino, detergentes y otros líquidos similares. En este sentido, este tipo de llenado de botellas es una propuesta que facilita a las embotelladoras artesanales optimizando sus tiempos de producción. Por otro lado, contribuye a minimizar el riesgo de rebosamiento del líquido, evitando pérdidas innecesarias y mejorando la eficiencia operativa de la empresa (Salgado Suárez, 2019).

2.3 Sistema Automatizado

2.3.1 Definición de un sistema automatizado

Un sistema automatizado se define como la integración de diversos componentes, incluyendo equipos, sistemas de información y procedimientos, los cuales interactúan de manera funcional dentro de una estructura jerárquica. Su propósito principal es asegurar la ejecución autónoma del proceso con total control y seguimiento del funcionamiento del sistema, utilizando técnicas avanzadas y cumpliendo con los estándares establecidos según las características específicas de la planta (Izaguirre, 2012).

Características que definen a un sistema automatizado moderno incluyen:

- Esquemas de comunicación que aseguren un intercambio fiable de datos, tanto en sentido vertical como entre los distintos componentes.
- Alta flexibilidad para adaptarse en las características del proceso para futuras aplicaciones.
- Funcionamiento en tiempo real.
- Operación basada en el principio de: “control descentralizado con mando e información centralizados”.
- Gestión y uso eficiente de base de datos.
- Amplia variabilidad de opciones implementadas para optimizar la operación del sistema, abarcando control de procesos, monitoreo y herramientas de ingeniería como simulación y parametrización.

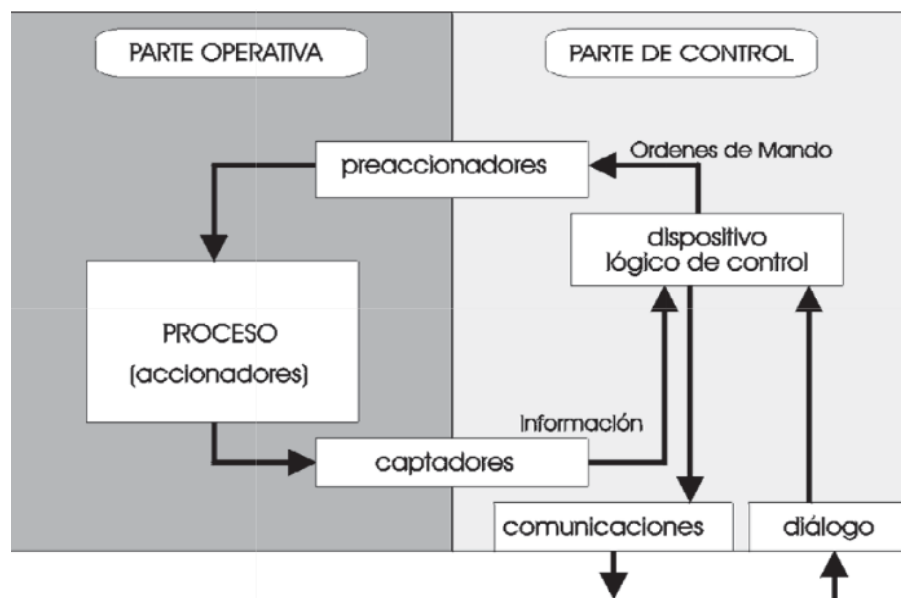
2.4 Modelo estructural de un sistema automatizado

La estructura de un sistema automatizado se refiere a la perfecta organización y funcionalidad de los diferentes componentes físicos y lógicos que conforman un sistema automatizado. Su finalidad es describir y permitir como estos elementos interactúan de forma eficiente y autónoma en distintos procesos, los cuales pueden clasificarse en parte operativa y parte de control. Esta organización favorece la escalabilidad, gestión y mantenimiento del sistema.

El dominio de la parte operativa se realiza manteniendo un intercambio constante de información entre esta y el sistema de control. Este intercambio se lleva a cabo mediante sensores binarios, convertidores analógicos y digitales, junto con equipos de procesos para la gestión de procedimientos. De los sensores y convertidores recopilan datos sobre las cantidades físicas que deben ser controladas y sus cambios de estado, que se envían al sistema de control para su procesamiento. Después del procesamiento de los datos, se generan las señales de mando que son enviadas a través de los preactuadores, estos permiten gestionar grandes potencias con la ayuda de bajas señales de potencias enviadas desde el sistema de control así como se muestra en la figura 1 (García Moreno, 2020).

Figura 1

Modelo estructural de un sistema automatizado



Fuente: (García Moreno, 2020).

En un sistema de automatizado se puede identificar nuevos subsistemas fundamentales que interactúan entre sí para lograr el control eficiente de un proceso:

1. Procesos a controlar: Hace referencia a la aplicación específica o tarea que se desea automatizar.

2. Dispositivos de entrada: Son los elementos encargados de captar señales o información del entorno, como interruptores, sensores inductivos, botones, entre otros.
3. Módulos de entrada: Actúan como interfaces entre los dispositivos de entrada y el PLC, proporcionando protección y realizando la conversión de señales para que puedan ser interpretadas por el controlador.
4. Controlador lógico programable: Es el núcleo del sistema, compuesto por la CPU, la memoria, la fuente de alimentación y los dispositivos de comunicación.
5. Módulos de salida: Funcionan como interfaces con protección y se encargan de convertir las señales procesadas por el PLC para transmitir las a los dispositivos de salida.
6. Dispositivos de salida: Son elementos que ejecutan las acciones, como bobinas de arrancadores y indicadores visuales.
7. Accionadores: Incluyen dispositivos como motores, cilindros y válvulas, los cuales realizan el trabajo físico en el proceso automatizado.
8. Interfaz Hombre-Maquina (HMI): Es el medio mediante el cual el operador puede programar, monitorear y supervisar tanto el PLC como el proceso en ejecución.
9. Distribución: Proporciona las fuentes de energía necesarias para el sistema, tales como energía eléctrica, energía solar, vapor o agua.

2.4.1 Parte operativa

La parte operativa de un sistema automatizado incluye elementos responsables de la comunicación directa con el proceso físico a controlar. Este apartado es fundamental, ya que establece la relación entre el entorno físico y el sistema de control, permitiendo que las tareas del proceso se completen de forma automática y eficiente cumpliendo los objetivos establecidos.

Por el cual, está compuesta por un conjunto de dispositivos, máquinas o subprocesos, esta parte del sistema está diseñada para llevar a cabo funciones de producción específicas dentro de un proceso de fabricación. En este sentido, pueden ser máquinas herramienta para realizar operaciones de mecanizado, ya sea simples o complejas, hasta subprocesos especializados en tareas como destilación, la fundición u otras actividades industriales específicas (García Moreno, 2020).

2.4.2 Parte de control o mando

La Parte de control o mando es el responsable de llevar a cabo la coordinación y supervisión de las diferentes operaciones del sistema, asegurando que la parte de operación funcione de acuerdo con los parámetros previamente establecidos en las definiciones del diseño (García Moreno, 2020).

Para cumplir con este propósito, la parte de control emplea dispositivos como controladores lógicos (PLC). Estos dispositivos procesan los datos recibidos de los sensores y envían señales de control de los actuadores, asegurando que la parte de trabajo funcione de acuerdo con los parámetros establecidos. Esto le permite mantener la estabilidad del sistema automatizado y optimizar su rendimiento.

2.5 Importancia de la automatización

La automatización reduce o elimina por completo la necesidad de intervención humana en el proceso de producción, asumiendo además varias funciones intelectuales, como cálculo y toma de decisiones, que puedan variar en nivel de complejidad (Vásquez Cortés, 2016).

Donde la automatización trasciende la simple mecanización de los procesos, en el cual ofrece a los operadores herramientas que favorecen su trabajo al disminuir el esfuerzo físico requerido. Asimismo, aliviando tanto el esfuerzo físico como la carga sensorial y mental. Como disciplina de la ingeniería, abarca diversas áreas como la instrumentación industrial, sensores, sistemas de control y supervisión, transmisión de datos y software en tiempo real, lo que permite monitorear y validar las operaciones en procesos industriales con mayor eficiencia (Villar, 2017).

2.6 Objetivos de la automatización

El principal objetivo de la automatización es integrar diferentes aspectos de las operaciones de manufactura para:

- Mejorar la calidad y uniformidad del producto.
- Disminuir los costos de producción mediante un control más eficiente y la optimización de tiempos.
- Minimizar la intervención humana, reduciendo así posibles errores.
- Evitar daños en las piezas causados por el manejo manual.
- Incrementar la seguridad del personal y reducir el esfuerzo físico.
- Ahorrar espacio en la planta al optimizar el mantenimiento de equipos y el flujo de materiales.
- Fortalecer la integración entre la gestión y los procesos productivos de la empresa.

2.7 Controladores Lógicos Programables (PLC)

El Controlador lógico programable (PLC) es un dispositivo esencial en los sistemas de control industrial. Se basa en una computadora especializada para ejecutar instrucciones de programación que permite automatizar procesos y toma de decisiones de encendido y apagado en equipos y maquinaria industrial en tiempo real.

El PLC son dispositivos industriales que funcionan como computadoras especializadas, equipadas con tarjetas electrónicas que proceden como interfaces entre el PLC y los instrumentos de campo encargados de controlar un proceso. Para obtener datos del entorno, se emplean tarjetas electrónicas de entrada, estas son las que envían señales hacia la memoria principal de PLC, conocida como CPU, aquí es donde la información es procesada según las instrucciones del programa de control. Luego, los resultados finales se almacenan en la memoria de la salida de la CPU y son enviados al proceso mediante de las tarjetas electrónicas de salida, de las cuales

están conectadas a los dispositivos en campo. De esta forma, los elementos de control son activados o desactivados acorde a las órdenes definidas en el programa de control, permitiendo la automatización eficiente del sistema (García González, 2004).

Figura 2

Controlador lógico programable de Siemens



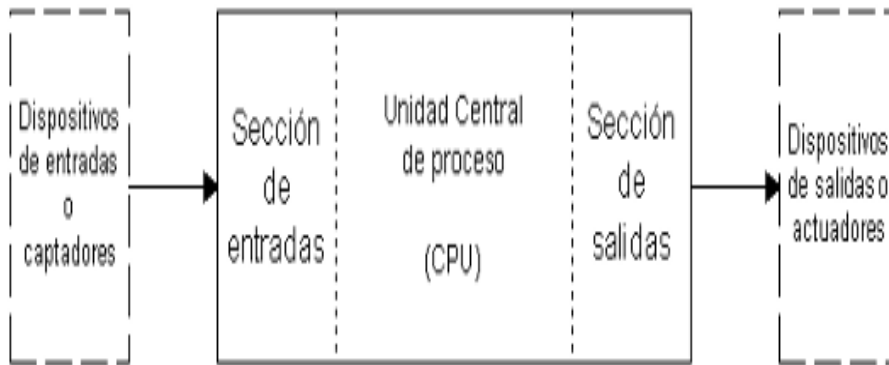
Fuente: (SIEMENS, 2024).

2.8 Partes de un Controlador lógico programable (PLC)

El PLC está compuesto por tres componentes principales: La CPU, los módulos de entrada y módulos de salida, como se puede apreciar en la figura 3. La CPU, siendo el elemento principal en el PLC, ya que es la que se encarga de procesar las señales recibidas desde los módulos de entrada, realizando el control del proceso en función de la lógica previamente programada (Maila Carrillo, 2019).

Figura 3

Autómata programable básico



Fuente: (Vargas Gamboa & Bejarano Acosta, 2007).

2.8.1 Módulo de entrada

El módulo de entradas es el componente encargado de conectar diversos sensores y dispositivos, como interruptores, finales de carreras y pulsadores. Su principal función detectar y registrar el estado de estos dispositivos. De forma periódica, la información captada se transfiere a la memoria imagen entrada en la cual se almacena. Luego, esta información es enviada al CPU para su procesamiento según el programa configurado. Es primordial mencionar que al módulo de entradas se pueden conectar dos tipos de sensores: pasivos y activos (Martínez, 2015).

2.8.2 Memoria del programa

En esta sección del controlador lógico programable (PLC) se almacena datos y la información que el controlador procesa. Esta información se organiza en tres tipos de memorias principales: la memoria de datos, la memoria de datos, la memoria de imagen de entradas y la memoria de imagen de salidas (Martínez, 2015).

2.8.3 CPU

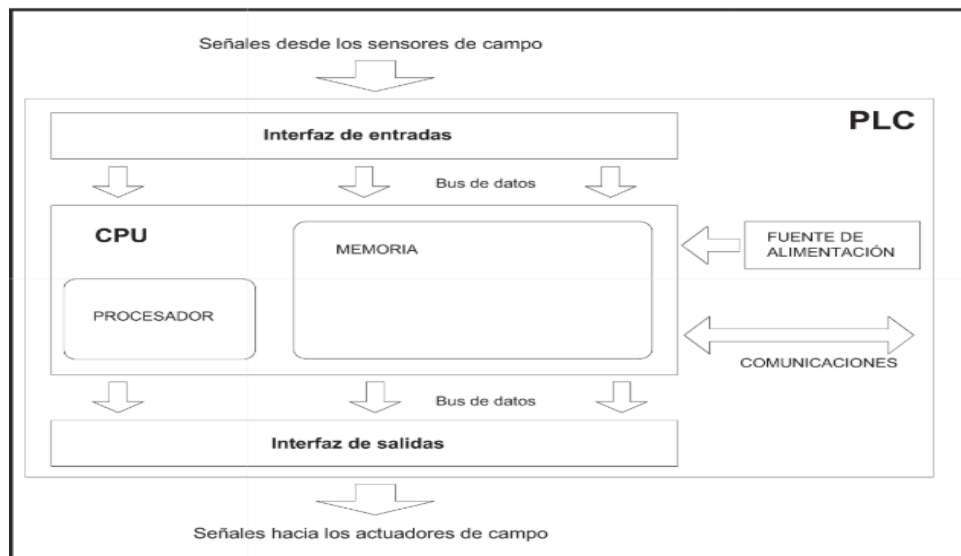
La unidad central de procesamiento (CPU) actúa como el cerebro principal del sistema. Es donde se reciben las instrucciones del operador a través de la consola de programación y el módulo de entradas. Por consiguiente estas instrucciones se procesan para generar respuestas que se envían al módulo de salidas. En su memoria el programa encargado de supervisar y controla el proceso (Arriete Arvilla & Gonzalez Kerguelen, 2003).

2.8.4 Módulo de salida

La función principal es gestionar el encendido y apagado de actuadores, como bobinas de contactores, lámparas y motores de pequeña escala. Cuando la información de la entrada es procesada por la CPU, esta se almacena en las memorias de imagen de salida. Luego, los datos son enviados a la interfaz de salida, la cual es la encargada de activar los actuadores conectados. Por tal razón, es de gran importancia que el sistema ejecute este proceso de manera precisa y eficiente (Martínez, 2015).

Figura 4

Bloques de las partes del PLC



Fuente: (Daneri, 2009).

2.9 Funciones del PLC

La principal función de sistema es reconocer diferentes tipos de señales de actividad del proceso, preparar y ejecutar acciones según las instrucciones del programa. De igual forma, acepta configuraciones por parte de los operadores o programadores, y generar informes sobre su estado y aceptar cambios en la programación según sea necesario (sdindustrial, 2002).

Los PLC integran funciones que ayudan a un control continuo del proceso. Por lo que, cuentan con módulos de entradas y salidas analógicas, y permiten la

implementación de controladores PID programados a su vez en el PLC. Asimismo, es primordial recalcar que estos módulos no necesitan estar físicamente en el mismo armario que el PLC, debido a que se pueden distribuir a lo largo de la instalación. También, los actuadores y sensores pueden conectarse a través de dispositivos acoplados en campo mediante un único cable de comunicación. Por último, el PLC realiza un ciclo continuo de revisión para verificar el estado de los sensores y, en función de ello, actualiza el estado de los actuadores (Arrata Tubón & Naranjo Sánchez, 2024).

2.10 Ventajas del PLC

No todos los PLC ofrecen las mismas ventajas, esto se debe a varios factores, como la amplia diversidad de modelos disponibles en el mercado, por las constantes innovaciones técnicas que surgen diariamente y el acontecimiento de que no todos están diseñados para las mismas tareas. No obstante, una de las ventajas más generales y destacadas que comparten es la optimización del tiempo en la elaboración de proyectos (Avila Zambrano & Edison, 2012).

Lo cual se logra gracias a varias características, entre las cuales se incluyen:

- La eliminación de la necesidad de dibujar esquemas de contactos.
- La reducción en los costos de mano de obra para la instalación.
- La disminución del tiempo requerido para poner en marcha el proceso.
- La posibilidad de contactar múltiples máquinas con un solo PLC.
- El ahorro en los costos de mantenimiento.
- La menor ocupación de espacio.
- La gran capacidad de almacenamiento de programas, que permite realizar modificaciones futuras de manera eficiente.

2.11 Lenguaje Ladder

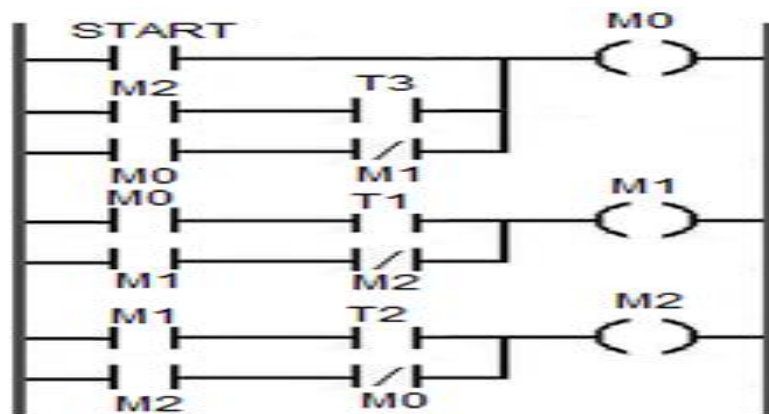
El lenguaje Ladder, conocido también como lenguaje de contactos o escalera, resalta como uno de uno de los lenguajes de programación gráfica más empleados con respecto a los PLC. Dado que se enfoca principalmente en los esquemas

tradicionales eléctricos de control. Por ende, resulta fácil para cualquier técnico eléctrico o disciplina asociada a la electricidad, ya que estos se encuentran familiarizados con estos conocimientos previos de estos esquemas y les resulta sencillo adaptarse y trabajar con este tipo de programación (Ortiz Chimbolema, 2018).

En la actualidad, el diagrama Ladder se ha afianzado como el lenguaje de programación de los controladores lógicos programables más empleado en la industria. El cual, se caracteriza por estructura, ya que incluye rieles de alimentación verticales que se encuentran en ambos lados y líneas horizontales, conocidas como rungs, estas sirven para conectar los distintos componentes así como se muestra en la figura 5. En términos visuales, su disposición se asimila considerablemente a la forma de una escalera, por lo que se da su nombre Ladder (Medina Zeballos, 2022).

Figura 5

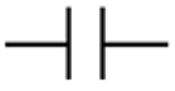
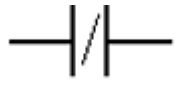
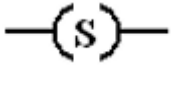
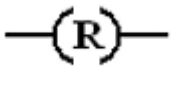
Ejemplo de Diagrama Ladder



Fuente: (Vilema Guijarro, 2012).

Este lenguaje incluye un conjunto de instrucciones esenciales por lo que facilitan el desempeño de procesos de automatización en varias aplicaciones. De tal forma, se pueden implementar procesos tanto secuenciales como lógicos, en los que se utilizan elementos claves como contactores, bobinas, temporizadores y funciones aritméticas para asegurar un control eficiente y preciso, así como se puede ver en la tabla 1 los elementos más comunes (Medina Zeballos, 2022).

Tabla 1*Símbolos más conocidos*

Símbolo	Nombre	Descripción
	Contacto NA	Se activa cuando hay un 1 lógico, el elemento representa una entrada para captar información del proceso a controlar.
	Contacto NC	Se activa cuando hay un 0 lógico, también es un elemento de entrada pero en este caso negada.
	Bobina NA	Se activa cuando la combinación que hay a su entrada (izquierda) da un 1 lógico. Representa elementos de salida.
	Bobina NC	Se activa cuando la combinación que hay a su entrada (izquierda) da un 0 lógico es complemento de la bobina NA.
	Bobina set	Sirve para memorizar bits y usada junto con la bobina RESET dan una enorme potencia en la programación
	Bobina reset	Permite desactivar una bobina set previamente activada.

Fuente: (Avila Zambrano & Edison, 2012).

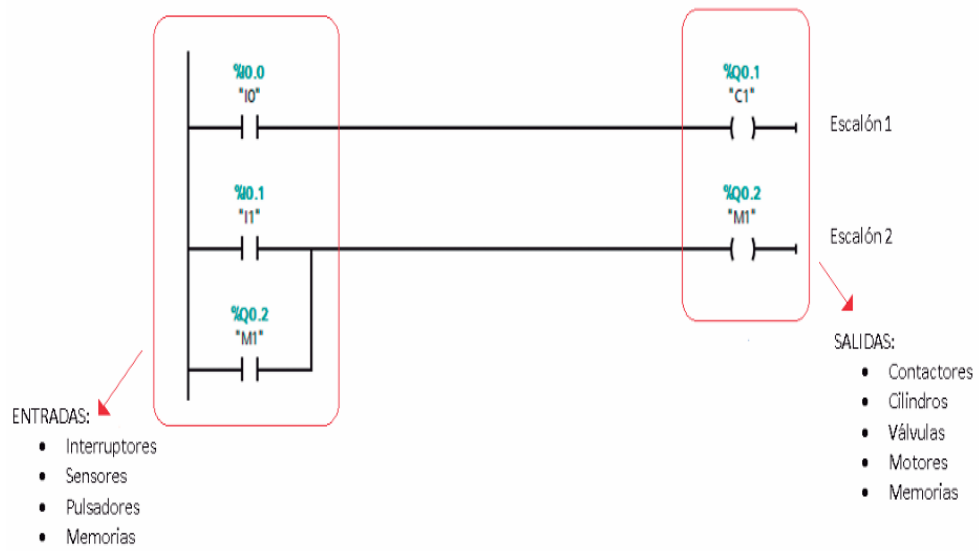
2.12 Estructura del diagrama Ladder

La estructura del diagrama Ladder se caracteriza por su simplicidad así como se muestra en la figura 6. En el cual, se destacan dos líneas verticales simbolizan las líneas de alimentación. De un lado, tenemos la línea vertical izquierda ubicada a la izquierda que representa la fase, en cambio, del otro lado, la línea vertical situada a la

derecha corresponde al neutro. De igual forma, las líneas horizontales representan los escalones y así se complementa esta representación (Zapata, Topón-Visarrea, & Edgar, 2021).

Figura 6

Estructura de diagrama Ladder



Fuente: (Zapata, Topón-Visarrea, & Edgar, 2021).

El diagrama que se muestra en la figura 6, presenta tres escalones, estos son símbolos que encontramos en la parte izquierda del diagrama, las cuales son las entradas, los elementos que podemos encontrar de este lado son interruptores, sensores, pulsadores y memorias; los cuales, están conectados a la línea de fase. Por otro lado, los símbolos que se observa en la parte derecha se los conoce como las salidas, ya que estos están conectados a los actuadores y al neutro. Estas salidas se conectan con elementos como cilindros, válvulas, motores y memorias (Zapata, Topón-Visarrea, & Edgar, 2021).

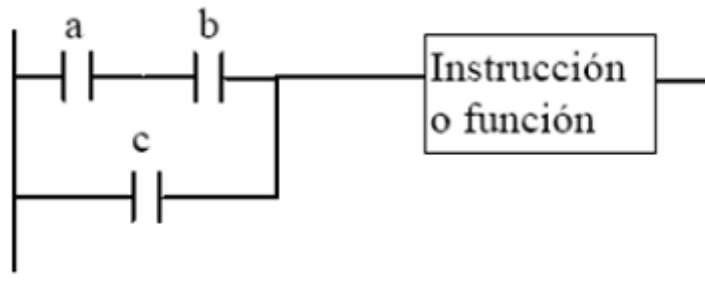
2.13 Uso de Instrucciones o funciones en diagrama Ladder

Los elementos fundamentales del lenguaje Ladder solo permiten programar relaciones lógicas simples. En cierta medida, esto es insuficiente para gestionar procesos complejos. En cambio, se incorporan otros elementos que permiten

desarrollar funciones más avanzadas. Los cuales, se ubican sustituyendo las bobinas simples, así como se muestra en la figura 7 (Montenegro Vélez, 2017).

Figura 7

Instrucción compleja en diagrama Ladder



Fuente: (Montenegro Vélez, 2017).

Es posible implementar diversas funciones avanzadas que amplían su capacidad de control:

- La instrucción END, que señala el final del programa.
- Los temporizadores
- Los contactores
- Las instrucciones de salto, permite manejar condiciones específicas dentro del programa.
- Control de interruptores, este resulta primordial para el manejo de eventos externos.
- Funciones especiales de comunicación, los cuales facilitan la interacción con otros dispositivos o sistemas.

Según el acceso de las diversas funciones mencionadas éstas pueden variar en base al software de programación del autómatas programable utilizado. Pero, es necesario destacar que incluso los entornos de programación más simples tienden a

incluir temporizadores y contadores como herramientas esenciales (Montenegro Vélez, 2017).

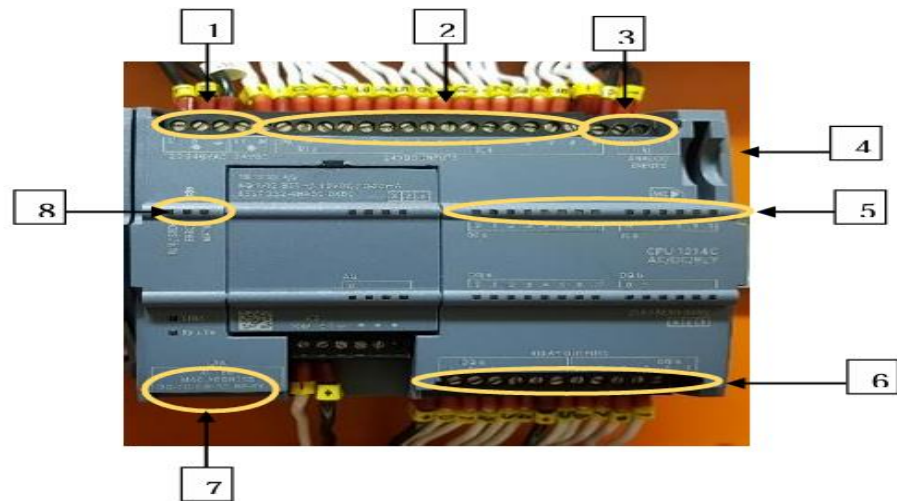
2.14 PLC S7-1200

El controlador lógico programable es un instrumento altamente efectivo y confiable, creado especialmente para la automatización en procesos industriales. El cual, es capaz de gestionar el control de numerosos equipos, donde procesa tanto señales digitales como analógicas, lo que favorece el monitoreo y operación de sistemas en tiempo real. También, el diseño robusto que posee garantiza la seguridad de datos y cuenta con una gran gama de instrucciones, lo que convierte en una solución ideal para su aplicación en los diversos sectores industriales (Yagual Ramírez, 2019).

Este dispositivo integra un microprocesador, una fuente de alimentación incorporada, circuitos de entrada y salida, un puerto PROFINET, y entradas y salidas de alta velocidad para el control de movimientos. Asimismo, cuenta con entradas analógicas, todo ello encapsulado en una estructura protectora que garantiza su robustez y fiabilidad. Debido a estas características, el controlador comunica de manera eficaz con los procesos industriales y ofrece la posibilidad de personalizar soluciones mediante el software de TIA Portal. Después, que el programa se transfiere al CPU del PLC, este se encarga de ejecutar las tareas necesarias para supervisar y gestionar los equipos involucrados (Mogrovejo Batidas & Carrión Elizalde, 2023).

Figura 8

PLC S7-1200



Fuente: (Zambrano Monserrate & Caballero De la Torre, 2018).

Tabla 2

Componentes del PLC S7-1200

Componentes del PLC Simatic S7-1200	
1	Entradas de alimentación AC.
2	Entradas digitales.
3	Entradas analógicas.
4	Ranura de memoria externa.
5	Leds de estado para E/S integradas
6	Salidas digitales.
7	Puerto Ethernet.
8	Leds de run/stop del PLC

Fuente: (Zambrano Monserrate & Caballero De la Torre, 2018).

2.15 TIA Portal

TIA Portal (Totally Integrated Automation Portal) se presenta como un marco integral de la ingeniería diseñado para la automatización de dispositivos por la empresa Alemana Siemens. Este software permite de manera eficiente, la creación de proyectos mediante el uso de generadores de software, por lo que constituye a disminuir significativamente en los flujos de trabajo reiterativo. También, gracias a la suite de software de Siemens, es probable integrar las diferentes versiones de proyectos, en el que se abarcan desde la planificación hasta la ingeniería y el diseño (Pérez Olcina, 2021).

Este Software posee características destacas:

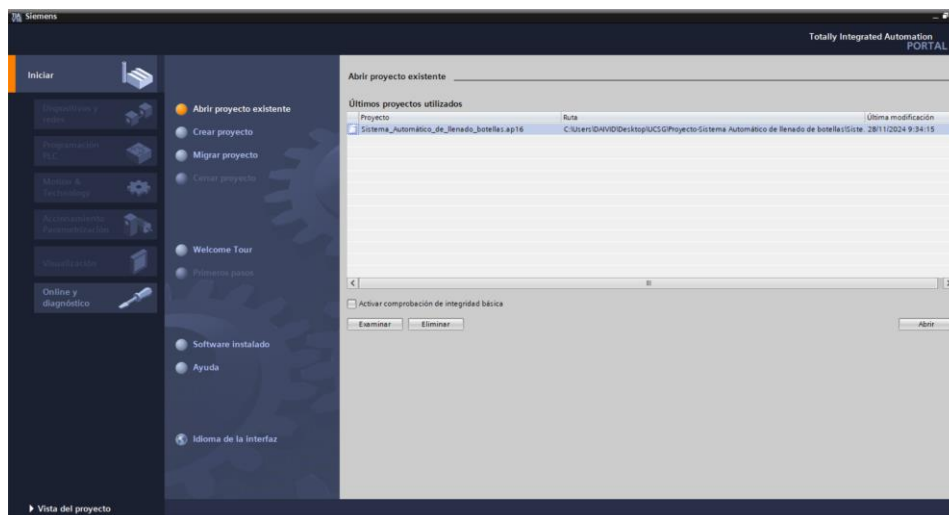
- Su capacidad de integrar, en una única plataforma, donde todos los componentes de automatización como controladores, interfaz HMI, los sistemas de accionamiento y las redes industriales (Mogrovejo Batidas & Carrión Elizalde, 2023).
- Por otra parte, su interfaz de usuario esta diseñada de manera intuitiva, en el cual facilita la navegación y el acceso a las diversas herramientas del software, tambien esta apta para soportar múltiples lenguajes de programación, asi facilita o acelera el desarrollo de aplicaciones (Mogrovejo Batidas & Carrión Elizalde, 2023).
- Por ultimo, incorpora herramientas de simulación que permiten probar los programas antes de la puesta en marcha, favoreciendo la detección y solución de problemas. De igual forma, brinda una gestión centralizada de proyectos, en que se abarcan todas las etapas del ciclo de vida, desde la configuración del hardware hasta las actividades de mantimientoo (Mogrovejo Batidas & Carrión Elizalde, 2023).

Así como se mencionó previamente, la principal ventaja de este software se basa en ofrecer un medio unificado para la configuración, programación y parametrización de los elementos claves para la automatización. Por lo cual, se describirán en detalle las diferentes áreas de trabajo y su respectiva utilización en este entorno (Centeno Pomareta, 2017).

Primeramente se debe recalcar que al abrir el software, observaremos la primera vista del TIA Portal así como podemos observar en la figura 9.

Figura 9

Vista principal del TIA Portal



Fuente: Imagen proporcionada por el autor.

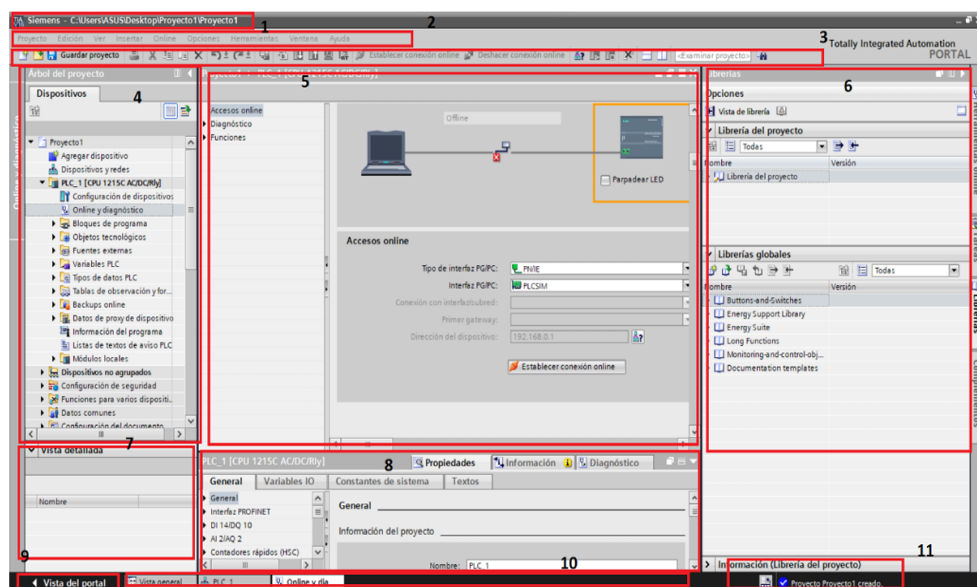
Las opciones ubicadas en el lado izquierdo de la interfaz se conocen como portales. Al iniciar el software por primera vez y sin haber creado un proyecto, solamente estarán disponibles los portales “Iniciar”, “Online” y “Diagnóstico”. Sin embargo, el portal de diagnóstico permite establecer una conexión en línea con un dispositivo sin la necesidad de crear un proyecto. Esta funcionalidad termina siendo muy útil, debido a que puede servir para monitorear el estado actual de una instalación y llevar a cabo su diagnóstico adecuado en caso de detectar un comportamiento insólito (Centeno Pomareta, 2017).

Al seleccionar el portal de inicio, conocido como “iniciar”, se crean diversas opciones, en las que se incluyen la posibilidad de crear un nuevo proyecto o abrir fue un proyecto existente que está almacenado en el ordenador. De igual forma, Este portal facilita verificar los paquetes de software instalados, así como modificar el idioma de visualización del programa dada las necesidades del usuario. Asimismo, la función de migración de proyectos es quien va a facilitar la actualización de proyectos desarrollados en STEP7, WinCC Flexible o versiones anteriores, adaptándolos a la versión actual del TIA Portal (Centeno Pomareta, 2017).

Las demás acciones del portal las encontraremos disponibles a la hora de tener un proyecto abierto, en el cual será para acceder o crear diversas configuraciones y opciones. No obstante, cabe recalcar qué estas mismas tareas también se la pueden llevar a cabo desde la vista del proyecto, en lo que nos representan ninguna diferencia significativa en términos de funcionalidad (Centeno Pomareta, 2017).

Figura 10

Vista del proyecto



Fuente: (Mogrovejo Batidas & Carrión Elizalde, 2023).

En la figura 10 podemos observar los componentes y herramientas que se pueden utilizar en un proyecto, por lo tanto se procederá a dar una descripción sobre los cuadros señalados con números de la vista de proyecto.

1. Barra de título: Presenta el nombre del proyecto que estamos desarrollando.
2. Barra de menús: Contiene los comandos esenciales para programar en el entorno del TIA Portal.
3. Barra de herramientas: Incluye un conjunto de iconos y comandos que permiten ejecutar varias acciones dentro del proyecto.

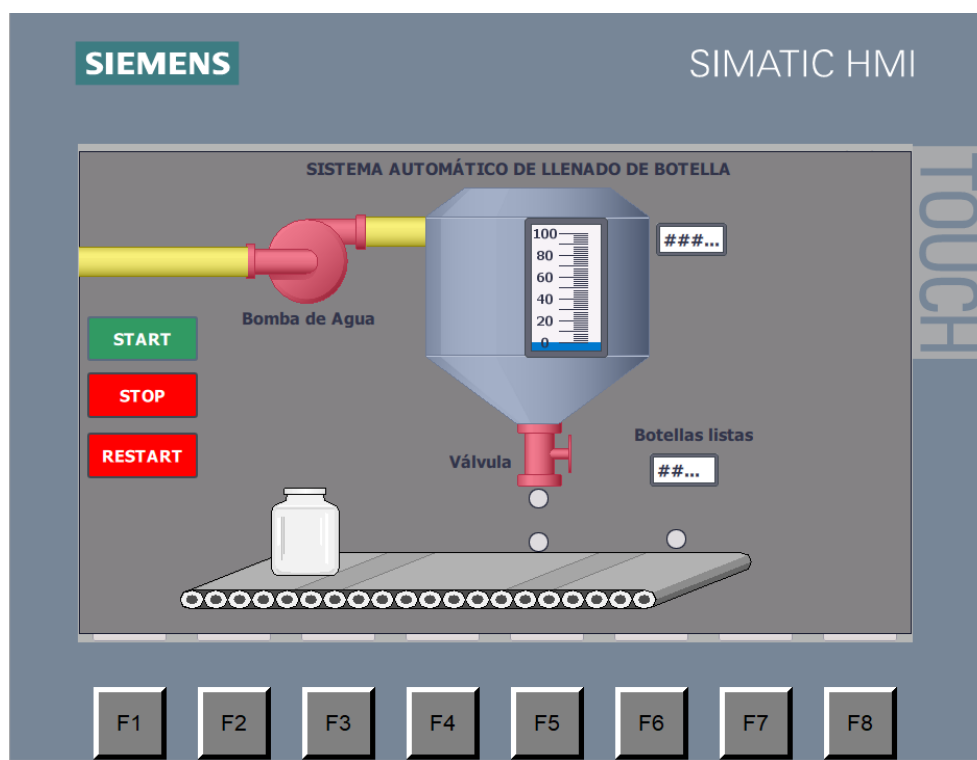
4. Árbol del proyecto: Organiza y muestra los elementos del proyecto cómo HMI, redes y otros componentes relevantes.
5. Área de trabajo: Es donde se desarrollan y se detallan los diseños, códigos y configuraciones seleccionadas.
6. Task Cards: Señala las tareas específicas asignadas en el proyecto, cómo la configuración de controladores o ajustes de los parámetros.
7. Vista detallada: Proporciona una visión más precisa y amplia de un componente en particular.
8. Venta de inspección: Permite modificar ajustes y propiedades de los diferentes componentes del proyecto.
9. Cambio a la vista del portal: Da la opción de cambiar la interfaz del portal para gestionar el proyecto de manera integral.
10. Barra de editores: Posee herramientas específicas para editar elementos como PLCs o interfaces HMI.
11. Indicador de proceso: Refleja el estado actual y el avance del proyecto.

2.16 HMI (Interfaz hombre-máquina)

La interfaz HMI, es la interacción entre el hombre y los procesos de una máquina, en la cual esta interfaz desempeña un papel principal en los procesos de automatización, debido a que permite la supervisión y control de los procesos, por lo que facilitan una interacción más dinámica con las variables del sistema, ya que se basa en mostrar mediante una pantalla toda la información de los distintos valores. Estas interfaces acceden a incorporar objetos que posibilitan el entorno de diversos dispositivos, también ayuda a facilitar el desarrollo y la generación de informes relacionados con las variables del proceso. Por otro parte, se emplean otros equipos especializados para gestionar elementos específicos, como motores y sistemas de comunicación, que son fundamentales dentro de un proceso de automatización (Álvarez Salazar & Mejía Arango, 2017).

Figura 11

Pantalla HMI



Fuente: Elaborado por el autor.

CAPÍTULO 3:

SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL AUTOMATIZADO PARA EL LLENADO DE BOTELLONES DE AGUA EN EL SOFTWARE TIA PORTAL

3.1 Desarrollo del proyecto

En el presente capítulo se realiza el pertinente diseño de un sistema de control automatizado utilizando PLC y la simulación en el software TIA PORTAL para control del llenado de botellones de agua en una empresa envasadora de la isla Santa Cruz, Galápagos. Donde la necesidad de implementar un sistema automatizado que permite monitorear y regular diferentes variables en tiempo real y dando una solución práctica y efectiva.

3.2 Estado actual del proceso de llenado botellones de agua en la empresa envasadora.

La empresa se dedica al envasado de agua para consumo humano en botellones de 20 litros, la cual ellos lo hacen de manera manual entre tres o cuatro personas, donde al agua que ellos envasan son extraídas de grietas o formaciones subterráneas que pueden almacenar agua dulce, esto se debe a que el agua se filtra a través de las grietas o poros de la rocas volcánicas permeables proveniente principalmente de la filtración de las lluvias, luego se almacena en grietas impermeables que son formadas por capas de rocas menos porosa que actúan como barreras.

Ellos cuentan con un área de envasado así como se muestra en la figura 12, pero de manera manual, con un proceso de diferentes etapas que son: lavado, esterilización, envasado, sellado y etiquetado. Pero en este proyecto solo nos enfocaremos en la etapa de envasado de los botellones de agua.

La empresa cuenta con una producción de máximo de 100 botellones diarios entre las 7:00 am hasta las 7:00 pm dado que no lo pueden hacer en un transcurso más corto debido que deben tener cuidado en no derramar fluido de agua, lo cual produce perdidas y además se toman sus tiempos de descanso, todo esto dependiendo de la demanda del producto en el día.

Figura 12

Envasado de agua



Fuente: Elaborado por el autor.

Como podemos observar en la figura 12, el área de envasado de botellones de agua es de manera manual así como vemos las dos llaves de paso que son para su debido llenado, el agua se encuentra en un tanque de 1200 litros el cual es recargado del agua que se sustrae de la grieta de agua dulce que posee la empresa.

3.3 Diseño del sistema de control automatizado para el llenado de botellones de agua.

Se crea un diseño de un sistema de control automatizado para el llenado de botellones de agua con la finalidad de incrementar en nivel de producción y optimizar la materia prima utilizando el software TIA PORTAL V16, donde se define las variables, en el cual el pulsador START será quien dé por activado el sistema donde entran los dispositivos como la bomba, banda transportadora, electroválvula y sensores, el STOP será quién detenga el sistema por completo cuando sea necesario y el RESTART será quién reinicie todo el sistema.

Donde el encendido y apagado de la bomba de agua se basará de la siguiente manera:

- Cuando el tanque sea menor al 10% de su capacidad este será un indicador que se debe de activar la bomba de agua para su debido abastecimiento.
- Cuando el tanque de sea mayor o igual al 95% de su capacidad este será un indicador que se debe de apagar la bomba de agua para no ocasionar derrames de líquido por encima de los bordes del tanque.

El encendido y apagado de la electroválvula se basa en de la siguiente manera:

- Cuando el objeto censado (botellón de agua) este debajo de la electroválvula esta se activará para su debido llenado el cual será de 20 litros de agua.
- Cuando el objeto (botellón de agua) ya haya recibido su debida cantidad de agua será un indicador donde la electroválvula se apagará y dejara de abastecer, la cual dará acceso a los siguientes pasos.

El encendido y apagado de la banda transportadora tendrá varias fases como donde se activará y se pausará de la siguiente manera:

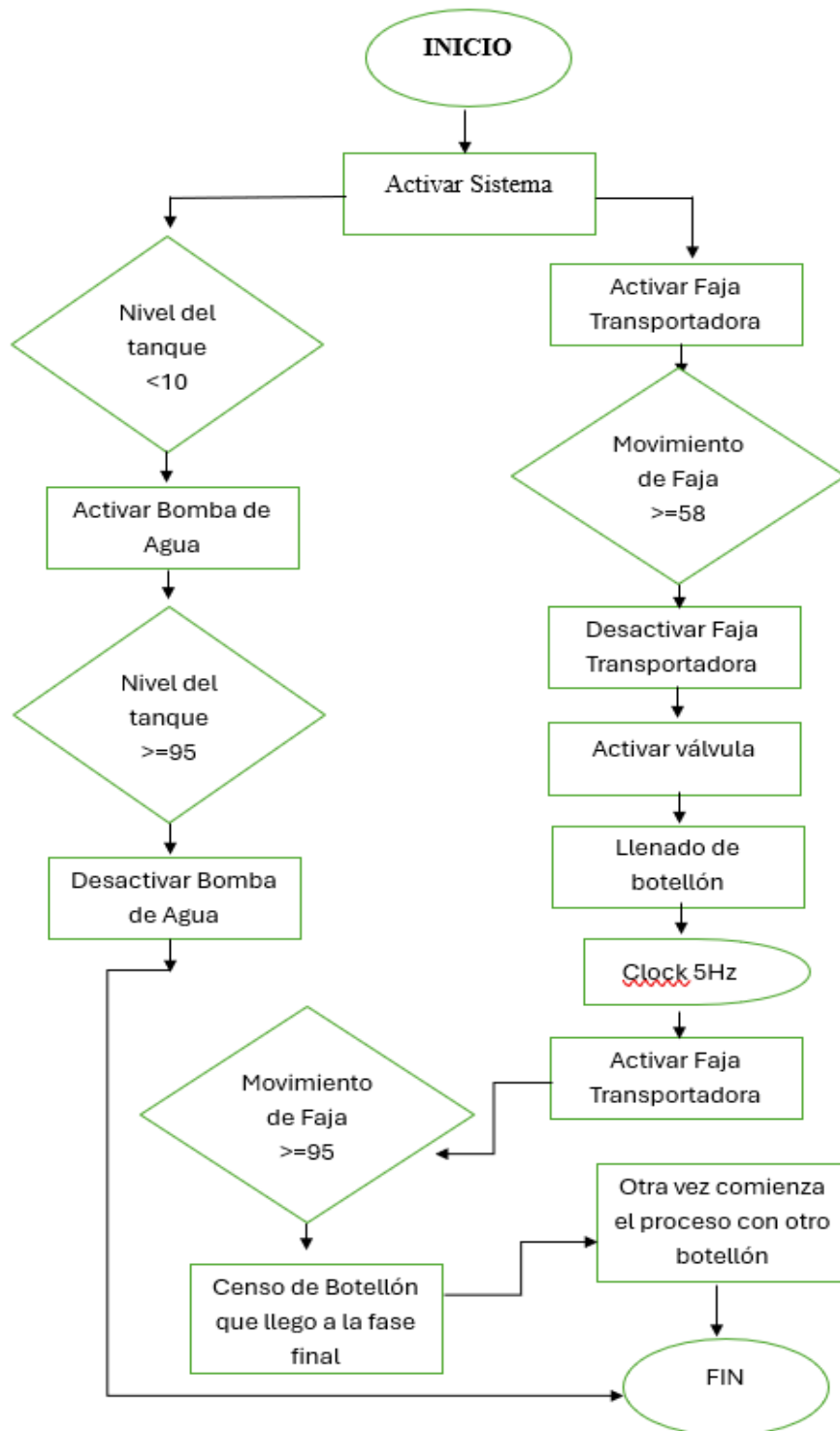
- Cuando el objeto (botellón de agua) sea colocado en la banda transportadora y se dé por activado el pulsador START, será un

indicador donde la banda se activará con el objeto, después del proceso que realiza en el momento de descarga del líquido la faja transportadora se activará nuevamente hasta llegar a su tope y sea censada que llegó su producto y así simultáneamente será su proceso de activación.

- Cuando el objeto (botellón de agua) este por llegar a colocarse por debajo de la electroválvula y sea censado, será un indicador donde la banda transportadora se pausará o se apagará.

Figura 13

Diagrama de flujo del sistema de control automatizado para el llenado de botellones de agua.



Fuente: Elaborado por el autor.

En la figura 13 se muestra el diagrama del sistema de control automatizado para el llenado de botellones de agua. Se observa que primero se activa el sistema, de hay se activan los demas pasos como: la activación de la faja transportadora y tambien de activar la bomba de agua. Una vez activada la faja transportadora esta llegara aun punto donde su recorrido será mayor o igual que a cincuenta y ocho, y asi se desactivara la faja transportadora la cual dará la activación de la válvula de hay procede al llenado del botellón, luego de que este se llene en un transcurso de 5 segundos, se volvera activar la faja transportadora, la cual se moviliza hasta llegara aun recorrido de mayor o igual que 95 donde sera que se pare nuevamente para asi que el botellón sea censado y pueda ser retirado. Por otra parte la activación de la bomba de agua se daría cuando el nivel del tanque sea menor que a 10% de su abastecimineto, luego la bomba se apagará cuando el nivel del tanque llegue a ser mayor o igual que 95% de su valor necesitado.

3.4 Descripción de la simulación del programa

Para llevar a cabo un proyecto, es primordial saber diferenciar los puntos relevantes que se quieren obtener y a su vez emular el comportamiento del sistema que se quiere automatizar.

Por lo tanto, para comenzar un proyecto en TIA PORTAL, debemos de tener muy claro nuestro enfoque sobre que componentes vamos a necesitar o su vez ir probando, ya que para esto es el software de simulación, porque es donde uno se puede equivocar y por ende corregir la programación, para que así a la hora de emplearlo en la vida real no tengamos ningún problema en su funcionamiento. Ya una vez claro nuestro entorno podemos comenzar con la creación de nuestro proyecto en TIA PORTAL.

Una vez creado el proyecto, tendremos un sin número de instrucciones básicas, las cuales no ayudaran con nuestra secuencia de programación para poder controlar nuestro sistema de control en el llenado de botellones de agua. La programación de la automatización del llenado de botellones de agua está realizada en diagrama Ladder o escalera, la cual esta distribuida en cinco segmentos:

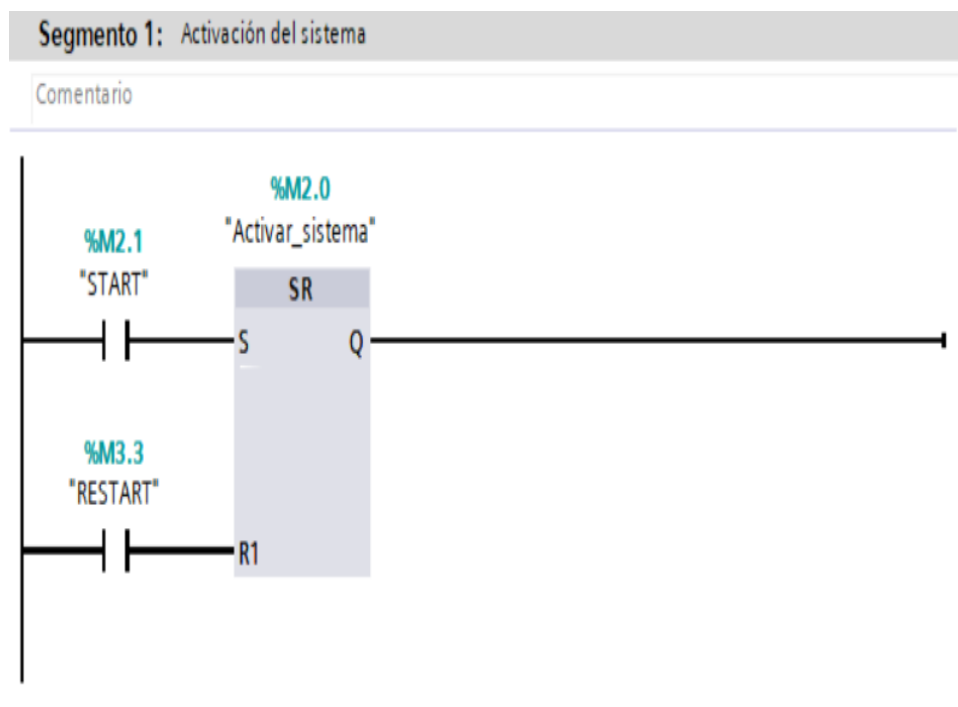
- Segmento 1: En este segmento se produce la activación del sistema.

- Segmento 2: En este segmento se produce el paro o desactivación del sistema.
- Segmento 3: En este segmento se produce la activación de la bomba de agua y supervisión del llenado del tanque de agua.
- Segmento 4: En este segmento se produce la activación de la faja transportadora.
- Segmento 5: En este segmento se produce la activación de la válvula.

En el segmento uno del proyecto de automatización del llenado de botellones de agua, se basa en la activación y también la restauración del sistema. Donde los componentes necesarios para esta programación de activación y restauración del sistema son dos contactos normalmente abiertos (NA) y un flip-flop de activación/desactivación así como se muestra en la figura 14.

Figura 14

Segmento 1



Fuente: Elaborado por el autor.

Para el encendido de manual se implementó un botón o pulsador que vendría a ser el contacto normalmente abierto (NA) (START) su variable será tipo memoria. Cuando se presione el botón de START, se activará el sistema para que así se puede dar paso a los demás segmentos, de igual forma para que se recete el sistema el sistema se debe presionar el botón que vendría a ser el contacto normalmente abierto (NA) (RESTART) este será guardado como tipo memoria, estos irán conectados al flip-flop de activación/desactivación (Activar sistema) también como tipo memoria.

Figura 15

Botón START Y Botón RESTART del segmento 1



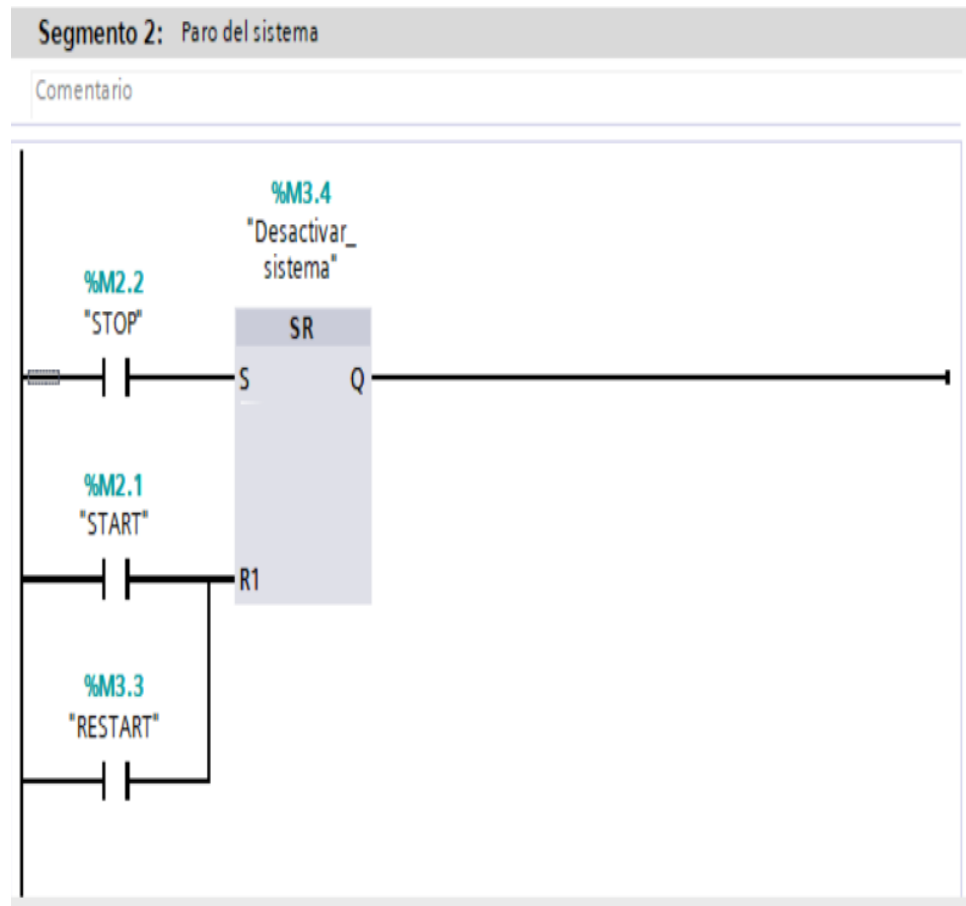
Fuente: Elaborado por el autor.

Este segmento es donde se dará inicio a todos los demás pasos a suceder en la programación, como dicho anteriormente es donde se activa el sistema, siendo así la parte fundamental de toda la programación.

En el segmento dos del programa proseguiremos con el paró o desactivación del sistema del proyecto de automatización del llenado de botellones de agua. Aquí nos toparemos con elementos, como tres contactos normalmente abiertos (NA) y un flip-flop de activación/desactivación así como se muestra en la figura 16.

Figura 16

Segmento 2



Fuente: Elaborado por el autor.

Este segmento va a la par con el segmento uno, porque en este segmento también contamos con los contactores normalmente abierto (NA) de START y RESTART. Se añade el botón de STOP el cual va a hacer quien paré o desactivé el sistema y será guardado como una variable de tipo memoria. Aquí se usará un flip-flop de activación/desactivación (Desactivar sistema) también será guardado como una variable tipo memoria.

Estos tres botones irán conectados al flip-flop de activación/desactivación, el botón STOP será quien paré el sistema, y a su vez podrá darse de nuevo la activación del sistema debido a que también tenemos conectado el botón de START y de igual forma también contamos con el botón RESTART por si se necesita reiniciar el

sistema. De igual forma podremos observar en la siguiente figura 17 los tres botones del segmento 2.

Figura 17

Botones del segmento 2



Fuente: Elaborado por el autor.

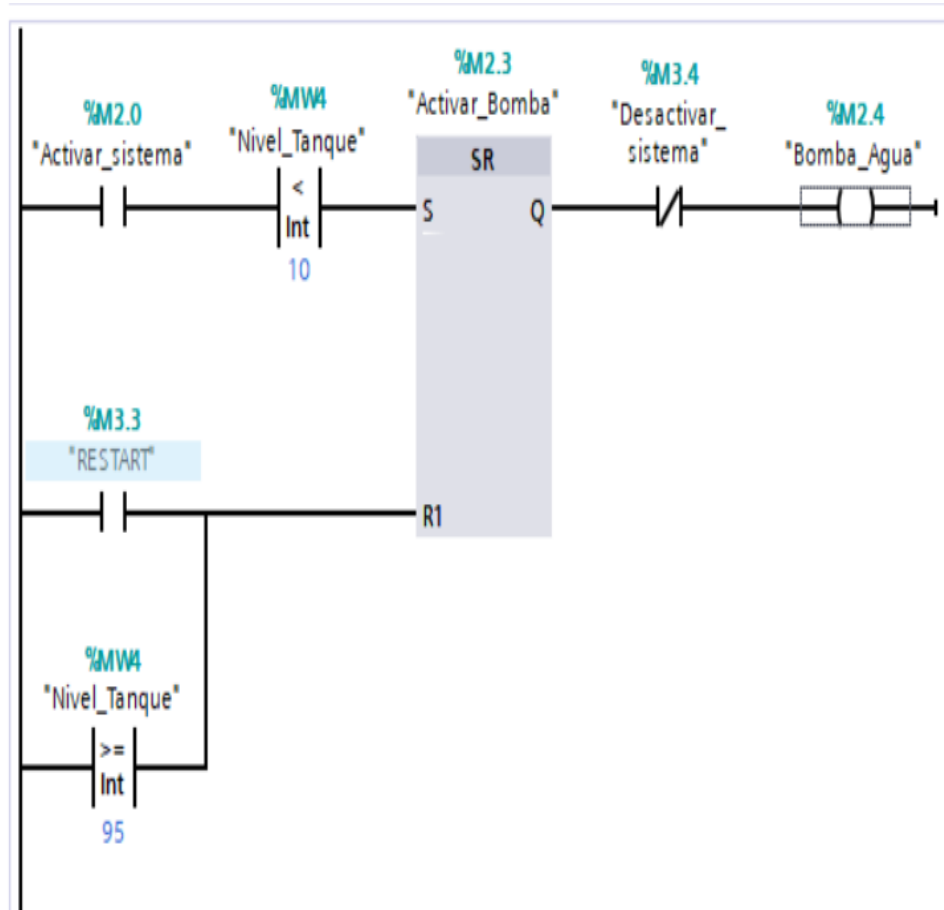
En el segmento tres del programa se tiene el control de la bomba de agua y el control de llenado del nivel del tanque, este segmento es muy importante ya que aquí se puede controlar la configuración de la activación de la bomba de agua para el debido llenado de agua a al tanque y así lograr un mejor rendimiento en lo que es la automatización del sistema de control en el llenado botellones de agua.

La primera parte en este segmento consta de la configuración para poder activar la bomba de agua de forma automática cuando sea requerida.

Donde se utilizará elementos como dos contactos normalmente abiertos (NA), un comparador menor que, un comparador mayor o igual que, un contacto normalmente cerrado (NC), un flip-flop de activación/desactivación y una asignación.

Figura 18

Configuración para la activación de la bomba de agua



Fuente: Elaborado por el autor.

El principal elemento en esta configuración será el flip-flop de activación/desactivación el cual será guardado como una variable de tipo memoria con el nombre de “Activar_Bomba”, este elemento posee dos entradas y una salida así como se muestra en la figura 18, la cual explicaremos su funcionamiento a continuación.

La primera entrada será la de activación para la bomba, estará conectada a un contacto normalmente abierto (NA) guardada como una variable de tipo memoria con su respectivo nombre “Activar_Sistema”, como ya visto anteriormente esta

variable estará activada desde el primer segmento cuando se active el sistema, esté contacto estará conectado a un comparador menor que a 10, guardado con un variable de tipo memoria con nombre “Nivel_Tanque”, este comparador será quien dé el flujo de paso para activar la bomba, ya que una vez que se cumpla su objetivo, que será cuando el nivel del tanque sea menor que a 10 así dejará pasar el flujo de corriente hacia la entrada uno del flip-flop.

La segunda entrada será la desactivación del flip-flop para detener la bomba de agua, en un rama tendremos lo que es el contacto normalmente abierto RESTART y en otra rama el comparador mayor o igual que a 95, guardado con una variable tipo memoria con el nombre de “Nivel_Tanque”, estos dos estarán conectados de forma paralela lo que significa que si el contacto NA esta activo, la entrada R1 se activa independientemente de la condición del comparador, mientras que si el nivel del tanque cumple la condición de mayor o igual que 95, la entrada R1 se activa independientemente de RESTART, en sí la entrada R1 se activara si cualquiera de las dos condiciones es verdadera.

Por último tenemos la salida del flip-flop “Activar_Bomba”, una vez que se cumplan las entradas S y R1 se controlará la asignación “Bomba_Agua”, donde está también puede ser detenida en cualquier momento por el contacto NC “Desactivar_sistema” y activar cuando se active nuevamente el sistema.

Figura 19

Elemento seleccionado como la bomba para el llenado del tanque

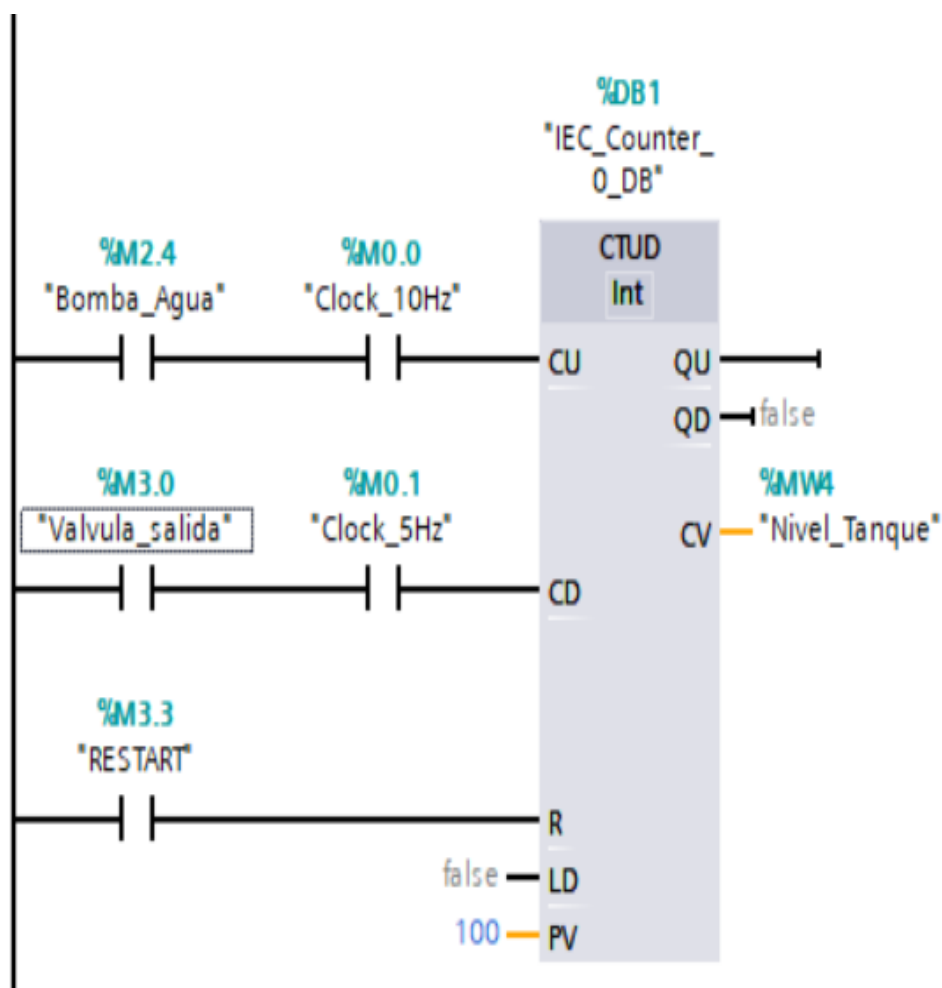


Fuente: Elaborado por el autor.

La siguiente parte en este segmento tenemos el control del nivel del tanque, donde contamos con cinco contactos normalmente abiertos (NA) y un contador ascendente – descendente, los cuales se muestra en la figura 20, de igual forma explicaremos la función de esta configuración.

Figura 20

Configuración del conteo del nivel de agua en el tanque.



Fuente: Elaborado por el autor.

Comenzamos con los elementos del diagrama, donde expondremos las entradas digitales, el bloque del contador CTUD y variables de salida.

Entradas digitales:

- “Bomba_Agua”: Una condición de entrada que activa la función de conteo en el contador.
- “Clock_10Hz”: Una señal de reloj de 10Hz utilizada como activador del conteo hacia arriba (CU).
- “Válvula_salida”: Una condición de entrada que activa el conteo hacia abajo (CD).
- “Clock_5Hz”: Una señal de reloj de 5Hz utilizada para el conteo hacia abajo.
- “RESTART”: Una entrada que reinicia el contador.

Partes del bloque del contador CTUD:

- CU: Entrada para el conteo ascendente (llenado del tanque). Se activa con las señales de “Bomba_Agua” y “Clock_10Hz”.
- CD: Entrada para el conteo descendente (llenado del botellón). SE activa con las señales de “Válvula_salida” y “Clock_5Hz”.
- R: Entrada para el reinicio del contador. Se activa con la señal “RESTART”.
- LD: Entrada para cargar un valor predefinido en el contador.
- PV: Valor predefinido (en este caso 100) que el contador usará como referencia.
- CV: El valor actual del contador, con la variable de “Nivel_Tanque”.
- QU: Señal de salida que indica que el contador alcanzó el valor máximo.
- QD: Señal de salida que indica el contador que el contador alcanzó el valor mínimo.

Variable de salida:

- “Nivel_Tanque”: Guarda el valor actual del contador (CV) y representa el nivel actual del tanque.

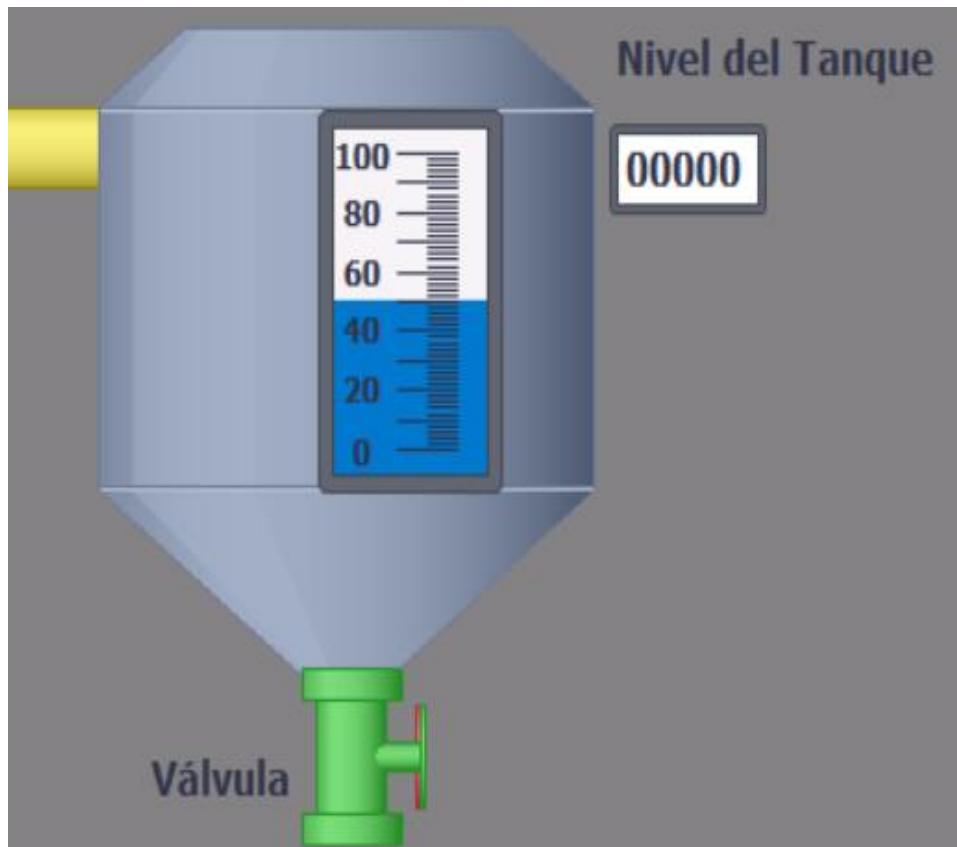
Funcionamiento:

- Conteo hacia arriba: Cuando la variable “Bomba_Agua” está activa y se recibe la señal del reloj “Clock_10Hz”, el contador incrementa su valor debido al llenado del tanque.
- Conteo hacia abajo: Cuando la variable “Válvula_salida” está activo y se recibe la señal del reloj “Clock_5Hz”, el contador decrementa su valor debido cuando se abre la válvula para el llenado de botellones de agua.
- Reinicio del contador: Se da si la variable “RESTART” se activa, el contador se reinicia a 0.
- Control del nivel del tanque: El valor actual del contador (CV) se refleja en la variable “Nivel_Tanque”, lo que se interpreta como el valor de agua en el tanque.
- Indicadores de límite: (QU) se activa cuando el contador alcanza el valor máximo como 100, y (QD) se activa cuando el contador alcanza el valor mínimo.

En resumen esta es la configuración para el sistema de control de nivel del tanque, donde “Bomba_Agua” llena el tanque para así incrementar su nivel, y la “Válvula_salida” reduce el nivel del agua a lo que se abre la válvula para el llenado de los botellones y el valor del nivel de agua lo veremos reflejado en la variable “Nivel_Tanque”, así como se muestra en parte grafica de la simulación con la figura 21.

Figura 21

Tanque de agua con su indicador de nivel.



Fuente: Elaborado por el autor.

En el segmento cuatro del programa se tiene el control para activar la faja transportadora, el contador sobre el movimiento de la faja y el contador de botellones.

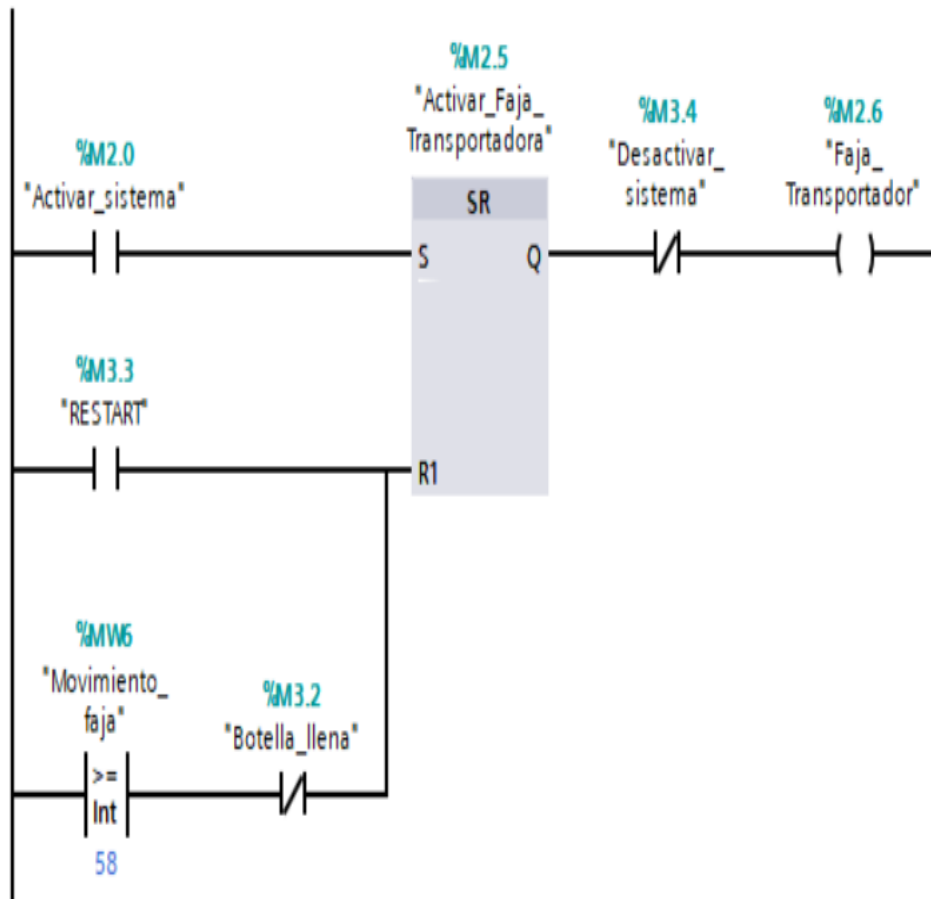
Primero veremos la configuración para el funcionamiento del control para activar la faja transportadora así como lo vemos en la figura 22.

Activación del sistema:

- Cuando se activa el contacto normalmente abierto “Activar_sisetma”, el bloque SR (flip-flop activación/desactivación) activa la salida “Activar_Faja_Transportadora”, iniciando el movimiento del sistema.

Figura 22

Sistema de activación de la faja transportadora.



Fuente: Elaborado por el autor.

Condiciones de la faja transportadora:

- La salida “Faja_Transportadora” depende de dos condiciones:
 1. El valor en “Movimiento_faja” de ser mayor o igual a 58.
 2. El sensor “Botella_llena” debe estar activado.
- Si ambas condiciones son verdaderas, la faja transportadora sigue operando.

Reinicio del sistema:

- El contacto “RESTART” reinicia el funcionamiento del sistema, permitiendo que las condiciones vuelvan a evaluarse.

Desactivación del sistema:

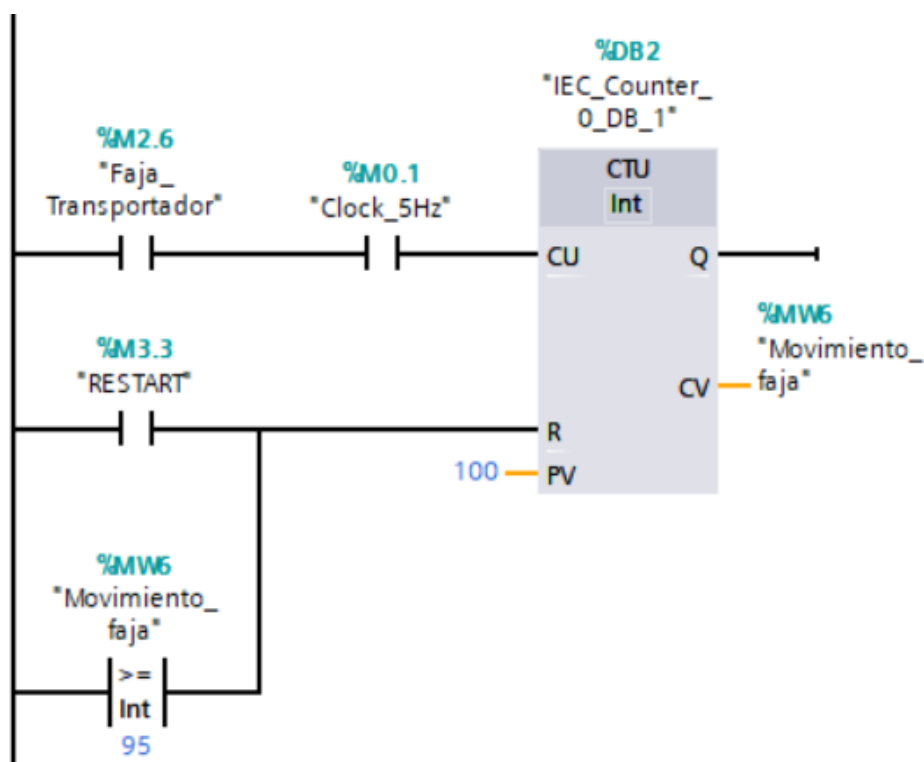
- Si se activa el contacto normalmente cerrado “Desactivar_sistema”, el bloque SR reinicia la salida “Activar_Faja_Transportadora”, deteniendo el movimiento de la faja transportadora.

En conclusión, el sistema activa la faja transportadora según las condiciones establecidas (valor mayor o igual que 58 y la botella llena). Se puede reiniciar manualmente o detener con el contacto de desactivación.

Como segunda parte tenemos la configuración para el funcionamiento del control del movimiento de la faja transportadora, así como lo podemos ver en la figura 23.

Figura 23

Configuración del movimiento de la faja transportadora.



Fuente: Elaborado por el autor.

Funcionamiento de esta configuración:

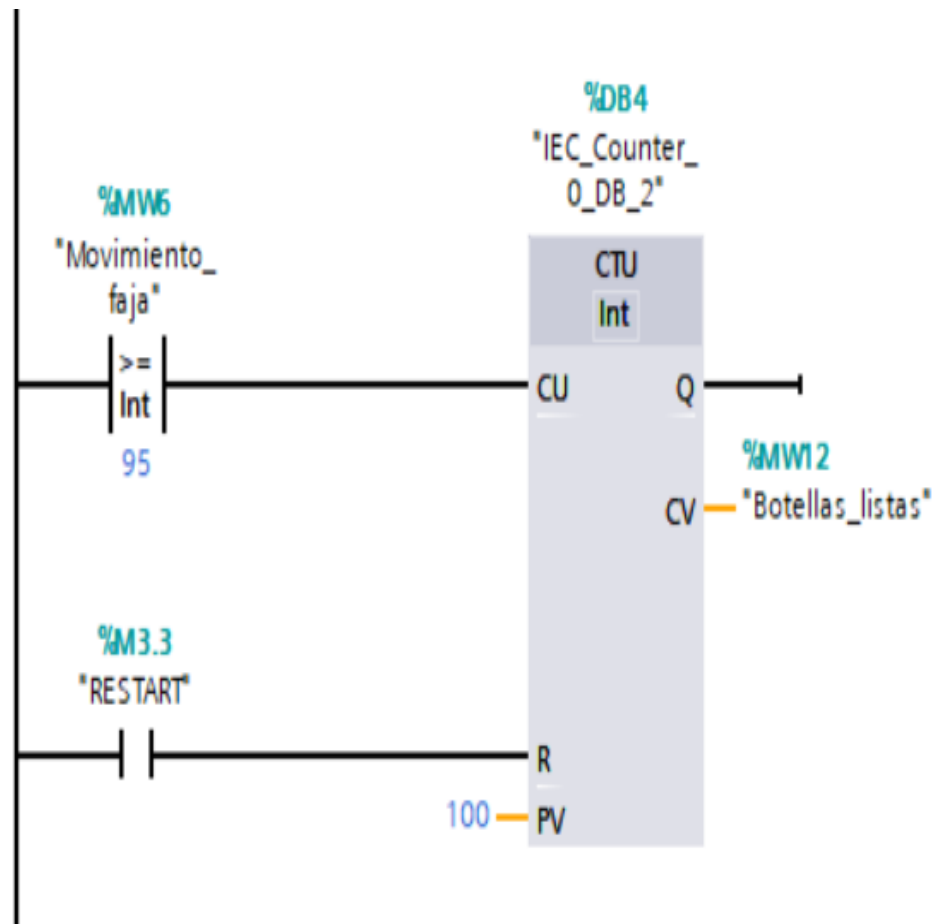
1. “Faja_Transportador”: Este contacto representa la activación del transportador. Si está activo, permite que se incremente el contacto.
2. “Clock_5Hz”: Representa un pulso de reloj de 5Hz. Proporciona señales regulares para incrementar el contador.
3. CTU (contador hacia arriba):
 - CU (Contador hacia arriba): Incrementa el valor del contador cuando recibe una señal.
 - PV (Valor preestablecido): Es el valor objetivo, en este caso, 100.
 - CV (Valor actual): Es el valor que va acumulando el contador.
 - Q: Se activa cuando el contador alcanza el valor objetivo (100).
4. “RESTART”: Es un contacto que se reinicia el contacto a 0 si se activa.
5. “Movimiento_faja”:
 - Este valor se utiliza como referencia y se compara con un comparador mayor o igual que 95.
 - Si alcanza 95 o más, activa la lógica asociada al contador.

En conclusión, este programa controla y monitorea un transportador. El contador se incrementa con los pulsos del reloj mientras la faja esté activa, y se reinicia o compara según las condiciones programadas.

Como tercera parte veremos la configuración para el funcionamiento del control del contador de botellones, así como se muestra en la figura 24.

Figura 24

Configuración para el contador de botellones.



Fuente: Elaborado por el autor.

Entradas:

- “Movimiento_faja”: Para que se active este contacto, el valor del comprador debe ser mayor o igual a 95 para que se así se active el contacto CU.
- “RESTART”: Actúa como reinicio del contador. Si este bit está activado, el contador se reinicia a su valor predefinido (PV).

Bloque de contador (Contador ascendente):

- CU: Incrementa el contador cuando la condición de la faja se cumpla a mayor o igual que 95.
- R: Reinicia el contador al presionar “RESTART”.
- PV: El valor máximo es 100, lo que significa que el contador llegará a 100 antes de completar su ciclo.
- Q: Es una salida, donde indica que el contador alcanzó el valor PV (100).
- CV: Muestra el valor actual del contador y lo guarda en la variable tipo memoria “Botellas_listas”.

Salidas:

- “Botellas_listas”: Guarda la cuenta actual de los botellones listos, lo que corresponde al valor del contador (CV).

En resumen su funcionamiento se basa cuando el valor de la faja “Movimiento_faja” es mayor o igual a 95, el contador empieza a incrementar. Donde una vez que el contador llega a 100 (PV), se activa la salida Q (indica que se llegó al objetivo) esto se lo puede cambiar dependiendo de lo que se necesita. Si se activa el bit “RESTART”, el contador se reinicia y vuelve a empezar desde cero.

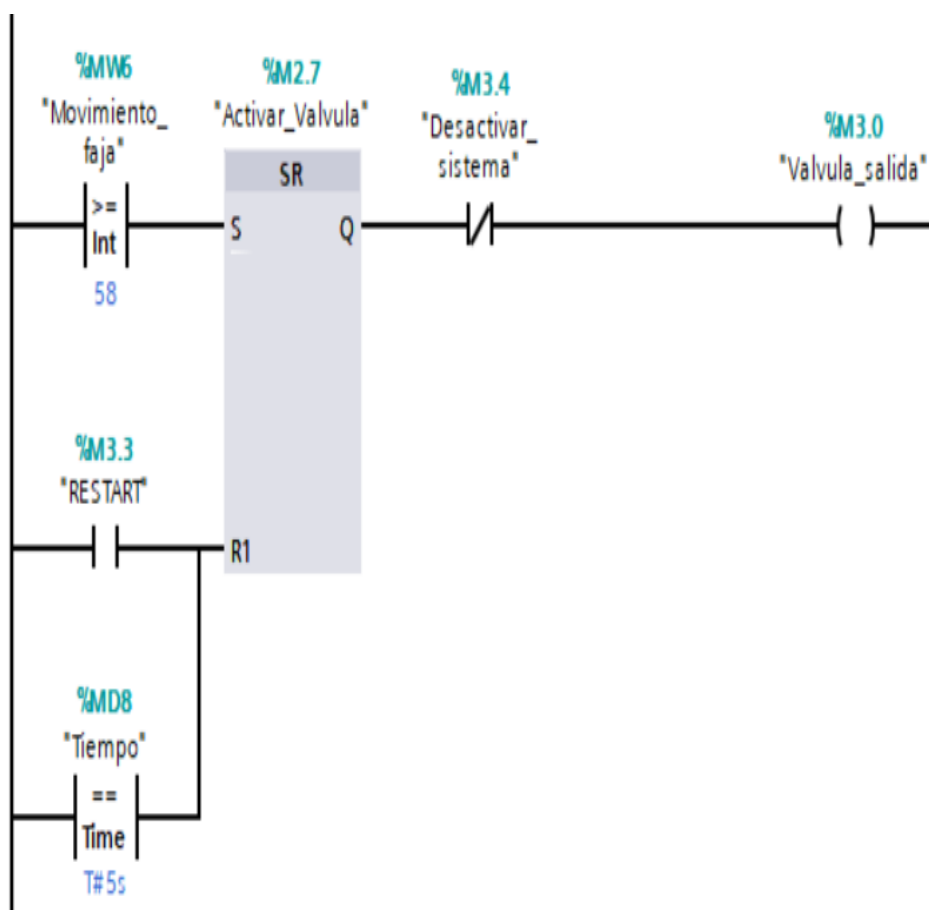
Por último en el segmento cinco del programa se tiene el control para activar la válvula y el tiempo que se va a tomar al abrir la válvula para el llenado de botellones.

Este segmento es fundamental para la distribución de flujo de agua mediante la activación de la válvula, donde este segmento estará conectado con los demás segmentos planteados anteriormente, ya que aquí influirá el movimiento de la faja y la desactivación del sistema, en donde el movimiento de la faja será de gran ayuda para la transportación del botellón de agua y sea detenido debajo de la válvula luego de ser censado para que así sea envasado.

Comenzaremos con la configuración de la primera parte para activar la válvula, la cual se muestra en la figura 24.

Figura 25

Configuración para la Activación de la Válvula.



Fuente: Elaborado por el autor.

Este diagrama controla la activación y desactivación de una válvula de salida basada en condiciones específicas.

Elementos del diagrama:

1. “Movimiento_faja”: Se compara con el valor 58. Si el valor en la variable “Movimiento_faja” es mayor o igual a 58, la condición de esta línea se cumple.

2. “RESTART”: Es una señal que desactiva el sistema, reiniciando el estado de la válvula.
3. “Tiempo”: Es un comparador de tiempo configurado con un temporizador, lo que significa que evalúa si han transcurrido 5 segundos.
4. SR (flip-flop de activación/desactivación): Controla la activación y desactivación de la variable “Activar_valvula.”
5. “Desactivar_sistema”: Es un bit que, cuando esté activo, desactiva el sistema al abrir el circuito y evitar que la asignación de la “válvula_salida” se active.
6. “Válvula_salida”: es la salida final que controla la válvula.

Funcionamiento del diagrama:

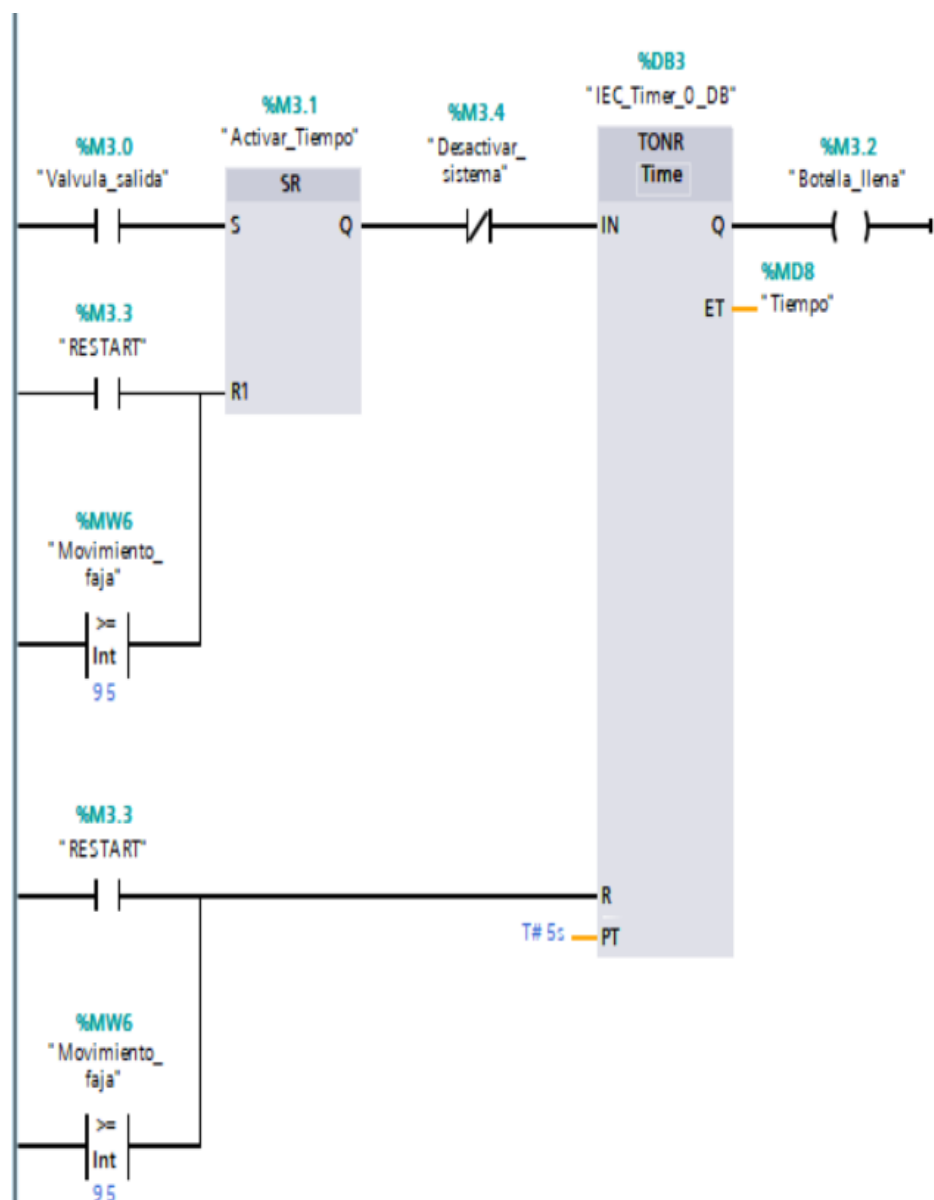
- Activación de la válvula:
 - ✓ Si el valor en la variable “Movimiento_faja” es mayor o igual que a 58, se activa el SR (Activar_Valvula) en su entrada S, lo que activará la asignación “Válvula_salida.”
 - ✓ Adicionalmente, se verifica que el temporizador “Tiempo” haya alcanzado exactamente 5 segundos.
- Control de la salida:
 - ✓ Si el contacto normalmente cerrado “Desactivar_sistema” se activa, este desactivará el flujo de corriente a la asignación “Válvula_salida”, de igual forma también si el contacto normalmente abierto “RESTART” se activa, este reiniciará el sistema de “Activar_Válvula” por ende la asignación “Válvula_salida” se desactiva.
- Salida final:

- ✓ La salida “Válvula_salida” se activa, si no se activa el contacto normalmente cerrado “Desactivar_sistema” y si el flip-flop (SR) está activo.

La otra parte de este segmento se basa en la activación del tiempo en el llenado del botellón como la variable “Botella_llena”, lo cual podemos ver en la siguiente figura 26.

Figura 26

Configuración para el tiempo de llenado del botellón.



Fuente: Elaborado por el autor.

Bloques y señales principales:

- “Válvula_salida”: Es una señal que, al activarse, desencadena un reinicio o algún tipo de acción en el sistema.
- “RESTART”: Es otra señal que parece habilitar o reiniciar alguna función.
- “Movimiento_faja”: Es un registro o variable que contiene un valor numérico (en este caso, la posición de la faja transportadora, que sería debajo de la válvula). Se compara con el valor mayor o igual a 95.
- “IEC_TIMER_0_DB”: Es un temporizador configurado con un preset de 5 segundos (T# 5s).
- “Tiempo”: Representa el tiempo acumulado por el temporizador.
- “Botella_llena”: Indica que una botella se ha llenado.

Análisis de la programación:

- El SR “Activar_Tiempo” se activa, cuando el contacto normalmente abierto “Válvula_salida” está activa, y se desactiva cuando el contacto normalmente abierto “RESTART” o el comparador “Movimiento_faja” es mayor o igual a 95.
- La salida del SR se desactiva cuando el contacto normalmente cerrado “Desactivar_sistema” está activa.
- El temporizador “IEC_Timer_0_DB” se activa si el SR “Activar_Tiempo” está activa.
- El temporizador es de tipo retentivo, lo que significa que acumula el tiempo de funcionamiento incluso si se interrumpe la señal de entrada.
- Una vez que el temporizador los 5 segundos, activa la salida Q del temporizador y así activa la salida de asignación “Botella_llena”.
- Los contactos normalmente abiertos “RESTART” servirán para reiniciar el SR y temporizador.

- Los comparadores “Movimiento_faja” mayor o igual a 95 desactivarán el SR y temporizador cuando cumplan esta función.

Funcionalidad general:

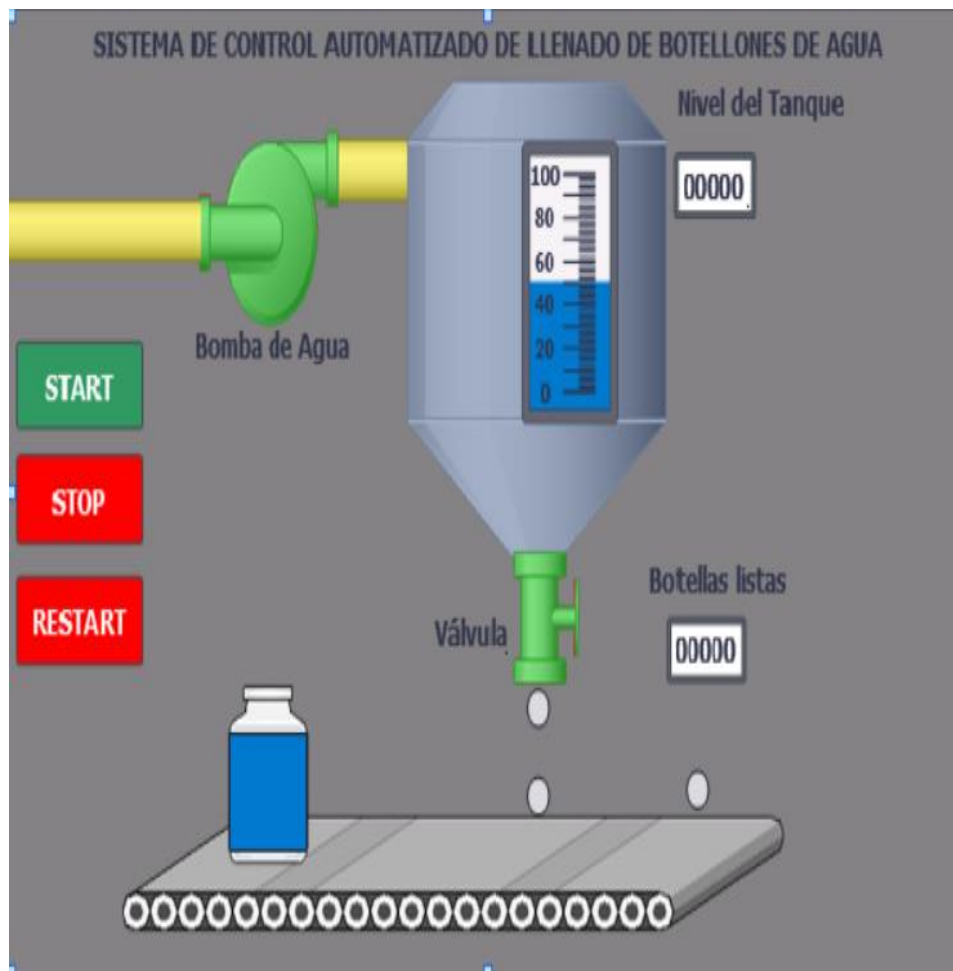
- Se activa el temporizador al detectar una señal del flip-flop “Activar_Tiempo”, el cual será activado por el contacto normalmente abierto “válvula_salida”.
- El temporizador cuenta hasta 5 segundos y luego indica que un botellón está lleno “Botella_llena”.
- El temporizador se reinicia si el contacto normalmente abierto “RESTART” se activa.
- El temporizador se desactiva y se reinicia para seguir con otro botellón si el comparador “Movimiento_faja” cumple la condición específica de mayor o igual a 95.

Para terminar con esta configuración para la simulación de un sistema de control automatizado de llenado de botellones de agua, presento la gráfica del sistema simulado en la figura 27.

Se puede concluir que este sistema de control por medio de la simulación será de gran factibilidad para la automatización de llenado de botellones de agua, ya que ayudaría de forma formidable a la empresa en el envasado de agua, debido a que se hizo una comparación de tiempos para la producción de llenado de 100 botellones, la cual solo durará entre 40 minutos a 60 minutos para cumplir con este requerimiento (con respecto los parámetros que se quiera implantar). Ya que de la forma que trabaja la empresa que es manualmente, ellos se demoran en llenar 100 botellones desde las 7:00 am hasta las 7:00 pm, un periodo de 12 horas lo cual es una pérdida de tiempo para esta producción.

Figura 27

Sistema de Control Automatizado de llenado de botellones de agua.



Fuente: Elaborado por el autor.

CAPÍTULO 4

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

El diseño de un sistema de control para la automatización de un proceso de llenado de agua en una empresa envasadora de la isla Santa Cruz, Galápagos demostró que será de gran ayuda mediante la utilización del software TIA Portal debido que este programa nos brinda muchas facilidades como la programación en diagrama Ladder y la visualización en SIMATIC HMI, siendo así amigable con el usuario para su producción.

El diseño y simulación del programa resulta ser efectivo ya que permite controlar el encendido, paro y reiniciación del sistema de control para el llenado de botellones de agua, al igual que cuenta, con la visualización del valor de la cantidad de líquido que posee el tanque de agua y la visualización del conteo de botellones envasados.

Con este diseño se obtienen la eficiencia en tiempo, ya que de la forma manual en la que trabaja la empresa se demoran doce horas aproximadamente en llenar cien botellones de agua, en cambio con la automatización se estima que este proceso se lo puede desarrollar entre cuarenta a sesenta minutos.

También se logra una eficiencia en el reflujo de líquido en la producción del proceso de llenado de los botellones de agua ya que por medio de la programación se puede asignar la cantidad de líquido requerido para el botellón, evitando el desperdicio de esta materia primaria.

4.2 Recomendaciones

En caso de implementar este sistema de control automatizado para el llenado de botellones de agua, utilizar equipamiento robusto como el PLC junto con sensores, electroválvula y faja transportadora de calidad, para que así el sistema no tenga problemas y tenga más vida útil.

Realizar pruebas piloto para detallar los resultados obtenidos, como el análisis del rendimiento de la faja transportadora a la hora de llegar al punto de envasado, el funcionamiento de electroválvula para que la descarga sea exacta, al igual que los contadores y la bomba de agua para el llenado del taque.

BIBLIOGRAFÍAS

- Álvarez Salazar, J., & Mejía Arango, J. G. (2017). *TIA Portal. Aplicaciones de PLC*. Editorial ITM. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12622/1934>
- Arrata Tubón, F. F., & Naranjo Sánchez, K. S. (2024). *Diseño de prototipo a escala reducida de una maquina automatizada envasadora de bebidas de café para pequeñas productoras en las Islas Galápagos [Tesis Grado, Universidad Politécnica Salesiana]*. Repositorio Institucional de la Universidad Politécnica Salesiana. Obtenido de <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/27760>
- Arriete Arvilla, R., & Gonzalez Kerguelen, F. (2003). *TUTORIAL BASICO PARA PROGRAMACIÓN DE PLC [Tesis de Grado, Universidad Tecnológica de Bolívar]*. Repositorio institucional. Obtenido de <https://biblioteca.utb.edu.co/notas/tesis/0024806.pdf>
- Avila Zambrano, W., & Edison, R. G. (2012). *IMPLEMENTACIÓN DE UN PLC DIDÁCTICO PARA PRÁCTICAS DE LABORATORIO [Tesis de Grado, Corporación Universitaria Minuto de Dios]*. Obtenido de <https://repository.uniminuto.edu/server/api/core/bitstreams/ea3088dc-0d7f-49e2-9bab-2b0aa54b2173/content>
- Centeno Pomareta, P. (2017). *Introducción a TIA Portal con S7-1500 [Tesis de Grado, Universidad Politécnica de Madrid]*. Repositorio institucional de la Biblioteca Universitaria Campus Sur. Obtenido de <https://oa.upm.es/49911/>
- Daneri, P. A. (2009). *PLC: automatización y control industrial*. Buenos Aires: Editorial Hispano Americana HASA. Obtenido de <https://www21.ucsg.edu.ec:2653/es/lc/ucsg/titulos/66558>
- García González, J. F. (2004). *Control Lógico Programable*. Obtenido de https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/38661758/Control_logico_programable-libre.pdf?1441332607=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DControl_Logico_Programable_Manual.

pdf&Expires=1734393913&Signature=Zc5s1XGi-KKeL-
vnigQw9E~AUEeh93oo2f~tqaRFrh

- García Moreno, E. (2020). *Automatización de procesos industriales: robótica y automática*. Valencia: Universitat Politecnica de Valencia. Obtenido de <https://www21.ucsg.edu.ec:2653/es/lc/ucsg/titulos/129686>
- Izaguirre Castellanos, E. (2012). *Sistema de automatización*. Feijóo. Obtenido de <https://www21.ucsg.edu.ec:2653/es/lc/ucsg/titulos/124330>
- Maila Carrillo, E. R. (2019). *Diseño e implementación de un sistema de control automático para la destiladora de reactor de vidrio en la planta piloto del departamento de ciencias de alimentos y biotecnología de la facultad de ingeniería química [Tesis de Grado, EPN]*. Repositorio Digital Institucional de la Escuela Politécnica Nacional. Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/20232>
- Martínez, H. (2015). *MODULO DIDÁCTICO PARA PRÁCTICAS DE LABORATORIO CON CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMABLES [Tesis de Maestría, Universidad Autónoma de Nuevo León]*. Repositorio Institucional. Obtenido de <http://eprints.uanl.mx/9535/1/1080214939.pdf>
- Medina Zeballos, D. A. (2022). *DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SOFTWARE COMPATIBLE CON ARDUINO BASADO EN EL ESTÁNDAR IEC 61131-3 PARA PROGRAMACIÓN LADDER Y SUPERVISIÓN MEDIANTE UN SISTEMA SCADA [Tesis de Grado, Universidad Católica de Santa María]*. Obtenido de <https://repositorio.ucsm.edu.pe/handle/20.500.12920/11940>
- Mogrovejo Batidas, S. J., & Carrión Elizalde, H. J. (2023). *Diseño de un sistema de control de aireadores usando Scada para la camaronera Serviosa con piscina a cielo abierto ubicada en la provincia de El Oro, ciudad Machala. [Tesis de Grado, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil]*. Repositorio institucional Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Obtenido de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/21684>

- Montenegro Vélez, Á. A. (2017). *Metodología para la conversión de GRAFCET enriquecido al lenguaje escalera para la programación de PLC [Tesis de Grado, Universidad Tecnológica de Pereira]*. Repositorio institucional. Obtenido de <https://hdl.handle.net/11059/8018>
- Ortiz Chimbolema, G. A. (2018). *SISTEMA DE CONTROL AUTOMATICO DEL PROCESO DE LLENADO DE BOTELLONES DE AGUA EN LA PLANTA PURIFICADORA ECOAGUA [Tesis de Grado, Universidad Técnica de Ambato]*. Repositorio institucional. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/server/api/core/bitstreams/88deb1ef-f4fe-417c-8e41-3bfbbe233ea8/content>
- Pérez Olcina, J. (2021). *Diseño, control y simulación de una línea de almacenamiento de vacunas automatizada con TIA Portal, PLCSim y Factory I/O [Tesis de Grado, Universidad Politécnica de Valencia]*. Repositorio institucional de la Universidad Politécnica de Valencia. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10251/174876>
- Salgado Suárez, M. M. (2019). *Diseño e implementación de un sistema scada del proceso de llenado de agua en botellas con proyección a la industria 4.0 empleando simatic iot 2040 [Tesis de Grado, Universidad Estatal Península de Santa Elena]*. Repositorio institucional de la Universidad Estatal de Santa Elena. Obtenido de <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/4784/1/UPSE-TET-2019-0003.pdf>
- sdindustrial. (2002). *¿Qué es un PLC, cómo funciona y cuáles son sus ventajas?* Recuperado el 18 de diciembre de 2024, de SDI: <https://sdindustrial.com.mx/blog/que-es-un-plc/>
- SIEMENS. (17 de Diciembre de 2024). *SIMATIC S7-1200*. Obtenido de <https://www.siemens.com/global/en/products/automation/systems/industrial/plc/s7-1200.html>
- Vargas Gamboa, V. O., & Bejarano Acosta, J. R. (2007). *“DISEÑO, AUTOMATIZACION E IMPLEMENTACIÓN DE UNA INTERFACE HMI-SCADA DE UNA MÁQUINA ACAMPANADORA DE TUBERÍA PVC DE LA*

FABRICA “HOLVIPLAS” S.A.” [Tesis de Grado, Escuela Politécnica del Ejército]. Repositorio institucional. Obtenido de https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/94675970/T-ESPEL-0423-libre.pdf?1669136478=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DDiseno_automatizacion_e_implementacion_d.pdf&Expires=1734571654&Signature=aHfmvNC0wYnOWPjklwx30mRDOso7oNtWhkVEps7B-6xE9No

Vásquez Cortés, J. C. (2016). *Automatización neumática*. Bogotá, Colombia: Ediciones de la U. Obtenido de <https://www21.ucsg.edu.ec:2653/es/lc/ucsg/titulos/70261>

Vilema Guijarro, G. D. (2012). *Propuesta Metodológica para la Programación de PLC en Grafcet para las Competencias de Mecatrónica World Skill. Caso Práctico: Laboratorio de Mecatrónica (EIS). [Tesis de Grado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. Repositorio institucional. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1529/1/18T00470.pdf>*

Villar, J. M. (2017). *Automatización en fabricación mecánica*. Dextra Editorial. Obtenido de <https://www21.ucsg.edu.ec:2653/es/lc/ucsg/titulos/133348>

VKPAK. (2023). *Sistema de llenado: La guía definitiva*. Recuperado el 20 de diciembre de 2024, de VKPAK: <https://www.vkpak.co/sistemas-de-llenado-la-guia-definitiva.html>

Yagual Ramírez, M. J. (2019). *Diseño e implementación de un sistema Scada para el proceso de mezcla de pintura utilizando herramientas de la industria 4.0. [Tesis de Grado, Universidad Estatal Península de Santa Elena]. Repositorio Universidad Estatal Península de Santa Elena. Obtenido de <http://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/4840>*

Zambrano Monserrate, R. E., & Caballero De la Torre, C. P. (2018). *Diseño e implementación de una red modbus/rtu entre dos autómatas programables S7-1200 basados en el estándar RS485. [Tesis de Grado, Universidad Politécnica Salesiana]. Repositorio Institucional de la Universidad Politécnica Salesiana. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/16357>*

Zapata, M., Topón-Visarrea, L., & Edgar, T. (2021). *Fundamentos de Automatización y Redes Industriales*. Editorial de la Universidad Tecnológica Indoamérica. Obtenido de <https://repositorio.uti.edu.ec/bitstream/123456789/2226/2/Libro%20Fundamentos%20automatizacion.pdf>

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Leon Zambrano, Jimmy Daivid** con C.C: # **2000126918** autor/a del trabajo de titulación: **“Diseño de un sistema de control automatizado utilizando PLC para el llenado de botellones de agua en una empresa envasadora de la isla Santa Cruz, Galápagos”** previo a la obtención del título de **Ingeniero en Electrónica y Automatización** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, a los 20 días del mes de febrero del año 2025

f. _____

Leon Zambrano, Jimmy Daivid

C.C: 2000126918

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TEMA Y SUBTEMA:	Diseño de un sistema de control automatizado utilizando PLC para el llenado de botellones de agua en una empresa envasadora de la isla Santa Cruz, Galápagos.		
AUTOR(ES)	Leon Zambrano, Jimmy Daivid		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	Ing. Zamora Cedeño, Néstor Armando M. Sc.		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo		
CARRERA:	Ingeniería Electrónica y Automatización		
TÍTULO OBTENIDO:	Ingeniero en Electrónica y Automatización		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	20 de febrero de 2025	No. DE PÁGINAS:	60
ÁREAS TEMÁTICAS:	Control automático, Automatización industrial, Instrumentación y sensórica.		
PALABRAS CLAVES/KEYWORDS:	Automatizado, PLC, TIA Portal, Ladder, HMI, Llenado, Simulación.		
RESUMEN/ABSTRACT: El presente trabajo de integración curricular se centra en diseñar y simular un sistema de control automatizado utilizando PLC para el llenado de botellones de agua en una empresa envasadora de la isla Santa Cruz, Galápagos. Se utiliza el software TIA Portal para recrear la simulación en un PLC, donde aprovecharemos su ventana de main para la programación en diagrama Ladder y la ventana imagen para la proyección de la simulación gráfica del sistema en la pantalla HMI, garantizando un planteamiento eficiente en el control y monitoreo del sistema. El objetivo de implementar este sistema es mejorar la eficiencia en tiempos y pérdida de líquido en la producción general de la línea de llenado. En el que se investigó y se recopiló fuentes bibliográficas, libros y repositorios universitarios como referentes a las bases teóricas de la electrónica, automatización y llenado de botellones de agua. Este trabajo está planteado en dos partes: la parte del marco teórico donde se destaca en los conceptos asociados en los sistemas de controles automatizados y la parte de la simulación del sistema de control de este proyecto donde abarca el estado actual de la empresa envasadora y explicación de la metodología y descripción de la simulación del sistema de control automatizado para el llenado de botellones de agua en el software empleado.			
ADJUNTO PDF:	☒ SI	☐ NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593- 99 797 1918	E-mail: leondaivid@outlook.com jimmy.leon03@cu.ucsg.edu.ec	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE):	Nombre: Ing. Ubilla Gonzalez, Ricardo Xavier M. Sc.		
	Teléfono: +593- 99 952 8515		
	E-mail: ricardo.ubilla@cu.ucsg.edu.ec		
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA			
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):			
Nº. DE CLASIFICACIÓN:			
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):			