



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE GUAYAQUIL
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

DISEÑO E INTEGRACIÓN DE UN MÓDULO DE ENTRENAMIENTO PARA
PRÁCTICAS DE PRODUCCIÓN INDUSTRIAL ELECTRONEUMÁTICA CON PLC
S7-1500 Y PANTALLA TÁCTIL HMI

Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de Ingeniero Electrónico

AUTORES: LEONARDO WLADIMIR COELLO SARMIENTO
DANIEL PAUL LÓPEZ VULGARÍN

TUTOR: ING. CÉSAR ANTONIO CÁCERES GALÁN Msc.

Guayaquil – Ecuador
2024

**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN**

Nosotros, **Leonardo Wladimir Coello Sarmiento** con documento de identificación N° 0926208117 y **Daniel Paul López Vulgarín** con documento de identificación N° 0926959446 manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Guayaquil, 13 de enero del año 2025

Atentamente,

Leonardo Wladimir Coello Sarmiento

C.I:0926208117

Daniel Paul López Vulgarín

C.I:0926959446

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, **Leonardo Wladimir Coello Sarmiento** con documento de identificación N° 0926208117 y **Daniel Paul López Vulgarín** con documento de identificación N° 0926959446 , expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto Técnico: **“Diseño e Integración de un Módulo de Entrenamiento para prácticas de Producción Industrial Electroneumática con PLC S7-1500 y Pantalla táctil HMI”**, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingenieros Electrónicos, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento cuando entregamos el trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 12 de diciembre del año 2024

Atentamente,



Leonardo Wladimir Coello Sarmiento
C.I:0926208117



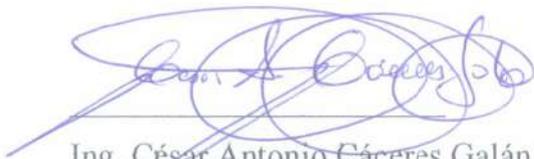
Daniel Paul López Vulgarín
C.I:0926959446

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Ing. César Antonio Cáceres Galán Msc. con documento de identificación N° 0911477776 y docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: “ **Diseño e Integración de un Módulo de Entrenamiento para prácticas de Producción Industrial Electroneumática con PLC S7-1500 y Pantalla táctil HMI**”, realizado por Leonardo Wladimir Coello Sarmiento con documento de identificación N° y Daniel Paul López Vulgarín con documento de identificación N°, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 12 de diciembre del año 2024

Atentamente,



Ing. César Antonio Cáceres Galán Msc.
C.I: 0911477776

DEDICATORIA

Esta tesis dedico primeramente a Dios y a mi Familia quienes me han apoyado para poder llegar a esta instancia de mi carrera, ya que ellos siempre han estado presentes para apoyarme moral y psicológicamente.

También se la dedico a mi hija quien ha sido mi mayor motivación para nunca rendirme en los estudios y llegar hacer un ejemplo para ella.

Muchas gracias.

AGRADECIMIENTOS

Al concluir una etapa de mi vida quiero extender un profundo agradecimiento, a quienes hicieron posible este sueño, aquellos que junto a mi caminaron en todo momento y siempre fueron inspiración, apoyo y fortaleza. Esta mención en especial para DIOS ya que sin él no hubiera podido culminar todos mis anhelos.

Mi gratitud, también a la Universidad Politécnica Salesiana, mis agradecimientos sinceros a mi tutor de Tesis el Ing. Cesar Cáceres, gracias a cada docente quienes con su apoyo y enseñanzas constituyen la base de mi vida profesional.

Muchas gracias a todos por este lindo viaje.

RESUMEN

AÑO	ALUMNOS	DIRECTOR DE PROYECTO TÉCNICO	TEMA DE PROYECTO TÉCNICO
2024	Leonardo Wladimir Coello Sarmiento Daniel Paul López Vulgarín	Ing. César Antonio Cáceres Galán Msc.	DISEÑO E INTEGRACIÓN DE UN MÓDULO DE ENTRENAMIENTO PARA PRÁCTICAS DE PRODUCCIÓN INDUSTRIAL ELECTRONEUMÁTICA CON PLC S7-1500 Y PANTALLA TÁCTIL HMI

En el marco del desarrollo tecnológico actual, se ha diseñado un módulo de entrenamiento para prácticas de Producción Industrial Electroneumática, con un enfoque en la interacción con sistemas avanzados como el PLC S7-1500 y una pantalla táctil HMI, el módulo se implementa en el Laboratorio de Sensores y Actuadores de la UPS, proporcionando una experiencia práctica en el ámbito de la electroneumática.

La creación del módulo es una respuesta a la demanda creciente de técnicos especializados en electroneumática, un campo en expansión debido a su sostenibilidad y eficiencia energética, para ello la industria está adoptando cada vez más sistemas neumáticos que utilizan aire como medio de acción, lo que subraya la necesidad de personal calificado para el diseño, mantenimiento y optimización de estos sistemas.

El objetivo general es desarrollar e integrar un módulo de entrenamiento para las operaciones de producción de procesos industriales. El desarrollo de un módulo metálico con sensores y actuadores, la planificación de un sistema de soportes de montaje para equipos electrónicos y la creación e implementación de siete prácticas industriales simuladas por software.

La metodología utilizada es la investigación experimental, que implica cambiar variables para ver cómo afectan los resultados. Se comienza investigando los sistemas electrónicos y los equipos relacionados.

Después, se crea el módulo, las prácticas industriales y el sistema de control utilizando TIA Portal, después se conecta a un sistema SCADA para realizar supervisión y control en tiempo real.

La instalación eléctrica se lleva a cabo de acuerdo con los diseños establecidos y luego se utiliza un proceso de optimización continua, finalmente se implementa una maqueta que representa un método para cerrar las botellas utilizando un accionamiento especial.

Palabras claves: Módulo Didáctico, Robótica e Industria 4.0, Simulación de Procesos Industriales, Control de Procesos.

ABSTRACT

YEAR	STUDENTS	DIRECTOR OF TECHNICAL PROJECT	TECHNICAL PROJECT THEME
2024	Leonardo Wladimir Coello Sarmiento Daniel Paul López Vulgarín	Ing. César Antonio Cáceres Galán Msc.	DESIGN AND INTEGRATION OF A TRAINING MODULE FOR ELECTRO-PNEUMATIC INDUSTRIAL PRODUCTION PRACTICES WITH S7-1500 PLC AND HMI TOUCH SCREEN

Within the framework of current technological development, a training module has been designed for Electro-Pneumatic Industrial Production practices, with a focus on the interaction with advanced systems such as the S7-1500 PLC and a touch screen HMI. This module is implemented in the Sensors and Actuators Laboratory, providing practical experience in electropneumatics.

The creation of the module is a response to the growing demand for technicians specialized in electropneumatics, an expanding field due to its sustainability and energy efficiency. The industry is increasingly adopting pneumatic systems that use air as a medium of action, which underlines the need for qualified personnel for the design, maintenance and optimization of these systems.

The general objective is to develop and integrate a training module for the production operations of industrial processes. The development of a metal module with sensors and actuators, the planning of a mounting bracket system for electronic equipment and the creation and implementation of seven industrial practices simulated by software.

The methodology used is experimental research, which involves changing variables to see how they affect the results. It begins by investigating electronic systems and related equipment.

The module, industrial practices and control system are then created using TIA Portal. It is then connected to a SCADA system for real-time monitoring and control. Electrical installation is carried out according to established designs and then a continuous optimization process is used. Finally, a mockup is implemented that represents a method to close the bottles using a special drive.

Keywords: Didactic Module, Robotics and Industry 4.0, Simulation of Industrial Processes, Process Control

TABLA DE CONTENIDO

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	
CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA	
CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTOS	
RESUMEN	
ABSTRACT.....	
Tabla de contenido	
Introducción	
El problema	2
1.1. Descripción general del problema	2
1.2. Importancia y alcance	3
1.2.1. Importancia	3
1.2.2. Alcance	3
1.3. Justificación	3
1.4. Delimitación.....	4
1.5. Objetivos	5
1.5.1. Objetivo General.....	5
1.5.2. Objetivos Específicos.....	5
Fundamentación teórica	6
2.1. Antecedentes	6

2.2.	Sistemas Electroneumáticos.....	7
2.3.	Componentes y funcionamiento	8
2.4.	Principios de Funcionamiento de Controladores Lógicos Programables (PLC)	8
2.5.	Interfaz Hombre-Máquina (HMI).....	9
2.6.	Lenguaje de Programación Escalera.....	10
2.7.	Cilindros neumáticos	11
2.7.1.	Cilindro simple efecto.....	12
2.7.2.	Cilindro de doble efecto.....	13
2.8.	Electroválvula 5/2.....	14
2.9.	Racores.....	15
	Marco Metodológico.....	16
3.1.	Diseño de láminas - módulo de entrenamiento.....	16
3.1.1.	Lamina de Distribución 120 VAC.....	16
3.1.2.	Lámina - Fuente SITOP.....	17
3.1.3.	Lamina de PLC S7-1516 3PN/DP	18
3.1.4.	Lamina Pantalla HMi KTP 700	20
3.1.5.	Lamina de pulsadores y luces piloto.....	21
3.1.6.	Lamina de Zocalo-Rele-24V.....	22
3.1.7.	Lamina de Temporizadores.....	24
3.2.	Desarrollo del proyecto en el software TIA PORTAL.....	25
3.2.1.	Creación de un Proyecto en TIA Portal.....	25
3.2.2.	Configuración de Hardware.....	25
3.2.3.	Configuración PLC	27
3.2.1.	Configuración de red PLC-HMI.....	27

3.2.2.	Agregar Módulos de Entrada/Salida (I/O):.....	29
3.2.3.	Configuración de la Pantalla HMI.....	31
3.3.	Configuración de la HMI:.....	32
3.4.	Simulación y Modelado de las prácticas.....	33
3.4.1.	Diseño.....	33
3.5.	Programación Ladder por Segmentos.....	34
3.6.	Práctica 1: Proceso de Secado de Levadura para Balanceado.....	34
3.7.	Configuración Inicial del Sistema.....	34
3.7.1.	Diseño Interfaz HMI.....	34
3.7.2.	Segmento 1: Condiciones de Inicio.....	37
3.8.	Etapa de Configuración de Parámetros.....	38
3.8.1.	Segmento 2: Control de la Práctica.....	38
3.9.	Ciclo de Operación.....	40
3.9.1.	Segmento 3: Simulación de Sensores y Animaciones.....	40
3.10.	Cierre del Ciclo y Preparación para el Siguiente.....	42
3.10.1.	Segmento 4: Contador para Reinicio de Ciclo.....	42
3.10.2.	Segmento 5: Retroalimentación del Sistema.....	42
3.11.	Simulación y Validación.....	43
3.11.1.	Segmento 6: Conversiones.....	43
3.12.	Práctica 2: Sistema de Toma de Muestras en una Destilería de Alcohol.....	44
3.12.1.	Diseño HMI.....	44
3.12.2.	Etapa de Configuración de Parámetros.....	45
3.12.3.	Ciclo de Operación.....	46
3.12.4.	Conteo de muestras.....	48

3.12.5.	Configuración de contadores de Horas	49
3.13.	Práctica 3: Sistema de Llenado de Sacos de Pellets	51
3.14.	Ciclo de Operación	52
3.14.1.	Segmento 1: Control de la Práctica.....	52
3.14.2.	Segmento 2: Niveles y bloqueos.....	54
3.14.3.	Segmento 3: Registro de numero de sacos.	55
3.15.	Práctica 4: Sistema de Despacho de Alcohol.....	56
3.15.1.	Configuración de Parámetros.....	57
3.16.	Ciclo de Operación	58
3.16.1.	Segmento 2: Control de la Práctica.....	58
3.17.	Práctica 5: Receta de Salsa de Mostaza	59
3.17.1.	Configuración de Parámetros.....	60
3.18.	Ciclo de Operación	61
3.18.1.	Segmento 2: Control de la Práctica.....	61
3.19.	Práctica 6: Sistema Automatizado de Tapado de Envases con Transporte Integrado 65	
3.19.1.	Diseño HMI de la Práctica.....	65
3.19.2.	Configuración de parámetros.....	66
3.19.3.	Ciclo de operación	66
3.19.4.	Segmento 3: Activación de salidas.....	68
3.20.	Maqueta Física del Sistema Automatizado de Tapado de Envases con Transporte Integrado	69
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		72
4.1.	Evaluación de los Resultados Obtenidos:	72

4.1.1. Práctica 1: Proceso de Secado de Levadura para Balanceado	72
4.2. Evaluación de los Resultados Obtenidos: Práctica 2: Sistema de Toma de Muestras en una Destilería de Alcohol	74
4.3. Evaluación de los Resultados Obtenidos: Práctica 3: Sistema de Llenado de Sacos de Pellets.....	76
4.4. Evaluación de los Resultados Obtenidos: Práctica 4: Sistema de Despacho de Alcohol.....	78
4.5. Evaluación de los Resultados Obtenidos: Práctica 5: Receta de Salsa de Mostaza	80
4.6. Evaluación de los Resultados Obtenidos: Práctica 6: Sistema Automatizado de Tapado de Envases con Transporte Integrado	82
Presupuesto	84
Conclusiones.....	85
Recomendaciones	86
Bibliografía	87
ANEXOS	90

INTRODUCCIÓN

El presente proyecto de titulación se enmarca en esta tendencia, con el desarrollo de un sistema de simulación de procesos industriales que abarca una serie de prácticas automatizadas orientadas a mejorar la producción en distintas áreas industriales. La Universidad Politécnica Salesiana, a través de su enfoque en la formación técnica-práctica, fomenta el uso de tecnologías de automatización avanzada en el ámbito académico, permitiendo que los estudiantes se enfrenten a escenarios industriales reales en un entorno controlado.

El proyecto propuesto abarca seis prácticas industriales que van desde el secado de levadura hasta el sellado de latas de pintura, todos controlados mediante PLC y supervisados a través de HMI. Cada una de estas prácticas refleja un proceso industrial, permitiendo a los estudiantes aplicar sus conocimientos en el diseño y programación de soluciones automatizadas. De esta manera, el proyecto no solo contribuye al desarrollo de habilidades técnicas específicas, sino que también prepara a los futuros ingenieros para enfrentar los desafíos que plantea la modernización de la industria.

El sistema desarrollado integra prácticas tales como el secado de levadura, donde se simula un proceso industrial de control de temperatura y tiempo; el despacho de alcohol, que automatiza la selección y dosificación del producto; y la preparación de salsa de mostaza, donde se controlan diferentes ingredientes para obtener una mezcla final.

La importancia de este proyecto radica en su capacidad para combinar la teoría y la práctica en un entorno académico, ofreciendo a los estudiantes la oportunidad de interactuar con sistemas de control reales y desarrollar soluciones que pueden ser aplicadas directamente en la industria. Así, este trabajo no solo busca mejorar las competencias técnicas de los estudiantes, sino también fortalecer su capacidad para resolver problemas complejos en el campo de la automatización industrial.

EL PROBLEMA

1.1.Descripción general del problema

En el mundo industrial actual, la demanda de profesionales con conocimientos y experiencia en electroneumática está en constante aumento. Las instituciones públicas y privadas que operan con máquinas controladas por sistemas de automatización buscan soluciones más eficientes y sostenibles, optando por la electroneumática que utiliza el aire como medio de acción para ahorrar energía.

Sin embargo, existe una brecha significativa entre la demanda de estas habilidades y la oferta de profesionales capacitados. A menudo, los recién graduados carecen de experiencia práctica en áreas clave como el arranque de motores, la automatización de procesos y la implementación de soluciones de especialidad.

Esta brecha se debe en parte a la falta de oportunidades de aprendizaje práctico en este campo. Aunque los conceptos teóricos son importantes, la verdadera comprensión y habilidad proviene de la aplicación práctica de estos conceptos en entornos realistas.

Por tanto, la problemática radica en la necesidad de diseñar y desarrollar un módulo de entrenamiento electroneumático que permita a los estudiantes adquirir experiencia práctica en la implementación de diversas aplicaciones industriales. Este módulo, destinado a ser utilizado en el Laboratorio de Sensores y Actuadores, tiene como objetivo proporcionar a los estudiantes las herramientas tecnológicas necesarias para implementar soluciones industriales electroneumáticas eficientes y escalables en el campo laboral.

1.2.Importancia y alcance

1.2.1. Importancia

Este proyecto es significativo porque contribuye a la formación de profesionales en electroneumática, un campo que está ganando presencia en el mundo industrial. La electroneumática surge como una solución eficiente y respetuosa con el medio ambiente en un contexto donde la eficiencia y la sostenibilidad se han convertido en pilares fundamentales, pues el uso del aire en sistemas automatizados reduce la dependencia de combustibles fósiles y reduce la huella de carbono industrial.

El proyecto es un gran avance educativo. Los estudiantes de ingeniería pueden interactuar con sistemas avanzados gracias a la implementación de módulos de entrenamiento con tecnología de punta, como la interfaz HMI y el PLC S7-1500. Esto les brinda una experiencia práctica que trasciende los límites tradicionales del aula. Este método práctico mejora la comprensión teórica y las habilidades técnicas necesarias para la industria actual.

1.2.2. Alcance

Este proyecto va más allá de las aulas universitarias. Para preparar a los estudiantes para enfrentar desafíos reales en entornos industriales, ofrece una formación práctica y detallada en electroneumática. En un mercado laboral que cada vez más exige conocimientos técnicos avanzados y capacidad de adaptación, la programación de PLC, el manejo de interfaces HMI y la comprensión de sistemas automatizados son fundamentales.

1.3.Justificación

La tendencia creciente en la industria hacia el uso de procesos neumáticos tradicionales resalta la necesidad de innovación y adaptación a las tecnologías emergentes. El aire da muchas ventajas y respeto por el medio ambiente, además de tener la capacidad de mover cargas más pesadas. Este cambio de los sistemas de accionamiento eléctrico a los sistemas neumáticos requiere una nueva generación de profesionales con habilidades y experiencia en estas tecnologías avanzadas.

Las industrias están en un proceso constante de actualización tecnológica, reemplazando parcialmente los sistemas de accionamiento eléctrico por sistemas neumáticos. Este módulo proporcionará una plataforma de aprendizaje práctico y realista para los estudiantes, equipándolos con las habilidades necesarias para navegar en esta nueva era industrial.

El módulo incluirá un PLC S7-1500, que estará conectado a una pantalla HMI a través de una comunicación Ethernet para facilitar la interacción con el usuario. Utilizando el software TIA PORTAL para programar el sistema, los estudiantes podrán ejecutar prácticas de laboratorio con elementos de accionamiento neumático, interruptores de fin de carrera, válvulas de paso y más.

Este enfoque práctico permitirá a los estudiantes entender y recrear los procesos automáticos que se utilizan actualmente en la industria. En última instancia, este proyecto ayudará a formar profesionales altamente capacitados y preparados para enfrentar los desafíos y demandas de la industria moderna.

1.4.Delimitación

- **Delimitación temporal:** Tiempo máximo de desarrollo: seis meses.
- **Delimitación espacial:** Fundamentalmente el Laboratorio de Sensores y Actuadores, en el edificio bloque “E” de la Universidad.
- **Delimitación académica:** Tiene como referencia lo aprendido en las materias de Controles Industriales y Automatización.

1.5.Objetivos

Se plantean los objetivos del proyecto tanto general como específicos detallados a continuación:

1.5.1. Objetivo General

- Diseñar e integrar un módulo de entrenamiento para prácticas de Producción Industrial Electroneumática con PLC S7-1500 y Pantalla táctil HMI.

1.5.2. Objetivos Específicos

- Diseñar un sistema de control que incluya los sensores y actuadores, además de indicadores necesarios para el funcionamiento eficiente del módulo didáctico.
- Esquematizar el sistema de soportes de montaje requerido para la implementación de los diversos equipos electrónicos que se utilizarán en las prácticas.
- Crear e implementar 6 prácticas industriales en el módulo de entrenamiento, las cuales serán previamente simuladas mediante software.
- Desarrollar una maqueta didáctica de un proceso industrial que permita implementar el sistema de control de forma demostrativa.

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

El marco teórico referencial proporciona una base sólida para la realización de este proyecto, ofreciendo una visión profunda y detallada de los conceptos, principios y tecnologías clave que se aplicarán durante su desarrollo.

Este marco abarca desde los sistemas electroneumáticos, pasando por los controladores lógicos programables (PLCs) y las interfaces hombre-máquina (HMIs), hasta los sistemas de control supervisado y adquisición de datos (SCADA). Además, se explorará la importancia de las prácticas industriales en el campo de la electroneumática.

A través de este marco teórico referencial, se busca no sólo proporcionar un fundamento para el proyecto, sino también destacar la relevancia y el impacto potencial de este trabajo en el campo de la electroneumática y la automatización industrial.

2.1. Antecedentes

En la era actual, caracterizada por una evolución tecnológica sin precedentes, la educación y formación práctica en sistemas industriales se han vuelto fundamental para el desarrollo de profesionales altamente capacitados. En este escenario, el aprendizaje práctico y la interacción directa con tecnologías de vanguardia se convierten en un pilar fundamental.

Los laboratorios equipados con tecnología avanzada se han convertido en espacios cruciales para la formación. En ellos, los estudiantes pueden elaborar y ejecutar elementos de diseño relacionados con entrenamientos didácticos, especialmente en áreas como el Laboratorio de Sensores y Actuadores. Esta experiencia práctica, les da un paso importante a los estudiantes no solo adquirir conocimientos teóricos, incluso también de perfeccionar habilidades prácticas esenciales en procesos industriales.

El objetivo es formar profesionales que no solo comprendan los conceptos fundamentales de los sistemas industriales, sino que también estén preparados para aplicar estos conocimientos en entornos reales. Este enfoque en la educación práctica y orientada a la

tecnología es esencial para preparar a los futuros profesionales para las demandas de una industria en constante evolución.

2.2.Sistemas Electroneumáticos

Los sistemas electroneumáticos son una combinación ingeniosa de las tecnologías neumática y eléctrica, creando un sistema híbrido que utiliza la electricidad como medio de señalización y control, y el aire comprimido como medio de trabajo.

En términos más detallados, estos sistemas se aprovechan de la precisión y eficiencia de la tecnología eléctrica para la transmisión y gestión de las señales de control, lo cual implica que las instrucciones para las operaciones a realizar son generadas y transmitidas eléctricamente, lo que permite precisión y control sobre el sistema. (JOEL, 2022)

Por otro lado, el aire comprimido se utiliza como el medio para realizar el trabajo mecánico. La tecnología neumática, que implica el uso de aire comprimido para generar movimiento o fuerza, es conocida por su seguridad, confiabilidad y eficiencia energética. En un sistema electroneumático, los componentes neumáticos son controlados por señales eléctricas para realizar diversas tareas, como mover un pistón, inflar un globo o controlar la presión en un sistema.

Todo ello implica que los sistemas electroneumáticos combinan lo mejor de ambas tecnologías. La electricidad proporciona un control preciso y eficiente, mientras que el aire comprimido ofrece una forma segura y confiable de realizar trabajo mecánico. Esta combinación hace que los sistemas electroneumáticos sean extremadamente versátiles y ampliamente utilizados en una variedad de aplicaciones industriales.

2.3. Componentes y funcionamiento

Los sistemas electroneumáticos combinan el control eléctrico y neumático, lo que ofrece un método integrado de automatización. Los fundamentos de estos sistemas se describen en un artículo académico de 2023 en AIP Conference Proceedings. Los componentes comunes incluyen cilindros, válvulas, actuadores, sensores y PLC, que funciona como el corazón del sistema interpretando señales electrónicas y realizando acciones neumáticas. El funcionamiento de un sistema electroneumático comienza con una señal de control electrónica, que puede provenir de un sensor o una entrada manual a través de una interfaz HMI. Esta señal es interpretada por el PLC, que a su vez ajusta la presión y el flujo de aire mediante un regulador de presión electroneumático. Los actuadores neumáticos, como los cilindros de simple y doble efecto, realizan entonces la acción mecánica deseada, como mover un componente o activar un proceso.

Los reguladores de presión electroneumáticos modernos, según un artículo de Fluid Handling Pro, son altamente precisos y capaces de ajustes automáticos para conservar energía. Estos dispositivos reciben señales de control y pueden ajustar dinámicamente las válvulas internas para responder a las necesidades específicas de la aplicación, optimizando el uso del aire comprimido y evitando el desperdicio. (Proportion-Air, Inc, 2021)

2.4. Principios de Funcionamiento de Controladores Lógicos Programables (PLC)

Los Controladores Lógicos Programables (PLC) son dispositivos electrónicos utilizados en la automatización industrial para controlar maquinaria y procesos. Operan bajo una serie de principios fundamentales que permiten su funcionalidad y versatilidad.

En primer lugar, los PLCs reciben información de los dispositivos de entrada conectados, como sensores y switches. Esta información se procesa según la lógica de programación almacenada en la memoria del PLC.

Posteriormente, el PLC desencadena señales de salida y así controlar diversos dispositivos, tales como válvulas, motores, actuadores, entre otros. Estas señales se basan en la lógica

de programación y en los datos de entrada, permitiendo al PLC controlar una amplia gama de operaciones industriales.

Un ejemplo destacado de un PLC avanzado es el Siemens S7-1500, el cual se muestra en la Figura 1. Este autómata no solo ofrece una programación versátil y flexible, sino que también facilita la integración y comunicación en redes maestro-esclavo. Esto implica que el S7-1500 puede conectarse y operar en conjunto con otros dispositivos o sistemas esclavos, lo que le permite gestionar operaciones complejas y coordinadas dentro de un entorno de automatización industrial.

Figura 1.

Marca: Siemens; modelo: PLC S7-1500.



Esta capacidad de interconexión mejora la eficiencia y la coordinación en los procesos industriales, haciendo del S7-1500 una opción popular en la automatización industrial.

2.5. Interfaz Hombre-Máquina (HMI)

Se utilizará una pantalla HMI (Interfaz Hombre-Máquina) de la línea SIMATIC de Siemens, que actúa como el puente de comunicación entre los operadores humanos y la maquinaria en un ambiente industrial. El modelo específico elegido para este propósito es el KTP700 Basic PN. Este dispositivo HMI (ver figura 2) destaca por sus características sobresalientes. Posee una TFT (pantalla) de 7 pulgadas , la misma que dispone de una resolución de 800 x 480 píxeles, lo que garantiza una visualización de alta calidad con una amplia gama de colores, exactamente 65536. Esto permite una representación gráfica detallada y clara de los procesos, facilitando la interpretación y el monitoreo por parte del operador.

Figura 2.

Marca: Siemens; Modelo: Pantalla HMI KTP700.



Además, la pantalla del KTP700 (Siemens SIMATIC HMI) Basic PN es táctil, proporcionando una interacción intuitiva y eficiente con el sistema. Para aumentar aún más su versatilidad, este modelo de HMI cuenta con 8 botones personalizables en su parte inferior, ofreciendo mayor flexibilidad en el control y supervisión de los procesos industriales.

2.6.Lenguaje de Programación Escalera

Es un lenguaje de programación gráfica ampliamente utilizado en los métodos de Automatización Industrial. Este lenguaje se caracteriza por su fácil adaptabilidad para el usuario, debido a su sistema fundamentado en esquemas de electricidad de control tradicionales, similares a los circuitos de relés.

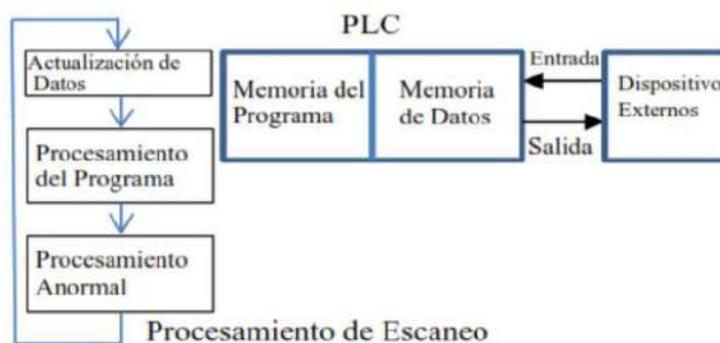
La estructura de una sección en lenguaje escalera se asemeja a un circuito de conmutadores de relé. El lado izquierdo del editor se equipará a la barra de alimentación (equivalente al conductor L en un circuito eléctrico), a la cual se conectan diversos elementos del lenguaje Ladder, como contactos y bobinas. Por otro lado, la barra de alimentación derecha se encuentra en el extremo opuesto, y es aquí donde se conectan las bobinas y las salidas FFB, ya sea de manera directa o indirecta. Esta disposición permite establecer un flujo de corriente y ejecutar las operaciones lógicas necesarias para el control de un sistema (Delgado Prieto, 2021).

El uso del lenguaje Ladder se justifica principalmente por su capacidad para representar de manera clara y directa las secuencias lógicas derivadas de los relés, así como por la facilidad que ofrece para la inclusión de interlocks mediante contactos normalmente cerrados. Estos contactos se utilizan comúnmente en programas de seguridad, ya que permiten detener de inmediato un sistema cuando se detecta una condición anómala, como lo establece la norma IEC 61131-3 (Miyazawa, 2021).

La complejidad de los sistemas industriales ha incrementado los riesgos asociados a la programación en Ladder, especialmente en aplicaciones de seguridad. A pesar de estas desventajas, el lenguaje Ladder sigue siendo una opción preferida para el desarrollo de programas de control en situaciones donde la seguridad es básica tal como se visualiza en la figura 3.

Figura 3.

Arquitectura típica y proceso de escaneo en un PLC (Miyazawa, 2021).



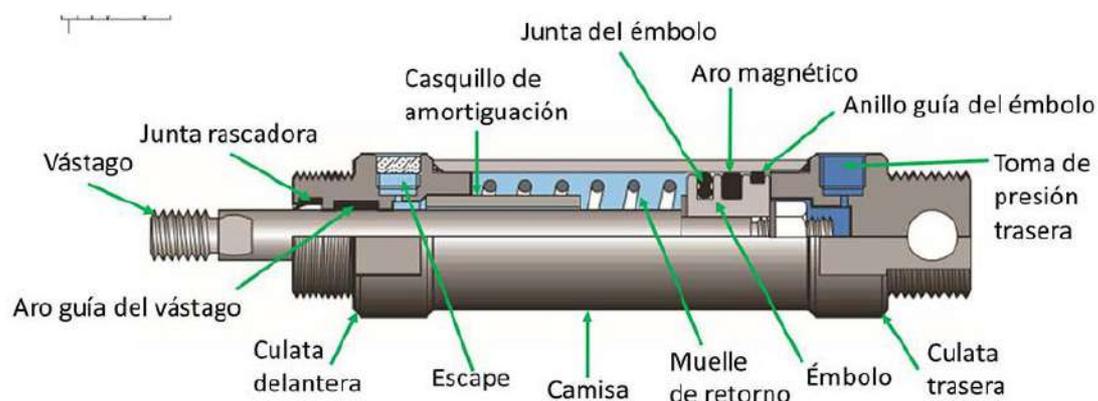
2.7. Cilindros neumáticos

Un cilindro neumático convierte la energía del aire comprimido en movimiento lineal. Este dispositivo consta de una estructura cilíndrica robusta que contiene un tubo interno por donde se desplaza el émbolo, el cual divide el interior del cilindro en dos cámaras. Cuando el aire prensado se introduce en la cámara posterior, el émbolo y el vástago se desplazan hacia adelante, provocando una carrera de avance. De manera similar, si la presión se aplica en la cámara delantera, el vástago se retrae, realizando una carrera de retroceso. Existen

dos tipos principales de cilindros neumáticos, clasificados según el método de retroceso del vástago: los de simple efecto y los de doble efecto. En la Figura 4 se pueden observar las diferentes partes que componen un cilindro neumático de simple efecto.

Figura 4.

Partes de cilindro neumático de simple efecto (Guzmán, 2022).



Según un informe reciente, los cilindros neumáticos siguen siendo parte esencial en la industria de la automatización debido a su capacidad para ofrecer un control de movimiento eficiente y fiable. Además, se espera que la demanda de estos dispositivos crezca significativamente en los próximos años, impulsada por avances tecnológicos y la expansión de la automatización en su diversidad industrial como la automotriz y la manufacturera (Quynh & Tung, 2023).

2.7.1. Cilindro simple efecto

Un cilindro de simple efecto (ver figura 5) es un tipo de actuador neumático diseñado para realizar trabajo en una sola dirección. Este tipo de cilindro utiliza aire comprimido para extender el vástago y generar movimiento en una dirección específica. La retracción del vástago se logra mediante un resorte interno o por la fuerza externa aplicada al sistema. En términos de diseño, el cilindro de simple efecto tiene una sola cámara donde se introduce el aire comprimido para impulsar el vástago hacia adelante. Al liberar la presión, el resorte integrado (o una fuerza externa) devuelve el vástago a su posición original. (Yin, 2020)

Figura 5.

Cilindro de simple efecto. (Disumtec , 2024).



2.7.2. Cilindro de doble efecto

Los cilindros de doble efecto tienen la capacidad de realizar trabajo útil en ambas direcciones. Esto significa que pueden generar fuerza en su movimiento de avance como en el retroceso. Esta característica los distingue y amplía su utilidad en diversas aplicaciones industriales. (Hernández Mancipe & Blanco Vera, 2019).

Los cilindros de doble efecto son dispositivos neumáticos diseñados para realizar trabajo útil en ambas direcciones, lo que significa que pueden generar fuerza tanto durante el avance como en el retroceso del vástago. A diferencia de los cilindros de efecto simple, que dependen de un resorte para el retorno del vástago, los cilindros de doble efecto utilizan aire comprimido para controlar tanto la extensión como la retracción. Este control bidireccional se logra mediante la aplicación alternada de presión en dos cámaras separadas dentro del cilindro (Duțu, Axinte, Maican, Nuțu, & Diaconu, 2022).

La versatilidad de los cilindros de doble efecto es ideal para una amplia variación de aplicaciones industriales, como en maquinaria de ensamblaje, sistemas de transporte, y automatización de procesos. En la Figura 6 se presenta un esquema detallado de un cilindro de doble efecto. La ilustración muestra las partes internas, incluyendo las cámaras de presión y el vástago, permitiendo visualizar cómo la presión del aire se aplica

alternadamente en ambas cámaras para lograr el movimiento bidireccional (Duțu, Axinte, Maican, Nuțu, & Diaconu, 2022).

Figura 6.

Cilindro doble efecto (Adajusa, 2021).



2.8.Electroválvula 5/2

La válvula solenoide es un factor esencial en sistemas neumáticos o eléctricos, y se caracteriza por su capacidad de accionamiento que puede ser tanto neumático como eléctrico, dependiendo del tipo de válvula. Estas válvulas pueden ser monoestables o biestables, lo que significa que pueden mantener su posición de reposo o cambiar entre dos estados estables. Su versatilidad permite un montaje individual o en configuraciones múltiples, dependiendo de los requisitos del sistema, y se alimentan a través de fuentes neumáticas o eléctricas.

En el proyecto, se ha seleccionado una electroválvula 5/2 de la marca JELPC, la cual se caracteriza por tener cinco vías y dos posiciones, permitiendo un control eficiente del flujo de aire en aplicaciones neumáticas complejas. Esta válvula es ideal para aplicaciones donde se requiere un cambio rápido y fiable entre dos estados operativos, y su implementación se logra observar en la figura 7.

Figura 7.

Electroválvula 5/2 (Schultz Automatización e Ingeniería, 2024).



2.9.Racores

Los racores, son conectores de acople rápido diseñados para facilitar la conexión y desconexión de mangueras por donde circulan fluidos, garantizando una unión segura y sin fugas. Se fabrican según la norma NPT (Tubería Cónica Nacional), que especifica el tipo de roscado adecuado para diversas aplicaciones. Los racores (ver figura 8) están disponibles en múltiples tamaños estándar, como 1/8, 1/4, 3/8 y 1/2 pulgadas, y en varias configuraciones, incluyendo formas cortas, rectas, y en Y o T (Xiao, Meng, Lai, Wang, & She, 2024).

Figura 8.

Racores neumáticos (Pneumatic Solution LTDA, 2023)



MARCO METODOLÓGICO

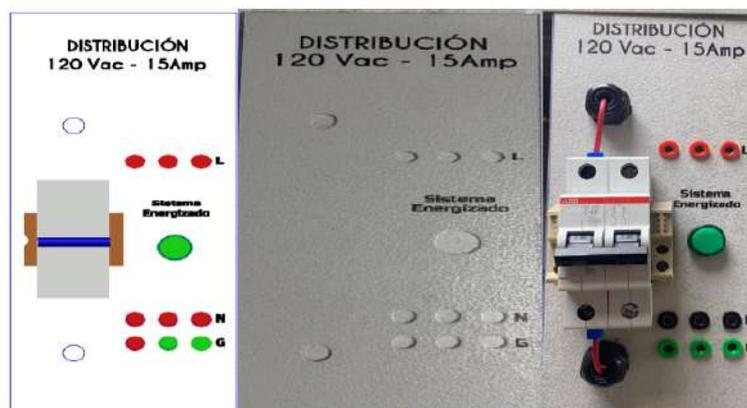
3.1. Diseño de láminas - módulo de entrenamiento

3.1.1. Lamina de Distribución 120 VAC

El proceso inicia con el diseño en AutoCAD, donde se realiza una representación en 2D de la lámina de distribución. En esta fase, se define la ubicación precisa de cada componente, las perforaciones necesarias y el espacio para la instalación de elementos como el disyuntor, borneras y luces piloto. Es fundamental asegurar que todos los elementos estén correctamente posicionados para facilitar la implementación posterior. Este diseño no solo actúa como guía para la fabricación, sino que también garantiza que se cumplan todas las especificaciones técnicas requeridas, como se muestra claramente en la Figura 9.

Figura 9.

Lamina de Distribución 120VAC.



Tras la finalización del diseño, la lámina se fabrica utilizando aluminio de 3 mm de espesor, seleccionado por su durabilidad y resistencia en entornos industriales. La lámina es pintada al horno con pintura electrostática, esto proporciona la capa adicional de protección contra la corrosión y asegura un acabado duradero y de alta calidad. Se instala un disyuntor EBASEE de 2 polos y 20 amperios, que protege el sistema contra cortocircuitos y

sobrecargas. El cableado se conecta mediante prensaestopas que garantizan la seguridad de las conexiones. Además, la lámina incluye una luz piloto verde que indica la energización del módulo.

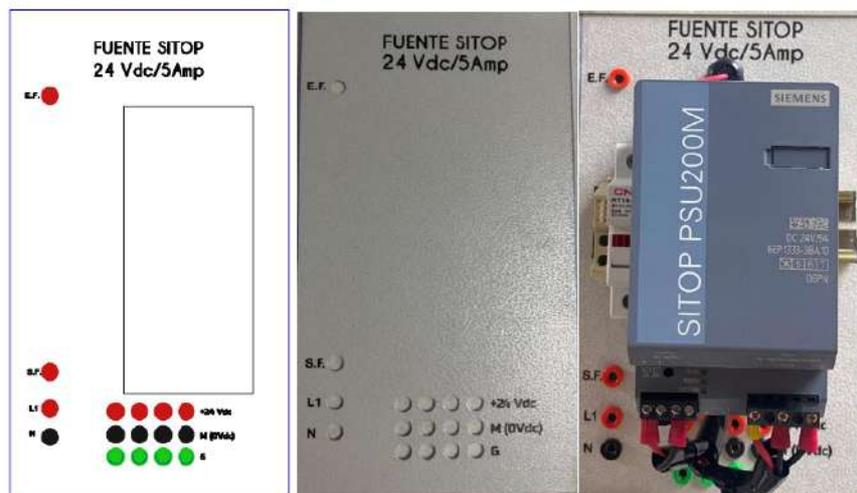
3.1.2. Lámina - Fuente SITOP

El diseño e implementación de la primera lámina del módulo de entrenamiento sigue un proceso detallado que comienza desde su diseño inicial hasta su montaje final. A continuación, se describe cada etapa del proceso.

El proceso inicia con el diseño en AutoCAD, donde se realiza una representación en 2D de la lámina. En esta fase, se define la ubicación de cada componente, perforación y espacio necesario para el riel DIN y otros accesorios. Se debe asegurar que todos los elementos encajen perfectamente durante la implementación. Este diseño no solo sirve como plano para la fabricación, sino que también garantiza que se cumplan todas las especificaciones técnicas necesarias, como se puede observar en la Figura 10.

Figura 10.

Diseño lamina de fuente SITOP.



Tras la finalización del diseño, la lámina se imprime en aluminio de 3 mm de espesor. Este material es elegido por su resistencia y capacidad para soportar condiciones industriales

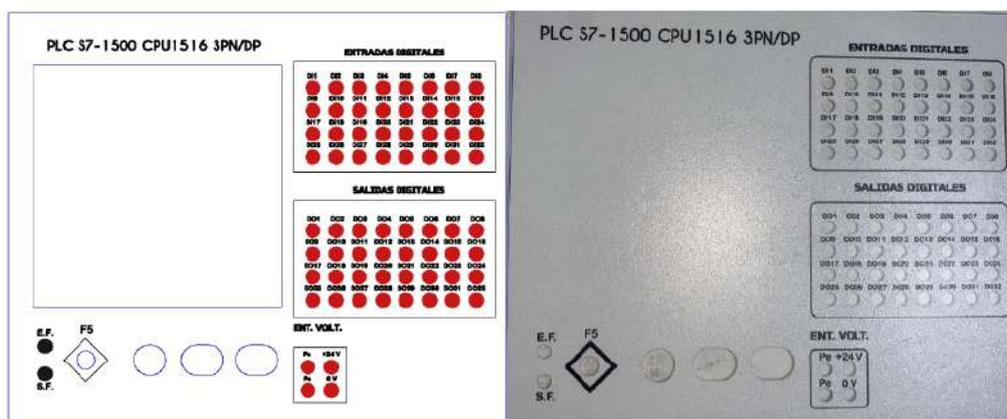
exigentes. La lámina se pinta al horno con pintura electrostática, lo que le confiere una protección adicional contra la corrosión y asegura un acabado duradero. Se monta el modelo PSU200M de 24 VDC de Fuente Sitop, que es realmente el encargado de convertir esta corriente alterna en voltaje continuo, protegiendo así al PLC S7-1500. Además, se instala un fusible de protección de 2A en una base porta fusible de 10x38 mm, ubicado en el lateral izquierdo para facilitar su acceso y mantenimiento.

3.1.3. Lámina de PLC S7-1516 3PN/DP

El proceso de implementación de la lámina para el PLC S7-1500 CPU1516 3PN/DP comienza con el diseño en AutoCAD. En este diseño 2D, se detallan todas las perforaciones necesarias para la correcta instalación del PLC, las borneras para las entradas y salidas digitales, así como los puntos de conexión de voltaje. Es fundamental que cada elemento esté colocado con precisión para asegurar una integración perfecta durante la fase de ensamblaje. El diseño también incluye la ubicación de indicadores LED y conectores, como se expone en la Figura 11.

Figura 11

Diseño lamina de PLC S7-1516 3PN/DP.



Finalmente en el diseño, se procede a la fabricación de la lámina en aluminio de 3 mm de espesor, un material que ofrece resistencia y durabilidad, especialmente en entornos industriales. Esta lámina es pintada al horno con pintura electrostática, lo que le

proporciona una protección adicional contra la corrosión, garantizando así su longevidad y un acabado profesional.

La fase final consiste en la implementación del PLC y los componentes asociados en la lámina. Se instala el PLC S7-1500 CPU1516 3PN/DP, que cuenta con características avanzadas como un procesador de alta velocidad, capacidad para manejar múltiples protocolos de comunicación (Profinet y Profibus), y opciones de expansión modular.

Las entradas y salidas digitales se conectan por medio de borneras especialmente diseñadas para facilitar la conexión y el mantenimiento. El PLC se alimenta mediante un conector de voltaje de 24V, con indicadores LED que permiten una rápida verificación del estado del sistema. Todo esto se organiza de manera ordenada y eficiente, como se puede observar en la Figura 12.

Figura 12.

Lamina implementada de PLC.



3.1.4. Lamina Pantalla HMI KTP 700

El proceso de implementación de la lámina para la pantalla HMI comienza con el diseño en AutoCAD. En este diseño 2D, se definen las dimensiones y ubicaciones de todos los componentes necesarios para la instalación, incluyendo el espacio para la pantalla HMI, las perforaciones para las borneras de entrada y salida, y el puerto Ethernet. Este diseño se debe realizar con precisión para asegurar que la pantalla y los demás elementos encajen correctamente durante la instalación.

Figura 13.

Diseño pantalla HMI.



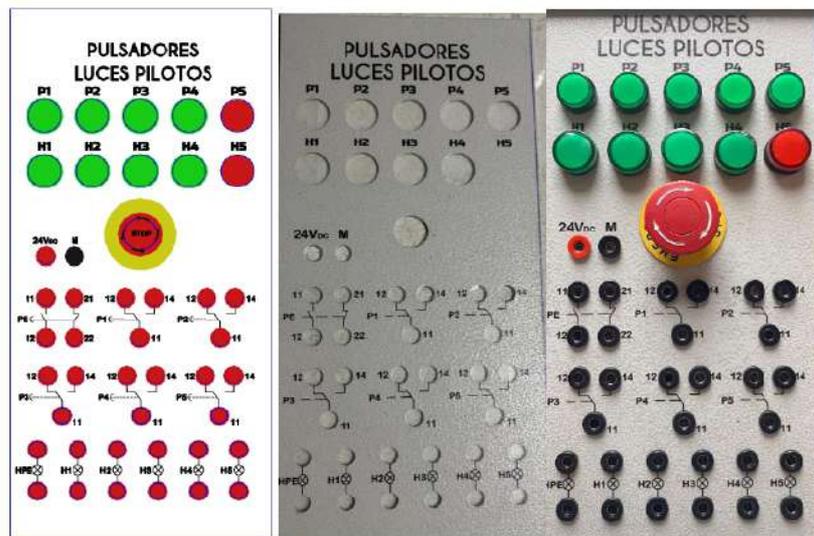
Tras la finalización del diseño, la lámina se fabrica en aluminio de 3 mm de espesor, un material elegido por su durabilidad y resistencia en entornos industriales. Esta lámina es pintada al horno con pintura electrostática, lo que le proporciona una protección adicional contra la corrosión, asegurando un acabado de alta calidad y longevidad. Esta pantalla sirve para la visualización y control de las prácticas propuestas, permitiendo al usuario monitorizar y analizar el comportamiento del sistema en tiempo real. La lámina también incluye un fusible de protección de 0,5A, que se inserta en un puerto roscable ubicado en la parte inferior, junto a las borneras de entrada y salida del fusible.

3.1.5. Lamina de pulsadores y luces piloto

El proceso de implementación de la lámina para los pulsadores y luces piloto comienza con el diseño en AutoCAD. En este diseño 2D, se especifican las posiciones de los cinco pulsadores, identificados como P1 a P5, y de las cinco luces piloto, identificadas como H1 a H5. Cuatro de los pulsadores son de color verde y uno es rojo, al igual que las luces piloto. Además, se define la ubicación del pulsador de emergencia de 14 mm, situado en la parte inferior de los elementos indicadores. Este diseño asegura que incluso los componentes sean correctamente alineados y espaciados para su fácil operación e instalación, como se puede observar en la Figura 14.

Figura 14.

Diseño lamina luces piloto.



Una vez finalizado el diseño en AutoCAD, se procede a la fabricación de la lámina utilizando aluminio de 3 mm de espesor. Este material ha sido cuidadosamente seleccionado por su alta resistencia y durabilidad, características fundamentales para garantizar la integridad de la lámina en entornos industriales exigentes. El aluminio no solo es resistente a la corrosión, sino que también proporciona una estructura robusta que puede soportar las vibraciones y el desgaste mecánico que suelen ocurrir en aplicaciones industriales. Este proceso de fabricación avanzado garantiza que la lámina esté completamente preparada para albergar los componentes eléctricos y mecánicos,

ejecutando los altos protocolos de seguridad y eficiencia que exige un entorno de aprendizaje técnico. Los cinco pulsadores y las cinco luces piloto se conectan a un sistema de contactos conmutados tal como se ve en la figura 15, lo que permite su correcta operación. Los pulsadores verdes y las luces piloto verdes indican estados operativos normales, mientras que el pulsador rojo y la luz piloto roja se utilizan para situaciones de alerta o emergencia. El pulsador de emergencia está estratégicamente colocado para ser fácilmente accesible en caso de fallo del sistema. Todos estos elementos funcionan a una tensión de 24VDC, asegurando una acción segura y eficiente.

Figura 15.

Lamina de Pulsadores y luces pilotos.



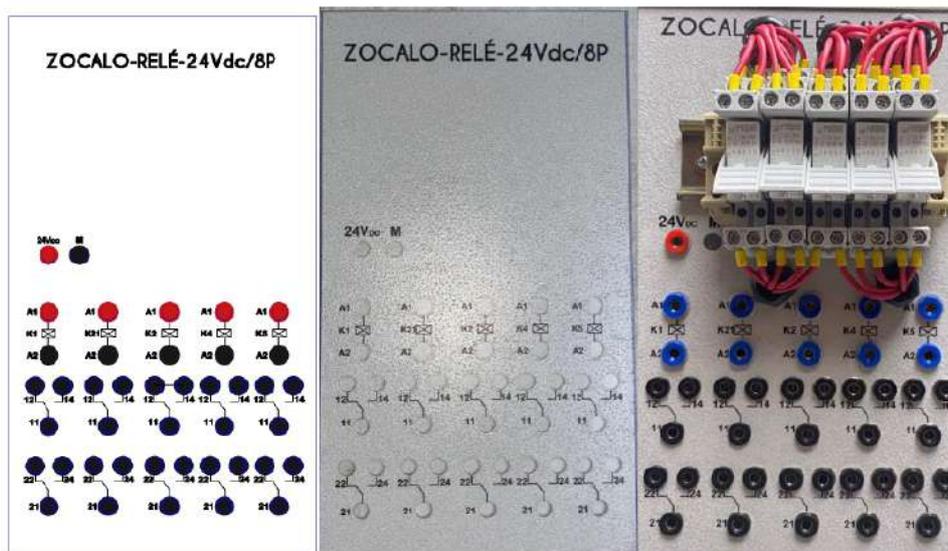
3.1.6. Lamina de Zocalo-Relé-24V

El proceso de implementación de la lámina para el zócalo de relé de 24Vdc/8P comienza con el diseño en AutoCAD. En este diseño 2D, se especifican las posiciones exactas para las conexiones de los relés, las borneras para la entrada de 24Vdc, y los contactos asociados (A1, A2, K1, K2, etc.). Es crucial que el diseño se realice con la mayor precisión para asegurar que todas las conexiones se alineen perfectamente durante la instalación, facilitando así un montaje ordenado y eficiente. Este diseño actúa como una guía esencial

para la fabricación de la lámina, garantizando que se cumplan todas las especificaciones técnicas requeridas, como se puede ilustrar en la Figura 16.

Figura 16.

Diseño lamina zócalo relé 24Vdc.



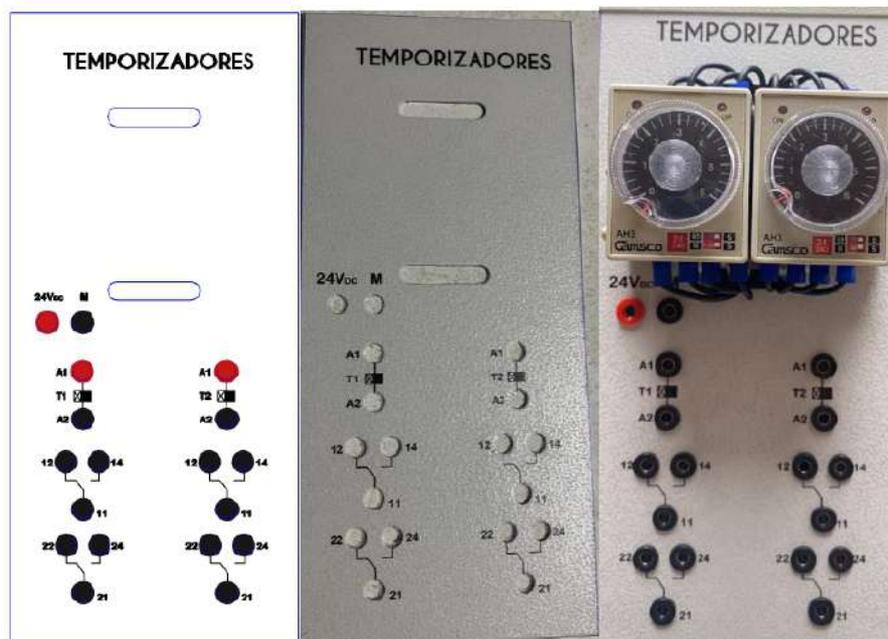
Finalizado el diseño, da continuidad a la fabricación de la lámina utilizando aluminio de 3 mm de espesor, un material seleccionado por su alta resistencia y durabilidad en entornos industriales. Este tipo de material no solo soporta bien las exigencias físicas, esta también provee una base sólida para las conexiones eléctricas, asegurando que todas las conexiones sean firmes y seguras. Para mejorar su resistencia a la corrosión y garantizar un acabado estético duradero, la lámina se somete a un proceso de pintado al horno con pintura electrostática. Este tratamiento proporciona una capa protectora que prolonga la vida útil de la lámina, manteniendo su apariencia y funcionalidad a lo largo del tiempo.

3.1.7. Lamina de Temporizadores

El proceso de implementación de la lámina para temporizadores comienza con la elaboración de un diseño detallado en AutoCAD. En este diseño 2D, se especifican las ubicaciones exactas para los temporizadores, así como para las borneras de conexión, asegurando que todos los elementos necesarios estén claramente delineados. Se presta especial atención a la disposición de las perforaciones, no solo para los puntos de conexión eléctrica, sino también para los montajes de los temporizadores y la ventilación, permitiendo una instalación que mantenga el equipo en condiciones óptimas durante su funcionamiento. Las perforaciones se planifican con precisión para garantizar que los temporizadores encajen perfectamente, evitando cualquier desajuste que pudiera comprometer el sistema. Además, el diseño incluye consideraciones para la disposición del cableado, asegurando un recorrido ordenado y seguro, lo cual es visible en la Figura 17.

Figura 17.

Diseño de lámina de temporizadores.



Se utilizan conectores robustos que garantizan la estabilidad de las conexiones, minimizando el riesgo de fallos eléctricos. Además, las borneras están claramente etiquetadas, lo que facilita la instalación inicial y el mantenimiento a lo largo del tiempo.

3.2.Desarrollo del proyecto en el software TIA PORTAL.

3.2.1. Creación de un Proyecto en TIA Portal

Procedimiento para iniciar un Nuevo Proyecto

- Apertura del software TIA Portal:

Acceda al software TIA Portal a través del escritorio o del menú de inicio de su equipo.

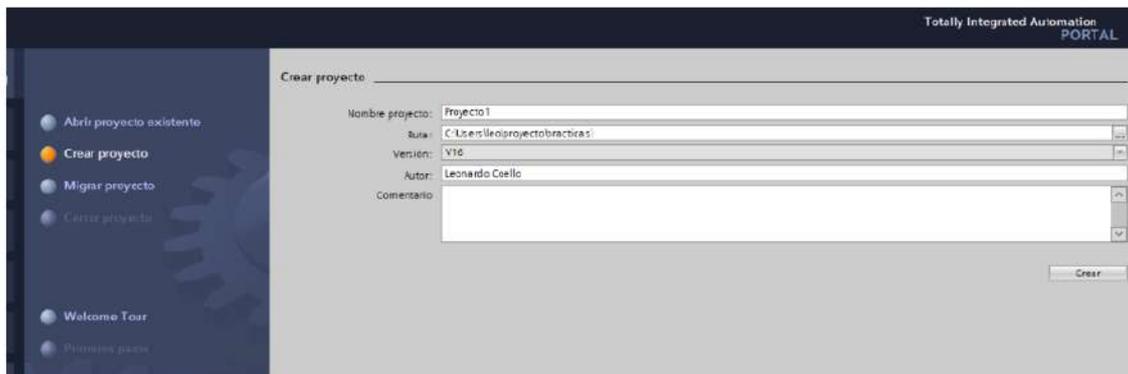
- Creación del Proyecto:

En la pantalla inicial del software, seleccione la opción "Crear nuevo proyecto", como se ilustra en la figura correspondiente.

- Posteriormente, ingrese el nombre del proyecto en el campo denominado "Nombre del proyecto" y proceda a hacer clic en "Crear", tal como se observa en la figura 18.

Figura 18.

Creación de un nuevo proyecto.



3.2.2. Configuración de Hardware

Procedimiento para Agregar un PLC

- Añadir un nuevo dispositivo:

Desde el panel denominado "Árbol del proyecto", seleccione la opción "Agregar nuevo dispositivo".

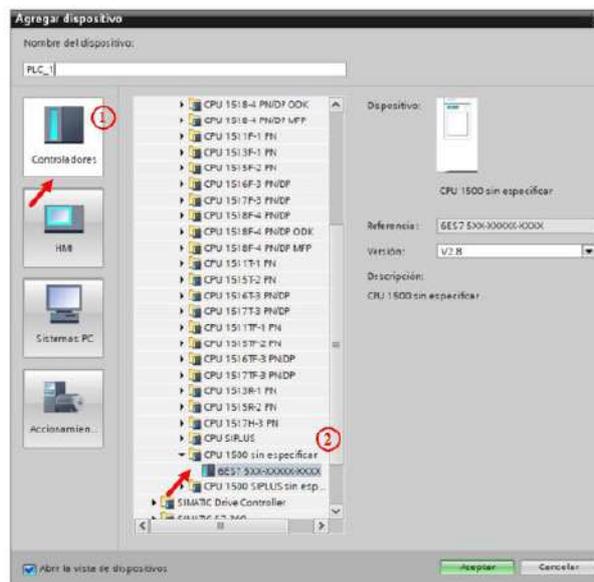
- Selección del controlador:

Acceda al apartado de Controladores y elija la familia de PLC correspondiente, como, por ejemplo, la serie S7-1500. En la figura 19 se ilustra la opción que puede seleccionarse en caso de desconocer el modelo específico del CPU del PLC.

- Finalmente, confirme la operación haciendo clic en el botón "Aceptar".

Figura 19.

Como agregar un dispositivo.



3.2.3. Configuración PLC

Procedimiento para Configurar el PLC

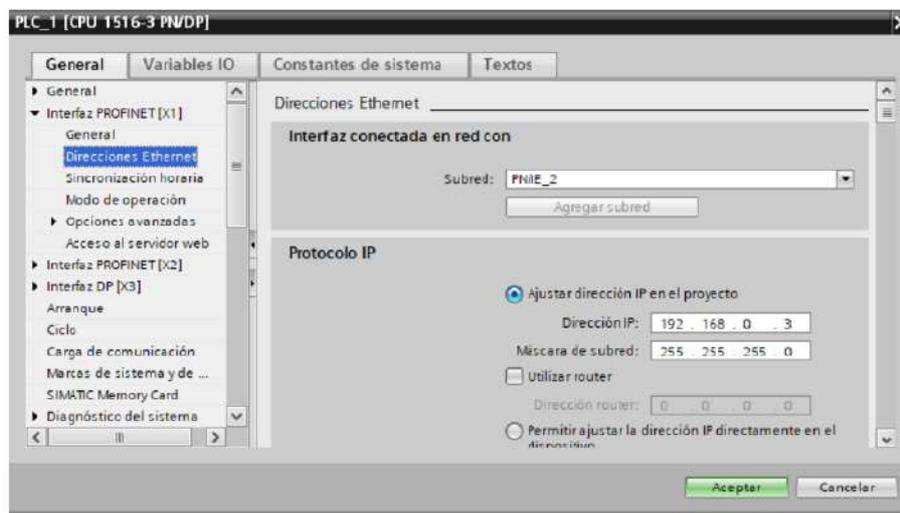
Una vez añadido el PLC al proyecto, proceda a configurar sus propiedades, tales como el nombre del dispositivo y la dirección IP, entre otros parámetros.

Tal como se muestra en la figura 20, es fundamental asegurarse de asignar correctamente la dirección IP para garantizar una adecuada comunicación en la red.

Aquí tienes la versión con un estilo más formal y estructurado:

Figura 20.

Configuración direccionamiento IP.



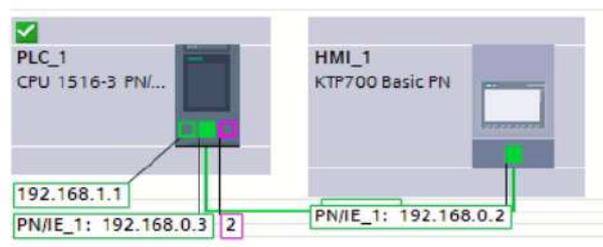
3.2.1. Configuración de red PLC-HMI

La configuración de red entre un PLC y una HMI es un proceso técnico que garantiza la comunicación efectiva entre estos dispositivos en un entorno industrial. Este procedimiento permite que el PLC, encargado de controlar los procesos, se conecte con la HMI, desde donde se supervisa y se interactúa con el sistema.

Para establecer la conexión de red, primero se debe asignar una dirección IP única a cada dispositivo dentro de la misma subred. En este caso, el PLC S7-1500 CPU 1516-3 PN/DP se ha configurado con la dirección IP 192.168.0.1, y la HMI KTP700 Basic con 192.168.0.2. La figura 21 muestra las direcciones IP que permiten que ambos dispositivos se identifiquen y comuniquen entre sí dentro de la red local.

Figura 21.

Red Local de PLC.



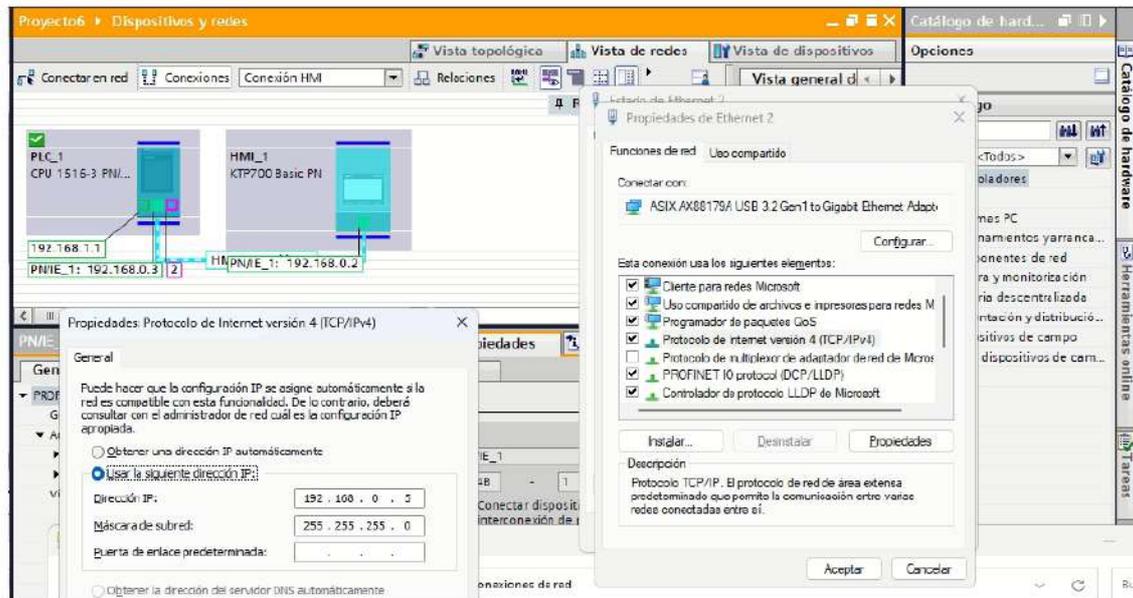
Se ha utilizado el protocolo Profinet para la comunicación entre el PLC y la HMI. Profinet es un estándar de red basado en Ethernet diseñado específicamente para aplicaciones industriales, proporcionando una comunicación rápida y confiable. Este protocolo asegura que sean transmitidos todos los datos de manera eficiente, permitiendo una supervisión y control en tiempo real de los procesos.

Para asegurar que la comunicación tanto en el PLC como en la HMI funcione correctamente, es necesario que el adaptador de red del PC esté configurado dentro de la misma red que los dispositivos. Esto garantiza que el PC pueda comunicarse con ambos equipos sin problemas, ya que garantiza que todos los dispositivos de la red estén visibles y tengan conectividad entre ellos, Es decir si se hace una prueba de conexión con el comando PING apuntando a uno de los dispositivos, este debe visualizarse.

Para configurar el adaptador de red, se debe acceder a las Propiedades del protocolo TCP/IPv4 en la configuración del adaptador de red del PC. Aquí, manualmente se ingresa la dirección IP y la máscara correcta de subred. Es importante verificar que no haya otra configuración de red que interfiera con esta conexión.

Figura 22.

Conectividad entre adaptador de red y PLC.



3.2.2. Agregar Módulos de Entrada/Salida (I/O):

Procedimiento para Completar la Configuración del PLC

Para finalizar la configuración del PLC, es indispensable agregar los módulos de entrada y salida (I/O), los cuales permiten la interacción con los dispositivos del sistema.

➤ Selección del PLC:

Acceda al Árbol del proyecto en el entorno de TIA Portal y seleccione el PLC previamente configurado.

➤ Incorporación de módulos I/O:

Proceda a agregar los módulos de entrada y salida necesarios. Estos módulos son fundamentales para conectar sensores, actuadores y otros dispositivos que interactúan con el sistema de control.

➤ Verificación de la configuración:

Tal como se ilustra en la figura 23, asegúrese de que el PLC ha sido configurado con los módulos I/O correspondientes.

Al completar este proceso, el PLC estará preparado para gestionar las señales provenientes de los dispositivos físicos conectados al sistema.

Figura 23.

Módulos Entrada/Salida.



La disposición de los módulos de entrada y salida conectados al PLC S7-1500, donde se puede visualizar los diferentes módulos configurados con sus respectivas direcciones, permitiendo una integración completa dentro del entorno de automatización.

Esta configuración asegura que el sistema pueda procesar las señales de entrada y generar las señales de salida necesarias, integrando todos los elementos de control en un solo entorno.

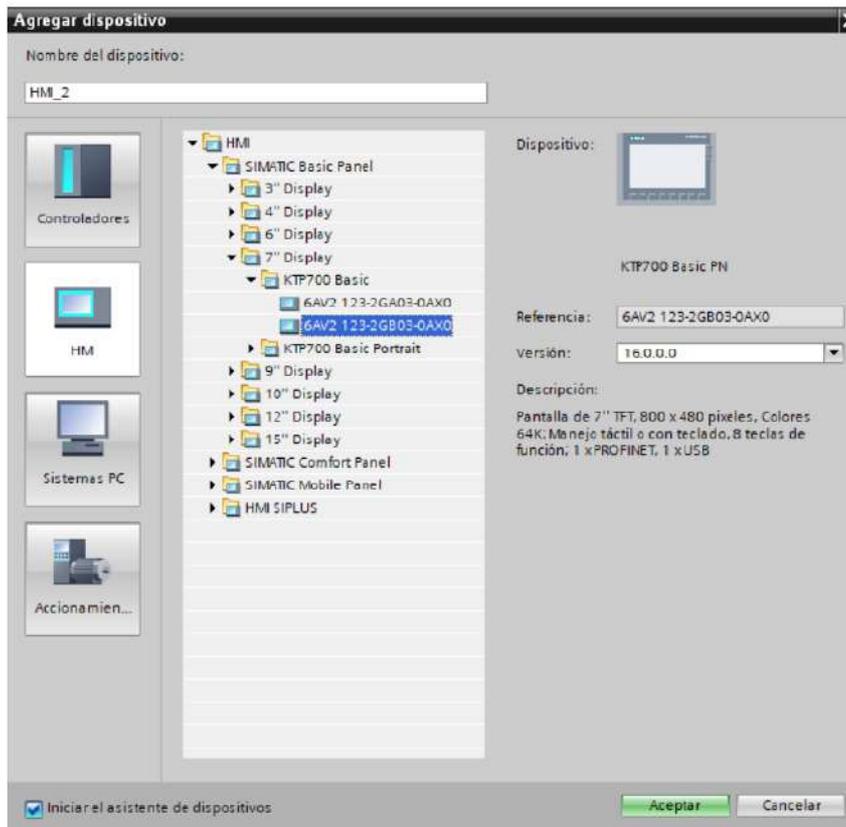
3.2.3. Configuración de la Pantalla HMI

Procedimiento para Agregar la Pantalla HMI:

- Incorporación de un nuevo dispositivo HMI:
En el Árbol del proyecto, ubicado por defecto en el lado izquierdo del entorno TIA Portal, seleccione la opción "Agregar nuevo dispositivo".
- Elija la categoría "HMI" y seleccione el modelo específico de la pantalla HMI que se utilizará.
- Confirme la selección haciendo clic en "Aceptar", como se ilustra en la figura 24.

Figura 24.

Agregar Pantalla HMI KTP700



3.3. Configuración de la HMI:

- Proceda a configurar las propiedades de la HMI, como el nombre del dispositivo y la dirección IP.

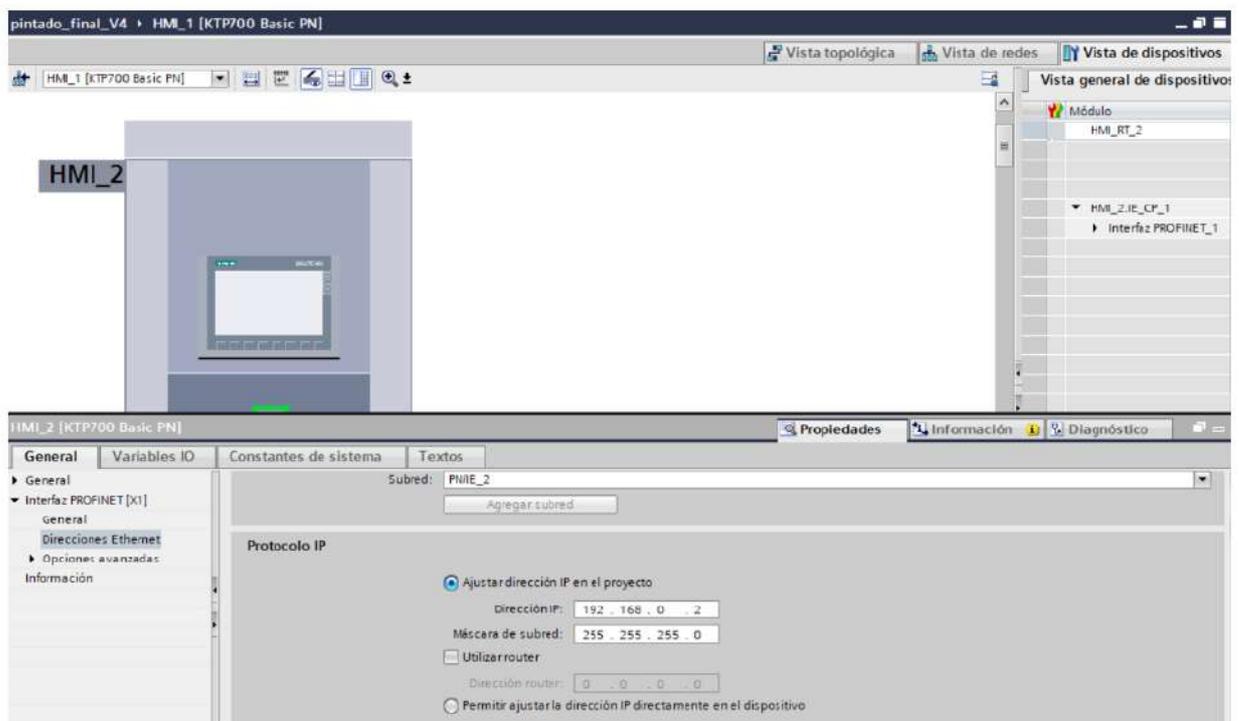
Diseñe la interfaz de usuario agregando elementos interactivos como botones, indicadores, gráficos, entre otros componentes necesarios para la operación.

- Asociación de variables:

Tal como se observa en la figura 25, las variables de la HMI deben ser asociadas con las variables del PLC para establecer una comunicación adecuada entre ambos dispositivos.

Figura 25.

Configuración HMI.



3.4.Simulación y Modelado de las prácticas

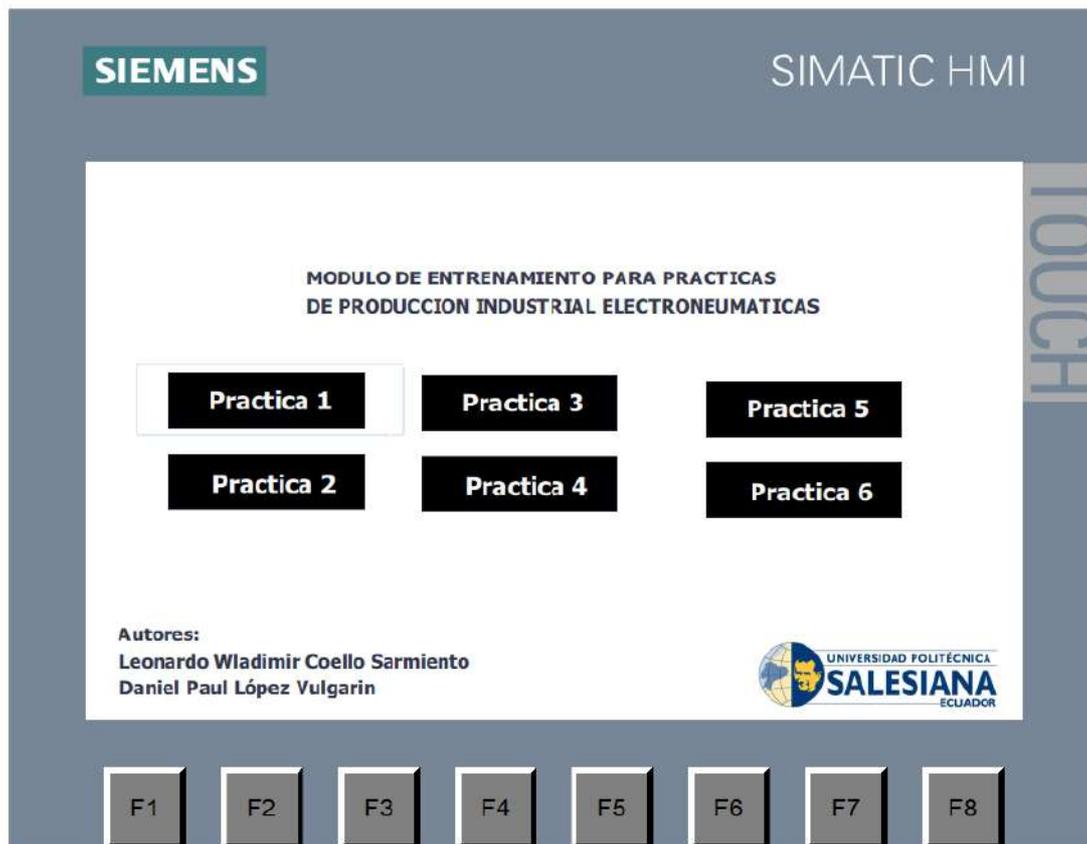
3.4.1. Diseño

El diseño HMI inicia en el menú de prácticas, donde se puede ver un botón diseñado para acceder a cada proceso industrial. Luego, para cada práctica, se considera un diseño específico. Además, se separan por bloques FC de funciones habilitadas a través de contactos independientes desplegados por segmentos en el main.

La interfaz HMI muestra controles básicos como botones de inicio (verde) y parada (rojo) de emergencia, así como indicadores de estado del proceso, figura 26.

Figura 26.

Diseño HMI para la visualización de las prácticas.



Esta solución permite organizar en diferentes opciones cada práctica para tener una estructura sólida e independiente.

3.5.Programación Ladder por Segmentos

La programación Ladder se utiliza para definir la lógica de control de los principales procesos industriales. Esta técnica gráfica permite representar las operaciones lógicas y de control de manera similar a los circuitos eléctricos. De igual forma para la secuencia en PLC, se implementaron un total de 6 prácticas, que organizan y secuencian en un menú principal. Estos segmentos abarcan desde las condiciones de inicio del sistema, hasta el desarrollo de cada práctica. Adicionalmente, se incluyeron bloques específicos para la finalización del sistema, animaciones, asegurando un control completo y detallado de cada fase del proceso. A continuación, se detalla la programación por segmentos de cada práctica.

3.6.Práctica 1: Proceso de Secado de Levadura para Balanceado

El objetivo de esta práctica es automatizar el proceso de secado de levadura para su uso en la producción de balanceado, mediante la implementación de un sistema controlado por un PLC Siemens S7-1500 y una interfaz HMI. A continuación, se describe la metodología utilizada para desarrollar y ejecutar esta práctica, integrando un texto introductorio para cada apartado en base a los segmentos del programa PLC analizados previamente.

3.7.Configuración Inicial del Sistema

3.7.1. Diseño Interfaz HMI

La interfaz HMI (Human-Machine Interface) ha sido cuidadosamente diseñada para permitir al usuario configurar y controlar los parámetros clave del proceso de secado de levadura de manera intuitiva y eficiente. Esta interfaz es el punto de interacción principal entre el operador y el sistema, facilitando el ajuste de variables como la cantidad de kilogramos de levadura a procesar, la temperatura de operación, y los tiempos de activación de las válvulas involucradas en el proceso.

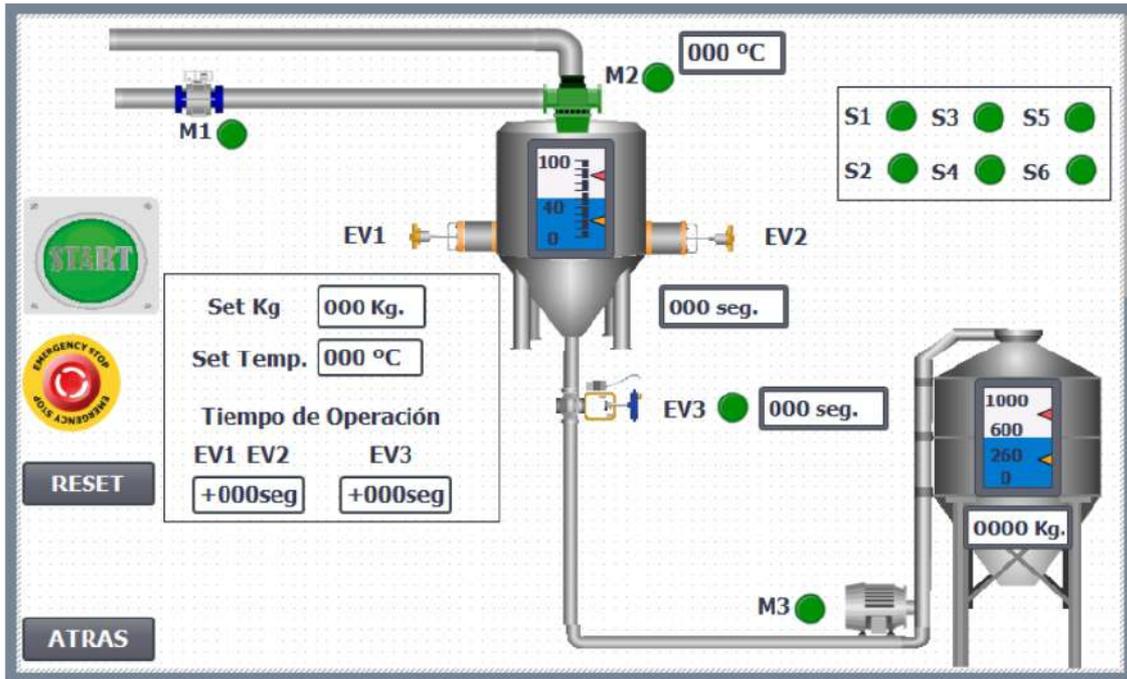
En la interfaz se destacan varios elementos claves:

- **Control de Parámetros:**

- **Set Kg:** Permite al usuario especificar la cantidad de levadura a procesar. Este valor está directamente relacionado con los ciclos de operación del sistema.
- **Set Temp:** Permite configurar la temperatura caliente del aire empleado en el proceso de secado.
- **Control de Tiempos de Operación:**
 - Se proporcionan campos para establecer el tiempo de operación de las válvulas EV1, EV2, y EV3, lo que permite al usuario ajustar la duración de cada fase del proceso de secado y transferencia de la levadura.
- **Indicadores Visuales:**
 - Se incluyen varios indicadores visuales como el estado de los motores (M1, M2, M3), las válvulas (EV1, EV2, EV3), y sensores (S1 a S6), los cuales están diseñados para dar cavidad al operador una visión clara del estado del sistema en cualquier momento.
- La Figura 27 muestra la interfaz HMI diseñada para el control del proceso de secado de levadura. En esta figura, se pueden observar los diferentes elementos interactivos que otorga al operador el hecho de poder configurar y supervisar el proceso, incluyendo los controles de parámetros, tiempos de operación y los indicadores del estado de los componentes del sistema.

Figura 27.

Diseño HMI Práctica I.



Descripción de la Interfaz

- **Botones de Control:**

- **START:** Inicia el proceso de secado según los parámetros establecidos.
- **RESET:** Restablece el sistema a su estado inicial.
- **EMERGENCY STOP:** Botón de parada de emergencia para detener el sistema inmediatamente en caso de cualquier contingencia.

En la interfaz se destacan varios elementos:

- **Control de Parámetros:**

- **Set Kg:** Permite al usuario especificar la cantidad de levadura a procesar. Este valor está directamente relacionado con los ciclos de operación del sistema.

- **Set Temp:** Permite configurar la temperatura caliente del aire empleado en el proceso de secado.
- **Botones de Control:**
 - **START:** Inicia el proceso de secado según los parámetros establecidos.
 - **RESET:** Restablece el sistema a su estado inicial.
 - **EMERGENCY STOP:** Botón de parada de emergencia para detener el sistema inmediatamente en caso de cualquier contingencia.

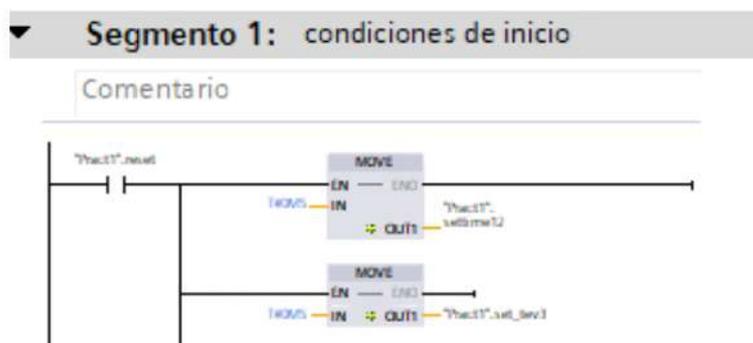
3.7.2. Segmento 1: Condiciones de Inicio

Antes de iniciar el proceso, es fundamental asegurarse de que todas las condiciones iniciales del sistema están ajustadas. En este segmento, se inicializan las variables del sistema y se comprueban las condiciones de seguridad necesarias para evitar cualquier operación en estado no controlado.

En la Figura 28, se observa cómo cada instrucción MOVE transfiere un valor predefinido (0) a una variable específica. Esto asegura que todas las variables comiencen en un estado conocido.

Figura 28.

Condiciones iniciales.



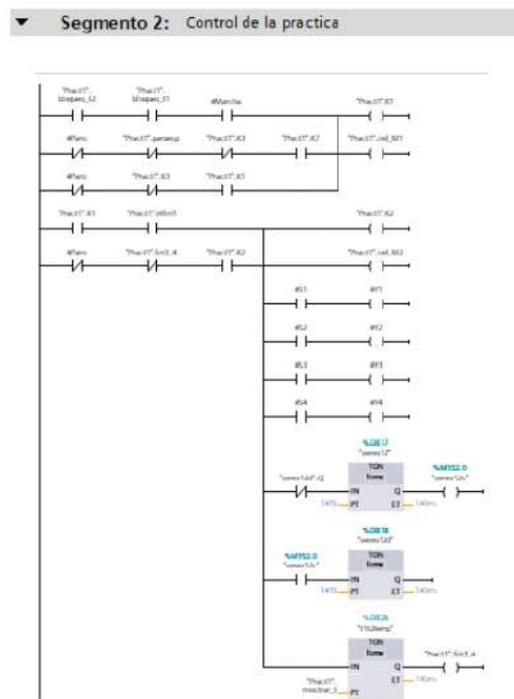
3.8.Etapa de Configuración de Parámetros

3.8.1. Segmento 2: Control de la Práctica

En esta fase, se configuran los parámetros clave del proceso, como la cantidad de material a procesar y los tiempos de operación para cada válvula. El segmento 2 (ver figura 29) se encarga de gestionar la lógica de control de estos parámetros, asegurando que el sistema ejecute los pasos necesarios en la secuencia correcta y que las operaciones se realicen con precisión.

Figura 29.

Lógica de control práctica 1.



El segmento comienza con la verificación de diversas condiciones iniciales a través de una de contactos (%I0.0, %I0.1.) que deben estar cerrados para permitir el avance del

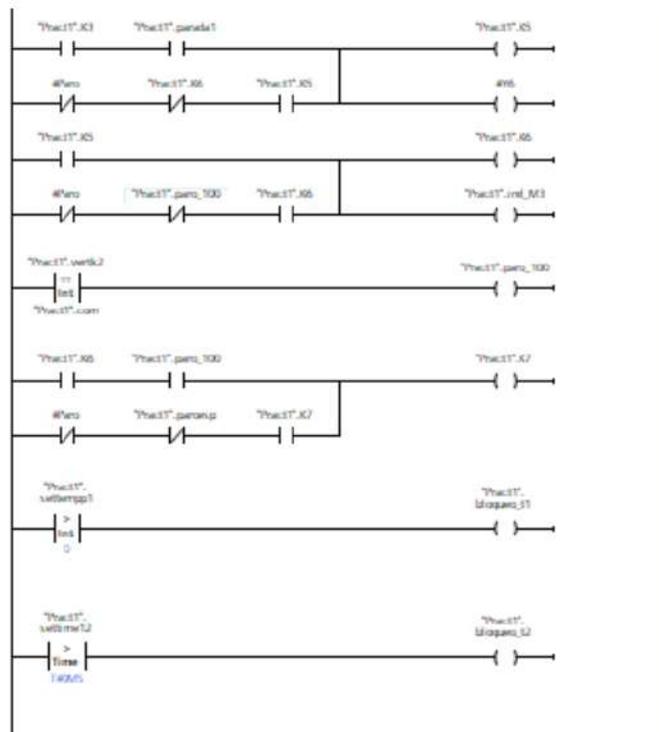
proceso. Estas condiciones aseguran que el sistema esté en un estado adecuado para iniciar la operación.

Se utilizan temporizadores (TON) para controlar los tiempos de operación de las válvulas (EV1, EV2, y EV3). Cada temporizador se activa bajo condiciones específicas definidas por las marcas (%M1.0, %M1.1.) que representan el estado de diferentes sensores y actuadores en el sistema.

Las válvulas EV1, EV2 y EV3 se controlan mediante las salidas correspondientes (%Q0.0, %Q0.1.), que son activadas tal como se ve en la figura 30, además desactivadas en función del estado de los temporizadores. Esto permite un control preciso del flujo de material a través del sistema.

Figura 30.

Válvulas EV1-3.



Se continúa con la verificación de las condiciones necesarias para finalizar el ciclo actual y preparar el sistema para el siguiente. Las marcas (%M1.2, %M1.3, etc.) se utilizan para

monitorizar el estado del proceso y asegurar que todos los pasos previos se han completado correctamente.

El motor M3 se controla mediante un temporizador que asegura que el motor opere durante el tiempo exacto necesario para aspirar el material hacia el depósito final. Esta operación está sincronizada con la activación de la válvula EV3.

Al finalizar el ciclo, se restablecen las condiciones iniciales mediante el uso de marcas (%M1.4, %M1.5, etc.), lo que deja el sistema listo para comenzar un nuevo ciclo de operación.

3.9.Ciclo de Operación

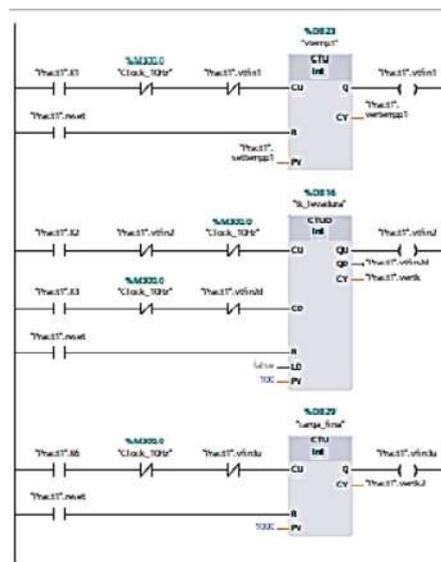
3.9.1. Segmento 3: Simulación de Sensores y Animaciones

Durante el ciclo de operación, se utilizan contadores para simular el funcionamiento de sensores y animaciones que representan el estado del sistema en la HMI. El segmento de la figura 31 ofrece retroalimentación visual al operador y asegurarse que las etapas del desarrollo se ejecuten correctamente, desde el llenado del depósito inicial hasta la transferencia al depósito final.

Figura 31.

Animaciones mediante contadores.

▼ Segmento 3: Contadores para simulación de sensores y animaciones



Los contadores (CTU) se configuran para contar los pulsos de un reloj (Clock_10Hz, Clock_5Hz, etc.) que simulan la activación de los sensores. Estos contadores generan señales (%M0.0, %M0.1) que se utilizan para representar estados como la presencia de material, el nivel del depósito, o la posición de los actuadores en la interfaz HMI.

Además de la simulación de sensores, los contadores se emplean para animar elementos gráficos en la HMI, como el avance del vástago del cilindro o la apertura y cierre de las válvulas. Esto se logra sincronizando los contadores con las marcas (%M1.0, %M1.1, etc.) que controlan los actuadores.

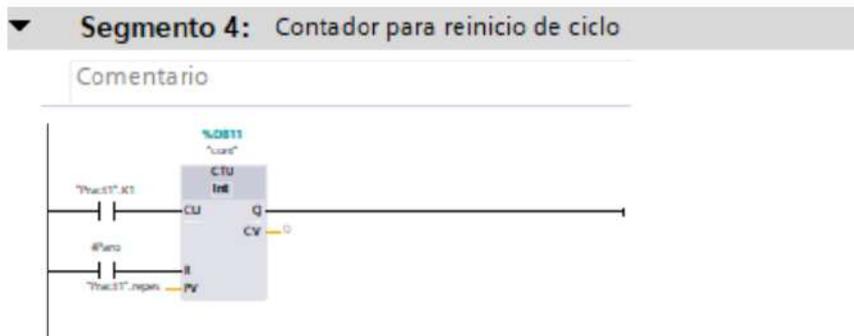
3.10. Cierre del Ciclo y Preparación para el Siguiete

3.10.1. Segmento 4: Contador para Reinicio de Ciclo

Al finalizar cada ciclo, es esencial reiniciar el sistema para prepararlo para el siguiente. En la figura 32 se utiliza un contador para llevar la cuenta de los ciclos completados y reiniciar automáticamente el proceso cuando se cumplen las condiciones predefinidas. Esto asegura la continuidad del proceso sin interrupciones.

Figura 32.

Reinicio de ciclo.



3.10.2. Segmento 5: Retroalimentación del Sistema

Además, como se ve en la figura 33 se implementa un sistema de retroalimentación que ajusta los parámetros operativos según los resultados del ciclo anterior. Esto permite volver a al inicio de la secuencia para volver a verificar las condiciones iniciales y realizar el ciclo del proceso de forma cíclica.

Las operaciones de multiplicación (MUL) se utilizan para escalar valores de variables internas. Por ejemplo, el valor Temp1_wf_bwv3 se multiplica por un factor definido (IN2) para ajustarlo a la escala necesaria en el sistema. Esto es fundamental para asegurar que los valores utilizados en el control del sistema sean precisos y reflejen correctamente las condiciones del proceso.

Las operaciones de división (DIV) se emplean para normalizar valores o convertirlos a unidades más manejables dentro del sistema. Por ejemplo, se normaliza la variable Temp1_mat_wf3 dividiendo por el valor (IN2), lo que facilita su interpretación y uso en otras partes del programa.

3.12. Práctica 2: Sistema de Toma de Muestras en una Destilería de Alcohol

Implementación de un sistema automatizado para la toma de muestras de materia prima y producto terminado en una destilería.

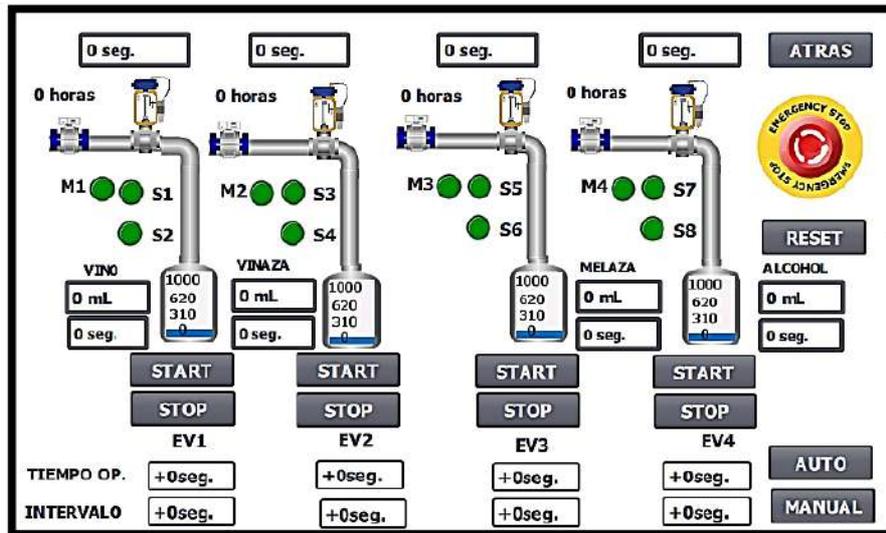
La práctica del sistema toma muestra se implementa en una destilería de alcohol en las diferentes etapas del proceso para la destilación del alcohol, el objetivo del sistema es que en 8h tener una muestra de un contenedor de 1lt o más para poder analizarlo en el laboratorio y así poder determinar que las materias primas se usen correctamente y poder obtener la mejor destilación posible de alcohol.

3.12.1. Diseño HMI

En esta etapa se diseña la interfaz HMI (ilustración F.35), para permitir la configuración y supervisión del sistema de toma de muestras. En esta pantalla, el usuario puede ingresar los parámetros iniciales, como el intervalo de tiempo entre cada toma de muestra, la cantidad de materia prima a tomar y el tiempo que permanecerá abierta la válvula.

Figura 35.

Diseño HMI práctica 2.



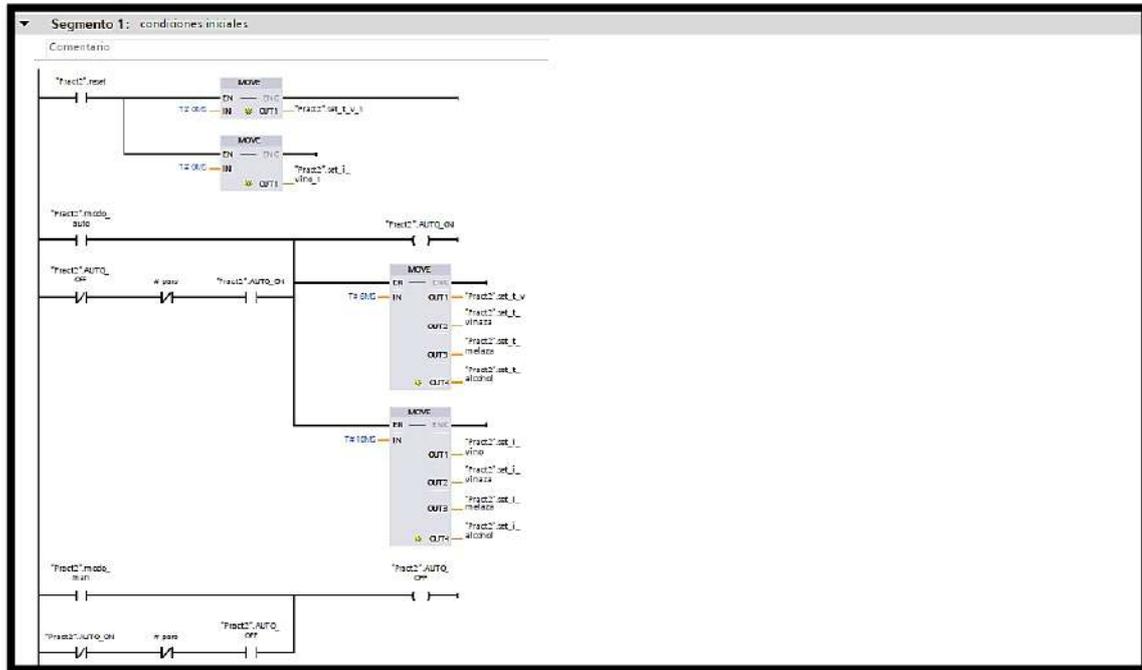
La interfaz también muestra indicadores visuales que informan el estado de cada válvula, las bombas involucradas y el volumen total de las muestras acumuladas.

3.12.2. Etapa de Configuración de Parámetros

Segmento 1: Condiciones de Inicio En la figura 35 se inicializan las variables del sistema, asegurando que el sistema comience en un estado conocido y seguro. Se cargan los valores predeterminados para el intervalo entre muestras y la duración de apertura de la válvula. Esto garantiza que los parámetros esenciales estén definidos antes de iniciar el ciclo de toma de muestras.

Figura 36.

Condiciones iniciales.



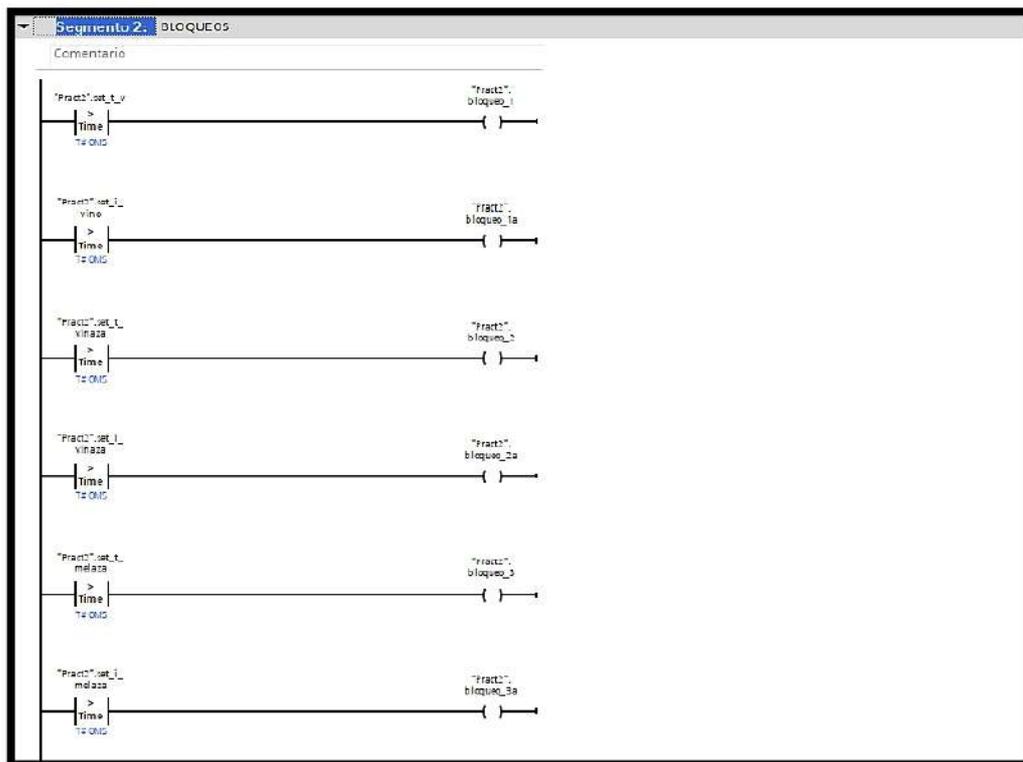
El proceso de inicialización utiliza bloques "MOVE" para establecer los valores predeterminados en las variables relevantes (intervalo de tiempo, duración de apertura de válvula, etc.). En el esquema de control, estas verificaciones están diseñadas para permitir que el ciclo de proceso se ejecute solo cuando las condiciones sean seguras, bloqueando la operación si alguna condición no se cumple. De esta forma, los contactos abiertos o cerrados sirven como una capa de protección que garantiza que el sistema funcione dentro de los parámetros establecidos, previniendo cualquier riesgo durante el ciclo de toma de muestras.

3.12.3. Ciclo de Operación

Segmento 2: Control Práctica: En la figura 37 gestiona el ciclo de toma de muestras. El sistema verifica el estado de los sensores de nivel en los tanques, permitiendo o bloqueando la apertura de la válvula de toma de muestra si el tanque no tiene suficiente materia prima. Una vez verificados los niveles, se activa un temporizador para gestionar el tiempo de apertura de la válvula, lo que permite llenar la muestra de forma controlada.

Figura 37.

Segmentos de Bloques.

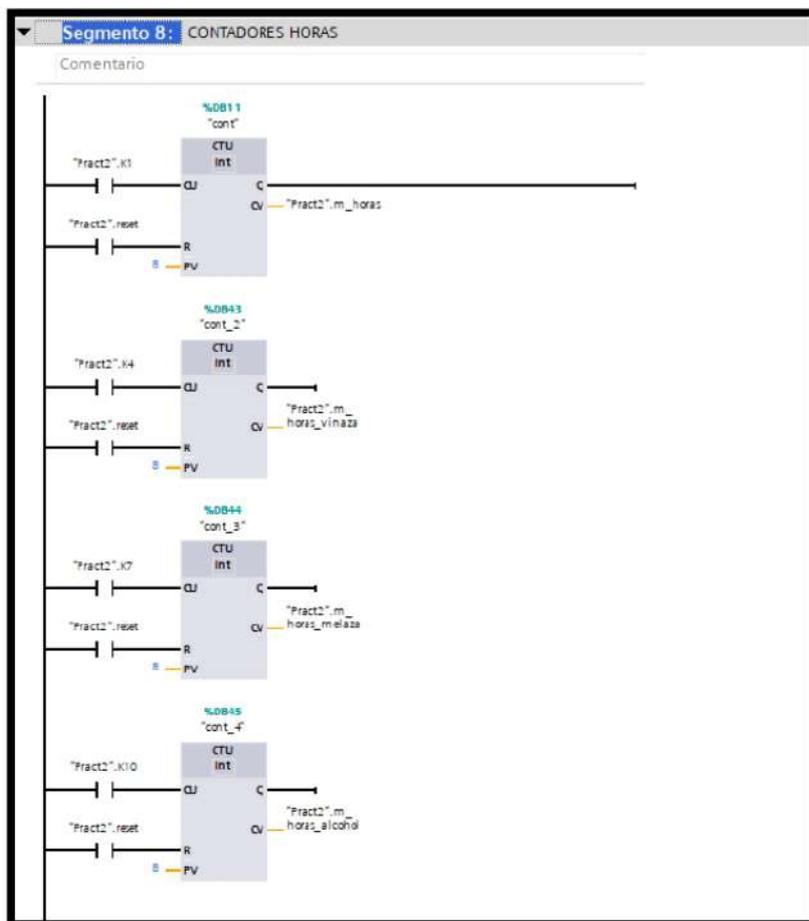


Después de realizar la verificación de los sensores de nivel y asegurar que el tanque tiene suficiente materia prima para proceder con la toma de muestras, el sistema activa un temporizador que gestiona la duración de apertura de la válvula.

Segmento 3 al 6: Control de muestras de (vino, vinaza, melaza, Alcohol)

Del **Segmento 3 al 6** está diseñado para gestionar la **lógica de control del proceso de toma de muestras del vino, vinaza, melaza y alcohol** tal como se ve en la figura – enfocándose en la muestra de vino comienza con la apertura y cierre controlado de las válvulas asociadas al sistema. Este segmento emplea temporizadores para regular la duración del proceso y asegurar que el volumen de vino extraído sea preciso. La secuencia

Figura 40.
Contadores de horas.



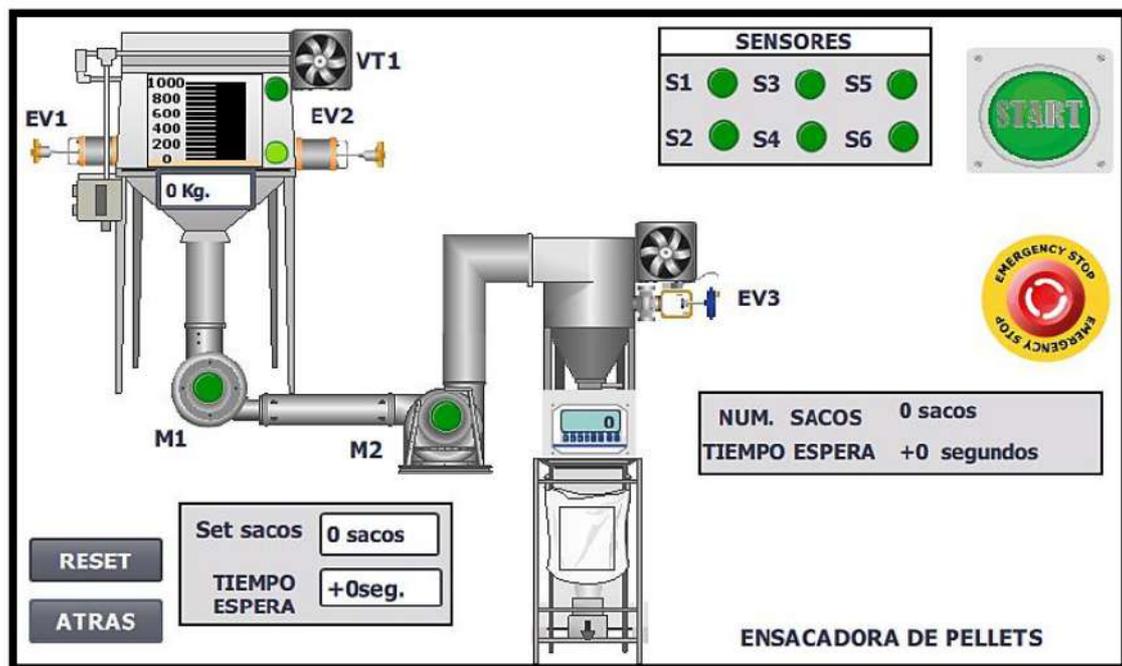
El proceso de paro del sistema para los distintos ciclos de operación de los productos (vino, vinaza, melaza, alcohol). Este segmento asegura que cada ciclo de toma de muestras finalice correctamente y que las válvulas asociadas sean cerradas de forma segura, garantizando un estado de reposo para el sistema antes de la siguiente operación.

3.13. Práctica 3: Sistema de Llenado de Sacos de Pellets

La práctica del llenado de pellets es acerca de ensacar el producto final en sacos de 25kg como producto final para su venta para ello primero se realiza el diseño de la figura 41.

Figura 41.

Diseño HMI para práctica 3.



La primera parte consiste en validar que hay producto en el silo, también se acciona el motor VT1, para ventilar y mantener las condiciones correctas, después funcionan EV1 y EV2 que son los martetes en los silos en intervalos predefinido para evitar cualquier estancamiento del producto y luego de un tiempo predefinido el motor M1 se encenderá. En segundo lugar, cuando el motor M1 se enciende se envía poco a poco producto al siguiente paso de tubería que es donde se cierne el producto y así liberar de cualquier objeto extraño, el paso de tubería funciona mediante una válvula vibratoria que ayudara a cernir el producto. Por último, el llenado de saco se abrirá la válvula EV3 luego se enciende el motor M2, cuando el saco seteado un peso adecuado apagara el motor M2 luego cierra la

válvula EV3, el saco llenado es detectado por un sensor infrarrojo, cuando el saco es removido el sensor SI cambia de estado y el proceso de llenado se repite, cabe mencionar que el sensor también llevara un conteo de sacos ensacados en la jornada.

3.14. Ciclo de Operación

3.14.1. Segmento 1: Control de la Práctica

El Segmento 1 del sistema de llenado de sacos de levadura en la Práctica 3 está diseñado para controlar todo el ciclo de llenado, desde la activación del motor ventilador hasta el conteo de sacos llenados. El proceso se inicia con la activación de los controles de Start en el panel HMI, lo que pone en marcha el motor VT1, encargado de ventilar y preparar el sistema para el flujo del producto. Esta ventilación asegura que las condiciones dentro del silo sean óptimas antes de que el producto sea transportado hacia los sacos. En la Imagen 42, se detalla el boceto de la lógica utilizada, donde se puede apreciar cómo se organizan los contactos y temporizadores para gestionar cada etapa del ciclo, desde la ventilación inicial hasta el llenado de los sacos.

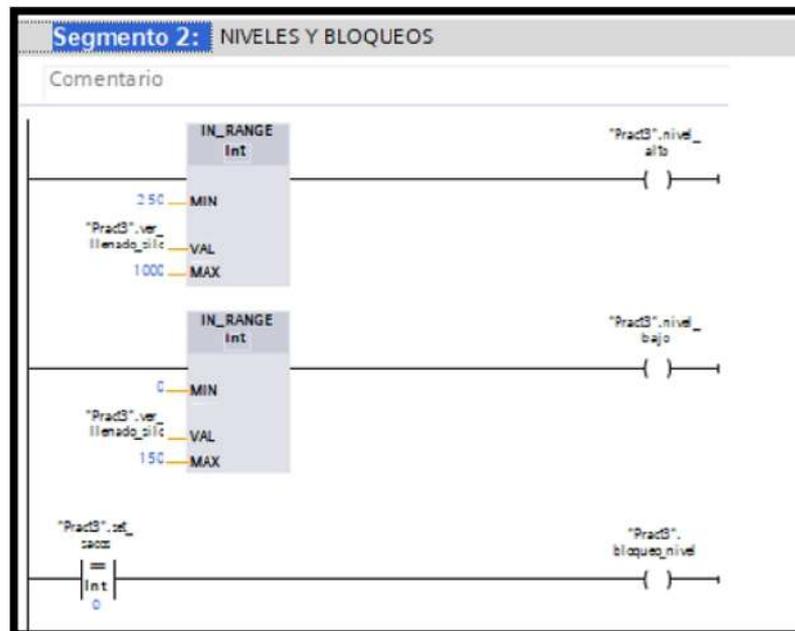
previamente por el operador en el HMI, con los tiempos de espera entre cada llenado regulados por los temporizadores.

3.14.2. Segmento 2: Niveles y bloqueos

En el Segmento 2 de la figura xx, se valida el nivel del material en el sistema de llenado de sacos de levadura, verificando tanto el nivel alto como el bajo. El bloque IN_RANGE permite que el sistema opere dentro de los límites establecidos, definiendo un mínimo de 150 g y un máximo de 1000 g. Cuando el valor de llenado se encuentra fuera de este rango, se activan las señales de nivel bajo (Pract3*nivel_bajo) o nivel alto (Pract3*nivel_alto).

Figura 43

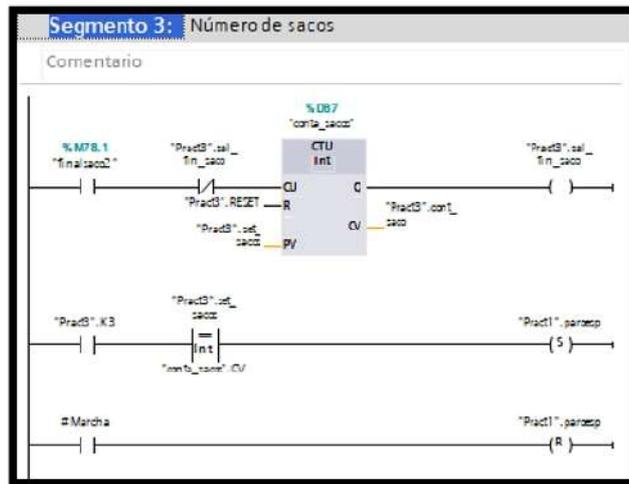
Niveles y bloqueos.



3.14.3. Segmento 3: Registro de numero de sacos.

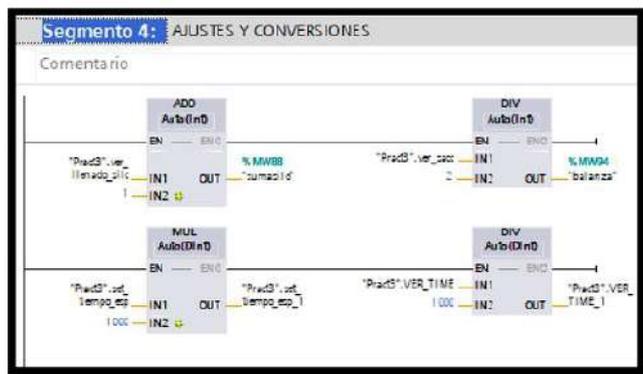
El Segmento 3 gestiona el conteo del número de sacos llenados. Un contador (CTU) registra el número total de sacos procesados, mientras que un contacto activa la parada del sistema una vez se alcanza el número de sacos predefinido. En la Figura 44, se observa la lógica implementada para gestionar el conteo de sacos y la activación de las condiciones de paro del sistema.

Figura 44
Número de sacos.



En la Figura 4, realiza ajustes y conversiones necesarias para el correcto uso y funcionamiento del sistema. Aquí se suman y multiplican valores relacionados con el tiempo de espera y el llenado de sacos, utilizando bloques matemáticos como ADD y MUL. Asimismo, se ejecutan divisiones mediante el bloque DIV para convertir y ajustar estos valores, garantizando la coherencia en las mediciones y el control preciso del proceso.

Figura 45
Ajustes y conversiones.

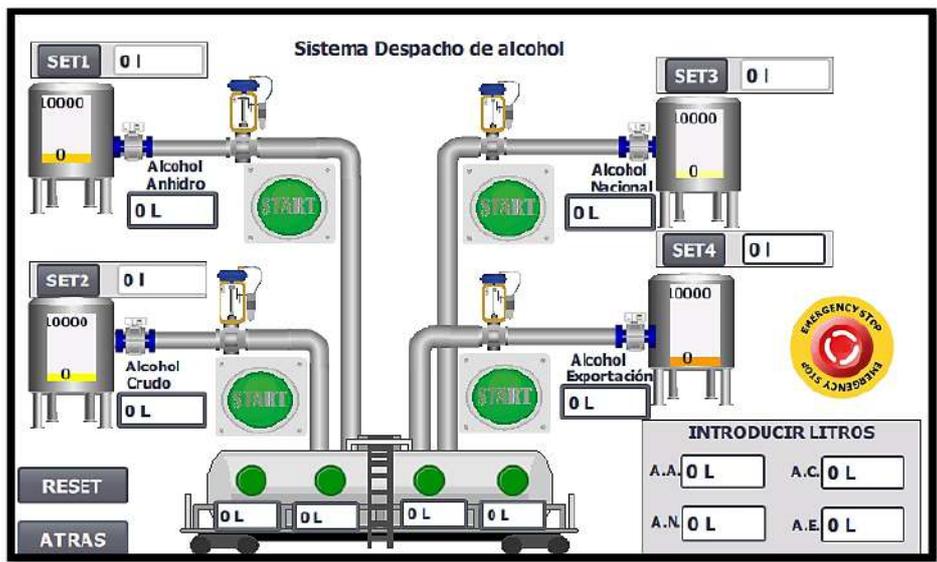


3.15. Práctica 4: Sistema de Despacho de Alcohol

Control automatizado del proceso de despacho de alcohol, incluyendo la selección de tipo y cantidad de alcohol, así como se ve la figura 46.

Figura 46

Diseño HMI práctica 4.



El proceso de despacho de alcohol es un sistema automatizado que se realiza en tres etapas clave. En la primera etapa, se selecciona el tipo de alcohol y la cantidad en litros a despachar, asegurando que los datos iniciales sean precisos. En la segunda etapa, el sistema

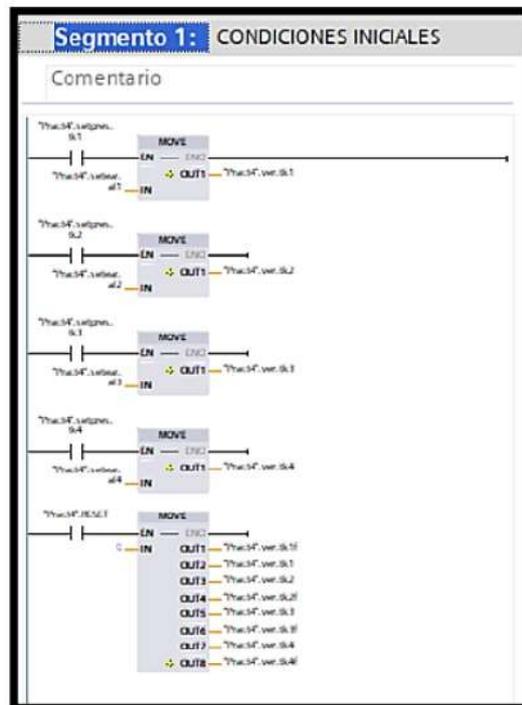
verifica que el contenedor seleccionado tenga suficiente alcohol. Si el nivel es adecuado, se inicia el despacho; de lo contrario, se emite una advertencia. Finalmente, en la tercera etapa, se enciende la bomba y se abre la válvula correspondiente. El caudalímetro mide la cantidad despachada y, una vez alcanzada la cantidad solicitada, la válvula se cierra y la bomba se apaga, concluyendo el proceso de manera precisa y eficiente.

3.15.1. Configuración de Parámetros

Segmento 1: Condiciones de Inicio: Se establecen las condiciones iniciales necesarias para que el sistema funcione correctamente. En la figura 47, se configura los valores de las variables de control del sistema, asegurando que las cantidades iniciales de alcohol, niveles y tiempos estén correctamente establecidas antes de iniciar el proceso de despacho.

Figura 47

Condiciones iniciales.



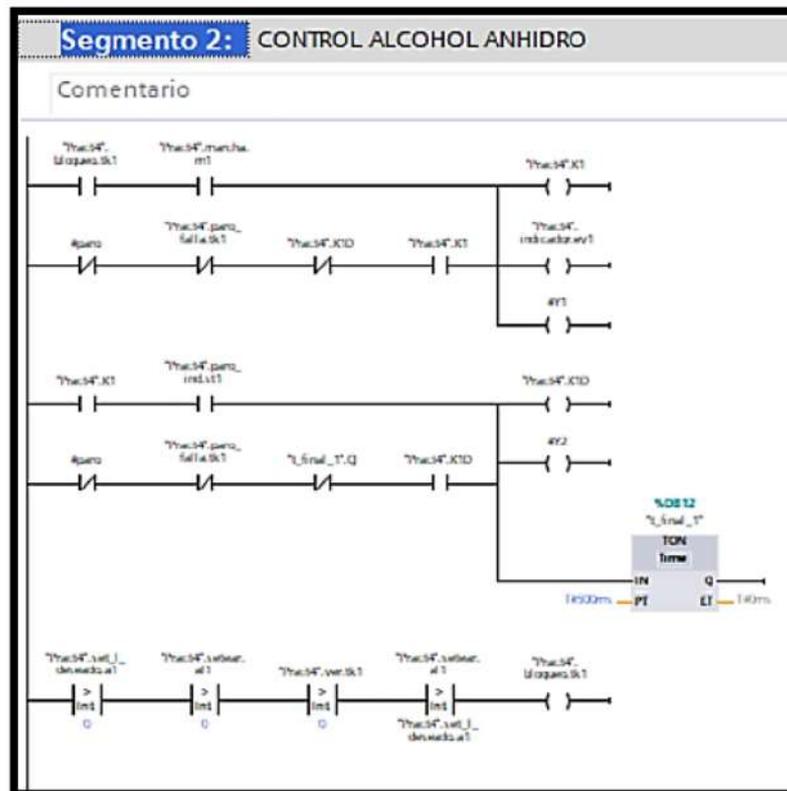
3.16. Ciclo de Operación

3.16.1. Segmento 2: Control de la Práctica

El Segmento 2 se enfoca en el control de alcohol anhidro. Se verifica el estado de las válvulas y se activa el temporizador correspondiente, que controla el tiempo de apertura de la válvula de despacho. Cada etapa de control se realiza de manera automatizada, con el uso de temporizadores que aseguran que el despacho de alcohol anhidro se detenga una vez que se alcanza la cantidad configurada. La lógica de control incluye la apertura y cierre de válvulas, junto con la activación de la bomba que impulsa el flujo del alcohol, garantizando que el proceso sea preciso y eficiente. En la Figura 48, se puede observar la secuencia lógica utilizada para gestionar el despacho de alcohol anhidro, asegurando que los tiempos de operación sean controlados de manera adecuada para cumplir con los parámetros establecidos.

Figura 48.

Control de alcohol.



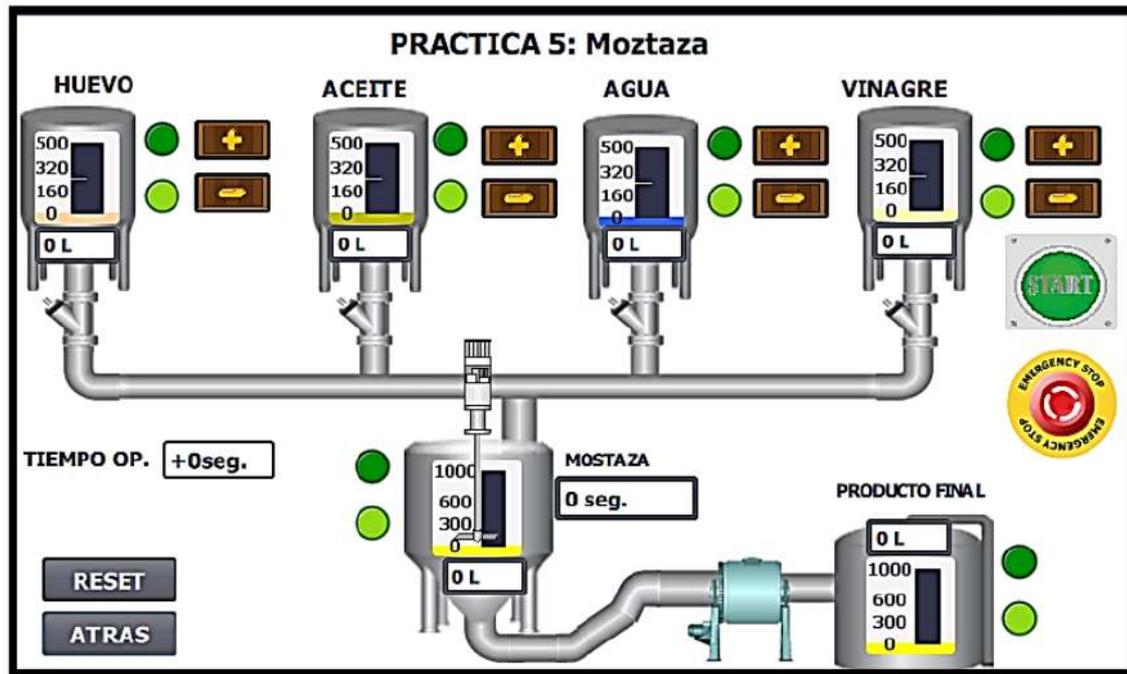
De forma similar, el control para otros tipos de alcohol, como alcohol crudo, nacional y de exportación, seguirá una lógica equivalente, adaptada para los valores específicos de cada tipo de alcohol y las condiciones de despacho.

3.17. Práctica 5: Receta de Salsa de Mostaza

Realizar el proceso final que es mezclar ingrediente para realizar la salsa de mostaza mediante una receta que será en proporciones específica.

Figura 49.

Diseño HMI práctica 5.



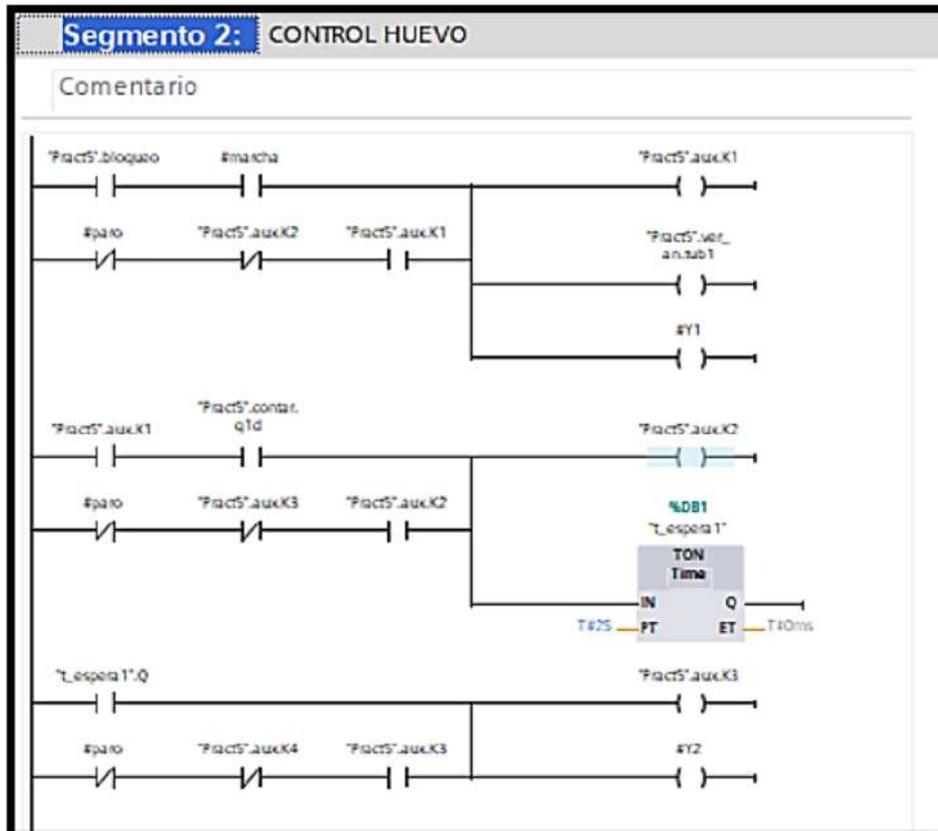
El proceso para la preparación de la salsa de mostaza se ejecuta en tres indispensables etapas. La primera etapa, en ella se ingresan los datos de la receta a través de una ventana emergente, indicando los porcentajes de cada ingrediente que serán enviados a la mezcladora. En la segunda etapa, el programa verifica si los ingredientes están disponibles en las cantidades necesarias. Si no hay suficiente de alguno, el proceso se detiene hasta que se ajuste la receta o se disponga del porcentaje adecuado. Finalmente, en la tercera etapa, se envían los ingredientes al tanque de mezclado mediante válvulas automáticas, se activan los motores de la mezcladora por el tiempo indicado en la receta y, al finalizar, el producto se transfiere al tanque correspondiente hasta alcanzar el porcentaje requerido.

3.17.1. Configuración de Parámetros

Segmento 1: Condiciones de Inicio: Se encarga de preparar el sistema para el inicio del proceso de mezcla de la salsa de mostaza. Mediante el uso de bloques MOVE, observar figura 50, el sistema inicializa las variables clave, asegurando que las válvulas y motores comiencen en un estado seguro. Las condiciones de seguridad se verifican de forma lógica antes de permitir que el proceso continúe, mientras que los temporizadores TON controlan

Figura 51.

Lógica de control de huevo.



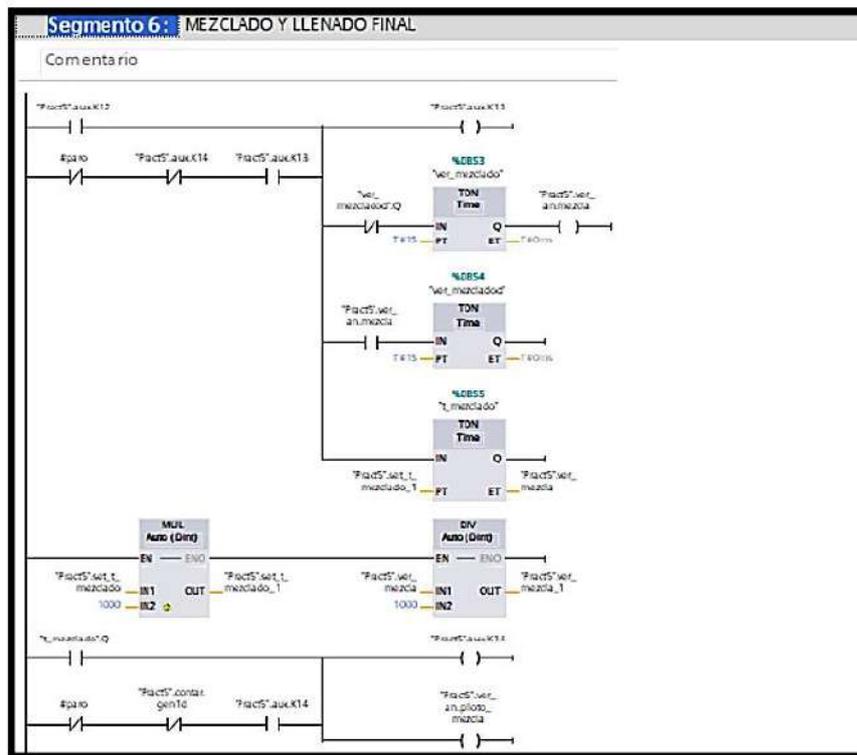
De forma similar, el control para el resto de los ingredientes del segmento 2 al 5, como huevo, agua, aceite y vinagre, seguirá una lógica equivalente, adaptada para los valores específicos de cada ingrediente y las condiciones de dosificación establecidas en la receta de la salsa de mostaza. Cada ingrediente tiene un tiempo de apertura de válvulas controlado por temporizadores y sensores que verifican la cantidad dispensada en el mezclador.

En el Segmento 6, correspondiente al mezclado y llenado final del proceso de elaboración de la salsa de mostaza, se controla el tiempo que los ingredientes permanecen en la mezcladora y el llenado del producto final. A partir de las condiciones iniciales (%auxK12 y %auxK14), se activan los temporizadores (TON) para definir los tiempos específicos de

mezclado y asegurarse de que cada ingrediente esté completamente integrado, como se observa en la Figura 52.

Figura 52.

Mezclado y llenado Final.



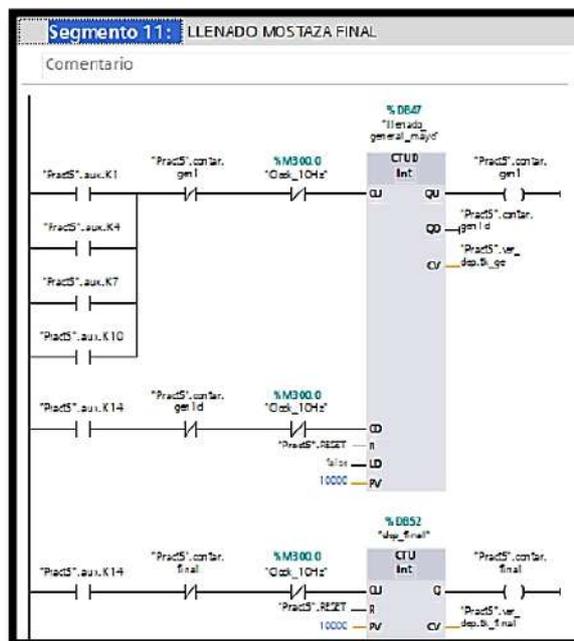
Una vez que se cumplen estos tiempos, los actuadores controlarán la apertura de la válvula de llenado, permitiendo que el producto pase al tanque final. El proceso se optimiza mediante multiplicaciones y divisiones de los tiempos y cantidades, con el objetivo de asegurar que la receta se cumpla correctamente. Las variables relacionadas con el llenado (%mezclado_aux y %llenado_aux) aseguran que la mezcla y el llenado se realicen de acuerdo con los valores especificados en la receta y en la interfaz del HMI.

En el segmento observaremos la figura 33, se implementará el proceso final de llenado de la mostaza en el depósito correspondiente. El Segmento 11 de la práctica se enfoca en gestionar la cantidad de producto que entra al depósito. Como se exhibe en la imagen, se

utilizan contadores para llevar un registro preciso del volumen de mostaza que ha sido procesado y transferido. Este proceso se controla mediante la señal de reloj de 10 Hz, la cual permite un conteo continuo del volumen de mostaza hasta que se alcanza el valor predeterminado.

Figura 53.

Llenado de mostaza.



Además, el contador de llenado general supervisa la cantidad de mostaza acumulada, mientras que el contador de depósito final se asegura de que la cantidad específica para el depósito se llene correctamente. Cuando el valor preestablecido del volumen de producto es alcanzado, se activa la salida que detiene el proceso de llenado, garantizando la precisión en la cantidad de producto final almacenado.

3.19. Práctica 6: Sistema Automatizado de Tapado de Envases con Transporte Integrado

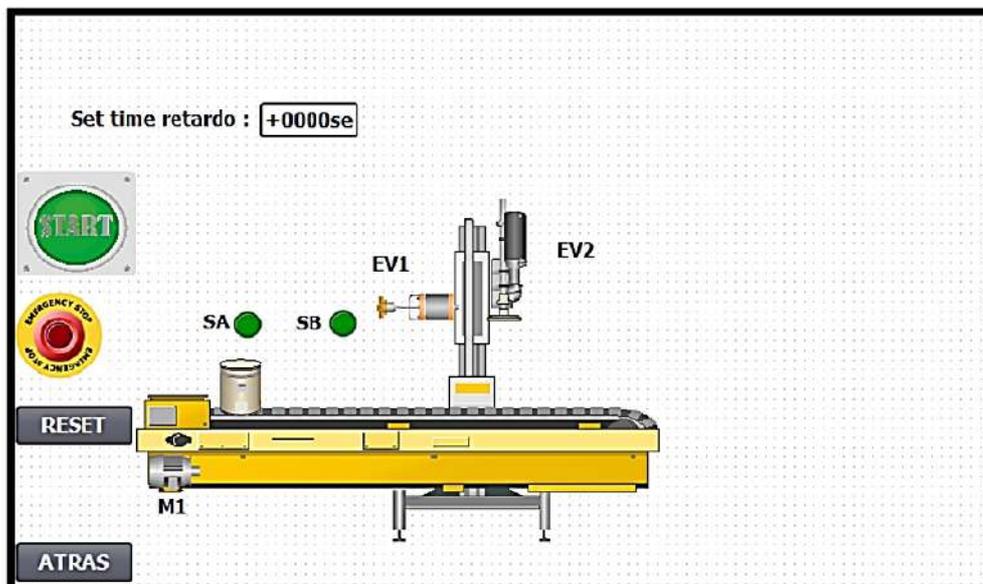
Por consiguiente el tapado de envases en una línea de producción, utilizando una cinta transportadora para el manejo del flujo de envases conlleva al proceso de automatización.

3.19.1. Diseño HMI de la Práctica

El sistema automatizado de tapado de envases con transporte integrado se basa en un diseño interactivo que permite visualizar y controlar cada etapa del proceso de manera eficiente. En la interfaz HMI de la figura 54, se incluyen botones de inicio ("START") y reinicio ("RESET"), así como una parada de emergencia por medio de un botón, para garantizar la seguridad durante la operación. Se destacan los sensores SA y SB, que monitorean la posición de los envases en la línea transportadora, activada por el motor M1. Los actuadores EV1 y EV2 se representan gráficamente, indicando su función en el proceso de colocación y sellado de tapas sobre los envases.

Figura 54.

Diseño HMI práctica 6.

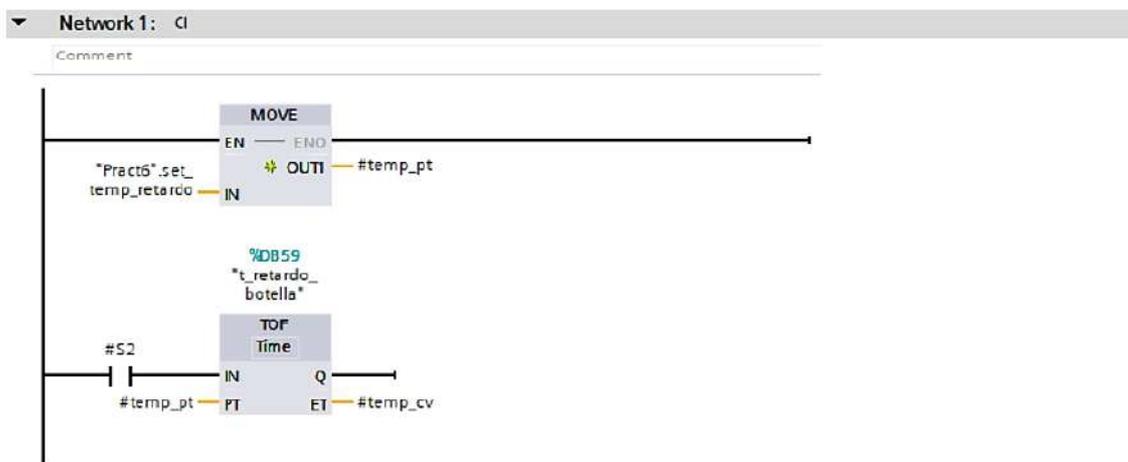


3.19.2. Configuración de parámetros.

Segmento 1: Preparación del Sistema: En esta sección, se configura el sistema para garantizar que las condiciones iniciales estén alineadas antes de iniciar el proceso automatizado de tapado de envases. Como se observa en la figura 55, el segmento utiliza bloques lógicos y temporizadores para asegurar que todas las variables y elementos del sistema estén en estado seguro antes de proceder con la operación.

Figura 55.

Configuración de condiciones iniciales.



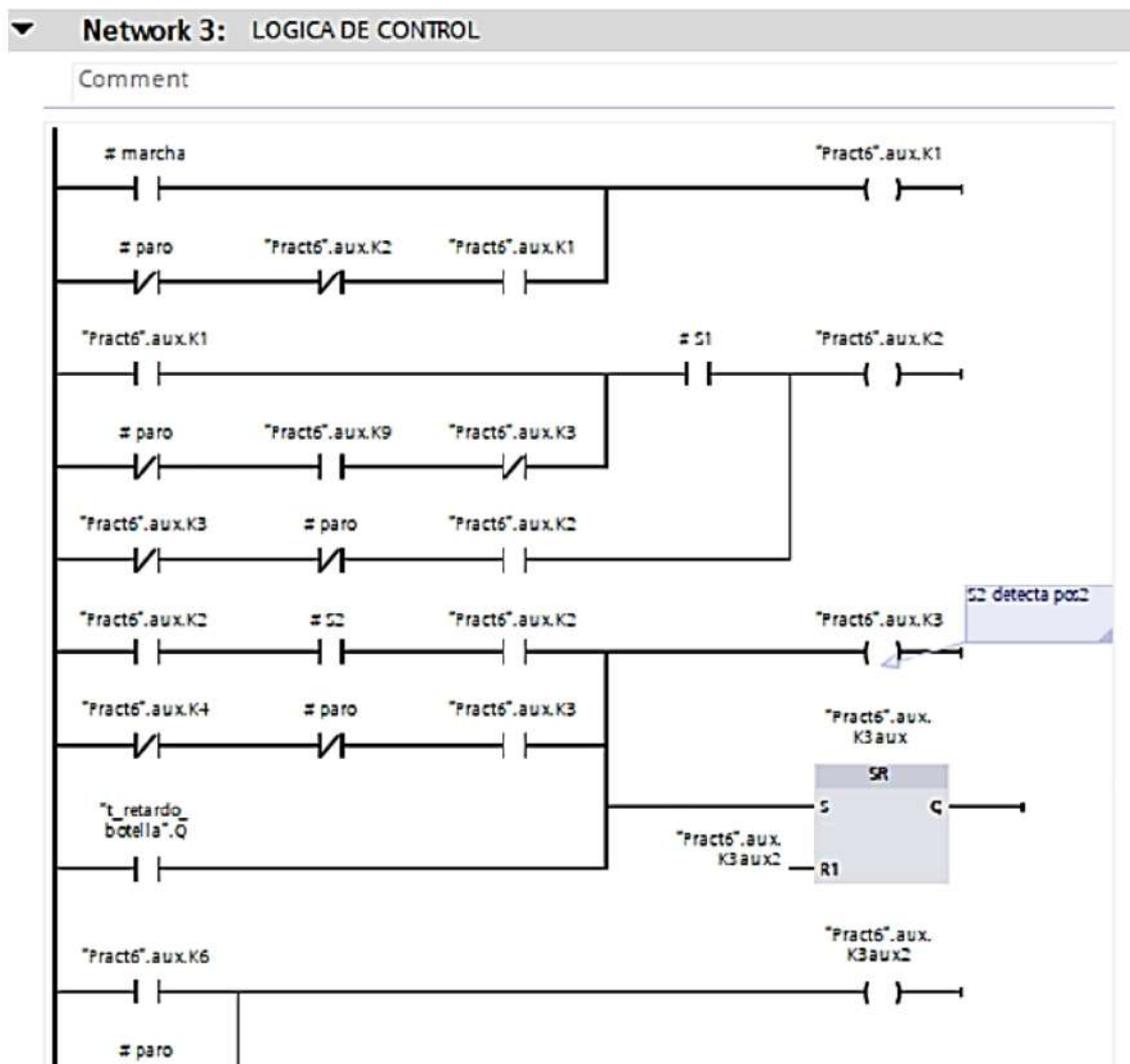
El bloque MOVE inicializa el tiempo de retardo configurado por el usuario en la interfaz HMI, asignando este valor a la variable correspondiente (`temp_pt`). Este tiempo es utilizado posteriormente por el temporizador TOF, que controla el retardo entre la detección del envase y las siguientes acciones del sistema.

3.19.3. Ciclo de operación

Segmento 2: Gestión de Proceso: En este segmento, se implementa la lógica principal para gestionar el proceso automatizado de tapado de envases, el cual consiste en alimentar una línea de producción de envases de pintura en el proceso de pintado. Como se detalla

en la figura 56, el sistema comienza al detectar un envase mediante el sensor SA, lo que activa el motor de transporte (MI) para avanzar el envase hasta la posición designada.

Figura 56.
Lógica de control.



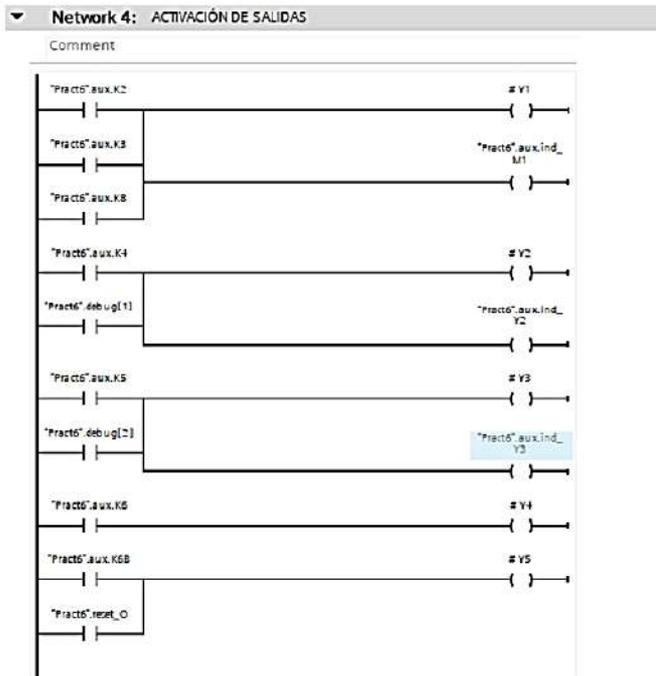
Una vez que el envase alcanza la posición indicada por el sensor SB, el sistema activa una secuencia lógica que incluye un temporizador que mantiene el motor encendido durante unos segundos adicionales. Posteriormente, se activa la válvula EV1, la cual posiciona la tapa sobre el envase, seguida por la activación de EV2, que realiza el sellado del envase.

Para garantizar una operación sincronizada, se emplean bloques lógicos que regulan el encendido y apagado de los actuadores de manera precisa, evitando conflictos en las señales de los sensores y los elementos de control. Asimismo, los estados de las variables auxiliares aseguran la transición correcta entre cada paso del proceso.

3.19.4. Segmento 3: Activación de salidas.

En este segmento de la figura 57 se implementa la lógica de activación de las salidas del sistema, encargadas de controlar los actuadores principales, como el motor de transporte (M1), las válvulas de liberación de tapa (EV1), y de tapado del envase (EV2). Este segmento asegura que cada componente del sistema funcione de manera sincronizada con las señales de los sensores y las condiciones definidas en los segmentos previos.

Figura 57.
Activación de salidas.



El diseño lógico gestiona las siguientes acciones:

Motor M1: Su activación está controlada por los contactos auxiliares %auxK2 y %auxK3, sincronizando el avance del envase con las detecciones realizadas por los sensores SA y SB. Esto permite que el envase se posicione correctamente en cada etapa del proceso.

3.20. Maqueta Física del Sistema Automatizado de Tapado de Envases con Transporte Integrado

La maqueta física fue diseñada para implementar el Sistema Automatizado de Tapado de Envases con Transporte Integrado, el cual replica un proceso de manufactura automatizada. Este modelo físico integra componentes eléctricos, neumáticos y mecánicos, reflejando un entorno industrial automatizado en una escala controlada tal como se ve en la figura 58.

Figura 58.

Vista general del sistema de Envasado.



Esta planta incluye un transportador motorizado encargado de desplazar los envases a través de las diferentes etapas del proceso. Los sensores instalados detectan la posición del envase y envían señales al controlador lógico programable (PLC), activando válvulas y actuadores neumáticos en los momentos precisos. Estas acciones permiten la colocación y ajuste de la tapa en el envase de manera automatizada y sincronizada.

La figura 59 muestra los componentes principales del sistema.

- Transportador motorizado: Desplaza los envases a lo largo de las estaciones de trabajo.
- Sensores inductivos y de posición: Detectan la presencia y ubicación de los envases, activando las secuencias programadas.
- Actuadores neumáticos: Realizan el proceso de tapado mediante movimientos precisos.

- Válvulas y conexiones neumáticas: El flujo de aire comprimido se regular hacia los actuadores.

Figura 59.

Vista detalle de las conexiones.



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Evaluación de los Resultados Obtenidos:

4.1.1. Práctica 1: Proceso de Secado de Levadura para Balanceado

		GUÍA DE PRÁCTICA DE LABORATORIO	
CARRERA: ELECTRÓNICA		ASIGNATURA: Automatización y Control	
NRO. PRÁCTICA:	1	TÍTULO PRÁCTICA: Proceso de secado de levadura seca para balanceado	
OBJETIVO: - OBJETIVO GENERAL: Implementar un sistema automatizado para el proceso de secado de levadura seca utilizando un cilindro neumático de doble efecto y otros componentes asociados. OBJETIVOS ESPECÍFICOS: Diseñar y configurar el sistema neumático necesario para el proceso de secado. Programar el PLC para controlar el proceso de secado mediante la interfaz HMI. Validar el funcionamiento del sistema a través de pruebas de operación.			
INSTRUCCIONES	1. Revisar el manual de práctica paso a paso.		
	<ul style="list-style-type: none">• Configurar el sistema neumático y eléctrico según el diagrama proporcionado.• Realizar las conexiones y cargar el programa en el PLC.• Ejecutar el proceso de secado y monitorear los resultados a través de la HMI.• Documentar los resultados y las observaciones en el reporte de la práctica.		
ACTIVIDADES POR DESARROLLAR I etapa: Configuración Inicial El sistema se inicia configurando la cantidad de kilogramos de levadura a procesar a través de la interfaz HMI. Esta cantidad está directamente relacionada con el ciclo de carga: cada 100 kg representan un ciclo completo de llenado del primer depósito. La temperatura de operación también debe ser ajustada en esta etapa, asegurando que la cuchilla metálica térmica esté lista para cortar y secar la levadura de manera efectiva. II etapa: Ciclo de Carga y Preparación del Depósito Una vez configurados los kilogramos y la temperatura, el cilindro de doble efecto se acciona para llenar el primer depósito. Este proceso se repite de acuerdo con el peso configurado, garantizando que cada ciclo de			

carga se complete antes de proceder a la siguiente etapa. El sistema monitorea y regula automáticamente la apertura de las válvulas EV1 y EV2, según el tiempo de operación definido en la HMI, asegurando un flujo constante y controlado de material.

III etapa: Transferencia y Secado Final

Tras completar los ciclos de carga, se activa la válvula EV3 durante el tiempo previamente definido, permitiendo que la levadura procesada se transfiera al depósito de almacenamiento final. Al final de este ciclo, el motor M3 se enciende, aspirando los kilogramos de levadura hacia el depósito grande. Este motor está programado para operar en sincronía con la apertura de la EV3, optimizando la transferencia del material sin pérdidas ni interrupciones.

RESULTADO(S) OBTENIDO(S):

En la Práctica 1, se implementó exitosamente el sistema de secado de levadura en tres etapas clave, logrando automatizar el proceso con un control preciso de las variables. La configuración inicial permitió ajustar correctamente los kilogramos a procesar y la temperatura necesaria, lo cual se reflejó en la eficiencia del ciclo de carga del depósito. El ciclo de carga y la activación de las válvulas (EV1 y EV2) se realizaron de manera sincronizada, asegurando un flujo constante de levadura hacia el depósito.

CONCLUSIONES:

El sistema de secado de levadura automatizado implementado en esta práctica mostró un funcionamiento de un proceso real, permitiendo controlar y regular los parámetros de temperatura, cantidad de material y tiempos de operación.

El uso de la interfaz HMI facilitó la visualización en tiempo real de las variables y parámetros del sistema, brindando una comprensión más profunda sobre la interacción entre hardware y software en la automatización industrial.

Recomendaciones:

Variar los parámetros de operación: Realizar la práctica con diferentes valores de carga y temperatura permitirá a los estudiantes observar cómo las variables influyen en el sistema.

Analizar los tiempos de operación: Se sugiere realizar un análisis detallado de los tiempos de apertura de válvulas y del motor para optimizar el proceso.

Añadir más elementos de control: Incluir sensores adicionales para mejorar la detección de errores en el sistema automatizado.

4.2.Evaluación de los Resultados Obtenidos: Práctica 2: Sistema de Toma de Muestras en una Destilería de Alcohol

		<h2>GUÍA DE PRÁCTICA DE LABORATORIO</h2>
CARRERA: ELECTRÓNICA		ASIGNATURA: Automatización y Control
NRO. PRÁCTICA:	1	TÍTULO PRÁCTICA: Sistema de Toma de Muestras en una Destilería de Alcohol
OBJETIVO: - - OBJETIVO GENERAL: Implementar un sistema automatizado para realizar el proceso de toma de muestras en una destilería de alcohol, utilizando válvulas, temporizadores y control a través de un HMI OBJETIVOS ESPECÍFICOS: Diseñar y configurar el sistema de toma de muestras para los diferentes tipos de alcohol. Programar el PLC para controlar el tiempo de operación y los intervalos de toma de muestras. Validar el funcionamiento del sistema mediante simulaciones y monitoreo en tiempo real desde la interfaz HMI.		
INSTRUCCIONES		2. Configurar el sistema eléctrico según el diagrama proporcionado. <ul style="list-style-type: none"> • Configurar el sistema neumático y eléctrico según el diagrama proporcionado. • Realizar las conexiones y cargar el programa en el PLC. • Ejecutar el proceso de toma-muestra y monitorear los resultados a través de la HMI. • Documentar los resultados y las observaciones en el reporte de la práctica.
<h3 align="center">ACTIVIDADES POR DESARROLLAR</h3> <p>I etapa: Configuración Inicial Se inicia configurando los parámetros iniciales del sistema mediante el HMI, incluyendo la cantidad de litros a extraer de cada depósito y los intervalos de tiempo entre cada toma de muestra. Estos valores se reflejan en la interfaz HMI, lo que facilita la visualización y el control.</p> <p>II etapa: Operación de Toma de Muestra El sistema toma muestras a intervalos predefinidos para cada tipo de alcohol. A través de temporizadores programados, se controla la apertura de las válvulas para la extracción de alcohol de los depósitos. La cantidad extraída se ajusta a través del caudalímetro y se regula automáticamente según los valores introducidos en el HMI.</p>		

III etapa: Validación y Monitoreo

El sistema verifica el nivel de cada depósito antes de iniciar el proceso de toma de muestra. Si los niveles son adecuados, se inicia la extracción y, una vez concluido el proceso, los datos se registran en el HMI. Si el nivel es insuficiente, se emite una advertencia en la pantalla. Este proceso garantiza que se mantenga la precisión en la toma de muestras y se registren correctamente los datos para análisis posteriores.

RESULTADO(S) OBTENIDO(S):

Se logró implementar un sistema automatizado capaz de realizar tomas de muestra de diferentes tipos de alcohol de manera eficiente. El sistema cumplió con los objetivos planteados, demostrando que es posible controlar el proceso de forma precisa mediante la interfaz HMI y el PLC, asegurando un flujo continuo y constante en el proceso.

CONCLUSIONES:

La práctica permitió conocer el funcionamiento de un sistema de toma de muestras en tiempo real, resaltando la importancia del control automatizado para optimizar los procesos industriales. La configuración de temporizadores y el control a través del HMI

4.3.Evaluación de los Resultados Obtenidos: Práctica 3: Sistema de Llenado de Sacos de Pellets

		<h2>GUÍA DE PRÁCTICA DE LABORATORIO</h2>	
CARRERA: ELECTRÓNICA		ASIGNATURA: Automatización y Control	
NRO. PRÁCTICA:	1	TÍTULO PRÁCTICA: Sistema de Llenado de Sacos de Levadura	
<p>OBJETIVO:</p> <p>- - OBJETIVO GENERAL: Implementar un sistema automatizado para el proceso de llenado de sacos de pellets seca utilizando tres cilindros neumáticos de doble efecto y otros componentes asociados.</p> <p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS: Diseñar y configurar el sistema neumático necesario para proceso de llenado. Programar el PLC para controlar el proceso de secado mediante la interfaz HMI. Validar el funcionamiento del sistema a través de pruebas de operación.</p>			
INSTRUCCIONES		<ul style="list-style-type: none"> • Revisar el manual de práctica paso a paso. • Configurar el sistema neumático y eléctrico según el diagrama proporcionado. • Realizar las conexiones y cargar el programa en el PLC. • Ejecutar el proceso de llenado y monitorear los resultados a través de la HMI. • Documentar los resultados y las observaciones en el reporte de la práctica. 	
<p align="center">ACTIVIDADES POR DESARROLLAR</p> <p>I Etapa: Configuración Inicial Se configura la cantidad de sacos de pellets que se procesarán y el tiempo de espera entre llenados en la interfaz HMI. Los datos ingresados están directamente relacionados con el ciclo de operación. Esta fase asegura que el sistema esté preparado y los parámetros iniciales estén configurados correctamente.</p> <p>II Etapa: Proceso de Llenado y Control de Pesaje El sistema activa el cilindro neumático para llenar el saco. El motor M2 transporta el saco, asegurando que el peso configurado se respete. Sensores infrarrojos detectan cuando el saco ha sido llenado, lo que permite el cierre automático de la válvula. El ciclo se repite hasta llenar todos los sacos configurados.</p>			

III Etapa: Monitoreo y Registro de Resultados

El sistema monitorea el proceso de llenado de cada saco y actualiza la información en la HMI. El sistema está programado para detenerse automáticamente una vez se alcanza la cantidad de sacos llenados según los parámetros configurados.

RESULTADO(S) OBTENIDO(S):

El sistema cumplió con los parámetros configurados para el llenado de sacos de levadura. Se registraron los tiempos de operación y el correcto llenado de cada saco.

CONCLUSIONES:

Se logró implementar con éxito el sistema de llenado de sacos de levadura, validando el correcto funcionamiento de las válvulas y los temporizadores del PLC. El control mediante la interfaz HMI fue preciso, lo que permitió un monitoreo constante de la operación.

4.4.Evaluación de los Resultados Obtenidos: Práctica 4: Sistema de Despacho de Alcohol

		<h2>GUÍA DE PRÁCTICA DE LABORATORIO</h2>	
CARRERA: ELECTRÓNICA		ASIGNATURA: Automatización y Control	
NRO. PRÁCTICA:	1	TÍTULO PRÁCTICA: Sistema de Despacho de Alcohol	
<p>OBJETIVOS:</p> <p>OBJETIVO GENERAL: Implementar un sistema automatizado para el proceso de despacho de alcohol en una destilería, utilizando control mediante PLC y monitoreo a través de una interfaz HMI.</p> <p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS:</p> <p>Diseñar y configurar el sistema neumático necesario para el despacho de alcohol mediante electroválvulas controladas por PLC.</p> <p>Programar el PLC para controlar el proceso de secado mediante la interfaz HMI.</p> <p>Validar el funcionamiento del sistema a través de pruebas de operación.</p>			
INSTRUCCIONES		<ul style="list-style-type: none"> • Revisar el manual de práctica paso a paso. • Configurar el sistema neumático y eléctrico según el diagrama proporcionado. • Realizar las conexiones y cargar el programa en el PLC. • Ejecutar el proceso de despacho de alcohol y monitorear los resultados a través de la HMI. • Documentar los resultados y las observaciones en el reporte de la práctica. 	
<p align="center">ACTIVIDADES POR DESARROLLAR</p> <p>I etapa: Configuración Inicial</p> <p>Se inicia con la configuración de la cantidad de L de alcohol que se despacharán a través de la interfaz HMI. La cantidad se ajusta según el tipo de alcohol seleccionado. En esta etapa también se verifican las condiciones iniciales del sistema y la disponibilidad del producto en los depósitos correspondientes.</p> <p>II etapa: Ciclo de Despacho</p>			

Una vez configurada la cantidad de alcohol, el sistema activa las válvulas correspondientes para despachar el producto. Se verifica que las condiciones del sistema sean las adecuadas y, posteriormente, se activan las bombas de despacho. El flujo de alcohol es monitoreado a través del caudalímetro, asegurando un despacho preciso y continuo.

III etapa: Finalización del Ciclo

Tras completar el despacho, el sistema cierra las válvulas y detiene las bombas, concluyendo el proceso. El sistema genera un reporte de la cantidad despachada, así como el tiempo de operación.

RESULTADO(S) OBTENIDO(S):

Hemos visualizado que el sistema es capaz de despachar la cantidad correcta de alcohol según los parámetros establecidos en la HMI. Se observaron tiempos de despacho y un control adecuado del flujo de alcohol mediante las válvulas y bombas controladas por el PLC. Las simulaciones indican que el sistema cumple con los objetivos establecidos.

CONCLUSIONES:

El sistema automatizado de despacho de alcohol permitió la ejecución controlada y precisa del proceso, logrando cumplir con los tiempos y cantidades programadas. El uso del PLC y la HMI facilita la supervisión y control de cada etapa del proceso, garantizando seguridad y eficiencia en el despacho de alcohol.

4.5.Evaluación de los Resultados Obtenidos: Práctica 5: Receta de Salsa de Mostaza

		<h2>GUÍA DE PRÁCTICA DE LABORATORIO</h2>	
CARRERA: ELECTRÓNICA		ASIGNATURA: Automatización y Control	
NRO. PRÁCTICA:	1	TÍTULO PRÁCTICA: Receta de Salsa de Mostaza	
OBJETIVO: - - OBJETIVO GENERAL: Implementar un sistema automatizado para la preparación de salsa de mostaza, controlado mediante un PLC y supervisado a través de una interfaz HMI. La práctica incluirá el control de dosificación precisa de ingredientes como huevo, aceite, vinagre, y agua, de acuerdo a una receta establecida.			
OBJETIVOS ESPECÍFICOS: Diseñar y configurar el sistema para la mezcla automatizada de los ingredientes de la salsa de mostaza, controlando las proporciones exactas de cada uno. Programar el PLC para realizar el proceso de dosificación y mezcla de los ingredientes, así como su posterior transferencia al tanque de producto final. Validar el correcto funcionamiento del sistema mediante pruebas y simulaciones del proceso completo de producción.			
INSTRUCCIONES		3. Revisar el manual de práctica paso a paso.	
		<ul style="list-style-type: none"> • Configurar el sistema neumático y eléctrico según el diagrama proporcionado. • Realizar las conexiones y cargar el programa en el PLC. • Ejecutar el proceso de secado y monitorear los resultados a través de la HMI. • Documentar los resultados y las observaciones en el reporte de la práctica. 	
ACTIVIDADES POR DESARROLLAR			
I etapa: Configuración Inicial El sistema se inicia configurando la cantidad de kilogramos de levadura a procesar a través de la interfaz HMI. Esta cantidad está directamente relacionada con el ciclo de carga: cada 100 kg representan un ciclo completo de llenado del primer depósito. La temperatura de operación también debe ser ajustada en esta etapa, asegurando que la cuchilla metálica térmica esté lista para cortar y secar la levadura de manera efectiva.			
II etapa: Ciclo de Carga y Preparación del Depósito			

Una vez configurados los kilogramos y la temperatura, por medio del doble efecto del cilindro se acciona para llenar el primer depósito. Este proceso se repite de acuerdo con el peso configurado, garantizando que cada ciclo de carga se complete antes de proceder a la siguiente etapa. El sistema monitorea y regula automáticamente la apertura de las válvulas EV1 y EV2, según el tiempo de operación definido en la HMI, asegurando un flujo constante y controlado de material.

III etapa: Transferencia y Secado Final

Tras completar los ciclos de carga, se activa la válvula EV3 durante el tiempo previamente definido, permitiendo que la levadura procesada se transfiera al depósito de almacenamiento final. Al final de este ciclo, el motor M3 se enciende, aspirando los kilogramos de levadura hacia el depósito grande. Este motor está programado para operar en sincronía con la apertura de la EV3, optimizando la transferencia del material sin pérdidas ni interrupciones.

RESULTADO(S) OBTENIDO(S):

CONCLUSIONES:

4.6.Evaluación de los Resultados Obtenidos: Práctica 6: Sistema Automatizado de Tapado de Envases con Transporte Integrado

		<h2>GUÍA DE PRÁCTICA DE LABORATORIO</h2>	
CARRERA: ELECTRÓNICA		ASIGNATURA: Automatización y Control	
NRO. PRÁCTICA:	1	TÍTULO PRÁCTICA: Sistema Automatizado de Tapado de Envases con Transporte Integrado	
OBJETIVO: OBJETIVO GENERAL: La implementación del sistema automatizado para el proceso de tapado de tarros de pintura utilizando sensores, y motor para simular un proceso real de línea de producción.			
OBJETIVOS ESPECÍFICOS: Diseñar y configurar el sistema de tapado de tarros de pintura. Programar el PLC para controlar el proceso de tapado de forma secuencial. Validar el funcionamiento del sistema a través de pruebas de operación y monitoreo en la interfaz HMI.			
INSTRUCCIONES		<ul style="list-style-type: none"> • Revisar el manual de práctica paso a paso. • Configurar el sistema neumático y eléctrico según el diagrama proporcionado. • Realizar las conexiones y cargar el programa en el PLC. • Ejecutar el proceso de tapado de tarros y monitorear los resultados a través de la HMI. • Documentar los resultados y las observaciones en el reporte de la práctica. 	
<h3>ACTIVIDADES POR DESARROLLAR</h3>			
I etapa: Validación del tarro de pintura El proceso comienza al presionar el botón START en la interfaz HMI. Se activa el sensor SA, que verifica la presencia del tarro de pintura en la posición inicial. Una vez validado, el motor M1 se enciende, desplazando el tarro de pintura hacia adelante en la cinta transportadora.			
II etapa: Posicionamiento del tarro para el tapado			

El sensor SB detecta la posición del tarro en la zona de tapado y mantiene el motor M1 encendido por unos segundos adicionales para asegurar que el tarro esté correctamente posicionado. A continuación, se activa la válvula EV1, que suelta la tapa justo encima del tarro.

III etapa: Tapado del tarro y liberación

La válvula EV2 se activa, ejecutando el mecanismo que presiona la tapa sobre el tarro, completando el proceso de tapado. El vástago de EV2 se retrae, mientras que EV1 libera el tarro ya tapado. Finalmente, el motor M1 vuelve a activarse para desplazar el tarro fuera de la línea, preparando el sistema para un nuevo ciclo.

RESULTADO(S) OBTENIDO(S):

El sistema automatizado de tapado de tarros de pintura funcionó de manera correcta, logrando sincronizar el movimiento del motor M1 con las válvulas EV1 y EV2. Los sensores SA y SB detectaron correctamente la presencia del tarro en las diferentes fases del proceso, y el mecanismo de tapado operó sin interrupciones.

CONCLUSIONES:

La práctica permitió representar un proceso industrial automatizado para el tapado de tarros de pintura, donde se comprobó la importancia de la sincronización entre sensores, actuadores y motores. Se lograron los objetivos de automatización utilizando un PLC y se validó la secuencia lógica del proceso.

PRESUPUESTO

A continuación detallamos por medio de la siguiente tabla el presupuesto del proyecto:

Tabla 2.

Valores del proyecto.

			
DESCRIPCIÓN	CANT.	V.UNIT (\$)	VALOR TOTAL (\$)
Cilindro doble efecto Festo	2	44.95	89.9
Laminas de aluminio	7	20	140
Sensor de posición Festo	1	50	50
Distribuidor de Aire	1	175.07	175.07
Unidad de mantenimiento 1/4" Festo	1	67.84	67.84
Luz 16mm LED Roja 24VDC	1	1.6	1.6
Cable #16 Negro	30	0.5	15
Cable #16 Rojo	6	0.6	3.6
Riel DIN Terminales	1	\$1.49	\$1.27
Relé Base MK2P-1 CSC	2	\$2	\$2.53
Breaker Riel ABB	1	\$12	\$10.20
Cable #16 Verde	20	0.5	10
Terminales 90 y Uña	1	10	10
Luz 16mm LED Verde 24VDC	4	1.6	6.4
Pulsador de emergencia de 14mm	1	12	12
Juegos de Plugs hembra (terminal banana)	500	0.8	400
Sensor Inductivo Ø18mm NPN NO 12-24VDC	2	\$30	\$60
Regulador de Caudal Banjo 6mm	4	\$3.82	\$15.28
Sensor Magnético Tipo Riel 2 hilos	4	\$16.02	\$64.08
Banda Transportadora	1	\$520	\$520
Soportes de Montaje	1	\$190	\$190
Pegamento Epoxi	1	\$3.15	\$3.15
Silicona	1	\$2.80	\$2.80
Pintura Beige	1	\$6.50	\$6.50
Spray Negro	1	\$3	\$3
Base para Relay de 8 pines	10	5	50
Disyuntor Principal de 2P-40A	1	14	14
Fusibles tipo 10x38 mm 2A y 4A	5	0.5	2.5
Base Portafusibles	5	2	10
Tomacorriente y enchufe	5	12	60
TOTAL		\$	1996.72

CONCLUSIONES

Se concluye que la elaboración del módulo metálico, integrado por láminas de sensores e indicadores, ha permitido asegurar la funcionalidad del sistema. La correcta disposición de estos componentes en el módulo contribuye a su correcto funcionamiento y facilita el acceso a cada elemento, mejorando así la interacción entre el sistema y el estudiante durante las prácticas industriales.

La esquematización del sistema de soportes fue la base para el correcto montaje y disposición de los equipos electrónicos en el módulo. El diseño y la disposición de los soportes garantizan la estabilidad de los dispositivos durante su uso, permitiendo una implementación segura y organizada de los distintos componentes en cada una de las prácticas.

La creación y posterior implementación de las seis prácticas industriales permitió validar la funcionalidad del módulo de entrenamiento. Las simulaciones previas mediante software fueron clave para anticipar posibles inconvenientes, optimizar la ejecución de prácticas y nos ayuda a asegurar que los jóvenes estudiantes pudieran interactuar con sistemas reales bajo condiciones controladas y seguras. Esto contribuye a una mayor comprensión de los procesos industriales, reforzando el aprendizaje teórico-práctico.

RECOMENDACIONES

Durante la implementación del proyecto, es crucial realizar una serie tentativa de pruebas para validar la correcta operatividad del módulo y asegurar que los parámetros de cada práctica sean precisos. Se recomienda hacer pruebas exhaustivas para garantizar que las simulaciones realizadas en el software se correspondan fielmente con las ejecuciones físicas en el módulo.

Durante las prácticas, es recomendable realizar un monitoreo continuo del desempeño de los sistemas involucrados (sensores, actuadores, y HMI). Esto permitirá identificar cualquier desajuste o falla y corregirlo de manera inmediata, garantizando así que los resultados obtenidos durante las prácticas sean consistentes y confiables.

Es recomendable revisar la disposición de los equipos en el módulo de entrenamiento para asegurar que el espacio sea optimizado. Los componentes deben estar dispuestos de manera ordenada para facilitar el acceso a los estudiantes mientras realicen las prácticas, minimizando las amenazas a posibles accidentes y facilitando el aprendizaje.

Finalmente, se recomienda que, antes de su uso, estudiantes reciban una capacitación adecuada sobre el manejo de los equipos y las interfaces del sistema. Esto asegurará un uso óptimo del módulo y reducirá el tiempo dedicado a resolver posibles dudas o problemas durante las sesiones de prácticas.

BIBLIOGRAFÍA

- Disumtec . (2024). *CILINDRO ISO-6432 SIMPLE EFECTO VASTAGO RETRAIDO*.
Obtenido de <https://www.disumtec.com/es/cilindros-neumaticos/50100004-cilindro-iso-6432-simple-efecto-vastago-retraido.html>
- Adajusa. (2021). *Cilindro 32x80 doble efecto - Mindman*. Obtenido de <https://adajusa.es/es/cilindros-neumaticos-o32-mindman/3555-cilindro-32x80-doble-efecto-mindman-8435532835554.html>
- autycom. (2020). *SIMATIC S7-1500 CPU compacta CPU 1512C-1 PN, módulo central con memoria principal 250 KB para programa y 1 MB para datos, 32 entradas digitales, 32 sa* . Obtenido de <https://www.autycom.com/producto/simatic-s7-1500-cpu-compacta-cpu-1512c-1-pn-modulo-central-con-memoria-principal-250-kb-para-programa-y-1-mb-para-datos-32-entradas-digitales-32-sa/>
- Delgado Prieto, M. (15 de 07 de 2021). *Diseño e implementación de una aplicación de control de proceso industrial sobre pantalla HMI*. Obtenido de <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/355626>
- Duțu, I., Axinte, T., Maican, E., Nuțu, C., & Diaconu, M. (2022). The use of double-acting cylinders in electro-hydraulic circuit. *Technium: Romanian Journal of Applied Sciences and Technology*, 15-20. doi:10.47577/TECHNIUM.V4I5.6675
- Giménez Paredes, Á. (22 de 07 de 2019). *Proyecto de automatización de una línea de producción de engranajes mediante autómatas S7-1200 y HMI KTP700 basic de Siemens*. Obtenido de <https://riumet.upv.es/handle/10251/126116>
- Guzmán, D. (2022). *¿Qué es la neumática?* Obtenido de <https://www.fabricacionmecanica.es/la-neumatica/>
- Hernández Mancipe, J. D., & Blanco Vera, G. A. (2019). *Desarrollo de un sistema de control automático para accionadores neumáticos de simple y doble efecto, utilizando el software de programación ISP SOFT, con su terminal de diálogo DOP-107BV, en el entorno de las prácticas de la UTS*. Obtenido de <http://repositorio.uts.edu.co:8080/xmlui/handle/123456789/13618>

- JOEL, C. P. (2022). *Automatización de un sistema electropneumático para la clasificación de materiales en un sistema de producción*. QUITO. Obtenido de <http://dspace.istvidanueva.edu.ec/xmlui/handle/123456789/211>
- Miyazawa, I. (2021). A Basic Consideration on Safety of the Programs with Ladder Diagram. *The transactions of the Institute of Electrical Engineers of Japan.*, 720-726. doi:10.1541/IEEJFMS.124.720
- Pneumatic Solution LTDA. (2023). *Proveedor de racores neumáticos Serie de plástico Fabricante de racores de aire a presión*. Obtenido de <https://pneumaticsolution.com.co/?product=proveedor-de-racores-neumaticos-serie-de-plastico-fabricante-de-racores-de-aire-a-presion>
- Proportion-Air, Inc. (29 de 10 de 2021). *Improving Applications with Electro-Pneumatic Pressure Control*. Obtenido de <https://fluidhandlingpro.com/fluid-process-technology/pressure-control-pressure-measurement/improving-applications-with-electro-pneumatic-pressure-control/>
- Quynh, N. X., & Tung, T. T. (2023). Design and Fabrication of a Prototype Pneumatic Cylinder. *Industrial Engineering 2023, Volume 7, Page 1*, 1-6. doi:10.11648/J.IE.20230701.11
- Schultz Automatización e Ingeniería. (2024). *Electroválvulas G1/2"*. Obtenido de <https://www.schultza.cl/product-page/electrov%C3%A1lvulas-g1-2-2790nl-min-c-led-ip65>
- Siemens. (2022). *SIMATIC HMI, KTP700 Basic, Basic Panel, Manejo con teclado/táctil, pantalla TFT de 7", 65536 colores, Interfaz PROFINET, configurable a partir de WinCC Basic V13/*. Obtenido de <https://mall.industry.siemens.com/mall/es/es/Catalog/Product/6AV2123-2GB03-0AX0>
- Siemens SIMATIC HMI, K. B. (s.f). *Siemens S.A.* Obtenido de <https://mall.industry.siemens.com/mall/es/WW/Catalog/Product/6AV2123-2GB03-0AX0>

- Xiao, H., Meng, Q., Lai, X., Wang, Y., & She, J. (2024). Design, performance analysis and applications of pneumatic bellows actuator for building block soft robots. *Information Sciences*, 120814. doi:10.1016/J.INS.2024.120814
- Yin, Y. (2020). Pneumatic Actuators, Driving Elements, and Accessories. *High Speed Pneumatic Theory and Technology Volume II*, 1-49. doi:10.1007/978-981-15-2202-4_8

ANEXOS

Practicas_Coello_Lopez_implementacion_oficial_V6 / PLC_1 [CPU 1516-3 PN/DP] / Bloques de programa

Practica_1: Levadura [FC1]

Practica_1: Levadura Propiedades

General

Nombre	Practica_1: Levadura	Número	1	Tipo	FC	Idioma	KOP
--------	----------------------	--------	---	------	----	--------	-----

Numeración	Automático
------------	------------

Información

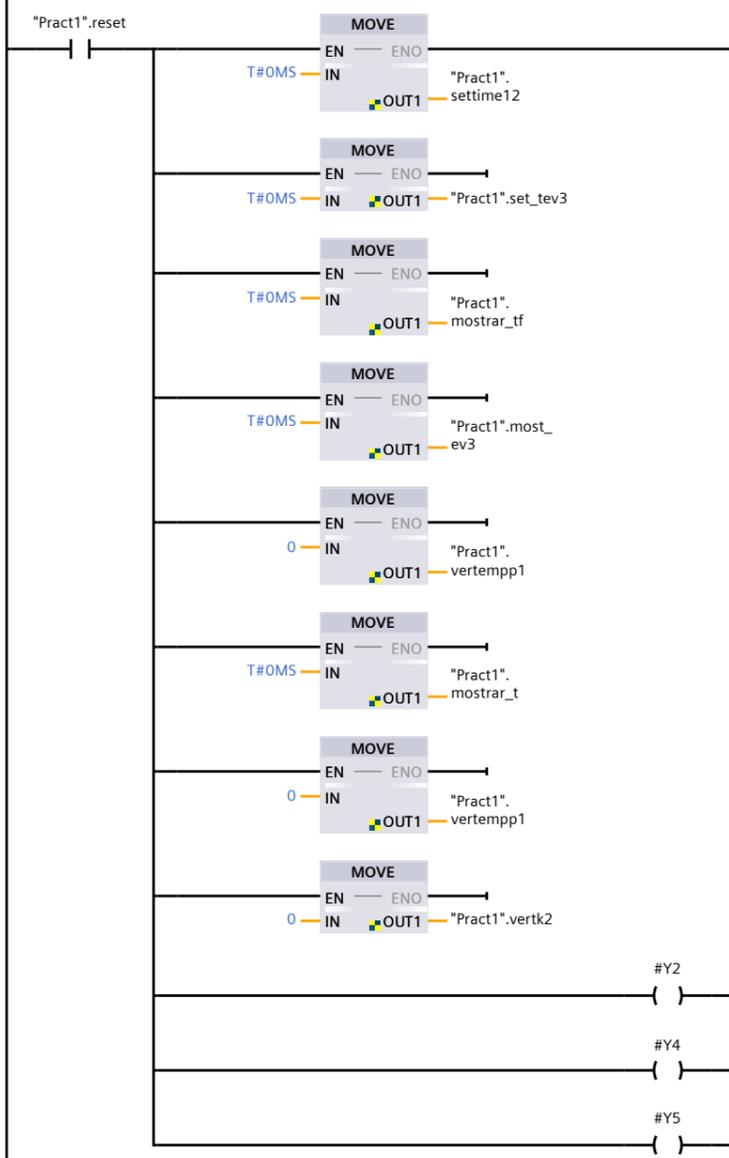
Título		Autor		Comentario		Familia	
--------	--	-------	--	------------	--	---------	--

Versión	0.1	ID personalizado	
---------	-----	------------------	--

Practica_1: Levadura

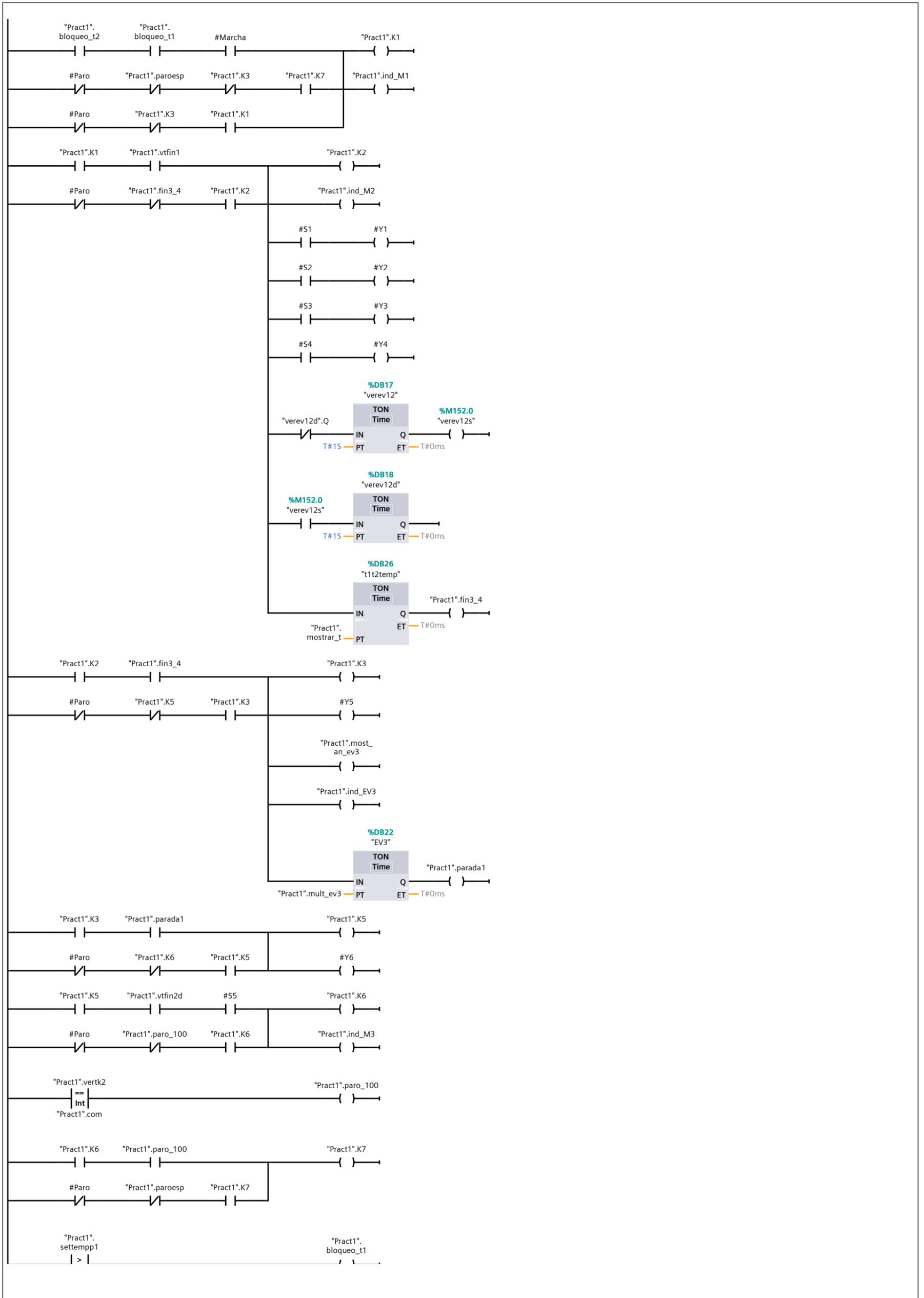
Nombre	Tipo de datos	Valor predet.	Comentario
▼ Input			
Marcha	Bool		
Paro	Bool		
S1	Bool		
S2	Bool		
S3	Bool		
S4	Bool		
S5	Bool		
S6	Bool		
S7	Bool		
S8	Bool		
▼ Output			
Y0	Bool		
Y1	Bool		
Y2	Bool		
Y3	Bool		
Y4	Bool		
Y5	Bool		
Y6	Bool		
Y7	Bool		
Y8	Bool		
Y9	Bool		
InOut			
Temp			
Constant			
▼ Return			
Practica_1: Levadura	Void		

Segmento 1: condiciones de inicio



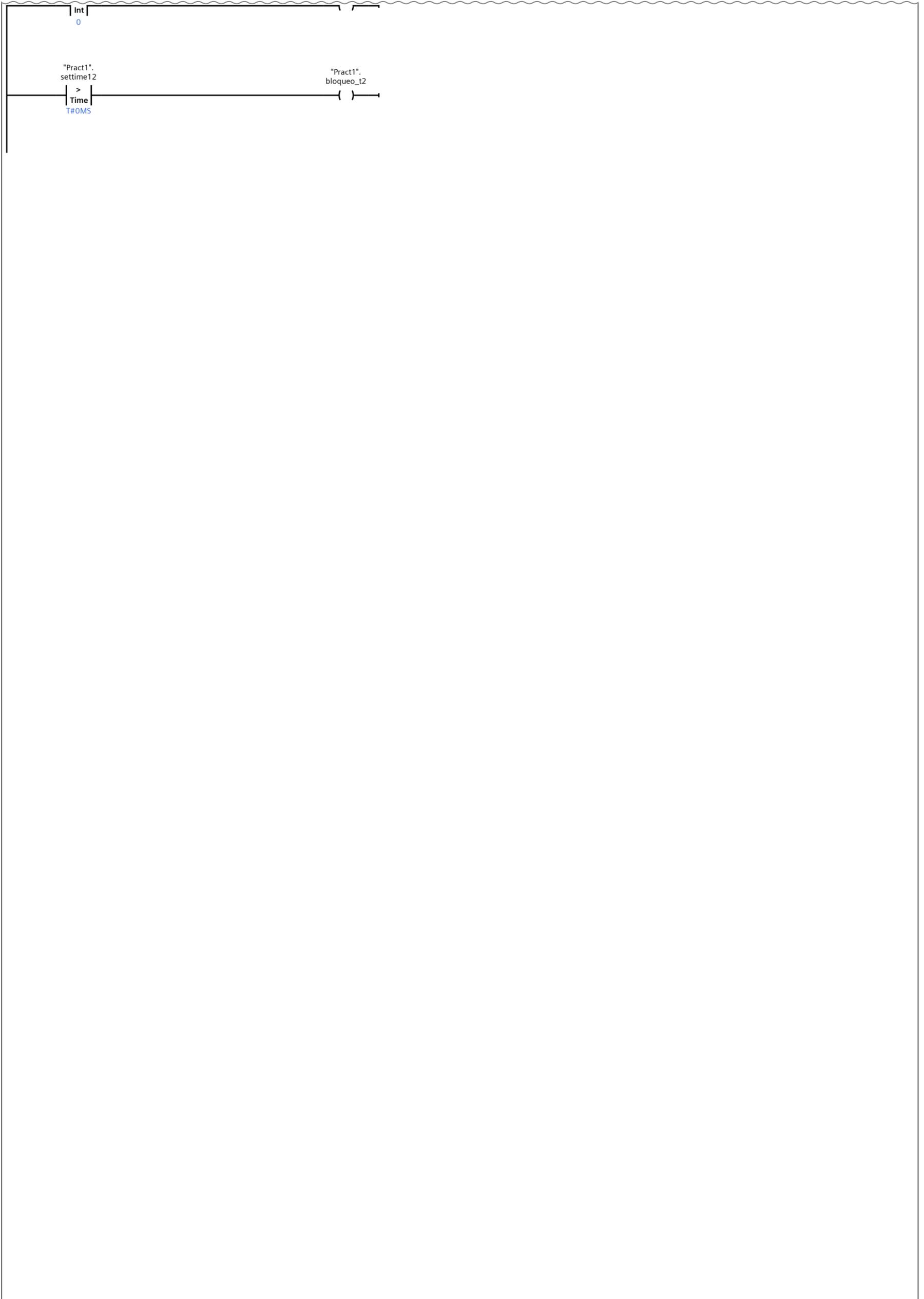
Segmento 2: Control de la practica

Segmento 2: Control de la practica (1.1 / 2.1)

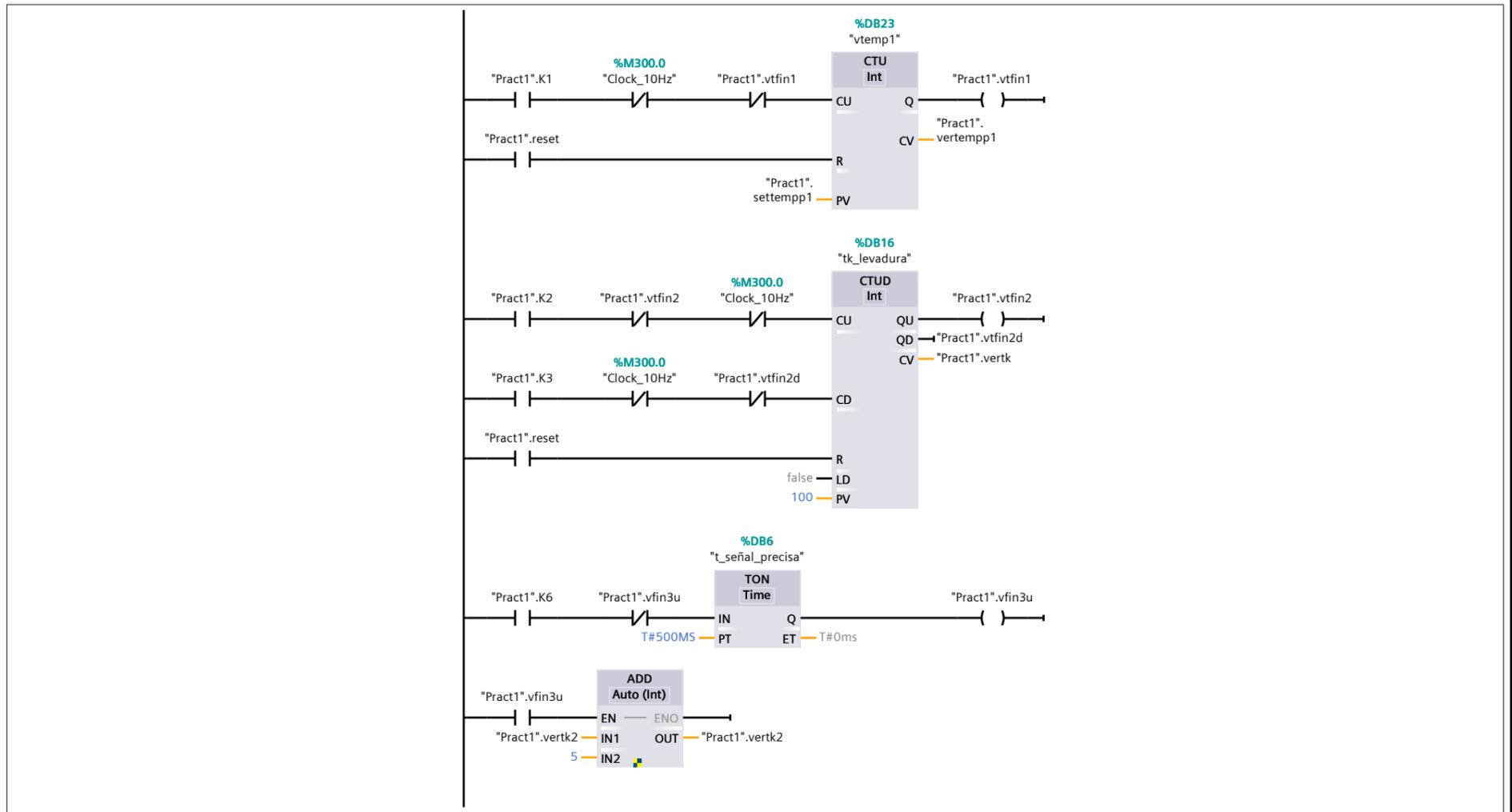


Segmento 2: Control de la practica (2.1 / 2.1)

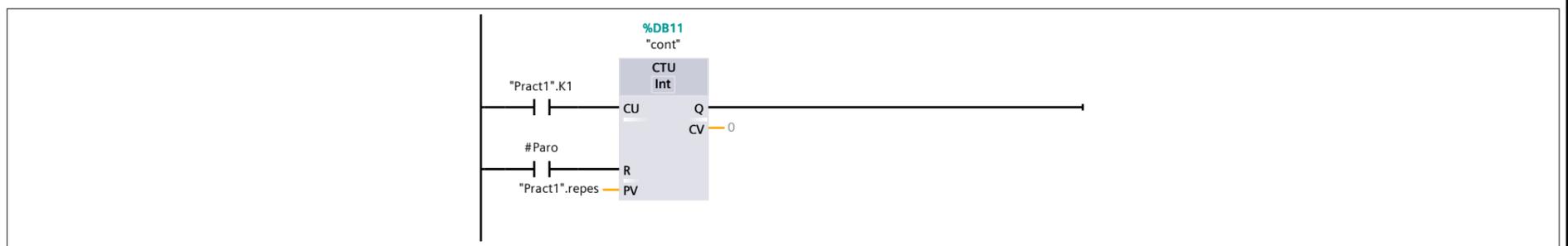
1.1 (Página1 - 3)



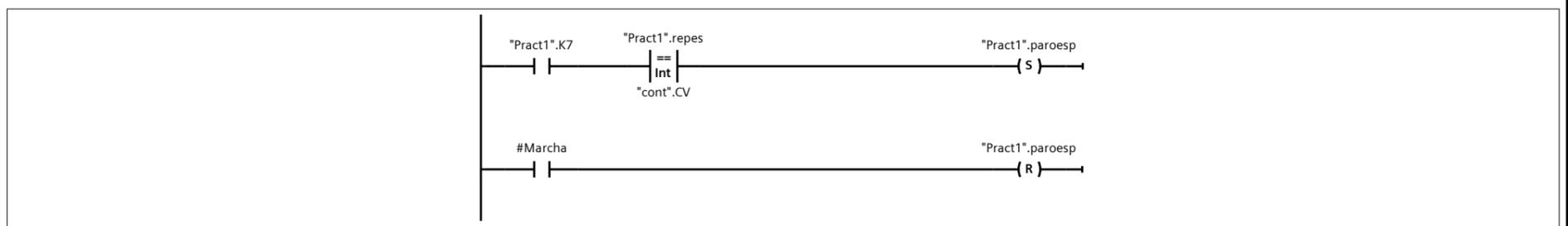
Segmento 3: Contadores para simulación de sensores y animaciones



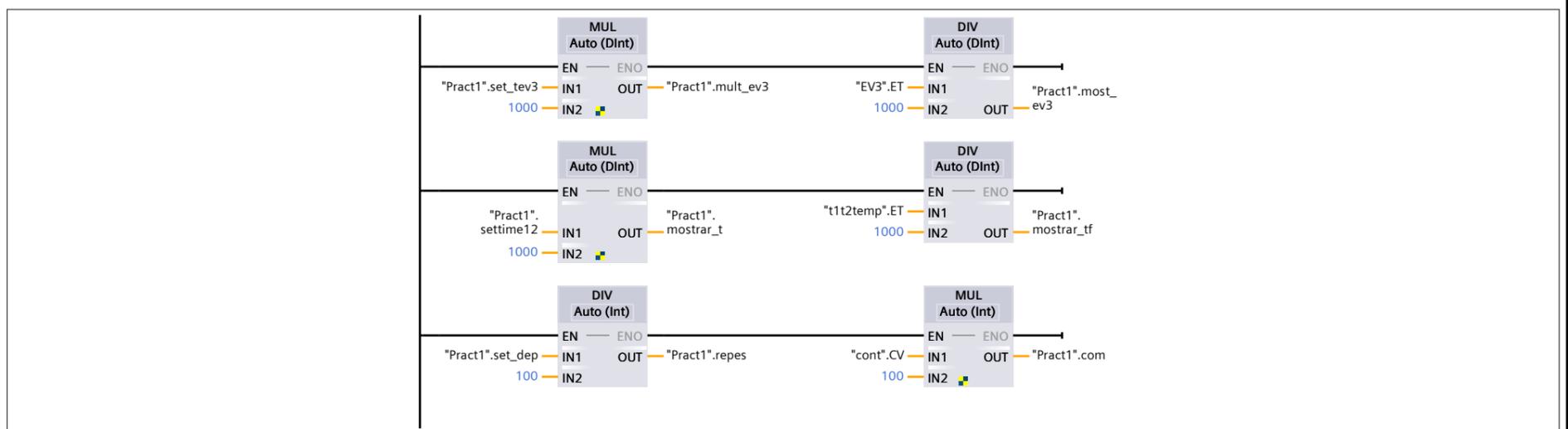
Segmento 4: Contador para reinicio de ciclo



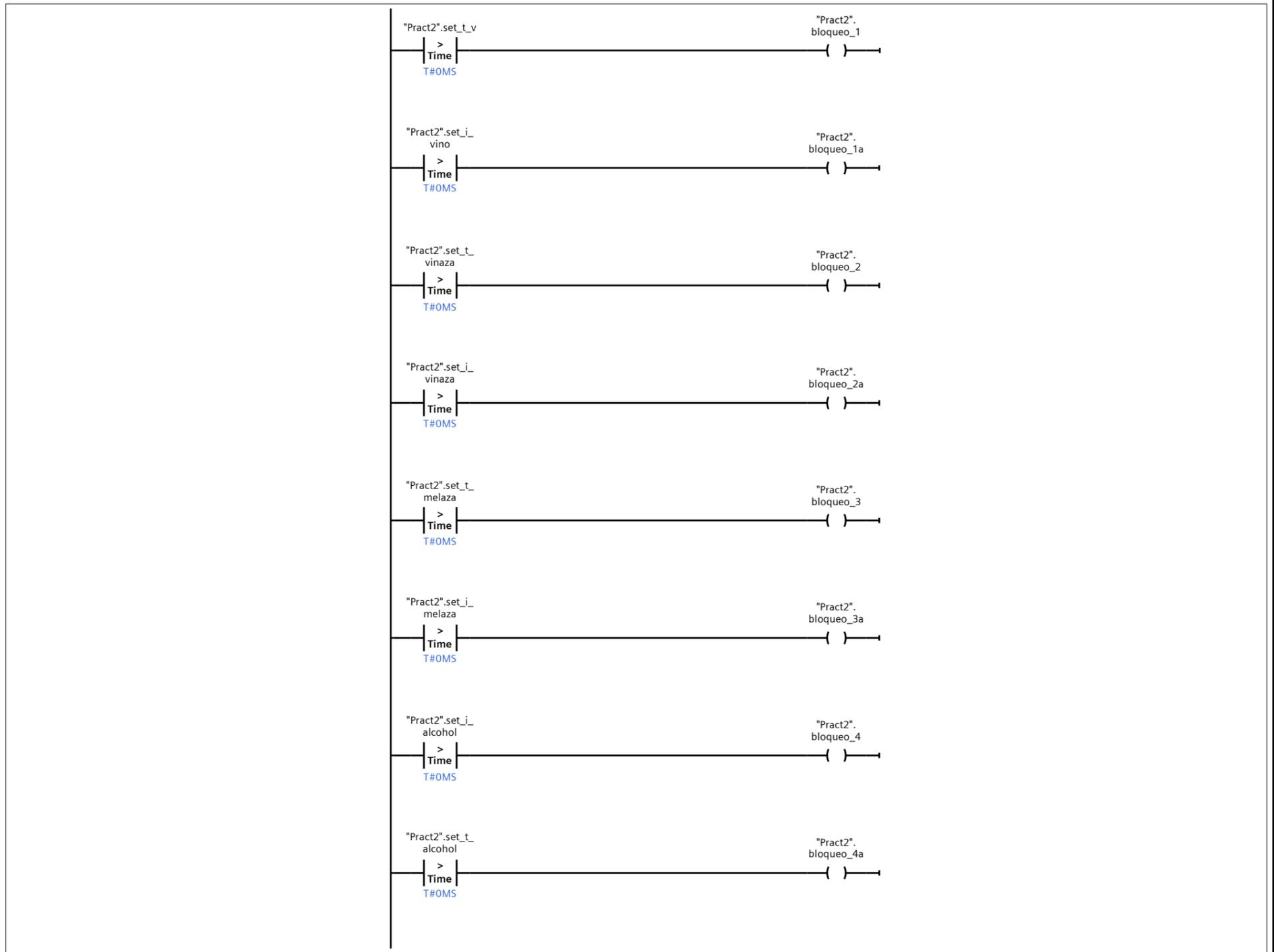
Segmento 5: Retroalimentación del sistema



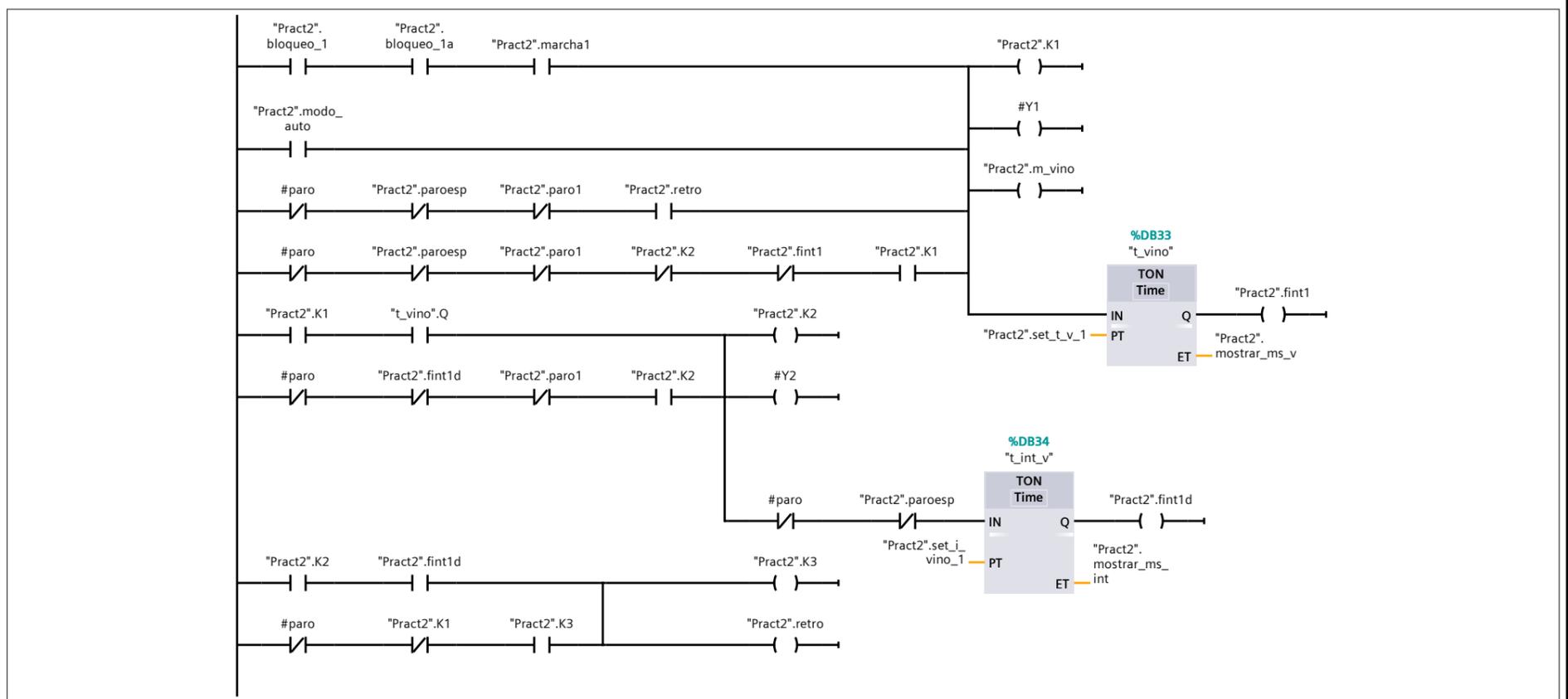
Segmento 6: CONVERSIONES



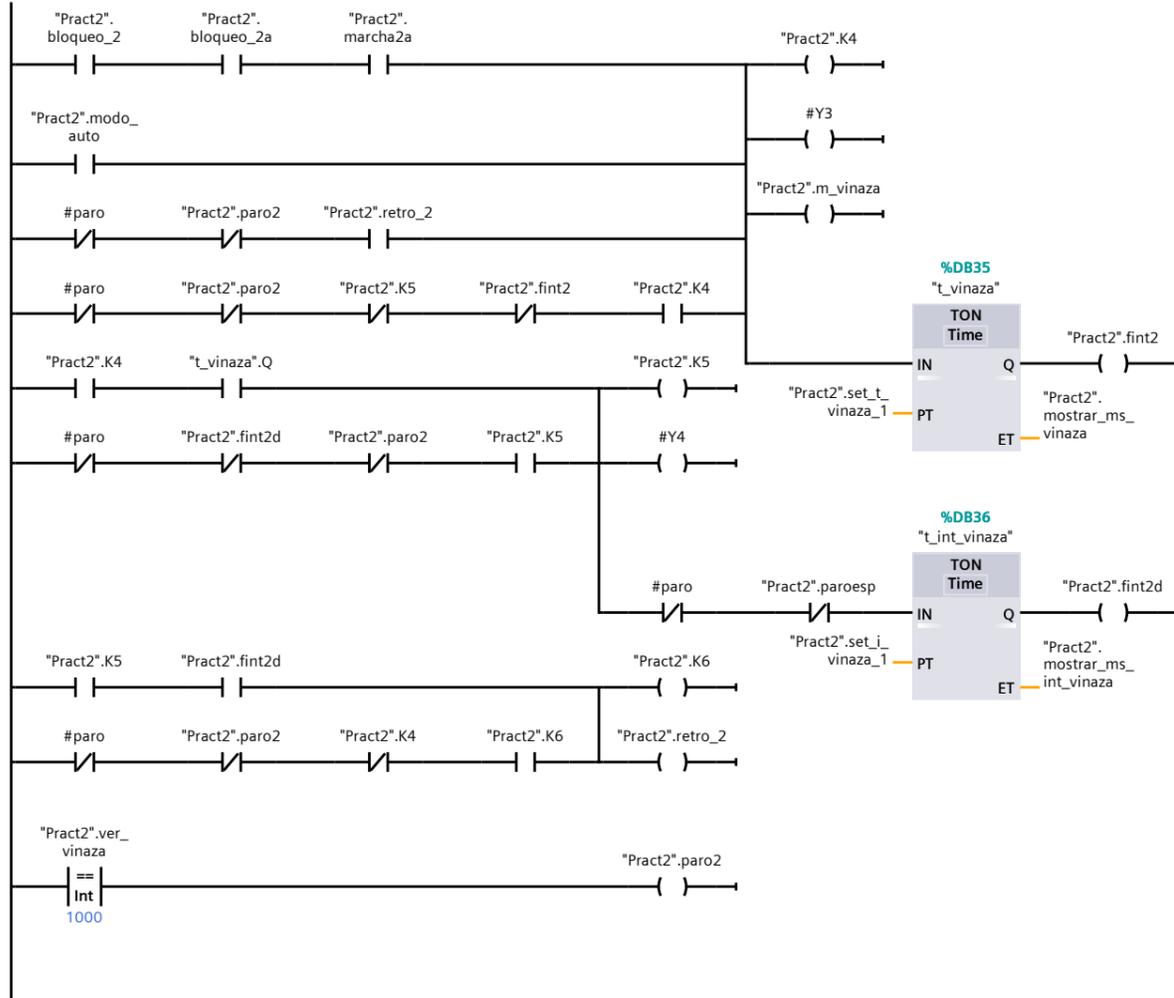
Segmento 2: BLOQUEOS



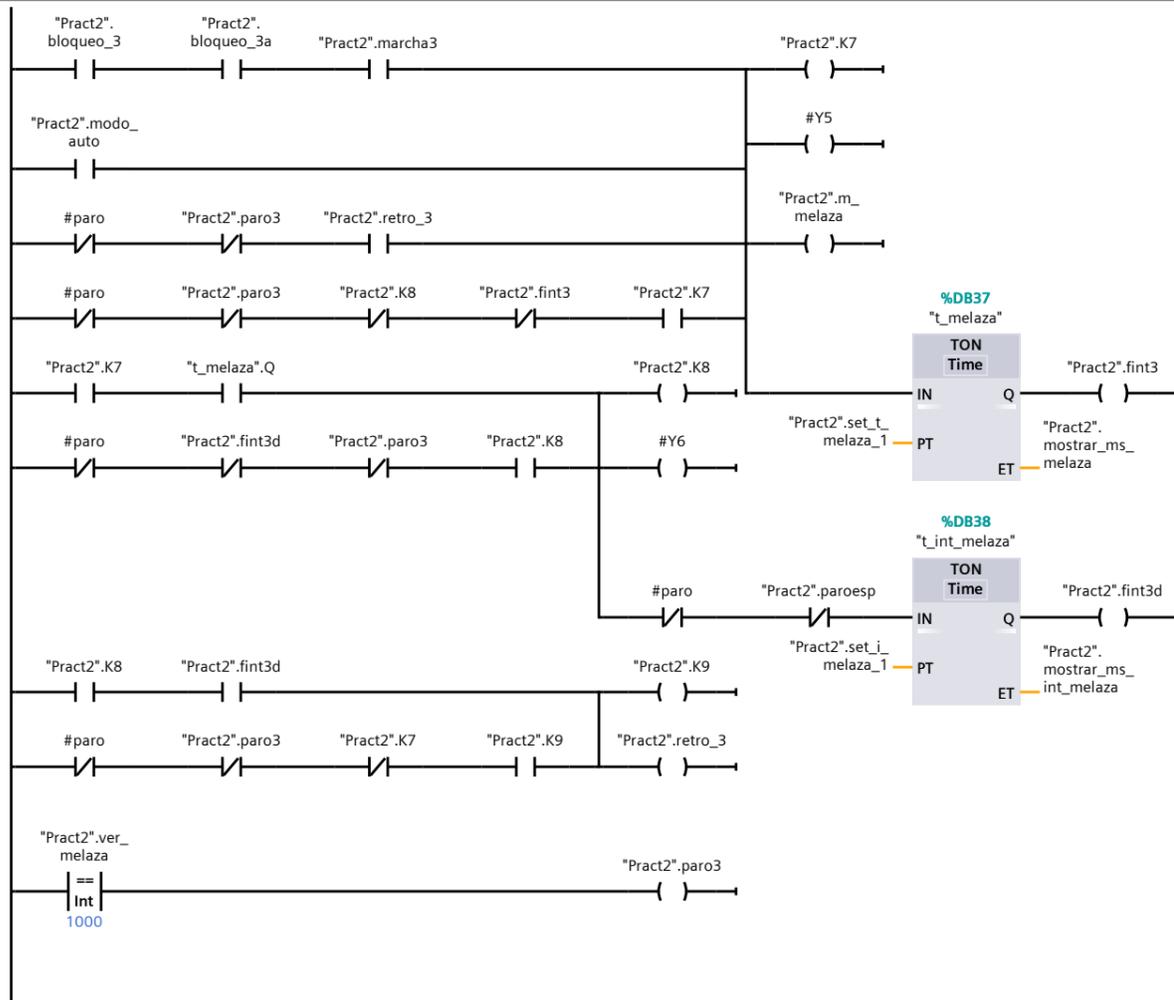
Segmento 3: Logica de Control vino



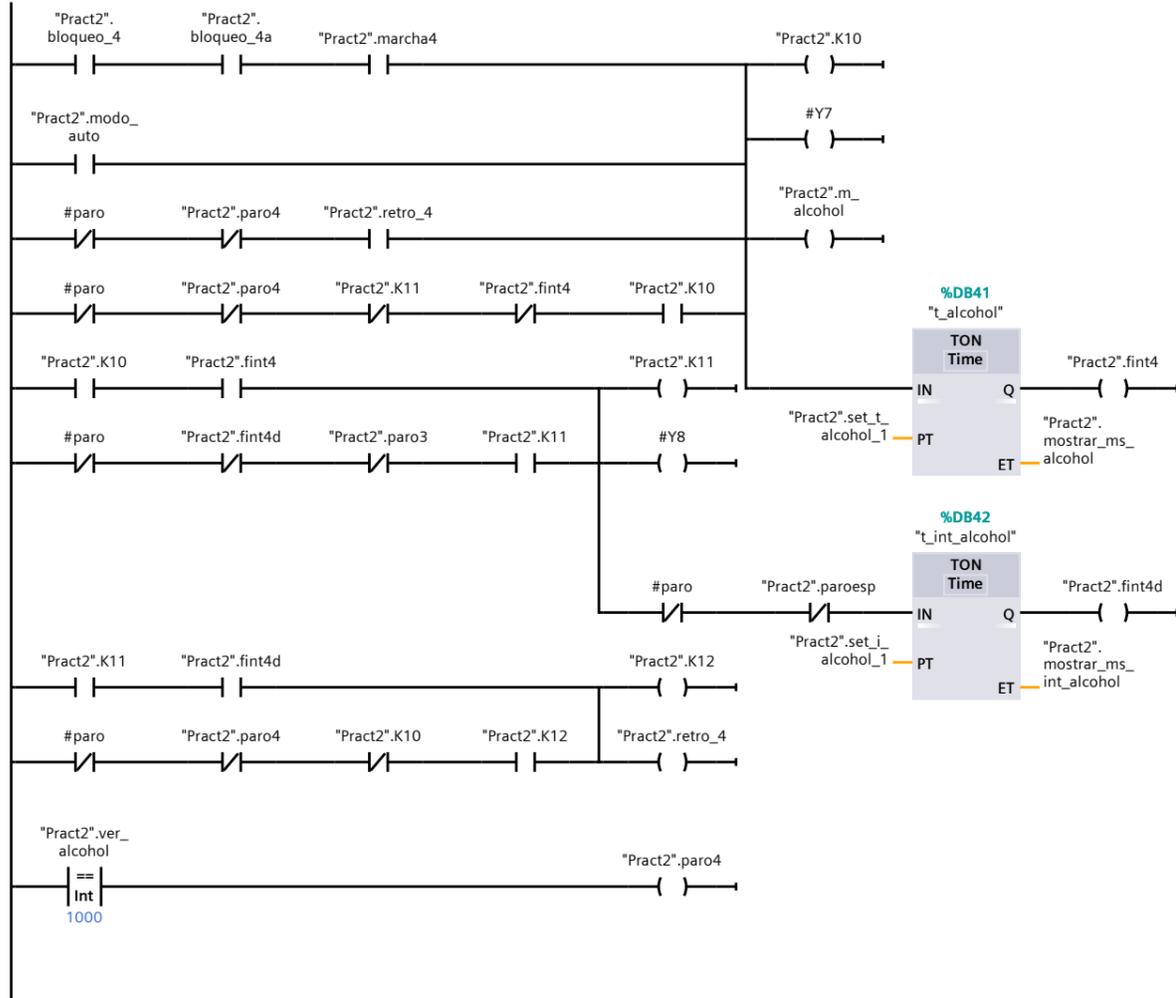
Segmento 4: Logica de Control vinaza



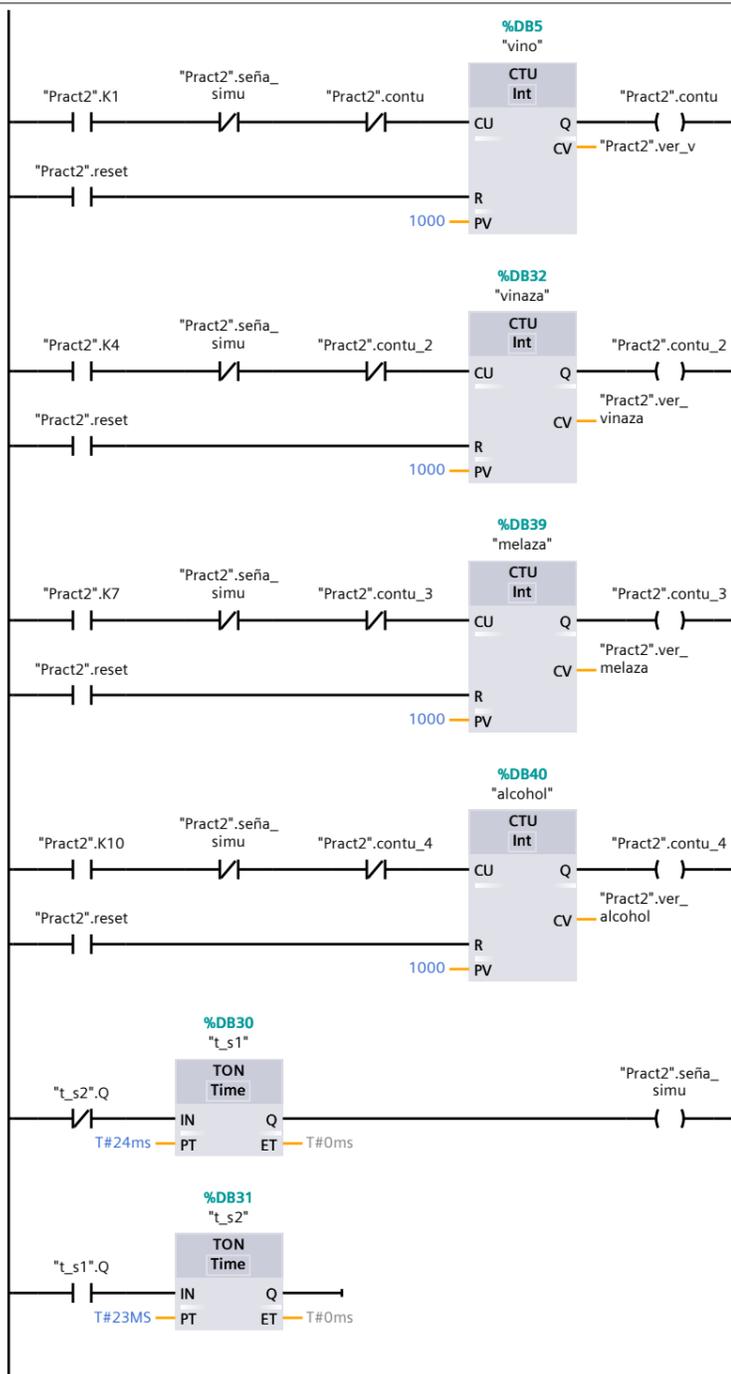
Segmento 5: Logica de Control Melaza



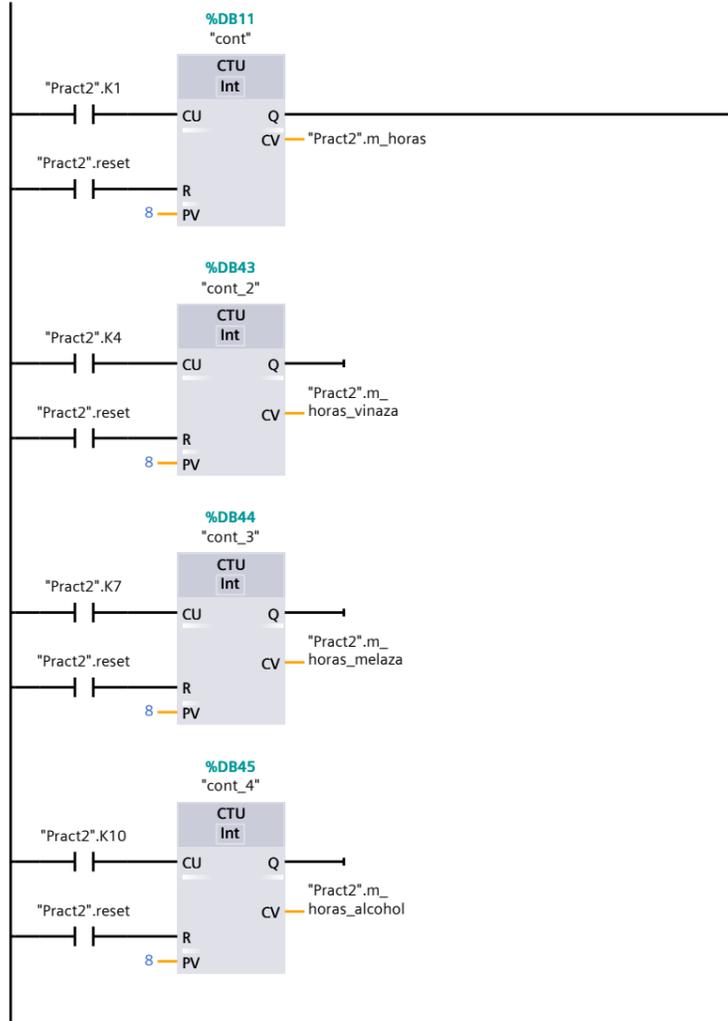
Segmento 6: Logica de Control Alcohol



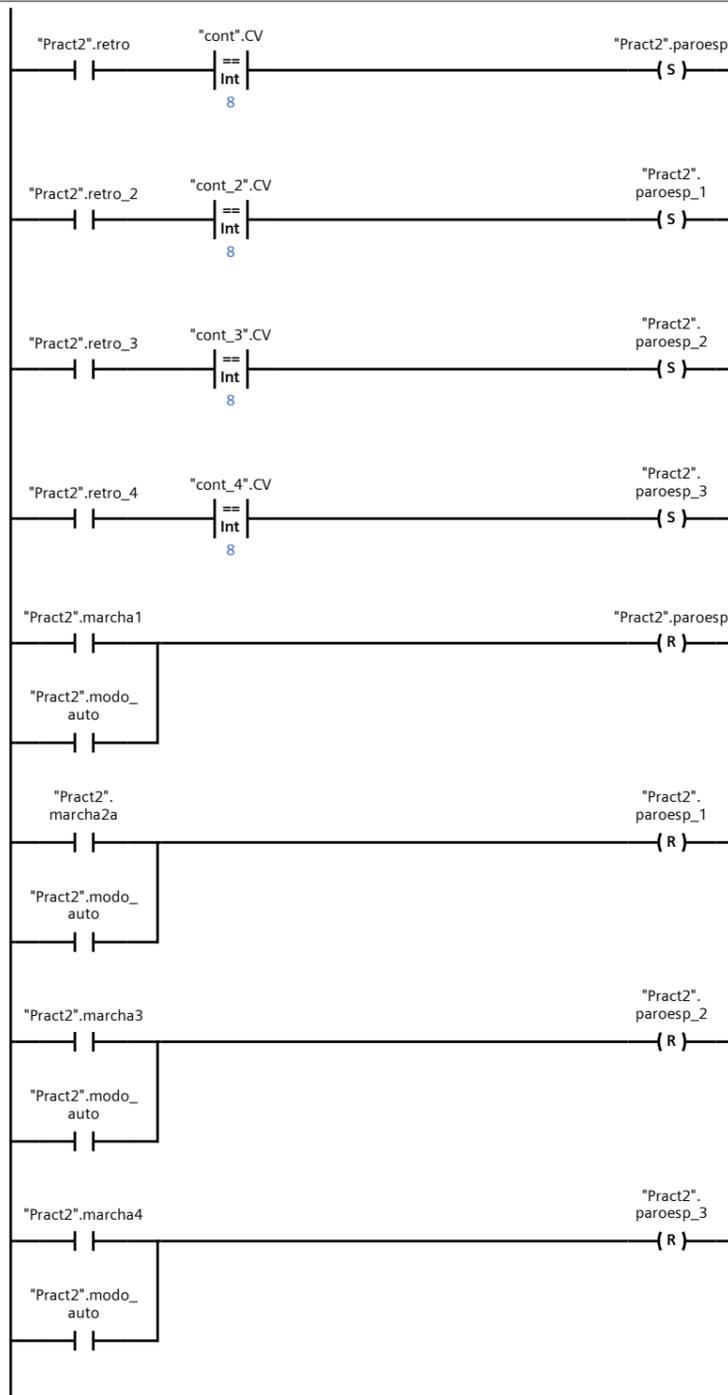
Segmento 7: Contadores



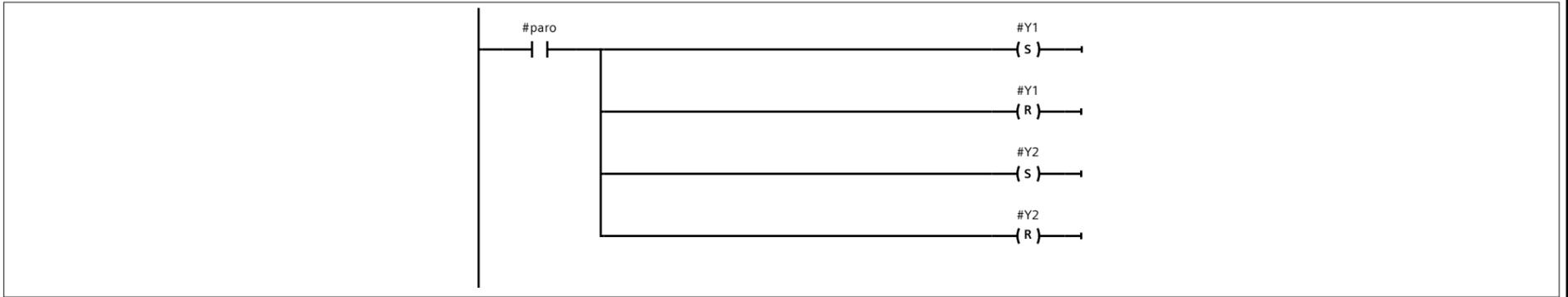
Segmento 8: CONTADORES HORAS



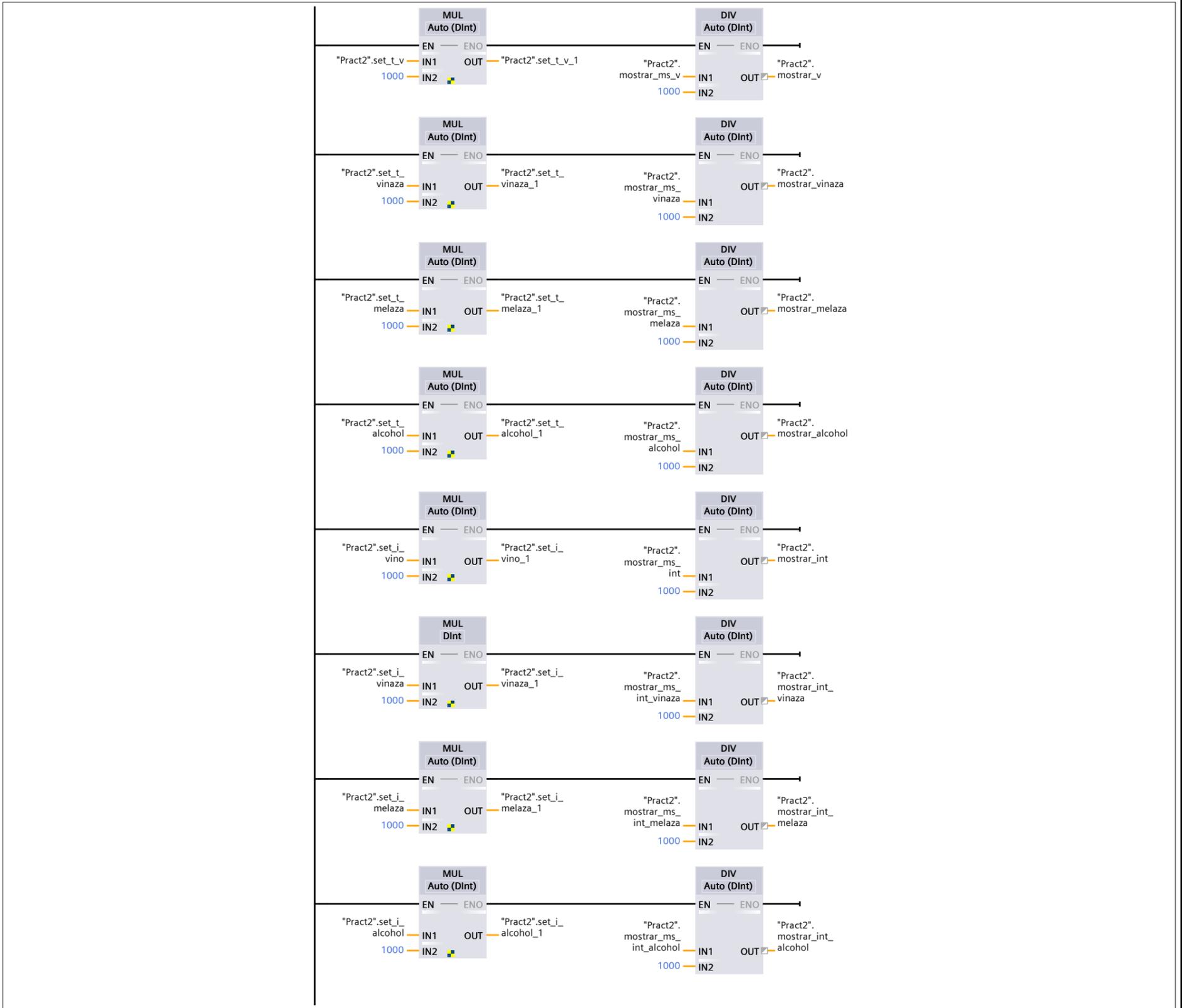
Segmento 9: PARO 8 HORAS



Segmento 10: PARO



Segmento 11: CONVERSIONES



Practicas_Coello_Lopez_implementacion_oficial_V6 / PLC_1 [CPU 1516-3 PN/DP] / Bloques de programa

Practica_3: Sacos [FC2]

Practica_3: Sacos Propiedades

General

Nombre	Practica_3: Sacos	Número	2	Tipo	FC	Idioma	KOP
--------	-------------------	--------	---	------	----	--------	-----

Numeración	Automático
------------	------------

Información

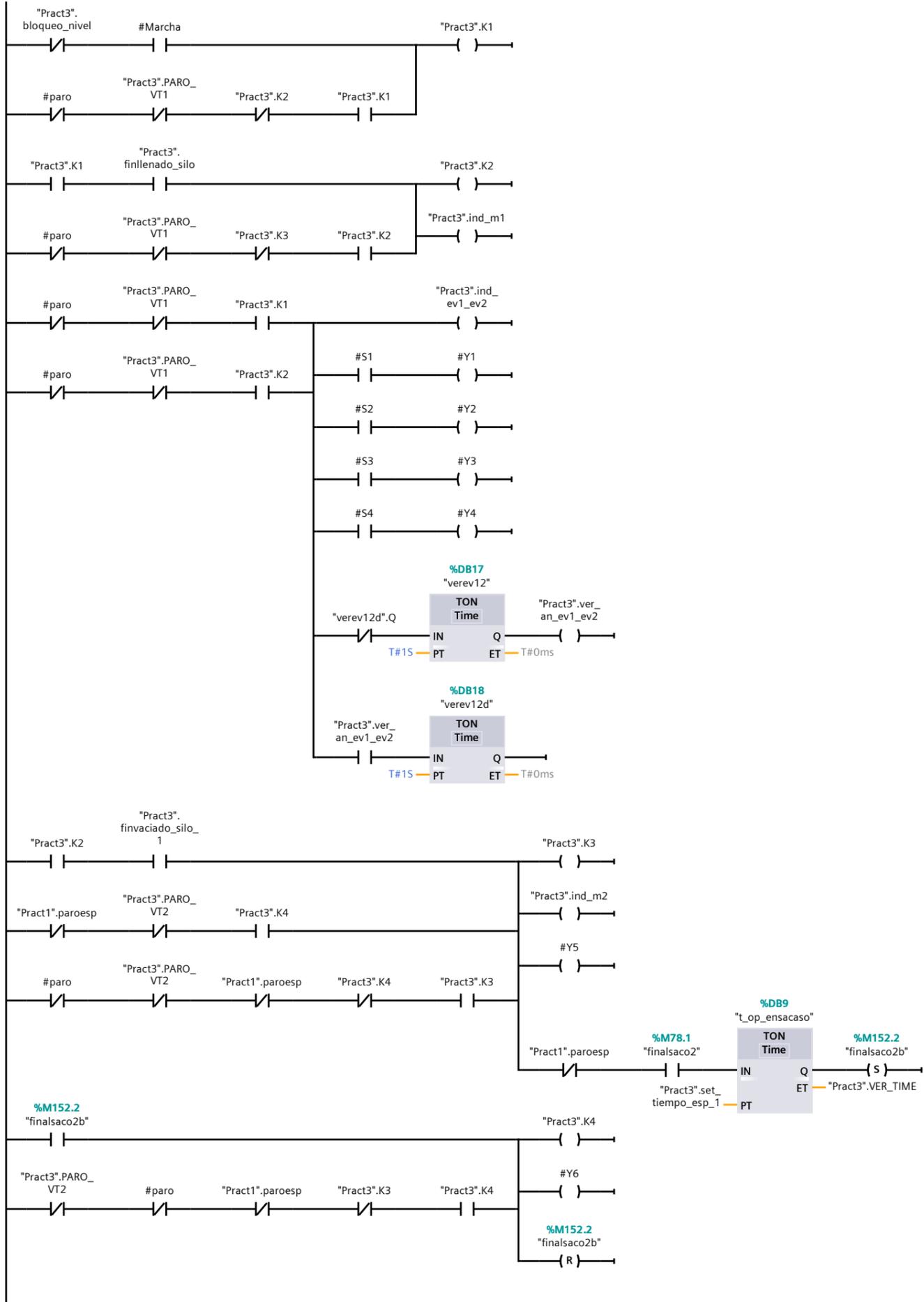
Título		Autor		Comentario		Familia	
--------	--	-------	--	------------	--	---------	--

Versión	0.1	ID personalizado	
---------	-----	------------------	--

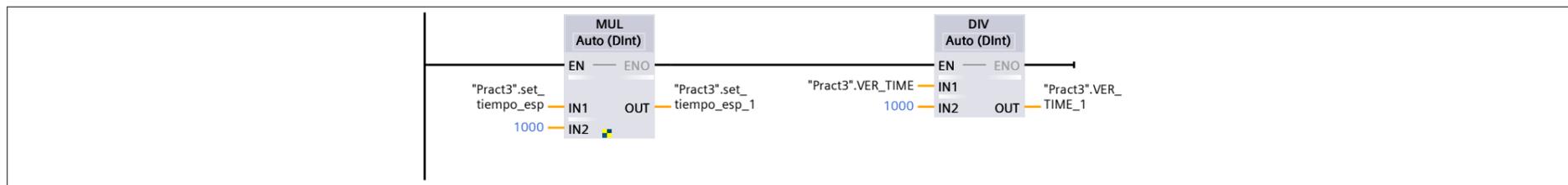
Practica_3: Sacos

Nombre	Tipo de datos	Valor predet.	Comentario
▼ Input			
Marcha	Bool		
paro	Bool		
▼ Output			
Y1	Bool		
Y2	Bool		
Y3	Bool		
Y4	Bool		
Y5	Bool		
Y6	Bool		
▼ InOut			
S1	Bool		
S2	Bool		
S3	Bool		
S4	Bool		
S5	Bool		
S6	Bool		
▼ Temp			
bloqboton	Bool		
Constant			
▼ Return			
Practica_3: Sacos	Void		

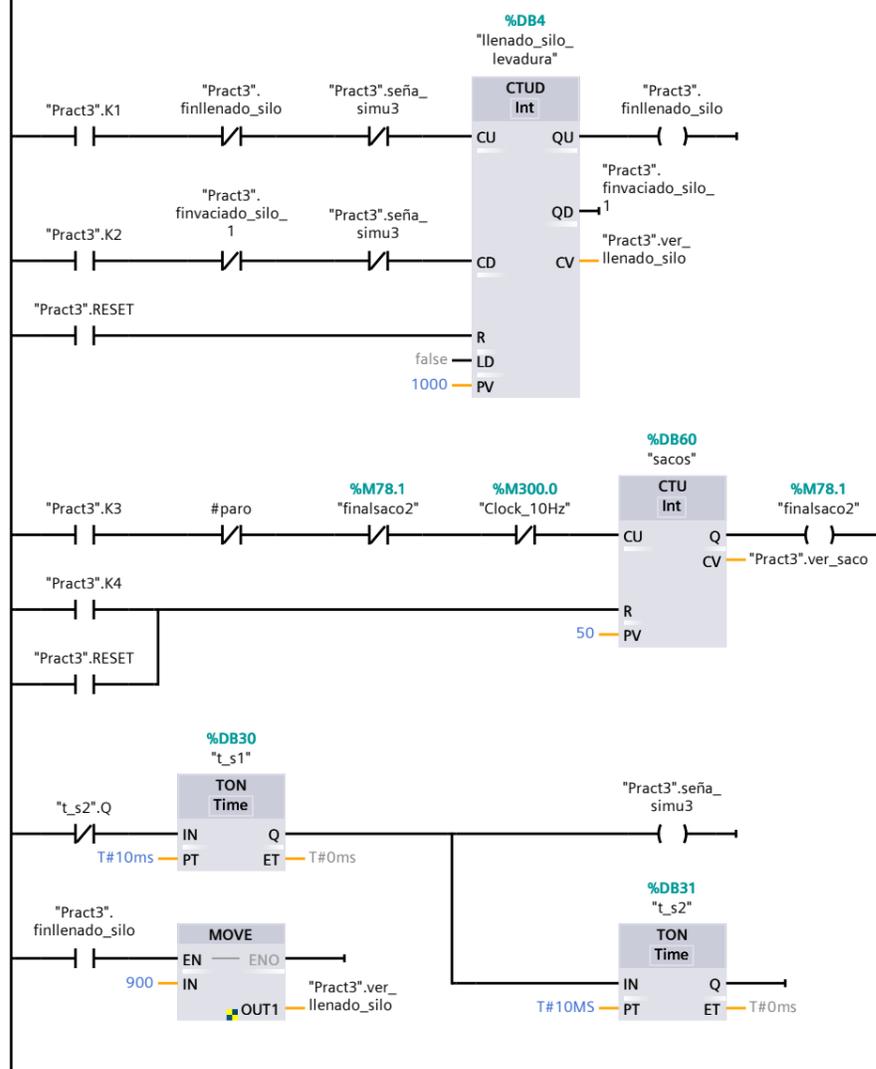
Segmento 1:



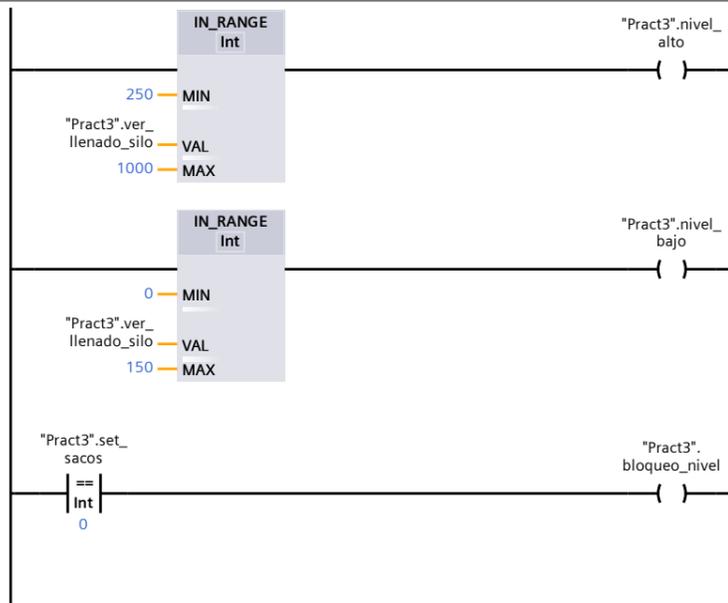
Segmento 2: CONVERSION MS A S



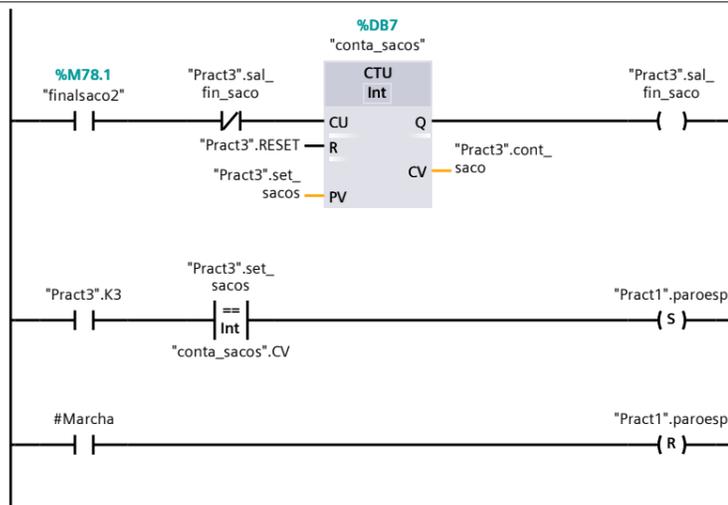
Segmento 3:



Segmento 4: NIVELES Y BLOQUEOS



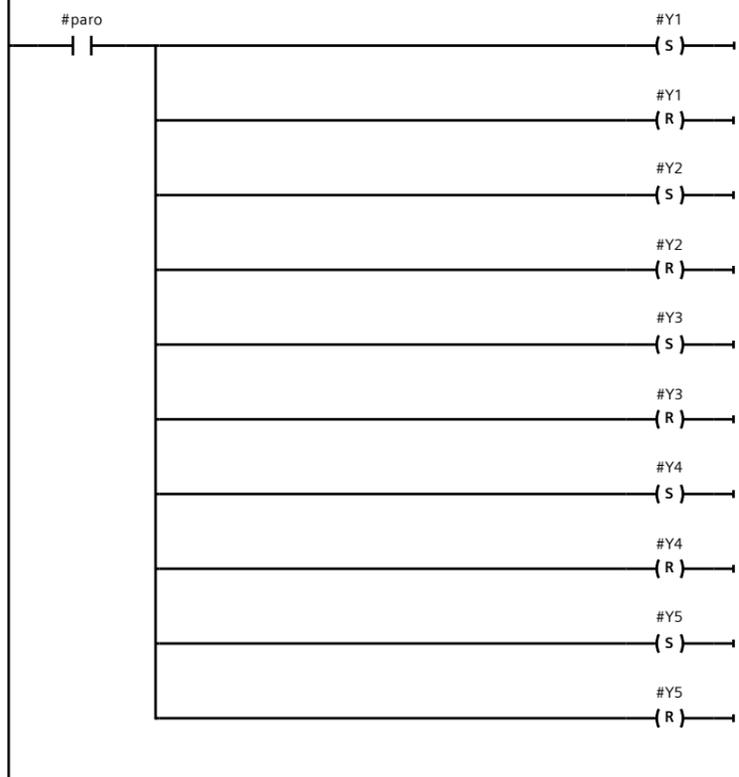
Segmento 5: Número de sacos



Segmento 6: AJUSTES Y CONVERSIONES



Segmento 7: PARO



Practicas_Coello_Lopez_implementacion_oficial_V6 / PLC_1 [CPU 1516-3 PN/DP] / Bloques de programa

Practica_4: Despacho alcohol [FC4]

Practica_4: Despacho alcohol Propiedades

General

Nombre	Practica_4: Despacho alcohol	Número	4	Tipo	FC	Idioma	KOP
--------	------------------------------	--------	---	------	----	--------	-----

Numeración Automático

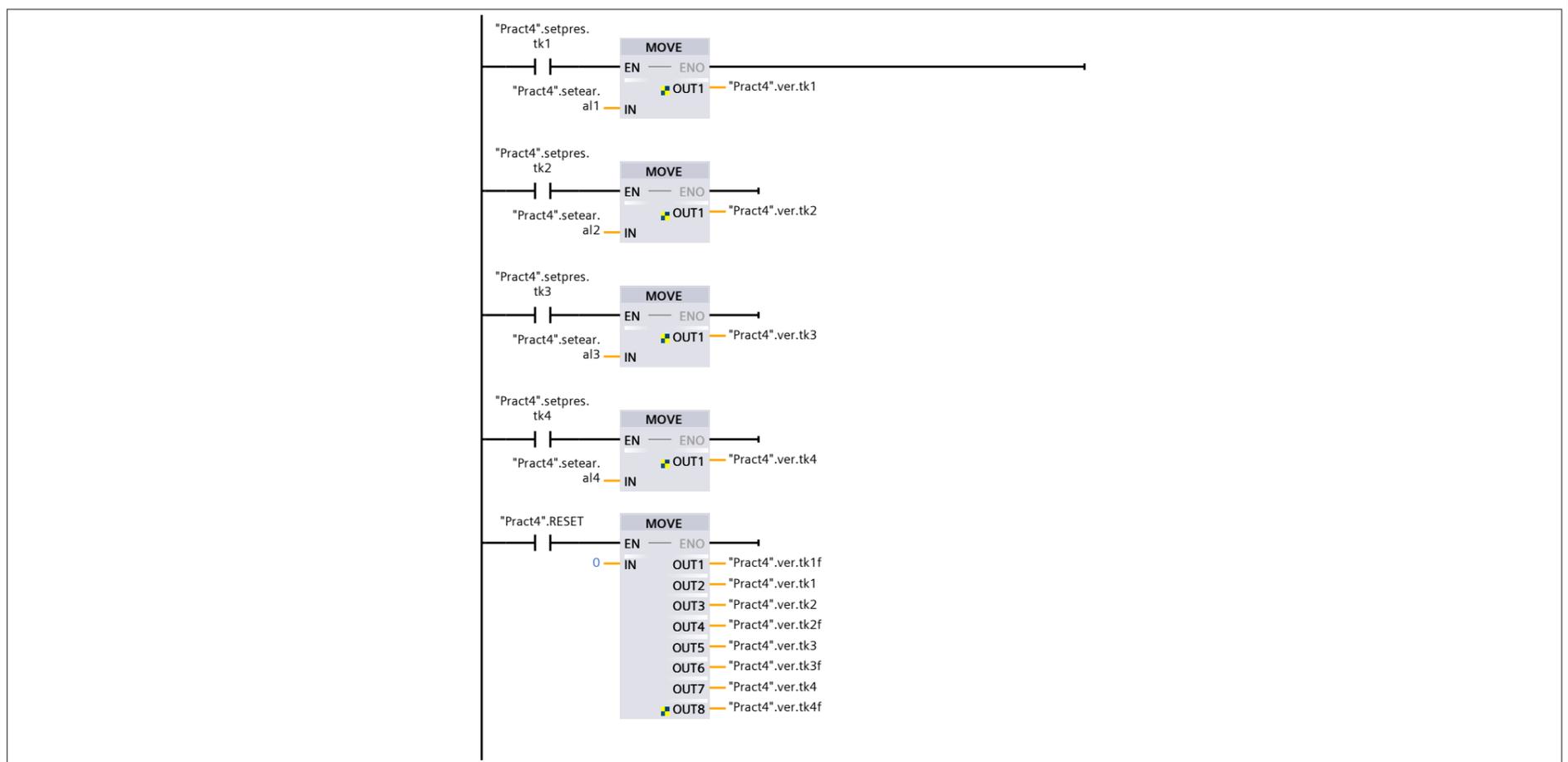
Información

Título		Autor		Comentario		Familia	
Versión	0.1	ID personalizado					

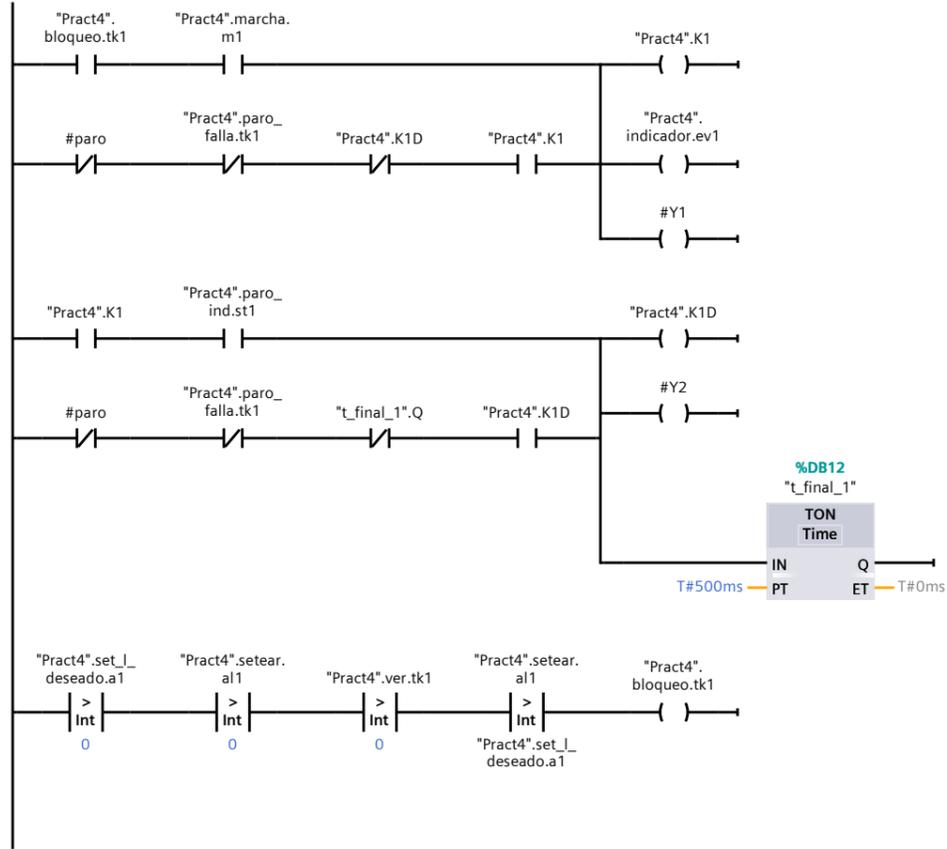
Practica_4: Despacho alcohol

Nombre	Tipo de datos	Valor predet.	Comentario
▼ Input			
marcha	Bool		
paro	Bool		
▼ Output			
Y1	Bool		
Y2	Bool		
Y3	Bool		
Y4	Bool		
Y5	Bool		
Y6	Bool		
Y7	Bool		
Y8	Bool		
▼ InOut			
S1	Bool		
S2	Bool		
S3	Bool		
S4	Bool		
S5	Bool		
S6	Bool		
S7	Bool		
S8	Bool		
Temp			
Constant			
▼ Return			
Practica_4: Despacho alcohol	Void		

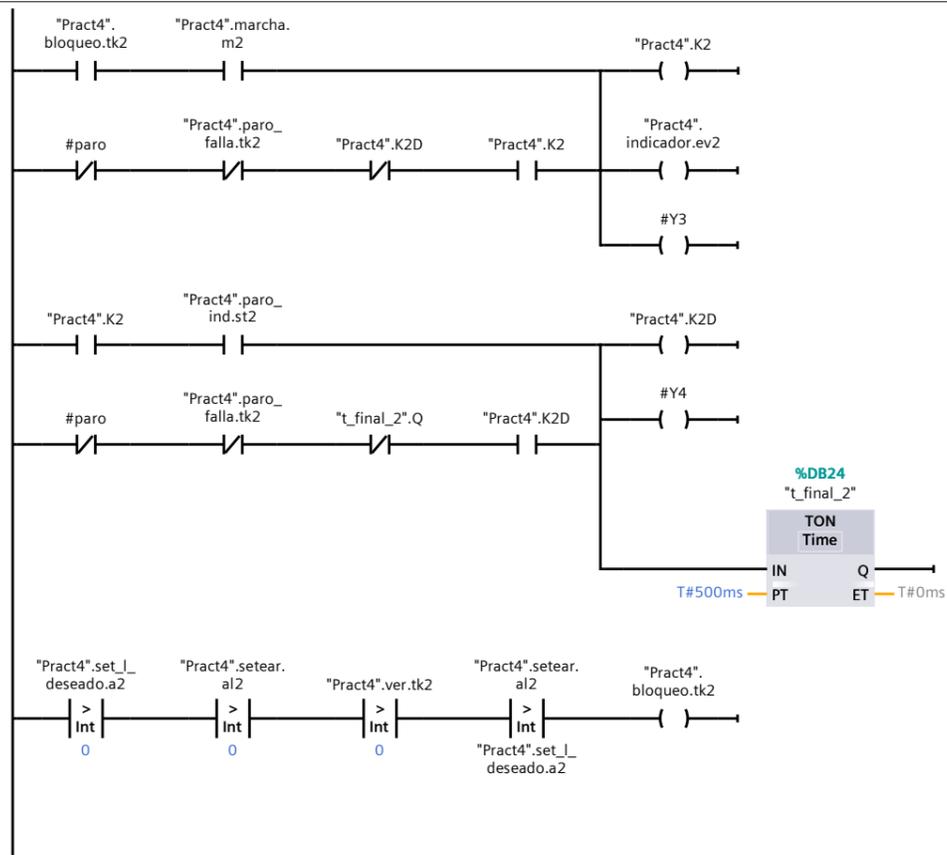
Segmento 1: CONDICIONES INICIALES



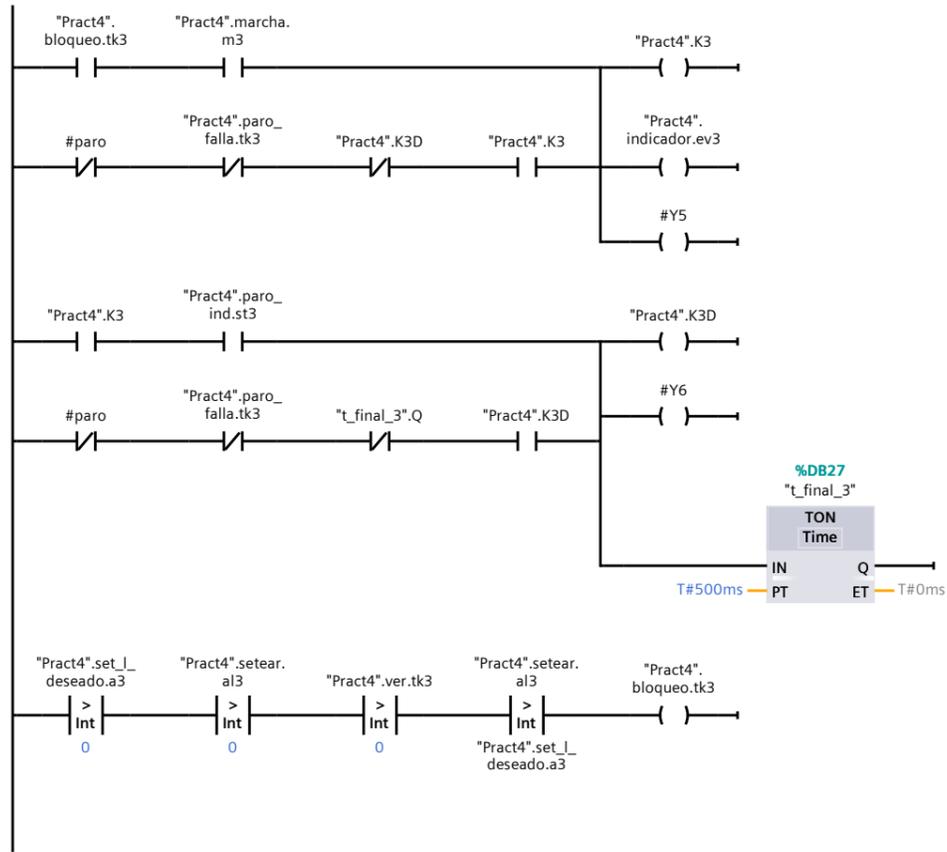
Segmento 2: CONTROL ALCOHOL ANHIDRO



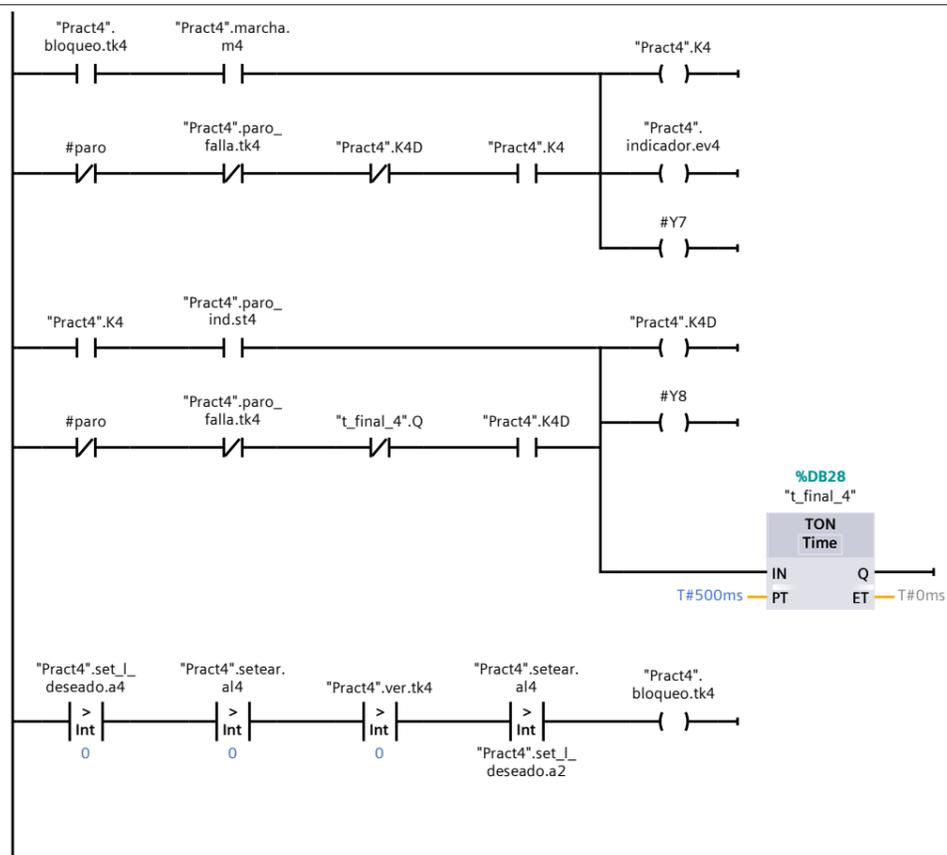
Segmento 3: CONTROL ALCOHOL CRUDO



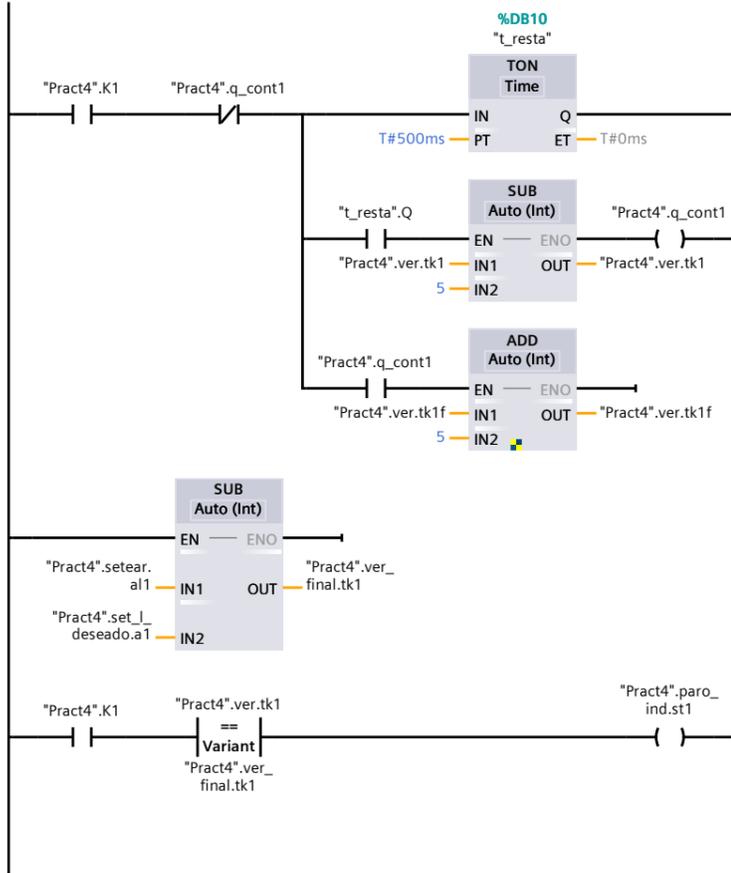
Segmento 4: CONTROL ALCOHOL NACIONAL



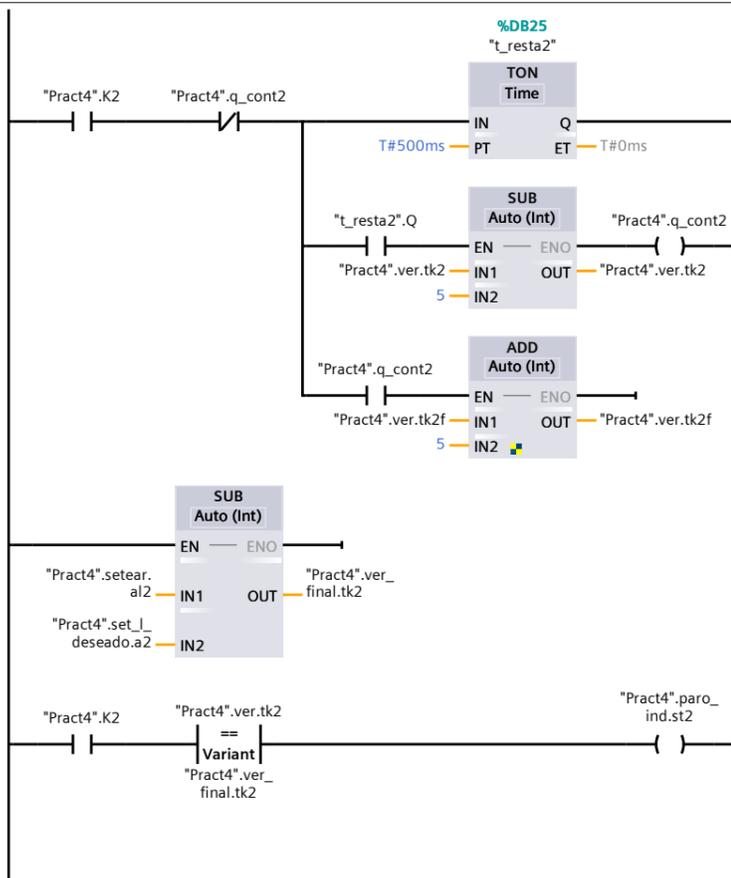
Segmento 5: CONTROL ALCOHOL EXPORTACIÓN



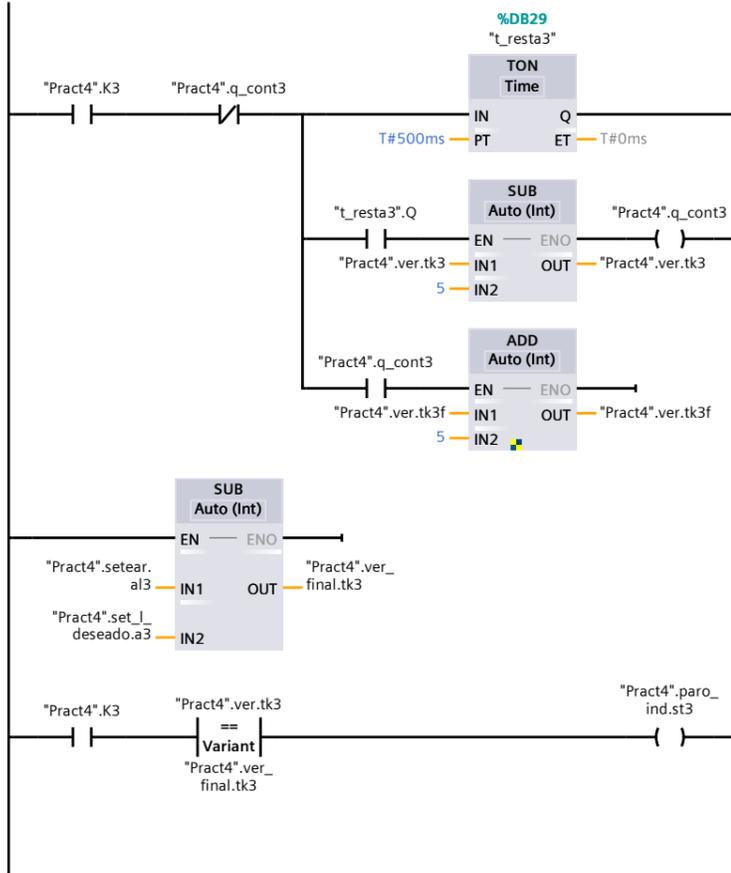
Segmento 6: SISTEMA LLENADO SIMULTANEO 1



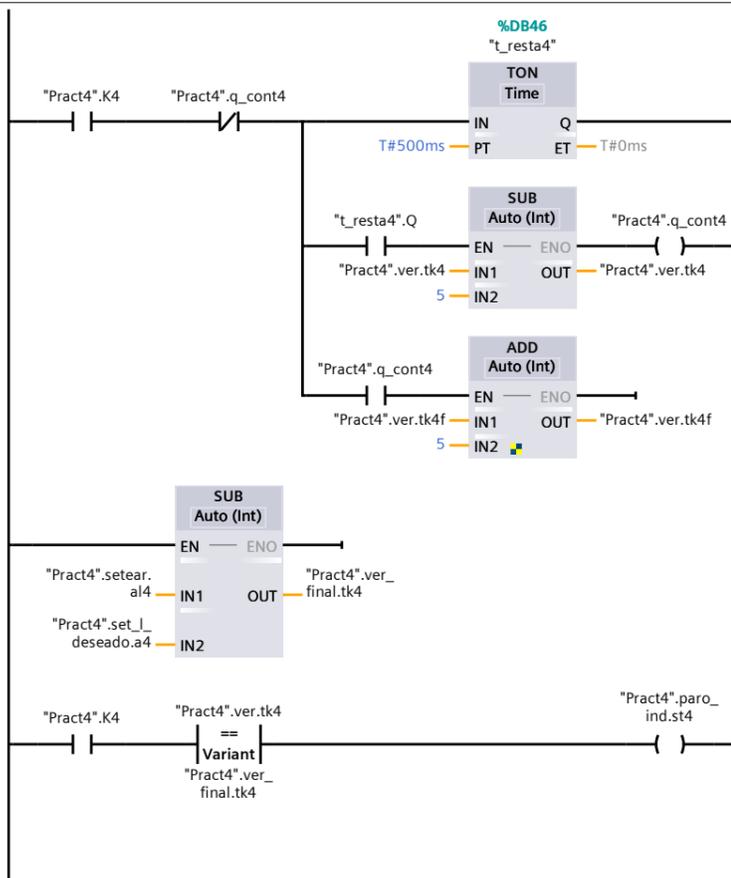
Segmento 7: SISTEMA LLENADO SIMULTANEO 2



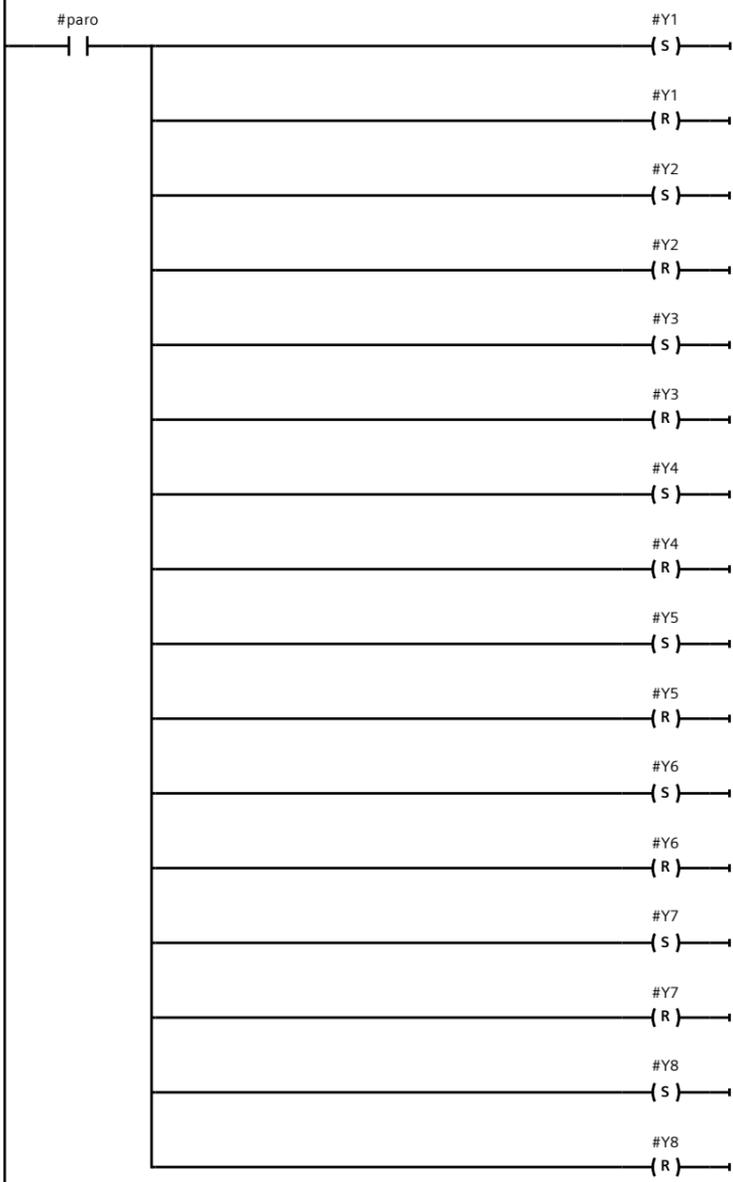
Segmento 8: SISTEMA LLENADO SIMULTANEO 3



Segmento 9: SISTEMA LLENADO SIMULTANEO 4



Segmento 10: PARO GENERAL



Practicas_Coello_Lopez_implementacion_oficial_V6 / PLC_1 [CPU 1516-3 PN/DP] / Bloques de programa

Practica_5:Mostaza [FC9]

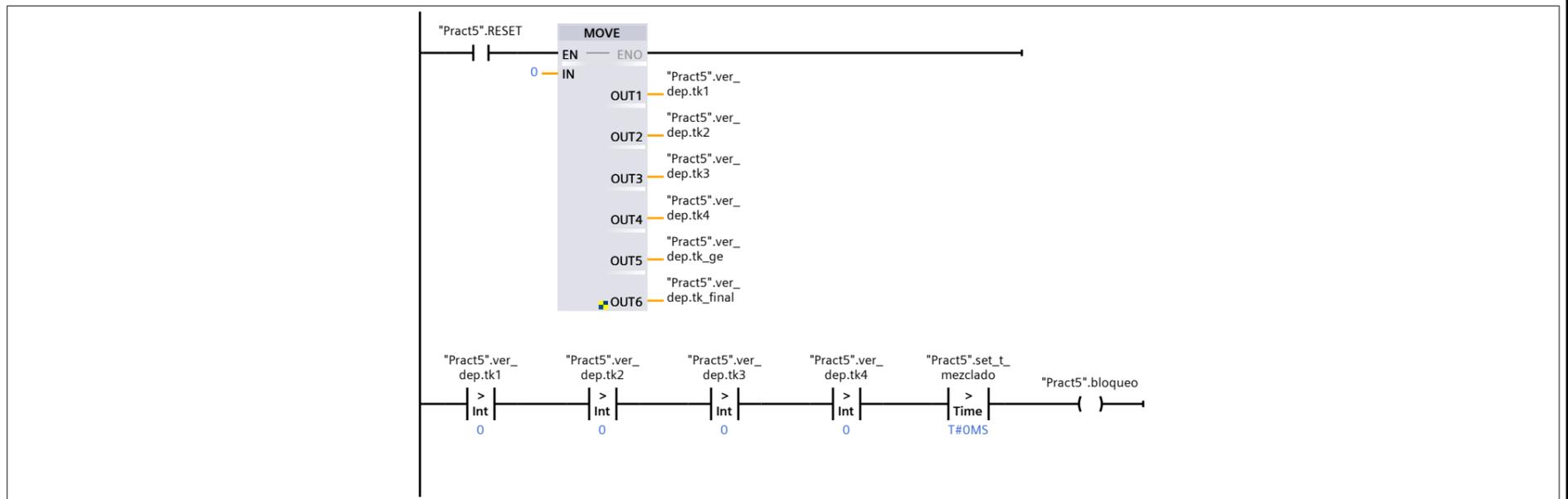
Practica_5:Mostaza Propiedades

General							
Nombre	Practica_5:Mostaza	Número	9	Tipo	FC	Idioma	KOP
Numeración	Automático						
Información							
Título		Autor		Comentario		Familia	
Versión	0.1	ID personalizado					

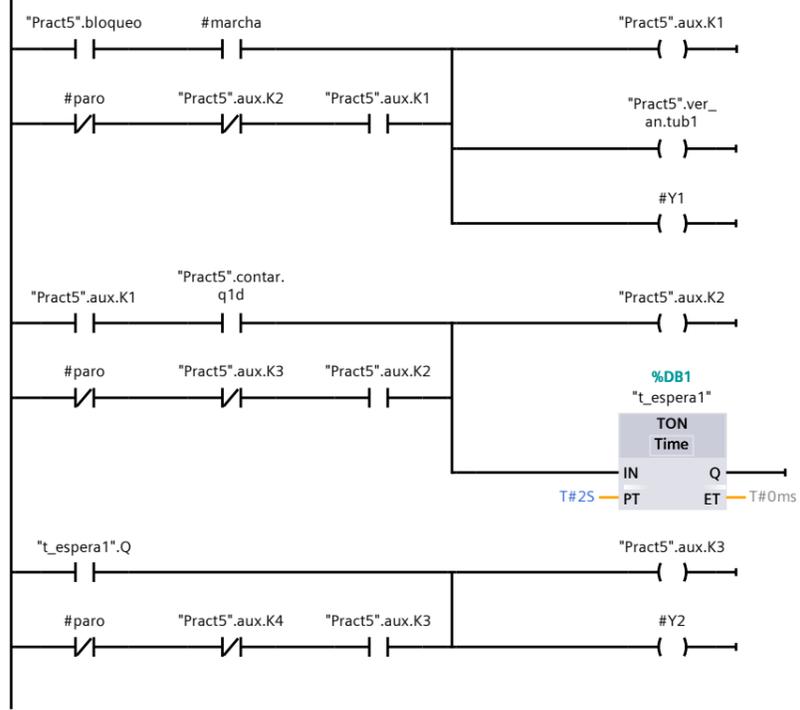
Practica_5:Mostaza

Nombre	Tipo de datos	Valor predet.	Comentario
▼ Input			
marcha	Bool		
paro	Bool		
▼ Output			
Y1	Bool		
Y2	Bool		
Y3	Bool		
Y4	Bool		
Y5	Bool		
Y6	Bool		
Y7	Bool		
Y8	Bool		
▼ InOut			
S1	Bool		
S2	Bool		
S3	Bool		
S4	Bool		
S5	Bool		
S6	Bool		
S7	Bool		
S8	Bool		
Temp			
Constant			
▼ Return			
Practica_5:Mostaza	Void		

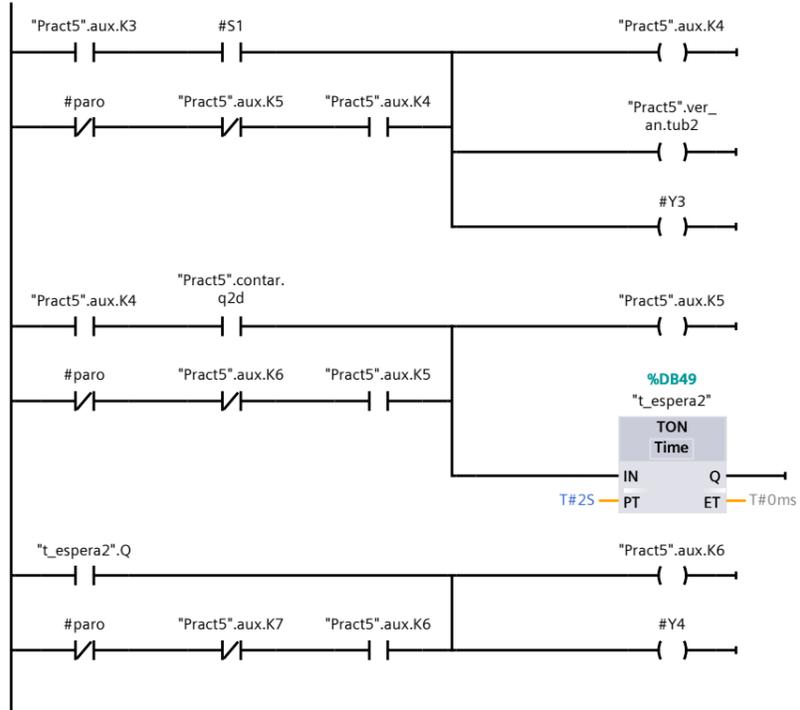
Segmento 1: CONDICIONES INICIALES



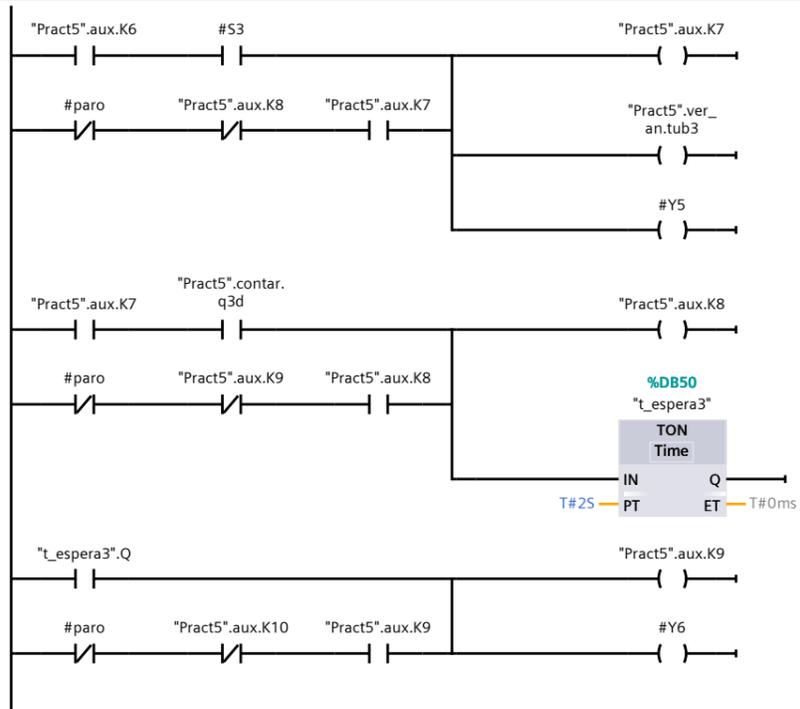
Segmento 2: CONTROL HUEVO



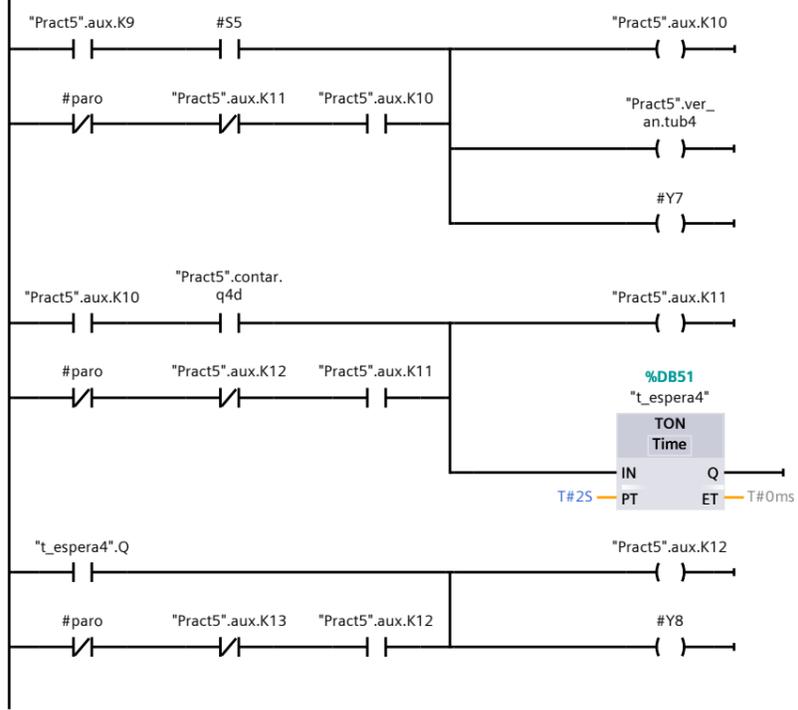
Segmento 3: CONTROL ACEITE



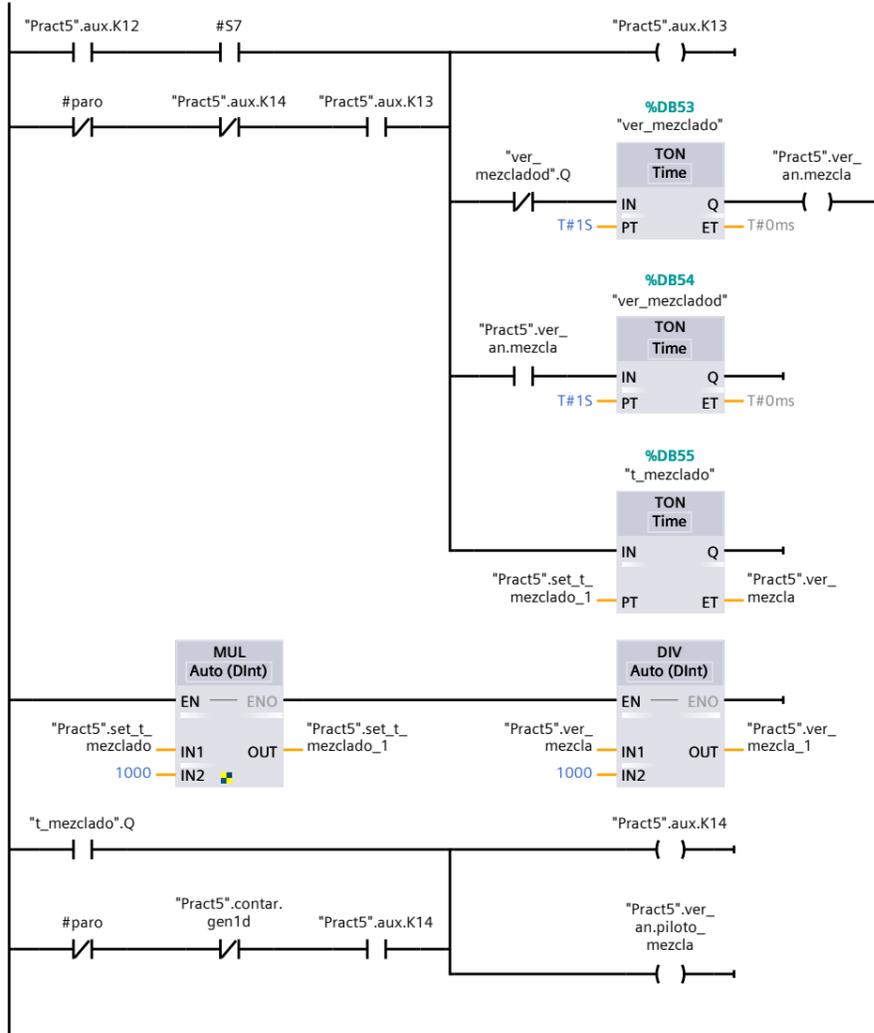
Segmento 4: CONTROL AGUA



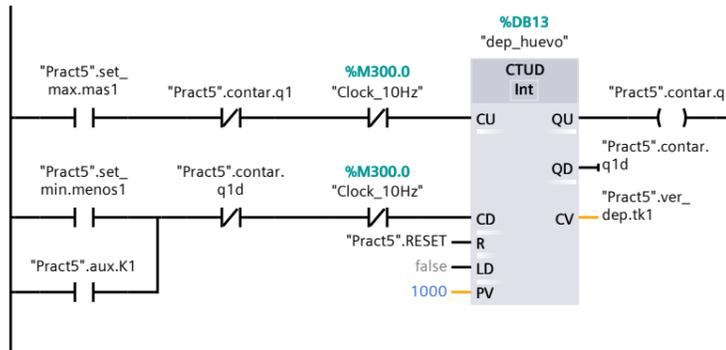
Segmento 5: CONTOL VINAGRE



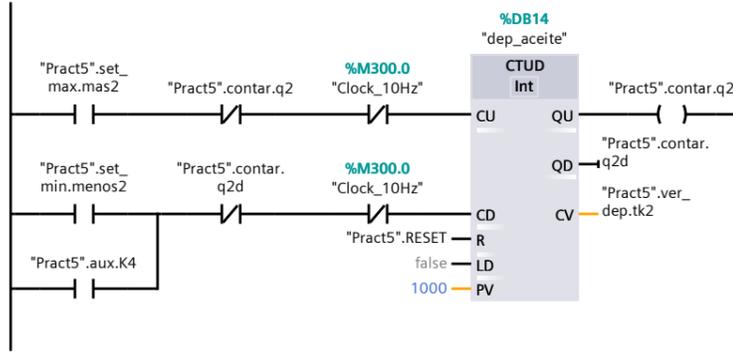
Segmento 6: MEZCLADO Y LLENADO FINAL



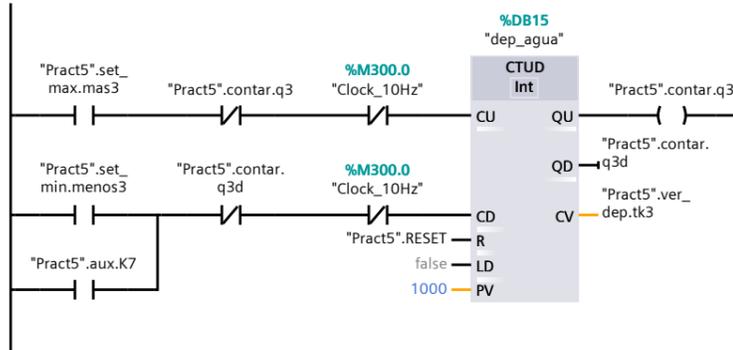
Segmento 7: INGREDIENTE 1: HUEVO



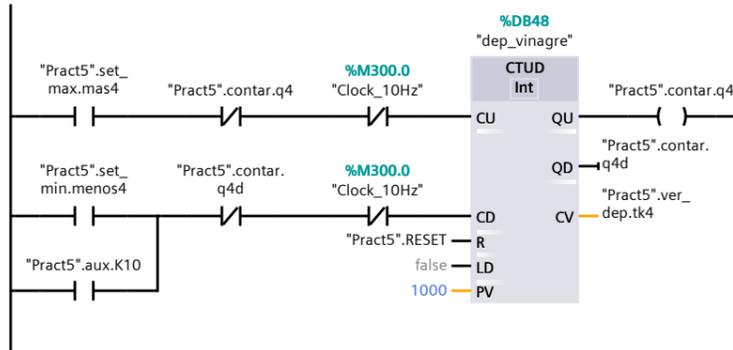
Segmento 8: INGREDIENTE 2: ACEITE



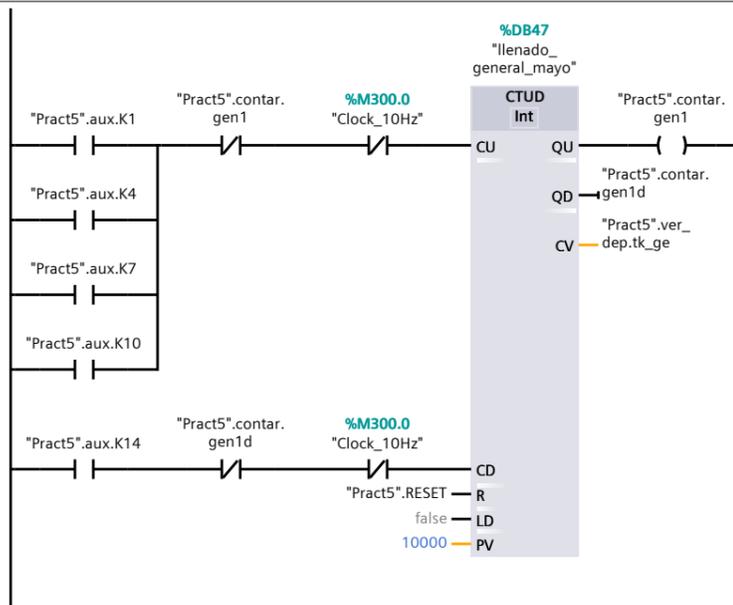
Segmento 9: INGREDIENTE 3: AGUA



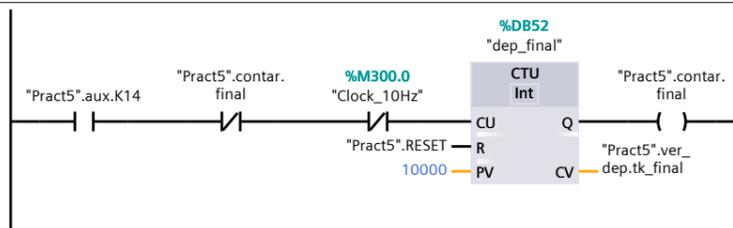
Segmento 10: INGREDIENTE 4: VINAGRE



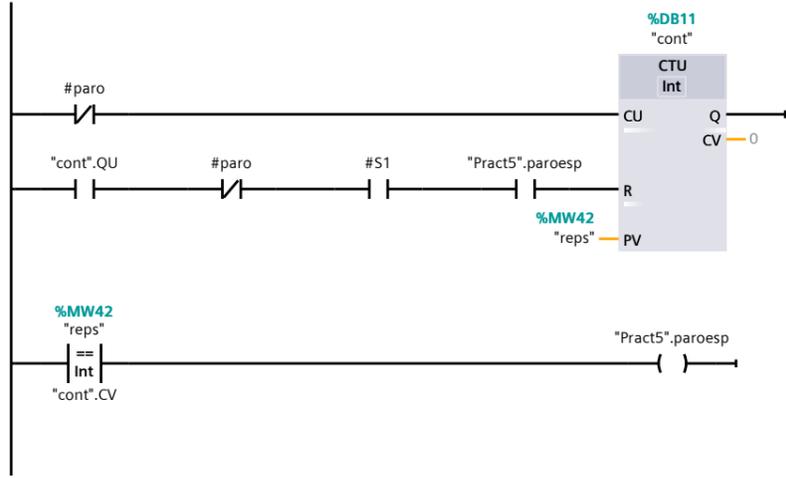
Segmento 11: LLENADO MAYO GENERAL



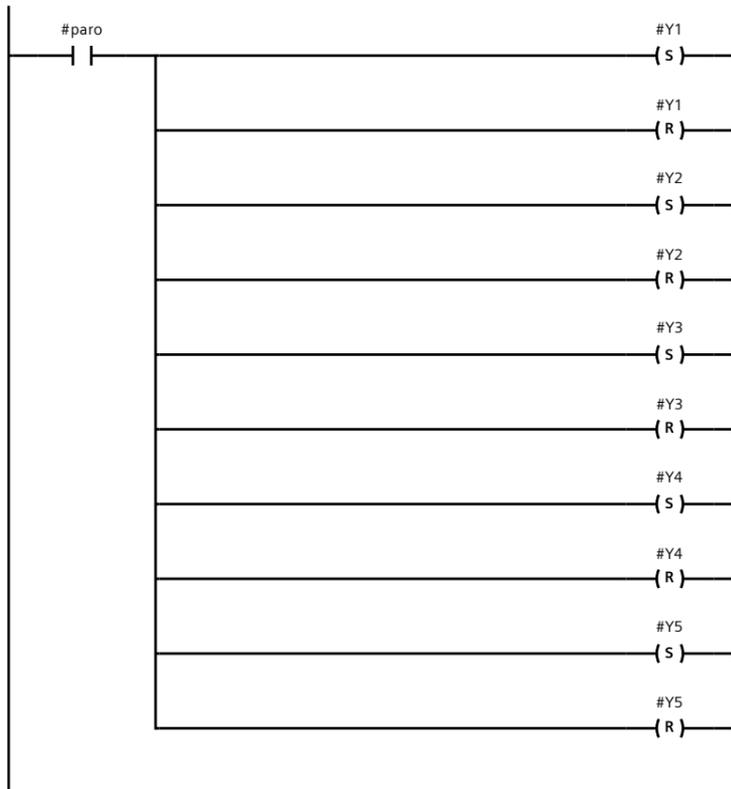
Segmento 12: LLENADO DEP FINAL



Segmento 13: SISTEMA REPETICIÓN CICLICO



Segmento 14: SISTEMA PARO



Segmento 15: BLOQUEOS

Practicas_Coello_Lopez_implementacion_oficial_V6 / PLC_1 [CPU 1516-3 PN/DP] / Bloques de programa

Practica_6: Tapas de pintura [FC5]

Practica_6: Tapas de pintura Propiedades

General

Nombre	Practica_6: Tapas de pintura	Número	5	Tipo	FC	Idioma	KOP
Numeración	Automático						

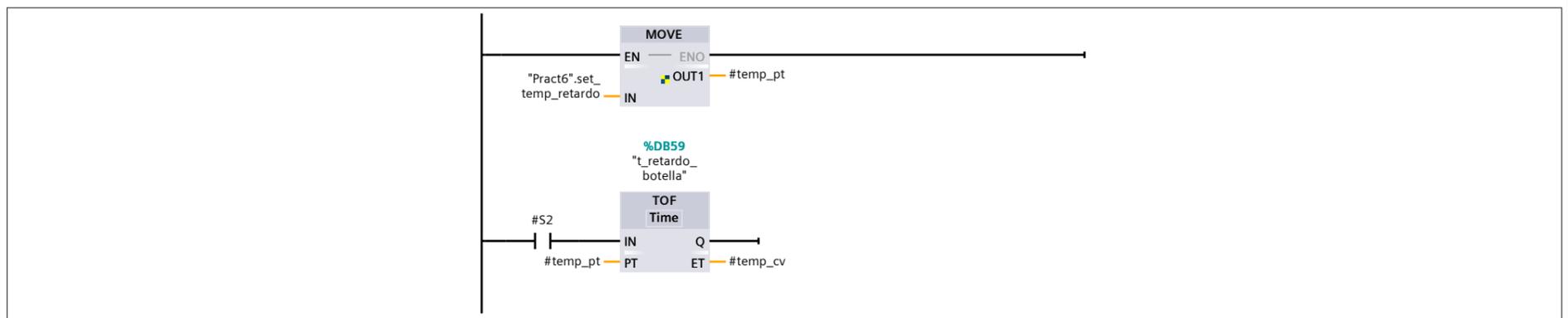
Información

Título		Autor		Comentario		Familia	
Versión	0.1	ID personalizado					

Practica_6: Tapas de pintura

Nombre	Tipo de datos	Valor predet.	Comentario
▼ Input			
marcha	Bool		
paro	Bool		
▼ Output			
Y1	Bool		
Y2	Bool		
Y3	Bool		
Y4	Bool		
Y5	Bool		
Y6	Bool		
Y7	Bool		
Y8	Bool		
▼ InOut			
S1	Bool		
S2	Bool		
S3	Bool		
S4	Bool		
S5	Bool		
S6	Bool		
S7	Bool		
S8	Bool		
▼ Temp			
temp_cv	Time		
temp_pt	Time		
aux_marca	Bool		
Constant			
▼ Return			
Practica_6: Tapas de pintura	Void		

Segmento 1: CI

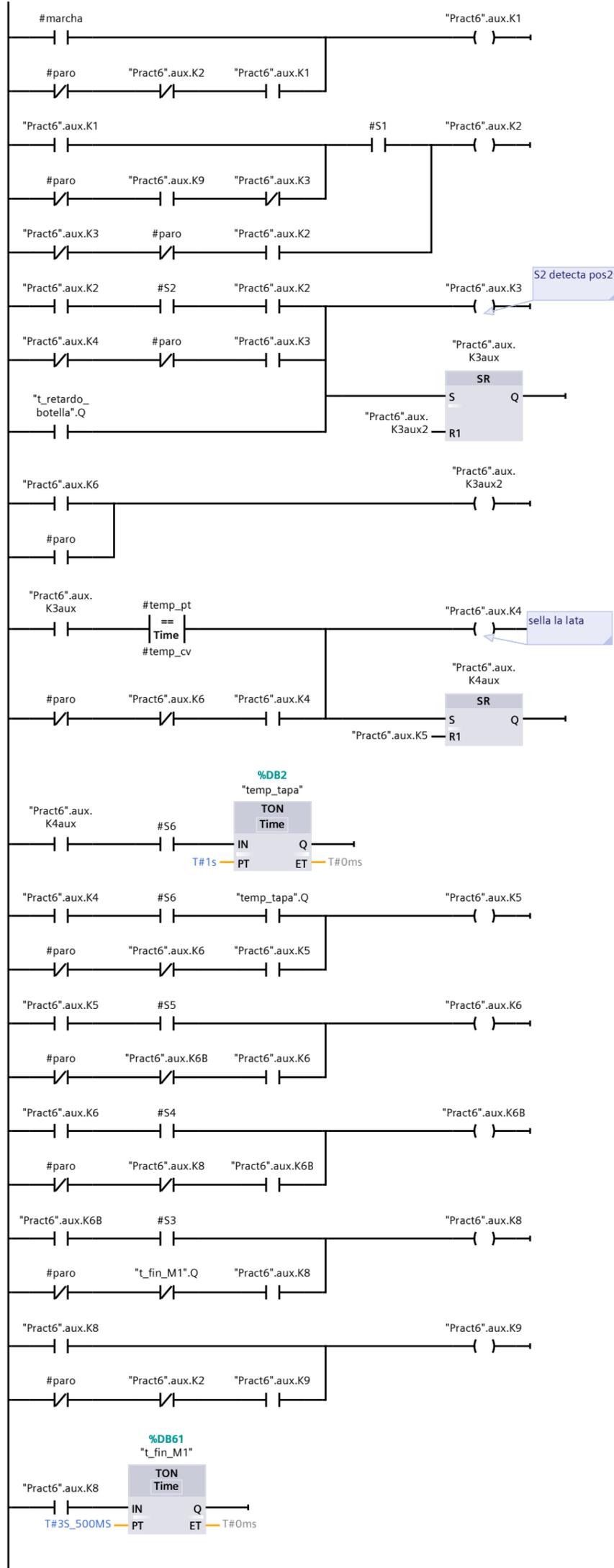


Segmento 2:

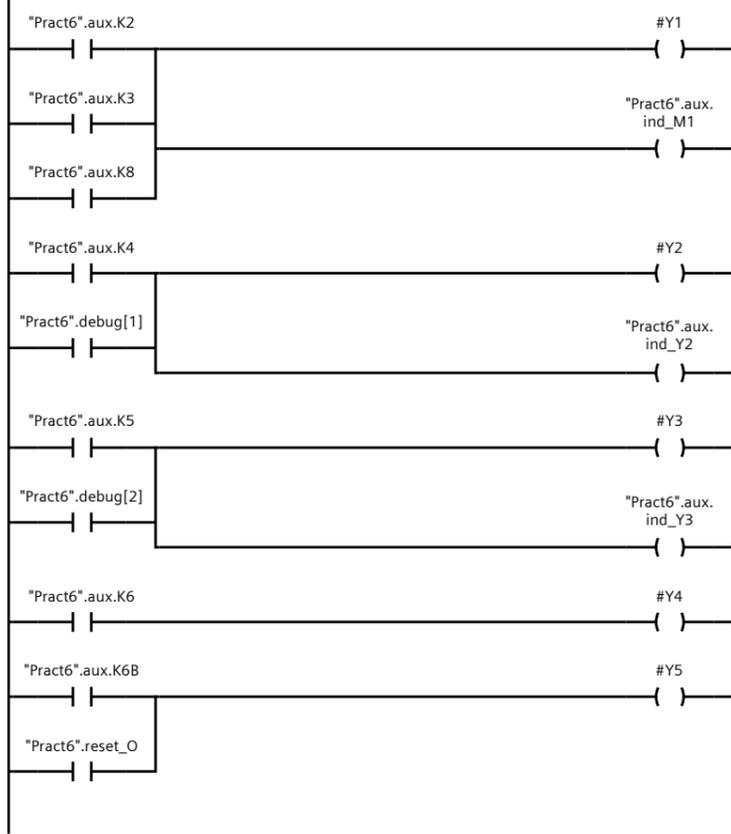
```

0001 IF "Pract6".reset_O THEN
0002     RESET_TIMER("t_retardo_botella");
0003 END_IF;
0004
0005
0006
0007
    
```

Segmento 3: LOGICA DE CONTROL



Segmento 4: ACTIVACIÓN DE SALIDAS



Segmento 5: RESET

