



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE
SANTA ELENA
FACSISTEL**

ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

**COMPONENTE PRÁCTICO DEL EXAMEN
COMPLEXIVO**

*“Diseño y simulación del proceso automatizado de envasado
vertical utilizando un PLC para productos
alimenticios granulados”*

BORBOR GUERRERO DOUGLAS STEVEN

**Dirigido por
Ing. Carlos Saldaña, M.Sc.**

LA LIBERTAD – 2023

DEDICATORIA

El aprendizaje obtenido y la realización de este proyecto va dedicado a mis queridos padres que estuvieron presentes en esta etapa de mi vida brindándome su apoyo incondicional en cada momento. Ellos son el motivo por el cual sigo esforzándome en conseguir todas mis metas. Mi eterno agradecimiento hacia ustedes por enseñarme grandes valores y ser mi fuente de inspiración.

Douglas Steven Borbor Guerrero

AGRADECIMIENTO

Expresando mi más sincero agradecimiento a quienes estuvieron presente durante mi camino en este proceso de culminación académico. En primer lugar, agradecer a mis padres, por su apoyo incondicional durante todos estos años de esfuerzo. A mis queridos amigos que estuvieron desde los inicios de este camino universitario, les agradezco por su motivación constante. A mi hermano, por estar siempre presente, la confianza en mí que fue mi impulso en cada momento para el desarrollo de este proyecto. ¡Gracias por estar presente durante todo este camino!

Douglas Steven Borbor Guerrero

APROBACIÓN DEL TUTOR

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del trabajo examen complejo denominado: " Diseño y simulación del proceso automatizado de envasado vertical utilizando un PLC para productos alimenticios granulados", elaborado por el estudiante Borbor Guerrero Douglas, de la carrera de Electrónica y Automatización de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, me permito declarar que luego de haber orientado, estudiado y revisado, la apruebo en todas sus partes y autorizo al estudiante que inicie los trámites legales correspondientes.

La Libertad, 11 de diciembre de 2023



ING. CARLOS ALBERTO SALDAÑA ENDERICA, MSC

Docente Tutor

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN



PhD. Ronald Humberto Rovira
Jurado.
DIRECTOR DE LA CARRERA DE
ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN.



Firmado electrónicamente por:
**LUIS ENRIQUE
CHUQUIMARCA JIMENEZ**

Ing. Luis Enrique Chuquimarca.
Jiménez, MSc.
DOCENTE GUÍA UIC II.



Firmado electrónicamente por:
**CARLOS ALBERTO
SALDANA ENDERICA**

Ing. Carlos Saldaña M.Sc.
DOCENTE TUTOR

**OSCAR
WLADIMIR
GOMEZ
MORALES**

Firmado digitalmente porOSCAR
WLADIMIR GOMEZ MORALES
DN: cn=OSCAR WLADIMIR GOMEZ
MORALES gn=OSCAR WLADIMIR
GOMEZ MORALES c=Ecuador l=EC
Motivo:Soy el autor de este documento
Ubicación:
Fecha:2023-12-28 13:44-05:00

Ing. Óscar Gómez Morales, MBA.
DOCENTE ESPECIALISTA.



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

RESUMEN

Se detalla la automatización de un sistema de envasado vertical de productos alimenticios granulados, el cual cuenta con un PLC S7 – 1200 como dispositivo de control, además cuenta con una interfaz hombre – maquina, la cual fue implementada en una pantalla también de la marca siemens TP 1200 Comfort la cual cumple su función de controlar y supervisar.

Se reconoce la necesidad de una dosificación precisa y un manejo eficiente, y se propone la automatización como una solución integral para mejorar la consistencia y velocidad del proceso.

El diseño del sistema, que constituye una parte esencial de la investigación, se enfoca en la selección y configuración del PLC para adaptarse a los requisitos específicos del envasado vertical. Se exploran aspectos clave como la interfaz de usuario, la programación del PLC y la conectividad para asegurar un control efectivo y personalizado del proceso de envasado.

La simulación del proceso automatizado se presenta como un componente crucial. Se describen las herramientas y software utilizados para evaluar virtualmente el rendimiento del sistema mediante la interfaz gráfica realizada, destacando su importancia para anticipar posibles problemas y perfeccionar el diseño antes de la implementación práctica

Palabras claves: PLC, Envasado, Programación, Interfaz.

ABSTRACT

The automation of a vertical packaging system for granulated food products is detailed, which has a PLC S7 - 1200 as a control device, it also has a man - machine interface, which was implemented in a screen also of the brand Siemens TP 1200 Comfort which fulfills its function of controlling and monitoring.

Recognizing the need for accurate dosing and efficient handling, automation is proposed as an integral solution to improve process consistency and speed.

System design, which forms an essential part of the research, focuses on the selection and configuration of the PLC to suit the specific requirements of vertical packaging. Key aspects such as user interface, PLC programming and connectivity are explored to ensure effective and customized control of the packaging process.

Simulation of the automated process is presented as a crucial component. The tools and software used to virtually evaluate the performance of the system through the graphical user interface are described, highlighting their importance in anticipating potential problems and refining the design prior to practical implementation.

Keywords: PLC, Packaging, Programming, Interface.

FIRMAS DE RESPONSABILIDAD

Firma de responsabilidad del estudiante.

Nombre: Borbor Guerrero Douglas Steven

Cédula: 2400256786



Firma

Firma de Responsabilidad del Profesor o Tutor Propuesto (opcional).

Nombre: Ing. Carlos Saldaña M.Sc.

Cédula: 0914840947



Firmado electrónicamente por:
CARLOS ALBERTO
SALDANA ENDERICA

Firma

Firma de Responsabilidad del Docente de Unidad de Integración Curricular II.

Nombre: Ing. Luis Enrique Chuquimarca. Jiménez, MSc.

Cédula: 1104610132



Firmado electrónicamente por:
LUIS ENRIQUE
CHUQUIMARCA JIMENEZ

Firma

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	I
AGRADECIMIENTO	II
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	III
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN.....	IV
RESUMEN	V
ABSTRACT.....	VI
FIRMAS DE RESPONSABILIDAD.....	VII
ÍNDICE GENERAL.....	VIII
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	IX
ÍNDICE DE TABLAS	X
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS.....	2
Objetivo General	2
Objetivos específicos:.....	2
CAPÍTULO 1: FUNDAMENTOS TEÓRICOS	3
1.1.-Marco conceptual	3
1.1.1.-Automatización industrial.....	3
1.1.2.- Controlador lógico Programable.....	3
1.1.8.- Interfaz Hombre – Máquina HMI.....	7
1.1.9.- Protocolos de comunicación industrial.....	8
1.1.10.- Proceso de envasado de alimentos	9
1.2.- ANTECEDENTES	10
1.3.- Importancia y beneficios de la propuesta en la aplicación práctica.....	11
CAPÍTULO 2: DESARROLLO EXPERIMENTAL.....	12
2.1.- Plan de implementación	12
2.1.1.- Factibilidad técnica	12
2.1.3.- METODOLOGÍA	15
2.1.4.- Resultados esperados	16
2.2.- Descripción de la solución propuesta	16
2.2.1.- Descripción del proyecto	16
2.2.2.- Componentes Físicos	17
2.2.3.- Componentes Lógicos	21
2.2.4.- Diseño de la propuesta	22
2.2.5.- Lógica de programación para el proceso de envasado de productos alimenticios granulados.....	23

2.2.6.- SEGMENTOS DE PROGRAMACIÓN PARA PLC	26
2.3.- Pruebas y puesta en marcha de la solución.....	29
2.3.1.- Inicio del Sistema	29
2.4.- Resultados y Conclusiones	36
2.4.1 Resultados.....	36
2.4.2 Conclusiones	36
2.4.3 Recomendaciones	37
BIBLIOGRAFÍA.....	38
ANEXOS	41

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Figura 1 Protocolos de comunicación	8
Figura 2 Proceso de envasado de alimentos granulados.....	9
Figura 3 Sistema de dosificación.	9
Figura 4 Mordazas para el termosellado.	10
Figura 5 PLC Siemens S7- 1200.	17
Figura 6 HMI TP 1200. Fuente.	18
Figura 7 Software Tía Portal.	21
Figura 8 Lenguaje de programación KOP.	22
Figura 9 Tipos de surcos de las mordazas de sellado.	22
Figura 10 Diagrama de flujo del calentamiento de las resistencias de termo sellado.	24
Figura 11 Diagrama de flujo del proceso de sellado.	25
Figura 12 Identificador de usuario HMI.	29
Figura 13 Pantalla principal HMI.	29
Figura 14 Control manual.....	30
Figura 15 Curva del sensor.	30
Figura 16 Estado del sistema en modo manual.	31
Figura 17 Estado del sistema en modo Automático.	31
Figura 18 Encendido del rodillo.....	32
Figura 19 Rodillo de tensado.....	32
Figura 20 Escalamiento del sensor de peso.	33
Figura 21 Apertura del depósito.	33
Figura 22 Sellado vertical y horizontal.	34
Figura 23 Accionamiento del sellado vertical y horizontal.	34
Figura 24 Control manual.....	35
Figura 25 Funcionamiento en modo manual.	35

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Características del sensor de marca.....	4
Tabla 2	Características de la termocupla.....	5
Tabla 3	Comparación de controladores.....	14
Tabla 4	Estimación de costos para los dispositivos.	15
Tabla 5	Estimación de costos para la implementación de todo el sistema.	15
Tabla 6	Sensores y actuadores.	17
Tabla 7	Especificaciones técnicas del PLC 12.....	18
Tabla 8	Especificaciones técnicas del HMI 15.	19

INTRODUCCIÓN

En la actualidad la industria alimenticia se ha desarrollado mucho con el pasar de los años, aplicando métodos y técnicas para buscar siempre optimizar y mejorar su trabajo, uno de los métodos fundamentales en la automatización. En el proceso de envasado la automatización de procesos es muy beneficioso debido al método basado en la aplicación de tecnología moderna. para buscar reducir los procesos de trabajo humano mejorando la producción, calidad para el producto y sobre todo seguridad al trabajador.

La tecnología moderna para automatizar ofrece el control de los dispositivos implementados en una industria mejorando la supervisión de maquinarias o línea de producción, donde su uso es repetitivo y peligroso para el ser humano. La automatización industrial busca la seguridad del humano y la seguridad del producto evitando pérdidas humanas y económicas, lo cual cada vez se van desarrollando nuevas técnicas para implementación de automatización.

La industria de alimentos está constantemente en desarrollo buscando nuevos métodos de conservación de productos y técnicas de conservación con el fin de obtener un producto final resistente al tiempo y saludable para el consumo. Los alimentos se deterioran principalmente por la existencia de organismos vivos como bacterias, insectos, roedores o incluso por el entorno como la humedad, calor[1]. El envasado representa solo un método de presentación comercial para algunos productos, lo que obliga a su consumo de manera casi inmediata.

El envasado tiene como objetivo separar el alimento evitando el contacto con el entorno que pueda influir en el estado del alimento, también sabemos que no cualquier material se puede usar para realizar un envasado debido a sus componentes, por lo cual se realiza un estricto control sobre el material de envase evitando la distribución de productos dañinos para el área de consumo al cual esté destinado [2].

OBJETIVOS

Objetivo General

Diseño de un sistema automático para una máquina de envasado vertical de productos granulados mediante el uso de un PLC.

Objetivos específicos:

- Diseñar de manera simple el proceso de envasado para productos alimenticios granulados.
- Desarrollar un sistema flexible de acuerdo con las necesidades y recomendaciones óptimas.
- Diseñar una interfaz gráfica para la visualización y monitoreo de las etapas del proceso de envasado para productos alimenticios granulados.

CAPÍTULO 1: FUNDAMENTOS TEÓRICOS

1.1.-Marco conceptual

1.1.1.-Automatización industrial

La automatización industrial desde los inicios de la era industrial hasta la actualidad se convirtió en una herramienta indispensable dentro de los sistemas de control de sistemas y procesos industriales mediante tecnologías avanzadas. Tiene como objetivo mejorar la eficiencia de la producción industrial mejorando las tareas realizadas por el humano. La automatización industrial es una rama amplia de la ingeniería que abarca muchos conceptos y tecnologías aplicadas en los diferentes procesos donde es necesario un actuador, sensor, controladores programables (PLC), y sistemas de control y supervisión donde es necesario la adquisición de datos para mejorar el funcionamiento automático del sistema[3].

1.1.2.- Controlador lógico Programable

Un controlador lógico programable o también conocido en el mundo de la automatización por sus siglas en inglés PLC (Programmable Logic Controller), conocido como una computadora, pero mucho más compacta diseñada para ser utilizada en ambientes industriales donde es necesario equipos robustos que permitan controlar procesos automáticos, tales como control de maquinaria en una línea de montaje o líneas de producción de alimentos[4].

Diseñado para la recepción de señales de entrada, procesarlas mediante el lenguaje de programación establecido en el sistema y generar las respectivas señales de salida que controlara los actuadores interconectados al controlador.

El lenguaje de programación del controlador lógico utilizado en estos dispositivos será el encargado de decidir y controlar las acciones realizadas por los dispositivos que se encuentran conectados, el controlador tiene diferentes lenguajes de programación entre ellos existen tres más comúnmente usados los cuales son:

- **Lenguaje Ladder:** También denominado lenguaje de contactos o de escalera basado en esquemas eléctricos de control clásicos[5].
- **Lenguaje Booleano (Lista de instrucciones):** para ingresar una lógica de control en el lenguaje booleano debe ser utilizada la sintaxis del Álgebra de Boole[5].
- **Diagrama de funciones:** Es un lenguaje gráfico que permite programar bloques de funciones del PLC de manera que aparezcan interconectados[5].

1.1.3.- Sensor de Marca

Los sensores de marca, utilizados en máquinas de envasado principalmente para detectar las marcas impresas en el material de envase, llamadas también tacas sirven como referencia para determinar el punto de sellado para el envase del producto[6].

El sensor monitorea la diferencia entre el fondo blanco y el color negro de la marca de la taca, también es capaz de diferenciar varias tonalidades de las marcas que usualmente los sensores convencionales no pueden.



Figura 1 Sensor de marca OETAI.
Fuente: [6]

Tabla 1

Características del sensor de marca.

Marca	Modelo	Tipo	Voltaje	Sensibilidad	Tiempo de reacción
OETAI	GDS-3011	DC NPN	DC12 – 30V	Ajustable	1 ms

Nota. Fuente: Sitio Web jeliantech.net (jeliantech, 2022)

1.1.4.- Termocupla

Las termocuplas son usadas para medir la temperatura de las mordazas encargadas del sellado vertical y horizontal. El rango de temperatura al cual se deben calentar está entre los 90°C y 150°C para un sellado óptimo [7].

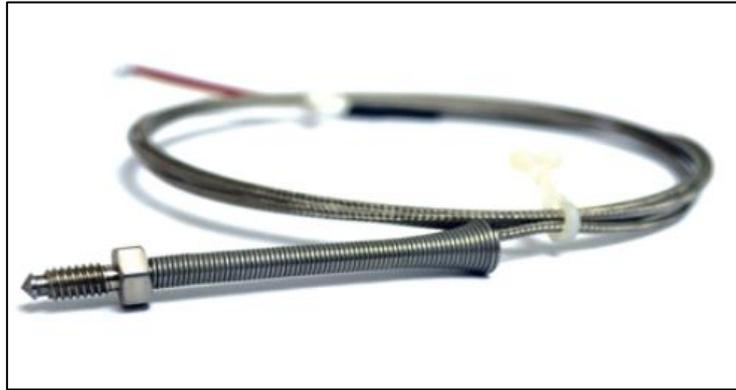


Figura 2 Termocupla tipo J.
Fuente: [7]

Tabla 2

Características de la termocupla.

Tipo ANSI-ISA	Combinación de metales	Sensibilidad	Rangos de temperatura
J	Hierro/ constantan	5,6 mV / 100°C°	-40 a + 750

Nota. Fuente: Sitio Web Academia.edu (María Garro)

1.1.5.- Pistones neumáticos

Son actuadores neumáticos cuyo accionamiento depende de aire comprimido para su movimiento, son usados ampliamente en el área de automatización industrial donde se requiere movimientos rápidos sin perder precisión[8].

Los pistones neumáticos serán los encargados de ejercer presión en las bandas de arrastre tensando la lámina de BOPP, además el sistema de sellado cuenta también con tres pistones neumáticos que realizarán el deslizamiento de las mordazas de manera horizontal y vertical para así sellar la lámina de polipropileno.



Figura 3 Cilindros neumáticos.
Fuente: [8]

1.1.6.- Electroválvulas

Las electroválvulas son un dispositivo que utiliza la combinación de energía eléctrica y la compresión de aire para controlar el movimiento o acción de los actuadores y otros dispositivos neumáticos como los pistones de doble efecto, haciendo que avancen o retrocedan[9].

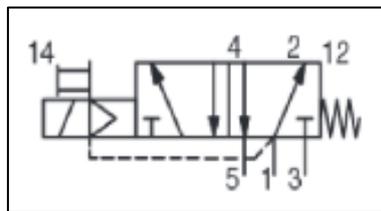


Figura 4 Electroválvula 5/2.
Fuente: [10]

1.1.7.- Sensor de peso

La célula de carga tipo S de tensión y S02 de compresión serie han sido diseñadas para el pesaje de depósitos pequeños y dosificación de alta precisión, presentan un diseño compacto y protección contra sobrecarga.



Figura 5 Célula de carga pesaje serie SS2.
Fuente: [11]

1.1.8.- Interfaz Hombre – Máquina HMI

La interfaz hombre – máquina o HMI son dispositivos presentes en los sistemas automáticos al permitir el interfaz entre la persona (operador) y la máquina (proceso). Está basada en brindar de manera sencilla y amigable una interfaz con la capacidad de modificación y monitorización de variables en tiempo real de un proceso automático[12].

Normas ISA

Las normas ISA pretenden definir los modelos de diseño, operación y visualización de la interfaz hombre-máquina (HMI) mejorando su entendimiento, seguridad y su eficiencia.

Principios de diseño HMI

El diseño de una pantalla HMI debe ser simple y precisa para facilitar su comprensión al operario encargado de trabajar con la interfaz, por lo que se debe evitar utilizar en ella imágenes brillantes o con colores fuera de la normativa. Su propósito es brindar la información de mayor prioridad y utilidad al operador para evitar riesgos laborales, mejorando así la seguridad del entorno laboral.

1.1.9.- Protocolos de comunicación industrial

La comunicación industrial en un sentido muy generalizado hace referencia al traspaso en forma de emisión y recepción de datos, mensajes o señales que comúnmente se realiza entre sensores y actuadores principalmente, lo que se conoce en el ámbito industrial como entradas cuando los dispositivos captan información y la envían a un controlador que gobierna un determinado sistema o por otro lado salidas que vienen a ser las acciones a realizar por parte de los dispositivos actuadores que reciben las órdenes en función de las entradas recibidas.

Cuando se habla de entornos industriales, la presencia de comunicación industrial es de vital importancia puesto que se considera como una adición imprescindible si lo que se desea es garantizar la eficiencia en las operaciones industriales. Fomenta en gran manera el proceso de monitoreo y control de los procesos que se realizan en un sistema, promueve la productividad, contribuye a la detección de posibles problemas oportunamente, otorga la capacidad de generar un registro de datos para someter a análisis y simplifica la labor que implica la toma de decisiones en caso de presentarse eventualidades tanto previstas como no previstas[13].

A nivel industria se conoce que existe una variedad representativa de protocolos además de tecnologías de comunicación industrial, entre ellos están, por ejemplo, Modbus y sus variantes, Profibus, Industrial Ethernet, CAN bus entre otros más, cuyo sentido de existencia radica en que están para adaptarse a los requerimientos específicos de cada tipo de industria o sistemas de producción.

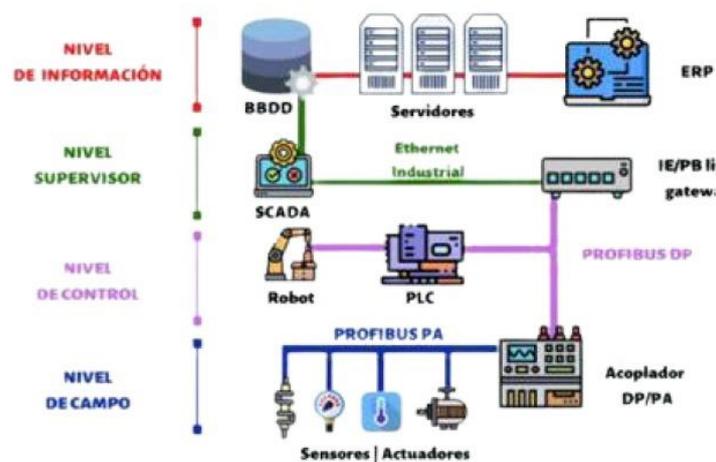


Figura 6 Protocolos de comunicación
Fuente: [13]

1.1.10.- Proceso de envasado de alimentos

El proceso de envasado parte de la bobina de lámina plástica que es desenrollada por cilindros de arrastre los cuales son accionados por un motor eléctrico, la lámina BOPP circula por los rodillos de tensado hasta llegar a la formación del envase para luego ser sellada.

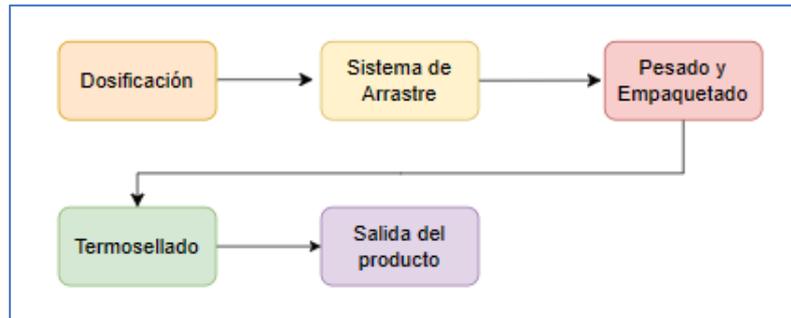


Figura 7 Proceso de envasado de alimentos granulados
Fuente: Autor

Dosificación

Los sistemas de envasado cuentan con mecanismos de dosificación donde se pesan los productos para posteriormente elegir la cantidad que se introducirá en la unidad de envasado. En función del proceso de pesado y la precisión requerida, hay varios sistemas disponibles en la industria alimenticia[14].

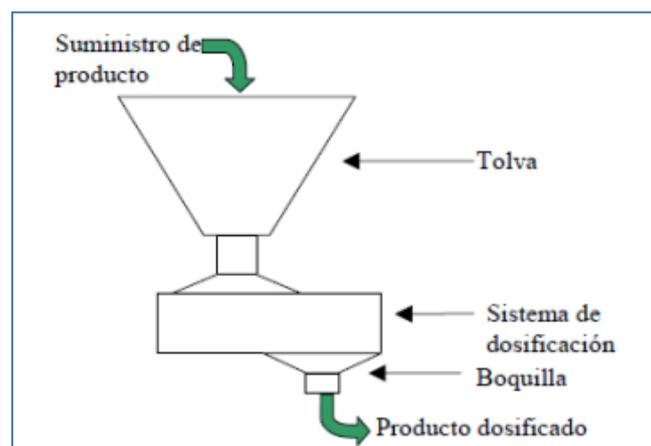
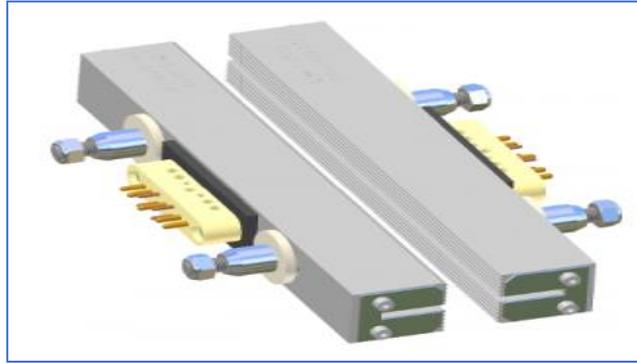


Figura 8 Sistema de dosificación.
Fuente:[14]

Termosellado

El método de termosellado está basado en la utilización de mordazas para unir las láminas de plástico, estas cuentan con un diseño aserrado de forma horizontal o vertical, estas son calentadas mediante el uso de resistencias hasta alcanzar cierta temperatura por un tiempo determinado[15].



*Figura 9 Mordazas para el termosellado.
Fuente:[15]*

1.2.- ANTECEDENTES

A lo largo del tiempo se ha venido desarrollando máquinas capaces de realizar procesos cada vez más automatizados algunos de estos procesos destinados al envasado de productos alimenticios con el fin de mantenerlos libre de humedad y contaminantes, es así, que con la ayuda de nuevas tecnologías los métodos de envasado han evolucionado hasta el punto en que el proceso se volvió completamente automático.

El proceso para sellar el envase se realizaba de manera manual existiendo inconvenientes al momento de sellar la lámina de plástico debido a que se requiere de un tiempo y presión determinado aplicado por parte del operador, si esto no se realiza de manera correcta no se lograra un sellado de manera uniforme[16].

Durante el transcurso del tiempo los métodos para la realización del sellado se han actualizado, ahora convirtiéndose en unos de los métodos más económicos y sencillos como es el termosellado, basado en el uso de calor y presión para unir dos termoplásticos.

La producción de alimentos granulados en el Ecuador tiene un crecimiento continuo, debido a la optimización y automatización de procesos de manera constante para mejorar niveles de producción, las máquinas de envasado provienen generalmente del extranjero

lo que limita en algunos casos la calibración según las necesidades requeridas en el área de trabajo[17].

En la actualidad existen diversas máquinas encargadas del envasado de productos alimenticios, la automatización de procesos siempre está presente en cada una de ellas mediante equipos robustos para llevar todo el control de manera precisa o equipos más simples donde el funcionamiento y control son limitados pero ambos con el mismo objetivo llegar al más alto nivel de producción manteniendo los estándares de calidad establecidos para el consumo apto del ser humano[18].

1.3.- Importancia y beneficios de la propuesta en la aplicación práctica

En la última década, se presentó la necesidad de incorporar sistemas automáticos para mejorar la eficiencia de algunos procesos en algunas microempresas, buscando alcanzar un estándar de calidad en sus productos, sin olvidar las necesidades del mercado nacional. Estas máquinas en el mercado presentan una orientación a gran escala de producción.

El diseño de una máquina envasadora se realiza con el propósito de mejorar la producción de microempresas donde existan este tipo de procesos realizados de manera manual, la automatización de este proceso de envasado contribuirá a la mejora de la calidad del producto final.

Frente a esta necesidad, diferentes empresas de automatización han realizado proyectos para mejorar las líneas de procesamiento de alimentos, razón por la que se propone diseñar un sistema automático con la utilización de un controlador robusto capaz de controlar los diferentes dispositivos necesarios para el funcionamiento de todo el sistema.

El uso de tecnologías automatizadas facilita el entendimiento de todo el proceso al tener la capacidad de controlar y monitorear el funcionamiento de cada dispositivo que esté conectado, Para la programación y control de la producción tenemos nuestro controlador PLC, además de un interfaz humano máquina donde se visualiza el estado del sistema.

CAPÍTULO 2: DESARROLLO EXPERIMENTAL

2.1.- Plan de implementación

Diseño y simulación del proceso automatizado de envasado vertical utilizando un PLC para productos alimenticios granulados conlleva la programación del controlador mencionado para realizar su función de manejar todo el proceso, recopilando la información de todos los dispositivos que estén conectados a la red del sistema.

En un proceso automatizado existen diferentes métodos de llevar un monitoreo o control de lo que sucede en tiempo real en el proceso, la interfaz hombre – máquina es la más comúnmente usada para sistemas de producción en línea, esta interfaz debe considerar las normas:

- **ISA 101**

Desarrollada por la sociedad internacional de automatización que proporciona una orientación específica para la creación de interfaces hombre-máquina (HMI)[19].

- **ISO 9241-210:2019**

Se basa en los principios de la ergonomía de la interacción hombre – sistema, se enfoca en la creación de sistemas eficientes, seguros y de fácil comprensión y manejo[20].

- **IEC 62682**

Norma internacional que ofrece una orientación para el diseño, implementación de sistemas de alarmas efectivas para entornos industriales automáticos[21].

2.1.1.- Factibilidad técnica

El estudio de factibilidad técnica busca dar respuestas a las proyecciones realizadas para este proyecto recopilando información necesaria para obtener una mayor eficiencia en procesos donde existen posibilidades de mejorar ciertos aspectos donde se esperaría poder alcanzar niveles de calidad muchos más altos.

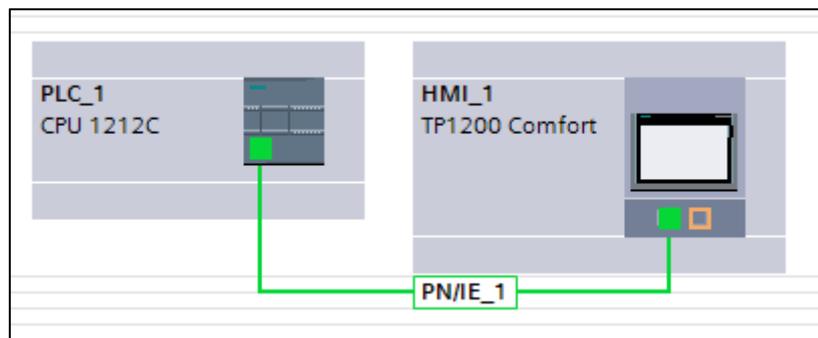
La industria de producción de alimentos tiene varios sistemas de envasado donde el uso de tecnologías modernas está presente en ciertos procesos y otros con tecnologías obsoletas que no logran alcanzar el rendimiento deseado en el trabajo al cual fueron asignadas.

En el diseño de este proyecto el análisis de equipos, normativas, medios y protocolos de comunicación son necesarios para realizar la estructura de un sistema automático donde será necesario el monitoreo del funcionamiento en tiempo real, mejorando así el control de todas las etapas del sistema.

Para el diseño de una interfaz gráfica como lo es un HMI se deben seguir normativas de seguridad, esto es aplicado para cada uno de los dispositivos utilizados en procesos automáticos, las cuales se ponen a prueba en las simulaciones de la interfaz junto al controlador encargado de dirigir todo.

Interfaz Profinet

El protocolo de comunicación profinet cumple con la norma IEC 61158 para la automatización de procesos industriales. Permite conectar varios equipos usando el estándar Ethernet, además soporta conexiones desde el nivel de campo como un PLC hasta el nivel de gestión. La interfaz de comunicación permite la comunicación entre el PLC y el HMI en tiempo real, esencial para entornos industriales donde debe existir una correcta sincronización entre los sensores y actuadores[22].



*Figura 10 Comunicación PLC y HMI.
Fuente: Autor*

Controladores lógicos Programables

El S7-1200 es un controlador más potente y versátil, es adecuado para aplicaciones que requieren más capacidad, como en procesos de automatización industrial o control de máquinas complejas[23]. Por otra parte, el controlador Logo! Es un controlador más sencillo utilizado en tareas sencillas y aplicaciones de control donde se manejan máquinas pequeñas[24].

Tabla 3

Comparación de controladores.

Características	Logo! (Módulo lógico inteligente)	S7- 1200
Voltaje de entrada	24 V DC	24 V DC
Entradas digitales integradas	8	8
Entradas analógicas integradas	2	2
Salidas digitales integradas	4	6
Comunicación integrada	Ethernet, AS-i	Ethernet, AS-i

Nota. Fuente: Sitio Web Oficial (siemens, 2022)

Finalmente, Tomando en cuenta el planteamiento del proyecto y buscando la mejor opción para obtener el mayor desempeño y cumplir con todo lo requerido se logró determinar el mejor controlador para automatizar este proyecto.

2.1.2.- Factibilidad Económica

Presentación de la factibilidad económica realizada basada en el análisis de costos que tendrá en proyecto en base a sus equipos tomados en cuenta durante el diseño y programación de todo el sistema.

Tabla 4*Estimación de costos para los dispositivos.*

Dispositivos	Descripción	Cantidad	Precio
S7-1200	Controlador lógico programable	1	\$420,00
HMI, TP 1200 Comfort	Interfaz Hombre-Máquina	1	\$3900,00
Tia Portal	Software de programación	1	\$416,00
Total			\$4736,00

Nota. Fuente: Sitio Web Oficial (Siemens, Mall.Industry.Siemens, s.f.)**Tabla 5***Estimación de costos para la implementación de todo el sistema.*

Descripción	Precio	Total
Diseño y programación	\$2000,00	\$2000,00
Instalación y pruebas de funcionamiento	\$1000,00	\$1000,00
Total		\$3000,00

Nota. Fuente: Elaborado por el Autor

2.1.3.- METODOLOGÍA

INVESTIGACIÓN APLICADA

La investigación aplicada consiste en la resolución de un tema en específico con el uso de conocimientos obtenidos y mediante la búsqueda de información.

La búsqueda de información bibliográfica basadas en el tema de envasado de alimentos, control automático y la implementación de diseños HMI fueron la base investigativa para el desarrollo de esta propuesta.

Con la suficiente información obtenida mediante la búsqueda realizada nos permite la identificación de problemáticas y posibles soluciones para la implementación o diseño de un sistema automatizado.

Siguiendo el diseño realizado por la propuesta se desarrolla las diferentes etapas del proyecto como su programación, diseño de interfaz, control de actuadores, sensores.

Procesamiento de Datos

- Recopilación de datos obtenidos mediante la investigación bibliográfica.
- Selección de información y herramientas a utilizar.
- Análisis de resultados obtenidos mediante pruebas realizadas.

2.1.4.- Resultados esperados

El desarrollo de la investigación y planteamiento de la propuesta proporciona el correcto uso de las tecnologías con el fin de llegar a realizar el diseño y simulación de un sistema automatizado de envasado para productos alimenticios granulados utilizando un controlador y un HMI para facilitar la supervisión de los procesos al conocer el tiempo real el estado del sistema.

2.2.- Descripción de la solución propuesta

2.2.1.- Descripción del proyecto

Para la elaboración del proyecto automático de procesos alimenticios se tiene establecido la utilización de actuadores, equipos de control, y diseño de interfaz de control y monitoreo.

El proceso de envasado cuenta con una bobina de polipropileno laminado (BOPP) envuelto en un cilindro encargado de abastecer el proceso de envasado para que mediante el controlador este puede ser accionado, el PLC es el controlador principal donde estarán conectados todos los dispositivos.

La supervisión y monitoreo del proceso está diseñado en un HMI, el cual proporciona una interfaz gráfica simple y entendible para su accionamiento, mostrando toda la información que presenta nuestro sistema.

Tabla 6

Sensores y actuadores.

Cantidad	Descripción	Tipo
1	Sensor de marca	Tipo DC NPN
2	Termocupla	Tipo J
1	Sensor de peso	Célula de carga SS2
1	PLC	S7-1200
1	HMI	TP - 1200
3	Cilindros Neumáticos	Doble efecto
3	Electroválvulas	5/2

Nota. Fuente: Elaborado por el Autor.

2.2.2.- Componentes Físicos

Controlador PLC S7- 1200

El controlador S7 – 1200 es un equipo electrónico robusto utilizado en el área industrial por su capacidad de comunicación y control con diferentes tipos de dispositivos. Dispositivo compacto de rendimiento y cuenta con amplias funciones IO integradas, es una de las mejores opciones cuando se requiere ser flexible al automatizar[25].



Figura 11 PLC Siemens S7- 1200
Fuente:[25]

Tabla 7

Especificaciones técnicas del PLC 12.

DATOS TECNICOS	
Tipo de producto	CPU 1212C AC/DC/relé
Firmware version	V4.4
Voltaje de alimentación soportado	120V AC 230V AC
Corriente disponible (24 V DC)	300 mA máx (alimentación de sensores)
E/S digitales	8 entradas/6 salidas
E/S analógicas	2 entradas

Nota. Fuente: Sitio Web oficial (siemens, 2022)

Pantalla táctil HMI

La pantalla HMI seleccionado es un TP 1200 diseñado para aplicaciones de automatización, es un dispositivo capaz de representar gráficamente el estado del sistema mediante programación gráfica enlazada al controlador PLC[26].

Debe darle el control al operador de iniciar o detener el proceso, poder cambiar entre un modo de operación manual a un modo de operación automático, elegir la apertura o cierre de la tolva para el proceso de dosificación.



Figura 12 HMI TP 1200.
Fuente:[27]

Tabla 8

Especificaciones técnicas del HMI 15.

DATOS TECNICOS	
Tipo de producto	TP 1200 Comfort
Voltaje de alimentación	24 V DC
Intensidad disponible (24 V DC)	0.85 A
Processor	X86
Memoria	Flash RAM
Protocolos	Profinet, Profibus, EtherNet/IP

Nota. Fuente: Sitio Web oficial (Siemens, mall.industry.siemens, 2022)

Sensor de Marca.

El sensor logra diferenciar las variaciones de color entre las etiquetas para determinar el lugar donde se realizará el corte teniendo así el control de accionamiento mediante la lectura de marcas[17].

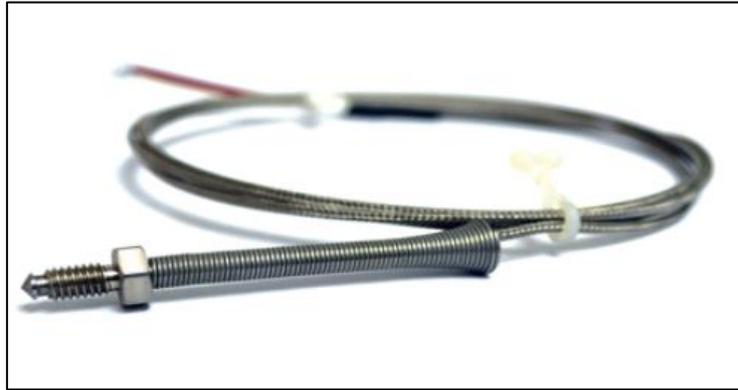


Figura 13 Sensor de marca OETAI.

Fuente: [6]

Termocupla

La termocupla es uno de los sensores más utilizados para la medición de temperatura en diferentes segmentos industriales. Son sensores simples y robustos utilizados en variedad de procesos por su amplio rango de medición de temperatura[28].



*Figura 14 Termocupla tipo J.
Fuente: [7]*

Pistones neumáticos

Un pistón neumático es un actuador mecánico que funciona mediante aire comprimido, no es un dispositivo complicado. Su funcionamiento está basado en la realización de movimientos necesarios para un proceso como puede ser la apertura o cierre automático[29].



*Figura 15 Cilindros neumáticos.
Fuente: [8]*

Electroválvulas

Las electroválvulas son un componente esencial en un sistema neumático industrial, gracias a su funcionamiento eficiente brinda el control de aire en diversas aplicaciones. Cuando la bobina de la electroválvula recibe una señal eléctrica, crea un campo magnético que mueve el émbolo lo que cambia de posición la válvula y altera el flujo de aire[30].

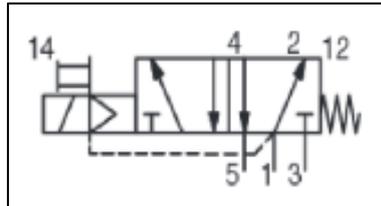


Figura 16 Electroválvula 5/2.
Fuente: [10]

2.2.3.- Componentes Lógicos

Software de programación Totally Integrated Automation Portal (TIA PORTAL)

Tía Portal es un software de programación enfocado a la automatización de procesos industriales mediante la utilización de dispositivos de control programables. Nos permite el control de todo tipo de acción que pueda realizar un controlador, desde lectura de datos hasta la activación y operación de máquinas de tipo industrial. Su interfaz de programación es muy intuitiva mejorando la comprensión y entendimiento de cada una de sus herramientas[31].

El software cuenta con la facilidad de utilizar varios tipos de lenguajes de programación para un controlador, los utilizados comúnmente en el ambiente industrial son los lenguajes KOP (esquema de contacto) y FUP (esquema de funciones).



Figura 17 Software Tía Portal.
Fuente:[31]

Lenguaje de programación KOP

El lenguaje KOP(KontaKtplan) o lenguaje de escalera en principio se diseñó con una similitud al diagrama eléctrico, utilizando contactos y bobinas ubicados de manera horizontal y vertical interconectándose entre sí. Además, la utilización de bloques de instrucciones que permiten realizar de manera más sencilla la programación[32].

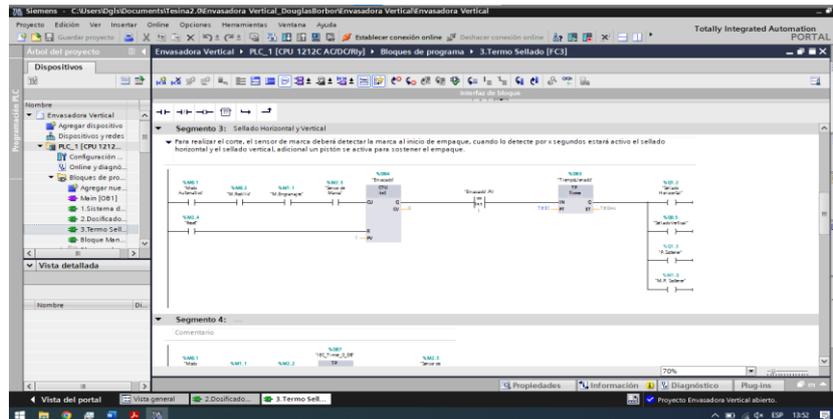


Figura 18 Lenguaje de programación KOP.
Fuente:[32]

2.2.4.- Diseño de la propuesta

Sellado vertical y horizontal

El sellado vertical y horizontal es realizado por medio de mordazas que ejercen presión sobre la lámina de plástico, estas son controladas y calibradas a diferentes niveles de temperatura dependiendo del tipo de material que se está utilizando, debe ser lo más estable posible para realizar un sellado uniforme y de calidad evitando las imperfecciones en el sellado.

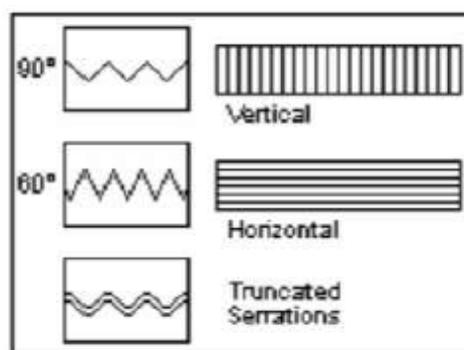


Figura 19 Tipos de surcos de las mordazas de sellado.

Fuente:[16]

2.2.5.- Lógica de programación para el proceso de envasado de productos alimenticios granulados.

Presentación del diseño mediante diagrama de flujo para el sistema HMI para el envasado de productos alimenticios granulados, representación gráfica en secuencia de las etapas que se realizan para el envasado de productos alimenticios.

Diagrama P&ID

El diagrama P&ID muestra el funcionamiento del proceso de envasado vertical donde observamos el funcionamiento de cada uno de los equipos de todo el proceso, tenemos el accionamiento de los pistones mediante la electroválvulas para controlar la apertura y cierre de la tolva y el depósito, nuestro transmisor de peso dará el control de la cantidad de producto que ingresa al proceso de termosellado donde esta el sensor de marca y la resistencia que va a calentar las mordazas a una temperatura específica controlada mediante la medición de temperatura de la termocupla.

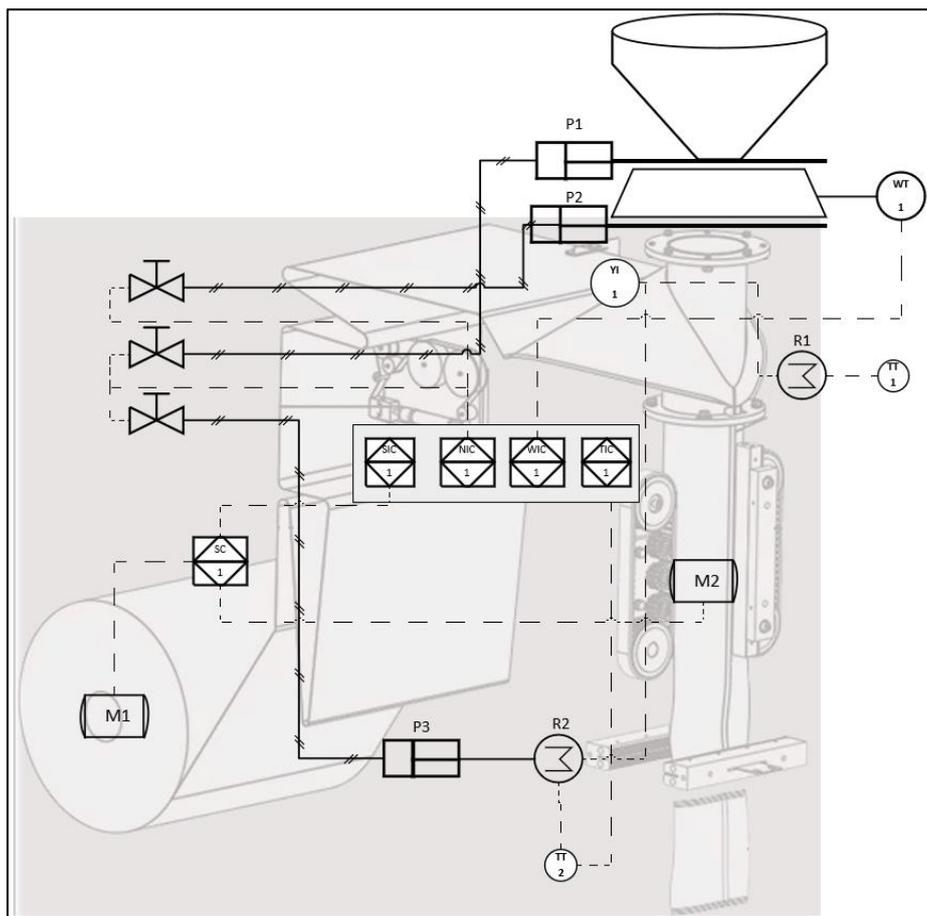


Figura 20 Diagrama P&ID para el proceso de envasado vertical.
Fuente: Autor.

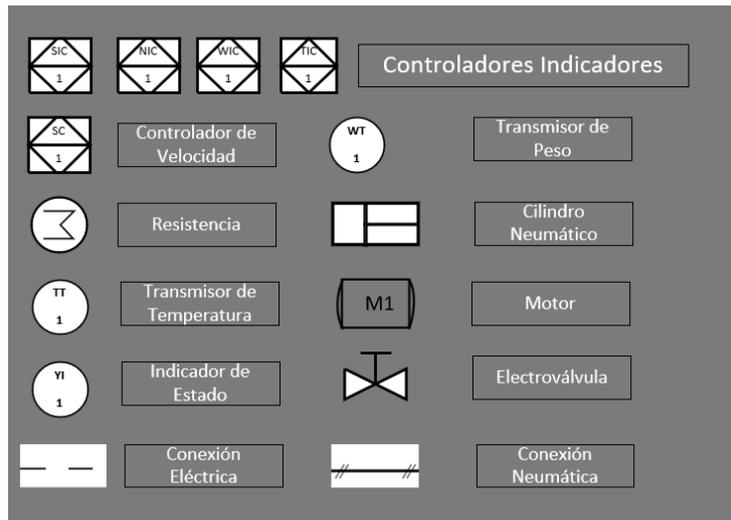


Figura 21 Componentes usado en el diagrama P&ID.
Fuente: Autor.

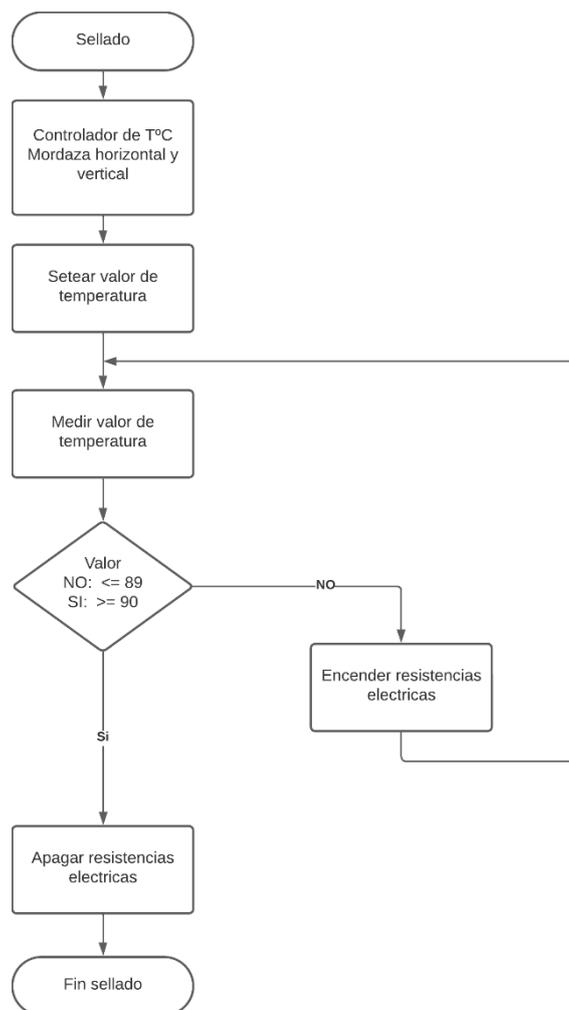


Figura 22 Diagrama de flujo del calentamiento de las resistencias de termo sellado.
Fuente: Autor

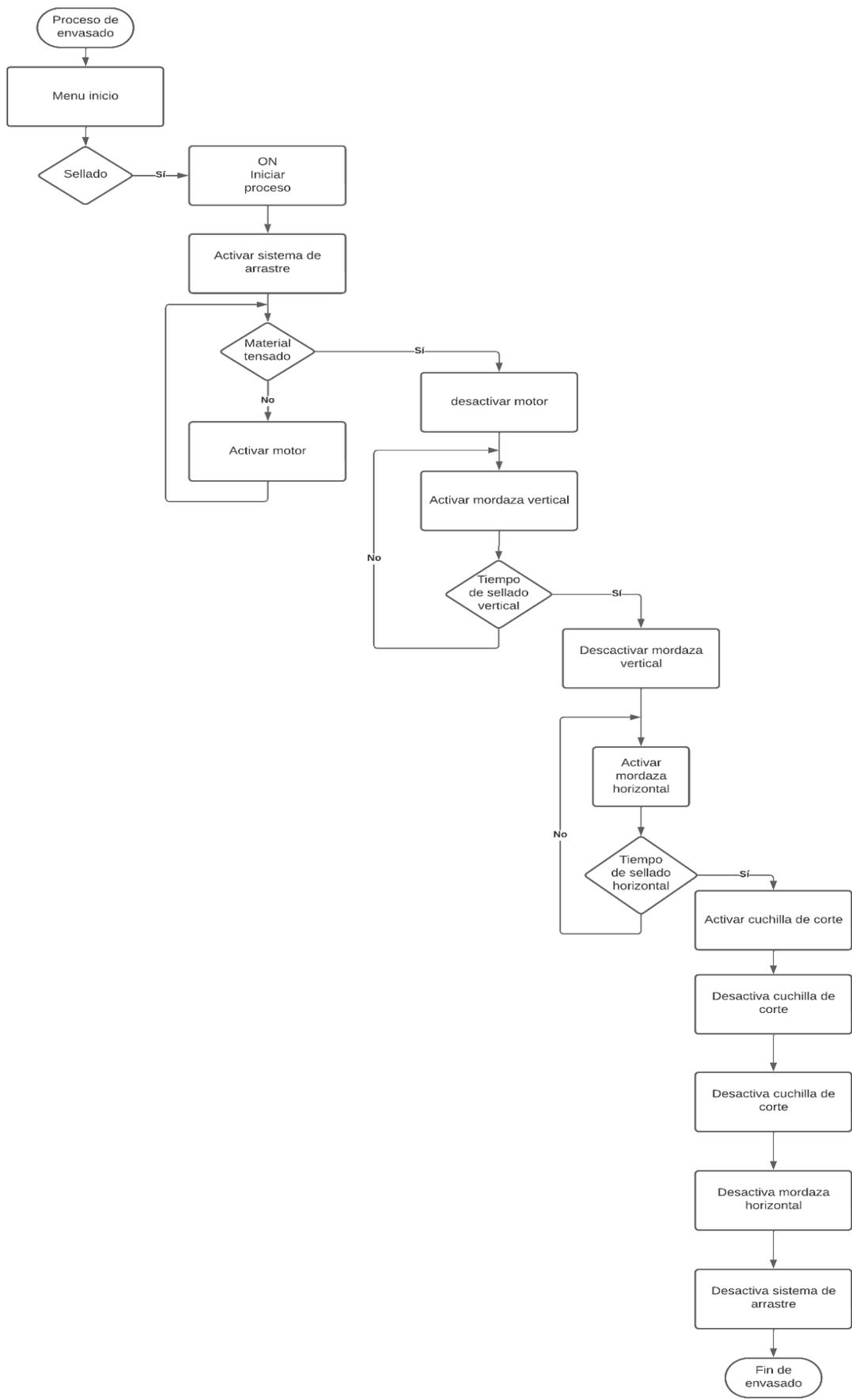


Figura 23 Diagrama de flujo del proceso de sellado.
Fuente: Autor

2.2.6.- SEGMENTOS DE PROGRAMACIÓN PARA PLC

BLOQUE PRINCIPAL

SEGMENTO 1: INICIO DEL PROCESO

En el segmento 1 se presenta la programación para dar inicio al proceso y la programación para el cambio de modo de operación manual y automático. Anexo 1.

SEGMENTO 2: BLOQUE MANUAL

Bloque de programación en modo manual mediante el accionamiento de contactos y bobinas para cumplir con todas las funciones del proceso. Anexo 2.

SEGMENTO 3: SISTEMA DE ARRASTRE

Programación de cilindros para el tensado de las láminas de plástico para preparar la etapa de dosificación. Anexo 3.

SEGMENTO 4: DOSIFICADORA

Comparación del peso para la apertura de la tolva para permitir el paso del granulado. Anexo 4.

SEGMENTO 5: TERMOSELLADO

Sellado de mediante del producto mediante el calentamiento de las mordazas horizontal y vertical. Anexo 5.

BLOQUE DE PROGRAMACIÓN MANUAL

SEGMENTO 1: SISTEMA DE ARRASTRE

Al momento de estar en modo manual, cuando se pulsa el selector se enciende el motor que hace girar el rodillo para ser tensado. Anexo.

SEGMENTO 2: TENSADO DEL MATERIAL

Para que el material sea tensado se activa un pistón que permite que los rodillos suban, de tal manera que el BOPP vaya subiendo.

SEGMENTO 3: DOSIFICADORA

Mientras la tolva se encuentre llenando del granulado, el pistón de la tolva se debe encontrar desactivado, cuando esté lleno se activa permitiendo que el granulado pase al

otro recipiente. Cuando haya pasado el granulado al otro depósito, se activa el pistón del depósito pasando por un tubo hacia la etapa del termo sellado.

SEGMENTO 4: TERMO SELLADO

Para realizar el termosellado es necesario que el calentador esté encendido, además el motor de los engranajes debe estar activados. Anexo 9.

Activado el motor de los engranajes, se activa el selector que es para sellar el empaque, previo a esto se activa el sellado horizontal y vertical. La banda de salida del producto se activa mediante un selector.

SISTEMA DE ARRASTRE

SEGMENTO 1: ACTIVACIÓN DEL MOTOR PARA RODILLO

Al entrar en modo automático se activa el motor para que empiece a girar el rodillo que contiene el BOPP (polipropileno orientado biaxialmente). Anexo 6.

SEGMENTO 2: ACTIVACIÓN DE PISTÓN

Mientras el rodillo está girando procede a accionar el pistón que moverá los rodillos encargados de tensar el material BOPP. Anexo 7.

DOSIFICADORA

SEGMENTO 1: ESCALAMIENTO DEL SENSOR ANALÓGICO DE PESO

Utilizamos un bloque de normalización para la señal analógica del sensor, luego escalamos la señal para obtener valores reales del sensor. Anexo 8.

SEGMENTO 2: COMPARACIÓN DEL PESO DE LA TOLVA

Mientras el peso sea igual a 30 se activa el pistón que permite abrir la parte superior de la tolva haciendo que el granulado salga del depósito durante 5 segundos, caso contrario no se activa. Anexo 9.

SEGMENTO 3: CIERRE/APERTURA DEL DEPÓSITO

Cuando haya ingresado el granulado al otro depósito, durante cinco segundos va a estar activo el pistón que permite el pase del granulado hacia un tubo. Anexo 10.

TERMOSELLADO

SEGMENTO 1: ESCALAMIENTO DEL SENSOR ANALÓGICO DE TEMPERATURA

Para realizar el sellado se debe tener una temperatura calibrada. Anexo 11.

SEGMENTO 2: COMPARACIÓN DE TEMPERATURA

La temperatura debe estar en un rango de 90°C a 150°C para que se active el pistón neumático que contiene la cuchilla para realizar el corte, caso contrario no se activa el pistón. Anexo 12.

SEGMENTO 3: SELLADO HORIZONTAL Y VERTICAL

Para realizar el corte, el sensor de marca deberá detectar la marca al inicio de empaque, cuando lo detecte por un tiempo, se mantendrá activo el sellado vertical para luego realizar el sellado horizontal, adicional un pistón activa un soporte para sostener el empaque ya cortado. Anexo 13.

SEGMENTO 4: SALIDA DEL PRODUCTO

Cuenta con un sensor de presencia cuando el producto está en la posición final listo para su salida. Anexo 14.

2.3.- Pruebas y puesta en marcha de la solución

2.3.1.- Inicio del Sistema

Se visualiza la pantalla del HMI mediante la simulación en WinCC, mostrando como primera pantalla un identificador de usuario

2.3.2 Identificador de usuario.



Figura 24 Identificador de usuario HMI.
Fuente: Autor

2.3.3.- Pantalla principal

En nuestra pantalla principal tenemos las etapas del sistema donde podemos observar el estado de cada una de ellas y elegir entre sus modos de trabajo.

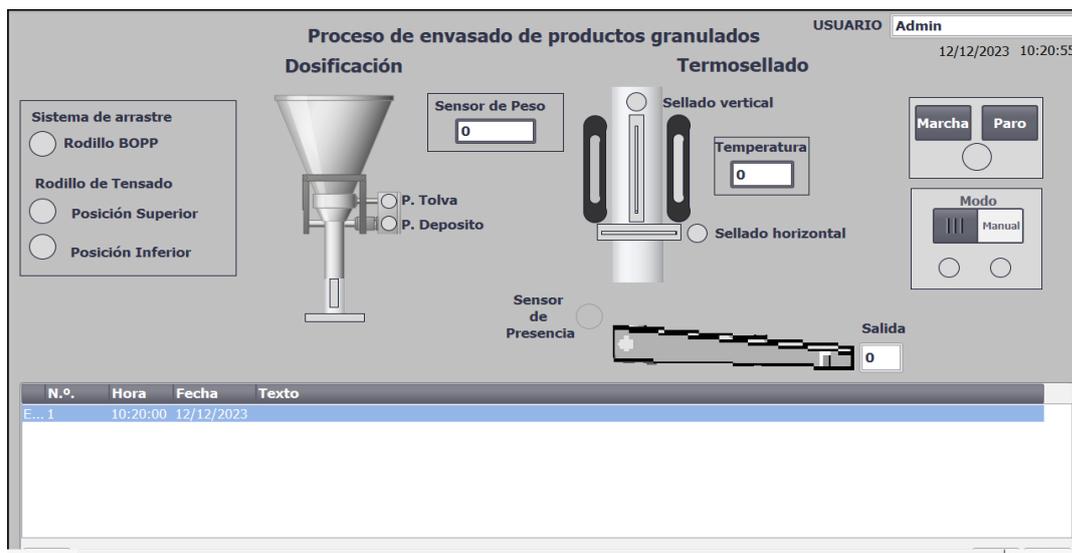


Figura 25 Pantalla principal HMI.
Fuente: Auto

2.3.4 Control Manual

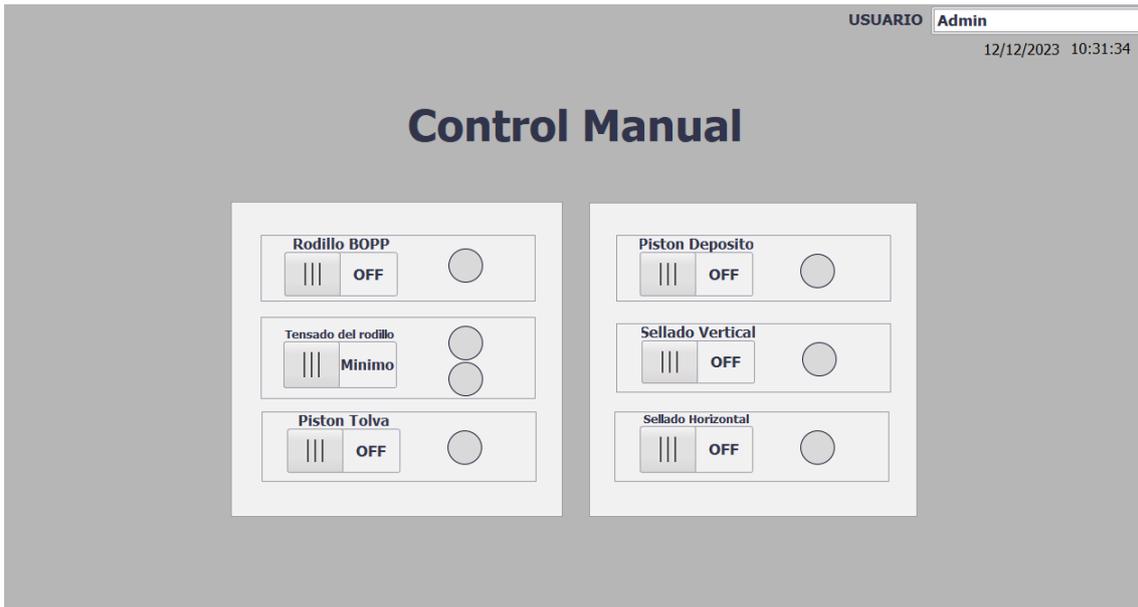


Figura 26 Control manual.
Fuente: Autor

2.3.5 Históricos

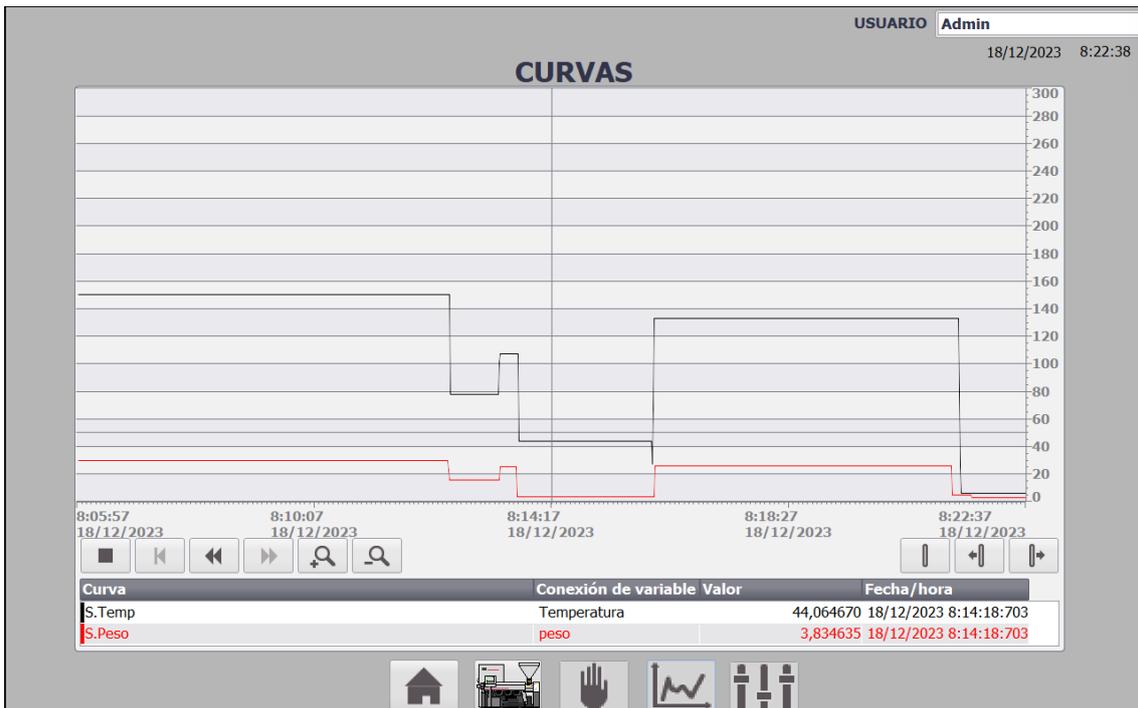


Figura 27 Curva del sensor.
Fuente: Autor

2.3.6.- Modo de funcionamiento Manual / Automático.

Al dar marcha al sistema debemos elegir primero el modo en el que deseamos trabajar, manual o automático.

USUARIO: Admin 12/12/2023 10:23:03

Proceso de envasado de productos granulados

Dosificación

Sistema de arrastre: Rodillo BOPP

Rodillo de Tensado: Posición Superior, Posición Inferior

Sensor de Peso: 0

P. Tolva, P. Deposito

Termosellado

Sellado vertical: Temperatura 0

Sellado horizontal

Marcha (green), Paro (grey)

Modo: Manual, Automático

Sensor de Presencia

Salida: 0

N.º	Hora	Fecha	Texto
E... 1	10:22:58	12/12/2023	Modo Manual
E... 6	10:22:54	12/12/2023	R.T.Arriba
E... 5	10:22:54	12/12/2023	Rodillo ON
E... 2	10:22:54	12/12/2023	Modo Auto
E... 3	10:22:54	12/12/2023	Inicio del Proceso
E... 9	10:22:54	12/12/2023	P.Deposito.Activado
E... 1	10:20:00	12/12/2023	

Figura 28 Estado del sistema en modo manual.
Fuente: Autor

USUARIO: Admin 12/12/2023 10:19:01

Proceso de envasado de productos granulados

Dosificación

Sistema de arrastre: Rodillo BOPP

Rodillo de Tensado: Posición Superior, Posición Inferior

Sensor de Peso: 0

P. Tolva, P. Deposito

Termosellado

Sellado vertical: Temperatura 0

Sellado horizontal

Marcha (green), Paro (grey)

Modo: Automatik, Manual

Sensor de Presencia

Salida: 0

N.º	Hora	Fecha	Texto
E... 6	10:19:00	12/12/2023	R.T.Arriba
E... 5	10:19:00	12/12/2023	Rodillo ON
E... 2	10:19:00	12/12/2023	Modo Auto
E... 3	10:19:00	12/12/2023	Inicio del Proceso
E... 9	10:19:00	12/12/2023	P.Deposito.Activado
E... 1	10:16:49	12/12/2023	

Figura 29 Estado del sistema en modo Automático.
Fuente: Autor

2.3.7.- Sistema de arrastre

En este momento el motor del rodillo va a estar encendido y comenzará el proceso de tensado del material.

N.º	Hora	Fecha	Texto
E... 7	10:28:51	12/12/2023	R.T.Abajo
E... 6	10:28:41	12/12/2023	R.T.Arriba
E... 5	10:28:04	12/12/2023	Rodillo ON
E... 2	10:28:04	12/12/2023	Modo Auto
E... 3	10:28:04	12/12/2023	Inicio del Proceso
E... 1	10:28:04	12/12/2023	

Figura 30 Encendido del rodillo.
Fuente: Autor

N.º	Hora	Fecha	Texto
E... 7	10:25:12	12/12/2023	R.T.Abajo
E... 6	10:25:02	12/12/2023	R.T.Arriba
E... 5	10:24:22	12/12/2023	Rodillo ON
E... 2	10:24:22	12/12/2023	Modo Auto
E... 9	10:24:22	12/12/2023	P.Deposito.Activado
E... 1	10:22:58	12/12/2023	Modo Manual
E... 3	10:22:54	12/12/2023	Inicio del Proceso
E... 1	10:20:00	12/12/2023	

Figura 31 Rodillo de tensado.
Fuente: Autor

2.3.8.- Dosificación

Para la etapa de dosificación encontraremos el escalado del sensor analógico de peso para poder decidir qué cantidad de producto se va a envasar.



Figura 32 Escalamiento del sensor de peso.

Fuente: Autor



Figura 33 Apertura del depósito.

Fuente: Autor

2.3.9.- Termosellado

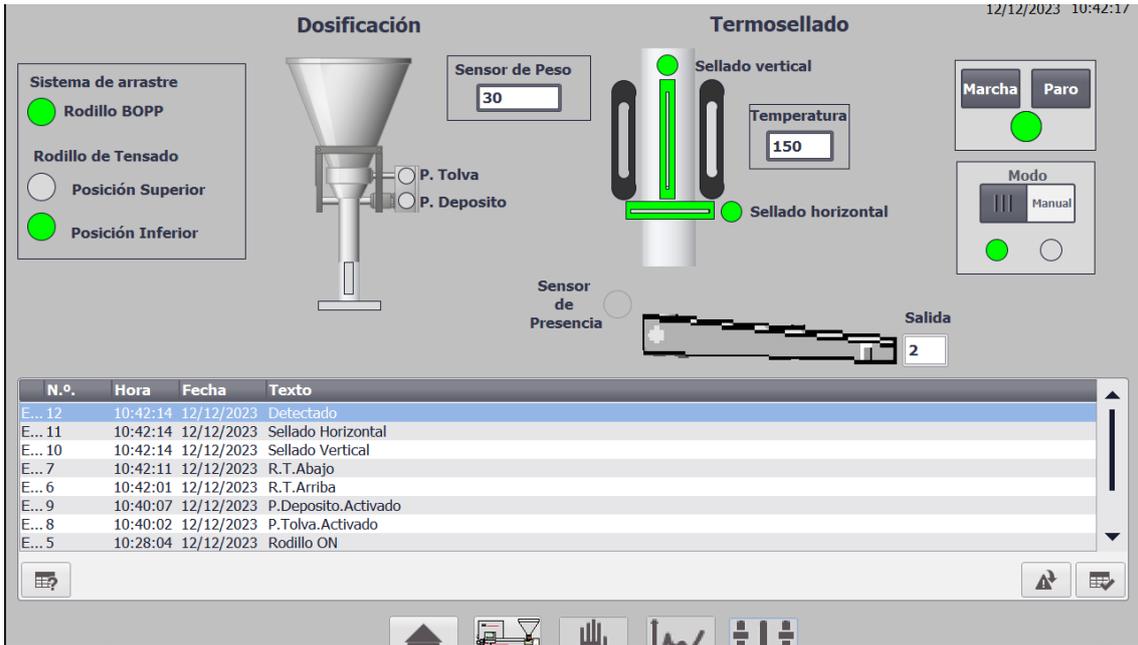


Figura 34 Sellado vertical y horizontal.
Fuente: Autor

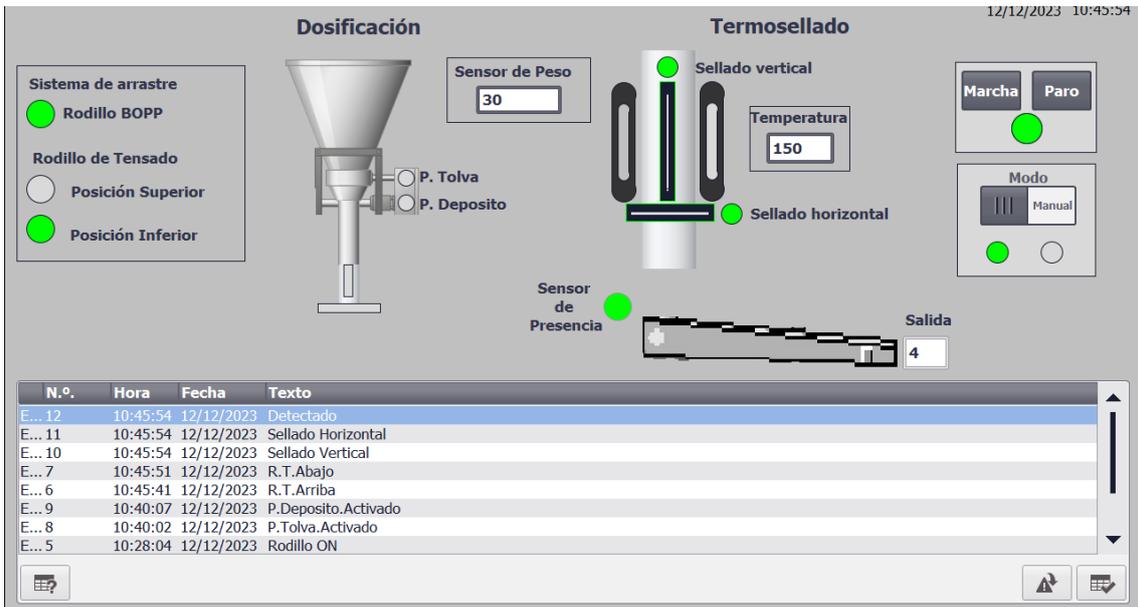


Figura 35 Accionamiento del sellado vertical y horizontal.
Fuente: Autor

2.3.10.- Modo de Control Manual

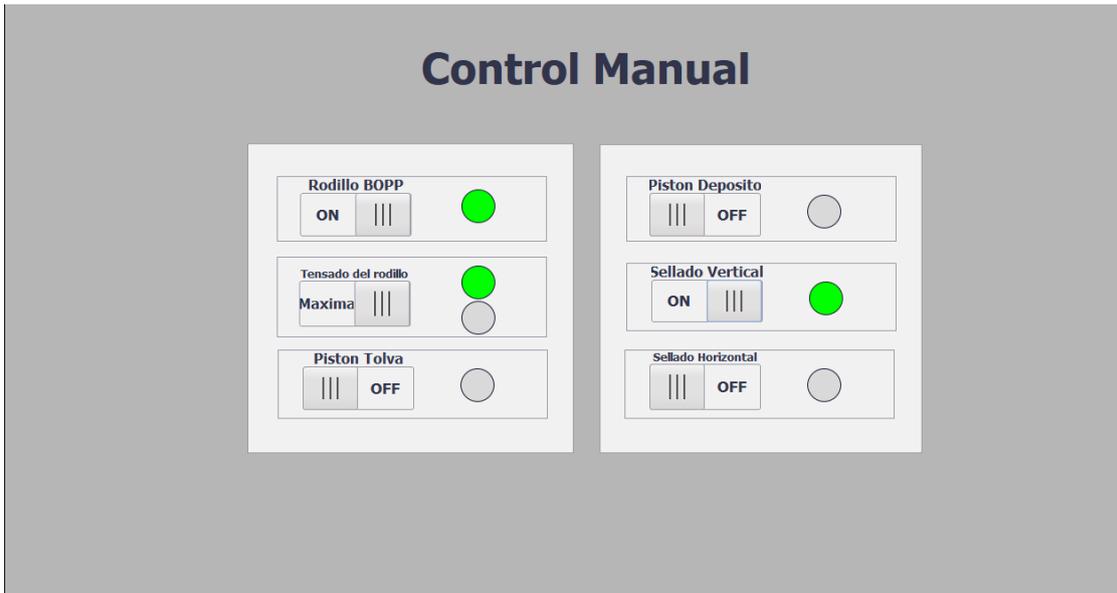


Figura 36 Control manual.
Fuente: Autor



Figura 37 Funcionamiento en modo manual.
Fuente: Autor

2.4.- Resultados y Conclusiones

2.4.1 Resultados

Como resultados obtenidos durante el proceso de envasado se puede observar que debe cumplir como primer punto el sistema de arrastre donde el material de envasado debe estar siempre listo durante todo el proceso, para lograr esto un motor se encarga de girar el cilindro donde está el material de envasado para después ser tensado por cilindros que son accionados por un pistón.

Con el funcionamiento correcto del sistema de arrastre se da paso al sistema de dosificación donde un sensor analógico de peso es el encargado de condicionar los pistones para la apertura y cierre de la tolva donde se encuentra el producto, posteriormente se encuentra nuestro proceso de sellado el cual debe cumplir con las condiciones de temperatura establecidas para poder realizar su función, en este caso se llevó el rango de temperatura a un valor ideal para realizar un envase correctamente sellado.

La integración de una interfaz HMI permitió observar el estado de cada etapa del proceso de envasado, además permitió el control de cada una de las acciones que realiza todo el proceso, cuenta también con un panel de alarmas para visualizar en tiempo real que sucede paso a paso.

2.4.2 Conclusiones

- Las pruebas realizadas en la simulación WinCC y el PLC S7- 1200 dieron como resultado un 0% de pérdida de información al tratarse del mismo software de programación y simulación.
- El desarrollo de un sistema automático con PLC permitió diseñar un proceso de envasado para productos alimenticios de manera simple y flexible. brindando la capacidad de adaptarse a las necesidades de manera óptima y eficiente.

2.4.3 Recomendaciones

- En primer lugar, es crucial llevar a cabo pruebas prácticas para validar los resultados obtenidos en la simulación. Comparar el rendimiento del sistema real con las expectativas simuladas permitirá confirmar la precisión y eficiencia del diseño implementado.
- Para garantizar la eficiencia continua del sistema, se sugiere realizar ajustes iterativos en el código del PLC y en la configuración de los componentes. Esto permitirá optimizar la velocidad de envasado, la precisión en la dosificación y la sincronización de los actuadores y sensores
- Implementa un sistema de monitoreo en tiempo real a través del PLC para detectar posibles problemas antes de que afecten el proceso de envasado. La integración de sensores y alarmas contribuirá al mantenimiento predictivo y minimizará los tiempos de inactividad.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] R. Catalá y R. Gavara, «Nuevos envases. De la protección pasiva a la defensa activa de los alimentos envasados», *Arbor*, vol. 168, n.º 661, Art. n.º 661, ene. 2001, doi: 10.3989/arbor.2001.i661.825.
- [2] M. Perada y Rosario Moreira María, «BIO-PELÍCULAS PARA EL ENVASADO DE ALIMENTOS», [En línea]. Disponible en: <https://aargentnapciencias.org/wp-content/uploads/2018/01/RevistasCeI/tomo64-2/4-Bio-peliculas-cei64-2-2014.pdf>
- [3] «s31.pdf». Accedido: 11 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://repositori.uji.es/xmlui/bitstream/handle/10234/24182/s31.pdf?sequence=6>
- [4] «SIMATIC S7-1200 -Take control of communication», siemens.com Global Website. Accedido: 11 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.siemens.com/global/en/products/automation/systems/industrial/plc/s7-1200.html>
- [5] «LENGUAJES DE PROGRAMACION DE PLC.doc». Accedido: 11 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=https%3A%2F%2Fbibdigital.epn.edu.ec%2Fbitstream%2F15000%2F9276%2F6%2FLENGUAJES%2520DE%2520PROGRAMACION%2520DE%2520PLC.doc%23%3A~%3Atext%3DLENGUAJE%2520LADDER%2Cesquemas%2520el%25C3%25A9ctricos%2520de%2520control%2520cl%25C3%25A1sicos.&wdOrigin=BROWSELINK>
- [6] «Jielian - OETAI Interruptor fotoeléctrico GDS-3011 GDS-C21 Luz blanca NPN Ojos y sensores fotoeléctricos». Accedido: 17 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.jieliantech.net/es/video/products-detail-670672>
- [7] «termocuplas-DiseñoIndustrial.pdf». Accedido: 17 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://catedra.ing.unlp.edu.ar/electrotecnia/cys//DI/termocuplas.pdf>
- [8] «Cilindros Neumáticos». Accedido: 18 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://cilindros-neumaticos.com/>
- [9] Octubre 01 y 2017 por Jan-Willem Pustjens, «Comprensión de las válvulas neumáticas de 5/2 y 4/2 vías», Tameson.es. Accedido: 18 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://tameson.es/pages/valvula-neumatica-de-5-2-y-4-2-vias-como-funcionan>
- [10] «Valvulas». Accedido: 18 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <http://fluidtec.mx/page2.html>
- [11] «Célula de carga pesaje serie SS2», Instrumentos de Medida, S.L. Accedido: 18 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://idm-instrumentos.es/producto/celda-de-carga-serie-ss2/>
- [12] E. Ruíz Lizama, J. L. Inche Mitma, y A. R. Chung Pinzás, «Desarrollo de una interfaz hombre máquina orientada al control de procesos», *Ind. Data*, vol. 11, n.º 1, p. 070, mar. 2014, doi: 10.15381/idata.v11i1.6039.
- [13] P. Sicma21, «Por qué es importante la Automatización Industrial. Ventajas». Accedido: 11 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.sicma21.com/automatizacion-industrial-importancia-y-beneficios/>
- [14] K. F. Moreno Burbano, R. Espinosa Ramos, y S. Domínguez Rodríguez, «Prototipo dosificador de granos para supermercados pequeños», 2018, Accedido: 11 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.uniajc.edu.co/handle/uniajc/730>
- [15] «Últimas innovaciones: mordazas de alta conductividad térmica», TNA Australia. Accedido: 11 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.tnasolutions.es/news-media/tna-blog/ultimas-innovaciones-mordazas-de-alta-conductividad-termica/>

- [16] C. J. Antamba Miño, «Sistema de sellado horizontal y vertical de funda para una máquina empacadora de Snacks», bachelorThesis, 2018. Accedido: 11 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/7977>
- [17] R. C. Guamán Choca y O. A. Morales Tapia, «Diseño e implementación de un sistema automático para una máquina de envasado vertical de productos alimenticios», bachelorThesis, Quito, 2018., 2018. Accedido: 11 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/19410>
- [18] M. L. Núñez Núñez y L. F. Sisa Amaguaya, «Diseño e implementación de un modulo didáctico para simular y controlar el proceso de empaclado de sólidos granulados para el laboratorio de la EIE - CRI.», bachelorThesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2011. Accedido: 11 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <http://dspace.espace.edu.ec/handle/123456789/1162>
- [19] «ISA101, Human-Machine Interfaces- ISA», isa.org. Accedido: 17 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.isa.org/standards-and-publications/isa-standards/isa-standards-committees/isa101>
- [20] «UNE-EN ISO 9241-210:2019 (Ratificada) Ergonomía de la interacc...» Accedido: 17 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0062677>
- [21] «UNE-EN IEC 62682:2023 (Ratificada) Gestión de sistemas de alar...» Accedido: 17 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0070877>
- [22] Autex.Training, «Protocolos PROFINET HMI», Universidad PROFINET. Accedido: 18 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://profinetuniversity.com/automatizacion-industrial/protocolos-profinet-hmi/>
- [23] «SIMATIC S7-1200 - SIMATIC controller - Siemens Global Website». Accedido: 11 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.siemens.com/global/en/products/automation/systems/industrial/plc/s7-1200.html>
- [24] «LOGO! Logic Module», Siemens México. Accedido: 11 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.siemens.com/mx/es/productos/automatizacion/systems/industrial/plc/logo.html>
- [25] «CPU 1212C». Accedido: 11 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://mall.industry.siemens.com/mall/es/WW/Catalog/Product/6ES7212-1BE40-0XB0>
- [26] P. Sicma21, «Qué es un sistema HMI, para qué sirve y cómo funciona». Accedido: 11 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.sicma21.com/que-es-un-hmi-y-como-funciona/>
- [27] «Comfort Panels standard devices». Accedido: 11 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://mall.industry.siemens.com/mall/en/WW/Catalog/Product/6AV2124-0MC01-0AX0>
- [28] «Termocupla, cómo funciona, tipos, consejos y modelos. | Alutal». Accedido: 18 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.alutal.com.br/es/termopar>
- [29] «Cilindros de doble efecto». Accedido: 18 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://pneumatig.eu/es/actuadores-neumaticos/actuadores-iso-m-piston/de-doble-efecto.html>

- [30] «Electrovalvula 5/2 Bobina Sencilla», Tectul. Accedido: 18 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://tectul.com/es/productos/electrovalvula-5-2-bobina-sencilla>
- [31] F. Yumbla y J. Landivar, «Configuración y Programación del PLC S7-1200 en comunicación PROFIBUS con el UNIDRIVE SP para uso Industrial», en *Global Partnerships for Development and Engineering Education: Proceedings of the 15th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology, July 19-21, 2017, Boca Raton, FL, United States, 2017, ISBN 978-0-9993443-0-9*, Latin American and Caribbean Consortium of Engineering Institutions, 2017, p. 124. Accedido: 11 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7353028>
- [32] tecnopl.com, «Programación Ladder y contactos abiertos y cerrados TIA Portal » tecnopl», tecnopl. Accedido: 11 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.tecnopl.com/programacion-ladder-y-contactos-abiertos-y-cerrados-tia-portal/>

ANEXOS

TABLA DE VARIABLES

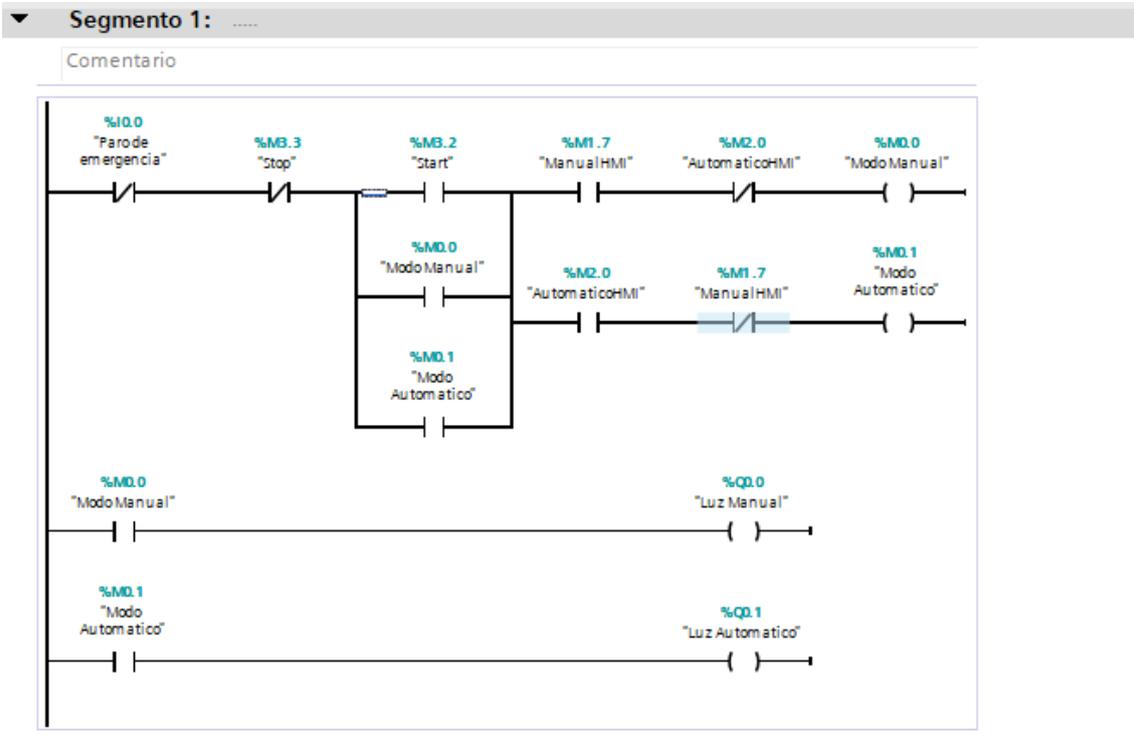
Variables PLC								
	Nombre ▲	Tabla de variables	Tipo de datos	Dirección	Rema...	Acces...	Escrib...	Visibl...
1	A.PistonSostener	Tabla de variables e..	Bool	%I1.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2	ActivarMarca	Tabla de variables e..	Bool	%M2.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3	Automatico	Tabla de variables e..	Bool	%I0.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
4	AutomaticoHMI	Tabla de variables e..	Bool	%M2.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
5	B. Salida	Tabla de variables e..	Bool	%M1.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
6	B.Salida empaques	Tabla de variables e..	Bool	%Q1.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
7	Calentador	Tabla de variables e..	Bool	%M1.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
8	DesacMarca	Tabla de variables e..	Bool	%M2.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
9	E. Calentador	Tabla de variables e..	Bool	%I1.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
10	E.B. Salida	Tabla de variables e..	Bool	%I1.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
11	lleno	Tabla de variables e..	Bool	%M3.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
12	Luz Automatico	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
13	Luz Manual	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
14	M.Engranajes	Tabla de variables e..	Bool	%M1.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
15	M.P. Sostener	Tabla de variables e..	Bool	%M1.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
16	M.P.Avanzar	Tabla de variables e..	Bool	%M0.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
17	M.Rodillo	Tabla de variables e..	Bool	%M0.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
18	Manual	Tabla de variables e..	Bool	%I0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
19	Manual_E.Pistón Depósito	Tabla de variables e..	Bool	%M4.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
20	Manual_E.Piston Tolva	Tabla de variables e..	Bool	%M4.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
21	Manual_E.Rodillo	Tabla de variables e..	Bool	%M4.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
22	Manual_M.rodillo	Tabla de variables e..	Bool	%M3.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
23	Manual_Mp.avanzar	Tabla de variables e..	Bool	%M3.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
24	Manual_MP.sostener	Tabla de variables e..	Bool	%M4.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
25	Manual_P. Maxima	Tabla de variables e..	Bool	%M4.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
26	Manual_P.deposito	Tabla de variables e..	Bool	%M4.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
27	Manual_P.Mínima	Tabla de variables e..	Bool	%M4.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
28	Manual_P.tolva	Tabla de variables e..	Bool	%M3.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
29	Manual_SelladoH	Tabla de variables e..	Bool	%M5.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
30	Manual_SelladoV	Tabla de variables e..	Bool	%M4.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
31	ManualHMI	Tabla de variables e..	Bool	%M1.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
32	Modo Automatico	Tabla de variables e..	Bool	%M0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
33	Modo Manual	Tabla de variables e..	Bool	%M0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
34	Motor Engranajes	Tabla de variables e..	Bool	%Q1.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
35	Motor Rodillo	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
36	MP.Retroceder	Tabla de variables e..	Bool	%M1.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

37		P.Avanzar	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
38		P.B. Máxima	Tabla de variables e..	Bool	%M0.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
39		P.Depósito	Tabla de variables e..	Bool	%M0.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
40		P.Retroceder	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
41		P.Sostener	Tabla de variables e..	Bool	%Q1.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
42		P.Tolva	Tabla de variables e..	Bool	%M0.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
43		Paro de emergencia	Tabla de variables e..	Bool	%I0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
44		peso	Tabla de variables e..	Real	%MD112	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
45		pesoHMI	Tabla de variables e..	Int	%MW76	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
46		Pistón B1. Retroceder	Tabla de variabl...	Bool	%Q1.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
47		Pistón Depósito	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
48		Pistón Tolva	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
49		R.lleno	Tabla de variables e..	Bool	%M2.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
50		R.salida	Tabla de variables e..	Bool	%M2.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
51		Reset	Tabla de variables e..	Bool	%M2.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
52		Resistencia	Tabla de variables e..	Bool	%Q1.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
53		S. Horizontal	Tabla de variables e..	Bool	%M1.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
54		S. Presencia Empaques	Tabla de variables e..	Bool	%M2.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
55		S. Vertical	Tabla de variables e..	Bool	%M1.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
56		Sellado Horizontal	Tabla de variables e..	Bool	%Q1.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
57		Sellado Vertical	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
58		Sensor de Marca	Tabla de variables e..	Bool	%M2.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
59		Start	Tabla de variables e..	Bool	%M3.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
60		Stop	Tabla de variables e..	Bool	%M3.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
61		T.Requerida	Tabla de variables e..	Bool	%M0.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
62		Tag_3	Tabla de variables e..	Real	%MD80	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
63		Tag_4	Tabla de variables e..	Real	%MD108	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
64		Tag_5	Tabla de variables e..	Bool	%M3.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
65		Tag_6	Tabla de variables e..	Bool	%M3.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
66		Tag_7	Tabla de variables e..	Tíme	%MD116	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
67		Tag_8	Tabla de variables e..	Tíme	%MD120	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
68		Temperatura	Tabla de variables e..	Real	%MD104	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
69		TempHMI	Tabla de variables e..	Int	%MW78	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

BLOQUE MAIN

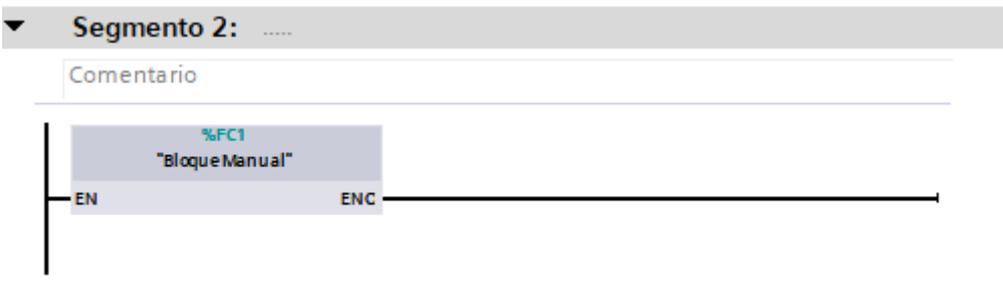
Anexo 1

SEGMENTO 1: INICIO DEL PROCESO



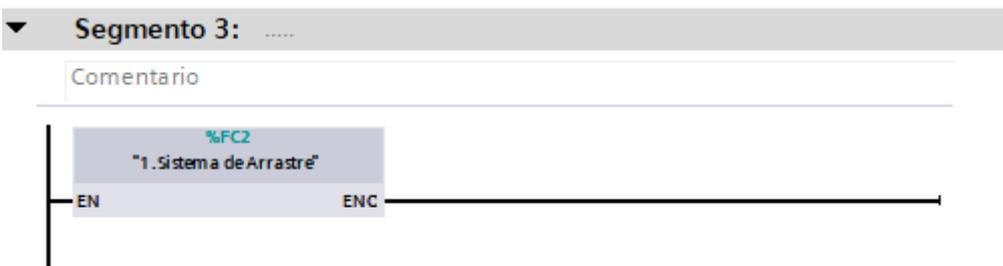
Anexo 2

SEGMENTO 2: BLOQUE DE PROGRAMACIÓN MANUAL



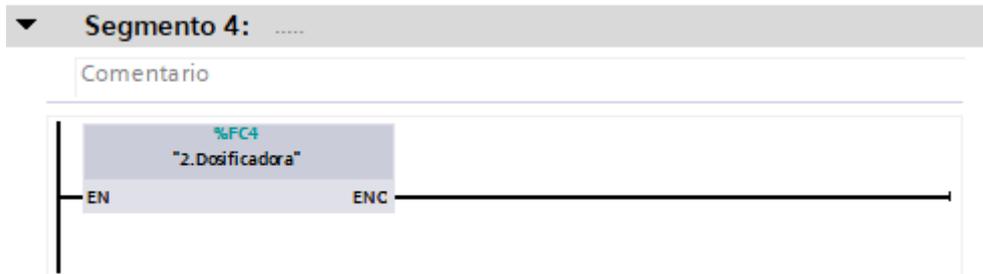
Anexo 3

SEGMENTO 3: SISTEMA DE ARRASTRE



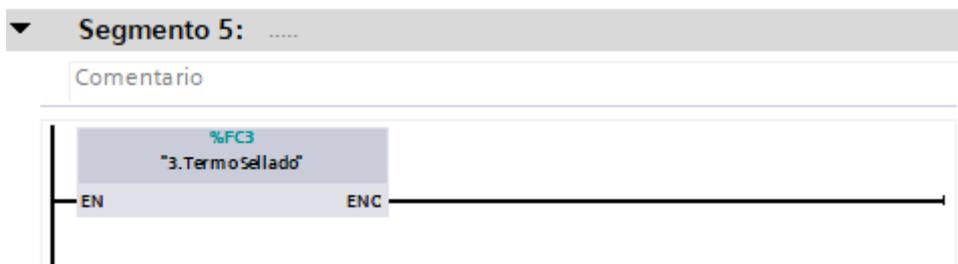
Anexo 4

SEGMENTO 4: DOSIFICACIÓN



Anexo 5

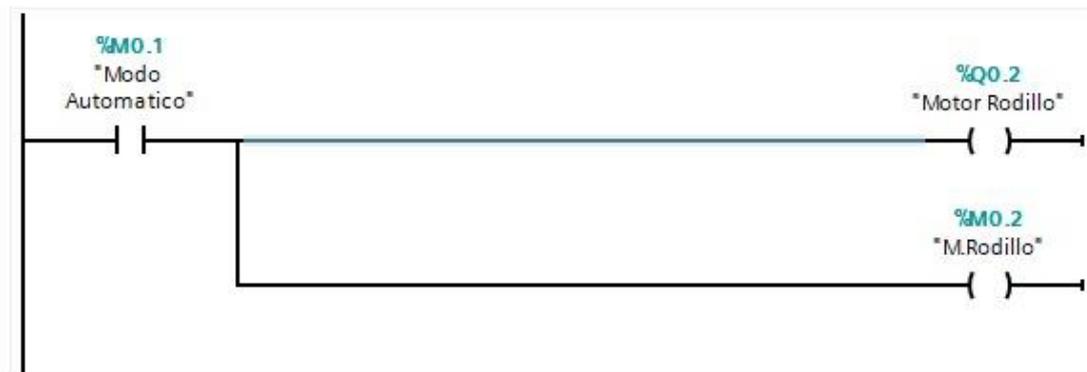
SEGMENTO 5: TERMOSELLADO



SISTEMA DE ARRASTRE

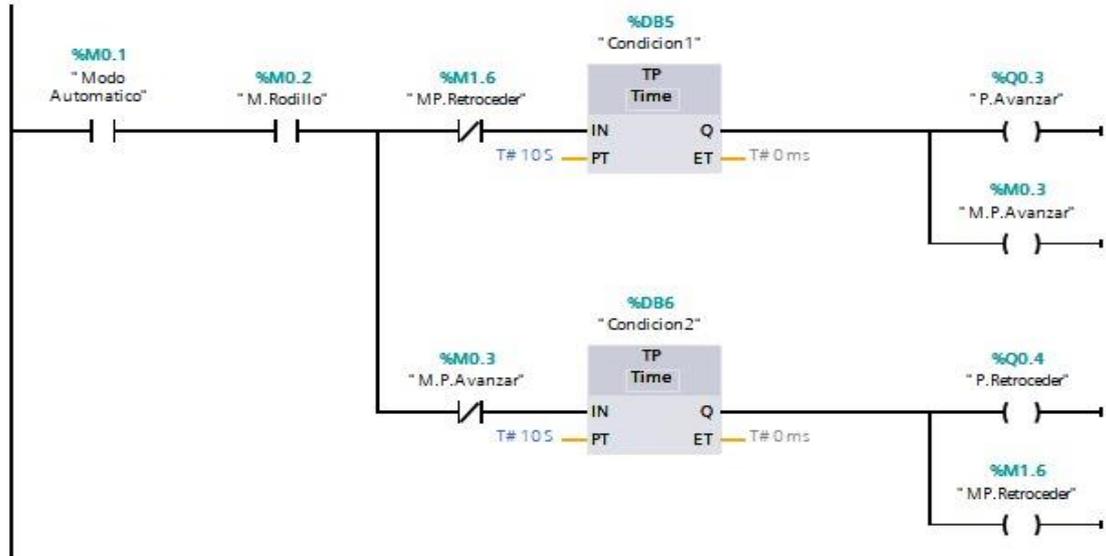
Anexo 6

SEGMENTO 1: ACTIVACIÓN DEL MOTOR PARA RODILLO



Anexo 7

SEGMENTO 2: ACTIVACIÓN DE PISTON



DOSIFICADORA

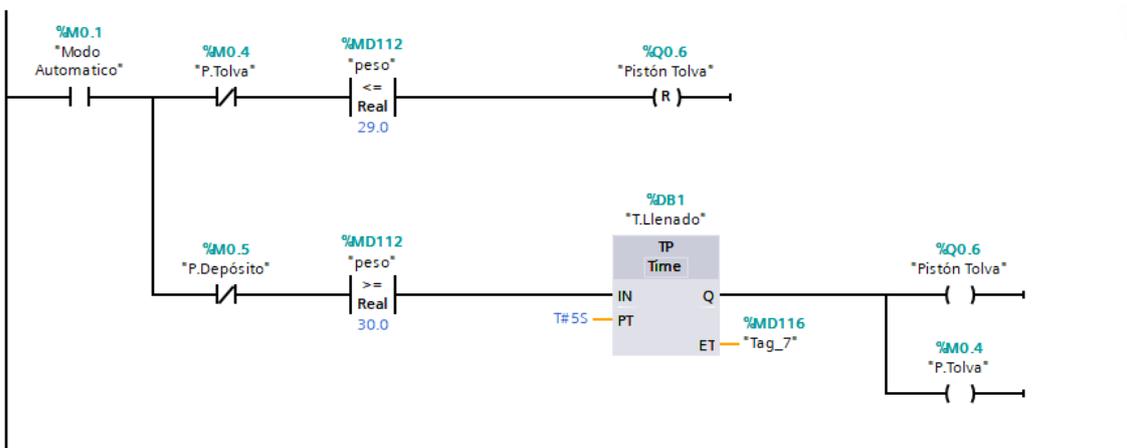
Anexo 8

SEGMENTO 1: ESCALAMIENTO DEL SENSOR ANALÓGICO DE PESO



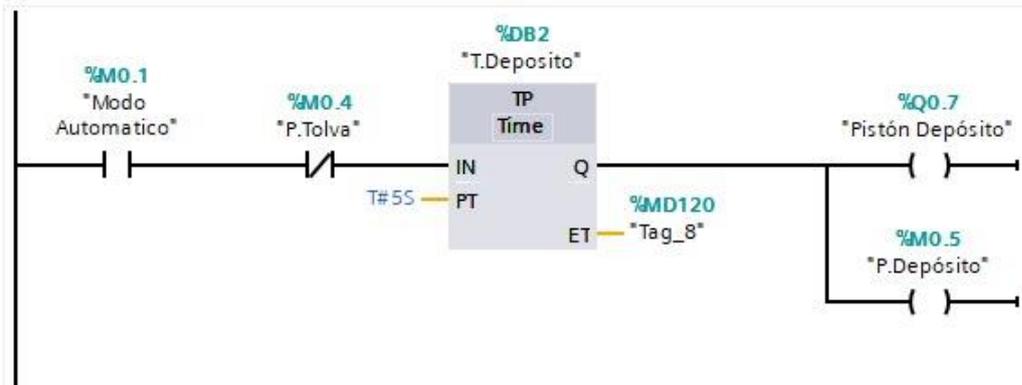
Anexo 9

SEGMENTO 2: COMPARACIÓN DEL PESO DE LA TOLVA



Anexo 10

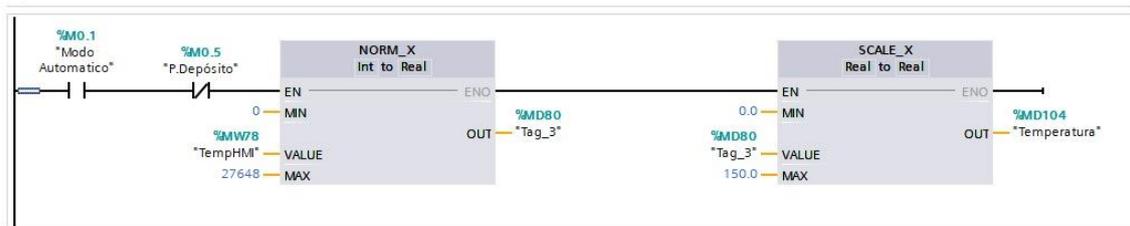
SEGMENTO 3: CIERRE/APERTURA DEL DEPÓSITO



TERMOSELLADO

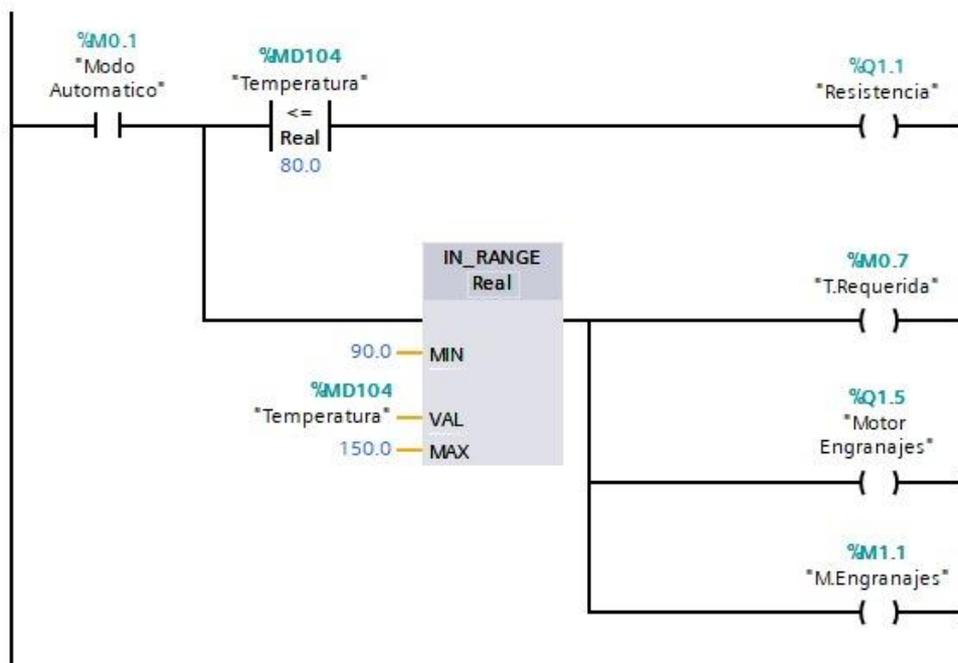
Anexo 11

SEGMENTO 1: ESCALAMIENTO DEL SENSOR ANALÓGICO DE TEMPERATURA



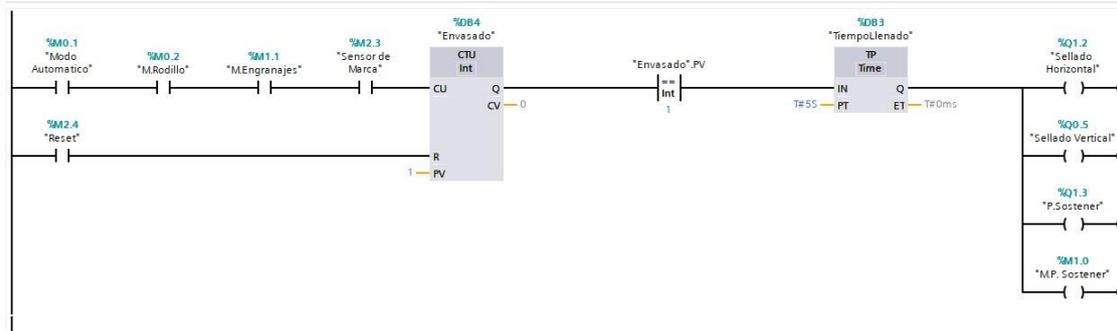
Anexo 12

SEGMENTO 2: COMPARACIÓN DE TEMPERATURA



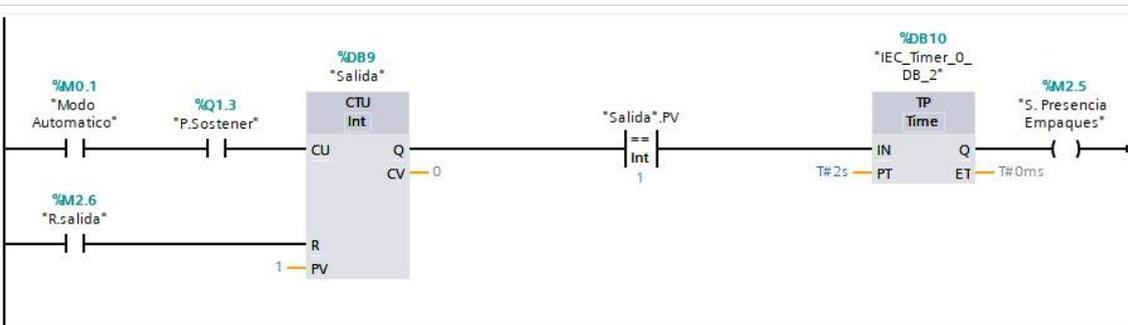
Anexo 13

SEGMENTO 3: SELLADO HORIZONTAL Y VERTICAL



Anexo 14

SEGMENTO 4: SALIDA DEL PRODUCTO



Anexo 15

