



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE
SANTA ELENA**

FACSISTEL

ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

**COMPONENTE PRÁCTICO DEL EXAMEN
COMPLEXIVO**

***DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA
EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE CABLE
ELÉCTRICO***

Suarez Soza Jerick Robert

Dirigido por

Ing. Carlos Saldaña, M.Sc.

La Libertad – 2024

DEDICATORIA

Es un placer y orgullo poder dedicar este trabajo de investigación principalmente a Dios por ser el principal motor y guía durante todo este proceso, A mis padres los cuales han sido un sustento inquebrantable en cada actividad que me aventuro a emprender, por creer en mí y brindarme su apoyo y confianza. A mi tutor, por su orientación y paciencia.

A mis compañeros por ser ese apoyo emocional incondicional a lo largo de estos años, gracias por hacer este viaje más llevadero. A mis hermanas por estar siempre dispuestas a brindarme una mano cuando lo necesito. También dedico este trabajo a aquellas personas que de una u otra manera estuvieron presente.

Dedico este trabajo a mi abuelito, quien desde el cielo, estoy seguro, estaría orgulloso. Su ejemplo de esfuerzo y dedicación ha sido una inspiración constante en mi vida, y su recuerdo me ha dado fuerzas para seguir adelante en cada paso de este camino. Aunque no esté físicamente aquí, siento su presencia en cada logro, y le agradezco por ser mi guía y motivación. Este logro es también suyo.

Jerick Robert Suarez Soza

AGRADECIMIENTO

Mis padres y hermanas han sido una fuente constante de apoyo para mí y estoy agradecido por su continuo apoyo. Su arduo trabajo, paciencia y empuje constante han sido esenciales para nuestro viaje hasta este lugar. Los profesores que me enseñaron han contribuido enormemente a mi carrera, al igual que los mentores, particularmente el ingeniero Carlos Saldaña, quien ha demostrado confianza en mis habilidades y orientación para completar esta investigación.

María José Vera mi mejor amiga agradezco su amistad incondicional y el apoyo que me brindó a lo largo de mi carrera universitaria. Agradezco profundamente a Darlette Narváez Suarez y su familia por su inquebrantable apoyo. Su presencia constante y sus.

Agradezco a mis amigos Marlyn Asencio, Ariel Terán, Ariel Calixto Y Anthony Rosales, por su apoyo durante este recorrido académico. Cada uno de ustedes ha sido fundamental al brindar apoyo, y motivación a lo largo de esta experiencia.

Jerick Robert Suarez Soza

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del trabajo examen complejo denominado: "Diseño de un sistema automatizado para el proceso de producción del cable eléctrico elaborado por el estudiante Jerick Robert Suarez Soza, de la carrera de Electrónica y Automatización de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, me permito declarar que luego de haber orientado, estudiado y revisado, lo apruebo en todas sus partes y autorizo al estudiante que inicie los trámites legales correspondientes.

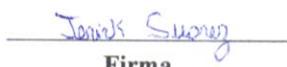
La Libertad, 15 de noviembre de 2024

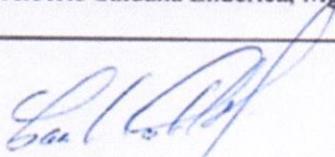


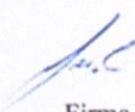
Ing. Carlos Saldaña M.Sc.

DOCENTE TUTOR

FIRMAS DE RESPONSABILIDAD

Firma de responsabilidad del estudiante.
Nombre: Jerick Robert Suarez Soza
Cédula: 0928072099
 Firma

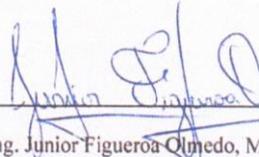
Firma de Responsabilidad del Tutor Propuesto
Nombre: Ing. Carlos Alberto Saldaña Enderica, Mgt.
Cédula: 0914840947
 Firma

Firma de Responsabilidad del Docente de Unidad de Integración Curricular II.
Nombre: Ing. Luis Enrique Chuquimarca Jiménez, MSc.
Cédula: 1104610132
 Firma

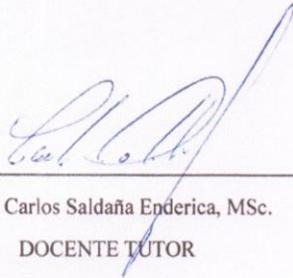
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN



Ing. Ronald Rovira Jurado, Ph. D.
DIRECTOR DE LA CARRERA DE
ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN



Ing. Junior Figueroa Quedo, Mgt.
DOCENTE ESPECIALISTA



Ing. Carlos Saldaña Enderica, MSc.
DOCENTE TUTOR



Ing. Luis Chuquimarca Jiménez, MSc.
DOCENTE GUIA UIC



Ing. Corina Gonzabay De La A, Mgt.
SECRETARIA DEL TRIBUNAL
DE SUSTENTACIÓN

Resumen

El componente práctico se centra en el desarrollo un sistema automatizado que simule la producción de cables eléctricos, empleando el PLC S7 - 1200 y una HMI para optimizar la precisión y el control en el proceso de producción del cable eléctrico. En la primera etapa, el trefilado, se realizó un sistema de control para garantizar el desplazamiento uniforme del alambre de esta forma se mantiene la tensión adecuada para lograr el calibre preciso requerido. El PLC se programó para ajustar automáticamente los parámetros del proceso en una pantalla del HMI, asegurando precisión en toda la longitud del cable.

La segunda etapa es el subproceso de recocido que es esencial para alcanzar la calidad deseada en el cable. Este sistema automatizado permite un control exacto de la temperatura y el tiempo de recocido mediante un control de temperatura que es simulado por un slider, optimizando así la conductividad y la resistencia del material. Además, el PLC mide las diferentes variables de manera continua en el proceso, con esto se garantiza un tratamiento efectivo y constante. Esta automatización no solo eleva la calidad de los rollos de cables, sino que también disminuye la intervención humana, reduciendo el margen de error y mejorando la eficiencia.

La simulación que se realiza en el software TIA PORTAL es una herramienta clave para el diseño y pruebas tanto de la programación como de la interfaz gráfica HMI, con lo cual se puede identificar posibles problemas y realizar ajustes en el código desarrollado en lenguaje Ladder. La automatización implementada en este proyecto agiliza el desarrollo y facilita una transición rápida y exitosa del diseño a la implementación de sistemas automáticos para los subprocesos de trefilado y recocido en la fabricación de cables eléctricos.

Palabras clave: Cable eléctrico, HMI, PLC S7 - 1200.

Abstract

The practical component focuses on the development of an automated system that simulates the production of electric cables, using the S7 - 1200 PLC and an HMI to optimize precision and control in the electric cable production process. In the first stage, the wire drawing, a control system was implemented to ensure uniform wire movement, thus maintaining the proper tension to achieve the precise gauge required. The PLC was programmed to automatically adjust the process parameters on an HMI screen, ensuring precision throughout the length of the cable.

The second stage is the annealing sub-process, which is essential to achieve the desired quality in the cable. This automated system allows for exact control of the annealing temperature and time by means of a temperature control that is simulated by a slider, thus optimizing the conductivity and resistance of the material. In addition, the PLC measures the different variables continuously in the process, thus ensuring effective and constant treatment. This automation not only improves the quality of the cable reels, but also reduces human intervention, reducing the margin of error and improving efficiency.

The simulation performed in the TIA PORTAL software is a key tool for the design and testing of both the programming and the HMI graphical interface, which allows potential problems to be identified and adjustments to be made to the code developed in Ladder language. The automation implemented in this project speeds up development and facilitates a rapid and successful transition from the design to the implementation of automatic systems for the drawing and annealing subprocesses in the manufacture of electrical cables.

Keywords: Electrical cable, HMI, PLC S7 - 1200.

Tabla de contenido

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
RESUMEN.....	VII
ABSTRACT	VIII
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS	2
OBJETIVO GENERAL	2
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
ANTECEDENTES.....	3
JUSTIFICACIÓN.....	4
ALCANCE DEL PROYECTO	5
1 CAPÍTULO I : FUNDAMENTOS TEÓRICOS	6
1.1 MARCO CONCEPTUAL.....	6
1.2 PIRÁMIDE DE AUTOMATIZACIÓN.....	6
1.3 CABLE ELÉCTRICO	7
1.4 PROCESOS AUTOMATIZADOS.....	8
1.4.1 TREFILADO	8
1.4.2 AUTOMATIZACIÓN DEL TREFILADO	9
1.4.3 RECOCIDO	9
1.4.4 AUTOMATIZACIÓN DEL RECOCIDO:	9
1.5 FUNCIONAMIENTO, UBICACIÓN DE LOS SENSORES Y ACTUADORES ADEMÁS DEL TIPOS DE SEÑALES ADQUIRIDAS	10
1.5.1 SEÑALES DE LOS SENSORES DEL SUBPROCESO DE TREFILADO:.....	10
1.5.2 SEÑALES DE LOS ACTUADORES DEL SUBPROCESO DE TREFILADO:	10
1.5.3 SEÑALES DE LOS SENSORES DEL SUBPROCESO DE RECOCIDO:.....	11
1.5.4 SEÑALES DE LOS ACTUADORES DEL SUBPROCESO DE RECOCIDO:	11
1.6 DISPOSITIVOS DE CONTROL Y MONITOREO	11
1.6.1 CONTROLADOR PLC S7-1200	12
1.6.2 MÓDULO DE COMUNICACIÓN MODBUS	13
1.6.3 PANEL HMI TÁCTIL.....	14
1.7 NORMATIVAS.....	15
1.8 PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN	15
1.9 COMPONENTES LÓGICOS	16
1.9.1 TIA PORTAL	16
1.9.2 SIMATIC S7 PLCSIM.....	17

1.9.3	SIMATIC WINCC RUNTIME ADVANCED	17
2	CAPITULO II	19
2.1	PLAN DE EJECUCIÓN	19
2.2	METODOLOGÍA	19
2.3	ESTUDIO DE FACTIBILIDAD	20
2.4	DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN DEL PROYECTO.....	21
2.5	DISEÑO DE LA TOPOLOGÍA DE COMUNICACIÓN.....	24
2.6	PROGRAMACIÓN DE LA LÓGICA DE CONTROL	24
2.7	DESARROLLO DE LA INTERFAZ HMI	26
2.8	RESULTADOS	<u>3344</u>
2.9	CONCLUSIONES	34
2.10	RECOMENDACIONES	35
	REFERENCIAS.....	36
	ANEXOS	39
	ANEXO 1: DIAGRAMA P&ID DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DEL CABLE	39
	ANEXO 18: ALARMAS.....	53

Tabla de ilustraciones

ILUSTRACIÓN 1 PIRÁMIDE DE AUTOMATIZACIÓN.....	7
ILUSTRACIÓN 2 MAQUINA DE TREFILADO	8
ILUSTRACIÓN 3 MAQUINA DE RECOCIDO	9
ILUSTRACIÓN 4 CONTROLADOR PLC S7-1200	12
ILUSTRACIÓN 5 MÓDULO DE COMUNICACIÓN MODBUS	13
ILUSTRACIÓN 6 PANEL HMI TÁCTIL	15
ILUSTRACIÓN 7 TIA PORTAL.....	16
ILUSTRACIÓN 8 SIMATIC S7 PLCSIM	17
ILUSTRACIÓN 9 WINCC	18
ILUSTRACIÓN 10 PLAN DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO.....	19
ILUSTRACIÓN 11 DIAGRAMA TIA PORTAL- HMI- ENTRADAS Y SALIDAS	21
ILUSTRACIÓN 12 SUBPROCESO DE TREFILADO	22
ILUSTRACIÓN 13 SUBPROCESO DE RECOCIDO	23
ILUSTRACIÓN 14 DISEÑO DE LA TOPOLOGÍA DE COMUNICACIÓN	24
ILUSTRACIÓN 15 PANTALLA DEL HMI DEL SUBPROCESO DE TREFILADO	27
ILUSTRACIÓN 16 PANTALLA DEL SUBPROCESO DE RECOCIDO	28
ILUSTRACIÓN 17 PANTALLA DE CONTROL DE SENSORES.....	29
ILUSTRACIÓN 18 PANTALLA DE VALORES OPERATIVOS	30
ILUSTRACIÓN 19 PANTALLA DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS.....	30
ILUSTRACIÓN 20 PANTALLA DE VALORES DE FUNCIONAMIENTO	31
ILUSTRACIÓN 21 PANTALLA DEL HISTORIAL SE LOS SENSORES	31
ILUSTRACIÓN 22 PANTALLA DE MANTENIMIENTO.....	32
ILUSTRACIÓN 23 PANTALLA DE PROCESO MANUAL	32

Índice de tablas

TABLA 1 SEÑALES DE LOS SENSORES DEL SUBPROCESO DE TREFILADO	10
TABLA 2 SEÑALES DE LOS ACTUADORES DEL SUBPROCESO DE TREFILADO	10
TABLA 3 SEÑALES DE LOS SENSORES DEL SUBPROCESO DE RECOCIDO	11
TABLA 4 SEÑALES DE LOS ACTUADORES DEL SUBPROCESO DE RECOCIDO	11
TABLA 7 DATOS TÉCNICOS DE CONTROLADOR PLC S7-1200	12
TABLA 8 DATOS TÉCNICOS DE MÓDULO DE COMUNICACIÓN MODBUS	13
TABLA 9 DATOS TÉCNICOS DE PANEL HMI TÁCTIL	14

Introducción

El proceso de los cables eléctricos cuando se realiza de forma manual se enfrenta a desafíos muy grandes como pérdida de material o fraccionamiento del alambro de cobre que al introducir la automatización en estos procesos mejora la eficiencia, la calidad y la reducción de costos. La automatización de procesos industriales presenta como una solución muy confiable para afrontar estos problemas ya que con su precisión permite mejorar la producción [1].

Los sistemas automatizados prometen no solo mejorar la forma operativa sino también mejorar la seguridad al reducir la intervención humana en las tareas en las que los operarios corran riesgos. Además, se espera que contribuya a una mayor sostenibilidad ambiental al optimizar el uso de recursos y minimizar el desperdicio [2].

Esta práctica se centrará en el análisis de los subprocesos de trefilado y recocido indagando todos los datos técnicos de cómo funcionan cada etapa, se centra en el diseño del sistema de control. Los resultados van a proporcionar una idea de cómo se debe realizar este proyecto cuando se decida implementar se busca tener soluciones automatizadas en la industria de fabricación de cables eléctricos y pueden adaptarse a otros sectores industriales.

El sistema contará con HMI desarrollada en WinCC, que me va a brindar una vista completa del proceso tanto de inicio de sesión, subproceso de trefilado y recocido, mantenimiento, alarmas, proceso manual indicarán el estado del proceso en tiempo real, información minuciosa y los datos de producción la integración de esto garantizará que cada etapa del proceso se realice con la precisión necesaria, el PLC S7-1200 gestionará las operaciones de manera eficiente

El componente práctico se va a validar basándose en un entorno simulado por el cual los sensores y actuadores que funcionan en conjunto para los procesos de trefilado y recocido que se van a presentar en el Tia Portal y HMI, basándose en los cambios que estos sensores y actuadores puedan tener.

Objetivos

Objetivo general

Diseñar un sistema automatizado de los procesos de trefilado y recocido para la producción del cable eléctrico mediante plc-1200 y HMI.

Objetivos específicos

- Diseñar la programación del trefilado y recocido de la elaboración del cable eléctrico mediante el software Tia Portal.
- Desarrollar una interfaz humano máquina(HMI) para los subproceso de trefilado y recocido de la fabricación del cable eléctrico.
- Simular la programación y la interfaz HMI para comprobar el funcionamiento de los procesos de trefilado y recocido.

Antecedentes

Las primeras producción de cables eléctrico eran placas de cobre gruesas que con el tiempo se fueron reduciendo en tamaño hasta convertirse en cable eléctrico. Este invento motivó el interés por las aplicaciones tecnológicas de la electricidad [3].

En Ecuador por los años 80 en Guayaquil, había una gran consumo de cable eléctrico y con esto una escasa industria local que se dedicaba a dicha producción. Debido a esta necesidad, nació Electrocables C.A. en 1983, iniciando con una producción mensual de 20 toneladas de cobre que ha crecido a 800 toneladas, representando el 40% de su capacidad actual [4].

INCABLES. Busca mejorar la calidad del servicio con muestras evidentes de mejoras en el desempeño en dicha empresa. La gestión del sistema de calidad aporta el marco necesario para supervisar y mejorar la producción en el trabajo [5].

INCOREA utiliza tecnología y sistemas automatizados para la fabricación de sus productos. Desde su planta industrial en Machachi, Ecuador, producen conductores eléctricos para baja y media tensión [6].

La industria está experimentando un cambio significativo a nivel global, impulsada por la creciente demanda de soluciones más eficientes y confiables como lo es la automatización se ha convertido en algo fundamental en este sector.

Sin embargo, al analizar el panorama específico de la provincia de Santa Elena, en Ecuador, encontramos que la producción de conductores eléctricos y los sistemas automatizados asociados a esta industria no parecen ser actividades predominantes. A pesar de que la provincia cuenta con un potencial industrial y un creciente desarrollo, la fabricación de cables eléctricos podría no estar entre sus principales sectores productivos.

Justificación

Las investigaciones realizadas han demostrado que el desarrollo y funcionamiento de sistemas automatizados tendrán un impacto significativo en la industria de fabricación de cables eléctricos. Mejorarán la eficiencia y la calidad del proceso de producción, reduciendo los tiempos de producción.

El proyecto se realizó con el propósito de diseñar un sistema automatizado para el proceso de producción de cables eléctricos mediante la utilización PLC y una HMI para gestionar y supervisar eficientemente el proceso mediante la opciones de alarmas o indicadores con los que cuenta el HMI además de que proporcionará una interfaz intuitiva para que los operadores supervisen y controlen el proceso en tiempo real.

(Jonathan Farfán Figueroa, Andrés Madinyá Ramírez, 2016. Esta propuesta de investigación tiene cierta similitud a la propuesta planteada en el proyecto ya que usa los mismos componentes como PLC y crea una interfaz HMI para el control de un proceso de la fabricación del cable eléctrico por lo cual tomo en cuenta como referencia para la solución de la problemática [7].

(Wilson Alberto León Quilli.2011) Evaluación y mejoramiento de un Sistema de Producción de Alambre de Cobre a través de Trefilación. En el estudio profesional se presenta cómo se solucionó un problema de una empresa dedicada a la fabricación de cables y cobre revestido utilizados como conductores de energía eléctrica. En los procesos de trefilación intervienen diversas variables, tales como la calidad del alambrón, el sistema de enfriamiento y las emulsiones de lubricación, en consecuencia, se consideran los parámetros de la máquina de trefilación: velocidad de trefilación, el recocido del cobre, el vapor y las emulsiones de lubricación, lo cual hace complejo su investigación siendo necesario utilizar técnicas de laboratorio para simular las condiciones de trabajo que se encuentran en la fabricación este trabajo de investigaciones tiene cierta similitud con la propuesta planteada ya que se basa en los avances más significativos que puede tener el proceso de trefilación sin embargo mi proyecto usa un HMI para controlar y monitorear cada etapa del proceso de trefilación como la velocidad, presión y temperatura [8].

Alcance del proyecto

El proyecto que se plantea tiene como finalidad el desarrollo de un programa para el PLC S7-1200 que pueda controlar y gestionar las diversas etapas del proceso de producción de cables eléctricos. Esto incluye la programación de las etapas de trefilado y recocido, que son esenciales en la fabricación de cables eléctricos, la programación también tiene en cuenta los datos que deberían tener los de los sensores en cada proceso de producción y la adaptación de los parámetros para la función de estos datos.

Además se va a diseñar HMI que va a permitir a los administradores y operarios puedan navegar por dicha imágenes y monitorear o controlar el proceso de producción. El desarrollo de la HMI implica crear una interfaz y fácil de usar que cumpla con las normas establecidas de la creación de HMI en este proyecto se utiliza ASI 101 además debe mostrar información relevante sobre el proceso de producción.

Este componente practico se valida por el correcto funcionamiento tanto de la programación y HMI, es importante verificar su funcionamiento mediante una simulación. Esto implica simular del programa del PLC y la interfaz HMI para poder observar si los procesos funcionan de forma correcta o identificar alguna novedad.

1. Capítulo I : Fundamentos Teóricos

1.1 Marco Conceptual

La automatización industrial es una rama de la ingeniería que se encarga de automatizar procesos industriales y no industriales con ayuda de equipos y tecnologías para mejorar en la eficiencia, productividad y seguridad de los sistemas y procesos industriales.

Es un campo de aplicación en el cual es común trabajar con sensores como sensor de temperatura, sensor de presión, sensor infrarrojo, sensor de velocidad entre otros [9].

Sin los actuadores y sensores los sistemas automatizados no se podrían implementar en un proceso de producción, ya que estos mismo que componentes que transforman señales de control en acciones físicas ya que los sensores les envían la información para que funciones respectivamente los actuadores. Desde el movimiento de motores hasta el encendido de luces, Para mayor eficiencia y precisión que ajustan los parámetros de forma automática por medio de sensores para tomar decisiones en tiempo real [10].

1.2 Pirámide De Automatización

Donde se representa los distintos niveles con los que cuenta un sistema industrial, la cual cuenta con 5 niveles, y son:

- Nivel de campo. - Este nivel es el más bajo, en donde se colocan los sensores y actuadores del proceso.
- Nivel de célula o control. - En este nivel se hallan robots y controladores.
- Nivel de supervisión. – En el presente nivel se presenta la visualización del proceso, en el cual el límite es observar o monitorear local o remotamente lo que sucede en la planta.
- Nivel de Operación/planificación. – En este nivel se delimita el grado de operación del sistema y la toma de decisiones sobre la planificación.
- Nivel de gestión. – Este nivel es el más alto de la cúspide de la pirámide en el cual se encargan de la dirección general, producción y mercadeo [11].

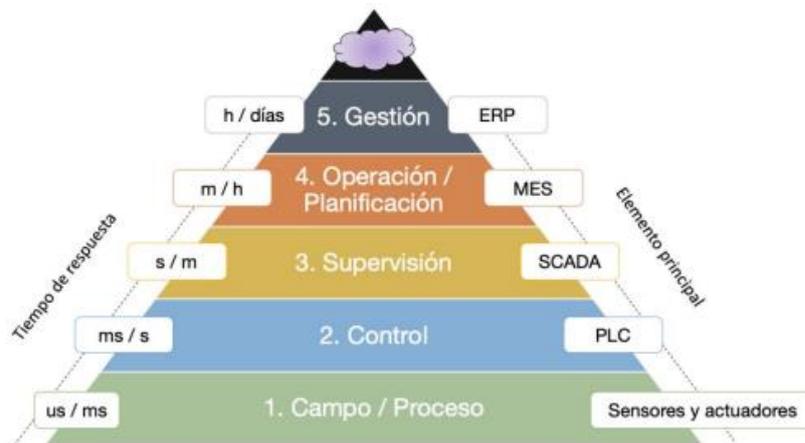


Ilustración 1 Pirámide de automatización

1.3 Cable Eléctrico

El cable eléctrico es fabricado para la conducción de electricidad. El material con el que se fabrican es con cobre por la conductividad que tiene, aunque en algunas ocasiones también se utiliza el aluminio aunque este tenga menos conductividad pero se lo utiliza por su precio accesible

Conductor Eléctrico: Está conformado por varios hilos de cobre o por uno solo de diámetro más grande esta se da cuando cumple con la conductividad y normas establecidas.

Aislamiento: esto protege los hilos de cobre del exterior ya sea por mucha calentura o ambiente industrial se puede enfrentar a muchos factores climáticos y este debe protegerlo.

Cubierta: Esta es una capa de aislante adicional con la que vienen los conductores eléctricos dándole un grado más de seguridad y resistencia para ciertos lugares.

El sistema de fabricación de cables eléctricos está orientado para la operación automática, lo que conlleva la selección de dispositivos y equipos que se adecuen a la capacidad del producto que se desee obtener, en este caso la producción de cables eléctricos, permitiendo desarrollar una simulación que representará la implementación de los procesos para la producción de este insumo, que satisface la demanda de la industria eléctrica y de telecomunicaciones.

Así mismo, la esquematización de un diagrama lógico del funcionamiento de los subprocesos que abarca la fabricación de cables eléctricos permitirá interpretar las variables y estados de dispositivos sensores y equipos actuadores respectivamente del sistema automatizado; dicha etapa anterior del proyecto ayudará al desarrollo de la programación que será implementada en el controlador industrial, en este caso representado en PLC lógico virtual.

De la misma manera, la selección de un subproceso para el diseño de una interfaz hombre – máquina permitirá el control y monitoreo directo de las variables operativas en el proceso, la configuración de un sistema de seguridad para el acceso de usuarios inmersos en el procesamiento de dicha materia prima y la disposición de avisos mediante alarmas y su respectivo registro. Finalmente se comprobará la funcionalidad del sistema automatizado mediante la simulación de los subprocesos programados.

1.4 Procesos Automatizados

A continuación, se describen los subprocesos de trefilado y recocido, junto con los sensores recomendados y las partes que se deben automatizar:

1.4.1 Trefilado

El proceso de trefilado es el proceso más importante de la fabricación del cable eléctrico ya que en esta el alambraón para por una temperatura y presión que si no se controlan con presión se puede a perder la materia prima [12].



Ilustración 2 Maquina de Trefilado

1.4.2 Automatización Del Trefilado

- Alimentación de Materia Prima: Sistema automático para la alimentación continua del alambre en bruto hacia la máquina de trefilado.
- Control de Diámetro: Utilización de sensores que va a detectar si tiene el diámetro correcto o no.
- Velocidad de Trefilado: La velocidad de trefilado será constante debido a que se mantendrá un equilibrio con los sensores de temperatura y presión con esto se asegura un proceso uniforme y sin interrupciones.

1.4.3 Recocido

El recocido es el proceso donde el alambre trefilado se somete a un tratamiento térmico para aliviar tensiones internas y mejorar la ductilidad del material [13].



Ilustración 3 Máquina de Recocido

1.4.4 Automatización Del Recocido

- Carga del Horno: materia prima que entra para el proceso.
- Control de Temperatura: Se utilizan sensores como termocupla para mantener la temperatura dentro de los parámetros.
- Enfriamiento Controlado: En este proceso se cuenta con bomba de vacío para controlar la presión dentro de la máquina de recocido.

1.5 Funcionamiento, Ubicación De Los Sensores Y Actuadores Además Del Tipos De Señales Adquiridas

A continuación, se presentarán los sensores recomendados para la automatización de los subprocesos, así como los actuadores necesarios para garantizar su correcto funcionamiento. Se detallará la ubicación estratégica de cada dispositivo, con el fin de asegurar un monitoreo preciso de cada subproceso.

Asimismo, se describirán las señales utilizadas en este sistema de automatización, destacando las entradas analógicas y digitales correspondientes a los subprocesos de trefilado y recocido.

- Señales Analógicas: Esta va a mostrar los valores de los sensores los cuales nos reflejaran en nuestro programa del TIA Portal y HMI.
- Señales Digitales: Representan valores discretos que solo pueden tomar dos estados: encendido/apagado, presente/ausente, activo/inactivo por ejemplo señales de sensores de presencia, pulsadores, contadores, interruptores estas se conectan directamente a las entradas digitales del PLC

1.5.1 Señales De Los Sensores Del Subproceso De Trefilado

Sensor	Función	Ubicación	Señal
Diámetro Digital	Mide el diámetro del alambre en tiempo real	Salida de la máquina de trefilado	Digital
Temperatura	Mide la temperatura del alambre	Entrada y salida del sistema de enfriamiento	Analógica
Tensión	Mide la tensión del alambre	Tramo entre desenrollado y máquina de trefilado	Analógica

Tabla 1 Señales de los sensores del subproceso de Trefilado

1.5.2 Señales De Los Actuadores Del Subproceso De Trefilado

Actuador	Función	Ubicación	Señal
Calentadores	Mantiene la temperatura	Dentro del horno	Digital
Sistema de enfriamiento (Válvulas y bomba)	Regula el flujo de agua para enfriar el alambre	Sistema de enfriamiento	Digital
Motor	Recoge el alambre trefilado en bobinas	Salida del sistema de trefilado	Digital

Tabla 2 Señales de los actuadores del subproceso de Trefilado

1.5.3 Señales De Los Sensores Del Subproceso De Recocido

Sensor	Función	Ubicación	Señal
Temperatura (Termopar)	Mide la temperatura interna del horno	Múltiples puntos dentro del horno	Analógica
Temperatura superficial (Infrarrojo)	Mide la temperatura superficial del alambre	Entrada y salida del horno de recocido	Analógica
Posición	Detecta la posición del alambre dentro del horno	Entrada y salida del horno de recocido	Digital

Tabla 3 Señales de los sensores del subproceso de recocido

1.5.4 Señales De Los Actuadores Del Subproceso De Recocido

Actuador	Función	Ubicación	Señal
Calentadores	Mantiene la temperatura del horno	Dentro del horno	Digital
Sistema de enfriamiento	Enfría el alambre gradualmente	Salida del horno de recocido	Digital
Motor	Mueve el alambre a través del horno	Interior del horno de recocido	Digital

Tabla 4 Señales de los actuadores del subproceso de recocido

1.6 Dispositivos De Control Y Monitoreo

A continuación, se describen los dispositivos de control y monitoreo, como el PLC S7-1200, el módulo de comunicación Modbus y la pantalla HMI, junto con sus voltajes de funcionamiento, entradas y salidas analógicas y digitales:

1.6.1 Controlador PLC S7-1200

El controlador S7-1200, este es la memoria de todo el proceso de producción ya que a este le van a llegar los valores de los sensores y dará la orden para los actuades de igual forma tiene muchos protocolos por los cuales se les puedo comunicar y esto facilita el uso de medidores de parámetros o controladores de temperatura. [14].

DATOS TÉCNICOS	
MODELO	CPU 1212C AC/DC/relé
Intensidad disponible (SM y bus CM)	1000 mA máx. (5 V DC)
Intensidad disponible (24V DC)	300 mA máx. (alimentación de sensores)
Consumo de corrientes de lasentradas digitales (24V DC)	4 mA/entrada utilizada
Memoria de usuario	25 KB de memoria de trabajo
E/S digitales	8 entradas/6 salidas
E/S analógicas	2 entradas
Tamaño de la memoria imagen deproceso	1024 bytes de entradas (I)/1024 bytes de salidas(Q)
Área de marcas (M)	4096 bytes
Ampliación con módulos de señales	2 SMs máx.

Tabla 5 Datos Técnicos de Controlador PLC S7-1200



Ilustración 4 Controlador PLC S7-1200

1.6.2 Módulo De Comunicación Modbus

El módulo de comunicación Modbus es un dispositivo que facilita la comunicación entre equipos mediante los protocolos RS422/485 y RS232. Estos protocolos permiten una transmisión eficiente de datos a largas distancias, ideal para sistemas industriales. En este caso práctico, el módulo se utiliza para conectar y comunicar el medidor de parámetros, permitiendo la transmisión de información en tiempo real hacia el sistema de control, como el PLC. Gracias a que puede manejar múltiples dispositivos en una red, el Modbus asegura una integración fluida y confiable entre el medidor y otros componentes del sistema.

DATOS TÉCNICOS	
MODELO	SM 1231, AI 4x16 bit
Tensión de alimentación	24 V
Intensidad de entrada	65 mA – 80 mA
Entradas analógicas	Entradas diferenciales tipo corriente o tensión 40 mA/entrada utilizada
Supresión de perturbaciones de tensión para frecuencia perturbadora f_1 en Hz	15 bit; + signo
Resolución con rango de rebase (bits incl. signo), máx. 15 bit; + signo	Si
Tiempo de integración parametrizable Sí	40dB, DC a 60V para frecuencia de perturbación 50/60 Hz
Error de temperatura (referido al rango de entrada), (+/-)	25 °C $\pm 0,1$ % / $\pm 0,3$ % en todo el rango de medida
Tiempo de ciclo (todos los canales), máx	100 μ s
Pérdidas	1,8 W

Tabla 6 Datos técnicos de Módulo de comunicación Modbus



Ilustración 5 Módulo de comunicación Modbus

1.6.3 Panel HMI Táctil

En este sistema se desarrollarán las pantallas de control y monitoreo, ofreciendo acceso tanto para operarios como para supervisores, con las restricciones correspondientes según sus niveles de autorización. Incluirá una pantalla de inicio de sesión para garantizar la seguridad del acceso al sistema, así como interfaces dedicadas para gestionar los subprocesos de trefilado y recocido, permitiendo un monitoreo eficiente de ambos. Además, contará con una pantalla de alarmas que notificará cualquier incidencia o anomalía en el proceso, permitiendo a los usuarios tomar acciones correctivas de manera inmediata. También se implementará una opción para cambiar entre el modo de operación automática y manual, brindando flexibilidad para ajustar el proceso según las necesidades específicas de producción o mantenimiento. [15].

CARACTERÍSTICAS	APLICACIONES
Pantalla TFT de 16 millones de colores con una resolución de 1200x800 píxeles.	Fabricación.
Brillo ajustable de 0 a 1000 cd/m² .	Logística.
Contraste de 1000:1.	Control de calidad.
Tiempo de respuesta de 10 ms.	Mantenimiento predictivo.
Angulo de visión de 170° (Horizontal) 160° (vertical).	Analítica de datos.
Memoria de 12 MB de configuración.	Resolución de problemas.
Memoria de 2MB para datos de receta.	Optimización de procesos.
Tarjeta de memoria de datos 1MMC/SD.	Entornos de usuario personalizados.
Almacenamiento de pantallas, macros, widgets y otros objetos.	Aplicaciones móviles.
Interfaces de Comunicación (PROFINET, PROFIBUS, RS-232, RS-485, ETHERNET).	Educación y formación.
Soporte para variedades de lenguajes de programación.	Aplicaciones de campo.
Funciones de seguridad integradas.	Control de máquinas.
Puerto USB.	Visualización.
Entrada de Audio.	Procesos químicos.

Tabla 7 Datos Técnicos de Panel HMI táctil



Ilustración 6 Panel HMI táctil

1.7 Normativas

La normativa ISA101 está diseñada para guiar el diseño e implementación de las interfaces hombre-máquina (HMI), garantizando que sean seguras, eficientes y efectivas. Esta normativa abarca diversos aspectos, como la jerarquía de menús, convenciones de navegación, uso de colores y gráficos, así como la gestión de alarmas y la seguridad. El objetivo es mejorar la interacción del usuario con la maquinaria, facilitando una operación más intuitiva y reduciendo la probabilidad de errores. La ISA101 subraya la importancia de un diseño que permita al operador detectar, diagnosticar y responder adecuadamente a situaciones anormales, contribuyendo a la seguridad y eficiencia operativa [16].

1.8 Protocolos De Comunicación

Los PLC S7-1200 de Siemens son reconocidos por su versatilidad en la comunicación, ofreciendo una amplia gama de protocolos para satisfacer diversas necesidades en la automatización industrial. Uno de los protocolos más destacados es el "ISO-on-TCP", que permite la comunicación abierta TCP/IP, ampliamente utilizado para el intercambio de datos entre dispositivos.

Además, el S7-1200 facilita la comunicación punto a punto a través de interfaces RS422/485 y RS232, siendo compatible con el protocolo MODBUS-RTU.

La integración con PROFINET es otra característica clave, permitiendo la comunicación con sistemas SCADA como WinCC RT Advanced y facilitando la transmisión de áreas de memoria entre PLC de Siemens mediante el bloque de instrucciones PUT. El manual del sistema S7-1200 proporciona una relación detallada de los protocolos y puertos utilizados para la comunicación Ethernet, asegurando que los usuarios estén al tanto de los estándares y prácticas recomendadas.

Además, la CPU S7-1200 soporta una lista de protocolos específicos, asignando parámetros de dirección y niveles de comunicación adecuados para cada uno, lo que refleja la flexibilidad y capacidad de adaptación de estos PLC a diferentes entornos y requisitos de comunicación. Finalmente, la hoja de datos técnica del modelo 6ES7214-1HG40-0XB0 ofrece información general sobre las características y capacidades de la CPU, incluyendo detalles sobre la memoria de programas y datos, lo que es esencial para comprender cómo se manejarán los protocolos de comunicación en aplicaciones prácticas.

1.9 Componentes Lógicos

Dentro de los componentes lógicos, se encuentran software como el TIA Portal, utilizado para la programación del sistema. Además, se emplea la extensión WinCC del TIA Portal, que permite diseñar interfaces HMI, facilitando la creación de pantallas de control y monitoreo. También se utiliza el SIMATIC S7 PLCSIM, que simula el comportamiento del PLC, permitiendo realizar pruebas y verificar la programación

1.9.1 TIA Portal

El TIA Portal es el software que utilicé para la creación de la programación en lenguaje Ladder, permitiéndome estructurar de manera clara y eficiente el control del sistema. Con este software, puedo crear segmentos para separar cada subproceso, lo que facilita la gestión y el monitoreo de las distintas etapas del proceso. Además, permite diseñar bloques de funciones o datos para la implementación de alarmas, así como para el monitoreo de parámetros eléctricos como voltaje, corriente y temperatura. Esto asegura una supervisión constante y la activación de alertas en caso de anomalías, contribuyendo a una operación más segura[17].



Ilustración 7 TIA Portal

1.9.2 SIMATIC S7 PLCSIM

Permite realizar pruebas y validaciones del sistema en un entorno simulado, replicando el comportamiento del PLC sin necesidad de contar con el hardware físico. Esta herramienta facilita la detección de errores y optimiza la programación antes de la implementación real, permitiendo simular los procesos de control y monitoreo en un entorno controlado y seguro. Gracias a su capacidad para emular las condiciones del sistema, se asegura un funcionamiento preciso al momento de la puesta en marcha del proyecto.



Ilustración 8 SIMATIC S7 PLCSIM

1.9.3 Simatic Wincc Runtime Advanced

Diseñado específicamente para la supervisión y gestión de procesos industriales, SIMATIC WinCC Runtime Advanced proporciona una solución integral con un conjunto completo de herramientas que abarcan desde la visualización de datos hasta la gestión de alarmas y la generación de informes detallados. Su interfaz intuitiva permite a los usuarios interactuar de manera sencilla con el sistema, mientras que su capacidad de integración con redes TCP/IP facilita la comunicación fluida entre los diferentes dispositivos y equipos. Esto asegura el control preciso de los sistemas de automatización. Además, WinCC Runtime Advanced permite personalizar las pantallas de operación según las necesidades específicas de cada usuario, mejorando la eficiencia operativa y garantizando una respuesta ágil ante cualquier eventualidad.

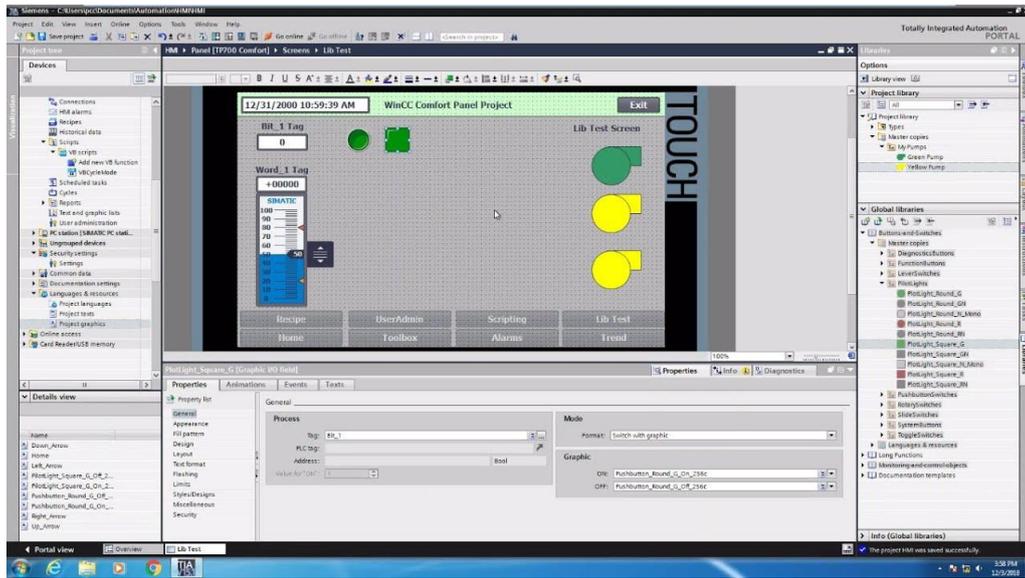


Ilustración 9 WinCC

2 CAPITULO II

2.1 Plan de ejecución

Para ofrecer un enfoque lineal y secuencial en la propuesta de automatización de los subprocesos de trefilado y recocido en la fabricación de cable eléctrico, se describen las etapas del desarrollo del sistema automatizado, comenzando con la selección de los equipos de control, supervisión, y dispositivos de entrada y salida. luego, se procede con el diseño de la lógica de control del sistema, seguida de la programación y desarrollo de la interfaz hombre-máquina (HMI) en TIA Portal.

Se realiza la etapa de pruebas y simulaciones verificando que cada una de mis pantallas del HMI funcionen correctamente. A través de simulaciones en el entorno de TIA Portal, podemos asegurarnos que los subprocesos tanto el trefilado como el recocido operen de forma correcta.

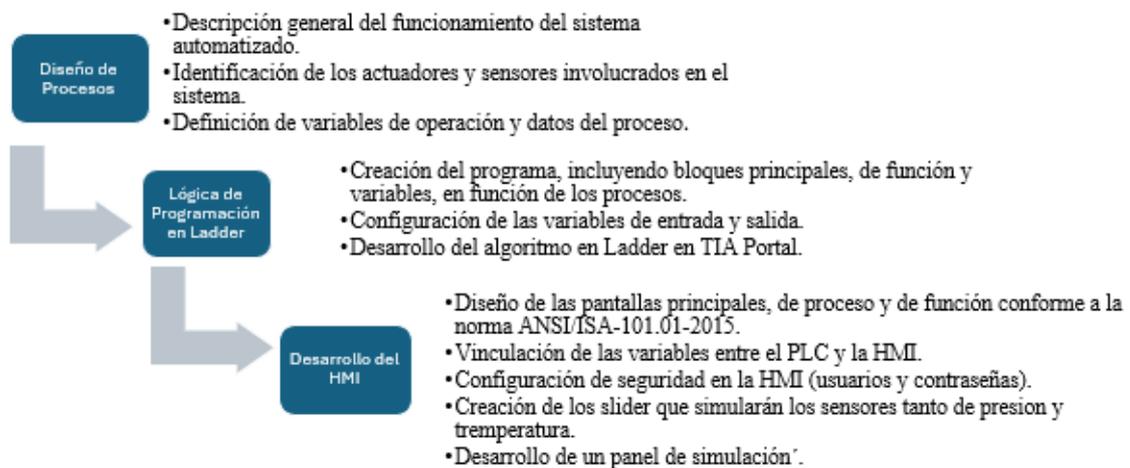


Ilustración 10 Plan de ejecución del proyecto

2.2 Metodología

En este proyecto, se aplicarán diversas metodologías que contribuirán al cumplimiento de los objetivos planteados, del diseño de la automatización del proceso de producción de cables eléctricos. Las metodologías clave utilizadas son las siguientes:

Metodología De Investigación Aplicada: se constituye como la metodología principal de este proyecto. Se enfoca en la implementación práctica de soluciones, utilizando el análisis y la simulación para optimizar las etapas de trefilado y recocido en la producción de cables. A continuación se describen las fases del proyecto bajo esta metodología:

Fase 1: Análisis De Los Subprocesos De Trefilado Y Recocido: En esta fase, se analizan las etapas de trefilado y recocido, que sirven como base para el desarrollo de la propuesta. Se realiza un estudio exhaustivo del control de automatización y de los sistemas HMI.

Fase 2: Integración Del Sistema HMI En Los Subprocesos: En esta etapa, se implementa la incorporación de un sistema HMI durante las etapas de trefilado y recocido. Se aplican estrategias de análisis de datos con el fin de identificar el software necesarios para el correcto diseño de la propuesta.

Fase 3: Programación En TIA Portal Y HMI: En esta fase, se lleva a cabo la programación del sistema en el software TIA Portal, así como la configuración del HMI. Se programan las funciones necesarias para las etapas de trefilado y recocido, asegurando su correcta integración y funcionamiento dentro del proceso de producción de cables eléctricos. Esta fase también incluye pruebas y validaciones en un entorno simulado.

Procesamiento De Datos: Durante el proyecto, se procesan y analizan los datos obtenidos a partir de la investigación y las simulaciones realizadas. Este procesamiento de datos es esencial para realizar las programaciones adecuadas y para verificar que la simulación funcione correctamente.

Metodología Descriptiva: Se utiliza para proporcionar una descripción detallada de cada etapa del proceso de fabricación de cables, Este enfoque permite un análisis profundo de cómo los sistemas PLC (Controladores Lógicos Programables) y HMI (Interfaces Hombre-Máquina) interactúan en cada fase del proceso productivo

2.3 Estudio De Factibilidad

La factibilidad técnica analiza la producción de cables eléctricos su respectivo funcionamiento parámetros eléctricos, tipo de sensores, protocolos de comunicación señales analógicas, digitales entre otras.

El trefilado es un proceso mediante el cual el alambre de cobre o aluminio se reduce en diámetro a través de una serie de matrices o hileras. Este proceso es crucial, ya que permite ajustar las propiedades físicas del conductor, mejorando su conductividad eléctrica y resistencia mecánica.

La automatización en esta etapa garantiza un control preciso sobre la velocidad del alambre y la presión en las hileras, asegurando un diámetro constante y minimizando el desperdicio de material.

2.4 Descripción De La Solución Del Proyecto

En este componente práctico voy a diseñar un sistema automatizado para la producción de cables eléctricos, empleando un PLC S7-1200 y una Interfaz Hombre-Máquina (HMI).

El proyecto tendrá el diseño de la interfaz HMI de dos subprocesos de la fabricación del cable eléctrico como es el trefilado y recocido contara con una activación del proceso de forma manual y automática

La interfaz HMI tendrá un papel fundamental ya que se va a poder monitorear el sistema y poder comprobar si mi proyecto funciona ya que al simular deberá reflejar como se van cumpliendo los subprocesos respecto a los valores operativos que se colocan dentro del HMI en la imagen de valores operativos a medida que se va cumpliendo el proceso se mostrará en el apartado de alarmas los sensores, actuadores que estén activados o desactivados.

La programación tiene los subprocesos tanto de trefilado y recocido, ajustando automáticamente los datos de funcionamiento según los valores de los sensores que en este caso se simulan en una imagen del HMI, estos llegan al código Ladder y según los valores se van cumpliendo ciertas condiciones que hacen que funcione el resto de mi proyecto.

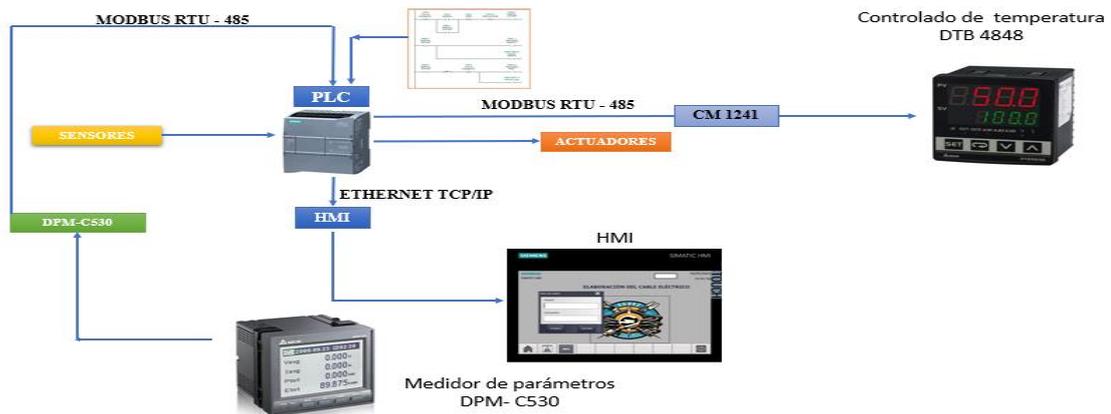


Ilustración 11 Diagrama TIA Portal- HMI- ENTRADAS Y SALIDAS

2.5 Diseño Del Sistema

El diseño se enfocará en la automatización del proceso de producción del cable eléctrico, específicamente en las etapas de trefilado y recocido.

Diseño Del Subproceso De Trefilado

El diseño del proceso de trefilado para la fabricación de cables eléctricos incorpora una serie de sensores y actuadores clave que permiten un control preciso proceso.

Sensor De Diámetro: va a detectar según la programación si es correcto el grosos del hilo de cobre para pasar al siguiente proceso.

Sensor De Tensión: mediante los sensores de presión de ajustaran para que este no afecte al cable y se fraccione y exista una perdida automatizando esta parte se gana mucho ya que es donde existe el mayor grado de errores humanos.

Sensor De Temperatura: La fricción generada durante el proceso de trefilado provoca un aumento de la temperatura del alambre, lo que puede afectar sus propiedades. Un sensor de temperatura monitorea constantemente el calor generado. Si se detecta un aumento excesivo, se activan los sistemas de control, como el sistema de enfriamiento o los calentadores, para mantener el alambre dentro de la temperatura óptima.

Sistema De Enfriamiento (Válvulas Y Bomba): el proceso automatizado consta con bombas de agua y bombas de vacío las cuales van a ayudar a reducir presión y temperatura y funcionando al mismo tiempo con los demás sensores este proceso podrá ejecutarse de forma segura y sin complicaciones técnicas.

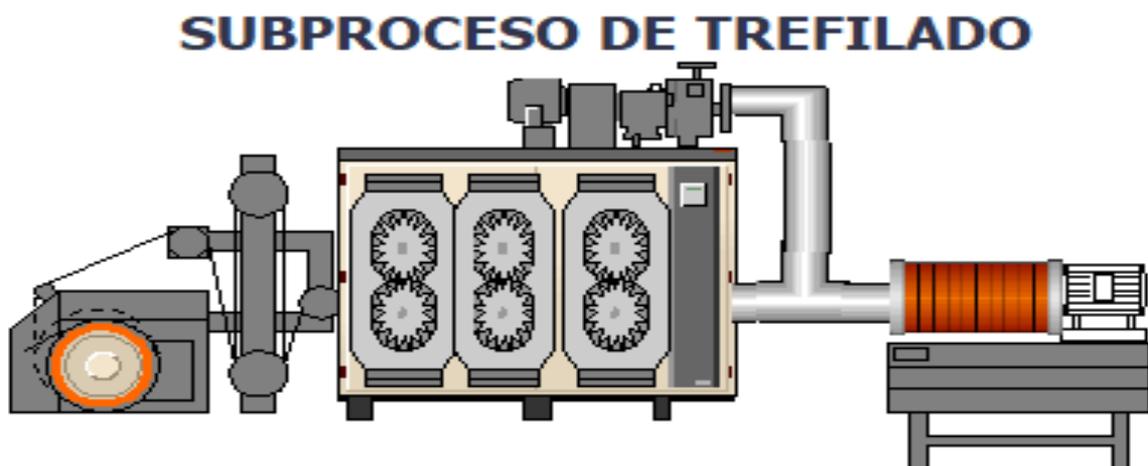


Ilustración 12 Subproceso De Trefilado

Diseño Del Subproceso De Recocido

El diseño del proceso de recocido para la fabricación de cables eléctricos se basa en la integración de diversos sensores y actuadores que permiten un control preciso de las condiciones térmicas y físicas del conductor. A continuación, se detalla cómo se estructura este proceso:

Sensor De Temperatura: Este sensor es fundamental para monitorear la temperatura interna del horno de recocido, ubicados en puntos estratégicos dentro del horno, permiten medir con precisión la temperatura a la que se expone el alambre. En función de las lecturas de estos sensores, el sistema puede ajustar los calentadores para mantener el alambre a la temperatura de recocido óptima, restaurando sus propiedades mecánicas sin sobrecalentarlo.

Sensor De Posición: este dispositivo ajustará el alambre para evitar que, al encender el motor, la presión generada dañe el cable.

Calentadores: Los calentadores es una actuador el cual esta después de la etapa de trefilado en el cual se va a recuperar todas las propiedades químicas que se pierden en el proceso anterior recuperando la conductividad y.

Sistema De Enfriamiento: En este proceso se utiliza la bomba de vacío el cual ayudara a liberar la tensión que se libera en forma de vapor.



Ilustración 13 Subproceso De Recocido

2.6 Diseño de la topología de comunicación

El esquema topológico presentado detalla la arquitectura de conexión entre un PLC, un HMI y una estación de trabajo configurada con el software TIA Portal. La comunicación entre estos dispositivos se establece a través del protocolo Ethernet IP/TCP, lo que permite una transferencia de datos eficiente y estandarizada. Para asegurar la interoperabilidad del sistema, se requiere la configuración precisa de los parámetros de red, como direcciones IP.

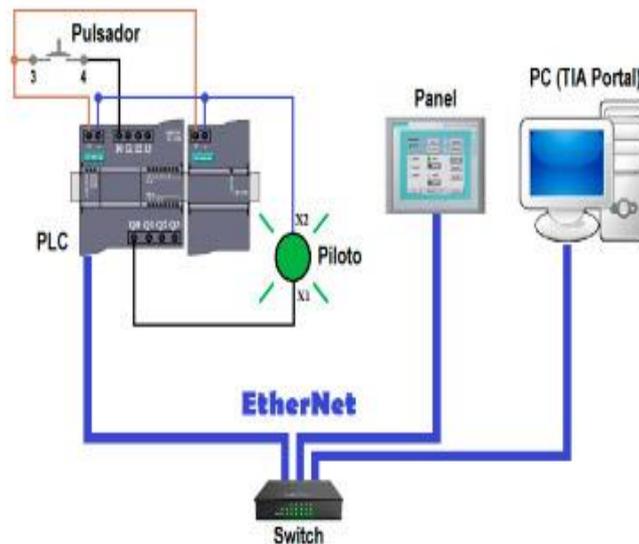


Ilustración 14 Diseño De La Topología De Comunicación

2.7 Programación de la lógica de control

La programación se realiza en lenguaje Ladder en TIA Portal con la versión 16, empezando por la selección e ingreso de la CPU del controlador S7 1200 además añadiendo el tipo de HMI a utilizar.

Control General:

- **Segmento 1:** Se implementa la lógica de control general mediante pulsadores que van a permitir la activación de funciones como marcha, parada y paro de emergencia, asegurando un control centralizado del sistema.
- **Segmento 2:** Se establece la configuración del sistema en modos de operación automático o manual, incluyendo los correspondientes indicadores y alarmas que permiten supervisar el estado del proceso.

- **Segmento 3:** Se desarrolla la lógica necesaria para habilitar la operación en modalidad local o remota, según los requerimientos del sistema.

Bloque de Trefilado:

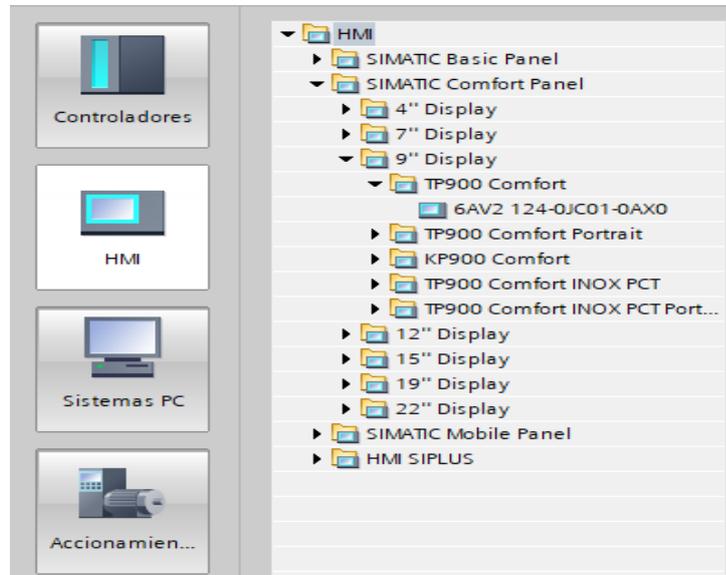
- **Segmento 1:** Se procesan las señales de entrada provenientes de sensores analógicos de temperatura, aplicando los procedimientos de normalización y escalado para garantizar datos precisos y utilizables.
- **Segmento 2:** Se programa la lógica correspondiente al sensor analógico de presión, asegurando su correcto funcionamiento dentro del proceso de trefilado.
- **Segmento 3:** Se implementa un sistema de verificación a través del sensor de presencia, el cual detecta el cobre. Si la temperatura es inferior a 250 °C, la presión no supera los 500 pascales y el diámetro no alcanza el valor especificado, se activan el motor que rota el material y el calentador encargado de reducir el diámetro del cobre.
- **Segmento 4:** Cuando el diámetro cumple con las especificaciones y los valores de temperatura y presión exceden los parámetros establecidos, se activa una bomba que enfría el material, finalizando así el proceso de trefilado.

Bloque de Recocido:

- **Segmento 1:** Se reciben y procesan las señales de entrada de los sensores analógicos de temperatura, aplicando normalización y escalado para obtener datos confiables y precisos.
- **Segmento 2:** Se desarrolla la lógica para el sensor analógico de presión, permitiendo su correcto funcionamiento durante el proceso de recocido.
- **Segmento 3:** En el horno de recocido, se supervisan las condiciones internas de temperatura y presión. Si el sensor detecta la presencia del cobre, y los valores de temperatura son inferiores a 200 °C y la presión es menor a 3 bar, se activan el calentador, la bomba de vacío y una válvula encargada de extraer el aire del interior.
- **Segmento 4:** Una vez que los parámetros superan los límites predefinidos, se enciende una luz piloto que indica la finalización exitosa del proceso de recocido.

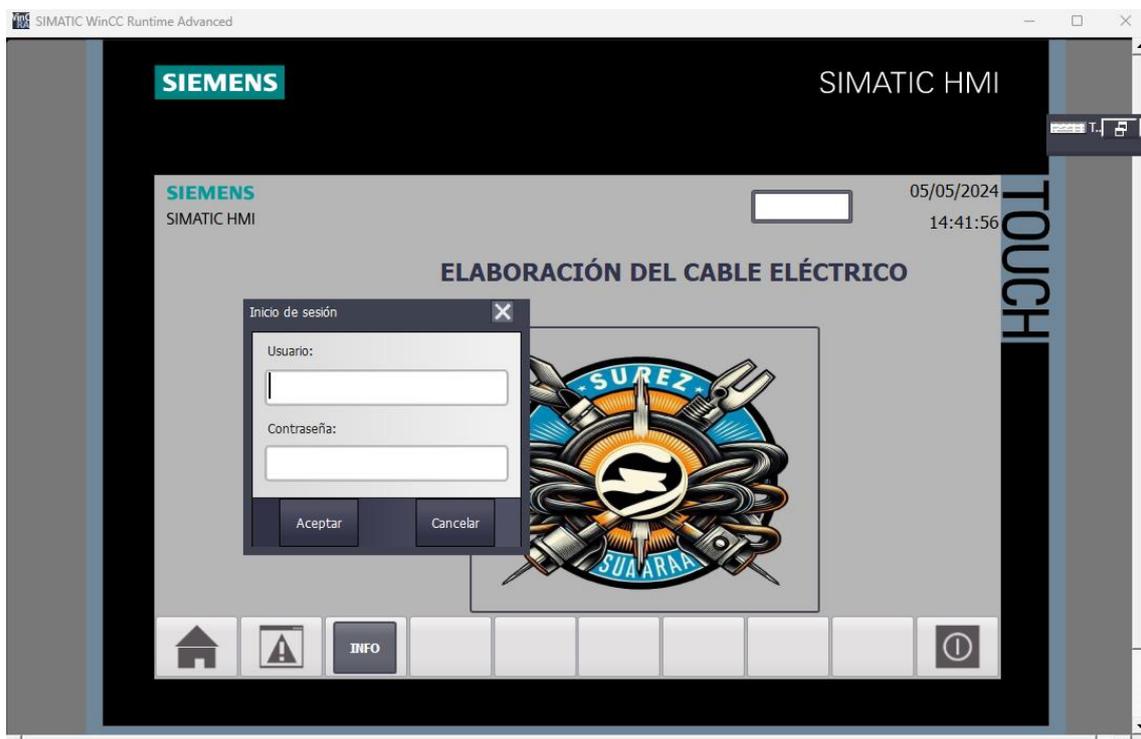
2.8 Desarrollo De La Interfaz HMI

Para el desarrollo del HMI, lo que primero a realizar es agregar el dispositivo, por lo cual, se utiliza el dispositivo TP900 confort.



HMI contará con las pantallas necesarias como lo es el inicio, pantalla principal, control manual, valores operativos, valores eléctricos, historial y mantenimiento.

En la pantalla de inicio: Se encontrará el login que son las restricciones de uso en las cuales mi proyecto tiene lo que es administrador y operador además un botón de INFO que mostrara los del autor del proyecto.



Pantalla Del Subproceso De Trefilado: La interfaz HMI cuenta con controles de operación que permiten gestionar el proceso mediante botones Marcha y Paro además de seleccionar el modo de funcionamiento, ya sea automático o manual. Los indicadores de color verde y rojo facilitan la visualización del estado actual del sistema. Asimismo, incluye indicadores de los equipos principales, como el calentador, cuya luz verde señala que está en funcionamiento; la bomba de vacío, que mediante luces muestra si está activada o desactivada en este caso, apagada con luz roja; y el motor, que indica si está encendido.

En el centro de la interfaz, se encuentra una gráfica del sistema, que proporciona una representación visual simplificada de los componentes del proceso, ayudando a identificar de manera clara qué partes están activas o inactivas. En la parte inferior, el registro de alarmas detalla el historial de estados del sistema, incluyendo cambios de modo (automático o manual) y alertas clave, como “temperatura alta en el recocido” o “presión alta en el recocido”. Finalmente, se encuentra un menú que permite acceder a diferentes secciones del sistema, como el monitoreo de variables operativas y eléctricas, historial, mantenimiento.

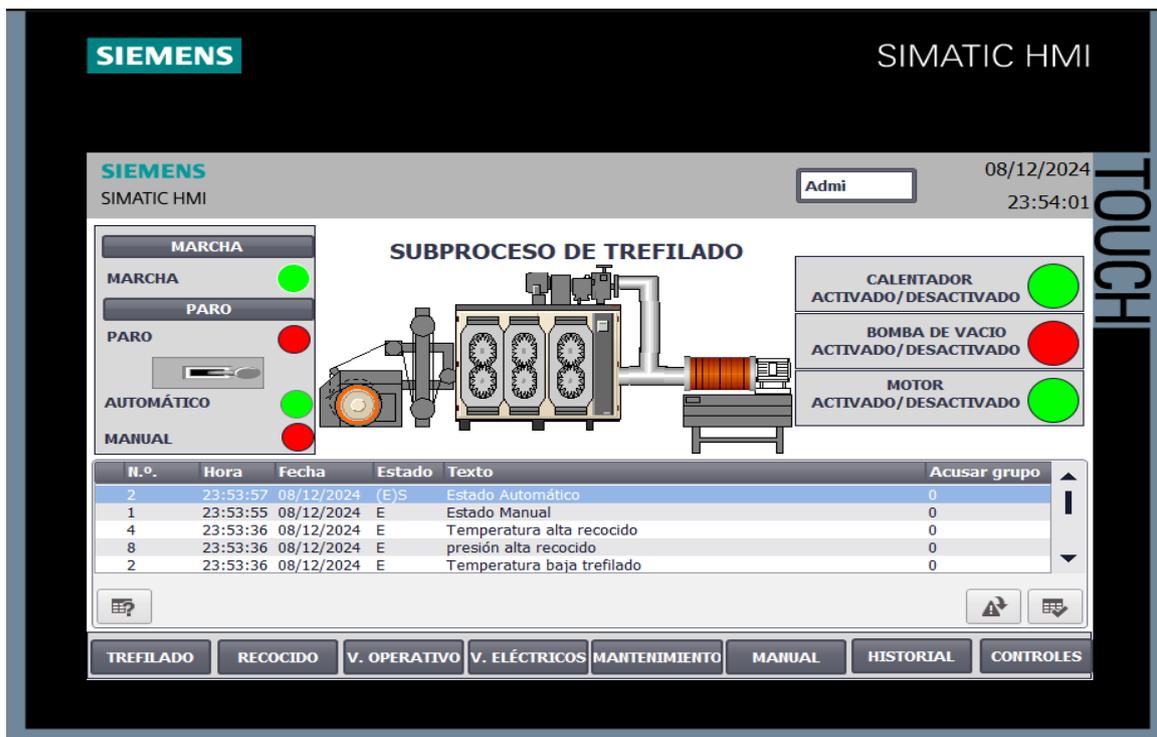


Ilustración 15 Pantalla Del HMI Del Subproceso De Trefilado

Pantalla Del Subproceso De Recocido: Los controles de operación en la interfaz permiten al operador iniciar o detener el proceso mediante los botones de Marcha y Paro, además de seleccionar entre los modos Automático o Manual. Los indicadores de color verde y rojo proporcionan una visualización clara del estado actual de los controles, y el botón de Modo indica si el sistema está operando en modo automático o manual.

En cuanto a los indicadores de equipos principales, el calentador muestra si el sistema de calentamiento está activo, representado por una luz verde, o apagado, indicado por una luz roja. De manera similar, la bomba de vacío y el motor se visualizan a través de luces rojas o verdes, lo que indica si están activados o desactivados. Estos indicadores permiten un monitoreo preciso del estado de los componentes clave en el proceso de recocido.

La gráfica del sistema proporciona una representación visual de los componentes principales del proceso de recocido, como el horno y otros equipos asociados, lo que facilita la identificación del estado del proceso de manera clara y eficiente.

El registro de alarmas se muestra en la tabla inferior, la cual detalla el historial de alarmas y alertas relevantes, como "temperatura alta en recocido" o "presión alta en recocido".

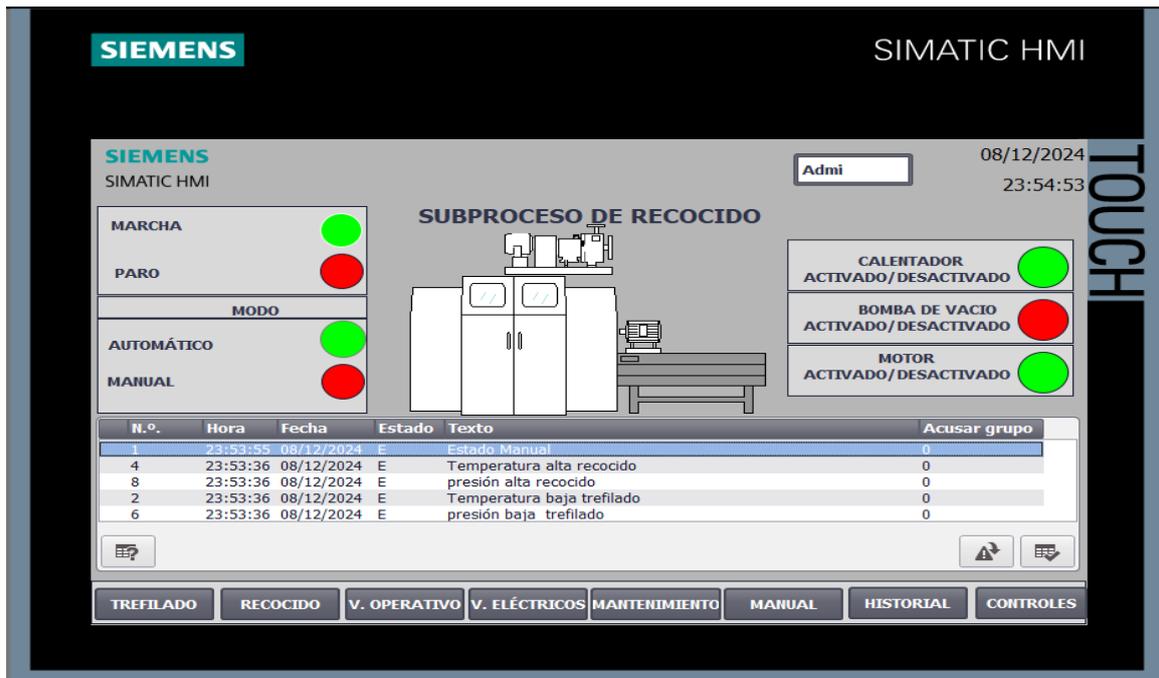


Ilustración 16 Pantalla Del Subproceso De Recocido

Pantalla De Control De Sensores: La pantalla muestra el estado actual del sistema. Se visualiza el funcionamiento de los sensores que monitorean variables como la temperatura y presión durante los procesos de trefilado y recocido. Los puntos verdes confirman que estos sensores están operativos. Además, se indica si hay material presente en el área de trefilado y recocido.

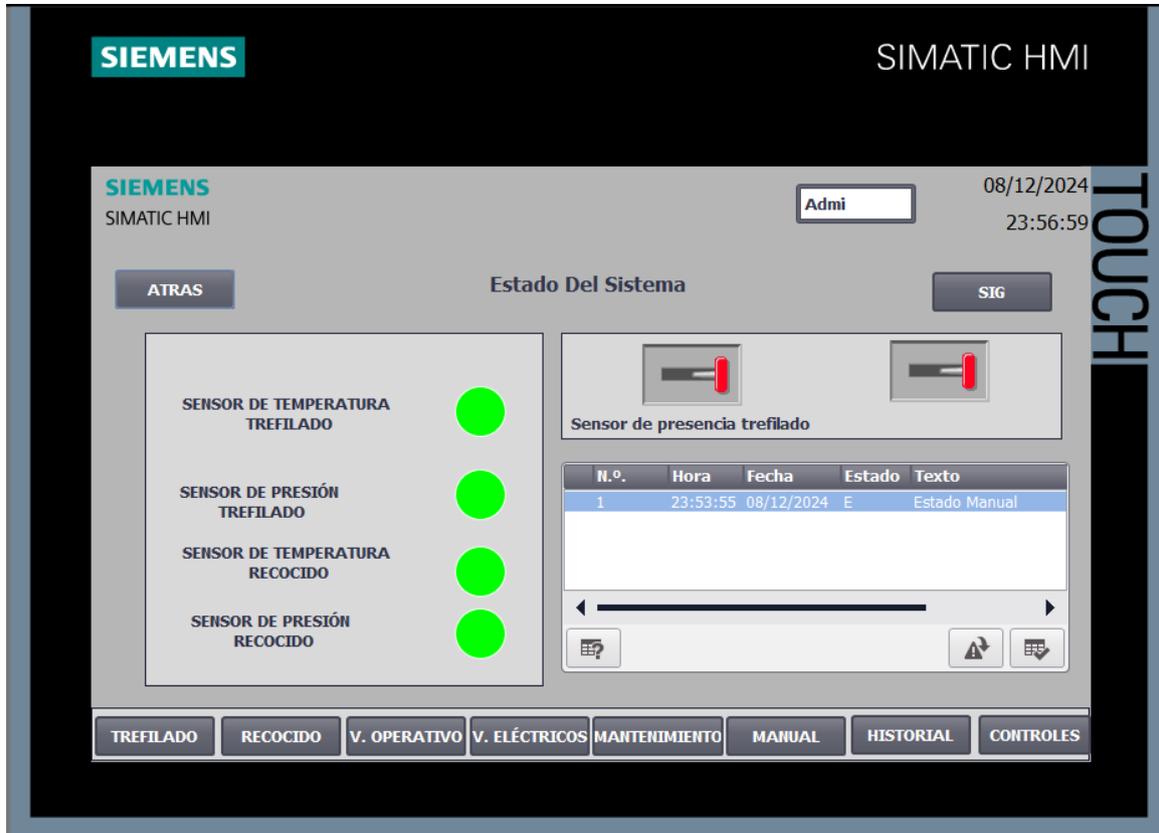


Ilustración 17 Pantalla De Control De Sensores

Pantalla De Valores Operativos: La imagen muestra una pantalla de una interfaz humano-máquina (HMI) de Siemens, específicamente diseñada para monitorear. En este caso particular, se está visualizando un las operaciones de trefilado y recocido. La pantalla presenta indicadores que muestran en tiempo real los valores de temperatura y presión durante ambos procesos. Además, se incluyen botones de navegación que permiten al operador acceder a información adicional, como el historial de datos, ajustes de configuración y modos de operación manual.

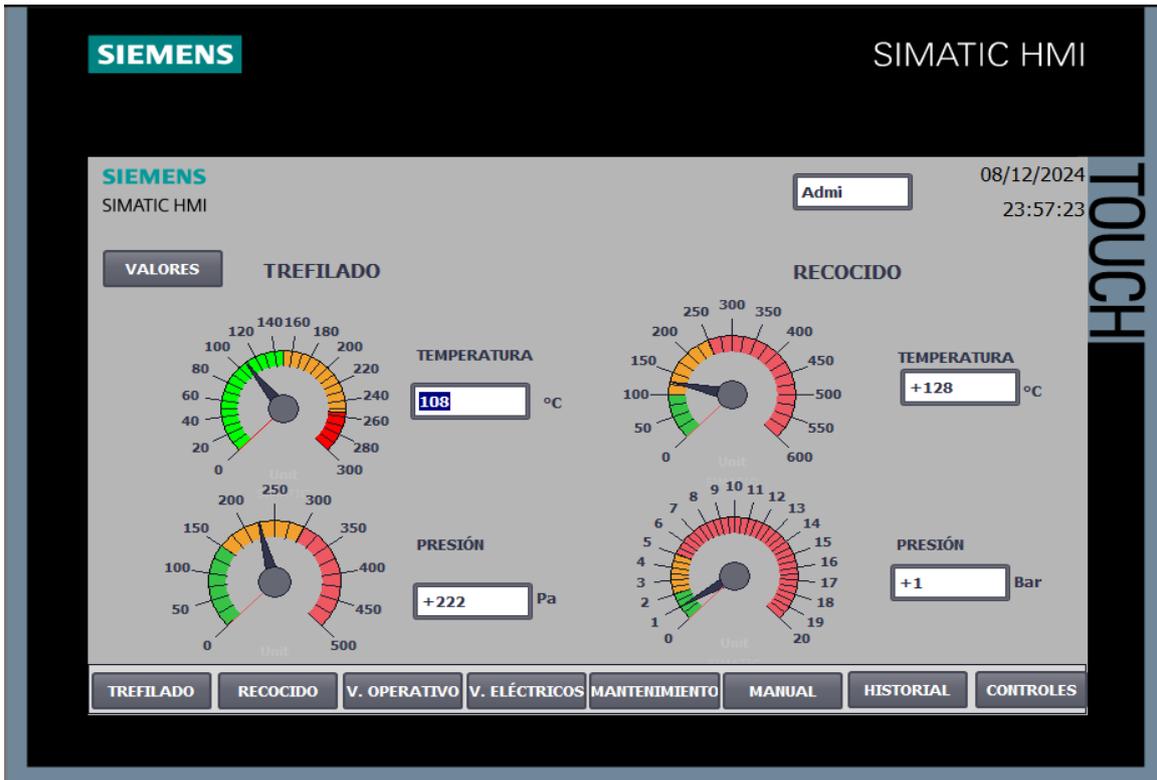


Ilustración 18 Pantalla De Valores Operativos

Pantalla De Parámetros Eléctricos: Se muestran los voltajes AB, BC, CA que son los que se obtienen mediante el medidor de parámetros mediante un protocolo de comunicación RS-485 y se muestran en mi HMI.

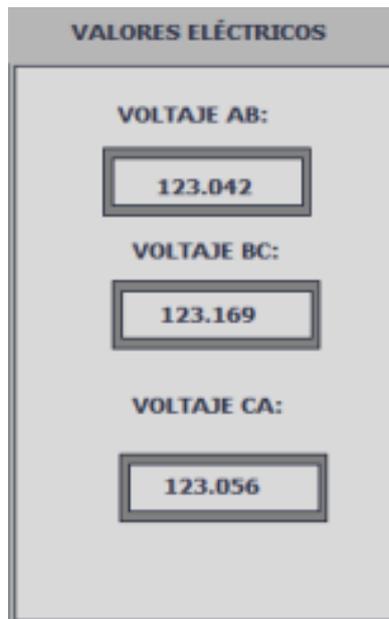


Ilustración 19 Pantalla De Parámetros Eléctricos

Pantalla De Valores De Funcionamiento: Los sliders representan los valores asociados a las variables de los sensores analógicos en la simulación, los cuales se pueden ajustar desde la interfaz HMI. Tanto los administradores como los operarios podrán ver estos valores, pero solo los administradores tendrán la capacidad de modificar los parámetros de funcionamiento.

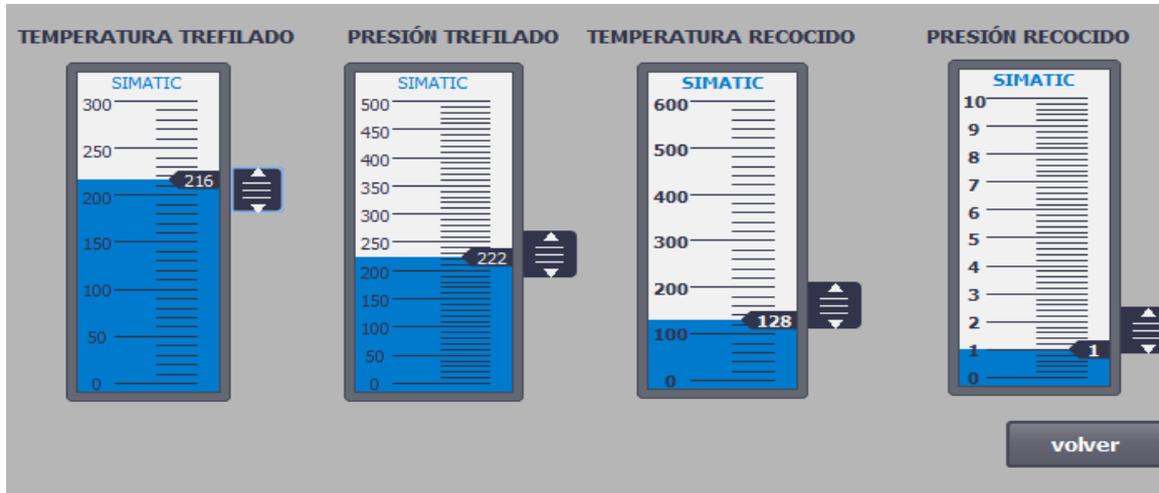


Ilustración 20 Pantalla De Valores De Funcionamiento

Pantalla Del Historial Se Los Sensores: En la interfaz, se visualizarán los cambios generados por cada sensor, como los de temperatura o presión. Estos valores se asignan en la configuración del historial, donde se vinculan los datos de los sensores con las curvas correspondientes.

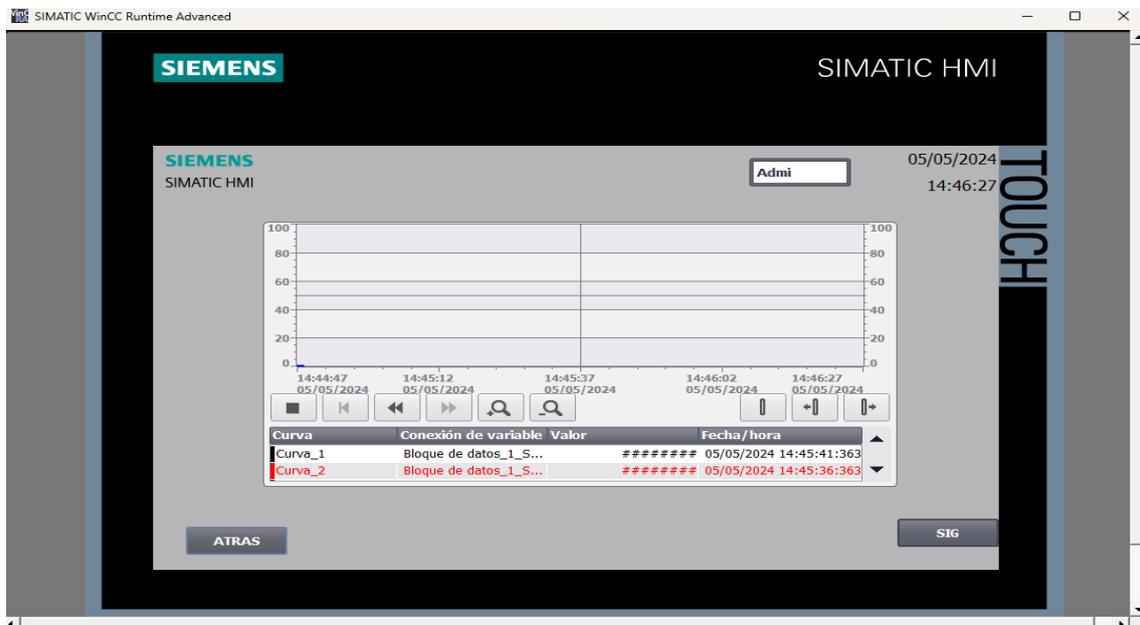


Ilustración 21 Pantalla Del Historial Se Los Sensores

Pantalla De Mantenimiento: La interfaz indicará de manera clara cuando los subprocesos se encuentren en mantenimiento, alertando a los usuarios sobre la interrupción temporal del proceso. Durante este periodo, el subproceso no estará operativo y no podrá ejecutarse ninguna actividad hasta que se complete el mantenimiento y se reactive el proceso.

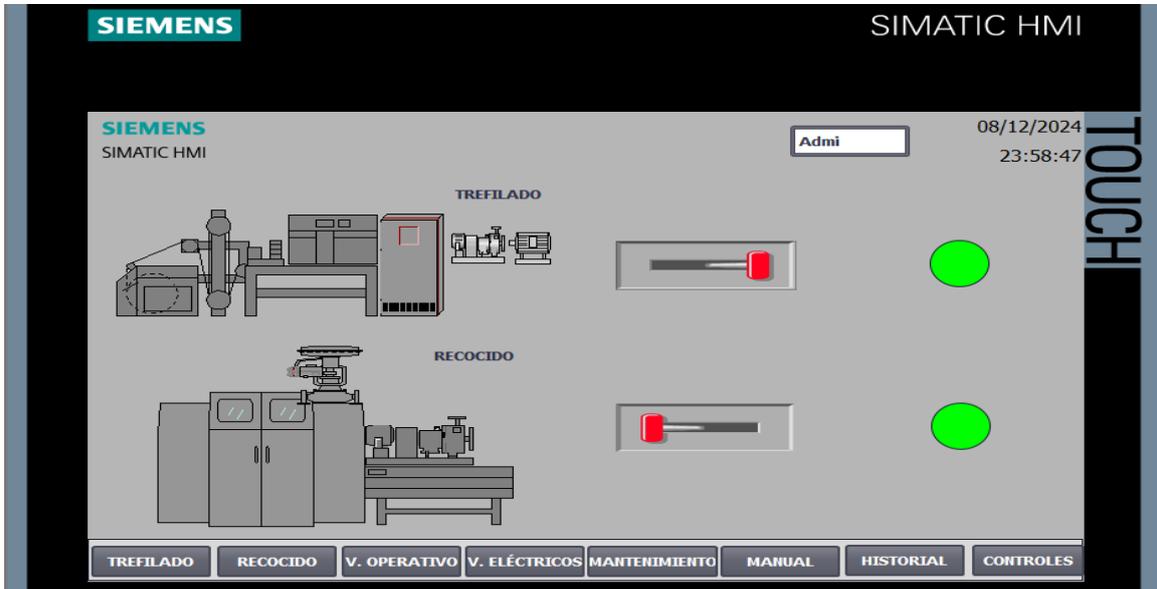


Ilustración 22 Pantalla De Mantenimiento

Pantalla de Proceso Manual: La pantalla muestra una serie de botones que permiten activar o desactivar el motor, los calentadores y las bombas. Además, se incluyen indicadores visuales en forma de luces que nos mostrara el estado en el que se encuentra cada actuador también cuenta un esquema simplificado de los subprocesos.

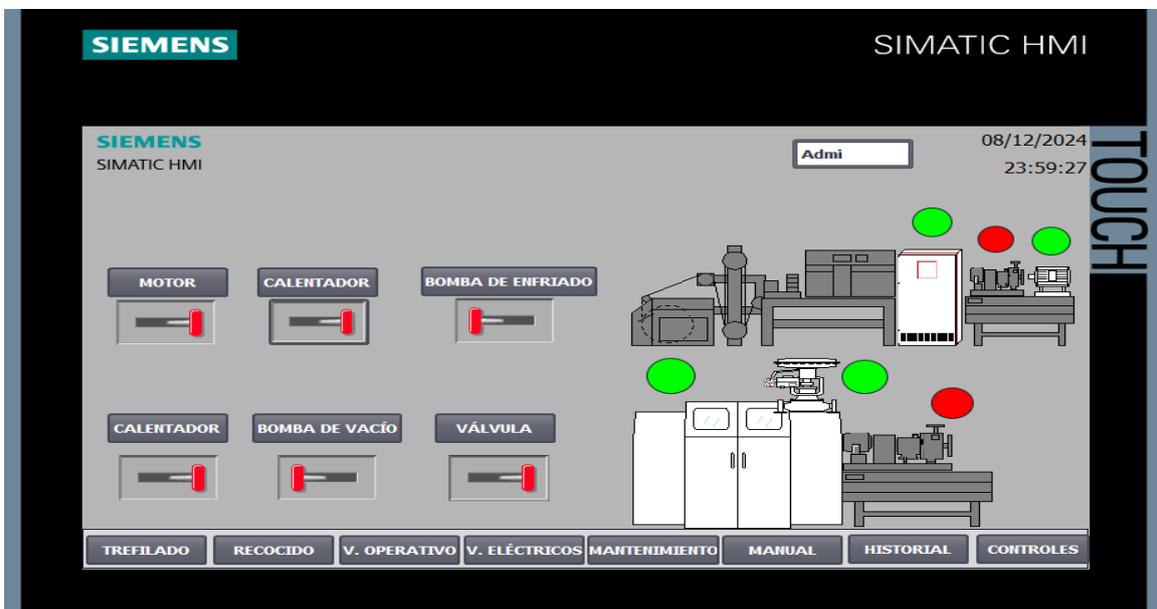


Ilustración 23 Pantalla de Proceso Manual

2.9 Resultados

La simulación permitió mostrar en tiempo real el estado de equipos como el calentador, la bomba de vacío y el motor. Mediante luces indicadoras (rojo/verde), con esto se logró identificar rápidamente si los equipos estaban activos o inactivos, lo que contribuyó a la prevención de fallos operativos.

La tabla de alarmas mostró las alertas y cambios en el sistema, como temperatura alta en recocido o presión alta en trefilado. Este registro es fundamental para el análisis post-operación, permitiendo la identificación de posibles fallos.

En la pantalla del subproceso de trefilado, bajo condiciones ideales en las que tanto la temperatura como la presión se encuentran dentro de los rangos operativos, los indicadores del motor y del calentador estarán encendidos, lo que indica que el subproceso está funcionando correctamente. Sin embargo, si accedemos a la pantalla de valores operativos y modificamos dichos parámetros, colocándolos por encima de los rangos establecidos, el calentador y el motor se apagarán, deteniendo el subproceso de trefilado. Al mismo tiempo, la bomba de agua se activará, y su indicador cambiará de rojo a verde, reflejando este cambio de estado.

Mediante las simulaciones realizadas, se comprobó que la programación desarrollada en TIA Portal opera de manera efectiva, respondiendo en tiempo real a los ajustes realizados desde el HMI. Para alcanzar este objetivo, se diseñó la lógica de control para las distintas etapas del proceso empleando programación en lenguaje Ladder, junto con bloques específicos destinados a la normalización y escalamiento de los datos de entrada y salida obtenidos a través de la conexión con TIA Portal. Además, la herramienta PLCSIM se utilizó para evaluar el sistema automatizado de fabricación de cable eléctrico, validando así la funcionalidad de la lógica implementada.

2.10 Conclusiones

Se logró implementar la programación de los procesos de trefilado y recocido para la fabricación de cable eléctrico utilizando TIA Portal, validándose su eficiencia a través de un entorno simulado. La lógica de control, desarrollada en lenguaje Ladder, demostró ser capaz de gestionar de manera adecuada los parámetros del proceso, ajustándose en tiempo real a los cambios efectuados desde la interfaz HMI.

La interfaz HMI diseñada permitió una visualización clara y eficiente del estado de los equipos, como el calentador, la bomba de vacío y el motor, mediante indicadores visuales (rojo/verde). Esto facilitó a los operadores simular ajustes en los parámetros operativos y detectar rápidamente cualquier desviación de los valores establecidos, contribuyendo a un control más preciso del proceso en un entorno simulado.

Durante las simulaciones, el sistema respondió correctamente a cambios en los valores operativos. En situaciones ideales, el motor y el calentador operaron dentro de los rangos establecidos, mientras que al superar los límites, el sistema detuvo automáticamente estos equipos y activó la bomba de agua. Este comportamiento validó la capacidad del sistema para garantizar la seguridad y estabilidad del proceso simulado.

Este proyecto demostró que el uso de entornos simulados es una herramienta clave para diseñar sistemas automatizados. La experiencia adquirida mediante la simulación del proceso de fabricación de cable eléctrico nos demuestra su importancia al momento de simular para detectar posibles errores.

2.11 Recomendaciones

Realizar simulaciones más detalladas que incluyan situaciones atípicas, como fallos de sensores o interrupciones en la comunicación entre el HMI y el PLC. Esto permitirá probar la capacidad del sistema para responder y adaptarse a eventos inesperados en un entorno controlado.

Mejorar la interfaz HMI dentro del entorno simulado, permitiendo la visualización de más parámetros operativos y facilitando el monitoreo en tiempo real. Esto permitirá detectar problemas potenciales de forma anticipada.

Implementar funcionalidades en el HMI que permitan realizar análisis predictivo basado en las tendencias de los datos operativos. Esto puede ayudar a anticipar posibles fallos o desviaciones antes de que ocurran, mejorando la eficiencia y seguridad del sistema.

Para optimizar el diseño del sistema, sería beneficioso incorporar más sensores, lo que permitiría contar con un sistema de monitoreo y seguimiento más completo. Esto aseguraría que el proceso no se vea afectado, ya que al recopilar más datos, se podrá identificar con mayor precisión los valores operativos que permiten que el proyecto funcione de manera óptima

Referencias

- [1 «procetradi,» 16 Julio 2024. [En línea]. Available:
] <https://www.procetradi.com/blog/automatizacion-procesos-electricos/>.
- [2 «redhat,» 2023. [En línea]. Available: <https://www.redhat.com/es/topics/automation>.
]
- [3 S. ZUREKIN, «SEGURMANIA,» [En línea]. Available:
] <https://www.segurmaniazurekin.eus/sabias-que/sabias-queel-cable-electrico-cambio-el-mundo/>.
- [4 «EL UNIVERSO,» 16 SEPTIEMBRE 2021. [En línea]. Available:
] <https://www.eluniverso.com/patrocinado/electrocables-ca-innovacion-su-prioridad/>.
- [5 2007. [En línea]. Available: <https://www.incable.com/calidad?idioma=1>.
]
- [6 «INCOREA CABLES,» 2024. [En línea]. Available: <https://www.incoreacables.com/>.
]
- [7 A. M. R. JONATHAN FARFÁN FIGUEROA. [En línea]. Available:
] <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/13456/1/UPS-GT001788.pdf>.
- [8 W. A. L. Quilli, 2011. [En línea]. Available:
] <https://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/90336/D-79471.pdf>.
- [9 «cursosaula21,» [En línea]. Available: <https://www.cursosaula21.com/que-es-la-automatizacion-industrial/>.
- [1 «bookdown,» [En línea]. Available:
0] https://bookdown.org/alberto_brunete/intro_automatica/sensoractuador.html.
- [1 «smctraining,» [En línea]. Available:
1] <https://www.smctraining.com/es/webpage/indexpage/311>.
- [1 «centelsa,» [En línea]. Available: <https://centelsa.com/procesos-centelsa-proceso-de-estirado/>.
- [1 «ATLAS COPCO,» [En línea]. Available: <https://www.atlascopco.com/es-3/es/compressors/air-compressor-blog/fabricacion-cable#:~:text=Recocido%3A%20Tratamiento%20%20%20%20%20que%20se,recristalizaci%3Bn%20y%20luego%20se%20enfr%3ADa..>
- [1 «SIEMENS,» 2014. [En línea]. Available:
4] https://cache.industry.siemens.com/dl/files/622/91696622/att_42774/v1/s71200_system_manual_es-ES_es-ES.pdf.

[1 «NVS,» [En línea]. Available: [https://nvsautomatizacion.com/producto/pantalla-tactil-5\] hmi-8-pulg-dop-b08e515/](https://nvsautomatizacion.com/producto/pantalla-tactil-5] hmi-8-pulg-dop-b08e515/).

[1 E. Bohórquez, E. Prado y M. Ramírez, «Implementación de la norma ISA 101, sobre 6] las HMI,» *Seminario Internacional*, vol. III, nº XX, 2019.

[1 «SIMATIC TIA Portal STEP 7 Basic V10.5,» 2009. [En línea]. Available:
7] [https://cache.industry.siemens.com/dl/files/542/40263542/att_829830/v1/GS_STEP7
Bas105esES.pdf](https://cache.industry.siemens.com/dl/files/542/40263542/att_829830/v1/GS_STEP7_Bas105esES.pdf).

[1 P. Portacables. [En línea]. Available:
8] <https://pukportacables.com/empresa/noticias/detail/la-revolucion-del-cable-electrico>.

[1 «CONELSA(CABLE SEGURO),» 2023. [En línea]. Available:
9] <https://conelsa.com.ec/contacto/>.

[2 «<https://www.ecuacable.ec/es/about/>,» Ecuacable, 2023. [En línea].
0]

[2 «CEPYME,» 2023. [En línea]. Available: [https://www.icmesp.com/historia-la-1\] electricidad-del-cable-electrico/](https://www.icmesp.com/historia-la-1] electricidad-del-cable-electrico/).

[2 «PUK,» 03 02 2023. [En línea]. Available:
2] <https://pukportacables.com/empresa/noticias/detail/la-revolucion-del-cable-electrico>.

[2 [En línea]. Available: [https://www.vicepresidencia.gob.ec/se-inaugura-la-primera-3\] fabrica-de-cables-de-fibra-optica-en-ecuador/](https://www.vicepresidencia.gob.ec/se-inaugura-la-primera-3] fabrica-de-cables-de-fibra-optica-en-ecuador/).

[2 [En línea]. Available: [https://www.cfn.fin.ec/wp-4\] content/uploads/downloads/biblioteca/2021/fichas-sectoriales-2-trimestre/Ficha-Sectorial-Hilos-y-cables-electricos_compressed.pdf](https://www.cfn.fin.ec/wp-4] content/uploads/downloads/biblioteca/2021/fichas-sectoriales-2-trimestre/Ficha-Sectorial-Hilos-y-cables-electricos_compressed.pdf).

[2 «COPADATA,» [En línea]. Available: [https://www.copadata.com/es/industrias/smart-5\] factory/smart-factory-insights/automatizacion-control-proceso-produccion/](https://www.copadata.com/es/industrias/smart-5] factory/smart-factory-insights/automatizacion-control-proceso-produccion/).

[2 22 marzo 2024. [En línea]. Available: [https://www.linkedin.com/pulse/qu%C3%A9-6\] es-un-plc-y-c%C3%B3mo-funcionan-wagomexico-xjqme/](https://www.linkedin.com/pulse/qu%C3%A9-6] es-un-plc-y-c%C3%B3mo-funcionan-wagomexico-xjqme/).

[2 L. R. -. N. Soler, «BID,» 18 February 2021. [En línea]. Available:
7] <https://blogs.iadb.org/trabajo/es/el-impacto-de-la-automatizacion-mas-alla-de-las-fronteras/>.

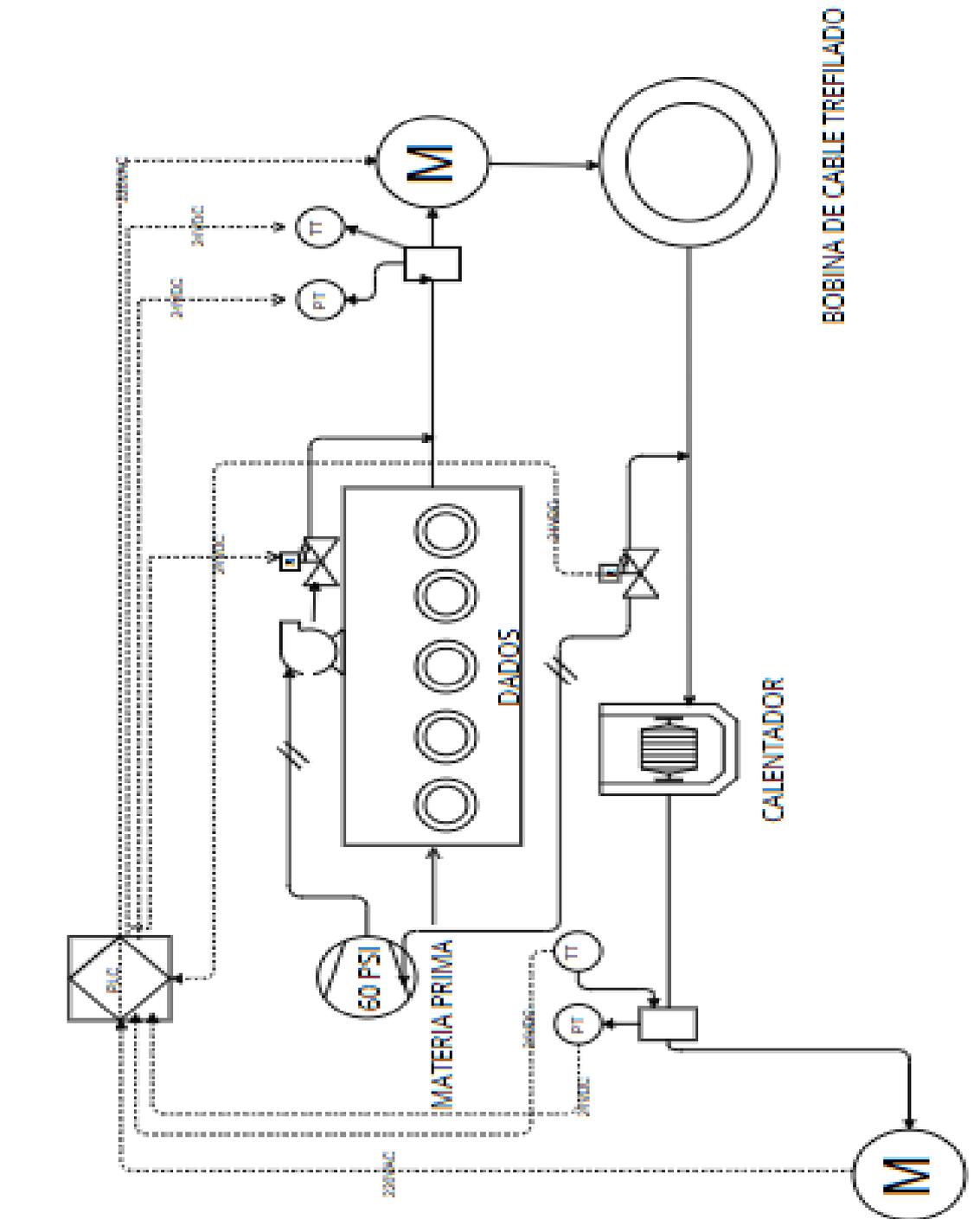
[2 «Logicbus,» [En línea]. Available: [https://www.logicbus.com.mx/plc.php.8\]](https://www.logicbus.com.mx/plc.php.8])

[2 «Sicma21,» 11 octubre octubre, 2021 . [En línea]. Available:
9] <https://www.sicma21.com/que-es-un-hmi-y-como-funciona/>.

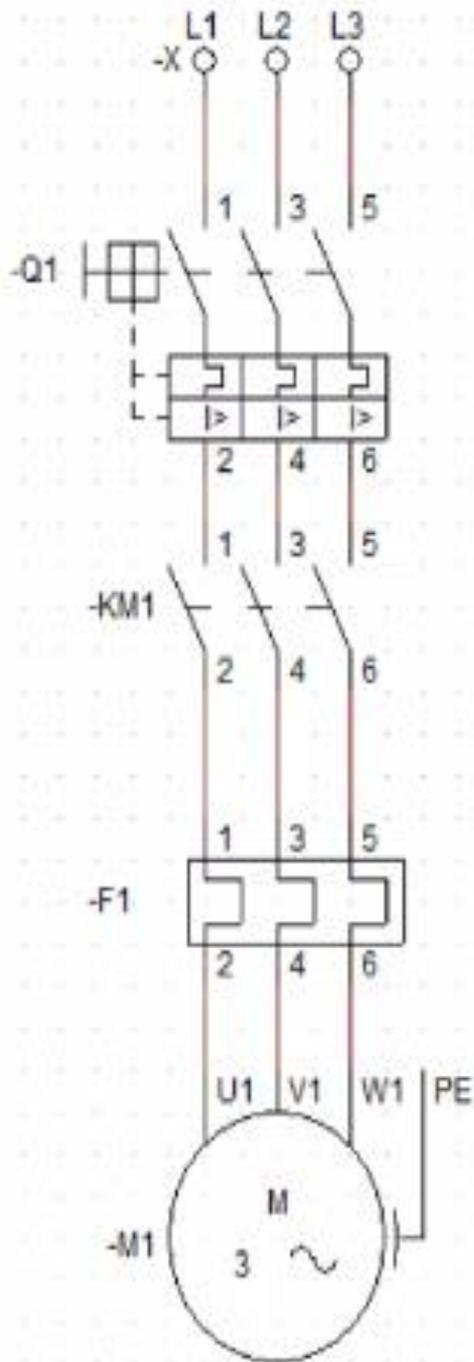
- [3 «desouttertools,» [En línea]. Available: <https://www.desouttertools.mx/su-01-industria/noticias/%7Bidentificaci%C3%B3n%7D/revolucion-industrial-de-industria-1-0-a-industria-4-0?id=1015>.
- [3 «repositorio UPC,» [En línea]. Available:
1] <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/654992>.
- [3 D. A. P. MARTÍNEZ, «AUTOMATIZACIÓN EN PLANTA DE PRODUCCIÓN EN
2] AGRECASA,» AGOSTO 2019. [En línea]. Available:
<https://repositorio.unitec.edu/bitstream/handle/123456789/9821/20751102-agosto2019-i05-pp.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- [3 <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/11902/1/CD-6579.pdf>. [En línea].
3] Available: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/11902/1/CD-6579.pdf>.
- [3 A. P. L. MARTÍNEZ, 2015. [En línea]. Available:
4] <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/11902/1/CD-6579.pdf>.
- [3 «Industry Mall,» siemens, [En línea]. Available:
5] <https://mall.industry.siemens.com/mall/es/WW/Catalog/Products/5000483>.
- [3 «prysmian,» 2024. [En línea]. Available: <https://ec.prysmian.com/es/historia-cablec-6ecuador>.
- [3 UMELSA, 22 MAYO 2024. [En línea]. Available: <https://umesal.com/avances-en-la-7automatizacion-industrial-hacia-una-mayor-eficiencia/>.
- [3 W. A. L. Quilli, 2011. [En línea]. Available:
8] <https://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/90336/D-79471.pdf>.

Anexos

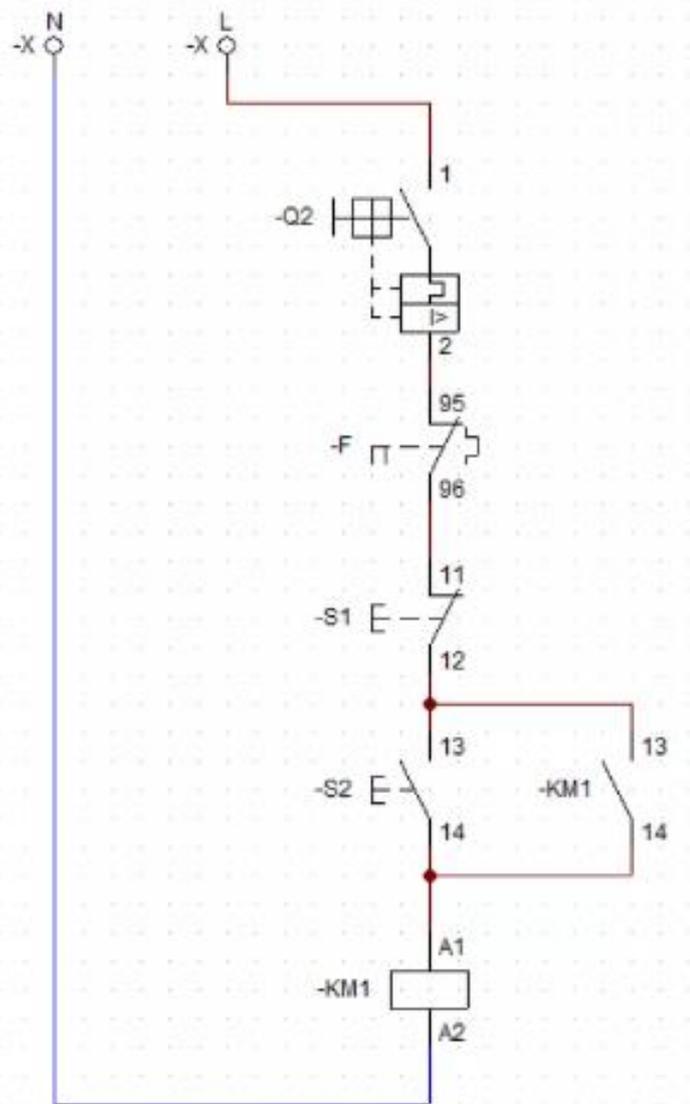
Anexo 1: Diagrama P&ID Del Proceso De Elaboración Del Cable Eléctrico

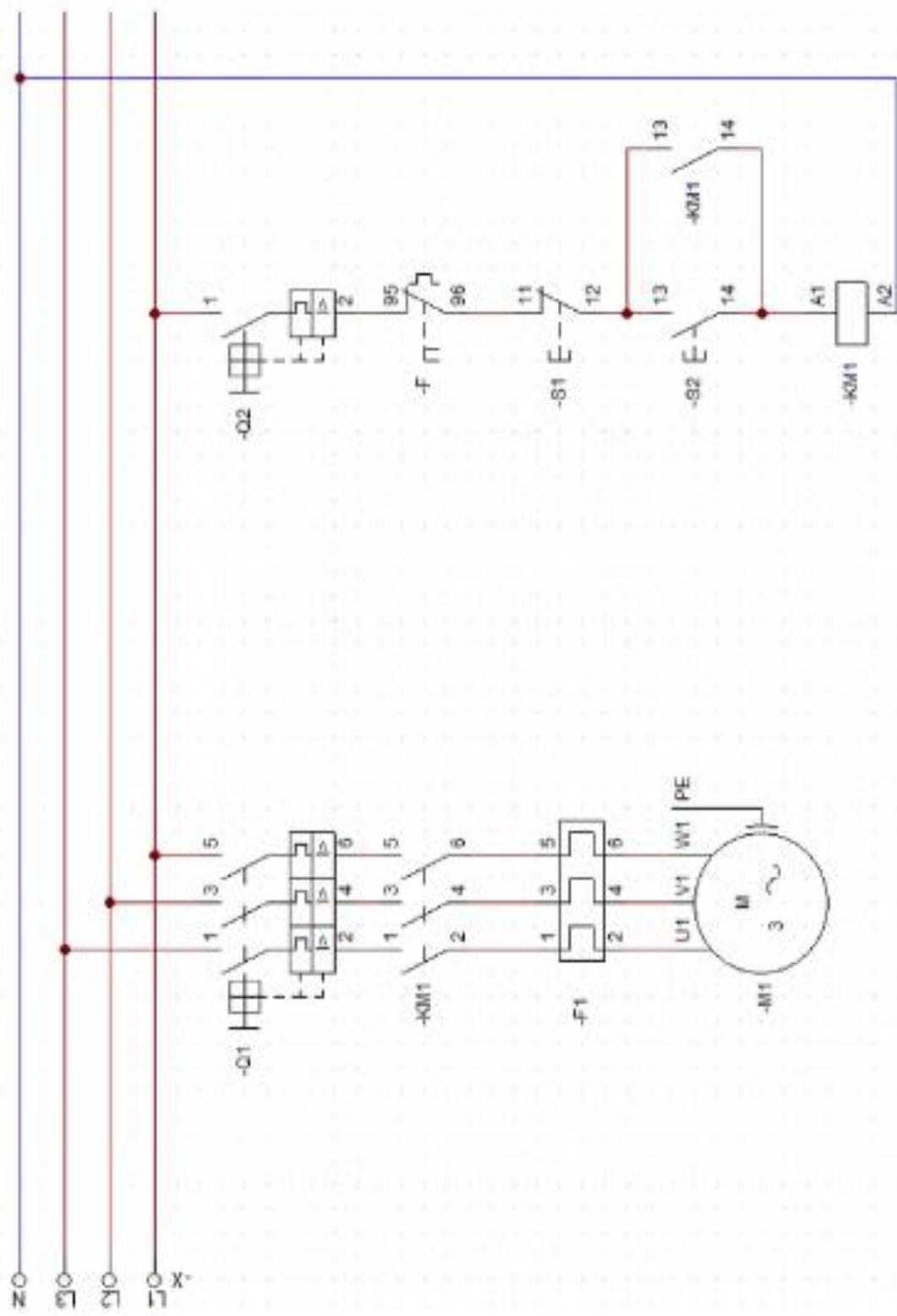


Anexo 2: Esquema Eléctrico De Fuerza

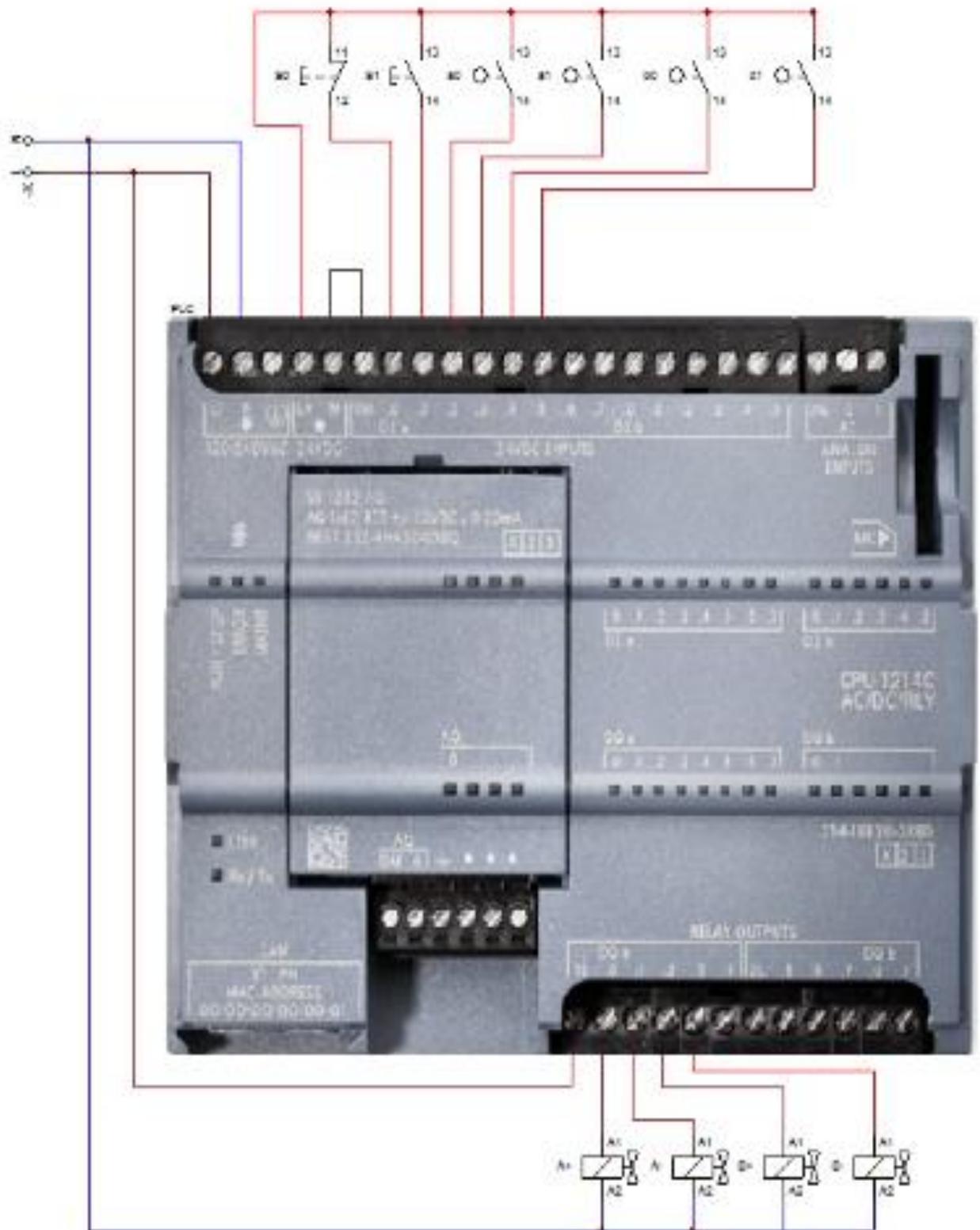


Anexo 3: Esquema Eléctrico Mando





Anexo 4 Entradas Y Salidas De PLC



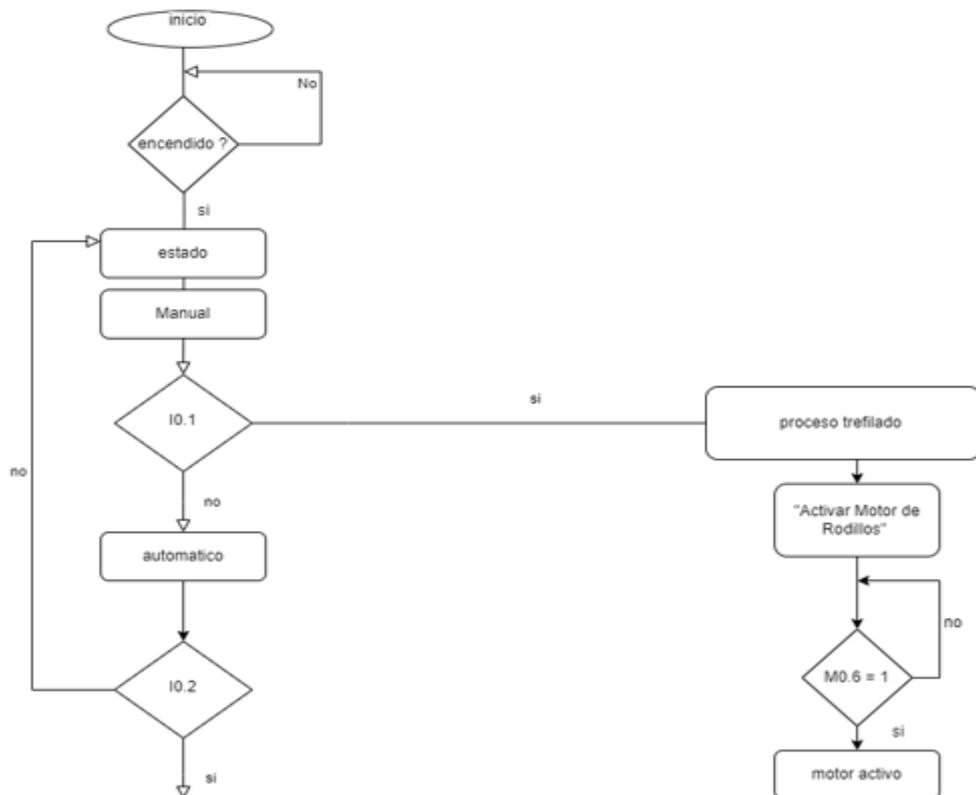
Anexo 5. Entradas Digitales Del PLC S7-1200

<input type="checkbox"/>	Paro de Emergencia	Tabla de variables e..	Bool	%I0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	Selector Manual	Tabla de variables e..	Bool	%I0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	Selector Automático	Tabla de variables e..	Bool	%I0.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	MARCHA	Tabla de variables e..	Bool	%I0.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	PARO	Tabla de variables e..	Bool	%I0.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	Sensor_de_Presencia	Tabla de variables e..	Bool	%I0.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	Sensor_de_Presencia_2	Tabla de variabl...	Bool	%I0.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	Sensor de Diámetro	Tabla de variables e..	Bool	%I1.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	Sensor diámetro 2	Tabla de variables e..	Bool	%I1.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

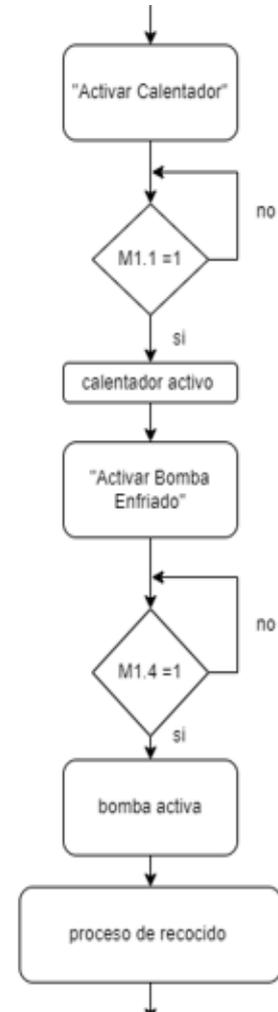
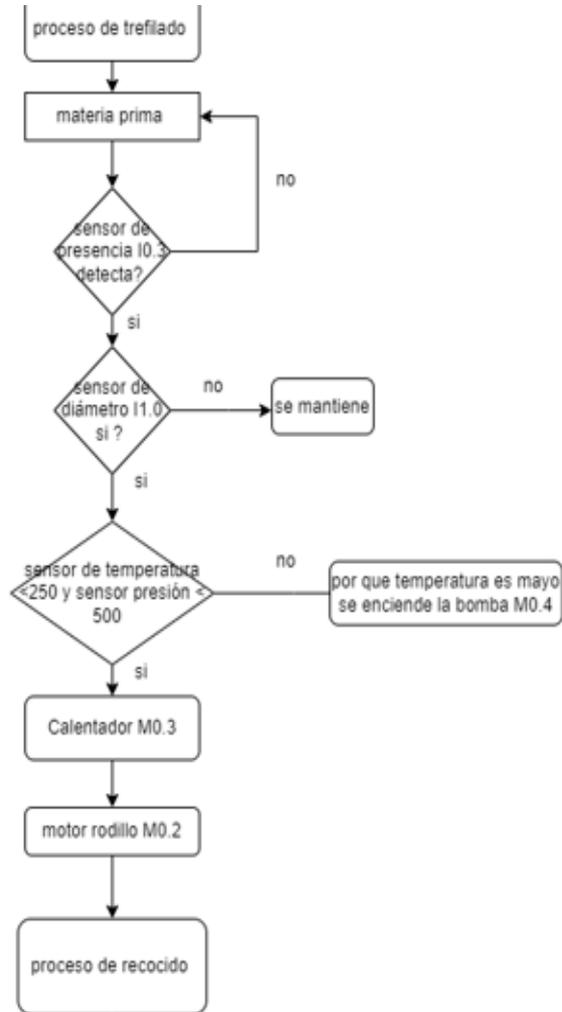
Anexo 6. Salidas Digitales Del PLC S7-1200

<input type="checkbox"/>	Motor Rodillos	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	Dispositivo Calentador	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	Bomba (Enfriamiento)	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	Dispositivo Calentador 2	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	Bomba de vacío	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	MOTOR R	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	motor1 memoria	Tabla de variables e..	Bool	%Q1.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	motor2 memoria	Tabla de variables e..	Bool	%Q1.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	calentador1memoria	Tabla de variables e..	Bool	%Q1.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	calentador2memoria	Tabla de variables e..	Bool	%Q1.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	bomba1memoria	Tabla de variables e..	Bool	%Q1.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	bba2memoria	Tabla de variables e..	Bool	%Q1.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

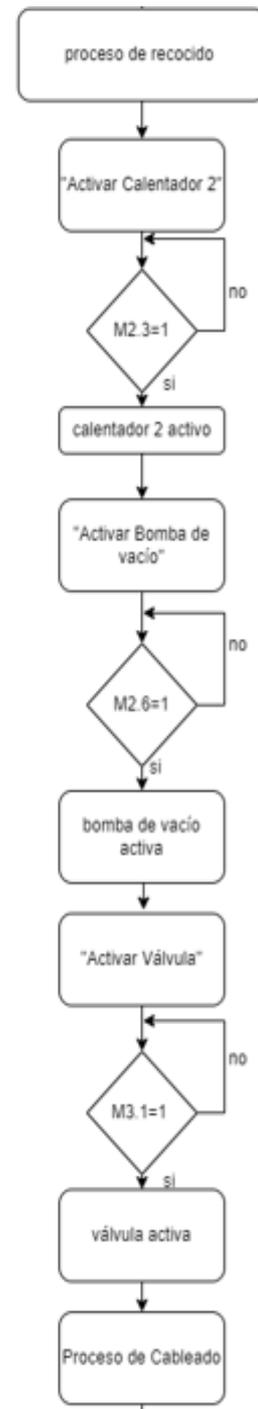
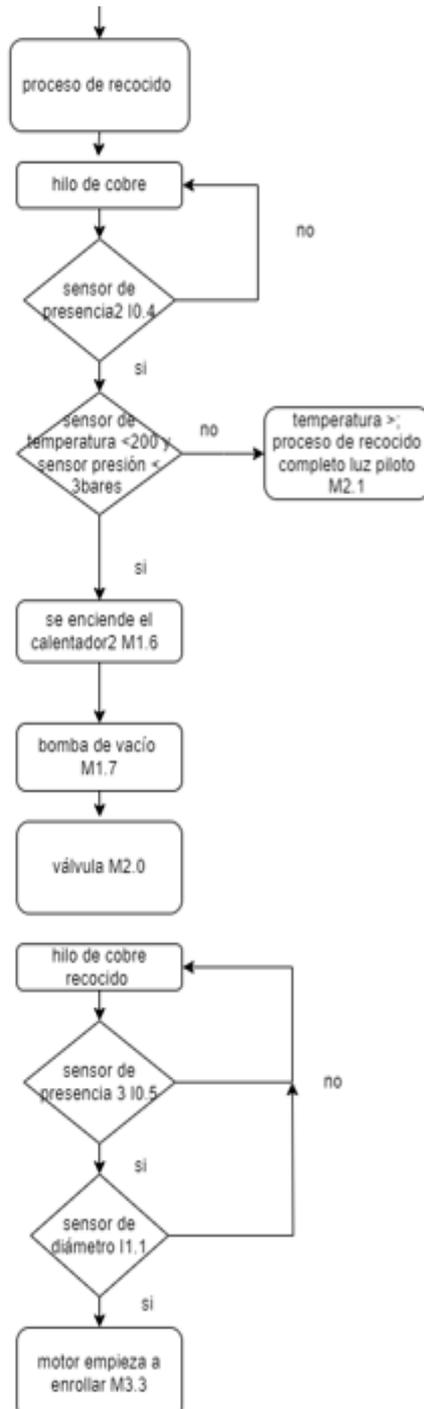
Anexo 7: Diagrama De Flujo De La Elaboración Del Cable Eléctrico



Anexo 8: Diagrama De Flujo De Las Etapas De Trefilado

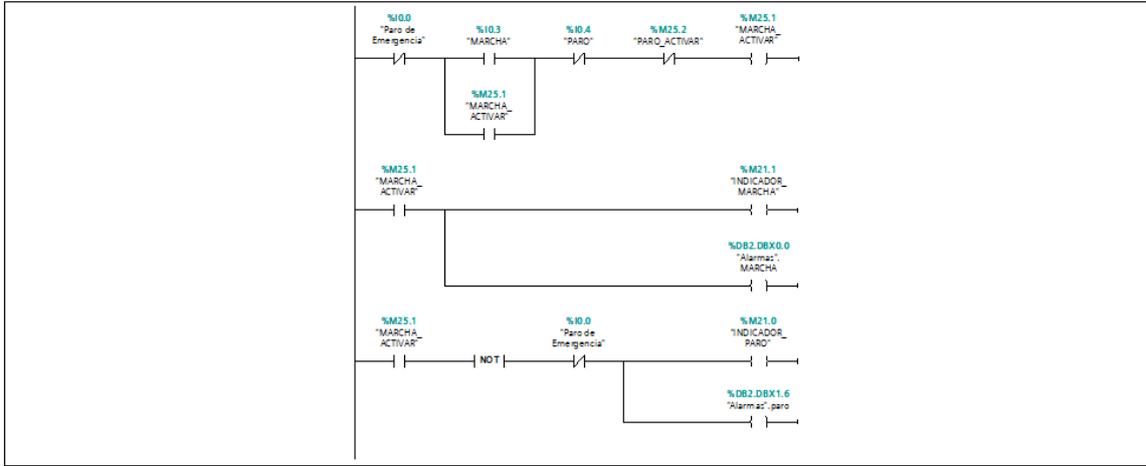


Anexo 9: Diagrama De Flujo De La Etapa De Recocido

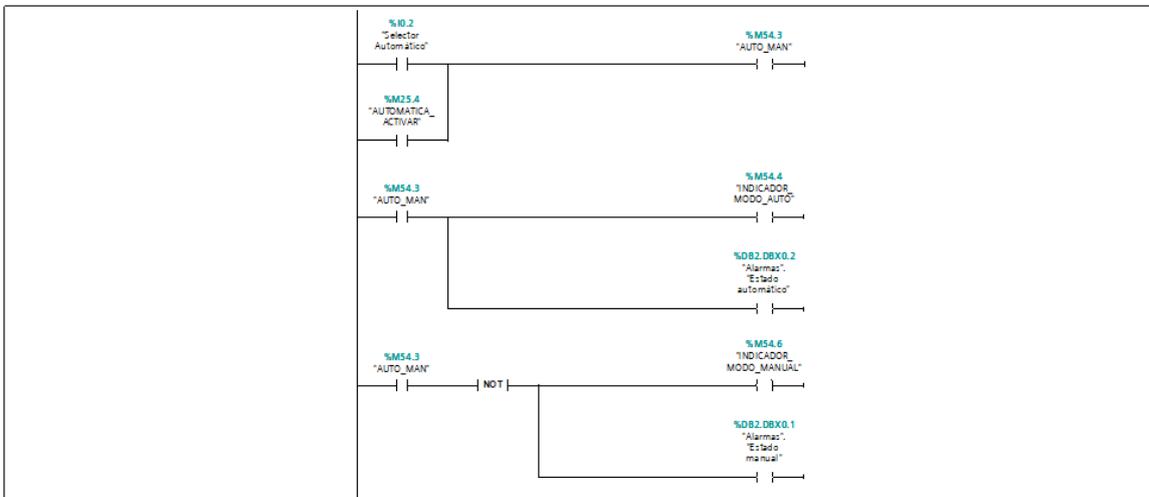


Anexo 10: Segmentos De Programación Bloque Principal

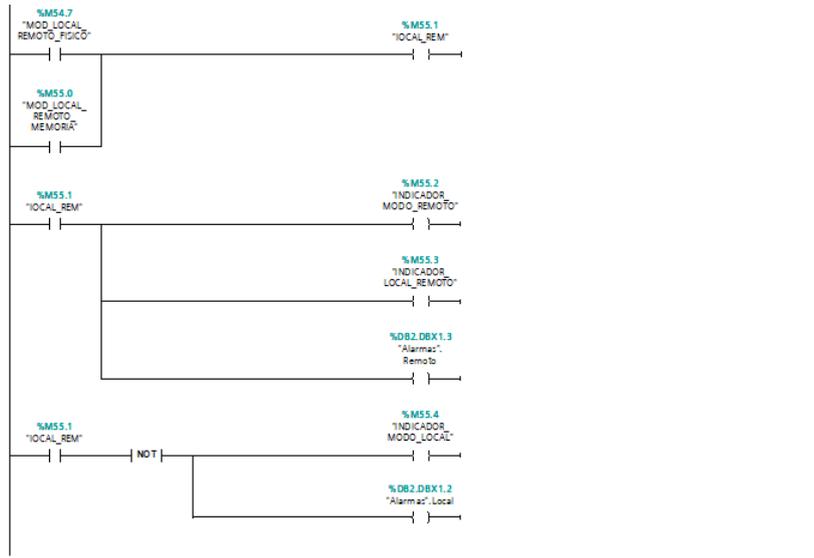
Segmento 1:



Segmento 2:

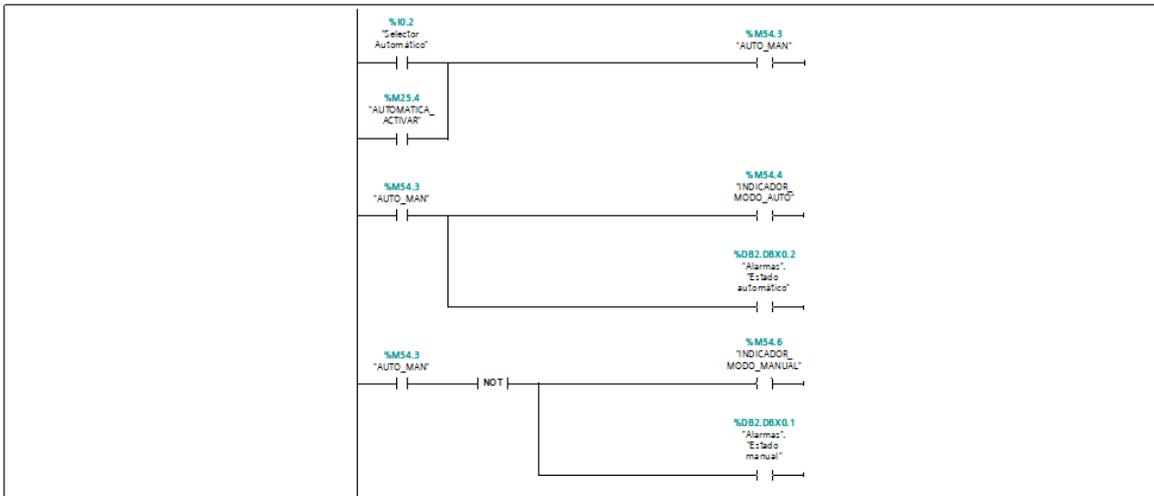


Segmento 3



Anexo 11: Bloque De Modo Manual - Modo Automático

Segmento 2:

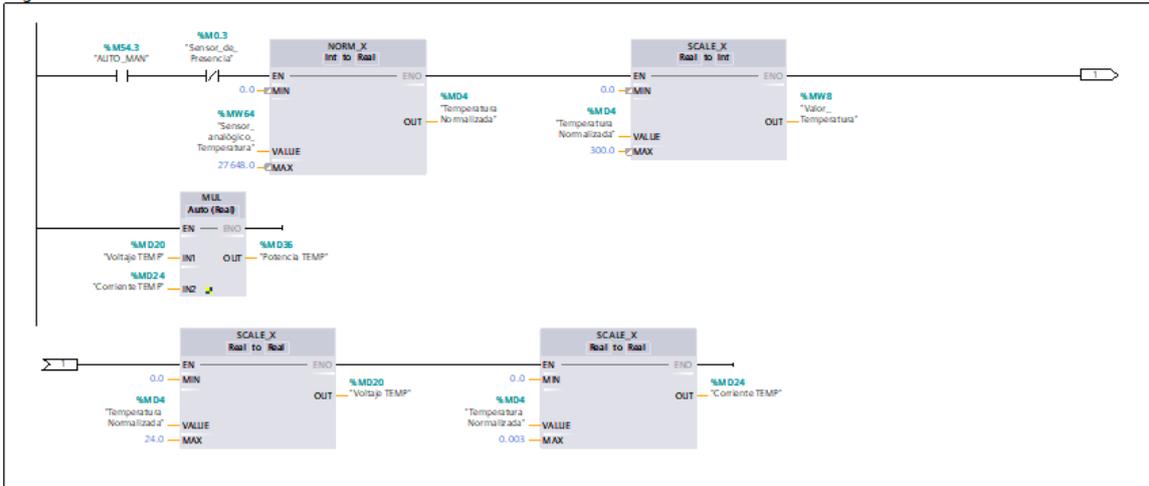


Anexo 13: Trefiladora - Modo Automático

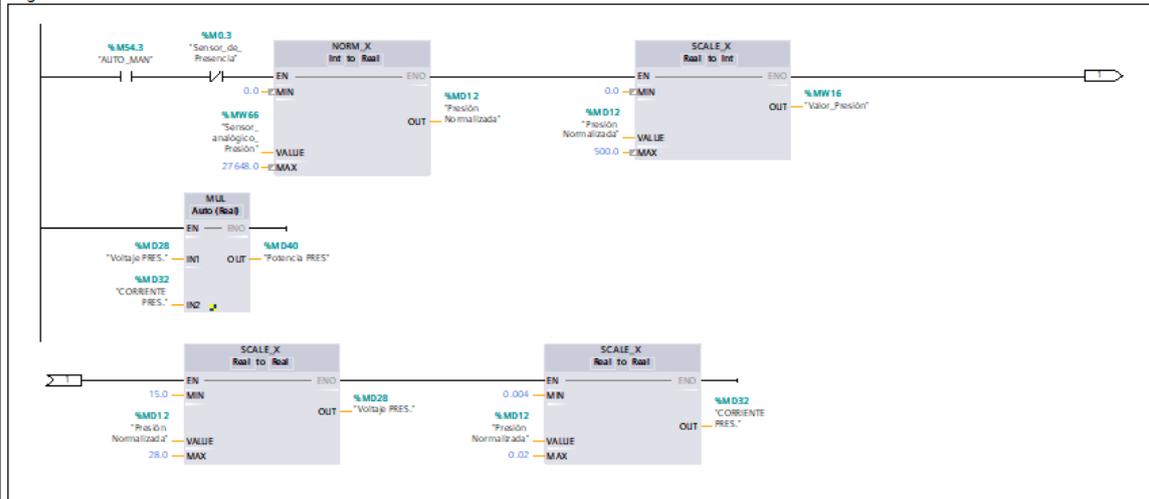
1. Trefilado	Void			
--------------	------	--	--	--

Segmento 1:

Segmento 1:

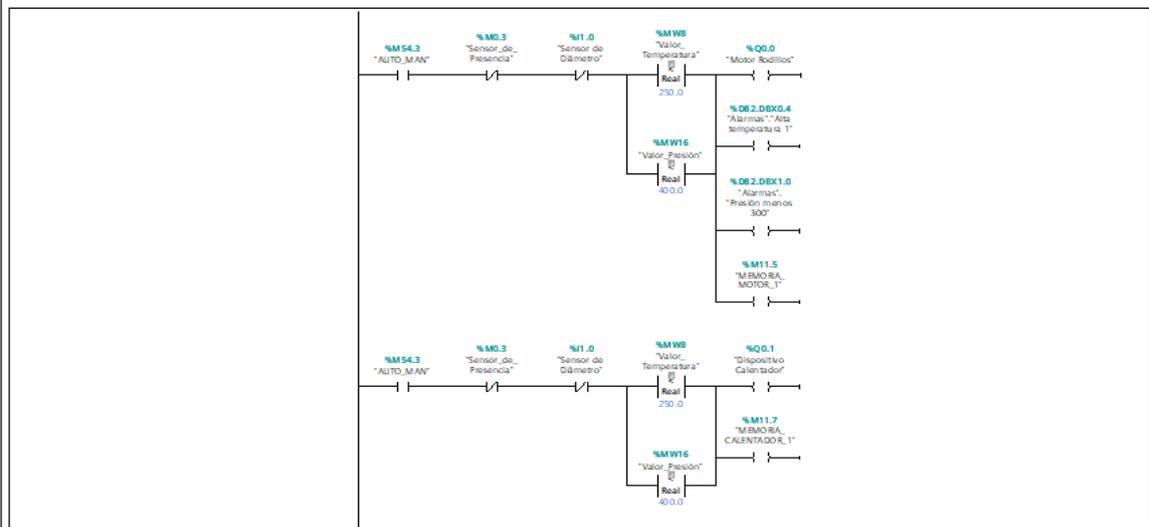


Segmento 2:



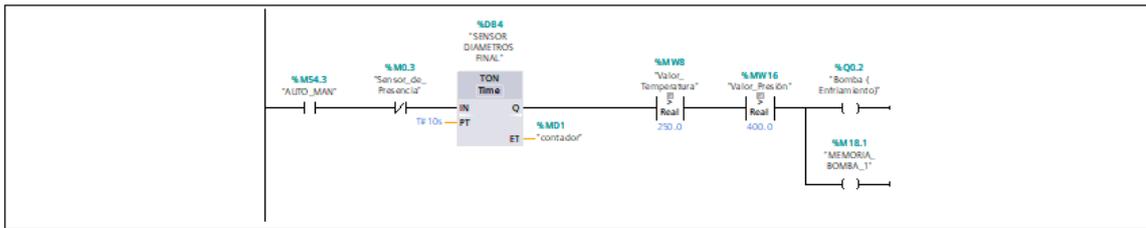
Segmento 3:

Se verifica que el sensor de presencia detecte cobre, si la temperatura es menor a 250°C, la presión es menor 500 pascales y el diámetro aún no es el que se requiere, el motor que hace girar al material y el calentador que hace que el cobre se vuelva con menor diámetro están activados



Segmento 4:

Si el diámetro es el que solicita, la temperatura y la presión es mayor a lo establecido, se activa la bomba que permite enfriar al cobre

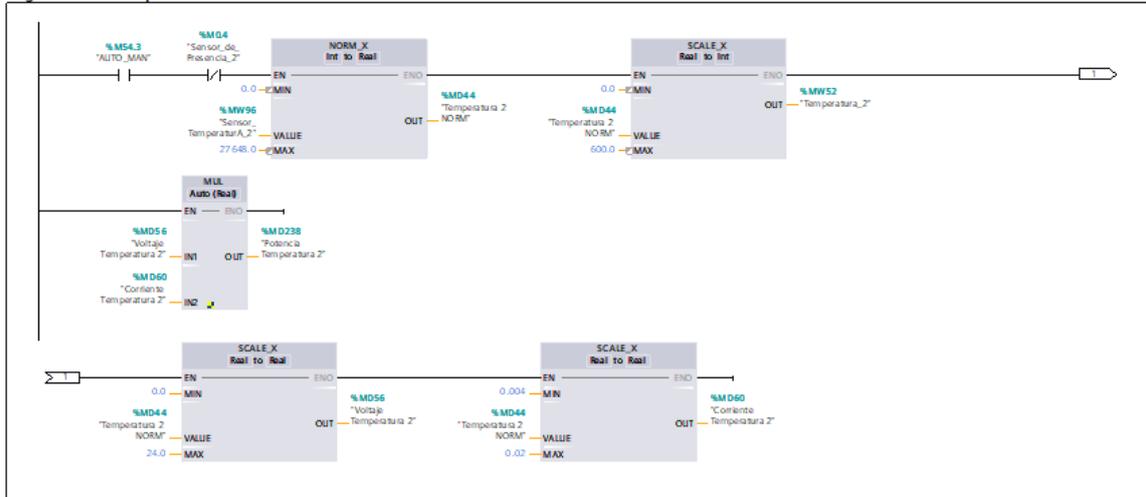


Anexo 14: Recocido – Modo Automático

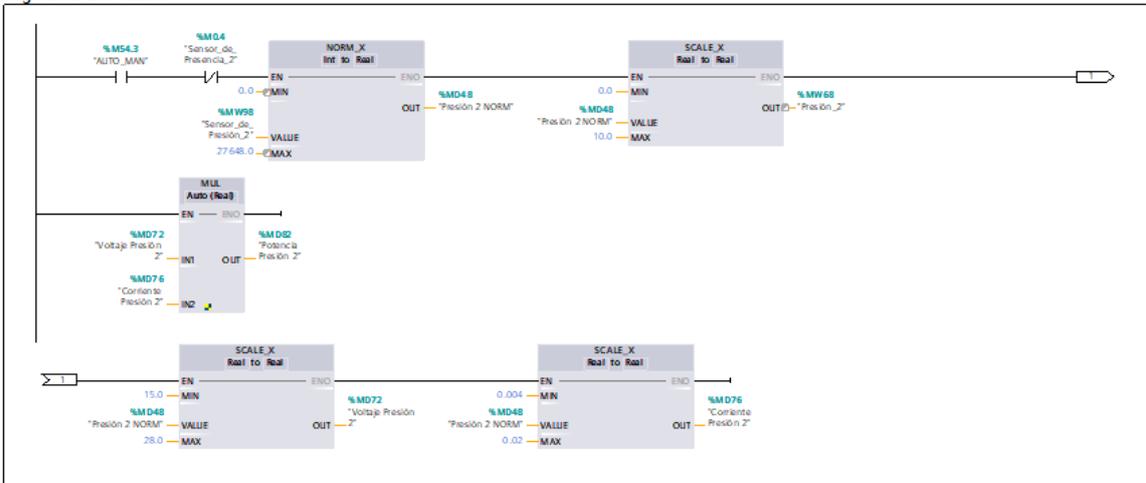
2. Recocido	Void		
-------------	------	--	--

Segmento 1: Temperatura

Segmento 1: Temperatura



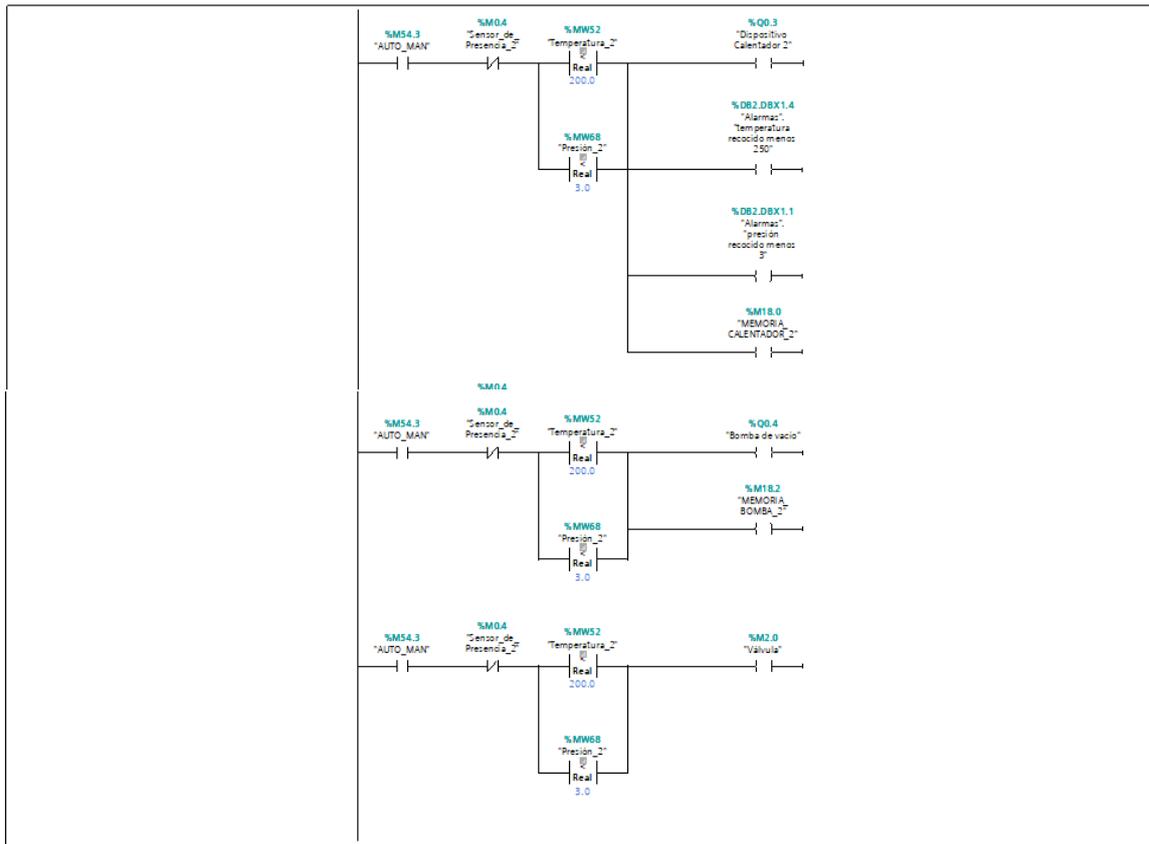
Segmento 2: Presión



Segmento 3:

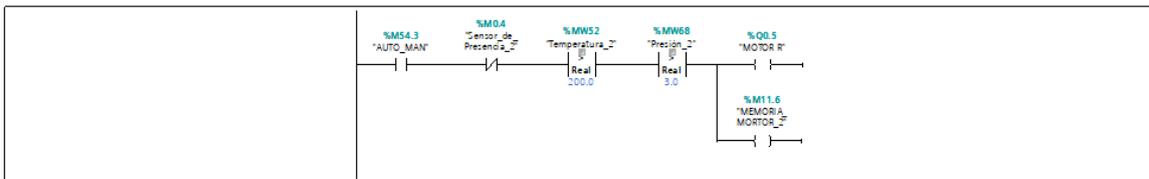
Este proceso se realiza en un horno, por lo tanto se mide la temperatura y presión.
Si detecta presencia del cobre, mide la temperatura y presión

- La temperatura al ser menor a 200°C y la presión menor a 3 bar, activa el calentador, la bomba de vacío y la válvula para absorber el aire en el interior

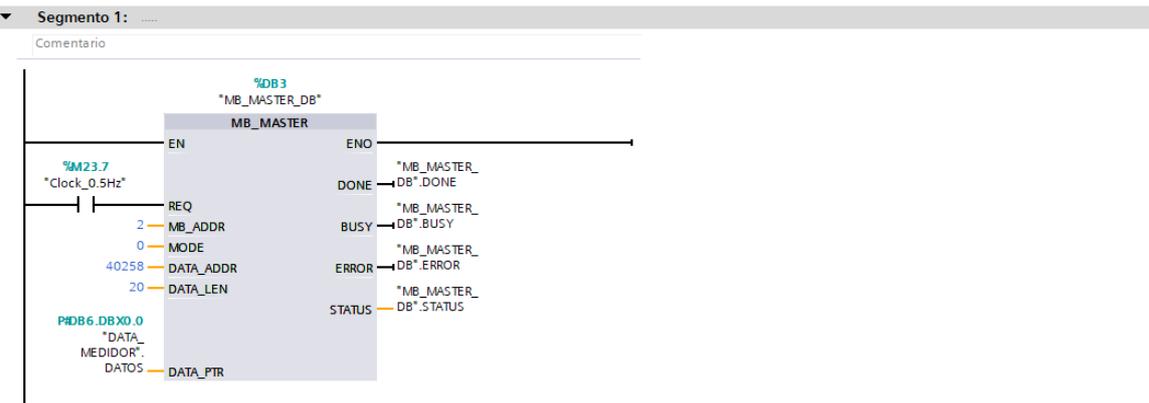


Segmento 4:

Si estos parámetros son mayores a lo establecido, una luz piloto se activa indicando que el proceso está listo

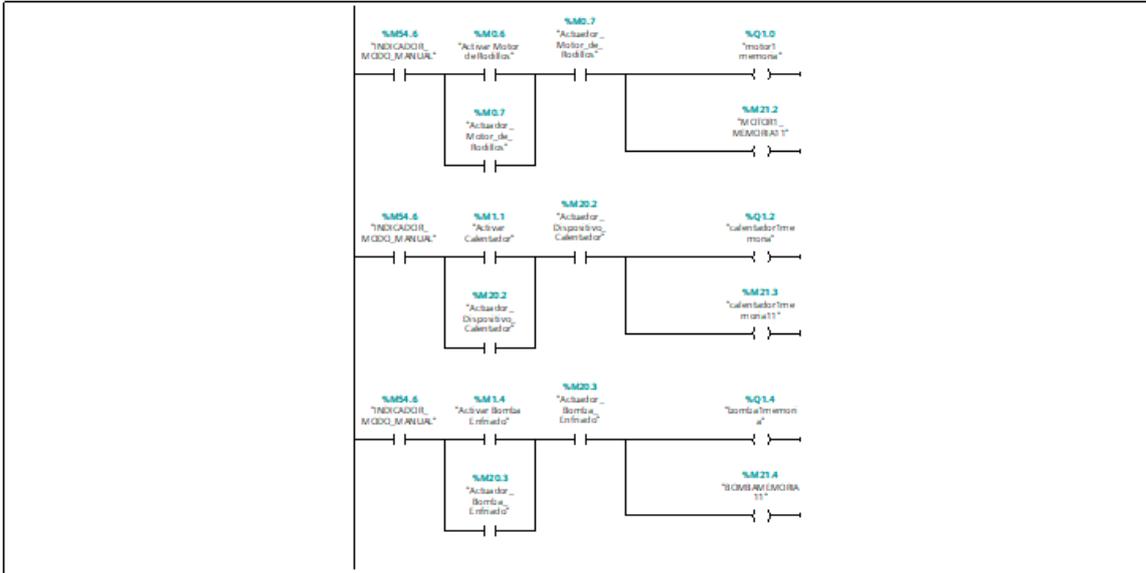


Anexo 15: Bloque De Sensores Medidor De Parámetros

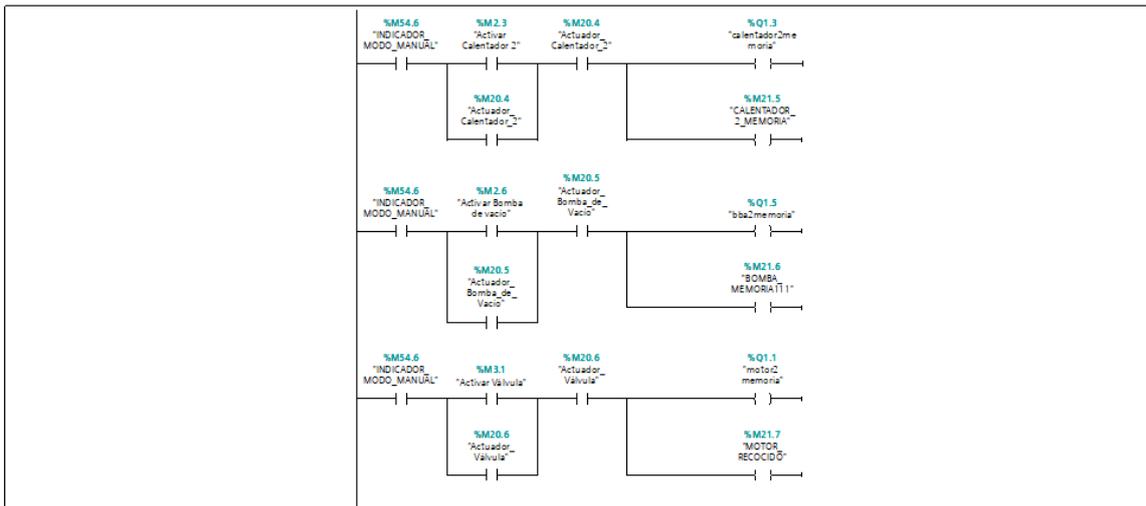


Anexo 16: Bloque De Actuadores Trefilado

Segmento 1: Trefilado

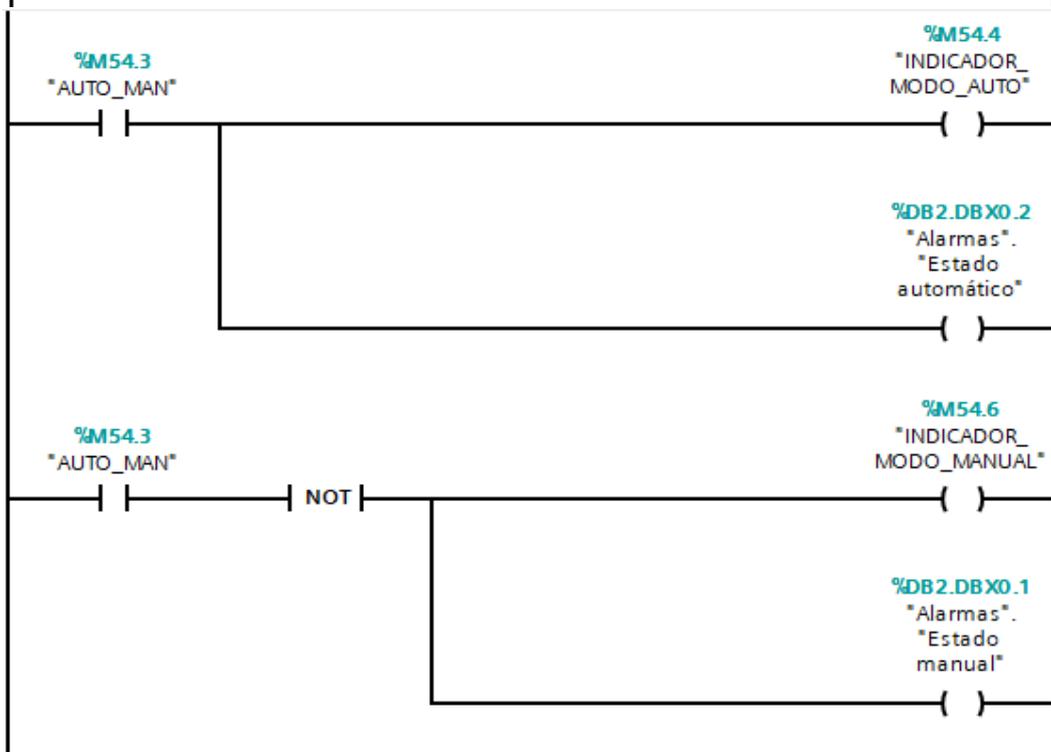
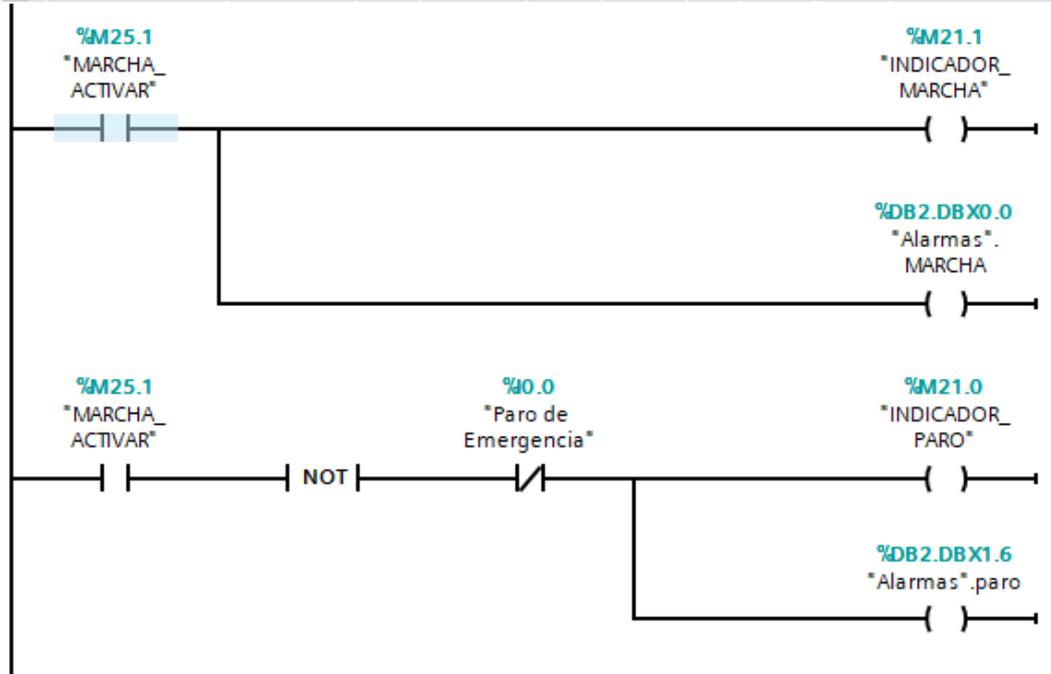


Anexo 17: Bloque De Actuadores Recocido



Anexo 18: Alarmas

Alarmas										
	Nombre	Tipo de datos	Offset	Valor de arranq...	Remanen...	Accesible d...	Escrib...	Visible en ...	Valor de a...	Comentario
1	Static									
2	MARCHA	Bool	0.0	false		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3	Estado manual	Bool	0.1	false		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
4	Estado automático	Bool	0.2	false		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
5	En mantenimiento	Bool	0.3	false		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
6	Alta temperatura 1	Bool	0.4	false		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
7	Alta temperatura 2	Bool	0.5	false		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
8	Exceso de presión1	Bool	0.6	false		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
9	Exceso de presión2	Bool	0.7	false		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
10	Presión menos 300	Bool	1.0	false		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
11	presión recocado men...	Bool	1.1	false		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
12	Local	Bool	1.2	false		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
13	Remoto	Bool	1.3	false		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
14	temperatura recocado ..	Bool	1.4	false		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
15	temperatura menos 2...	Bool	1.5	false		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
16	paro	Bool	1.6	false		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	



Anexo 19: Tabla de Variables

Name	Path	Data Type	Logical Address
Paro de Emergencia	Tabla de variables estándar	Bool	%I0.0
Selector Manual	Tabla de variables estándar	Bool	%I0.1
Selector Automático	Tabla de variables estándar	Bool	%I0.2
M_Manual	Tabla de variables estándar	Bool	%M0.0
M_Automático	Tabla de variables estándar	Bool	%M0.1
Sensor_de_Presencia	Tabla de variables estándar	Bool	%M0.3
Sensor_analógico_Temperatura	Tabla de variables estándar	Int	%MW64
Temperatura Normalizada	Tabla de variables estándar	Real	%MD4
Valor_Temperatura	Tabla de variables estándar	Int	%MW8
Motor Rodillos	Tabla de variables estándar	Bool	%Q0.0
Dispositivo Calentador	Tabla de variables estándar	Bool	%Q0.1
Sensor_analógico_Presión	Tabla de variables estándar	Int	%MW66
Presión Normalizada	Tabla de variables estándar	Real	%MD12
Valor_Presión	Tabla de variables estándar	Int	%MW16
Sensor de Diámetro	Tabla de variables estándar	Bool	%I1.0
Bomba (Enfriamiento)	Tabla de variables estándar	Bool	%Q0.2
Voltaje TEMP	Tabla de variables estándar	Real	%MD20
Corriente TEMP	Tabla de variables estándar	Real	%MD24
Voltaje PRES.	Tabla de variables estándar	Real	%MD28
CORRIENTE PRES.	Tabla de variables estándar	Real	%MD32
Potencia TEMP	Tabla de variables estándar	Real	%MD36

Potencia PRES	Tabla de variables estándar	Real	%MD40
Desactivar Motor de Rodillos	Tabla de variables estándar	Bool	%M0.5
Activar Motor de Rodillos	Tabla de variables estándar	Bool	%M0.6
Actuador_Motor_de_Rodillos	Tabla de variables estándar	Bool	%M0.7
Desactivar Calentador	Tabla de variables estándar	Bool	%M1.0
Activar Calentador	Tabla de variables estándar	Bool	%M1.1
Actuador_Dispositivo_Calentador	Tabla de variables estándar	Bool	%M20.2
Desactivar Bomba Enfriado	Tabla de variables estándar	Bool	%M1.3
Activar Bomba Enfriado	Tabla de variables estándar	Bool	%M1.4
Actuador_Bomba_Enfriado	Tabla de variables estándar	Bool	%M20.3
Sensor_TemperaturaA_2	Tabla de variables estándar	Int	%MW96
Sensor_de_Presión_2	Tabla de variables estándar	Int	%MW98
Temperatura 2 NORM	Tabla de variables estándar	Real	%MD44
Presión 2 NORM	Tabla de variables estándar	Real	%MD48
Temperatura_2	Tabla de variables estándar	Int	%MW52
Voltaje Temperatura 2	Tabla de variables estándar	Real	%MD56
Corriente Temperatura 2	Tabla de variables estándar	Real	%MD60
Potencia Temperatura 2	Tabla de variables estándar	Real	%MD238
Presión_2	Tabla de variables estándar	Int	%MW68
Voltaje Presión 2	Tabla de variables estándar	Real	%MD72
Corriente Presión 2	Tabla de variables estándar	Real	%MD76
Potencia Presión 2	Tabla de variables estándar	Real	%MD82
Dispositivo Calentador 2	Tabla de variables estándar	Bool	%Q0.3

Bomba de vacío	Tabla de variables estándar	Bool	%Q0.4
Válvula	Tabla de variables estándar	Bool	%M2.0
Sensor_de_Presencia_2	Tabla de variables estándar	Bool	%M0.4
MOTOR R	Tabla de variables estándar	Bool	%Q0.5
Desactivar Calentador 2	Tabla de variables estándar	Bool	%M2.2
Activar Calentador 2	Tabla de variables estándar	Bool	%M2.3
Actuador_Calentador_2	Tabla de variables estándar	Bool	%M20.4
Desactivar Bomba de vacío	Tabla de variables estándar	Bool	%M2.5
Activar Bomba de vacío	Tabla de variables estándar	Bool	%M2.6
Actuador_Bomba_de_Vacío	Tabla de variables estándar	Bool	%M20.5
Desactivar Válvula	Tabla de variables estándar	Bool	%M3.0
Activar Válvula	Tabla de variables estándar	Bool	%M3.1
Actuador_Válvula	Tabla de variables estándar	Bool	%M20.6
Sensor diámetro 2	Tabla de variables estándar	Bool	%I1.1
Motor enrollado	Tabla de variables estándar	Bool	%M3.3
MANT. B.ENFR	Tabla de variables estándar	Bool	%M5.0
MANT. CALENT.	Tabla de variables estándar	Bool	%M5.2
MANT. M.ENR.	Tabla de variables estándar	Bool	%M5.4
MANT. CALENT.VAP.	Tabla de variables estándar	Bool	%M5.7
MANT.REFRIG.	Tabla de variables estándar	Bool	%M6.1
MANT.CUCHILLAS	Tabla de variables estándar	Bool	%M6.3
Sensor de posición 2	Tabla de variables estándar	Bool	%M20.7
MARCHA	Tabla de variables estándar	Bool	%I0.3

MARCHA_ACTIVAR	Tabla de variables estándar	Bool	%M25.1
PARO	Tabla de variables estándar	Bool	%I0.4
PARO_ACTIVAR	Tabla de variables estándar	Bool	%M25.2
AUTOMATICA_ACTIVAR	Tabla de variables estándar	Bool	%M25.4
MANUAL_ACTIVAR	Tabla de variables estándar	Bool	%M25.3
MEMORIA_MOTOR_1	Tabla de variables estándar	Bool	%M11.5
MEMORIA_MOTOR_2	Tabla de variables estándar	Bool	%M11.6
MEMORIA_CALENTADOR_1	Tabla de variables estándar	Bool	%M11.7
MEMORIA_CALENTADOR_2	Tabla de variables estándar	Bool	%M18.0
MEMORIA_BOMBA_1	Tabla de variables estándar	Bool	%M18.1
MEMORIA_BOMBA_2	Tabla de variables estándar	Bool	%M18.2
motor1 memoria	Tabla de variables estándar	Bool	%Q1.0
motor2 memoria	Tabla de variables estándar	Bool	%Q1.1
calentador1memoria	Tabla de variables estándar	Bool	%Q1.2
calentador2memoria	Tabla de variables estándar	Bool	%Q1.3
bomba1memoria	Tabla de variables estándar	Bool	%Q1.4
bba2memoria	Tabla de variables estándar	Bool	%Q1.5
contador	Tabla de variables estándar	Time	%MD1
INDICADOR_PARO	Tabla de variables estándar	Bool	%M21.0
INDICADOR_MARCHA	Tabla de variables estándar	Bool	%M21.1
MOTOR1_MEMORIA11	Tabla de variables estándar	Bool	%M21.2
calentador1memoria11	Tabla de variables estándar	Bool	%M21.3
BOMBAMEMORIA11	Tabla de variables estándar	Bool	%M21.4

CALENTADOR_2_MEMORIA	Tabla de variables estándar	Bool	%M21.5
BOMBA_MEMORIA111	Tabla de variables estándar	Bool	%M21.6
MOTOR_RECOCIDO	Tabla de variables estándar	Bool	%M21.7
mantenimientoo	Tabla de variables estándar	Bool	%M22.5
mante_activar	Tabla de variables estándar	Bool	%M54.0
System_Byte	Tabla de variables estándar	Byte	%MB100
FirstScan	Tabla de variables estándar	Bool	%M100.0
DiagStatusUpdate	Tabla de variables estándar	Bool	%M100.1
AlwaysTRUE	Tabla de variables estándar	Bool	%M100.2
AlwaysFALSE	Tabla de variables estándar	Bool	%M100.3
Clock_Byte	Tabla de variables estándar	Byte	%MB23
Clock_10Hz	Tabla de variables estándar	Bool	%M23.0
Clock_5Hz	Tabla de variables estándar	Bool	%M23.1
Clock_2.5Hz	Tabla de variables estándar	Bool	%M23.2
Clock_2Hz	Tabla de variables estándar	Bool	%M23.3
Clock_1.25Hz	Tabla de variables estándar	Bool	%M23.4
Clock_1Hz	Tabla de variables estándar	Bool	%M23.5
Clock_0.625Hz	Tabla de variables estándar	Bool	%M23.6
Clock_0.5Hz	Tabla de variables estándar	Bool	%M23.7
VOLTAJE_AB	Tabla de variables estándar	Real	%MD16
VOLTAJE_BC	Tabla de variables estándar	Real	%MD128
VOLTAJE_CA	Tabla de variables estándar	Real	%MD8
AUTO_ACTIVAR	Tabla de variables estándar	Bool	%M25.6

Tag_2	Tabla de variables estándar	Bool	%M54.1
MOD_AUTOMATICO_MANUAL_FISICO	Tabla de variables estándar	Bool	%M0.2
MOD_AUTOMATICO_MANUAL_MEMORIA	Tabla de variables estándar	Bool	%M54.2
AUTO_MAN	Tabla de variables estándar	Bool	%M54.3
INDICADOR_MODO_AUTO	Tabla de variables estándar	Bool	%M54.4
INDICADOR_AUTO_MANUAL	Tabla de variables estándar	Bool	%M54.5
INDICADOR_MODO_MANUAL	Tabla de variables estándar	Bool	%M54.6
MOD_LOCAL_REMOTO_FISICO	Tabla de variables estándar	Bool	%M54.7
MOD_LOCAL_REMOTO_MEMORIA	Tabla de variables estándar	Bool	%M55.0
LOCAL_REM	Tabla de variables estándar	Bool	%M55.1
INDICADOR_MODO_REMOTO	Tabla de variables estándar	Bool	%M55.2
INDICADOR_LOCAL_REMOTO	Tabla de variables estándar	Bool	%M55.3
INDICADOR_MODO_LOCAL	Tabla de variables estándar	Bool	%M55.4