

**UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
ELECTRÓNICA**



TESIS

**Sistema de control basado en PLC y HMI para la automatización
de una máquina de moldes de plástico en una fábrica de Chiclayo.**

**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO ELECTRÓNICO**

ELABORADA POR:

Bach. Roque Montalván Jhair Elivelton

Bach. Serna Campos Percy Joel

ASESOR:

Mg. Ing. Nombera Lossio Martín Augusto

**LAMBAYEQUE – PERÚ
2022**

JURADOS



Ing. Ramírez Castro Manuel Javier
Presidente



Dra. Ing. Chamán Cabrera Lucía Isabel
Secretario



Mg. Ing. Romero Cortez Oscar Ucchelly
Vocal

ASESOR



Mg. Ing. Nombera Lossio Martín Augusto

ACTA DE SUSTENTACIÓN



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DECANATO
Ciudad Universitaria - Lambayeque



ACTA DE SUSTENTACIÓN VIRTUAL N° 005-2023-D/FACFyM

Siendo las 11:00 am del día 20 de Enero del 2023, se reunieron vía plataforma virtual, <https://meet.google.com/rns-zbeq-shp>, los miembros del jurado evaluador de la Tesis titulada: SISTEMA DE CONTROL BASADO EN PLC Y HMI PARA LA AUTOMATIZACIÓN DE UNA MÁQUINA DE MOLDES DE PLÁSTICO EN UNA FÁBRICA DE CHICLAYO Designado por Resolución N° 713-2022-VIRTUAL- D/FACFyM de fecha 22 de agosto de 2022 Con la finalidad de evaluar y calificar la sustentación de la tesis antes mencionada, conformada por los siguientes docentes:

Ing. Manuel Javier Ramírez Castro	Presidente
Dra. Ing Lucía Isabel Chamán Cabrera	Secretaria
Mg. Ing. Oscar Uchelly Romero Cortez	Vocal

La tesis fue asesorado por el Mg. Ing. Martín Augusto Nombora Lossio, nombrado por Resolución N° 713-2022-VIRTUAL- D/FACFyM de fecha 22 de agosto de 2022.

El Acto de Sustentación fue autorizado por Resolución N° 004-2023-VIRTUAL-D/FACFyM de fecha 3 de enero de 2023.

La Tesis fue presentada y sustentada por los Bachilleres: Roque Montalván, Jhair Elverton y Serna Campos, Percy Joel y tuvo una duración de 30 minutos.

Después de la sustentación, y absueltas las preguntas y observaciones de los miembros del jurado se procedió a la calificación respectiva, otorgándole el Calificativo de 16 (Dieciséis) en la escala vigesimal, mención Bueno.

Por lo que quedan aptos para obtener el Título Profesional de **Ingeniero Electrónico** de acuerdo con la Ley Universitaria 30220 y la normatividad vigente de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas y la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Siendo las 11:59 am se dio por concluido el presente acto académico, dándose conformidad al presente acto con la firma de los miembros del jurado.


Ing. Manuel Javier Ramírez Castro
Presidente


Dra. Ing. Lucía Isabel Chamán Cabrera
Secretaria


Mg. Ing. Oscar Uchelly Romero Cortez
Vocal


Mg. Ing. Martín Augusto Nombora Lossio
Asesor



DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Yo, Roque Montalván Jhair Elevelton, y mi compañero Serna Campos Percy Joel, junto al M.Sc. Ing. Nombera Lossio Martín Augusto, asesor de nuestro proyecto de investigación denominado “SISTEMA DE CONTROL BASADO EN PLC Y HMI PARA LA AUTOMATIZACIÓN DE UNA MÁQUINA DE MOLDES DE PLÁSTICO EN UNA FÁBRICA DE CHICLAYO”, declaramos bajo juramento que este trabajo no ha sido plagiado ni contiene datos falsos. En caso se demostrara lo contrario, asumiremos responsablemente la anulación de este informe y por ende el proceso administrativo a que hubiera lugar. Que puede conducir a la anulación del título o grado emitido como consecuencia de este informe.

Lambayeque, 26 de Octubre de 2022

Investigadores:



Bach. Roque Montalván Jhair Elevelton



Bach. Serna Campos Percy Joel

Asesor:



Mg. Ing. Nombera Lossio Martín Augusto

DEDICATORIA

Este esfuerzo se lo dedico a mis padres, a mis hermanos y a Tía Carmen, que está en el cielo, por brindarme su apoyo incondicional. Esto va por ustedes Familia.

Jhair.

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme permitido llegar hasta este momento importante de mi vida.

A mis padres que han sido mi fortaleza para seguir adelante en todos los problemas que se me presentaron a lo largo de este camino.

A mi hermano que siempre ha creído en mí y por haberme brindado la motivación a lo largo de mi carrera.

A mis abuelos por los consejos brindados desde muy pequeño y en especial a mi abuelo Genaro que siempre me está cuidando y guiando desde el cielo.

Percy

AGRADECIMIENTOS

Le agradezco a Dios por permitirme llegar a cumplir un objetivo más en mi vida.

Agradecerles también a mis padres, a mis hermanos y a Tía Carmen, que está en el cielo, por no dejar de alentarme, a no rendirme, para cumplir con el anhelo de ser profesional.

Un agradecimiento a mis maestros, que hoy por hoy, les puedo llamar amigos, que han sido un apoyo fundamental en mi formación profesional; gracias por sus conocimientos y por compartir sus experiencias.

Gracias por todo, alma mater, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, llevaré con honor el ser egresado de tus aulas.

Jhair.

En primer lugar, agradecer infinitamente a Dios por haberme dado la vida y fuerzas para llegar hasta esta etapa tan importante de mi vida.

Mi más profundo agradecimiento a todas esas personas que siempre han estado a mi lado apoyándome en cada decisión tomada. En especial a mis profesores de mi escuela profesional por brindarme esos conocimientos que hoy en día me son útiles para desempeñarme en el ámbito laboral.

A mis padres que me brindaron los conocimientos necesarios para lograr cada objetivo propuesto en mi vida y sé que ellos se encuentran orgullosos hacia mi persona.

Percy.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTOS.....	vi
ÍNDICE DE CONTENIDO	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	x
ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT	xiv
I. INFORMACIÓN GENERAL	1
1.1. Título	1
1.2. Autores	1
1.3. Asesor de especialidad.....	1
1.4. Línea de investigación	1
1.5. Lugar	1
1.6. Duración estimada del proyecto	1
II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	2
2.1. Síntesis de la situación problemática	2
2.2. Formulación del problema de investigación.....	4
2.3. Hipótesis	4
2.4. Objetivos.....	4
2.4.1. Objetivo general.....	4

2.4.2. Objetivos específicos.....	4
III. DISEÑO TEÓRICO	5
3.1. Antecedentes	5
3.1.1. Internacionales	5
3.1.2. Nacionales.....	6
3.2. Bases teóricas.....	7
3.2.1. Controlador Lógico Programable	7
3.2.2. Interfaz Humano – Máquina	9
3.2.3. Máquina de inyección de plástico	11
3.3. Operacionalización de variables	13
IV. DISEÑO METODOLÓGICO	14
4.1. Tipo, nivel y diseño de investigación.....	14
4.2. Población y muestra.....	14
4.3. Tipo de muestreo.....	14
4.4. Técnicas, instrumentos, equipos y materiales.....	14
4.4.1. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	14
4.4.2. Equipos	14
4.5. Programación de PLC.....	20
4.6. Diseño de HMI.....	39
4.7. Diseño de planos eléctricos	40
V. RESULTADOS	46

VI. CONCLUSIONES.....	56
VII. RECOMENDACIONES.....	57

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Tarea de entradas digitales	20
Figura 2 Tarea de entradas analógicas	21
Figura 3 Tarea de proceso – parte 1.....	22
Figura 4 Tarea de proceso – parte 2.....	23
Figura 5 Tarea de proceso – parte 3.....	24
Figura 6 Tarea de proceso – parte 4.....	25
Figura 7 Tarea de SETPOINT de temperatura – parte 1	26
Figura 8 Tarea de SETPOINT de temperatura – parte 2	27
Figura 9 Tarea de SETPOINT de temperatura – parte 3	28
Figura 10 Tarea de SETPOINT de temperatura – parte 4	29
Figura 11 Tarea de SETPOINT de temperatura – parte 5	30
Figura 12 Tarea de contador de pasos y piezas – parte 1	31
Figura 13 Tarea de contador de pasos y piezas – parte 2	32
Figura 14 Tarea de contador de pasos y piezas – parte 3	33
Figura 15 Tarea de contador de pasos y piezas – parte 4	34
Figura 16 Tarea de registro de producción – parte 1.....	35
Figura 17 Tarea de registro de producción – parte 2.....	36
Figura 18 Tarea de registro de producción – parte 3.....	37
Figura 19 Tarea de registro de producción – parte 4.....	38
Figura 20 Pantalla principal de HMI	39
Figura 21 Circuito de fuerza	40
Figura 22 Circuito de control de PLC.....	41
Figura 23 Circuito de módulo de entrada analógica	42
Figura 24 Circuito de módulo de salida digital.....	43

Figura 25 Circuito de control de HMI	44
Figura 26 Configuración de proceso.....	46
Figura 27 Selección de pieza a producir	46
Figura 28 Configuración de los tiempos del proceso	47
Figura 29 Configuración de los Setpoints de temperatura.....	47
Figura 30 Configuración de la cantidad de piezas a producir.....	48
Figura 31 Configuración del proceso.....	48
Figura 32 Encendido de calentadores	49
Figura 33 Etapa “Calentando Plástico” – parte 1.....	49
Figura 34 Etapa “Calentando Plástico” – parte 2.....	50
Figura 35 Etapa “Plástico Derretido”	50
Figura 36 Etapa “Esperando Inyección”	51
Figura 37 Inyección de plástico y Etapa “Enfriando Pieza” – parte 1.....	51
Figura 38 Inyección de plástico y Etapa “Enfriando Pieza” – parte 2.....	52
Figura 39 Inyección de plástico y Etapa “Enfriando Pieza” – parte 3.....	52
Figura 40 Etapa “Pieza Fría”.....	53
Figura 41 Etapa “Pieza Expulsada” – parte 1.....	53
Figura 42 Etapa “Pieza Expulsada” – parte 2.....	54
Figura 43 Primera pieza producida y continuación del ciclo de producción	54
Figura 44 Proceso culminado.....	55
Figura 45 Resumen de piezas producidas	55

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Definición y operacionalización de variables.....	13
Tabla 2 Especificaciones técnicas de los sensores de temperatura.....	15
Tabla 3 Especificaciones técnicas del panel HMI.....	15
Tabla 4 Especificaciones técnicas del PLC	16
Tabla 5 Especificaciones técnicas del módulo de salida digital	16
Tabla 6 Especificaciones técnicas del módulo de entrada analógica.....	17
Tabla 7 Lista de señales digitales	17
Tabla 8 Lista de señales analógicas	18
Tabla 9 Lista de señales actuadores	18
Tabla 10 Costo de equipos	45
Tabla 11 Costo de instalación y configuración de equipos.....	45
Tabla 12 Plan de mantenimiento	45

RESUMEN

La “Fábrica de Accesorios y Tuberías Plásticas” cuenta con una máquina de moldes de plástico. Esta máquina es controlada manualmente por los operadores porque no cuenta con un sistema de control automático para supervisar y controlar su operación. Debido a esto la máquina es susceptible a fallar, la adquisición de datos de producción es ineficiente y no tiene la capacidad indicar la cantidad de piezas producidas. Es por ello que el objetivo de esta investigación fue desarrollar un sistema de control automatizado formado por un PLC, un panel HMI, entre otros componentes, para reducir la participación de los operarios y monitorear la operación de la máquina. Para lograrlo se diseñó la lógica de control del PLC, la interfaz gráfica para el panel HMI y se diseñaron los planos eléctricos de los circuitos de fuerza, control y comunicación. Finalmente, las simulaciones realizadas demostraron que el PLC logró procesar las señales digitales y analógicas, y ejecutar acciones de control de forma automática. La interfaz gráfica de operador permitió seleccionar el tipo y cantidad de piezas a producir, configurar los tiempos de ejecución del proceso, visualizar las etapas de producción mediante animaciones y registrar las piezas producidas. Por lo tanto, se concluye que el sistema propuesto puede reducir la intervención del operario en el monitoreo y en el control de la producción de piezas mediante la automatización de la máquina de moldes de plásticos.

Palabras clave: PLC, HMI, Automatización industrial, Máquina de moldeo de plásticos.

ABSTRACT

The "Fábrica de Accesorios y Tuberías Plásticas" has a plastic molding machine. This machine is manually controlled by the operators because it does not have an automatic control system to monitor and control its operation. Because of this, the machine is susceptible to failure, the acquisition of production data is inefficient and it does not have the capacity to indicate the quantity of parts produced. That is why the objective of this research was to develop an automated control system consisting of a PLC, an HMI panel, among other components, to reduce the involvement of operators and monitor the operation of the machine. To achieve this, the PLC control logic, the graphic interface for the HMI panel and the electrical drawings of the power, control and communication circuits were designed. Finally, the simulations performed showed that the PLC was able to process the digital and analog signals and execute control actions automatically. The graphical operator interface allowed selecting the type and quantity of parts to be produced, configuring the execution times of the process, visualizing the production stages through animations and recording the produced parts. Therefore, it is concluded that the proposed system can reduce the operator's intervention in monitoring and controlling the production of parts by automating the plastic molding machine.

Keywords: PLC, HMI, Industrial automation, Plastic molding machine.

I. INFORMACIÓN GENERAL

1.1. Título

SISTEMA DE CONTROL BASADO EN PLC Y HMI PARA LA AUTOMATIZACIÓN DE UNA MÁQUINA DE MOLDES DE PLÁSTICO EN UNA FÁBRICA DE CHICLAYO.

1.2. Autores

- Bach. Roque Montalván Jhair Elivelton.
- Bach. Serna Campos Percy Joel.

1.3. Asesor de especialidad

Mg. Ing. Nombera Lossio Martín Augusto.

1.4. Línea de investigación

Ingenierías y Tecnologías.

1.5. Lugar

Fábrica de Accesorios y Tuberías Plásticas E.I.R.L., Chiclayo, Lambayeque.

1.6. Duración estimada del proyecto

- Fecha de inicio: octubre 2022.
- Fecha de finalización: enero 2023.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

2.1. Síntesis de la situación problemática

A nivel mundial, GlobeNewswire (2021) sostiene que la automatización industrial ha permitido a las organizaciones realizar el seguimiento en tiempo real de la productividad y la calidad utilizando los datos proporcionados por las conexiones de la planta, además de controlar las operaciones generales de fabricación, ofrecer productos de calidad superior con alta precisión, reducir los fallos de los procesos y minimizar los costes de los fallos del producto y los residuos.

En América Latina, Forbes México (2021) reporta que el 52% de las empresas está adoptando el uso de sistemas de control industrial para la automatización procesos, el 30% está ampliando sus procesos y sólo el 18% se considera capaz en el tema, habiendo implementado más de 50 procesos automatizados en su organización mediante sistema de control modernos, según el estudio "El viaje hacia la organización híbrida: la automatización de las empresas en América Latina." Dicha investigación destaca que las empresas ven las iniciativas de automatización como un medio factible para asegurar el futuro de su negocio y que valoran la posibilidad de reemplazar o cambiar las tareas esenciales realizadas por los empleados con soluciones de automatización.

En el ámbito nacional, Cortez (2021) señala que, además de la minería, Perú ha avanzado mucho en el sector del cemento, ya que la construcción aumentó a la par que la epidemia de la Covid 19. Como consecuencia, las empresas sienten la necesidad de vincular sus sistemas de control automatizados con sus sistemas de gestión mediante interfaces para la presentación de datos de producción en tiempo real y, en determinadas circunstancias, reportar dicha información a sus clientes.

A nivel regional, Chacón (2021) informa que se presentó al Congreso el proyecto de ley N° 867-2021/CR con el objetivo de realizar operaciones productivas, comerciales, industriales, de servicios y otras relacionadas con el comercio internacional en el distrito de Puerto Eten de Lambayeque. Esto implica el uso de modernos sistemas de control y tecnología de punta para automatizar tres grandes operaciones agroindustriales que incluyen el cultivo de la caña de azúcar, su procesamiento y la exportación de etanol.

Tal como menciona Parejo Gutiérrez (2021), los procesos de fabricación de muchas industrias incluyen una amplia lista de operaciones que pueden automatizarse. Sin embargo, las pequeñas organizaciones no cuentan con sistemas de control adecuados y optan por delegar las tareas de seguimiento y control de los procesos a operadores humanos debido a la falta de recursos, lo que implica retrasos en la adquisición de datos, errores producidos por la fatiga de los operadores al realizar operaciones repetitivas y una gestión inadecuada de la información obtenida de la máquina o línea de producción. Es por ello que Céspedes Rivera (2021) recomienda el empleo de sistemas de control automatizados para abordar estas cuestiones, debido a que no sólo ayudan a ahorrar tiempo de producción, sino que también garantizan productos de mejor calidad para generar una mayor producción y, por lo tanto, un mayor crecimiento económico.

Por ejemplo, la “Fábrica de Accesorios y Tuberías Plásticas” (en adelante FATP), localizada en MZ. F Lote 7 de la Urbanización San Bartolo, del departamento de Lambayeque, provincia y distrito de Chiclayo, dedicada a la venta de plástico y caucho, cuenta con una máquina de moldes de plástico en un terreno comprado especialmente para el despliegue de una línea de producción con el objetivo de dejar de importar y convertirse en productor. Sin embargo, la máquina es controlada manualmente por el operario, ya que no existe un sistema de control automático para supervisar y controlar su funcionamiento. Como resultado, la máquina es propensa a las averías, los datos de producción se capturan de forma ineficaz y no

se puede visualizar la cantidad de piezas producidas. Por lo tanto, el objetivo de este estudio es desarrollar un sistema de control automático compuesto por un PLC y un panel HMI para reducir la participación del operario y supervisar el funcionamiento de la máquina.

2.2. Formulación del problema de investigación

¿Cómo diseñar un sistema de control basado en PLC y HMI para automatizar una máquina de moldes de plástico en la empresa FATP?

2.3. Hipótesis

Con el diseño de un sistema de control basado en PLC y HMI se puede automatizar la máquina de moldes de plástico de la FATP.

2.4. Objetivos

2.4.1. Objetivo general

Diseñar un sistema de control basado en PLC y HMI para automatizar la máquina de moldes de plástico de la FATP.

2.4.2. Objetivos específicos

- Diseñar la lógica del controlador industrial para reducir la intervención del operario en la supervisión y el control de la máquina de moldes de plásticos de la FATP.
- Diseñar la interfaz gráfica para visualizar el proceso de fabricación realizado por la máquina de moldes de plástico en la empresa FATP.
- Diseñar los planos eléctricos para interconectar los subsistemas de la máquina de moldes de plásticos FATP.

III. DISEÑO TEÓRICO

3.1. Antecedentes

3.1.1. Internacionales

En España, Mira Francés (2021) presentó un proyecto de tesis para automatizar la prensa hidráulica, la extrusora y el sistema hidráulico de una máquina de inyección de plástico. El sistema propuesto está compuesto por un PLC, sus módulos de ampliación (digitales y analógicos) y un panel HMI. La configuración y programación del sistema se realizó con el software de diseño TIA PORTAL. De este modo, el autómatas programable podía adquirir las señales de los sensores y emitir órdenes a los actuadores de la máquina. La interfaz gráfica del panel HMI también permitía al operario controlar el funcionamiento de la máquina, lo que eliminaba la necesidad de un manejo manual y reducía la participación del operario en el proceso.

En México, Flores García et al. (2021) presentaron un estudio científico cuyo objetivo era implementar un controlador PID en cascada para controlar las válvulas de gas y regular la llama exotérmica del reactor durante el proceso de maceración y cocción de cerveza. El sistema propuesto incluye un PLC para el control y un panel HMI para la supervisión del proceso. La automatización resultante redujo la intervención de los operarios y eliminó los fallos de funcionamiento que podían afectar a la calidad y el sabor de la cerveza artesanal.

En España, Mollá Ruiz (2021) presentó un proyecto de tesis que pretendía automatizar el proceso de llenado mediante PLC y HMI, eliminando el control manual del operario encargado de la inspección visual del producto al final de la línea de producción. El software de diseño TIA PORTAL se utilizó para configurar y programar el sistema. Por ello, el sistema propuesto permitía disponer de menús de control y alarmas adicionales para proteger la línea de llenado. Además, la calidad del producto mejoró al minimizar la intervención de los operarios en la línea de producción.

3.1.2. Nacionales

En Lambayeque, Damián Reyes y Díaz Morales (2021) presentaron un proyecto de tesis orientado a automatizar tres pasos (centrifugación, filtración y cocción) del proceso manual de producción de miel. El sistema propuesto consta de un PLC, un panel HMI, un variador de velocidad, un motor, un sensor/transmisor de temperatura, una resistencia de calentamiento y un detector de nivel de flotación. Los resultados mostraron que el sistema propuesto puede supervisar y controlar los tres procesos. Además, se optimizó la productividad mejorando la calidad de la miel y reduciendo las pérdidas manuales de miel.

En Lima, Franco Castro (2021) presentó un proyecto de tesis orientado a la automatización de una máquina envasadora de caramelos mediante la implementación de un sistema de control compuesto por PLC, interfaz hombre-máquina, variadores de velocidad, controlador de temperatura, sensores y actuadores. Como resultado, el sistema propuesto permitía al operario controlar el funcionamiento de toda la envasadora y generar informes de producción en tiempo real.

En Tacna, Heredia Asqui y Velásquez Limachi (2021) presentaron un proyecto de tesis para implementar un sistema de control basado en PLC para automatizar un gran transportador de mineral. La configuración y programación de los equipos se realizó con el software de diseño TIA PORTAL. El estudio demostró que los sistemas electrónicos, mecánicos y eléctricos del transportador podían supervisarse y controlarse tanto in situ como a distancia mediante el protocolo PROFINET.

3.2. Bases teóricas

3.2.1. Controlador Lógico Programable

El Controlador Lógico Programable, o PLC como se le suele llamar, es un tipo de controlador electrónico que se basa en un microprocesador y almacena instrucciones y directivas en una memoria programable para realizar tareas específicas (Baquero Martínez, 2021). El PLC se creó en 1963 para sustituir a los enormes paneles de control que incluían relés, temporizadores y contadores. Estos dispositivos eléctricos contaban con un cableado extenso y complicado, lo que significaba que a la hora de detectar fallas o cambiar la lógica de control de los procesos, el operario se tardaba demasiado tiempo en reparar o ajustar el funcionamiento de la máquina, por lo que se detenía la producción de la empresa y provocaba pérdidas de ingresos (Ba Villareal, 2021). Entre las principales funciones que ejecuta un PLC para el control de máquinas y procesos industriales se encuentran las operaciones lógicas, de secuencia, de registro, de control de tiempo, de recuento y aritméticas (Endara Vera, 2021). Es por ello que el PLC se ha convertido en un dispositivo versátil y fiable empleado en una gran variedad de aplicaciones debido a sus características de funcionamiento y a las zonas especiales de memoria que permiten el almacenamiento de programas para controlar los principales parámetros físicos y químicos de los procesos industriales (Yana Maquera, 2021).

Se pueden distinguir tres tipos de PLC en función de características como la capacidad, la funcionalidad y el aspecto físico (Rincón Castanedo, 2021). La fuente de alimentación, la CPU y los módulos de entrada/salida están incluidos en el PLC compacto. Este tipo de PLC es adaptable en términos de tratar con un número variable de entradas/salidas y soporta una amplia gama de módulos. El bastidor o rack, la fuente de alimentación, la CPU, el control de entrada/salida, los módulos de entrada/salida analógicos y digitales, el módulo de comunicación y el cable para conectar los dispositivos externos conforman el PLC modular. Este tipo de PLC ofrece una gran versatilidad a la hora de colocar los módulos, lo que facilita

la realización de los cambios necesarios en los módulos de entrada/salida. El PLC nano es un pequeño PLC con una fuente de alimentación, una CPU y entradas/salidas integradas. Con este tipo de PLC solo se puede controlar una determinada cantidad de entradas y salidas (menor a 100). Además, tiene la capacidad de manejar ciertos módulos especializados, así como entradas y salidas digitales.

La arquitectura interna se refiere a la configuración interna del PLC, que, como cualquier sistema de microprocesador, consta de cuatro bloques principales: El bus interno que conecta la CPU, la memoria de trabajo interna (RAM), la memoria de programa (RAM, EPROM, EEPROM) y los puertos de entrada y salida. Las instrucciones de un programa de usuario son almacenadas en la memoria de programa del PLC y se ejecutan cíclicamente para generar comandos de control a partir de las señales de entrada de la planta. Cuando se han detectado cambios en las señales, el PLC sigue las instrucciones del programa hasta adquirir los comandos de salida requeridos. Este procedimiento se repite indefinidamente para mantener el control del proceso en curso. A parte de la ejecución de instrucciones del programa, el PLC realiza una serie de pruebas para verificar su correcto funcionamiento, como las pruebas de la CPU y de la memoria, la comprobación del reloj interno, etc. A continuación, se detallan las fases que componen la secuencia o ciclo de funcionamiento: test del sistema, leer las señales de la interfaz de entrada, escribir señales en la interfaz de salida y procesar el programa para generar señales de control (Ba Villareal, 2021).

La programación de un PLC consiste en introducir un conjunto de instrucciones con el objetivo de que se ejecuten. Para lograr este objetivo, la norma IEC 61131-3 en su primera y segunda edición han desarrollado un conjunto de lenguajes que se dividen en dos grupos: literal y gráfico (Parales Rodríguez y Tovar Reyes, 2021). Dentro del grupo literal se encuentran la lista de instrucciones y el texto estructurado. La lista de instrucciones es un lenguaje de programación de bajo nivel similar al lenguaje ensamblador debido a que solo permite una

instrucción por línea, mientras que el texto estructurado es un lenguaje de programación de alto nivel comparable a los lenguajes de programación C y Pascal lo que permite realizar operaciones matemáticas complicadas y ejecutar condicionales como los bucles iterativos tales como if, if-else, while, do-while, for, entre otros (López Ríos, 2021). Dentro del grupo gráfico se encuentran el diagrama escalera, el gráfico secuencial de funciones, el diagrama de bloque de funciones y el diagrama de flujo. El diagrama de escalera emplea una serie de escalones que ejecutan funciones de arriba a abajo y de izquierda a derecha y que se apoyan en las líneas verticales de cada lado, que sirven de fuente de alimentación. El gráfico secuencial de funciones es un proceso secuencial que se representa mediante una sucesión de recuadros conectados por transiciones condicionadas a ser activadas o desactivadas por el paso anterior o posterior. El diagrama de bloque de funciones cuenta con entradas y salidas en cada bloque empleado, además dichos bloques se pueden enlazar para hacer programas más complicados. El diagrama de flujo utiliza opciones binarias para controlar actividades y comprobaciones en un flujo gráfico (Parales Rodríguez y Tovar Reyes, 2021).

Actualmente los autómatas programables se utilizan en una gran variedad de sectores para la supervisión y el control de procesos, como el del petróleo y el gas, el eléctrico, el del agua, el químico, el del transporte, el farmacéutico, el alimentario y el del automóvil para lo cual emplean redes de comunicación o buses de campo, sensores y actuadores (Tito Crespo, 2021).

3.2.2. Interfaz Humano – Máquina

A la Interfaz Humano – Máquina se le conoce comúnmente por sus siglas en inglés, HMI, que hace referencia a Human – Machine Interface. Sin embargo, a veces se le denomina terminal de interfaz de operador, interfaz de operador local o terminal de operador. Además, la HMI y la interfaz gráfica de usuario (GUI) son similares, pero no iguales: las GUI suelen aprovecharse dentro de las HMI para efectos de visualización (Inductive Automation, 2018).

Dado que traduce las complicadas variables del proceso, las variables de control y los puntos de ajuste en información utilizable y procesable, la HMI se define como un dispositivo electrónico utilizado como herramienta por los operadores de planta para interactuar con hardware y software con el objetivo de supervisar y controlar las operaciones de fabricación en un entorno industrial (Guailacela Mesías y Pérez Maldonado, 2021). Esto significa que los operarios pueden supervisar los datos importantes en gráficos, tablas o cuadros de mando digitalizados, así como visualizar y gestionar las alertas y conectarse con los sistemas SCADA y MES, todo ello desde una única consola HMI (Inductive Automation, 2018). En conclusión, la HMI proporciona una comunicación bidireccional mediante la transmisión de información, comandos y datos (Torres Gualsaqui, 2021).

Los tres tipos básicos de HMI son el sustituto de los botones, el manipulador de datos y el supervisor. El sustituto de los botones es una de las formas más frecuentes de HMI. Múltiples botones en el panel de control central ejecutan diferentes tareas o funciones. Los pulsadores se utilizan en varios sectores para aumentar la eficiencia y la producción. Proporcionan a los operadores la capacidad de controlar la máquina a través de su interfaz y numerosos comandos. El manejador de datos es otra forma popular de HMI. Esta HMI se emplea sobre todo para la recogida de datos, tras lo cual pueden transmitirse a un disco duro o imprimirse, en función de las instrucciones del usuario. Los manejadores de datos son muy prácticos cuando se trabaja con grandes volúmenes de datos. El supervisor es una tercera forma de HMI que opera con el sistema operativo Windows. Adopta un enfoque más visual de la interacción hombre-máquina, permitiendo una interfaz gráfica a través de una pantalla electrónica o táctil (Khanduja et al., 2021).

Antes, los operarios tenían que recorrer regularmente la planta para supervisar el valor de los parámetros del proceso y anotarlo en un papel o una pizarra. La tecnología HMI elimina la necesidad de este enfoque obsoleto al permitir que los PLC transmitan los datos en tiempo

real directamente a una pantalla, lo que reduce numerosos y costosos problemas causados por la falta de conocimiento o el error humano (Inductive Automation, 2018). Dependiendo de cómo se implementen, las pantallas HMI pueden utilizarse para un único propósito, como la supervisión, o para acciones más complejas, como apagar máquinas o aumentar la velocidad de producción (Khanduja et al., 2021).

Las HMI deberían ser fáciles de manipular, sin embargo, a menudo abruman a los operarios con datos, haciendo que su trabajo sea estresante. Por ello, es difícil encontrar operarios con la capacidad y los conocimientos necesarios para analizar rápidamente grandes cantidades de datos complicados. Para empeorar las cosas, muchas HMI no tienen la capacidad de mantenerse al día con los avances tecnológicos o de adaptarse a medida que la empresa se expande. Algunos programas de HMI son incompatibles con sistemas operativos antiguos o sólo admiten un conjunto limitado de dispositivos. En consecuencia, las HMI tradicionales pueden quedar pronto obsoletas, lo que se traduce en costosas inversiones a corto plazo. Por ello, los HMI deben construirse para aumentar la eficiencia operativa, evolucionar con la tecnología y adaptarse a medida que cambian las necesidades de la empresa (Aveva, 2022).

3.2.3. Máquina de inyección de plástico

El moldeo por inyección consiste en fundir el material e inyectarlo en un molde a través de una pequeña abertura llamada puerto. Este molde debe enfriarse y cerrarse a presión. El material inyectado se enfría y solidifica en el molde para formar un producto moldeado (Rincón Castanedo, 2021).

Los materiales a los que se aplica el moldeo por inyección son, entre otros, los siguientes (Andagana Paredes y Taco Muñoz, 2021):

- Metales
- Materiales cerámicos
- Plásticos

El moldeo por inyección de plásticos es actualmente uno de los métodos más utilizados para la fabricación de componentes como juguetes, artículos domésticos, piezas de automóvil y componentes aeroespaciales, entre otros (Zafra Rodríguez y Urrego Parra, 2021).

La fabricación de piezas de plástico mediante moldeo por inyección ofrece varias ventajas, entre ellas (Andagana Paredes y Taco Muñoz, 2021):

- Producción rápida de componentes
- Alta productividad
- Amplia gama de geometrías de piezas
- Bajos costes de producción
- Diversidad de diseños

Las máquinas de moldeo por inyección de plástico son máquinas que realizan el proceso de inyección. Su objetivo es suministrar insumos a los moldes, que son los elementos que se van a moldear y enfriar. Como su nombre indica, la materia prima de estos equipos es el plástico. El funcionamiento de las máquinas de inyección de plástico se basa en tres principios básicos (Ayala Santander ,2021).

1. La temperatura aumenta para que el plástico funcione y fluya bajo presión. Este aumento de temperatura se lleva a cabo en una sección de la máquina conocida como barril. En este barril se añaden los gránulos de plástico que, al calentarse, producen una pasta viscosa que mantiene la temperatura. Es fundamental recordar que los plásticos tienen poca conductividad térmica, por lo que el proceso de aumento de temperatura debe combinarse con un proceso de corte rápido para garantizar una unión eficaz. (Ayala Santander ,2021).

2. El material viscoso, formado por la fusión de los gránulos de plástico, se introduce en un canal de profundidad gradualmente decreciente. Como resultado, la presión en el canal hace que el material viscoso pase a través de la compuerta y sea "empujado" directamente al molde (Nolasco Sandoval, 2019).

3. En el molde, la masa viscosa se somete a la presión del molde hasta que se enfría y se endurece. Una vez solidificado, se retira para su posterior decoración o envasado, según el fin (Ayala Santander, 2021).

Una vez obtenidas las piezas solidificadas, el proceso de moldeo por inyección puede reiniciarse y la producción puede continuar (Andagana Paredes y Taco Muñoz, 2021).

3.3. Operacionalización de variables

Tabla 1

Definición y operacionalización de variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Instrumento
Sistema de control (Independiente)	Es la parte encargada de coordinar las operaciones encaminadas a mantener el buen funcionamiento de un proceso, una máquina o una operación de acuerdo con las especificaciones de diseño (Parejo Gutiérrez, 2021).	Esta variable se medirá mediante simulaciones.	Sistema de medición temperatura	Pt-100
			Sistema de monitoreo	HMI
			Sistema de procesamiento	PLC
Automatización (Dependiente)	Es la acción trasladar las actividades de una persona a una máquina con el objetivo de minimizar la intervención humana en el proceso (Zafra Rodríguez y Urrego Parra, 2021).	Esta variable se medirá mediante simulaciones.	Monitoreo automático Control automático	Sistema de control

IV. DISEÑO METODOLÓGICO

4.1. Tipo, nivel y diseño de investigación

Por su finalidad, esta investigación es del tipo aplicada porque se emplearon recursos tecnológicos para diseñar un sistema de control y automatizar la máquina de moldes de plástico. Según la fuente de datos, el tipo de investigación es de campo porque se obtuvo información en la misma fábrica y se registró el funcionamiento de la máquina en videos.

Según su nivel, es una investigación con alcance aplicativo porque es un estudio con una propuesta de innovación tecnológica para solucionar un problema específico.

El diseño de la investigación es experimental porque se realizaron simulaciones para manipular las variables mediante software especializado.

4.2. Población y muestra

Máquina de moldes de plástico de la Fábrica de Accesorios y Tuberías Plásticas E.I.R.L., Chiclayo, Lambayeque.

4.3. Tipo de muestreo

No probabilístico por conveniencia.

4.4. Técnicas, instrumentos, equipos y materiales

4.4.1. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Se utilizó el análisis de datos y de contenido como método para obtener información actualizada y relevante sobre las variables de este estudio. También se empleó la técnica de observación para registrar en vídeo el funcionamiento manual de la máquina de moldeo de plásticos mediante un teléfono móvil.

4.4.2. Equipos

Se utilizó una laptop de 16 GB de RAM, con disco duro de estado sólido y sistema operativo Windows 10. En ella se instalaron los siguientes softwares: SoMachine Central y Vijeo Designer.

Para el sistema de medición de temperatura se emplearon sensores infrarrojos. En la Tabla 2 se muestran sus principales características.

Tabla 2

Especificaciones técnicas de los sensores de temperatura

Modelo	Montaje	Salida digital	Salida analógica	Rango	Alarma
ThermoMETER	Roscado	Sí	4 a 20 mA	-20°C a 350°C	Sí



Fuente: https://www.micro-epsilon.com/temperature-sensors/thermoMETER_CS/#thermoMETER_CS_basic

Para el sistema de monitoreo se empleó una terminal táctil HMISTU655 de la marca Schneider Electric. En la Tabla 3 se muestran sus principales características.

Tabla 3

Especificaciones técnicas del panel HMI

Modelo	Software	Tamaño	Colores	Resolución	Procesador
Harmony STU	Vijeo Designer	3.5 pulgadas	65536	320 x 240 pixeles	CPU ARM9



Fuente: <https://www.se.com/ar/es/product/HMISTU655/magelis-stu-35-color-touch-22mm/>

Para el sistema de procesamiento digital y analógico se empleó un PLC TM241CE24R junto a un módulo de expansión de salidas digitales TM3DQ8 y un módulo de expansión de entrada analógicas TM3AI8 de la marca Schneider Electric. En las Tablas 4, 5 y 6 se muestran sus principales características.

Tabla 4

Especificaciones técnicas del PLC

Modelo	Software	E/S digitales	Tensión	Comunicación
Modicon 241	Somachine Central	24	100-240 VAC	USB y ETH



Fuente: <https://www.se.com/ar/es/product/TM241CE24R/m241-plc-24-es-rele-eth/>

Tabla 5

Especificaciones técnicas del módulo de salida digital

Modelo	Producto	N.º de salidas	Tensión	Lógica
Modicon TM3	Módulo de salida discreta	8	24 VDC	Positiva



Fuente: <https://www.se.com/ar/es/product/TM3DQ8T/mod-tm3-8-salidas-tr-pnp/>

Tabla 6*Especificaciones técnicas del módulo de entrada analógica*

Modelo	Producto	N.º de entradas	Tipo	Resolución
Modicon TM3	Módulo de entrada analógica	8	Corriente: 4-20 mA Corriente: 0-20 mA Tensión: 0-10 V Tensión: -10 a 10 V	12 bits



Fuente: <https://www.se.com/ar/es/product/TM3AI8/mod-tm3-8-e-an/>

Se tiene una lista de 6 señales digitales enviadas por finales de carrera, dispuestos en la maquina moldeadora para confirmar que, tras accionar las válvulas de los cilindros hidráulicos o pistones neumáticos, estos se desplazaron hasta la posición correspondiente según la etapa del proceso en que se encuentren. En la Tabla 7 se muestra la lista de señales digitales.

Tabla 7*Lista de señales digitales*

Señales digitales	Descripción
Final de carrera 1	Indica que el pistón del molde se encuentra en su posición inicial.
Final de carrera 2	Indica que el pistón del molde llegó a su posición final y el molde se encuentra cerrado, condición necesaria para que la maquina inicie su proceso.
Final de carrera 3	Indica que el pistón inyector se encuentra en su posición inicial.
Final de carrera 4	Indica que el pistón inyector desplazó el cabezal sin retorno hasta el final del cañón de inyección.
Final de carrera 5	Indica que el pistón expulsor se encuentra en su posición inicial, es decir no sobresale de la superficie interna del molde.
Final de carrera 6	Indica que el pistón expulsor se desplazó, expulsando la pieza plástica producida.

También se tienen 5 señales analógicas para sensar la temperatura involucrada en el proceso de derretir el plástico y enfriar la pieza producida. En la Tabla 7 se muestra la lista de señales analógicas.

Tabla 8

Lista de señales analógicas

Señales analógicas	Descripción
Termopar 1	Termopar de zona 01
Termopar 2	Termopar de zona 02
Termopar 3	Termopar de zona 03
Termopar 4	Termopar de la boquilla
Termopar 5	Termopar del molde

Se deben enviar 9 señales digitales a los actuadores ON/OFF involucrados en el proceso, tal como se indica en la Tabla 9.

Tabla 9

Lista de señales de actuadores

Actuador	Descripción
Calefactor 1	Elemento resistor para calentar la zona 1 del cañón de inyección.
Calefactor 2	Elemento resistor para calentar la zona 2 del cañón de inyección.
Calefactor 3	Elemento resistor para calentar la zona 3 del cañón de inyección.
Calefactor 4	Elemento resistor para calentar la boquilla del cañón de inyección.
Bobina de KM1	Bobina del contactor trifásico para el arranque del motor del tornillo sinfín del cañón de inyección.
Válvula 1	Válvula de accionamiento del pistón inyector en el cañón de inyección.
Válvula 2	Válvula de accionamiento del pistón del molde para desplazamiento hacia posición final.
Válvula 3	Válvula de accionamiento del pistón del molde para desplazamiento hacia posición inicial.
Válvula 4	Válvula de accionamiento del pistón expulsor para desplazamiento hacia posición final.

4.5. Programación de PLC

A continuación, se muestra la programación por tareas en el PLC realizada en el software Somachine – Central de Schneider Electric.

Figura 1

Tarea de entradas digitales

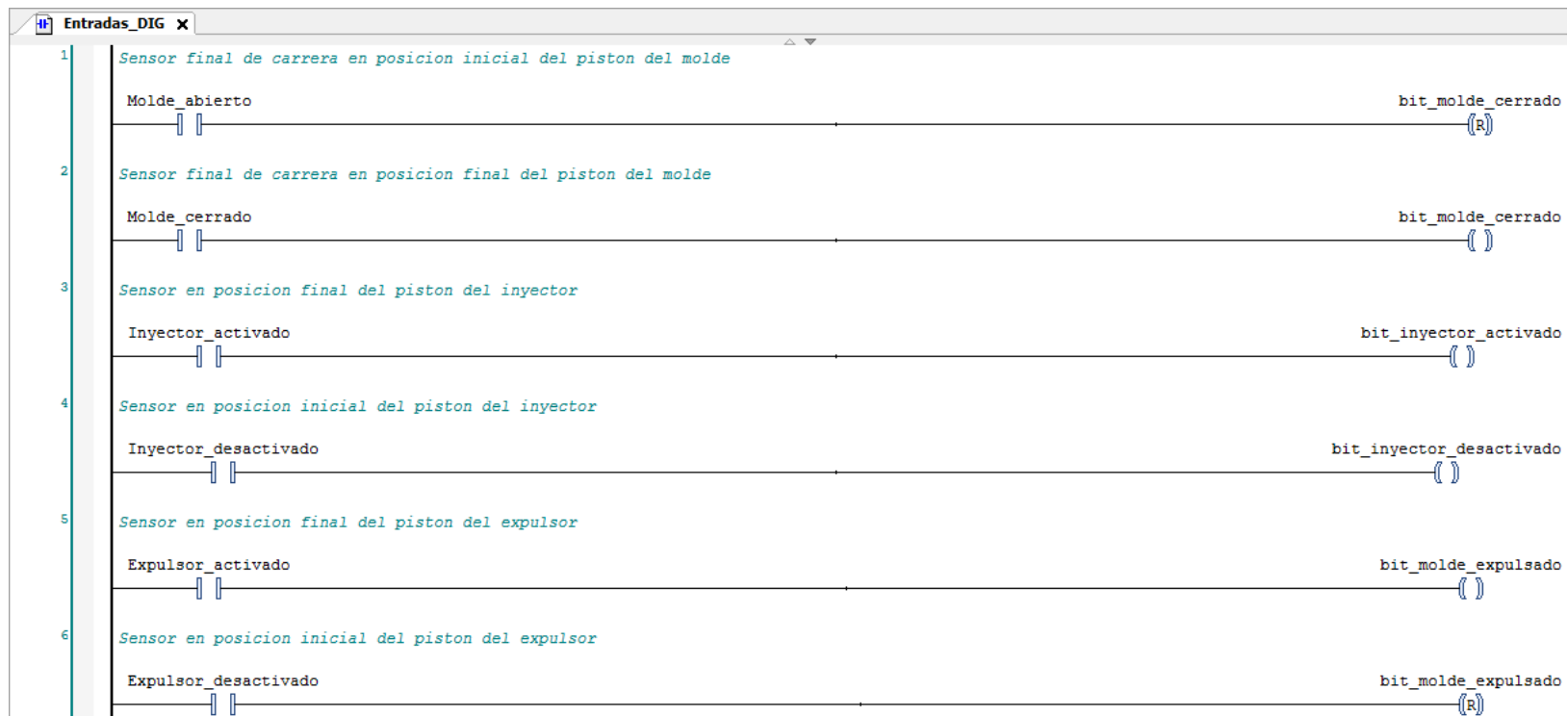


Figura 2

Tarea de entradas analógicas

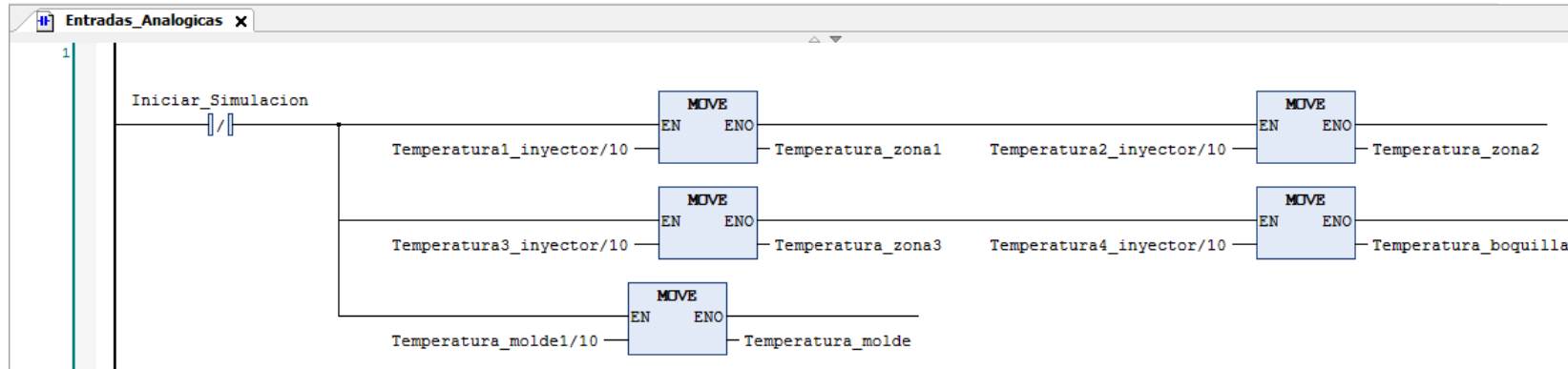


Figura 3

Tarea de proceso – parte 1

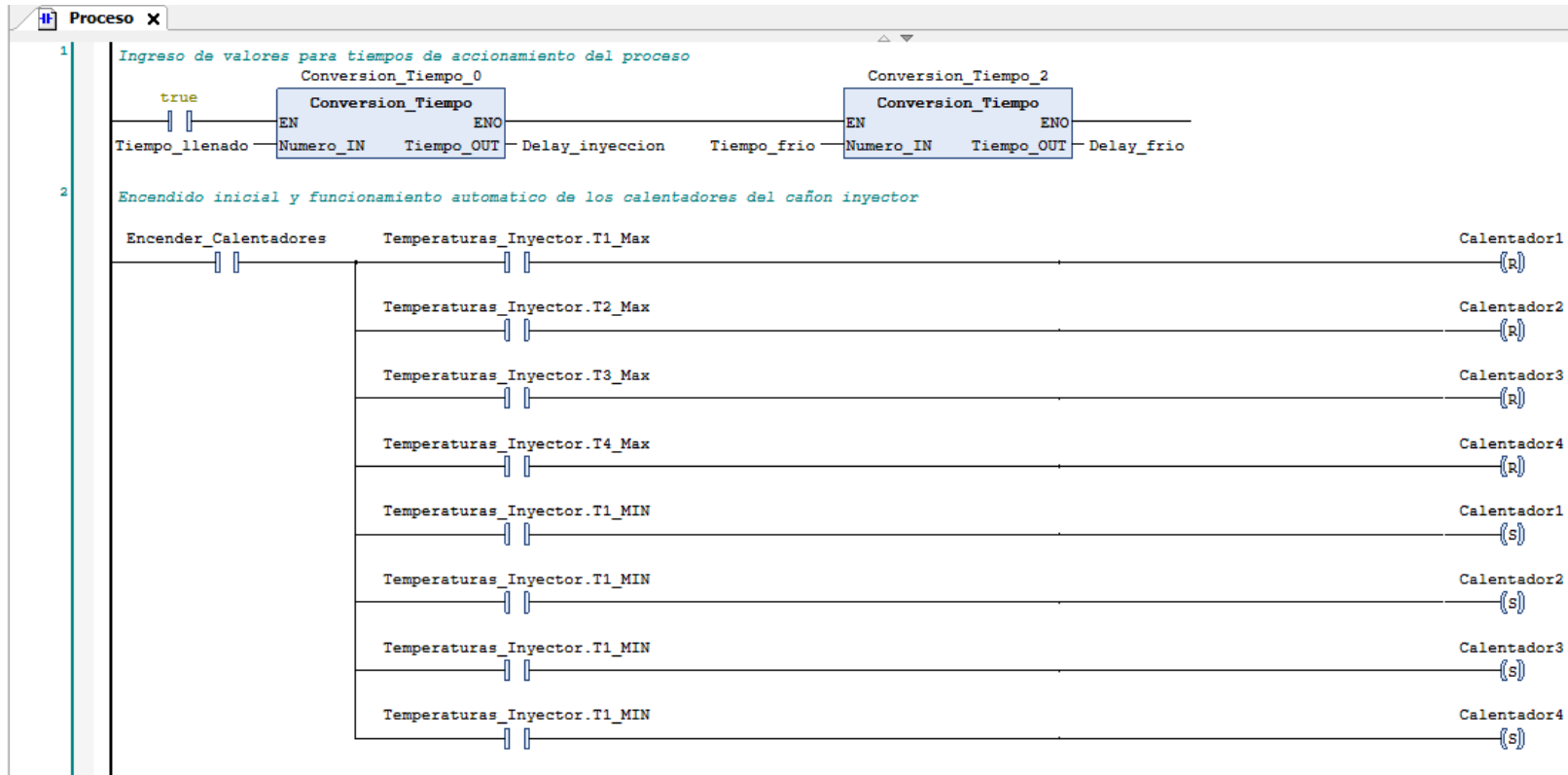


Figura 4

Tarea de proceso – parte 2

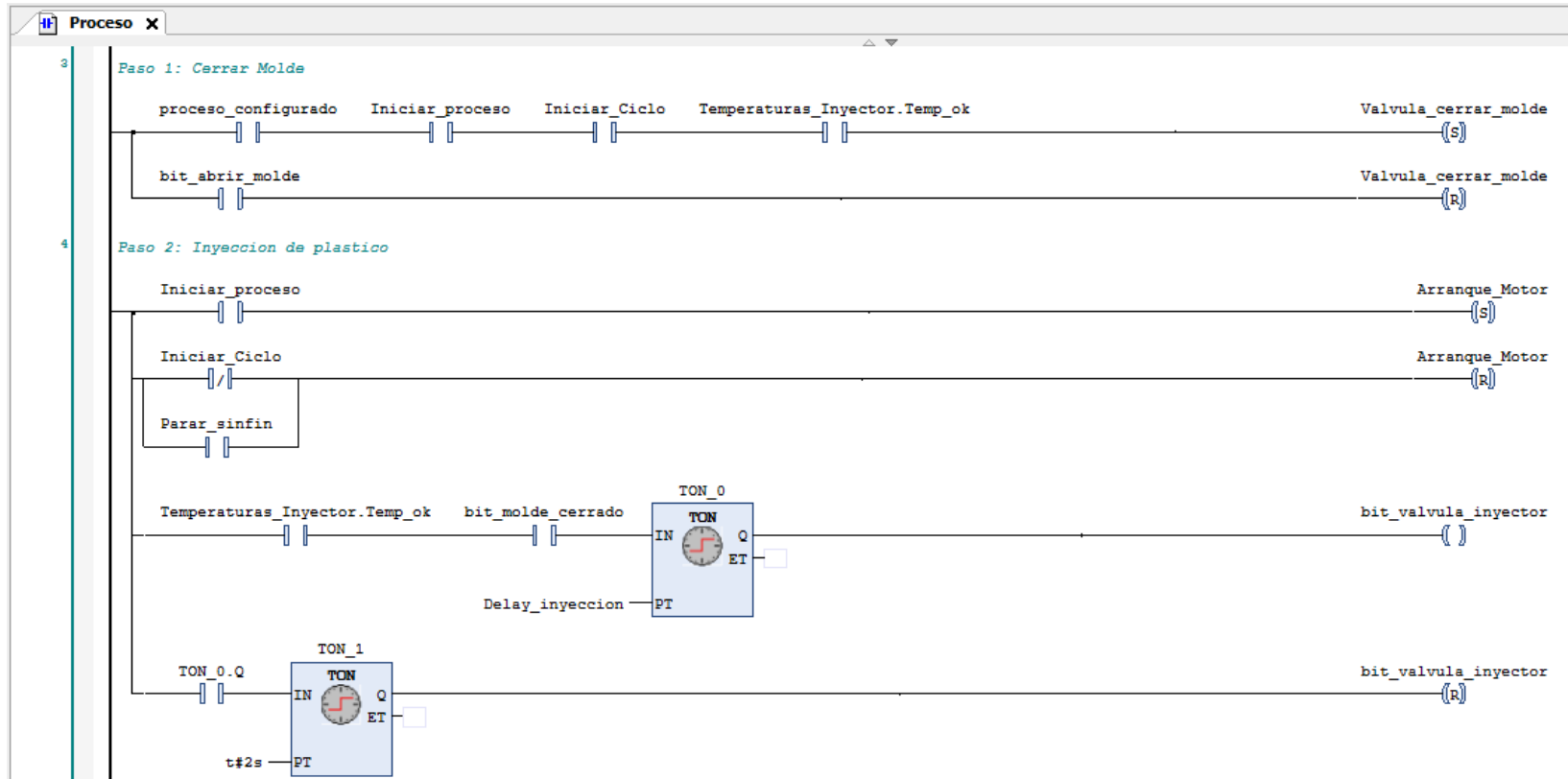


Figura 5

Tarea de proceso – parte 3

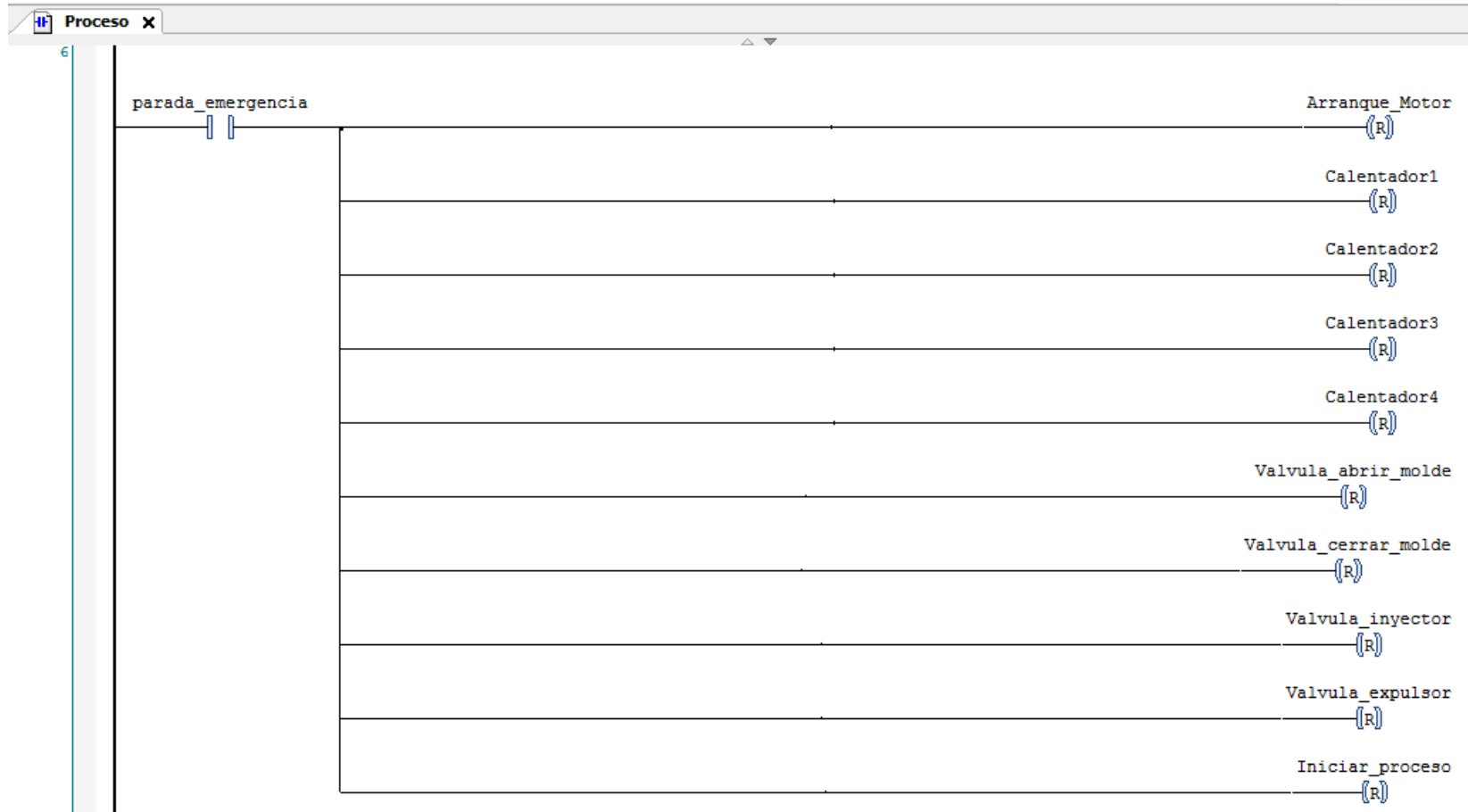


Figura 6

Tarea de proceso – parte 4

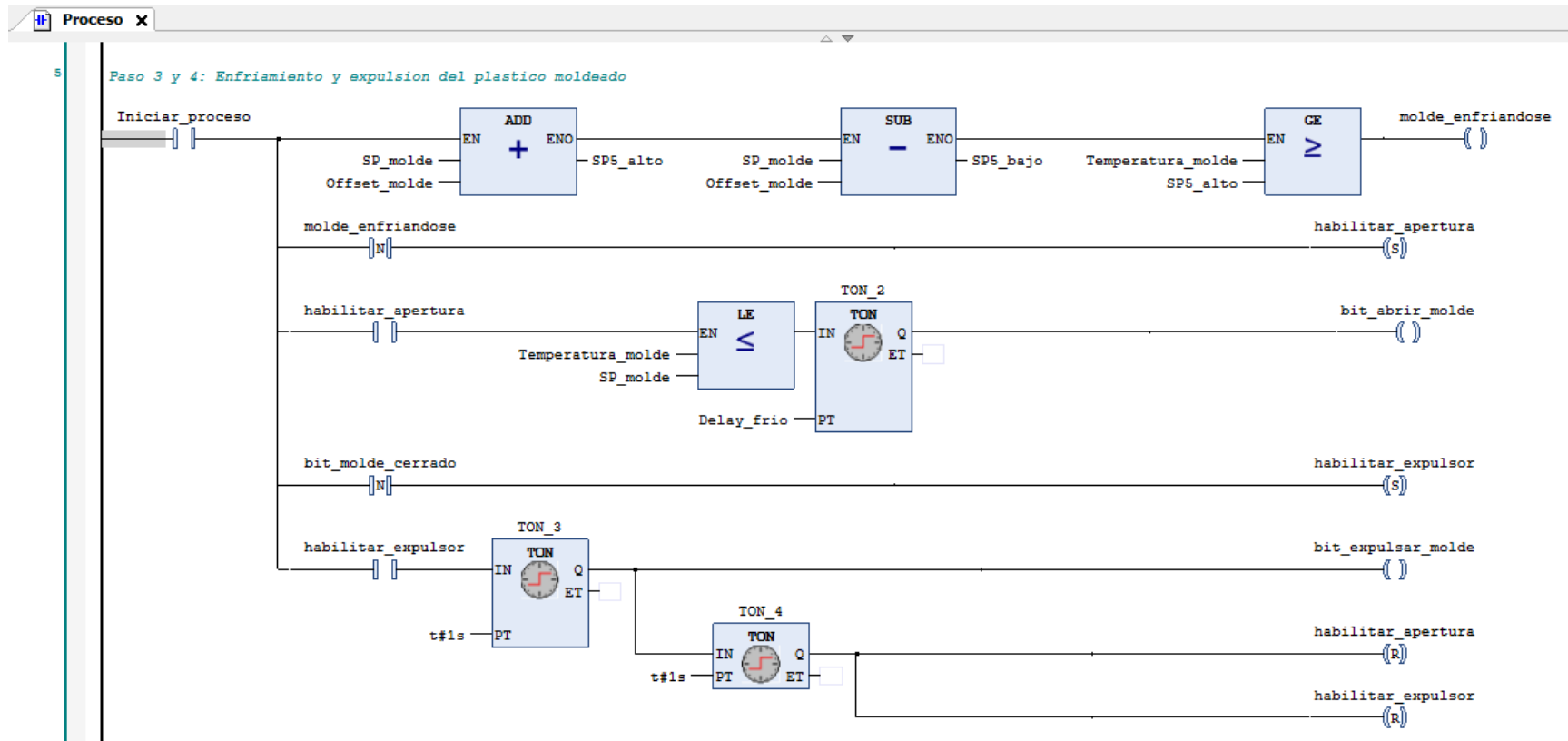


Figura 7

Tarea de SETPOINT de temperatura – parte 1

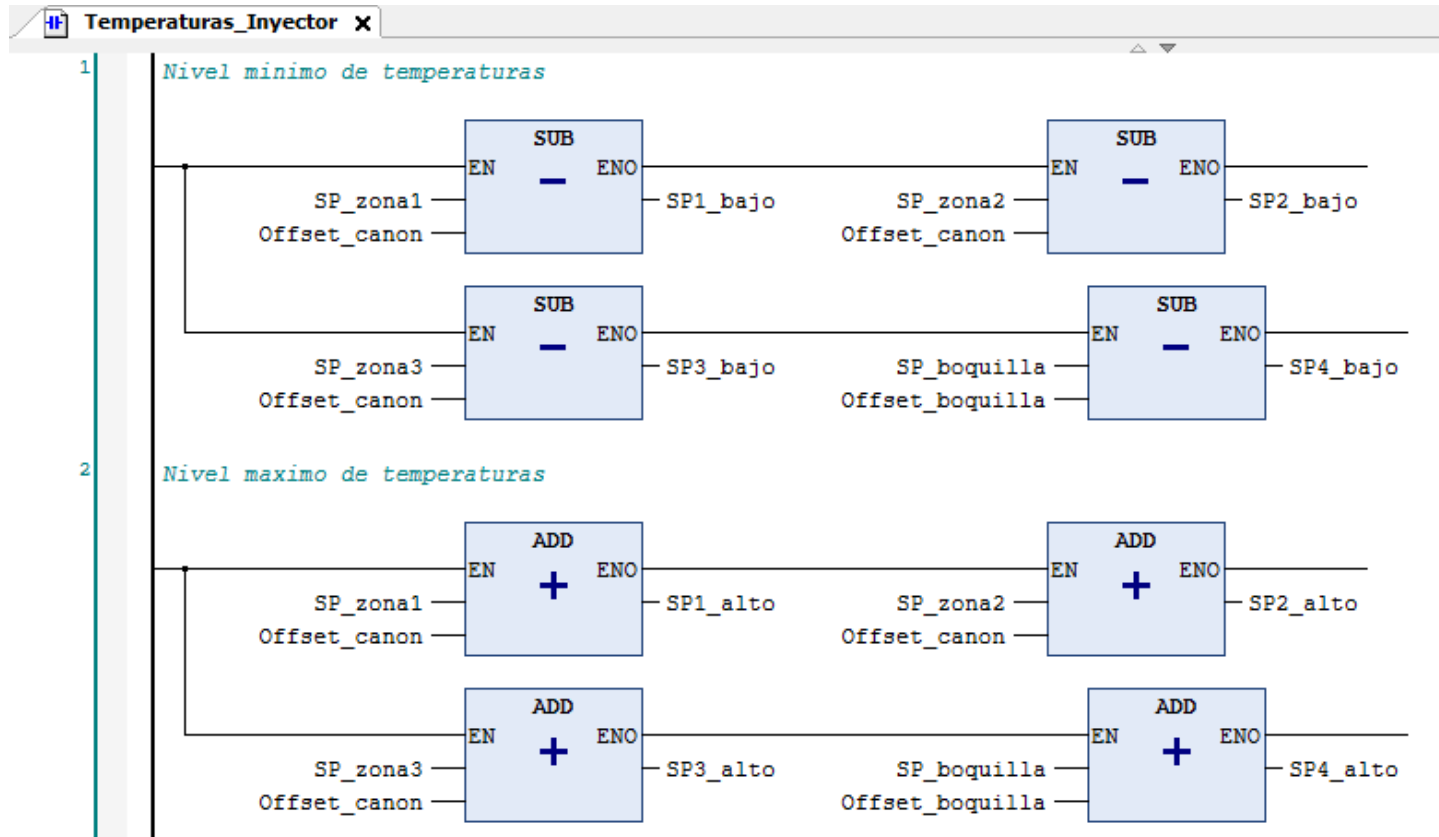


Figura 8

Tarea de SETPOINT de temperatura – parte 2

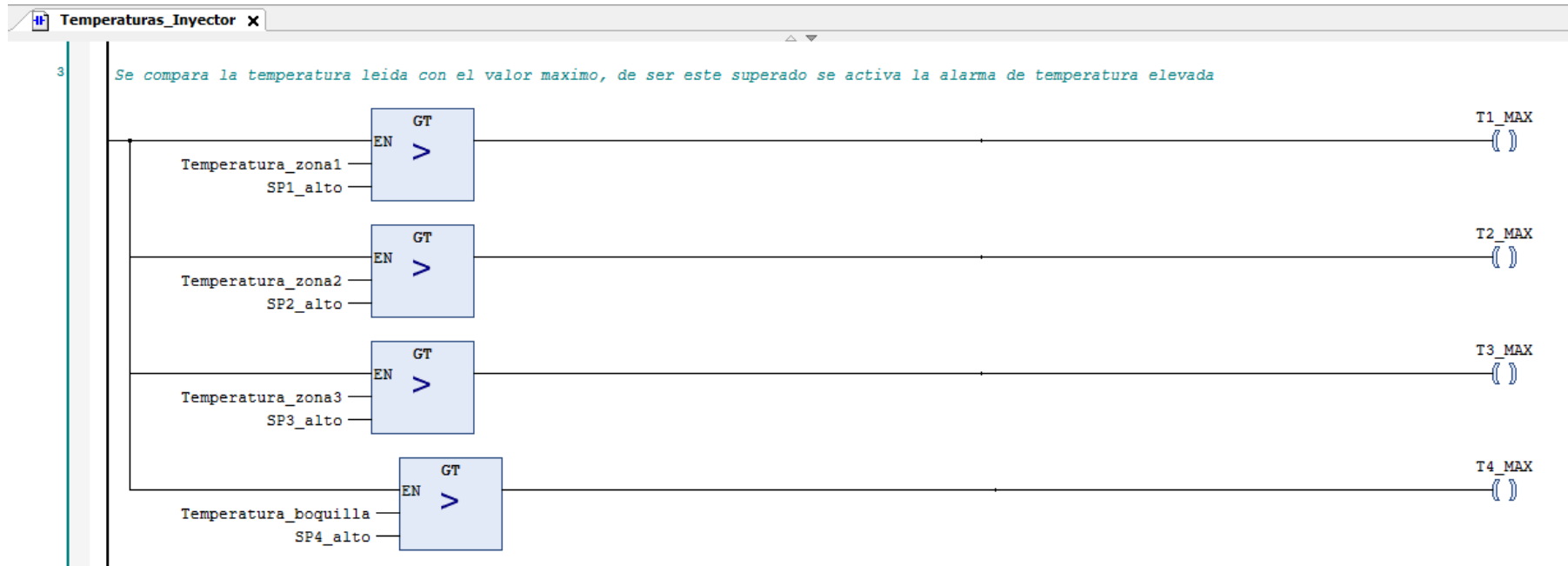


Figura 9

Tarea de SETPOINT de temperatura – parte 3

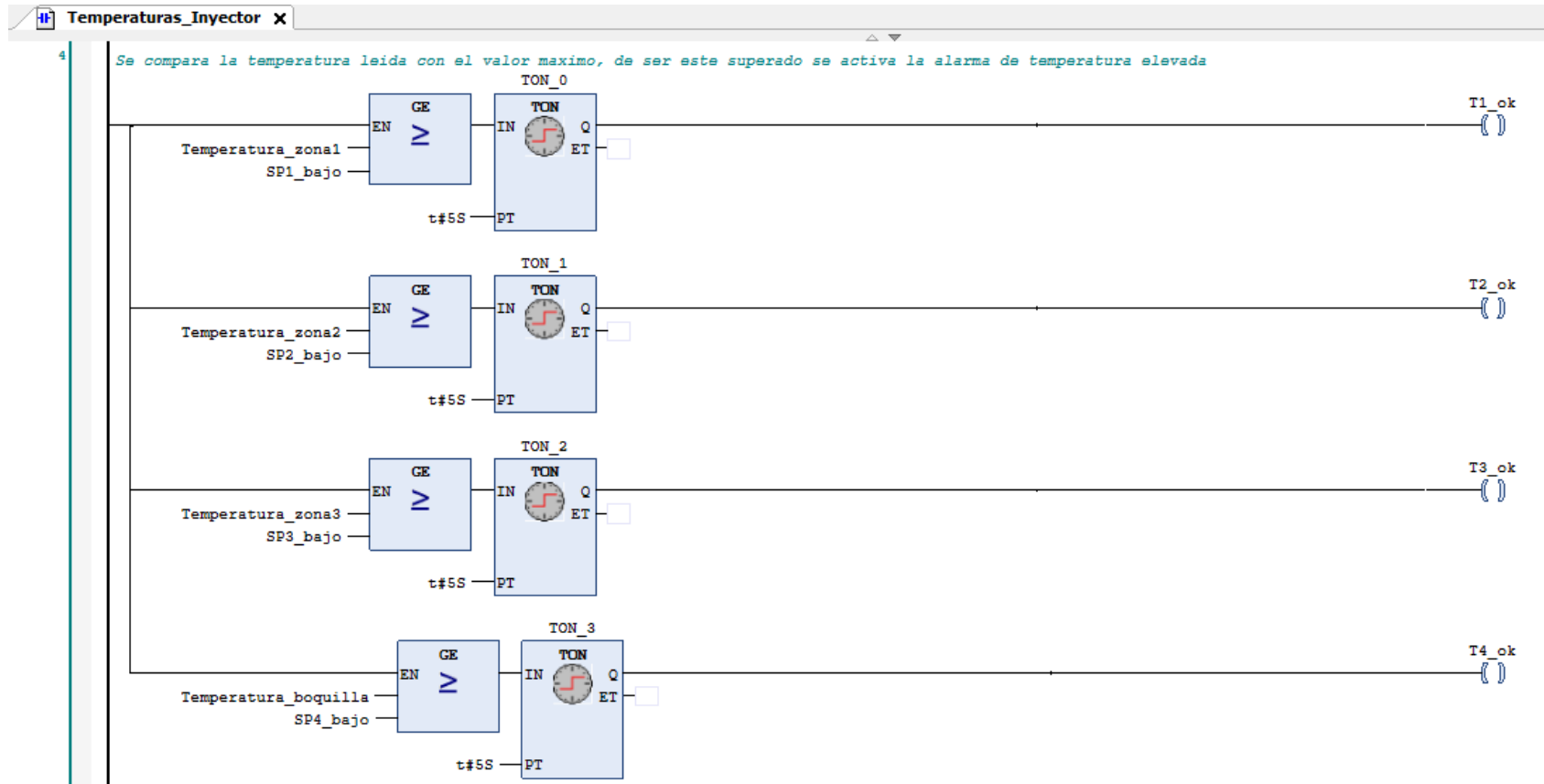


Figura 10

Tarea de SETPOINT de temperatura – parte 4

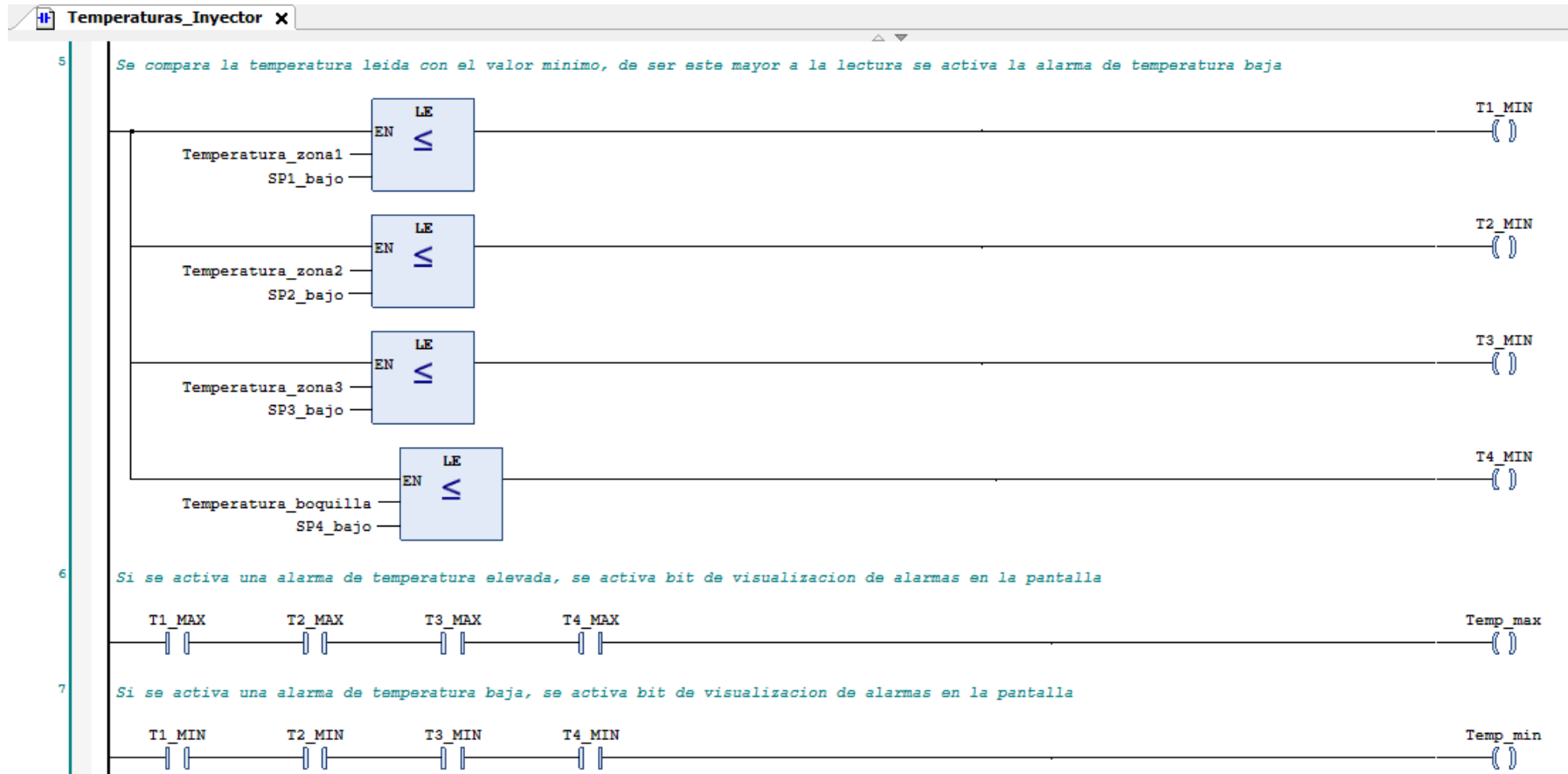


Figura 11

Tarea de SETPOINT de temperatura – parte 5

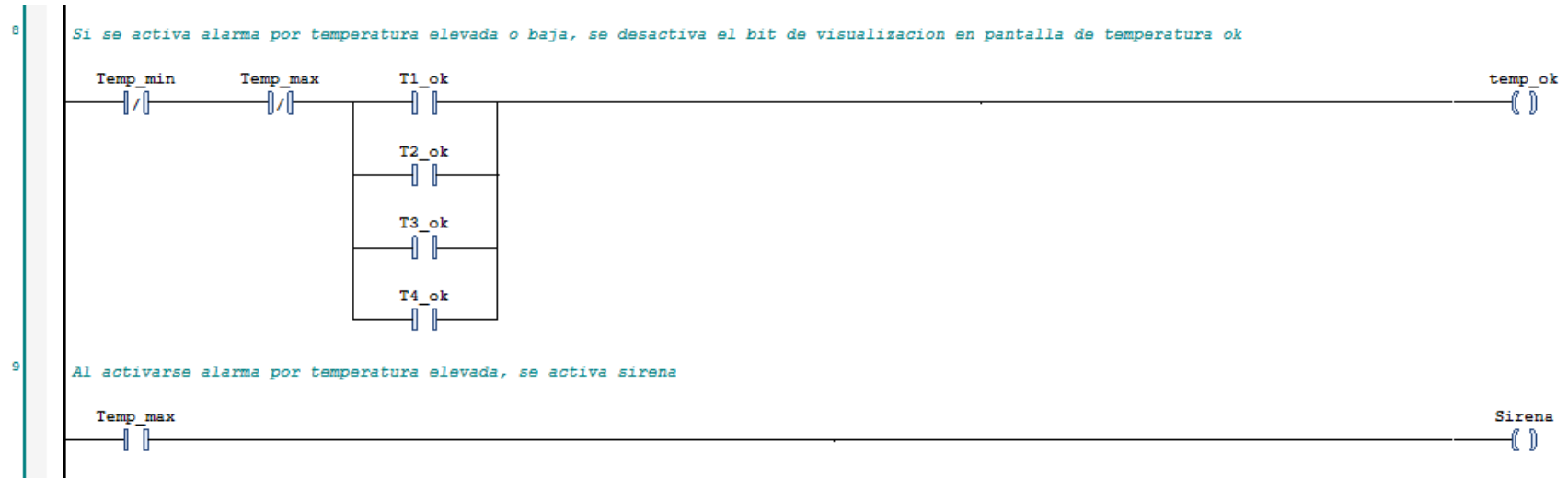


Figura 12

Tarea de contador de pasos y piezas – parte 1

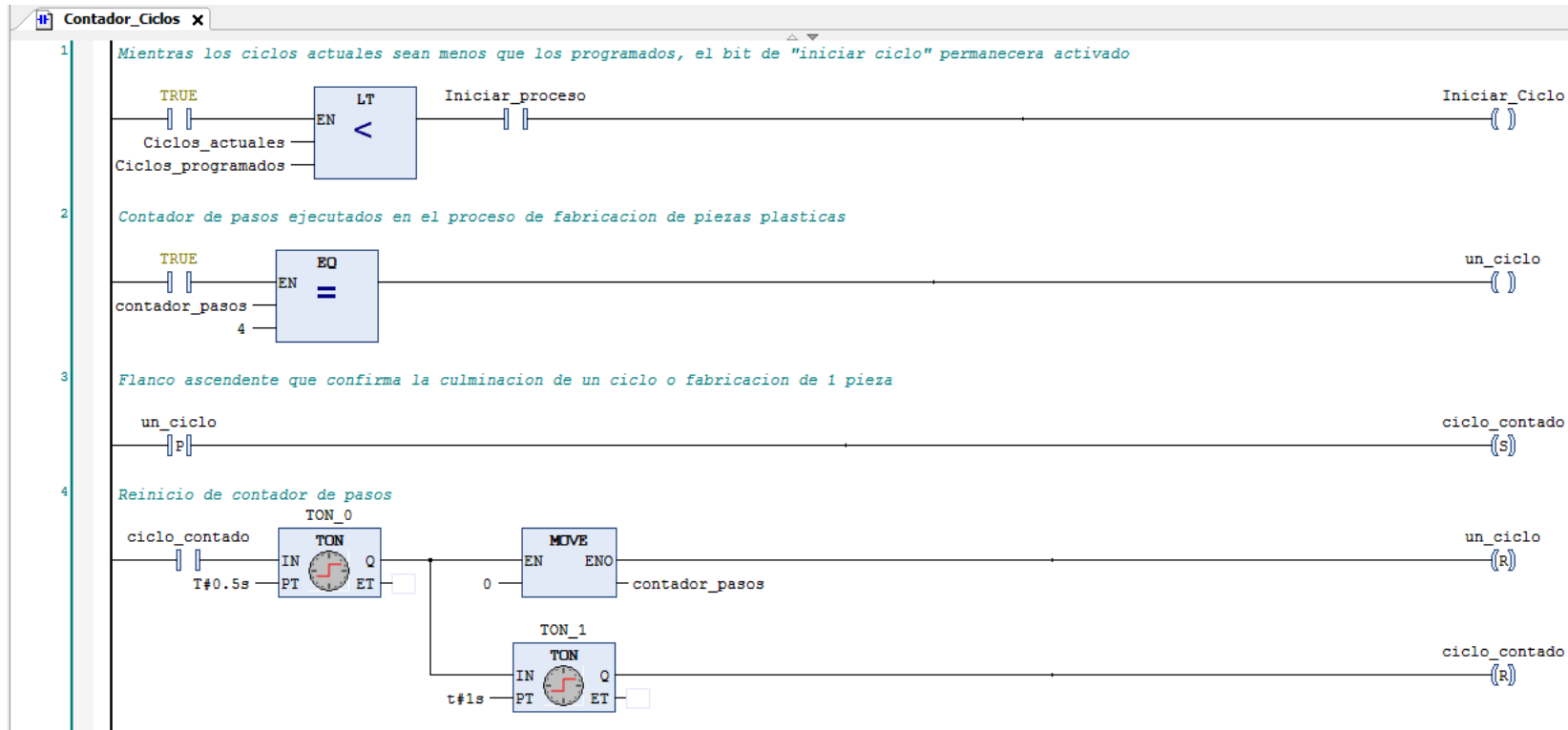


Figura 13

Tarea de contador de pasos y piezas – parte 2

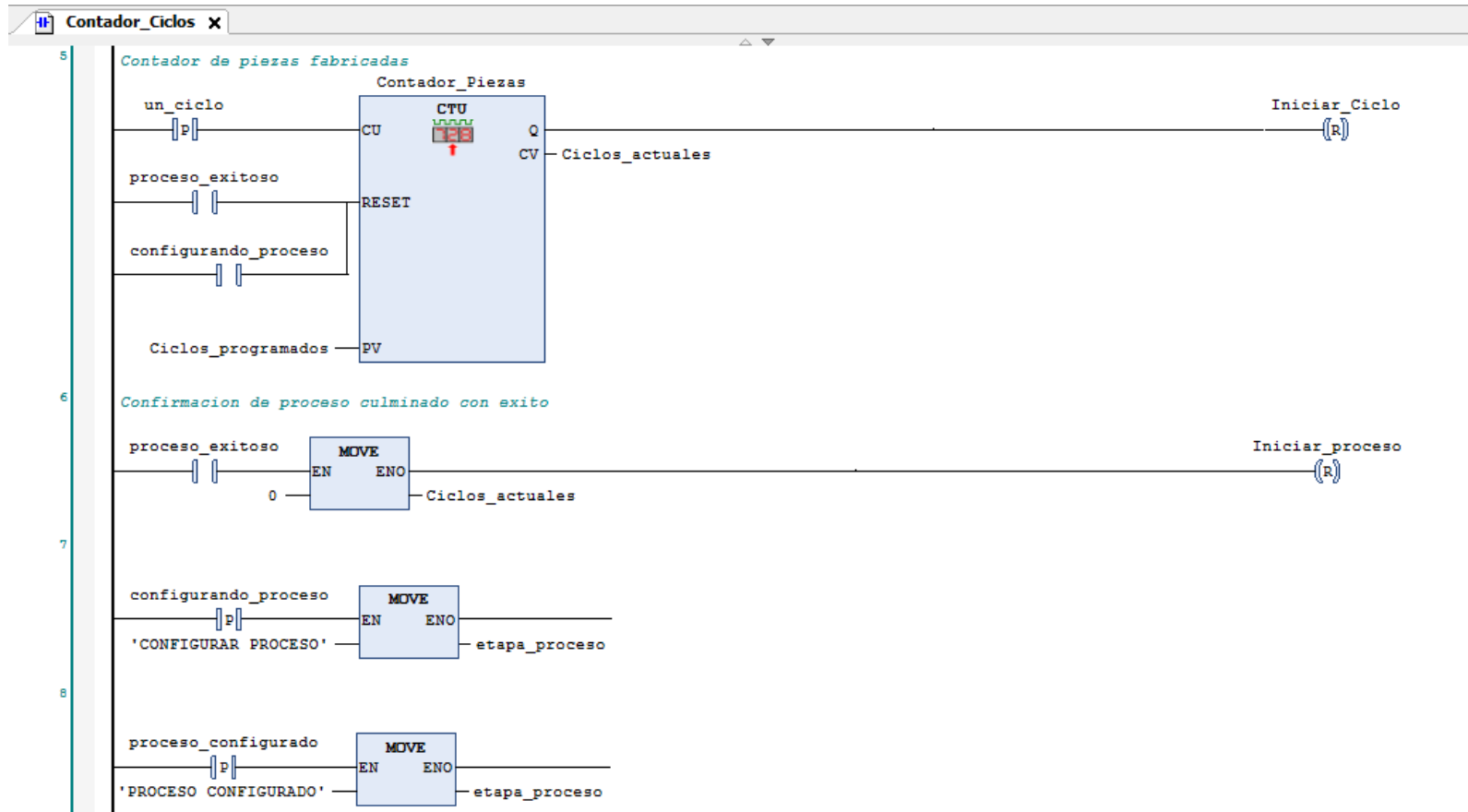


Figura 14

Tarea de contador de pasos y piezas – parte 3

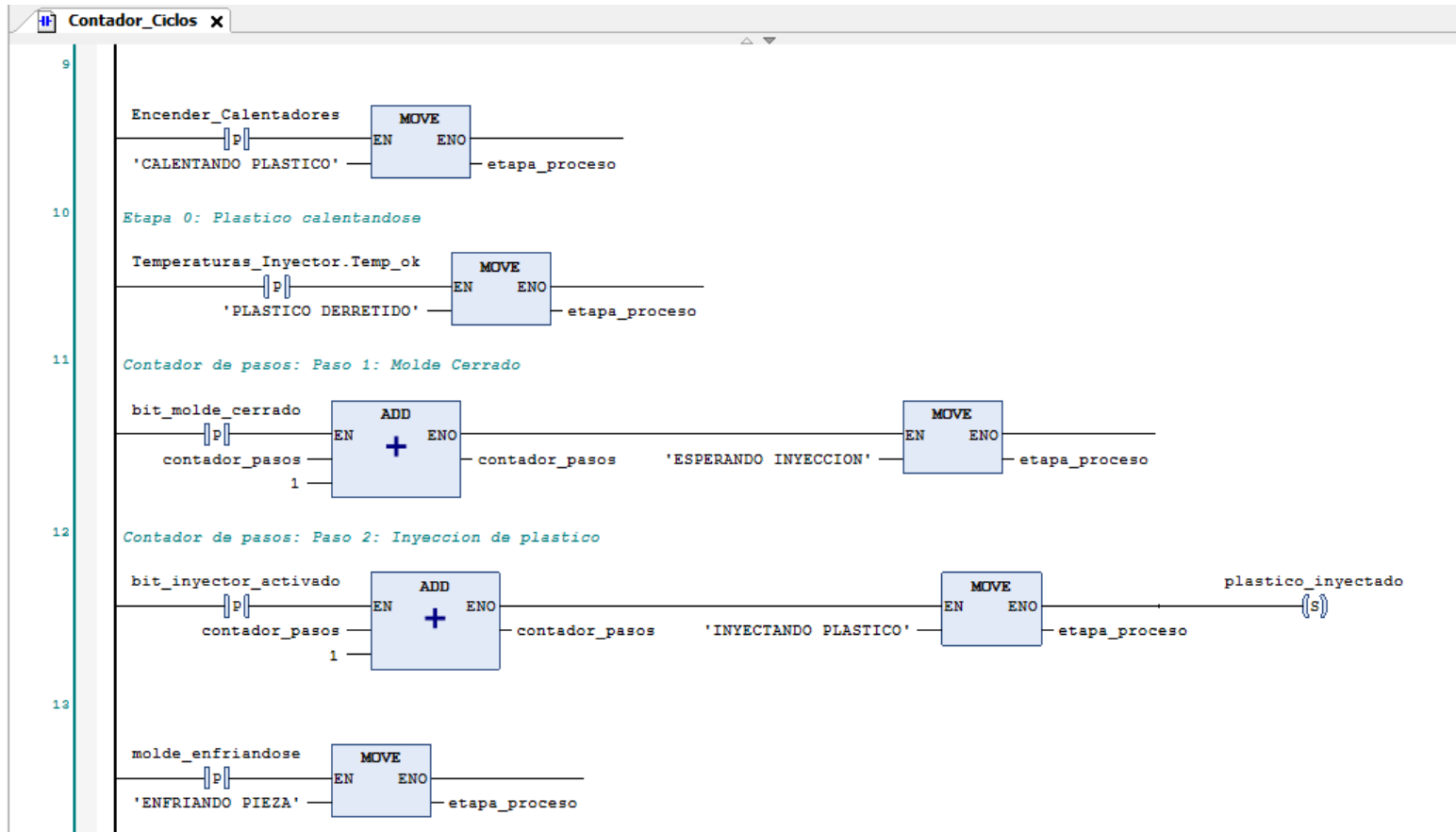


Figura 15

Tarea de contador de pasos y piezas – parte 4

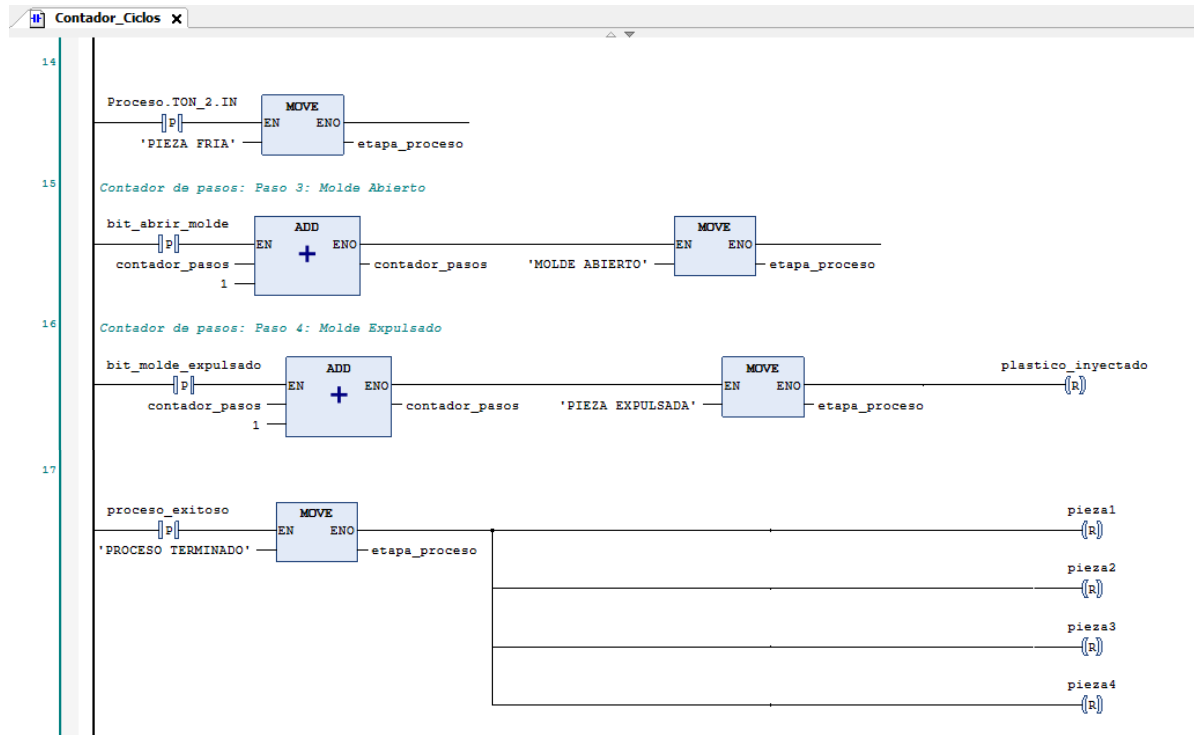


Figura 16

Tarea de registro de producción – parte 1

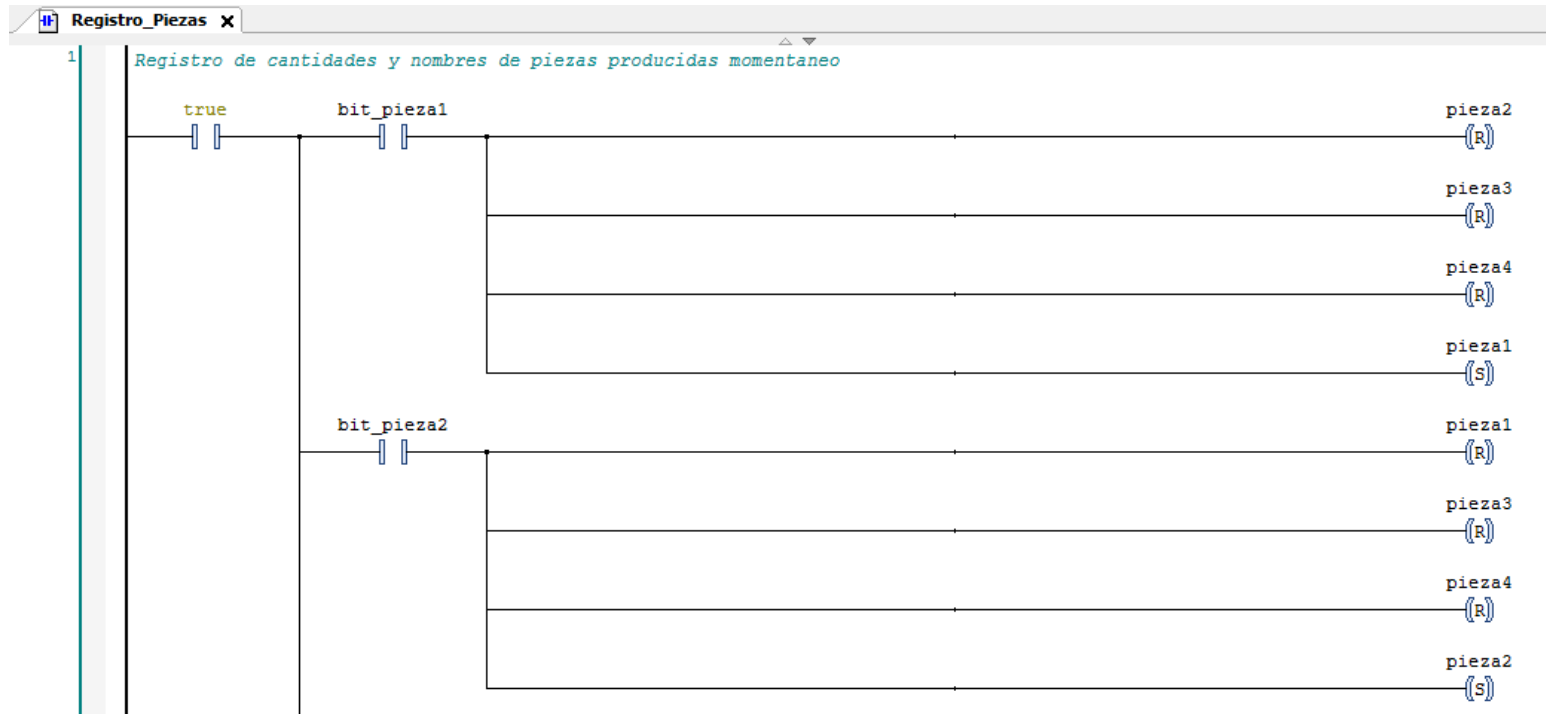


Figura 17

Tarea de registro de producción – parte 2

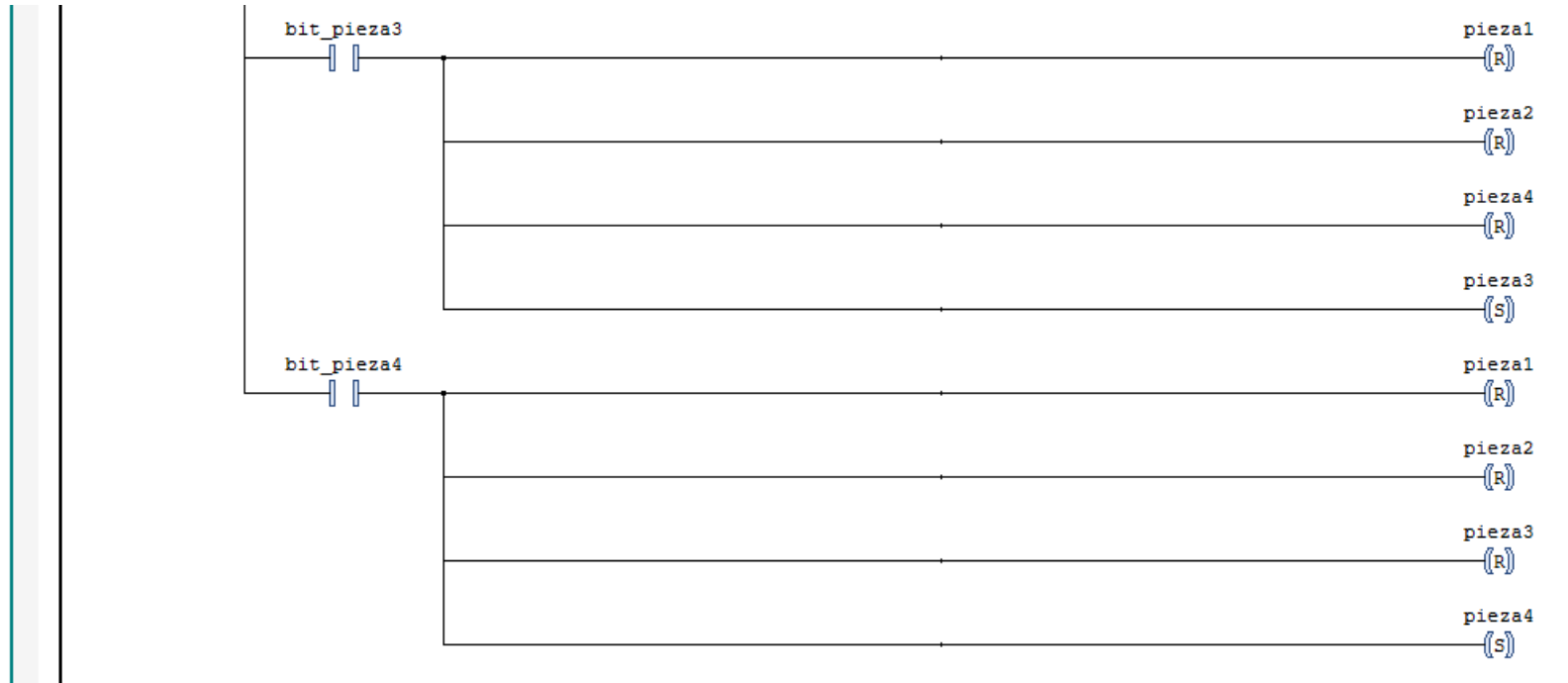


Figura 18

Tarea de registro de producción – parte 3

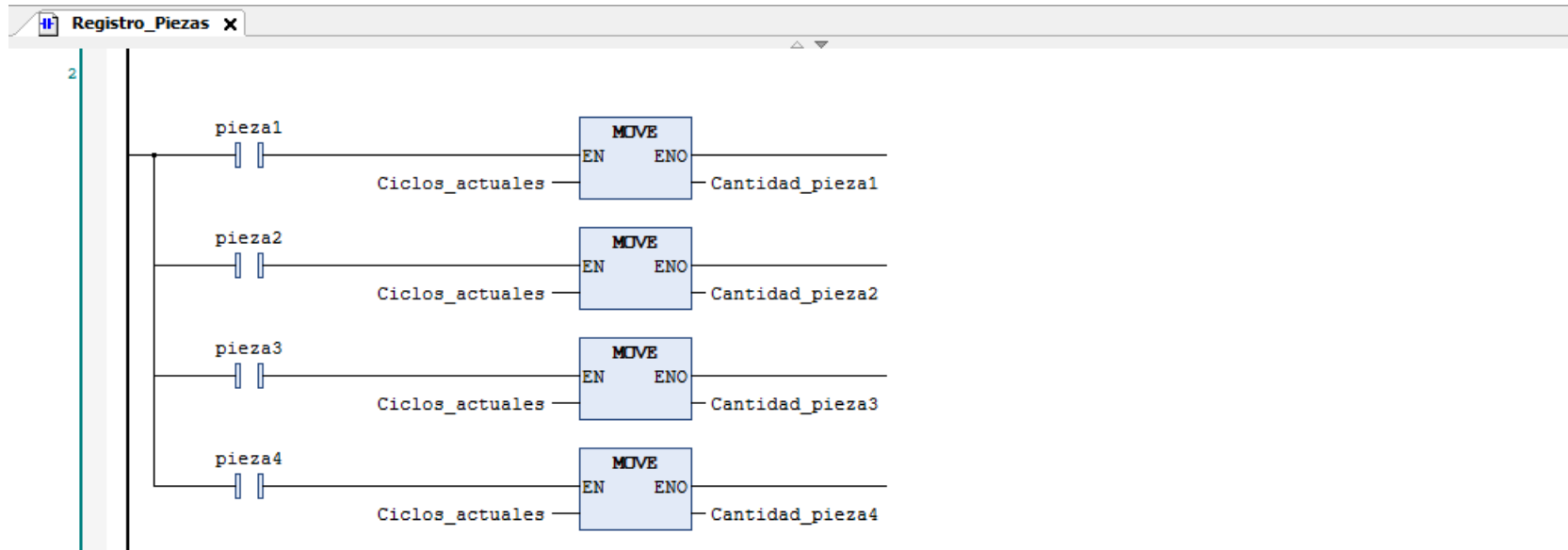
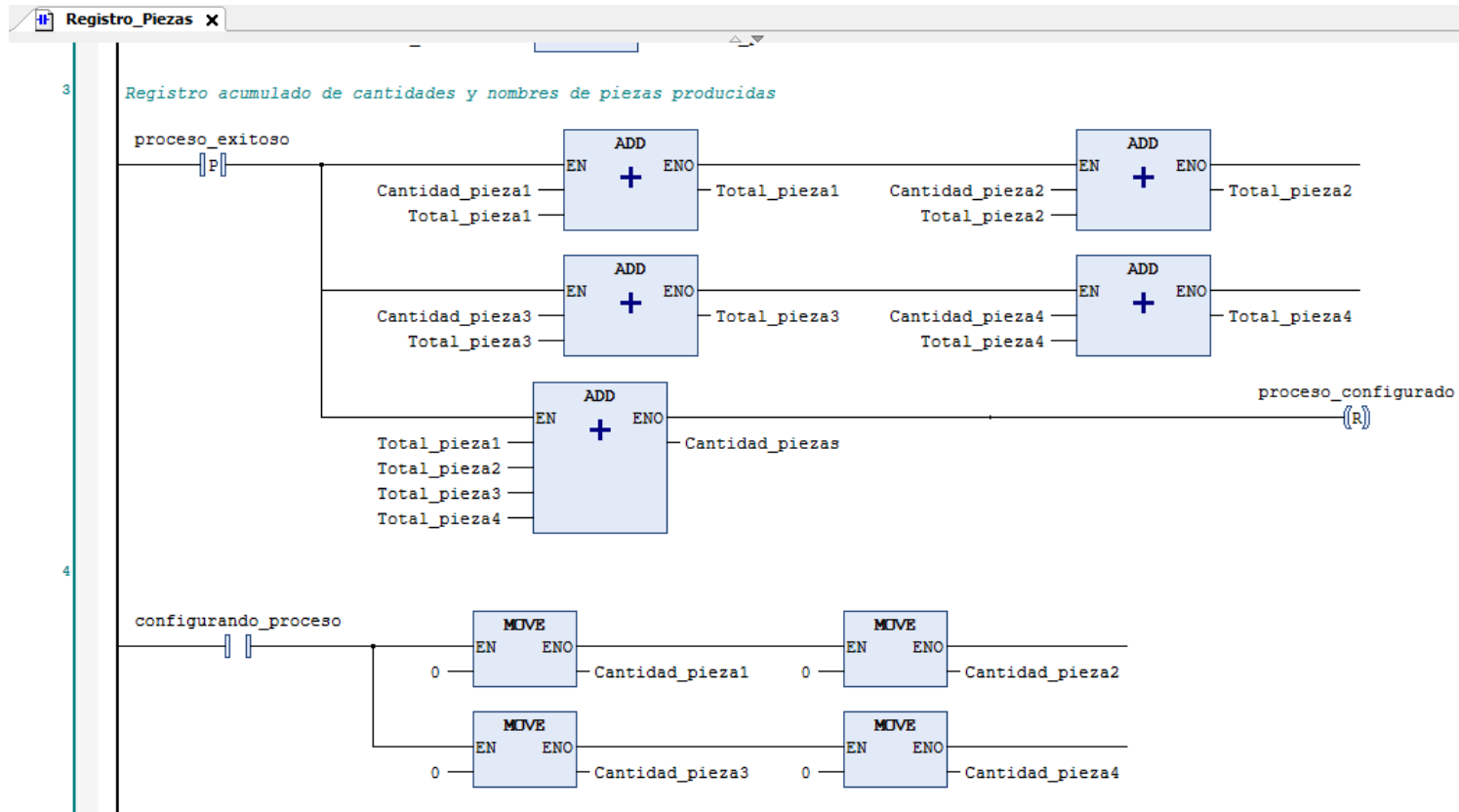


Figura 19

Tarea de registro de producción – parte 4

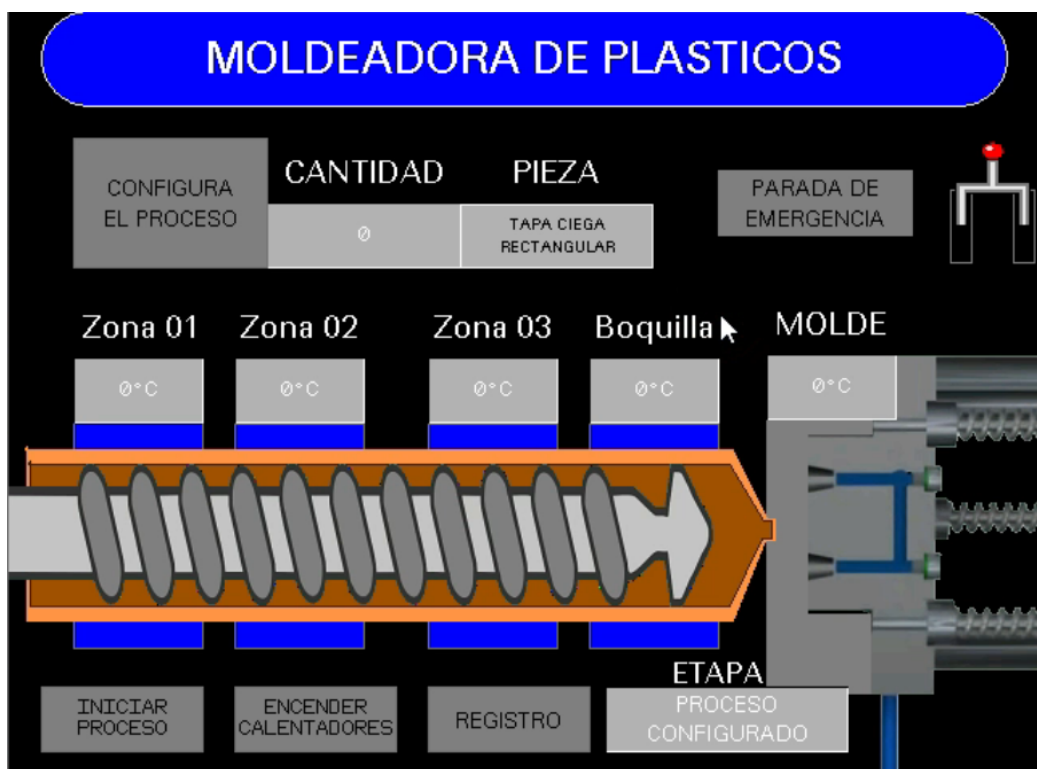


4.6. Diseño de HMI

Se diseñó la interfaz gráfica de operador con opciones para seleccionar el tipo y cantidad de piezas a producir, los tiempos de ejecución del proceso, visualización de etapas de producción mediante animaciones y registro de piezas producidas por la máquina de moldes de plástico en la empresa FATP.

Figura 20

Pantalla principal de HMI



4.7. Diseño de planos eléctricos

Figura 21

Circuito de fuerza

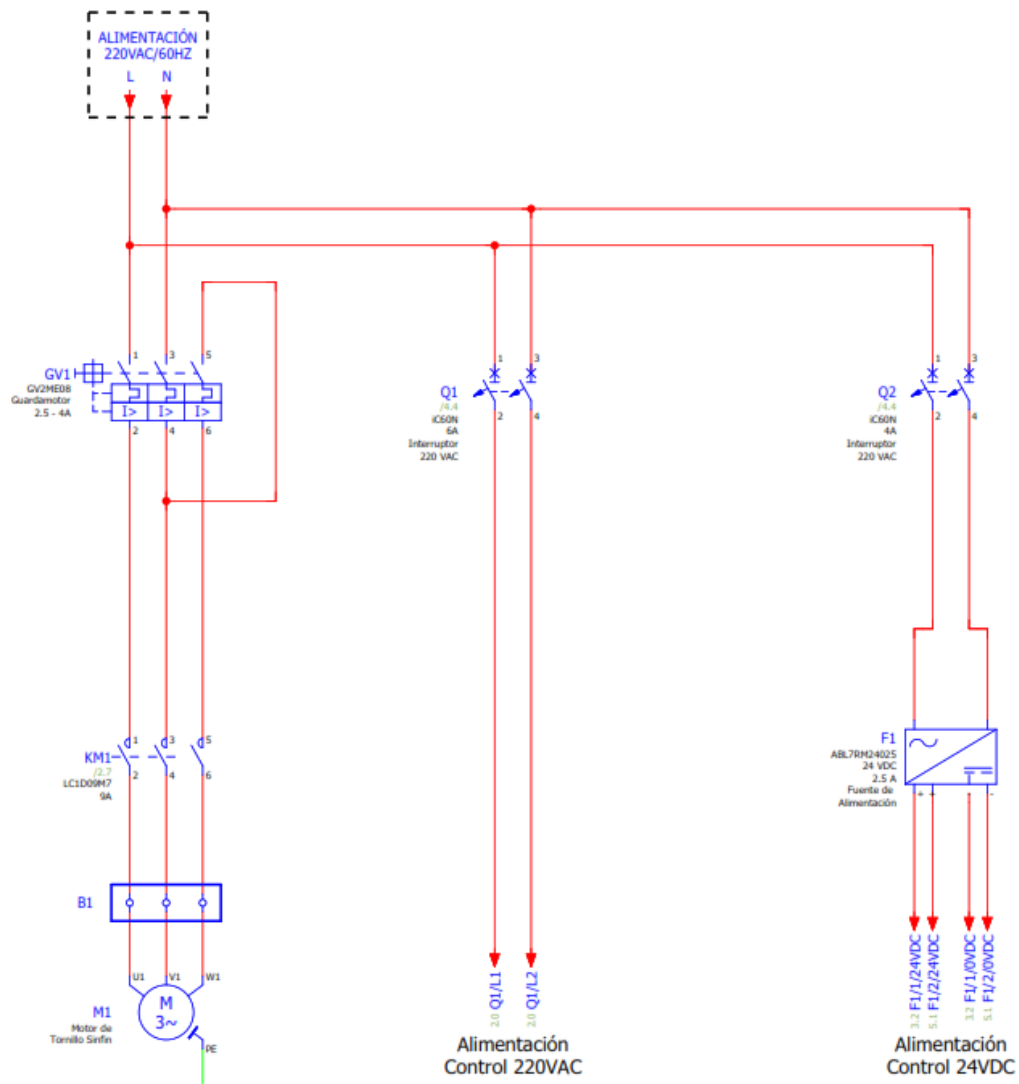


Figura 22

Circuito de control de PLC

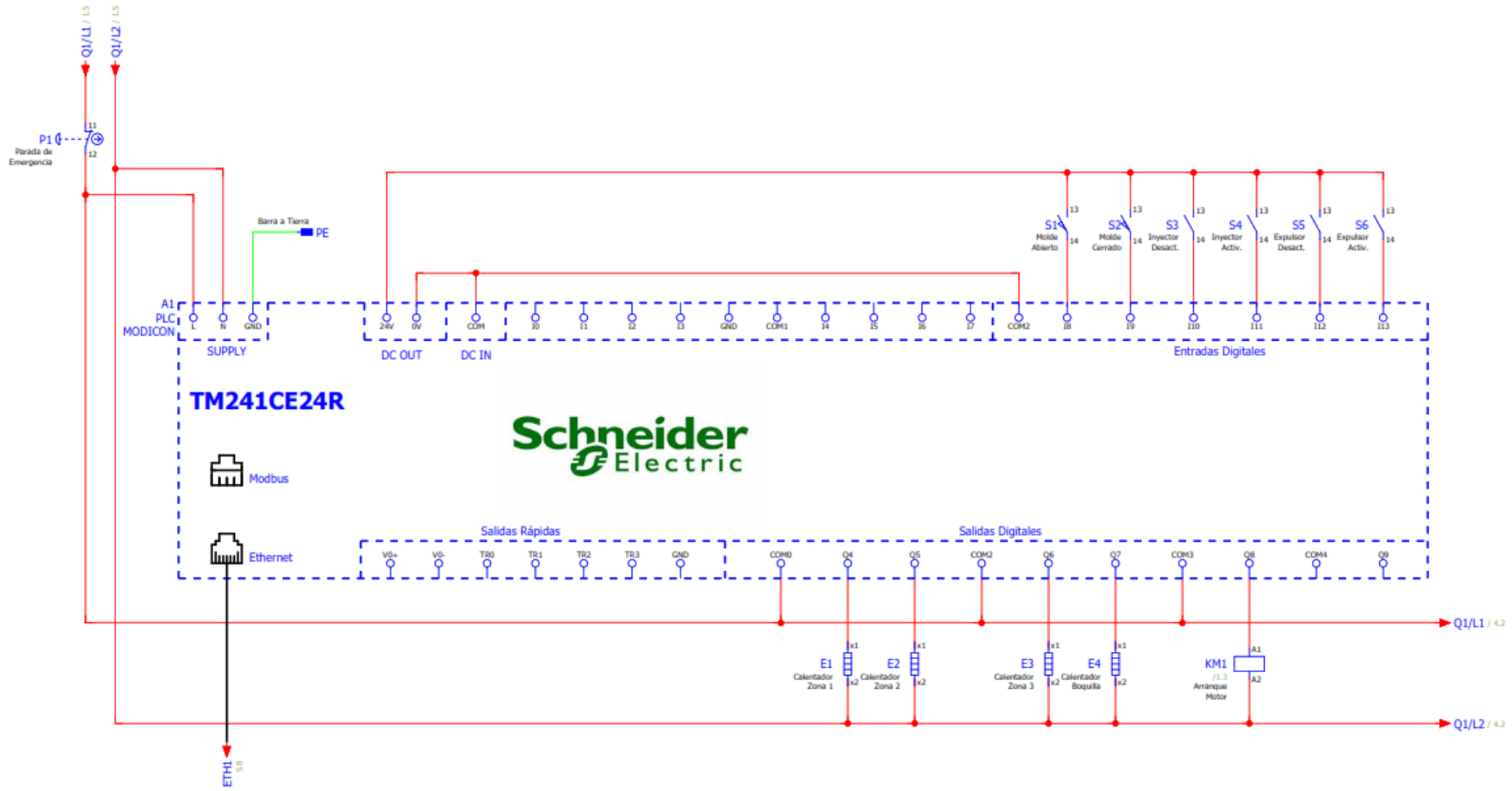


Figura 23

Circuito de módulo de entrada analógica

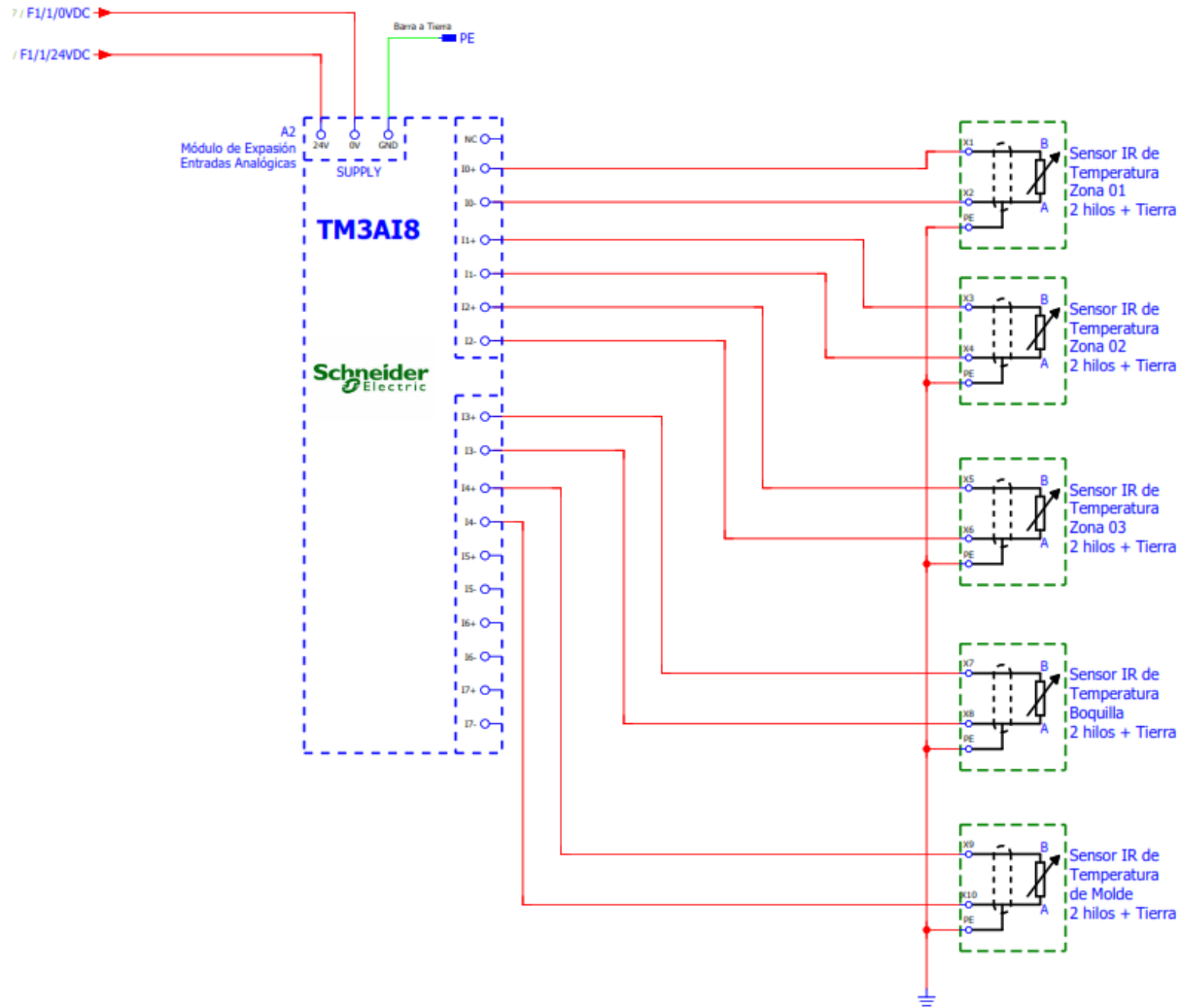


Figura 24

Circuito de módulo de salida digital

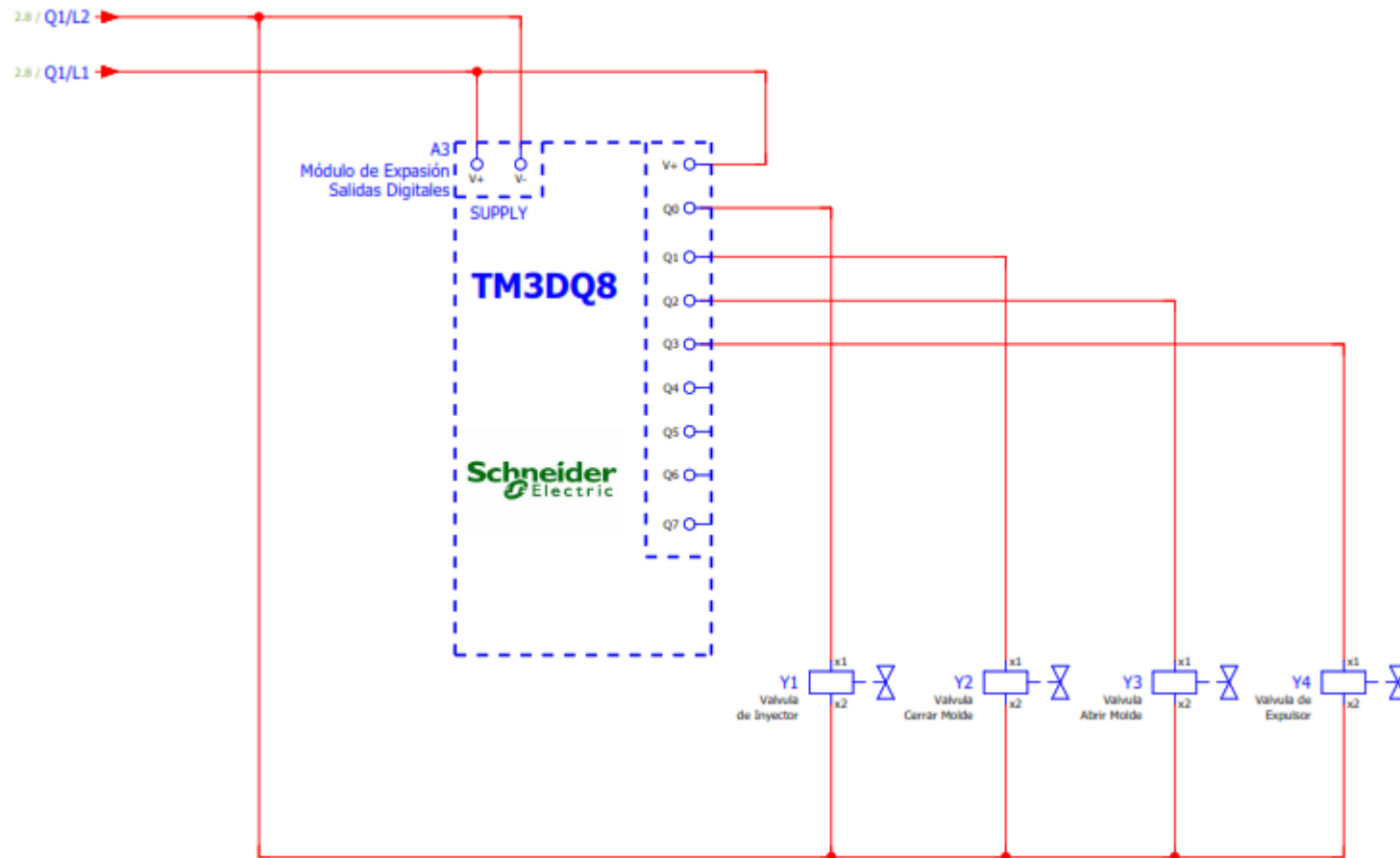


Figura 25

Circuito de control de HMI

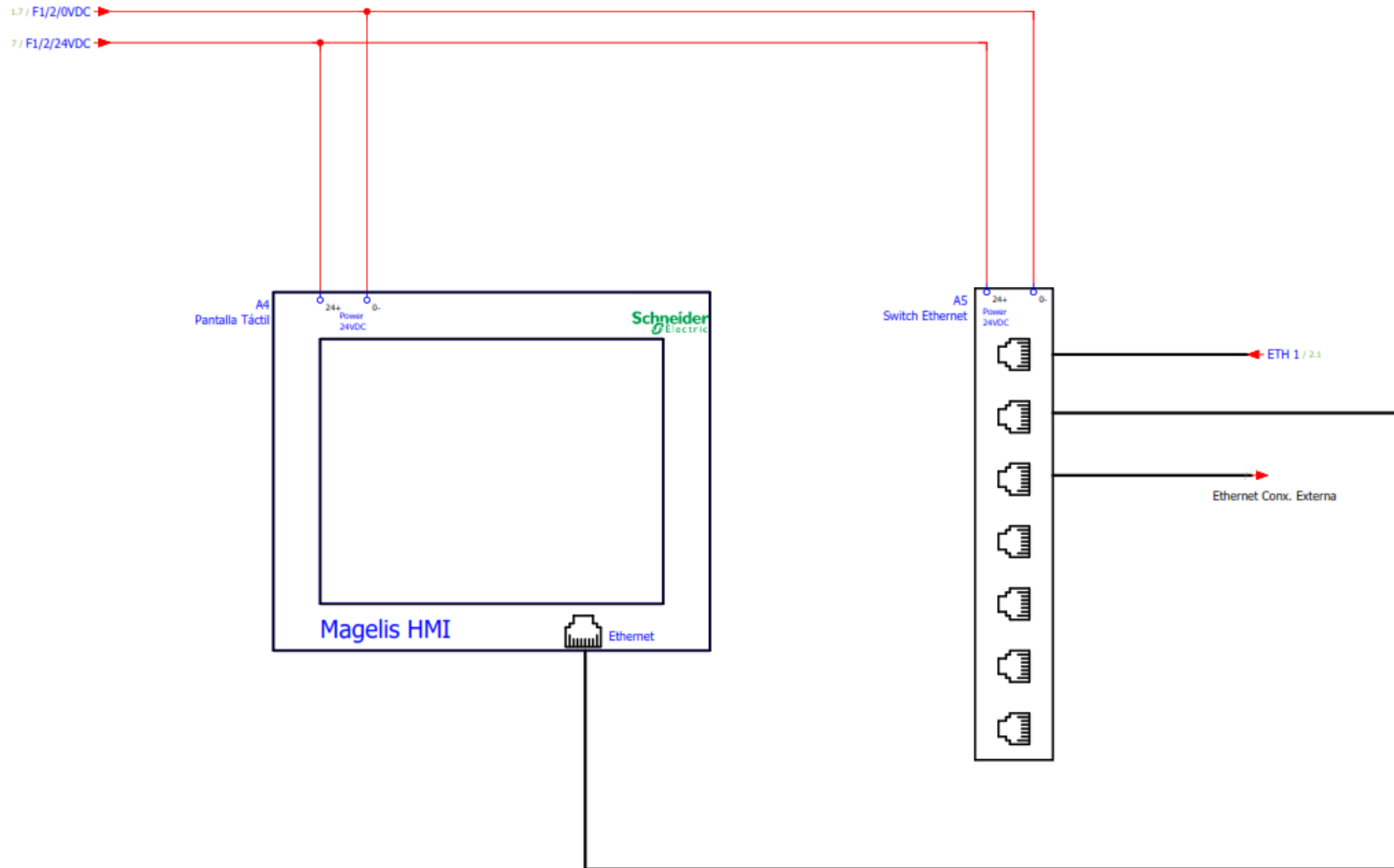


Tabla 10*Costo de equipos*

Equipo	Referencia	Ud. de medida	Cantidad	Precio unitario	Precio total
Termopar	ThermoMETER	Unidad	5	S/. 252.35	S/. 1,261.75
HMI	HMISTU655	Unidad	1	S/. 2,695.92	S/. 2,695.92
PLC	TM241CE24R	Unidad	1	S/. 2,209.99	S/. 2,209.99
Módulo DI	TM3DQ8T	Unidad	1	S/. 903.62	S/. 903.62
Módulo AI	TM3AI8	Unidad	1	S/. 1,813.36	S/. 1,813.36
Fuente 24V	ABLM1A24012	Unidad	1	S/. 689.64	S/. 689.64
ITM	A9K24210	Unidad	2	S/. 55.83	S/. 111.66
Contactora	LC1D25SD	Unidad	1	S/. 405.32	S/. 405.32
PE	XB4BS8444	Unidad	1	S/. 154.41	S/. 154.41
Limit Switch	XCKD3902P16EX	Unidad	6	S/. 397.05	S/. 2,382.30
Switch Ethernet	TM4ES4	Unidad	1	S/. 657.61	S/. 657.61
Cable de control	GPT-3 18 AWG	Rollo	1	S/. 87.00	S/. 87.00
Software	ESEEXPCZZSPMZZ	Unidad	1	S/. 2,605.62	S/. 2,605.62
Tablero	NSYPLM43G	Unidad	1	S/. 838.58	S/. 838.58
Canaleta	-	Unidad	2	S/. 25.00	S/. 50.00
Riel DIN	-	Unidad	3	S/. 17.60	S/. 52.80
Bornera	-	Unidad	50	S/. 8.00	S/. 400.00
Enchufe trifásico	-	Unidad	1	S/. 32.00	S/. 32.00
TOTAL					S/. 17,351.58

Tabla 11*Costo de instalación y configuración de equipos*

Servicio	Ud. de medida	Cantidad	Precio unitario	Precio total
Instalación de tablero eléctrico	Unidad	1	S/. 600.00	S/. 600.00
Pre Comisionamiento	Unidad	1	S/. 1,200.00	S/. 1,200.00
Comisionamiento	Unidad	1	S/. 1,200.00	S/. 1,200.00
Puesta en marcha	Unidad	1	S/. 2,000.00	S/. 2,000.00
TOTAL				S/. 5,000.00

Tabla 12*Plan de mantenimiento*

Actividad	Periodo	Costo
Revisión periódica de los componentes físicos del tablero, como los cables, conectores y dispositivos de alimentación, para asegurar que estén en buen estado y conectados correctamente.	Anual	
Verificación de la configuración del PLC y del panel HMI, asegurando que estén programados y configurados correctamente.	Anual	
Pruebas de diagnóstico y monitoreo del funcionamiento del tablero, incluyendo la medición de entradas y salidas, para asegurar que estén funcionando correctamente.	Semanal	
Análisis de los registros de eventos y diagnósticos para detectar problemas o tendencias que puedan indicar un fallo futuro.	Mensual	(*)
Actualización de la documentación del sistema, incluyendo el diagrama de cableado, el programa del PLC y la configuración del panel HMI.	Anual	
Inspección de seguridad para garantizar que el tablero cumple con las normas y regulaciones de seguridad aplicables.	Mensual	
Pruebas de funcionamiento y entrenamiento del personal para garantizar que puedan operar y mantener el tablero de manera efectiva.	Anual	

(*) El costo de cada una las actividades oscilan entre \$500.00 a \$2,000.00

V. RESULTADOS

En la Figura 26 se observa la pantalla del panel HMI que permite configurar el proceso de moldeo de plástico. En la Figura 267 se muestra la selección de la pieza a producir.

Figura 26

Configuración de proceso

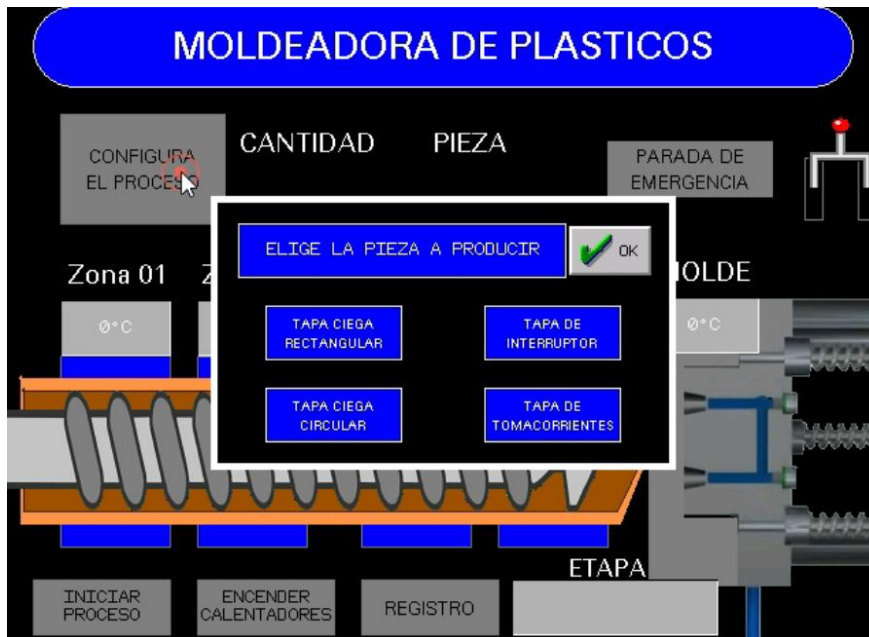
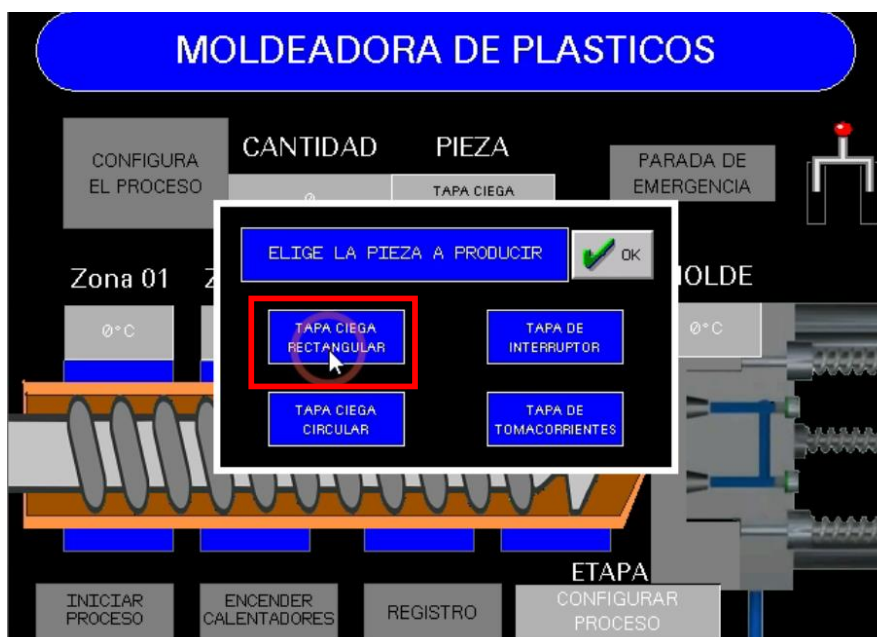


Figura 27

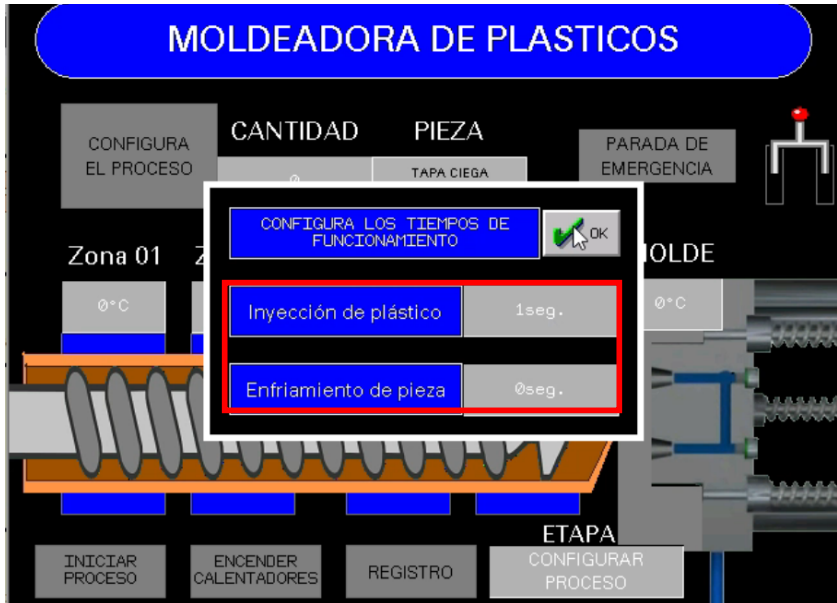
Selección de pieza a producir



Después se configuran los tiempos del proceso.

Figura 28

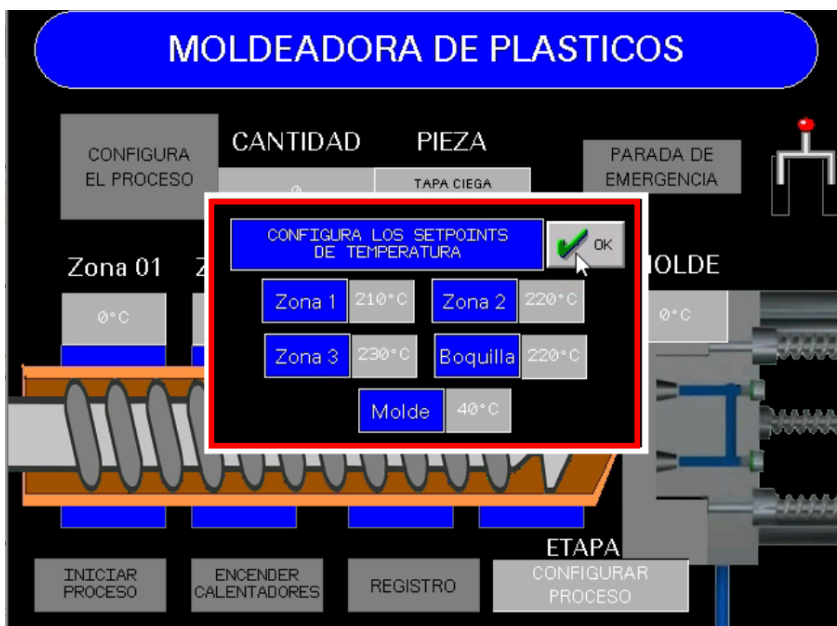
Configuración de los tiempos del proceso



Luego procedemos a configurar las referencias de temperatura.

Figura 29

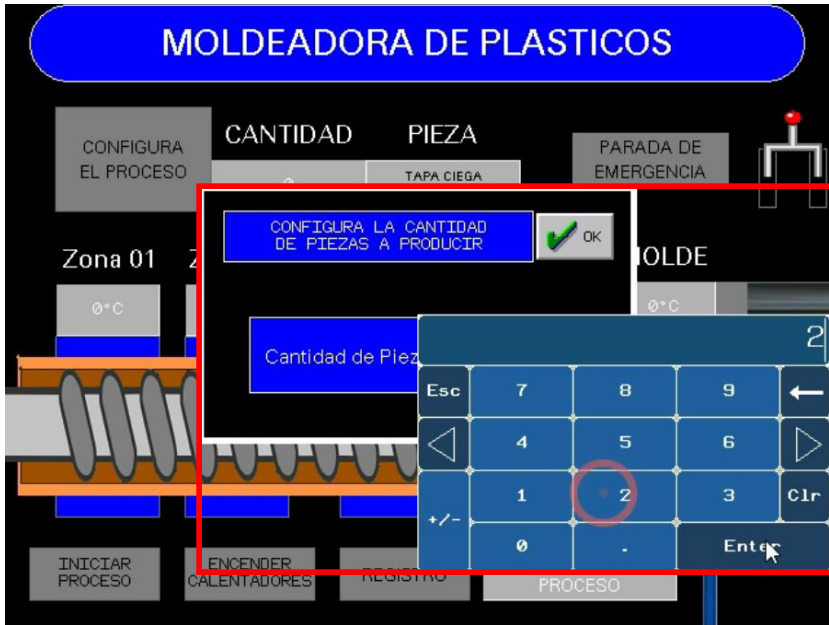
Configuración de los Setpoints de temperatura



También se indica la cantidad de piezas a producir.

Figura 30

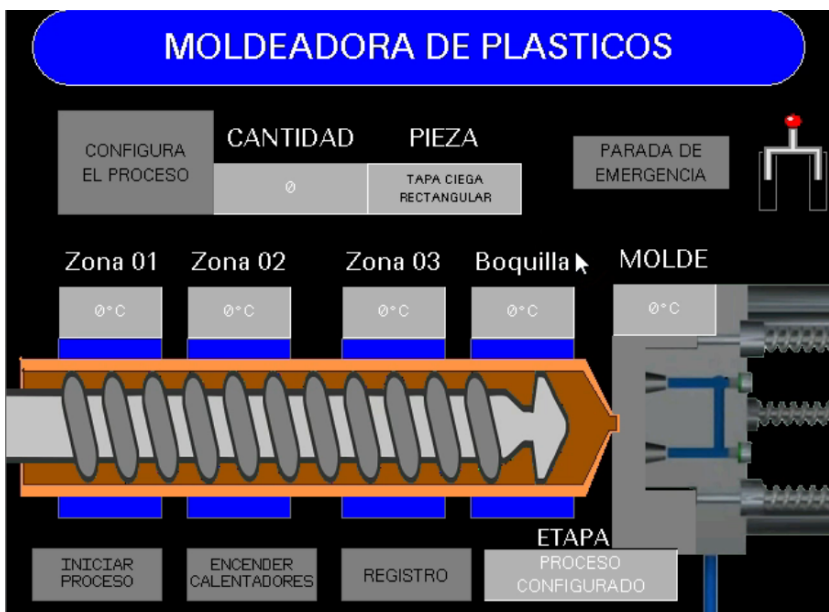
Configuración de la cantidad de piezas a producir



Con las configuraciones previas el proceso queda correctamente configurado.

Figura 31

Configuración del proceso



Ahora se procede a encender los calentadores.

Figura 32

Encendido de calentadores

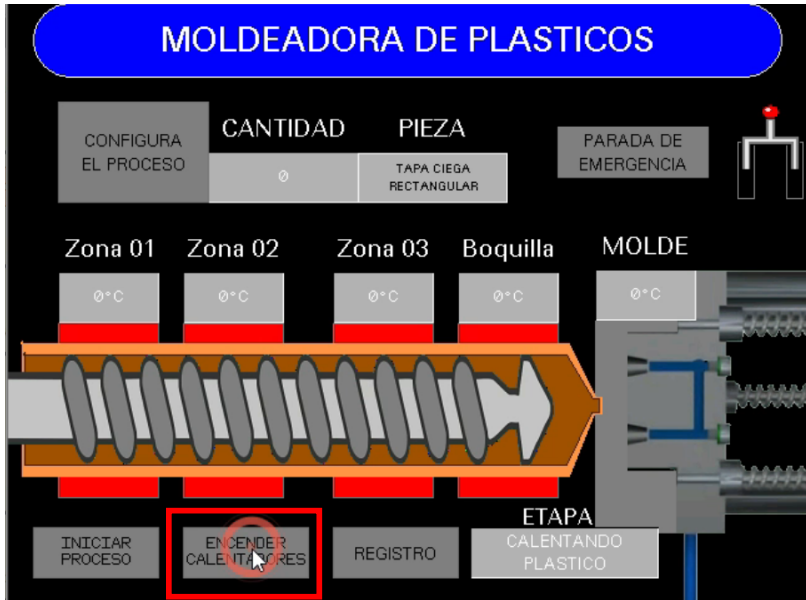


Figura 33

Etapa "Calentando Plástico" – parte 1

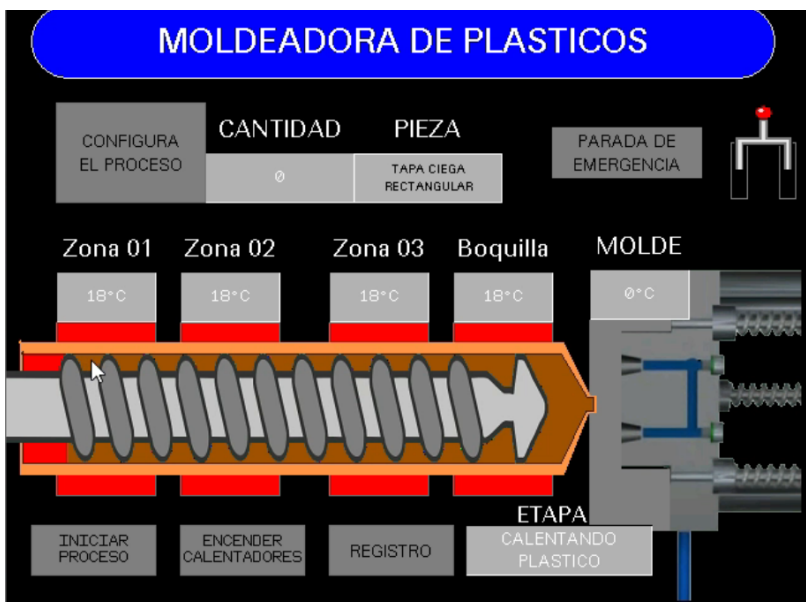


Figura 34

Etapa "Calentando Plástico" – parte 2

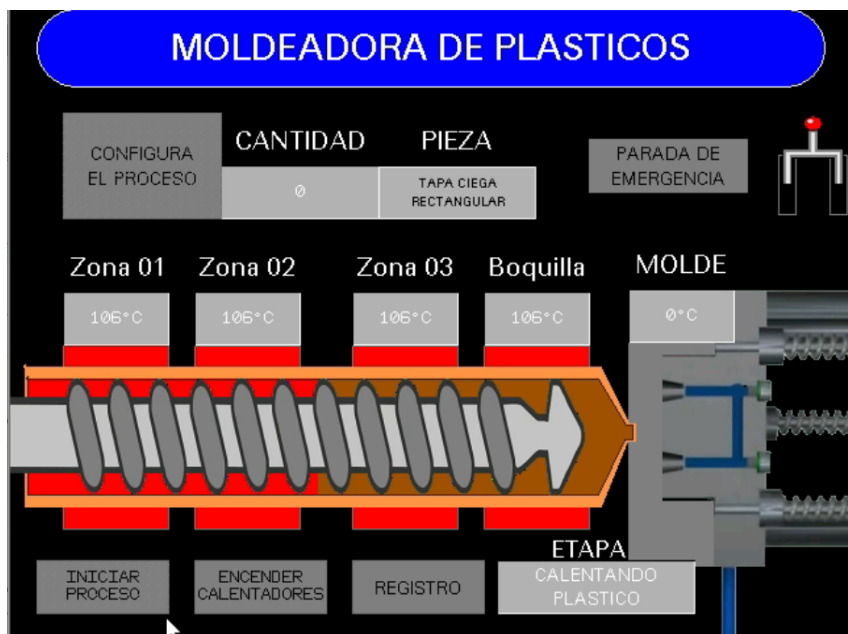


Figura 35

Etapa "Plástico Derretido"

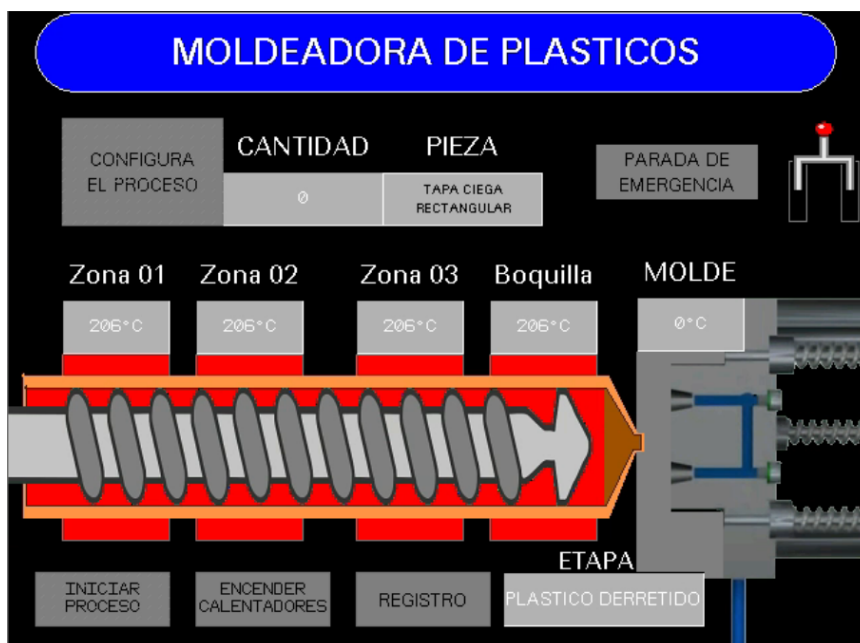


Figura 36

Etapa “Esperando Inyección”

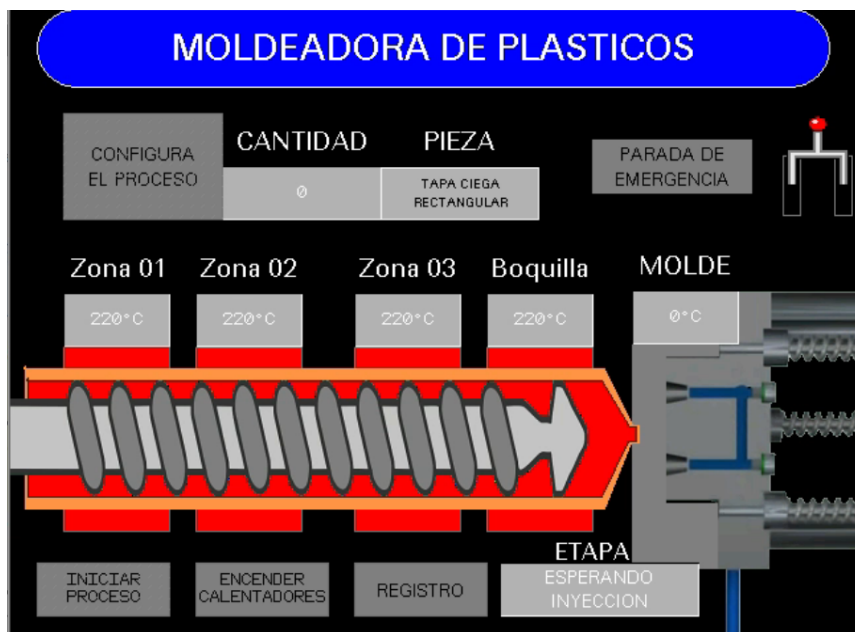


Figura 37

Inyección de plástico y Etapa “Enfriando Pieza” – parte 1

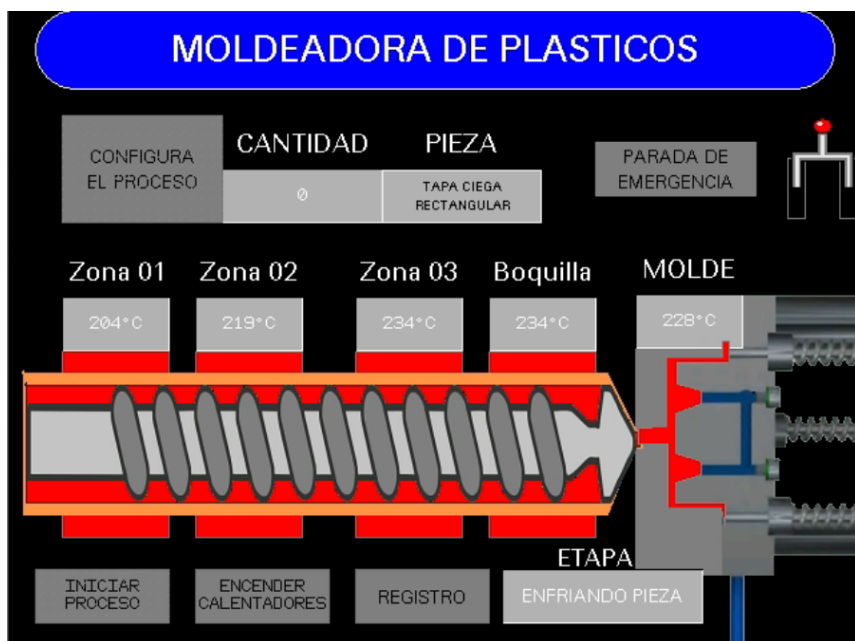


Figura 38

Inyección de plástico y Etapa “Enfriando Pieza” – parte 2

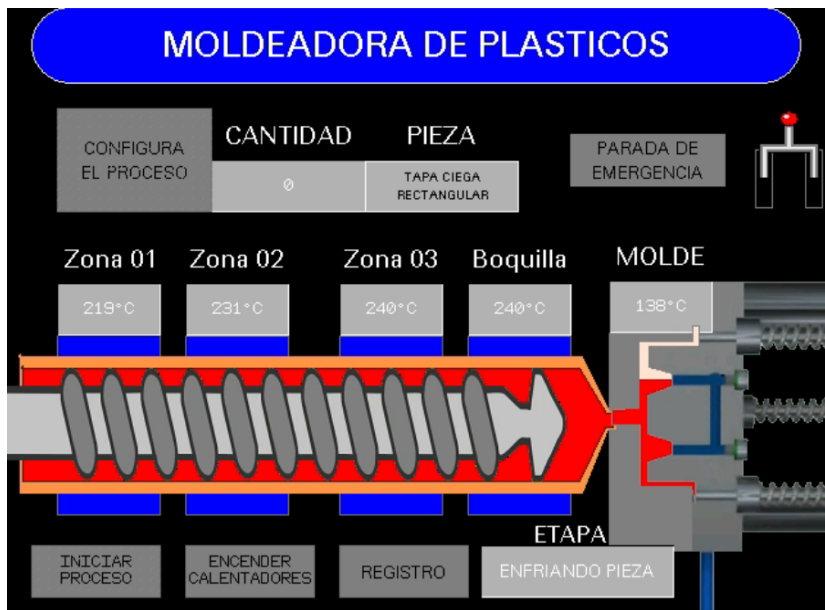


Figura 39

Inyección de plástico y Etapa “Enfriando Pieza” – parte 3

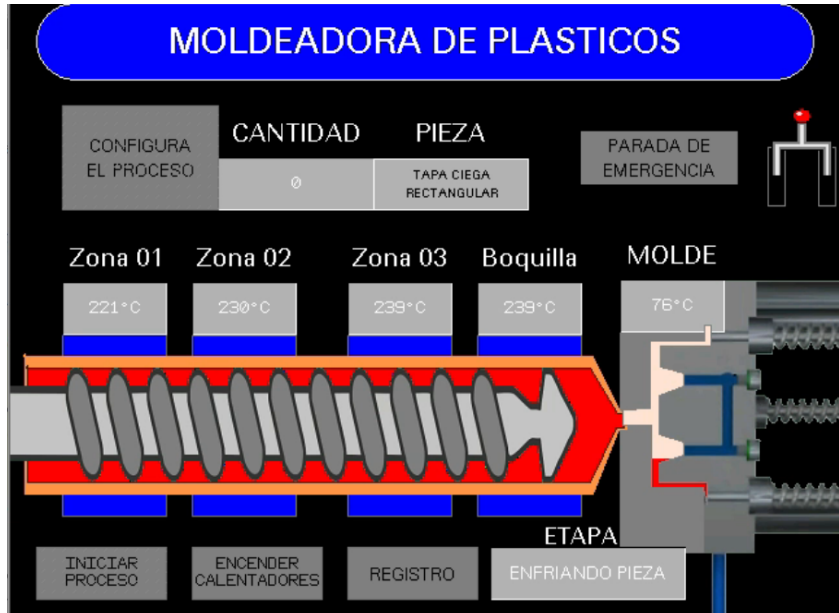


Figura 40

Etapa "Pieza Fría"

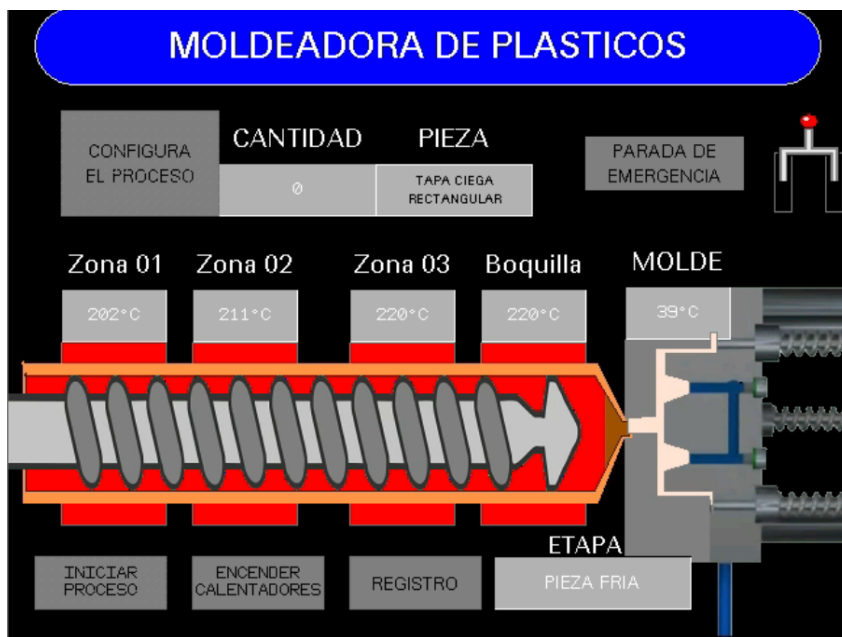


Figura 41

Etapa "Pieza Expulsada" – parte 1

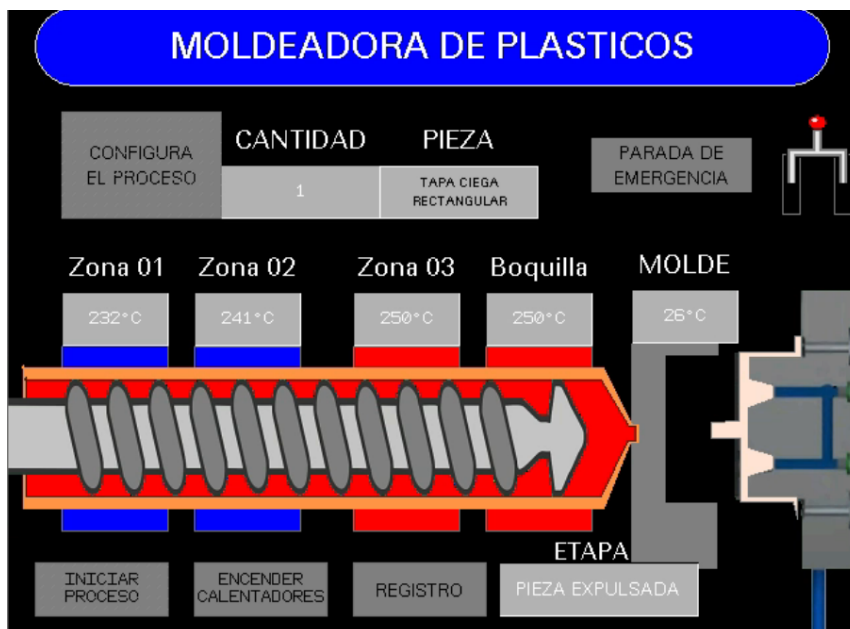
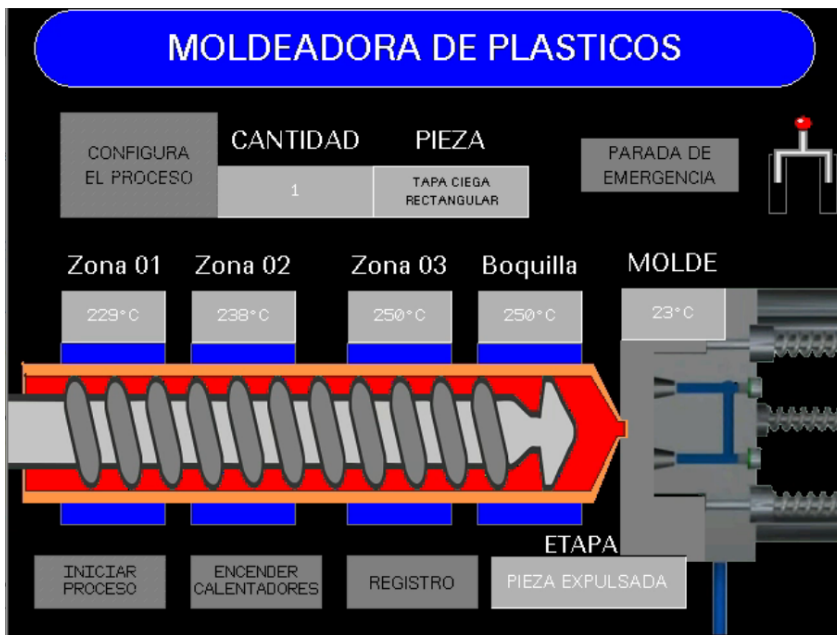


Figura 42

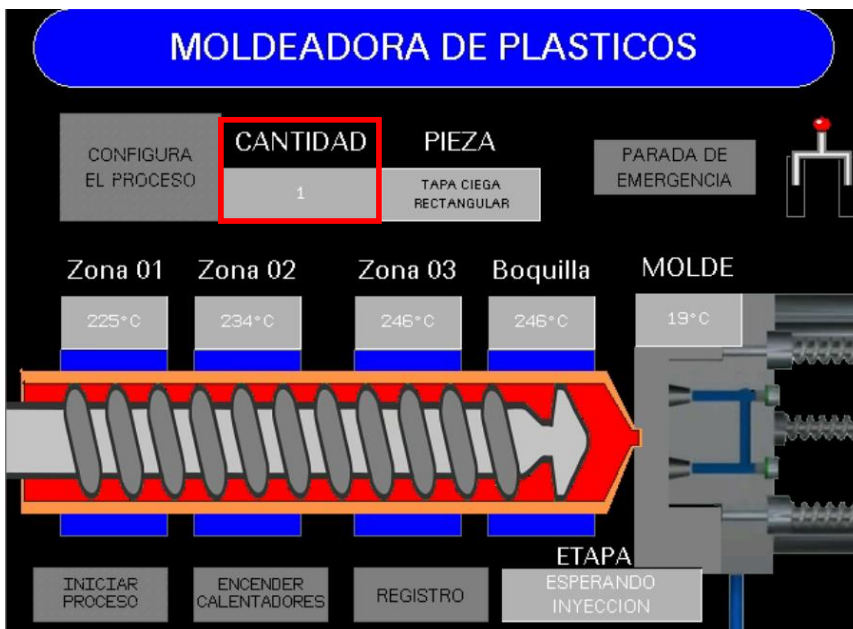
Etapa "Pieza Expulsada" – parte 2



Luego que se ha terminado la pieza se reinicia el ciclo para producir las piezas restantes.

Figura 43

Primera pieza producida y continuación del ciclo de producción



Luego de repetir los ciclos el proceso culmina satisfactoriamente hasta terminar las piezas indicadas (2).

Figura 44

Proceso culminado

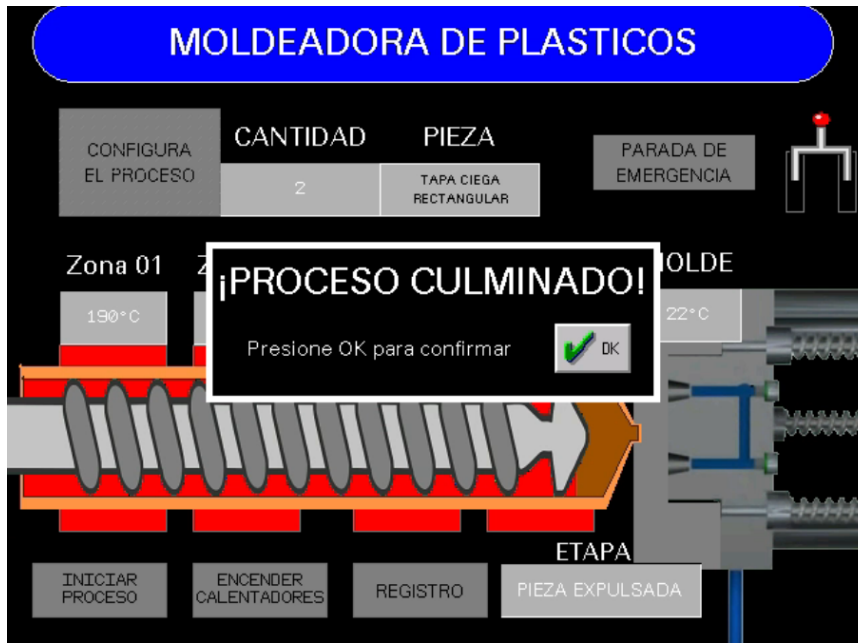
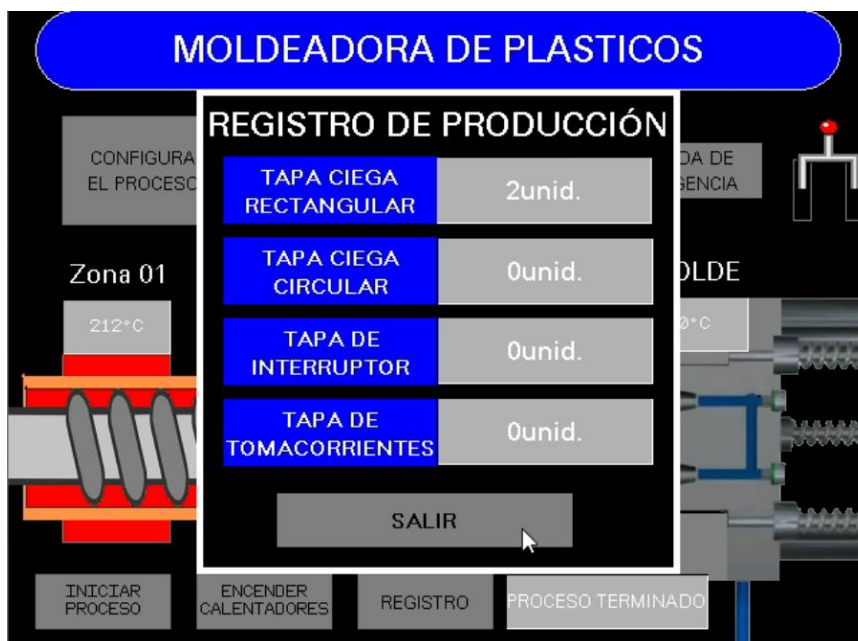


Figura 45

Resumen de piezas producidas



VI. CONCLUSIONES

- Se logró diseñar correctamente la lógica del controlador industrial (PLC). De esta manera, el PLC se encargó de procesar las señales digitales y analógicas, y ejecutar acciones de control de forma automática para reducir la intervención del operario en la supervisión y el control de la máquina de moldes de plásticos de la FATP.
- Se logró diseñar la interfaz gráfica de operador con opciones para seleccionar el tipo y cantidad de piezas a producir, los tiempos de ejecución del proceso, visualización de etapas de producción mediante animaciones y registro de piezas producidas por la máquina de moldes de plástico en la empresa FATP.
- Se lograron diseñar los planos eléctricos de los circuitos de fuerza y control, comunicación y módulos de expansión digitales y analógicos para interconectar los subsistemas de la máquina de moldes de plásticos FATP.
- Finalmente, se concluye que con un sistema de control basado en PLC y HMI se puede automatizar la máquina de moldes de plástico de la FATP.

VII. RECOMENDACIONES

- Integrar la funcionalidad de exportar reportes diarios, semanales o mensuales.
- Contratar un servicio de almacenamiento en la nube para agregar la supervisión y control de forma remota.

REFERENCIAS

- Andagana Paredes, L. A., y Taco Muñoz, A. D. (2021). *Control y monitoreo de la humedad y temperatura mediante un sistema scada para el cultivo de mora en el sector de Yanahurco* (Tesis de Grado, Ecuador: Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC)).
- Aveva. (2022). *HMI - The Interface Between Process and Operators*.
<https://www.aveva.com/en/solutions/operations/hmi/>
- Ayala Santander, G. M. (2021). *Plan de Asignatura y Plan de Unidad de Aprendizaje, INTRODUCCION A LA AUTOMATIZACION INDUSTRIAL*.
- Ba Villareal, A. A. (2021). *Desarrollo y diseño de una interfaz para una red de PLC´s basada en internet de las cosas*.
- Baquero Martínez, G. (2021). *Definición de módulos neumáticos y eléctricos para prácticas de laboratorio de automatización de la Universidad de los Andes*.
- Céspedes Rivera, Y. C. (2021). *Plan de Asignatura y Plan de secuencia didáctica, TALLER DE CONTROL Y AUTOMATISMO*.
- Colás Fraile, A., y Huerta Abad, P. P. (2021). *Automatización de un proceso de fabricación flexible utilizando un robot colaborativo*.
- Cortez, S. (2021). *Argentina, Chile y Perú avanzan a su propio ritmo en las tendencias de automatización industrial – Agencia de Noticias Órbita*.
<https://agenciaorbita.org/2021/11/24/argentina-chile-y-peru-avanzan-a-su-propio-ritmo-en-las-tendencias-de-automatizacion-industrial/>
- Damián Reyes, W. J., y Díaz Morales, J. L. D. (2021). *Diseño e implementación de un prototipo para un sistema de control en el proceso de post cosecha de la miel de abeja en la empresa productos naturales Perú miel EIRL*.

Endara Vera, E. A. (2021). *Automatización de una pileta de agua mediante un PLC Master K 120s para obtener una secuencia de chorro de agua tipo cristalino.*

Flores García, E., Quezada Quezada, J. C., Calderón Medina, R. V. H., y Guardado Montes de Oca. (2021). *Control basado en PLC y monitoreo mediante HMI de la temperatura en el proceso de maceración y cocción en la elaboración de cerveza artesanal.* Boletín Científico INVESTIGIUM de la Escuela Superior de Tizayuca, 6(12), 44-49.

Forbes México. (2021). *El viaje hacia la organización híbrida.*

<https://www.forbes.com.mx/red-forbes-el-viaje-hacia-la-organizacion-hibrida/>

Franco Castro, D. W. (2021). *Desarrollo del circuito de control automático de una máquina Flow Pack en la empresa Tecniformer SAC, distrito de Lurín, provincia y departamento de Lima-Perú, 2020.*

GlobeNewswire. (2021). *Europe Industrial Automation Software Market - Growth, Trends, COVID-19 Impact, and Forecasts (2021 - 2026).* GlobeNewswire News Room.
<https://www.globenewswire.com/news-release/2021/11/04/2327332/0/en/Europe-Industrial-Automation-Software-Market-Growth-Trends-COVID-19-Impact-and-Forecasts-2021-2026.html>

Guailacela Mesías, A. S., y Pérez Maldonado, D. A. (2021). *Diseño e implementación de un módulo didáctico para la simulación de aplicaciones con servomotor, PLC Y HMI INVT.*

Heredia Asqui, E. D., y Velásquez Limachi, D. N. (2021). *Diseño e implementación de un prototipo para automatizar el proceso de traslado de minerales a un almacén de concentrados mediante fajas transportadoras, utilizando el controlador SIMATIC S7 1200 en el año 2021.*

Inductive Automation. (2018). *What is HMI?*

<https://www.inductiveautomation.com/resources/article/what-is-hmi>

- Khanduja, P., Bhargave, H., Babbar, A., Pundir, P., y Sharma, A. (2021). *Development of two-dimensional plotter using programmable logic controller and human machine interface. In Journal of Physics: Conference Series (Vol. 1950, No. 1, p. 012012)*. IOP Publishing.
- Llopis Lera, V. (2021). *Disseny d'una plataforma per al control i l'automatització de mecanismes per les arts escèniques. Elements HMI*.
- López Ríos, D. (2021). *Desarrollo de la automatización de un sistema de montaje de piezas bajo demanda con almacenamiento automático mediante PLC M241 de Schneider y simulación del proceso con el software Factory I/O*.
- Mira Francés, H. (2021). *Automatización y control de una máquina de inyección de plástico*.
- Mollá Ruiz, J. F. (2021). *Automatización de una embotelladora de champú*.
- Parejo Gutiérrez, J. A. (2021). *Automatización del Sistema de Neutralización de Aguas Residuales Mediante el Control de PH en Una Termoeléctrica*.
- Pretel Rodríguez, I. (2021). *Estudio de las etapas de diseño y desarrollo de una arquitectura ciberfísica como soporte a la automatización industrial*.
- Rincón Castanedo, G. (2021). *Automatización de un sistema de almacenamiento virtual*.
- Torres Gualsaqui, S. R. (2021). *Implementación de un sistema HMI mediante aplicaciones de código abierto para el control y monitoreo de un sistema dinámico real*.
- Yana Maquera, J. C. (2021). *AUTOMATIZACIÓN DE MÁQUINAS INDUSTRIALES CON LA APLICACIÓN DEL PLC SIMATIC S7-200. REVISTA CIENTÍFICA “ELECTRÓNICA ETN N° 1/2021”*, 17.
- Zafra Rodríguez, C. A., y Urrego Parra, K. (2021). *Caracterización del proceso de enseñanza y aprendizaje de la automatización industrial. Un estudio con estudiantes de la Asociación Nacional de Estudiantes de Ingenierías: Industrial, Administrativa y de Producción en Bogotá*.

CONSTANCIA DE VERIFICACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Yo, MG. ING. NOMBERRA LOSSIO MARTIN AUGUSTO, Asesor de la Tesis, de los estudiantes, BACH. ROQUE MONTALVÁN JHAIR ELIVELTON y BACH. SERNA CAMPOS PERCY JOEL.

Titulada:

“SISTEMA DE CONTROL BASADO EN PLC Y HMI PARA LA AUTOMATIZACIÓN DE UNA MÁQUINA DE MOLDES DE PLÁSTICO EN UNA FÁBRICA DE CHICLAYO”, luego de la revisión exhaustiva del documento constato que la misma tiene un Índice de similitud de 12% verificable en el reporte de similitud del Programa Turnitin.

El suscrito analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Lambayeque, 30 de diciembre del 2022

MG. ING. NOMBERRA LOSSIO MARTIN AUGUSTO
DNI: 16688697
ASESOR

Adj.

1. Recibo Digital Turnitin firmado.
2. Vista actual con Informe de Originalidad Turnitin firmados

SISTEMA DE CONTROL BASADO EN PLC Y HMI PARA LA AUTOMATIZACIÓN DE UNA MÁQUINA DE MOLDES DE PLÁSTICO EN UNA FÁBRICA DE CHICLAYO

por Jhair Eivelton / Percy Joel Roque Montalván / Serna Campos



Mg. Ing. Martín A. Nombra Lossio

Fecha de entrega: 27-nov-2022 05:21p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 1964383493

Nombre del archivo: PROYECTO_ROQUE_-_SERVA.docx (14.74M)

Total de palabras: 7723

Total de caracteres: 41829

UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
ELECTRÓNICA



TESIS
“SISTEMA DE CONTROL BASADO EN PLC Y HMI PARA
LA AUTOMATIZACIÓN DE UNA MÁQUINA DE MOLDES
DE PLÁSTICO EN UNA FÁBRICA DE CHICLAYO”

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO ELECTRÓNICO

ELABORADA POR:

Bach. Roque Montalván Jhair Elivelton

Bach. Serna Campos Percy Joel

ASESOR:

M.Sc. Ing. Nombra Lossio Martín Augusto

LAMBAYEQUE – PERÚ
2022

SISTEMA DE CONTROL BASADO EN PLC Y HMI PARA LA AUTOMATIZACIÓN DE UNA MÁQUINA DE MOLDES DE PLÁSTICO EN UNA FÁBRICA DE CHICLAYO

INFORME DE ORIGINALIDAD

12% INDICE DE SIMILITUD	11% FUENTES DE INTERNET	0% PUBLICACIONES	6% TRABAJOS DEL ESTUDIANTE
-----------------------------------	-----------------------------------	----------------------------	--------------------------------------

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	3%
2	Submitted to Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo Trabajo del estudiante	2%
3	www.coursehero.com Fuente de Internet	1%
4	dspace.ups.edu.ec Fuente de Internet	1%
5	repositorio.utp.edu.co Fuente de Internet	1%
6	repositorio.unprg.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	repository.uaeh.edu.mx Fuente de Internet	1%
8	repositorio.espe.edu.ec Fuente de Internet	1%


Mg. Ing. Martín A. Noribera Lossio

9	repositorio.ug.edu.ec Fuente de Internet Escriba el texto aquí	<1 %
10	Submitted to Escuela Politecnica Nacional Trabajo del estudiante	<1 %
11	docplayer.es Fuente de Internet	<1 %
12	Submitted to Universidad Catolica Los Angeles de Chimbote Trabajo del estudiante	<1 %
13	cafedecostarica.com Fuente de Internet	<1 %
14	repositorio.uladech.edu.pe Fuente de Internet	<1 %


Mg. Ing. Martín A. Nombrea Lozano

Excluir citas Activo
Excluir bibliografía Activo

Excluir coincidencias < 15 words



Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por Turnitin. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Jhair Elivelton / Percy Joel Roque Montalván / Serna Campos
Título del ejercicio: SISTEMA DE CONTROL BASADO EN PLC Y HMI PARA LA AUTO...
Título de la entrega: SISTEMA DE CONTROL BASADO EN PLC Y HMI PARA LA AUTO...
Nombre del archivo: PROYECTO_ROQUE_-_SERVA.docx
Tamaño del archivo: 14.74M
Total páginas: 75
Total de palabras: 7,723
Total de caracteres: 41,829
Fecha de entrega: 27-nov.-2022 05:21p. m. (UTC-0500)
Identificador de la entre... 1964383493




Mg. Ing. Martin A. Nombora Lossio