

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

Diseño de un tablero industrial para el control de variables críticas y
tiempos operativos de una línea de reciclado para producción de plástico
film

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

Ingenieros en Mecatrónica

Presentado por:

Samantha Michelle Alcívar Proaño

Jamil Andrés Torres Brunos

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2022

DEDICATORIA

El presente proyecto se lo dedico a mis dos personas de luz, mi mamá, Haydeé Proaño y mi hermana, Gloria Alcívar, quienes me han enseñado a tener coraje y actitud frente a la vida y a valorar cada momento con pasión.

A la memoria de mis abuelitos, Ana Medina y Alcides Proaño a quienes les estaré agradecida por haberme formado con valores desde pequeña y que a día de hoy hubieran estado contentos de verme culminar esta etapa de mi vida.

A mis profesores y compañeros quienes a lo largo de la carrera han aportado en mi crecimiento profesional y personal.

Samantha Alcívar Proaño

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mis padres, quienes son mi inspiración, motivación y desde el primer día han estado apoyándome incansablemente en todo lo que hago. Han sacrificado mucho para brindarme una educación de calidad y han creído en mí siempre.

Este logro es el resultado de su amor y dedicación, y les estaré eternamente agradecido por su apoyo incondicional porque este logro es también suyo y les prometo seguir haciéndolos orgullosos en el futuro. Les quiero con todo mi corazón.

Jamil Torres Brunos

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la vida por permitirme culminar mis estudios, por no dejarme vencer y sobre todo agradezco tener la fuerza para terminar este proyecto.

Al M.Sc. Bryan Puruncajas, quien ha colaborado en el desarrollo de este documento y al Ph.D. Wilton Agila, quien ha desempeñado su rol de tutor a cabalidad.

A mi compañero de tesis y de carrera, Jamil Torres, quien ha colaborado conmigo en varias materias y me ha aportado grandes conocimientos de diversas áreas.

Samantha Alcívar Proaño

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi profundo agradecimiento a todas aquellas personas que han contribuido a la realización de esta tesis. En primer lugar, quiero agradecer a mi tutor y a mis profesores, quien me brindaron su guía y apoyo incondicional desde el primer día hasta la entrega final de esta tesis. Gracias por sus valiosos consejos, críticas constructivas y motivación a lo largo del proceso.

Además, quiero agradecer a mi compañera de tesis Samantha Alcívar por su camaradería y apoyo incondicional durante todo este proceso. Este trabajo no habría sido posible sin su colaboración y amistad.

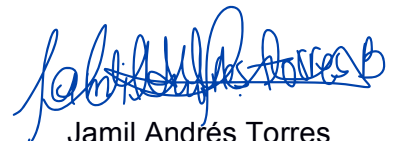
Jamil Torres Brunes

DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *Samantha Michelle Alcívar Proaño* y *Jamil Andrés Torres Brunes* y damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”



Samantha Michelle
Alcívar Proaño



Jamil Andrés Torres
Brunes

EVALUADORES

.....
Bryan Puruncajas Maza, M.Sc.

PROFESOR DE LA MATERIA



.....
Wilton Agila Gálvez, Ph.D.

PROFESOR TUTOR

RESUMEN

Pese a la constante innovación tecnológica, en algunas empresas ecuatorianas los registros de producción de tiempos y de cantidad de material producido son realizados por los operarios de forma manual, los cuales digitalizan esa información en un formato gestionado por supervisores o analistas de calidad quienes pueden caer en errores humanos, por lo que no se tiene un control de la producción estandarizada y genera incongruencias en la producción. Por ello, el proyecto busca automatizar una línea de reciclado para producir plástico film con el diseño de un tablero industrial para el control de variables críticas y tiempos operativos de una línea de reciclado para plástico film a fin de mejorar el sistema y hacerlo más flexible para que sea escalable en futuros proyectos.

El diseño del tablero de control fue bosquejado en un software de modelado 3D bajo la norma ISO 9001 y la línea de producción fue programada en un software de automatización industrial con componentes Siemens. Se programó la línea de plástico film con un S7-1200 y con una pantalla gráfica de 7" de la misma familia Simatic compatible con el controlador. Los planos eléctricos se realizaron en CadeSimu junto con las conexiones de los sensores y actuadores que integran todo el sistema de fuerza y control.

Con el diseño del sistema, es posible un control más eficiente de los tiempos operativos de las líneas de producción, solucionar problemas puntuales y evitar paradas innecesarias, además, con el modo de operación automático programado se prevé incrementar la producción en un 15% y reducir las fallas en un 80% gracias al sistema de alarmas y avisos implementado.

Palabras Clave: Automatización, plástico film, diseño de tablero, control de línea film.

ABSTRACT

Even though there is constant technological innovation, in some Ecuadorian companies the production data of times and quantity of material produced are recorded manually by the operators, who digitalize this information in a format managed by supervisors or quality analysts who may fall into human errors, so there is no standardized production control and this generates inconsistencies in production. Therefore, the project seeks to automate a recycling line to produce plastic film with the design of an industrial control panel for the control of critical variables and operating times of a plastic film recycling line in order to improve the system and make it more flexible and scalable for future projects.

The control panel design was sketched in a 3D modeling software under ISO 9001 standard and the production line was programmed in an industrial automation software with Siemens components. The plastic film line was programmed with an S7-1200 and a 7" graphic display of the same Simatic family compatible with the controller. The electrical drawings were made in CadeSimu along with the connections of the sensors and actuators that integrate the entire force and control system. With the design of the system, it is possible to control the operating times of the production lines more efficiently, solve specific problems and avoid unnecessary shutdowns. In addition, the programmed automatic operation mode is expected to increase production by 15% and reduce failures by 80% thanks to the implemented system of alarms and warnings.

Keywords: *automation, plastic film, board design, film line control*

ÍNDICE GENERAL

EVALUADORES	7
RESUMEN.....	I
<i>ABSTRACT</i>	II
ÍNDICE GENERAL.....	II
ABREVIATURAS.....	IV
SIMBOLOGÍA.....	V
ÍNDICE DE FIGURAS	VI
ÍNDICE DE TABLAS	VIII
CAPÍTULO 1.....	1
1. Introducción.....	1
1.1 Descripción del problema.....	2
1.2 Justificación del problema.....	2
1.3 Objetivos.....	3
1.3.1 Objetivo General	3
1.3.2 Objetivos Específicos.....	3
1.4 Marco teórico.....	4
1.4.1 Proceso de peletizado del plástico film	4
1.4.2 Reciclado de plástico	5
1.4.3 Propiedades de los plásticos.....	6
CAPÍTULO 2.....	7
2. Metodología	7
2.1 Requerimientos de la solución.....	7
2.2 Alternativas de solución del problema	8
2.3 Diseño y desarrollo de la solución	10
2.4 Diseño conceptual.....	11
2.5 Parámetros de monitoreo y control.....	12

2.5.1	Selección de sensores.....	13
2.5.2	Selección de elementos de control y señalización	15
2.5.3	Selección del Controlador Lógico Programable.....	16
2.5.4	Selección de la HMI	16
2.6	Protección y elementos del sistema eléctrico	17
2.7	Elementos de sujeción	18
CAPÍTULO 3.....		19
3.	Resultados y análisis	19
3.1	Diseño de tablero de control	19
3.2	Esquema de Control y fuerza	20
3.3	Funcionamiento del programa	26
3.4	Análisis financiero.....	35
CAPITULO 4.....		38
4.	Conclusiones y recomendaciones	38
4.1	Conclusiones	38
4.2	Recomendaciones.....	39
BIBLIOGRAFÍA		
APÉNDICES		

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
INEC	Instituto Nacional de Estadísticas y Censos
AME	Asociación de Municipalidades Ecuatorianas
BDE	Banco de Desarrollo del Ecuador
P&ID	Piping and Instrumentation Diagram
PET/E	Polietileno tereftalato
PP	Polipropileno
HDPE	Polietileno de alta densidad
LDPE	Polietileno de baja densidad
PVC	Policloruro de vinilo
PS	Poliestireno
ISO	International Organization for Standardization
PLC	Controlador Lógico Programable
HMI	Human Machine Interface
VAC	Voltage Alternative Current
VDC	Voltage Direct Current
PROFINET	Process Field Network

SIMBOLOGÍA

rpm	Revoluciones por minuto
kg	Kilogramo
s	Segundos
h	Horas
ton	Toneladas
W	Watts
kW	Kilo Watts
Hz	Hertz
HP	Horse Power
A	Amperios
mA	Mili Amperios
V	Voltios

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Proceso de la línea de reciclado para plástico film en pellet	5
Figura 2.1 Diagrama P&ID del sistema	8
Figura 2.2 Metodología del proceso de diseño	11
Figura 2.3 Diseño conceptual del tablero industrial.	12
Figura 2.4 Clasificación de sensores industriales según su aplicación [12]	13
Figura 2.5 Sensor de proximidad CM24 – 3008PC [15].....	14
Figura 2.6 Electrodo y controlador de nivel [16].....	15
Figura 2.7 PLC Simatic S7-1200 [27]	16
Figura 2.8 HMI KTP700 Basic [22]	17
Figura 2.9 Tornillos avellanados M2 [23]	18
Figura 3.1 Diseño del tablero industrial (actualizarla con etiquetas).....	20
Figura 3.2 Esquema general del circuito de fuerza	21
Figura 3.3 Conexión de E/S digitales del PLC	21
Figura 3.4 Conexión de E/S digitales del módulo de ampliación	22
Figura 3.5 Conexiones de los sensores.	23
Figura 3.6 Esquema de control del accionamiento de relés para motores de las máquinas	23
Figura 3.7 Esquema de control del accionamiento de relé térmico	24
Figura 3.8 Diagrama de flujo de la programación	27
Figura 3.9 Esquema del proceso.....	30
Figura 3.10 Modo automático y manual de activación del proceso	30
Figura 3.11 Aviso de alarma por temperatura.....	30
Figura 3.12 Seteo de parámetros e inicio del sistema.....	31
Figura 3.13 Seguimiento del encendido de las máquinas	31
Figura 3.14 Condición para la activación de secuencia de motores de la lavadora...	31
Figura 3.15 Activación manual de la banda transportadora	32
Figura 3.16 Inicio del conteo de segundos.....	32
Figura 3.17 Consumo de los motores principales en el proceso	33
Figura 3.18 Activación del tiempo operativo	33

Figura 3.19 Alarma visual de fallo por sobrecarga	34
Figura 3.20 Alarma que registra la interacción del operador frente al fallo avisado...	34
Figura 3.21 Paro de emergencia del sistema	35

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Criterios de selección	9
Tabla 2.2 Matriz de decisión de alternativas de solución	10
Tabla 2.3 Elementos de control y supervisión	15
Tabla 2.4 Elementos de protección del diseño eléctrico	17
Tabla 3.1 Elementos de entradas del PLC.....	24
Tabla 3.2 Elementos de salida del PLC	25
Tabla 3.3 Pantallas programadas y su función.....	28
Tabla 3.4 Tabla de costos.....	35
Tabla 3.5 Tabla comparativa	37

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

Según el informe de estadística ambiental realizado por el INEC en conjunto con AME y BDE, entre el 2018 y el 2020, Ecuador tuvo aproximadamente un promedio de producción diaria de 13 millones de toneladas de desecho, de las cuales solo el 6% era reciclado, y el restante terminó en vertederos. Hasta el 2019, se reportó que solo el 61,53% de la producción diaria de estos desechos fueron clasificados por tipo de residuos, siendo el plástico el que más se clasificó por la ciudadanía con un 46,04% siendo su equivalente en toneladas de casi 4 millones de residuos plásticos, y el Tetrapak el menos clasificado con un 11%, cerca de 880 mil toneladas [1]. Por si fuera poco, Ecuador importó entre el 2018 y 2021 cerca de 48 mil toneladas de residuos plásticos, llegando a catapultarse como el tercer país de Latinoamérica que más importa basura [2].

En la actualidad, existen varias empresas ecuatorianas que se dedican a la recolección y procesamiento de materiales reciclados tales como plástico, chatarra metálica, cartón, papel y vidrio; transformándolos en materia prima apta para la creación de un nuevo producto. De los residuos plásticos, es posible producir el plástico film a partir de una correcta gestión de clasificado, triturado, lavado, secado y peletizado para su posterior entrega; pero este proceso es realizado a partir de máquinas importadas que se rigen en un modo de operación previamente programado por parte del fabricante, de manera que no es posible agregar nuevas funcionalidades a la maquinaria y generar registros de producción actualizados de manera autónoma [3].

Además, dichas empresas usan procesos lineales donde el operador es el punto importante en el control y monitoreo de las maquinarias, y este debe manejar cada etapa del producto. Con lo mencionado anteriormente, el proyecto tiene como enfoque, automatizar el proceso de recolección de datos de una línea de reciclado para producción de plástico film a partir de un sistema que combina controladores lógicos programables, actuadores y sensores, con el fin de tener un control en los

tiempos de producción y calidad del producto final con la menor intervención posible del hombre.

1.1 Descripción del problema

La importancia de que una empresa sea considerada exitosa en el mercado de la producción en masa, recae en mayor medida en la maquinaria automatizada implementada para sus procesos, ya que con un sistema automatizado es posible realizar procedimientos de manera autónoma a partir de un conjunto de componentes activados por un programa informático [4], con la ventaja de eliminar tareas repetitivas, hacer los procesos más escalables y eficientes. Sin embargo, a pesar de la constante innovación tecnológica, en algunas empresas ecuatorianas los registros de producción de tiempos y de cantidad de material producido son realizados por operarios de forma manual, es decir, asientan datos con papel y lápiz para luego digitalizar esa información en un formato gestionado por supervisores o analistas de calidad. En consecuencia, no se tiene un control de la producción estandarizada, sino que se debe confiar en los datos ingresados por los operarios y/o supervisores, los cuales pueden caer en errores humanos.

Además, aunque las fábricas trabajen 24/7, sólo existe un control más riguroso por parte del jefe de planta o el gerente de procesos durante el turno de día (08:00-17:00), siendo lo opuesto durante horarios nocturnos, donde el control de producción resulta complejo. Por ello, el presente proyecto busca automatizar la línea de reciclado para producir plástico film a consecuencia de mejorar el sistema y hacerlo más flexible para que sea escalable en futuros proyectos, es decir, se pueda implementar maquinaria a la línea o a partir del control de tiempos y variables se pueda identificar la etapa de la línea que no cumple con la producción adecuada.

1.2 Justificación del problema

Con base en las estadísticas emitidas por la INEC, la asamblea y el gobierno han optado por algunas medidas ambientales para desacelerar estos altos porcentajes de desechos y no convertir a Ecuador en uno de los vertederos

más grandes de América Latina. A fin de llegar a este objetivo y proteger las reservas naturales, se implementó la ley orgánica para la racionalización, reutilización y reducción de plásticos de un solo uso, que obliga a las empresas a dar una disposición final a sus productos plásticos y disminuir la huella ambiental que estas producen [5]; es por esto que muchas compañías están invirtiendo en maquinaria y tecnología para dar uso al material reciclado.

En el país existen empresas de manufactura que realizan sus procesos con líneas semi-asistidas en algunas etapas, lo que podría generar un sistema sin continuidad y sin precisión en el producto final ya que, al ser manipulado por operarios se ve involucrado el factor humano, a causa de esto, el propósito del proyecto se focaliza en que las empresas que procesan material reciclado para producción de plástico film serán capaces de: reducir pérdidas en tiempos de operación, tener mayor seguridad en los procesos y disminuir costos, lo que permitirá colocar a la empresa en el mercado de industrias de manufactura con líneas automatizadas.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Automatizar el proceso de recolección de datos de una línea de reciclado para plástico film mediante el uso de controladores lógicos programables, actuadores y sensores para la mejora de los tiempos de producción y calidad de producto final.

1.3.2 Objetivos Específicos

1. Recolectar información del proceso para producir plástico film a partir de diagramas P&ID.
2. Programar los dispositivos industriales para que garanticen una adecuada operación del proceso.
3. Generar una interfaz gráfica con la información en tiempo real a fin del mejoramiento de la toma de decisiones en las etapas de la línea.
4. Analizar costes de producción para la implementación futura del sistema.

1.4 Marco teórico

1.4.1 Proceso de peletizado del plástico film

Para obtener el plástico film a partir del procesamiento y tratamiento de material plástico reciclado, se usan máquinas especializadas en cada etapa del proceso. Para la explicación, se tomó como guía el proceso que pone a disposición una de las empresas ecuatorianas que ofrecen entre sus productos el peletizado de plástico film. En la Figura 1.1 se muestra el proceso de paletizado de plástico film para una mejor comprensión.

El proceso de producción de paletizado empieza por la clasificación del material reciclado de forma manual, entre los distintos plásticos recopilados se separan: PET, PP, HDPE y LDPE; luego son trasladados por una banda transportadora (según el tipo para obtener un producto homogéneo en su composición) a una máquina de molido que tritura el plástico a no más de 5 cm de longitud, en esta etapa se tiene el control de operadores para retirar de la banda cualquier residuo que no corresponda a las dimensiones adecuadas. Posteriormente, estos cortes pasan a un proceso de lavado y secado para finalmente ser llevados a una peletizadora a 180°C que entrega el pellet como un producto uniforme, formado según las dimensiones programadas para luego ser almacenados en sacos y validados por maquinaria adecuada para la posterior entrega a compradores.

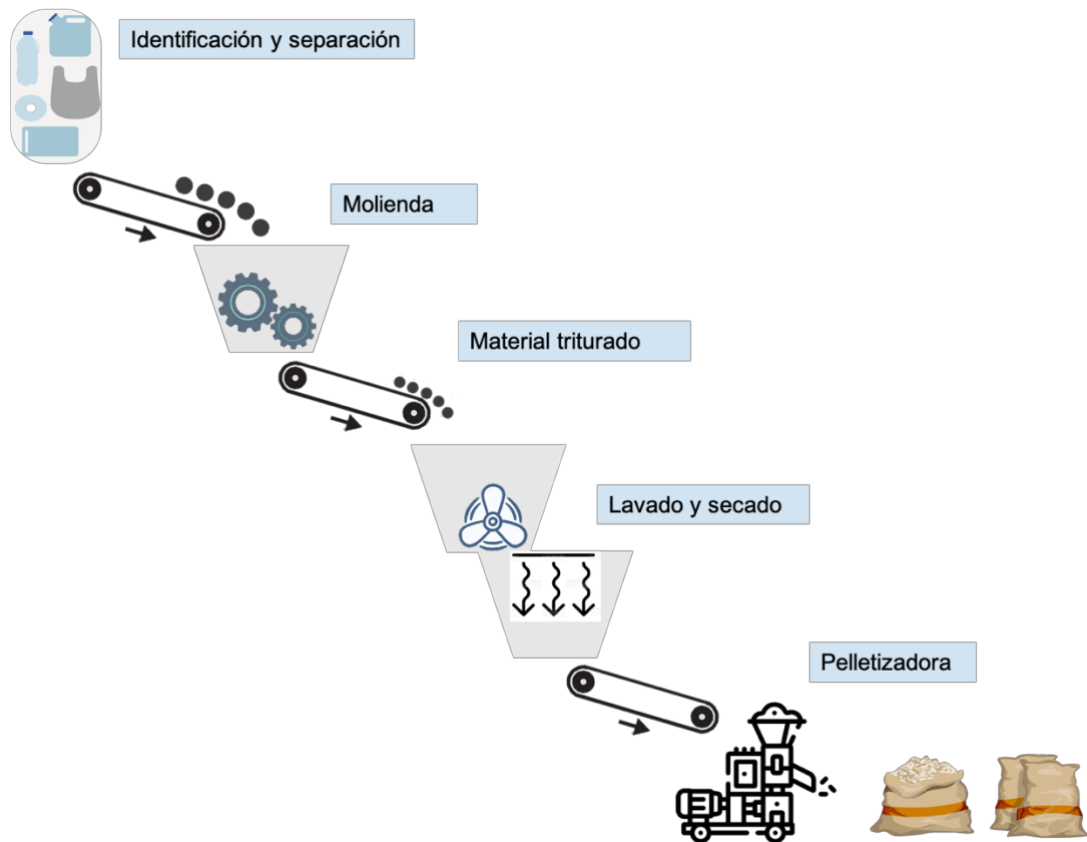


Figura 1.1 Proceso de la línea de reciclado para plástico film en pellet

1.4.2 Reciclado de plástico

Los plásticos se dividen en: PET o PETE, polipropileno, polietileno de alta densidad, polietileno de baja densidad, policloruro de vinilo y plástico poliestireno. Cada uno de ellos al ser reciclado, se clasifica y se transforma en distintos materiales idóneos para la fabricación de nuevos productos [6]. Se pueden elaborar los siguientes productos según el tipo de plástico:

- PET o PETE: Partes de ropa y textil, lonas, alfombras y cuerdas.
- HDPE: envases de detergente, champú, botellas de uso industrial, contenedores plásticos y estructuras.
- PVC: armarios, tubería de fontanería, mallas, equipos eléctricos y muebles para exteriores.
- LDPE: bolsas de basura, contenedores, tabloncillos de plástico y film transparente de uso agrícola.
- PP: cajas y envases de medicina, sillas de plásticos, mueble de jardín, cables, escobas, valdes para limpieza y algunas herramientas.

- PS: macetas de plástico, aislamientos térmicos, cubos de basura y algunos accesorios de oficina [6].

Existen cuatro métodos para reciclar materiales plásticos; el primario, que se basa en un proceso mecánico; el secundario, que sigue un tratamiento por fusión; el terciario o reciclado químico; y el cuaternario que realiza tratamientos del plástico por procesos energéticos [7]. Para el estudio del reciclado del plástico se hará énfasis en el proceso mecánico que radica en aplicarle calor y presión a los materiales a fin de tener un producto con nueva forma.

1.4.3 Propiedades de los plásticos

Las características que poseen los distintos plásticos son debido a la composición de moléculas repetidas y a sus propiedades, estos son utilizados en varias aplicaciones, como: industrial, doméstica o comercial [8]. Los tipos de plásticos pueden ser estudiados agrupándolos en tres categorías: los termoplásticos, elastómeros, y los termoestables; [9] los del tipo termoplásticos y elastómeros están compuestos por moléculas de largas cadenas con poco enlazamiento entre sí, cuando se someten a elevadas temperaturas, se ablandan sin descomponerse y pueden ser moldeados. Los termoestables se preparan a partir de sustancias de peso molecular bajo, las cuales bajo un adecuado proceso presentan un alto grado de enlace entre sí que forman materiales duros y se funden con descomposición [9].

Siendo de interés para este proyecto los termoplásticos (PET, HDPE, LDPE y PP), entre sus propiedades principales se tiene que son capaces de ablandarse al ser calentados y recuperar su dureza al enfriarse; y tienen una máxima temperatura de 150°C pudiendo ser excelentes materiales deformables [10].

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

En este capítulo se describe el proceso metodológico que se siguió para el desarrollo del proyecto, empezando por el planteamiento de las alternativas de solución, la selección del diseño adecuado en base a los requerimientos solicitados, el estado de arte que supone la implementación de la solución hasta la selección de los elementos que conlleva el diseño.

2.1 Requerimientos de la solución

Previo al desarrollo de la solución, se realizaron visitas a la planta con la finalidad de conocer el proceso a detalle, además de efectuar reuniones tanto con los equipos de producción, mantenimiento y otros involucrados en el problema; de estas reuniones se obtuvieron los siguientes requerimientos:

1. Control sobre tiempos de operación del proceso.
2. Control y monitoreo de variables críticas.
3. Visualización de parámetros de producción en tiempo real.
4. La solución debe cumplir con alguna norma.

Adicional a esto, se bosquejó un diagrama de procesos como se indica en la figura 2.1, el cual, en conjunto con los requerimientos de gerencia, se determinaron las variables críticas del proceso.

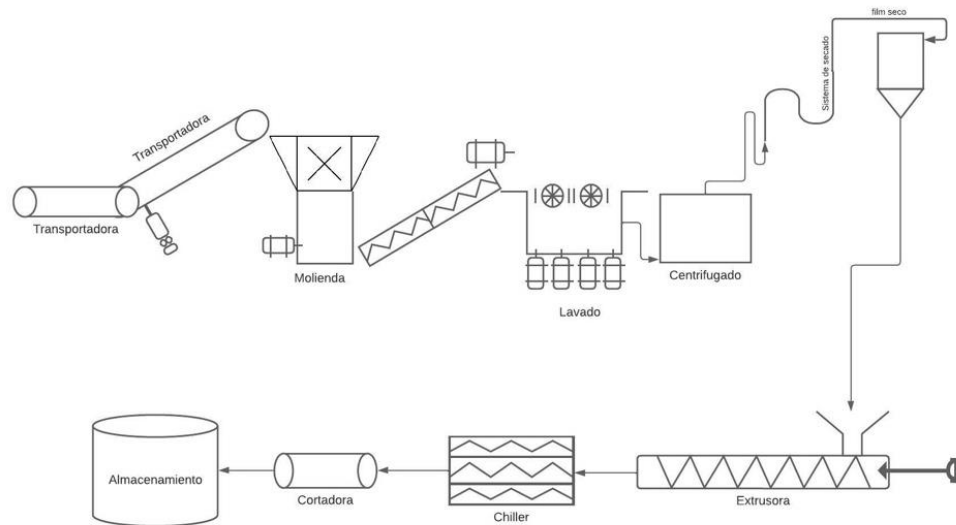


Figura 2.1 Diagrama P&ID del sistema

A partir de los requerimientos descritos anteriormente y el diagrama bosquejado, se modificaron los requerimientos para la solución, los cuales se detallan a continuación:

1. Registro de tiempos operativos y de parada de las máquinas.
2. Diseño de un sistema de alarma para el control de umbrales de operación.
3. Control de variables críticas: temperatura, corriente, rpm y nivel de agua.
4. Visualización de parámetros de producción en tiempo real.
5. Modularidad en el sistema.
6. Cumplir con la norma ISO.
7. Tener las protecciones necesarias para el correcto funcionamiento de la solución.

2.2 Alternativas de solución del problema

Con bases en una investigación realizada referente a controladores lógicos programables, se delimitaron tres alternativas de solución considerando los detalles del problema planteado:

Alternativa A: Diseño de un panel industrial para el control de variables de producción y tiempos de operación con sensores y controladores basados en tecnología *Rockwell Automation* que permitan visualizar el proceso del sistema.

Alternativa B: Diseño de un tablero industrial para el control de variables críticas y tiempos operacionales con sensores y actuadores integrados al sistema y manipulados por controladores de la familia *Siemens* con acceso al monitoreo remoto del sistema.

Alternativa C: Diseño de un tablero industrial para el monitoreo de variables críticas y tiempos de operación con sensores y actuadores accionados por un autómatas programable de la gama *PLC Next*.

Expuestas las alternativas y conforme con los requerimientos definidos por el cliente, se establecieron algunos criterios para la evaluación de cada una de las soluciones, estos criterios son:

- **Adaptabilidad:** Los componentes deben acoplarse correctamente a la maquinaria y al sistema.
- **Facilidad de operación:** El operador debe ser capaz de comprender el funcionamiento del diseño con los diagramas y manual de usuario.
- **Fiabilidad:** El diseño en su totalidad debe cumplir con todas las funciones de manera práctica y confiable.
- **Precio:** El precio de los actuadores y sensores a integrar en el proceso son moderados.
- **Facilidad de diseño:** El desarrollo del sistema que se implementa se desarrolla sin complicaciones.

Tabla 2.1 Criterios de selección

Criterio	Peso	Ponderación
Adaptabilidad	4,5	0,29032258
Facilidad de operación	3	0,19354839
Fiabilidad	3	0,19354839
Precio	2,5	0,16129032
Facilidad de diseño	2,5	0,16129032
	15,5	1

Con la ponderación de criterios se concluyó que la adaptabilidad tiene mayor peso en comparación con los demás puntos, y con esto se comparó cada uno

de los criterios con las alternativas propuestas como muestra a continuación la tabla 2.2:

Tabla 2.2 Matriz de decisión de alternativas de solución

Conclusión	Adaptabilidad	Facilidad de operación	Fiabilidad	Precio	Facilidad de diseño	Prioridad
Solución A	3	1	1,5	2,5	1	3
Solución B	2	2	2,5	2	2,5	1
Solución C	1	3	2	1,5	2,5	2

Con la tabla 2.2, se definió que la solución B es la más óptima y cumple ventajosamente con los requerimientos planteados del cliente y resulta viable en el desarrollo del sistema de control.

2.3 Diseño y desarrollo de la solución

La figura 2.2 describe el proceso detallado con un diagrama de flujo para el diseño de cada una de las áreas que comprende la solución.

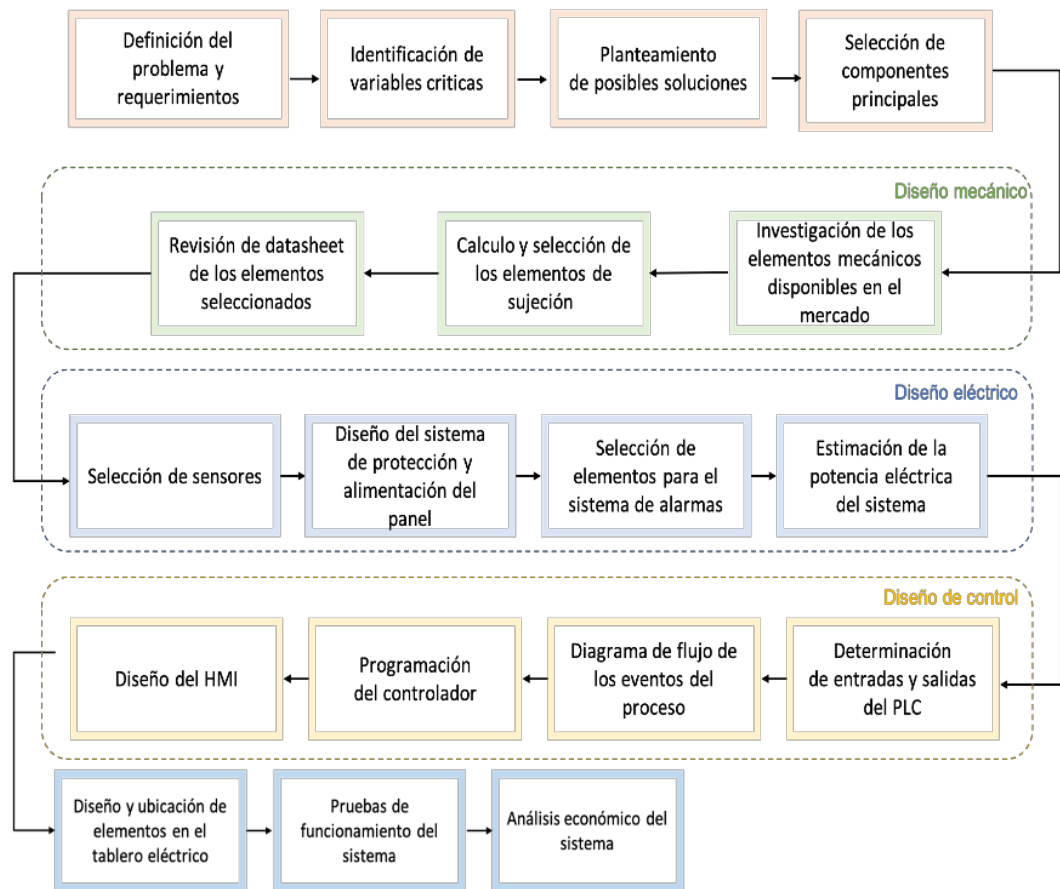


Figura 2.2 Metodología del proceso de diseño

2.4 Diseño conceptual

En la figura 2.3 se puede apreciar los componentes principales del tablero, entre ellos se tiene el sistema de alarma, el sistema de alimentación, el sistema de protecciones para los sensores, el sistema de control PLC y las entradas del sistema, siendo estas el sensor de nivel, sensor ultrasónico, consumo de corriente y sensor de temperatura.

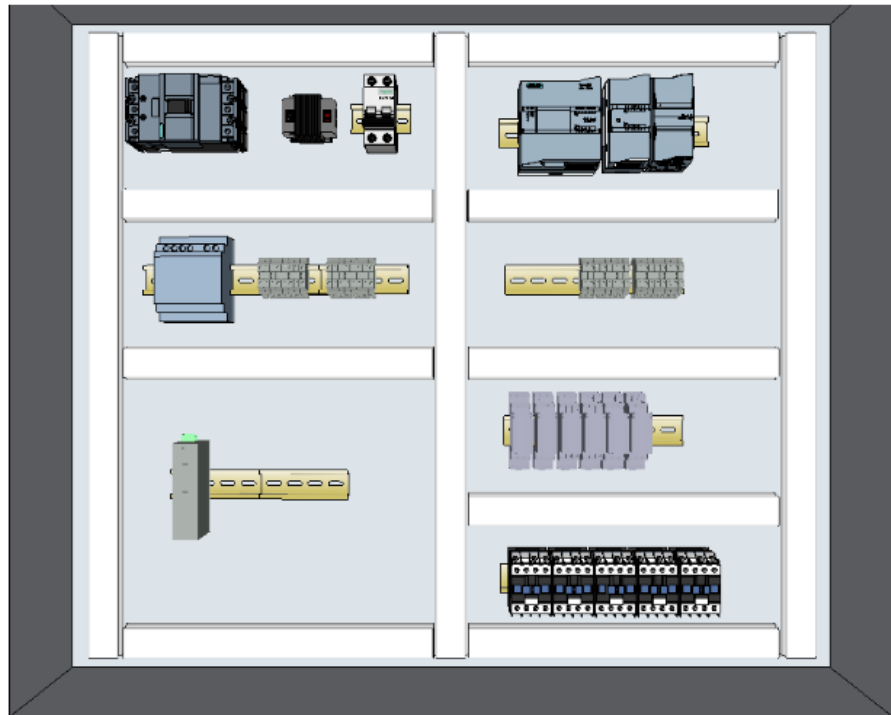


Figura 2.3 Diseño conceptual del tablero industrial

Siendo uno de los objetivos principales el seguimiento de las variables críticas del sistema, se propone un diseño con un dispositivo PLC de múltiples entradas y salidas digitales y analógicas para realizar el seguimiento a las señales, estas E/S están conectadas a borneras para las conexiones con los demás componentes, los contactores, relés y termocuplas. Se tiene también las protecciones eléctricas para la sección de control, la fuente de alimentación del controlador lógico, además del transformador y los breakers principales del sistema. Por si fuera poco, el tablero contará con conexión a tierra y su propio switch para futuras conexiones con múltiples paneles, de modo que se pueda centralizar la información para las auditorías de las certificaciones ISO.

2.5 Parámetros de monitoreo y control

Con el propósito de medir las variables críticas del sistema y detectar puntos de mejora en el proceso, se realizó una selección de sensores y actuadores compatibles con el PLC seleccionado que den la mayor manejabilidad para el caso de uso.

Para llevar a cabo dicha selección se realizó una investigación en el mercado local de los elementos para verificar compatibilidad tanto en la parte eléctrica como en la mecánica y, así obtener una lista de los elementos necesarios para la construcción del panel. Cabe destacar que actualmente el equipo cuenta con variadores de frecuencia y visualizadores de rpm, los cuales serán usados para obtener el parámetro de velocidad; asimismo cuentan con un dispositivo de medición de corriente que se usará para obtener el consumo de los equipos. Por ende, la selección se centra en instrumentos para medir el nivel del agua de la tina de lavado y para detectar el paso del material hacia el molino con el fin de calcular el tiempo operativo de la línea.

2.5.1 Selección de sensores

Dependiendo de la variable de interés, la figura 2.4 muestra un resumen de los sensores más usados dentro de la industria para su aplicación, permitiendo seleccionar aquellos que cumplan con el tipo de material que detectará el dispositivo y del entorno en el que se implementará [11].

Tipo de sensor	Estado del objeto a detectar			Medio/Naturaleza del material a detectar			
	Sólido	Líquido	Polvo, material granulado	Metálico	No metálico	Opaco	Transparente
Inductivo	√		√	√			
Capacitivo	√	√	√		√	√	√
Óptico	√			√	√		
Ultrasónico	√	√		√	√	√	√

Figura 2.4 Clasificación de sensores industriales según su aplicación [12]

Teniendo presente que el actor principal es el plástico film, y que su estado es sólido, para la *detección del material* las opciones que más se acoplan por la naturaleza son: el sensor capacitivo y el ultrasónico. Los detectores capacitivos están compuestos por dos electrodos metálicos de manera concéntrica, si algún objeto se acerca a la cara activa del detector, el campo magnético que forma los electrodos aumenta el acoplamiento capacitivo entre las placas y el oscilador se activa hasta que un amplificador procesa esa oscilación en una señal definida [13]. Por otro lado, los detectores ultrasónicos funcionan bajo el principio de medición del tiempo transcurrido entre la emisión de una onda ultrasónica y la recepción de

su eco. La zona conocida como punto ciego es donde el instrumento no puede detectar ningún objeto, la zona de alcance es aquella que mide designa el alcance de la medida [13].

El sensor CM24 capacitivo de 3 hilos con salida tipo PNP es un detector eficaz y altamente preciso para detectar el plástico film siendo totalmente fiable para garantizar el flujo constante del material [14].



Figura 2.5 Sensor de proximidad CM24 – 3008PC [15]

Para la medición de nivel en la tina de lavado se toma en consideración los controladores de nivel de Siemens, estos dispositivos se usan para encender o apagar una bomba mediante los contactos de un relé conectado a fin de controlar el nivel de llenado o vaciado de tanques, depósitos, pozos, etc. Los controladores vienen en un diseño compacto con una perilla de ajuste de sensibilidad del agua en caso de no ser pura [16].

Los controladores de nivel tienen dos bornes, A1 y A2, para energizar su bobina interna, sea a 24V o 240 VAC/DC, tiene los contactos de nivel COM (11), NC (12) usado para energizar una luz de alto o bajo nivel de acuerdo a la aplicación y el NA (14) que se usa como entrada del PLC. Para los controladores se instalan tres electrodos, el común (COM) que se conecta en la bornera M del controlador, el de nivel bajo (MIN) que se conecta a la bornera MIN y el electrodo de nivel alto (MAX) que se conecta al MAX del controlador, su principio de funcionamiento se rige en un control por nivel máximo y mínimo que activa el relé cuando el nivel máximo del fluido alcanza el electrodo superior y se desactiva cuando el nivel desciende por el electrodo inferior [17]







Figura 2.6 Electrodo y controlador de nivel [16]

2.5.2 Selección de elementos de control y señalización

Para el monitoreo y control de procesos industriales se usan dispositivos tales como pulsadores, botoneras y luces piloto, mismos que permiten iniciar, detener o verificar el estado de las máquinas. En la tabla 2.3 se muestra los componentes usados para el sistema.

Tabla 2.3 Elementos de control y supervisión

Elemento	Imagen	Función
Pulsadores (Control)		Elementos de maniobra que permiten el paso o corte de la corriente. Caso de uso: activan o desactivan las máquinas con mandos de relés.
Botón de paro de emergencia (Control)		Interrumpen el flujo de energía. Caso de uso: detiene el proceso de manera inmediata
Señalización lumínica (Monitoreo)		Permiten avisar sobre el estado de funcionamiento de algún equipo. Caso de uso: Indican la marcha/paro de las máquinas o de sobrecargas en el circuito.
Relé (Control)		Elemento que energiza la bobina interior y activa un interruptor que maneja el circuito de potencia. Caso de uso: Activa las bobinas de los contactores de cada máquina.

2.5.3 Selección del Controlador Lógico Programable

Un controlador lógico programable es un dispositivo de tipo industrial que recepta señales en sus puertos de entrada, procesa la información, y actúa según la programación a través de sus puertos de salida [18]. El controlador es una de las piezas claves dentro del desarrollo de esta solución debido a que es el responsable de realizar la operación y toma decisiones en función de las señales de entrada. Teniendo en cuenta que los dispositivos se desenvolverán dentro de los ambientes industriales, para la solución se ha seleccionado un PLC de la familia Siemens de la gama S71200, el controlador 1214C AC/DC/R/ly tiene 14 entradas digitales, 2 entradas analógicas y 10 salidas digitales a una tensión de alimentación de 24VDC que cumple perfectamente con las necesidades de la programación. [19]



Figura 2.7 PLC Simatic S7-1200 [27]

2.5.4 Selección de la HMI

La interfaz HMI hace referencia a un medio de comunicación para la interacción hombre-máquina y se utiliza para la supervisión de datos de los equipos, además de la adquisición de datos [20]. Estos equipos constan de paneles, teclas o pantalla táctil y puertos USB para la conexión de periféricos de entrada y un así mismo una memoria USB para guardar datos [21]. Es una pieza clave en nuestra solución, ya que brinda de forma gráfica el estado de la línea y como las variables críticas afectan dicho estado. Para tener la compatibilidad adecuada entre la pantalla y el dispositivo de control, se optó por la HMI KTP700 Basic de la familia

Siemens, que tiene una pantalla de 7" con 8 teclas de función táctil, una tensión de alimentación de 24VDC, además cuenta con 1 puerto USB y 5 puertos RJ45. [22]

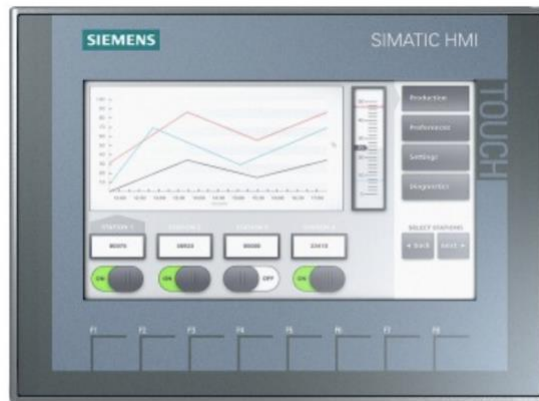



Figura 2.8 HMI KTP700 Basic [22]

2.6 Protección y elementos del sistema eléctrico

Los elementos de gestión eléctrica permiten el paso o corte de electricidad proveniente desde la red de distribución eléctrica o desde un elemento de control [11]. La tabla 2.4 lista los dispositivos de protección usados y su función en el sistema.

Tabla 2.4 Elementos de protección del diseño eléctrico

Elemento	Imagen	Función
Breaker principal Breaker Trifásico 175-250A, 440V AC 3VM1225-4EE32- 0AA0		Disyuntor de 440VAC para protección del sistema y energizar los motores.
Transformador 440V-110V		Transformador de voltaje de 440 VAC a 110 VAC para la activación de los contactores

<p>Breaker termomagnético 110VAC - 1P</p>		<p>Protección para elementos eléctricos de 110 VAC (S7 1200) de subidas de voltajes inesperadas</p>
<p>Contactores 110VAC – 3P</p>		<p>Dispositivos para accionar elementos del automatismo.</p>
<p>Relé térmico con regulación de corriente</p>		<p>Elemento que protege al motor de sobrecargas.</p>

2.7 Elementos de sujeción

Los elementos de fijación son una parte importante dentro del sistema de adquisición de señales, con ellos se asegura el correcto funcionamiento del dispositivo, además se garantiza que las vibraciones sean nulas y que el equipo tenga sus protecciones. Para este proyecto se requiere estandarizar dichos elementos es por esto que se opta por un juego de tornillos, arandelas y tuerca M2.



Figura 2.9 Tornillos avellanados M2 [23]

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Esta sección abarca el diseño del sistema automatizado en funcionamiento en un PLC emulado y pantalla HMI, planos eléctricos con las conexiones y render del tablero con la ubicación de los componentes que intervienen en el proceso. Posteriormente se presenta el análisis financiero que comprende la implementación del sistema.

3.1 Diseño de tablero de control

Para la construcción del tablero se tomó como referencia el estándar USP de elaboración de tableros industriales y la norma ISO 9001:2015, que le permite al personal a cargo del mantenimiento o implementación, identificar los distintos elementos y reconocer el trayecto del cableado entre dispositivos eléctricos y electrónicos, así también de las borneras.

Siguiendo el diseño estándar de los armarios de control, la ubicación de cada componente está basada en el siguiente orden: elementos de control, protección del sistema y fuentes de alimentación; conexiones de E/S del autómatas; relés; contactores y térmicos, así como se muestra en el diseño de la figura 3.1. En las puertas del armario de control se tienen los elementos eléctricos como pulsadores, luces de señalización y pantallas HMI.

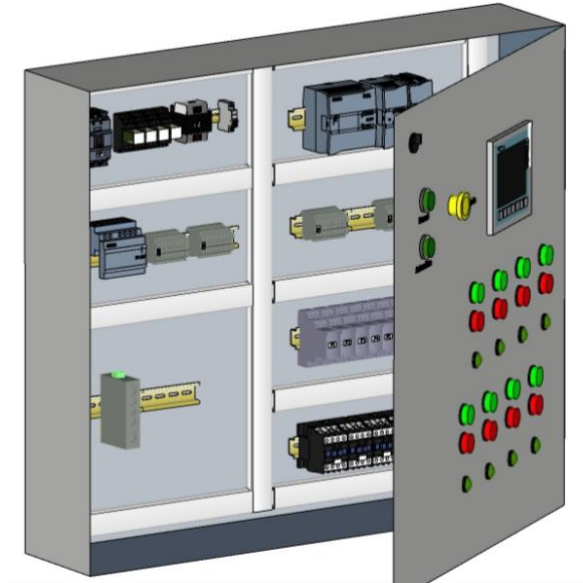


Figura 3.1 Diseño del tablero industrial

El tablero cuenta con dos modos de operación, automático y manual. Ambos modos aseguran que en todo momento los operadores puedan realizar modificaciones al sistema o paradas para mantenimiento correctivo sin ningún problema, basta con cambiar el modo de funcionamiento. Cuenta también con luces piloto las cuales nos ayudan a monitorear los estados de los actuadores sin descartar la parada de emergencia que nos brinda seguridad extra al sistema.

3.2 Esquema de control y fuerza

El diagrama 3.2 muestra las conexiones del circuito general desde la red trifásica hacia los motores, considerando en esta sección, la conexión del transformador entre el breaker principal del sistema y la fuente del PLC; también se muestra el cableado del sistema de ventilación del tablero.

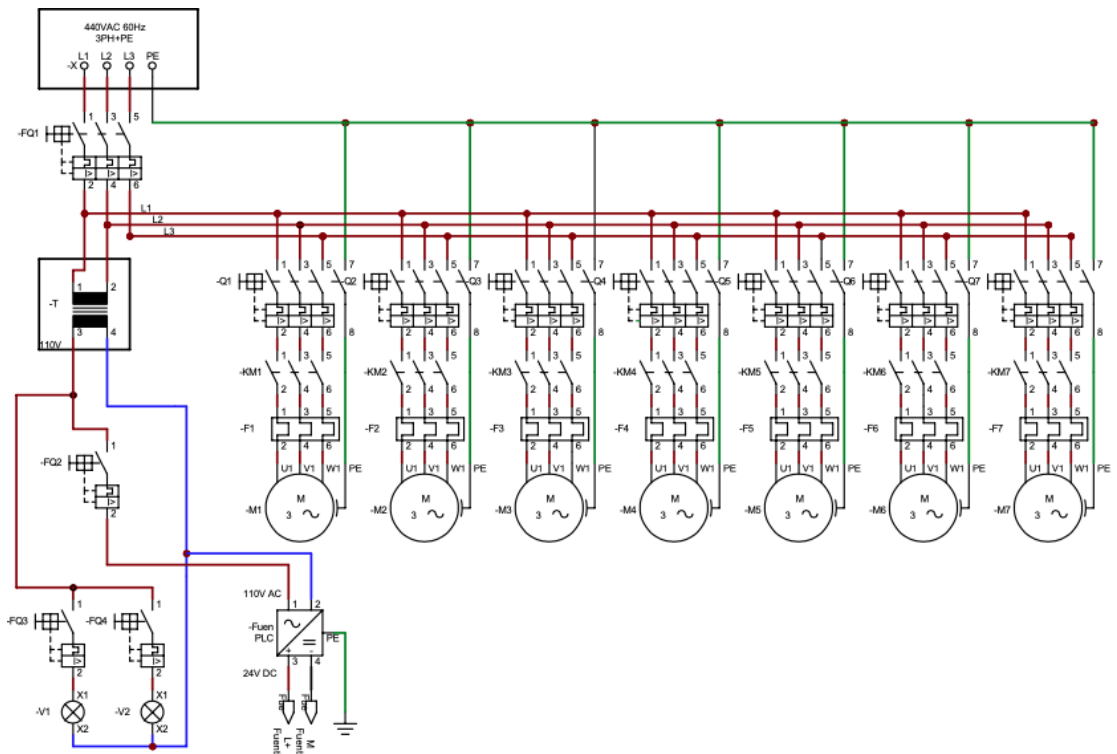


Figura 3.2 Esquema general del circuito de fuerza

Así también, se muestra el esquema de conexión del autómata a los distintos pulsadores y sensores en las entradas digitales, los relé y luces piloto a las salidas digitales del PLC. El componente a la izquierda es la fuente de alimentación externa que conecta el controlador con los distintos módulos de E/S, el uso de esta fuente está justificado en la sección apéndice A.

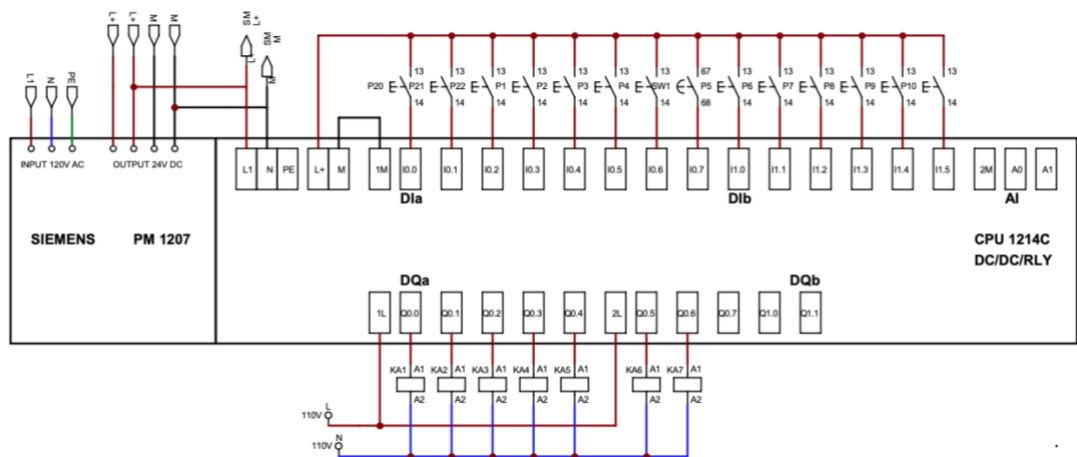


Figura 3.3 Conexión de E/S digitales del PLC

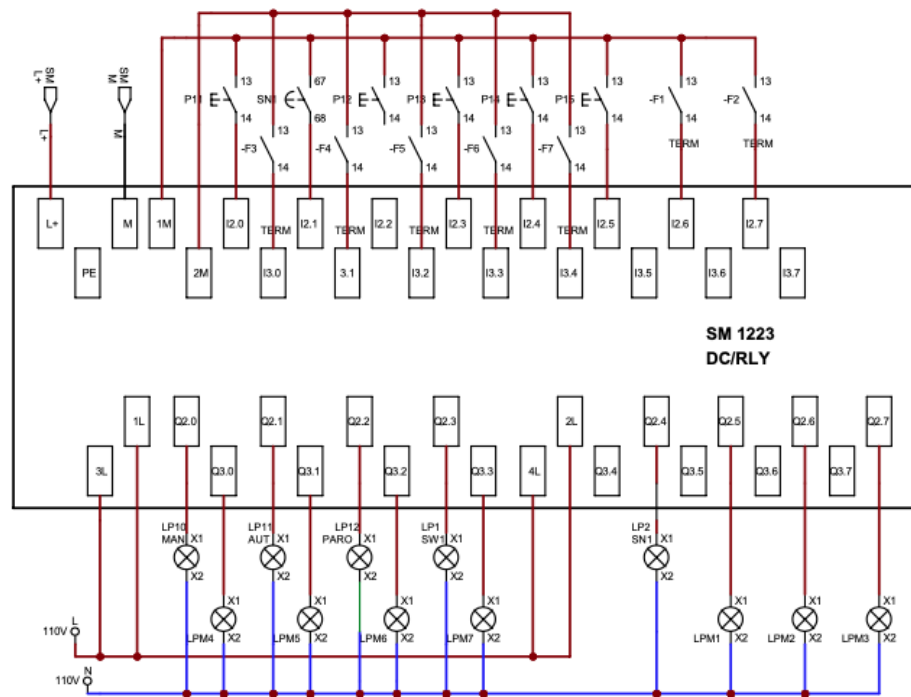


Figura 3.4 Conexión de E/S digitales del módulo de ampliación

Para los sensores, se realizaron las conexiones con el PLC acorde al datasheet de cada uno. En la parte izquierda de la figura 3.5 se tiene el Controlador de nivel y en su extremo se encuentran los bornes para la conexión con los electrodos COM, MIN y MAX denominados EMin, EMax y ECom respectivamente, el contacto normalmente abierto (contacto 14) se conecta hacia la entrada digital del PLC I2.1. En la parte derecha se muestran las conexiones del sensor capacitivo PNP para la detección del material, sus conectores + y – van conectados hacia la fuente del PLC tal y como se indica y la señal S se conecta hacia la entrada digital I0.7.

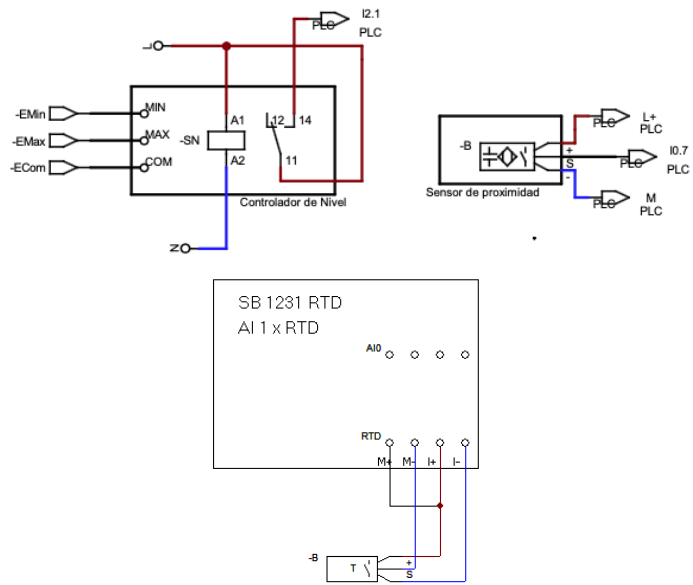


Figura 3.5 Conexiones de los sensores.

El sistema de control de la figura 3.6 muestra como actuarían las salidas del PLC en base a las entradas programadas que se manipulan, ya sea para la activación del relé o para la luz piloto. Del mismo modo, en el esquema de la figura 3.7 está la activación/desactivación de las luces de señalización si se activa el relé térmico en caso de existir una sobrecarga en el motor.

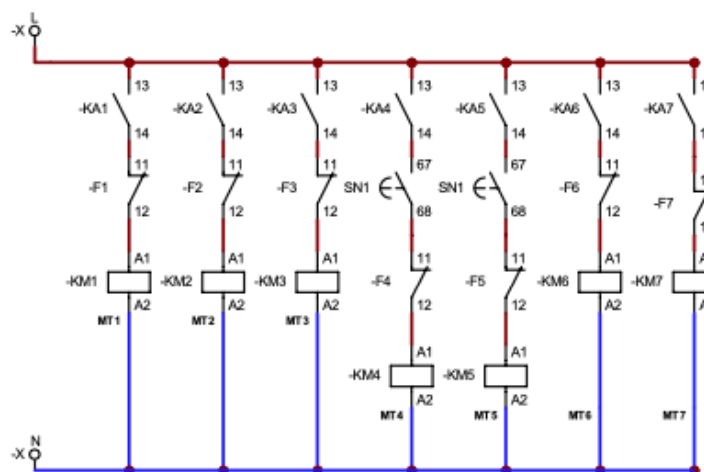


Figura 3.6 Esquema de control del accionamiento de relés para motores de las máquinas

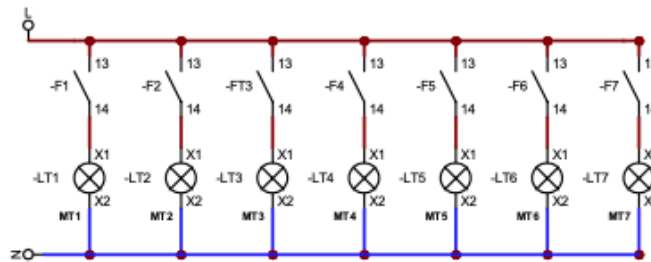


Figura 3.7 Esquema de control del accionamiento de relé térmico

En la tabla 3.1 se lista el alias de los elementos que se conectan a las entradas digitales del PLC y su función. Por su parte, las etiquetas de las salidas del PLC están tabuladas en la tabla 3.2.

Tabla 3.1 Elementos de entradas del PLC

Nombre	Dirección PLC	Descripción
P20	I0.0	Activa proceso modo manual
P21	I0.1	Activa proceso modo automático
P22	I0.2	Activa paro de emergencia general
P1	I0.3	Activa motor banda transportadora
P2	I0.4	Desactiva motor banda transportadora
P3	I0.5	Activa motor molino
P4	I0.6	Desactiva motor molino
SW1	I0.7	Act/Des sensor óptico
P5	I1.0	Activa motor cóclea 1
P6	I1.1	Desactiva motor cóclea 1
P7	I1.2	Desactiva motor1 lavadora
P8	I1.3	Desactiva motor2 lavadora
P9	I1.4	Activa motor1 lavadora
P10	I1.5	Activa motor2 lavadora
P11	I2.0	Desactiva motor lavadora general
SN1	I2.1	Act/Des sensor de nivel
P12	I2.2	Activa motor cóclea 2
P13	I2.3	Desactiva motor cóclea 2
P14	I2.4	Activa motor centrifugadora

P15	I2.5	Desactiva motor centrifugadora
M1_TERMICO	I2.6	Entrada térmico motor banda transportadora
M2_TERMICO	I2.7	Entrada térmico motor molino
M3_TERMICO	I3.0	Entrada térmico motor cóclea 1
M4_TERMICO	I3.1	Entrada térmico motor1 lavadora
M5_TERMICO	I3.2	Entrada térmico motor2 lavadora
M6_TERMICO	I3.3	Entrada térmico motor cóclea 2
M7_TERMICO	I3.4	Entrada térmico motor centrifugadora

Tabla 3.2 Elementos de salida del PLC

Nombre	Dirección PLC	Descripción
KA1	Q0.0	Relé activación banda transportadora
KA2	Q0.1	Relé activación molino
KA3	Q0.2	Relé activación cóclea 1
KA4	Q0.3	Relé activación motor1 lavadora
KA5	Q0.4	Relé activación motor2 lavadora
KA6	Q0.5	Relé activación cóclea 2
KA7	Q0.6	Relé activación centrifugadora
LP10	Q2.0	Luz piloto modo manual
LP11	Q2.1	Luz piloto modo automático
LP12	Q2.2	Luz piloto paro de emergencia
LP1	Q2.3	Luz piloto sensor óptico
LP2	Q2.4	Luz piloto sensor de nivel
LPM1	Q2.5	Luz piloto act banda transportadora
LPM2	Q2.6	Luz piloto act molino
LPM3	Q2.7	Luz piloto act cóclea 1
LPM4	Q3.0	Luz piloto act motor1 lavadora
LPM5	Q3.1	Luz piloto act motor2 lavadora
LPM6	Q3.2	Luz piloto act cóclea 2
LPM7	Q3.3	Luz piloto act centrifugadora

Una vez realizada la conexión, el funcionamiento del programa desde el tablero de control está diseñado para que, al accionar un pulsador, se active el contactor de cada motor y la luz indicadora de funcionamiento. Este proceso se muestra también en el HMI que se programó para que el operador pueda realizar el seguimiento del proceso y visualizar los parámetros de funcionamiento de las máquinas.

3.3 Funcionamiento del programa

En el diagrama de flujo de la figura 3.8 se detalla el funcionamiento del proceso con las condiciones que deben cumplirse para pasar a la siguiente etapa y que se consideraron en la programación adjunta en el Anexo D. Al encender el sistema, la línea empieza a activarse desde la última etapa, es decir, la secadora se enciende inicialmente puesto que debe llegar a su temperatura de operación, luego, el sistema de transporte cóclea 2, seguido de la tina de lavado la cual se llenará con los valores óptimos de agua, el transporte cóclea 1, pasando al encendido de la trituradora hasta alcanzar las rpm de operación y finalmente la banda transportadora se activa para empezar a transportar la materia prima.

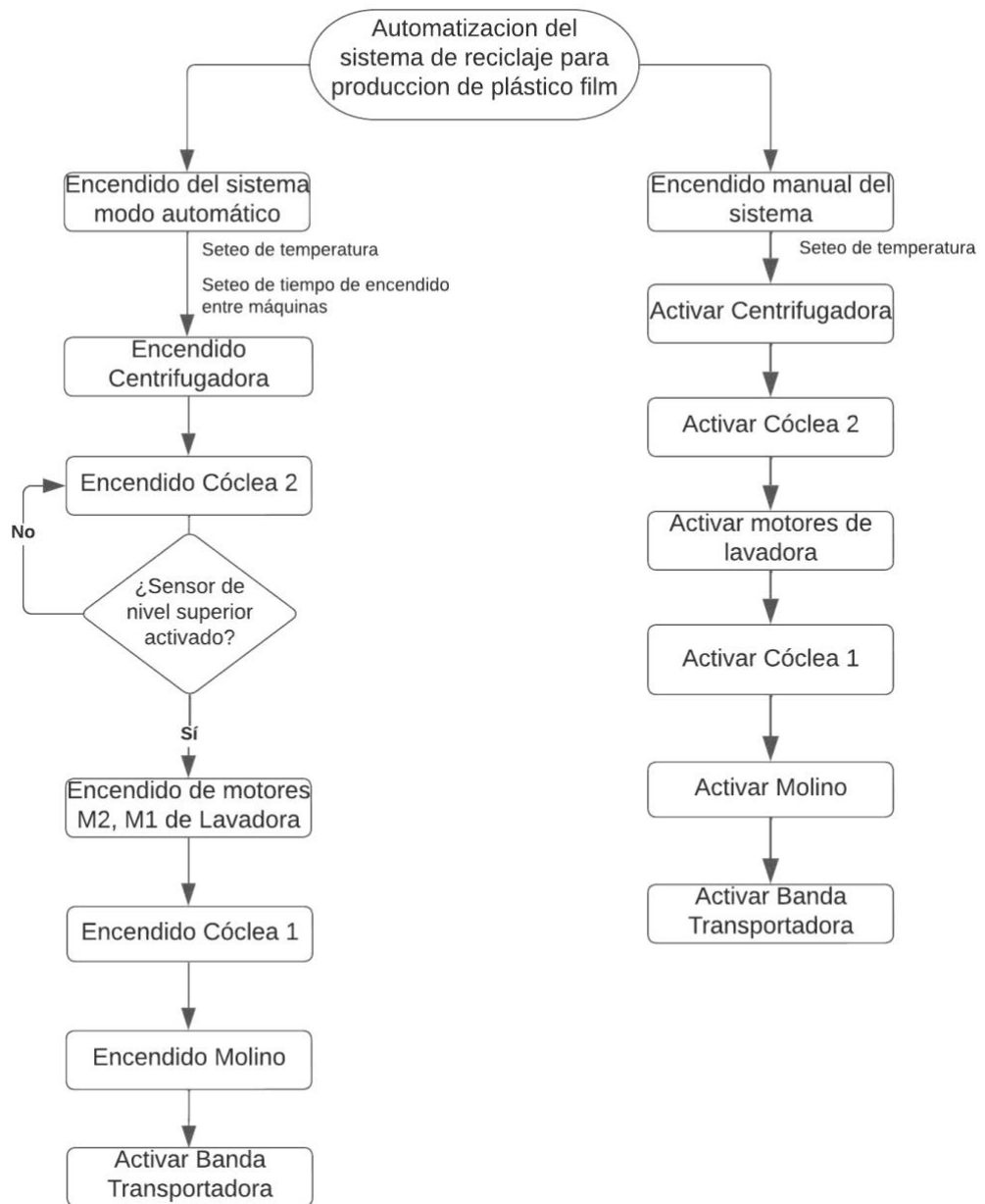
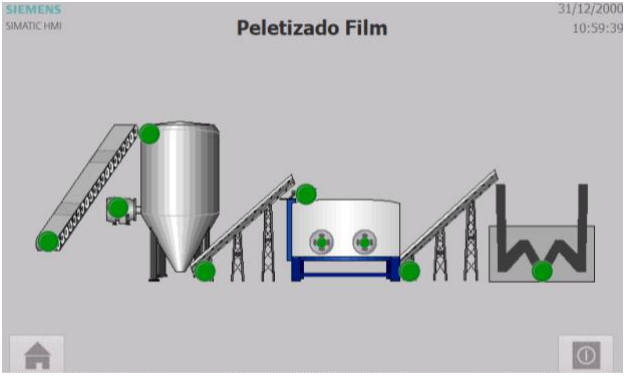
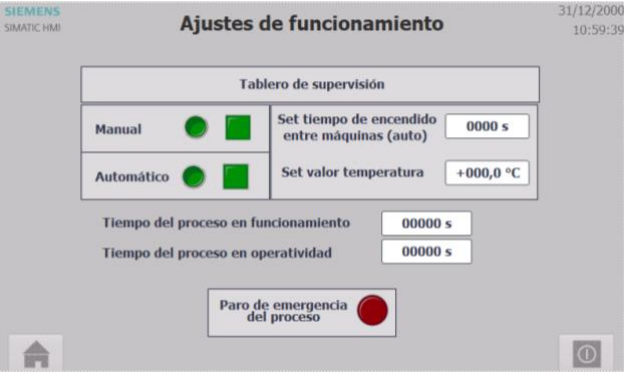

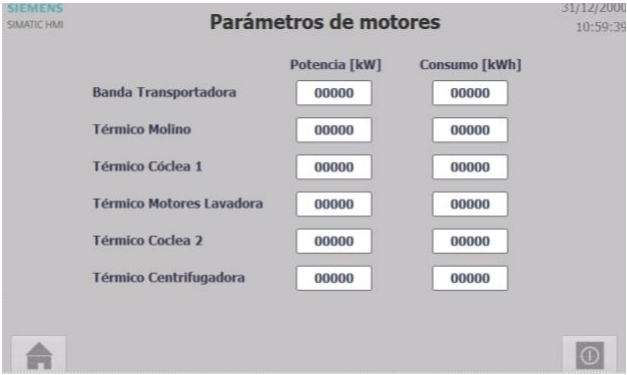




Figura 3.8 Diagrama de flujo de la programación

Para la supervisión y control del proceso, previa a la programación del HMI, se configuró la conexión entre PLC-HMI que se muestra en el Anexo D y luego se programaron pantallas que permitirán al operador y al jefe de planta conocer el estado de la línea y los parámetros de control de las máquinas involucradas, estas pantallas se muestran a continuación:

Tabla 3.3 Pantallas programadas y su función

Pantalla	Funcionalidad
	<p>Esquema que representa el estado de activación de las máquinas.</p>
	<p>Pulsadores de puesta en marcha y ajustes de parámetros como el tiempo de encendido entre máquinas y seteo de temperatura para el modo automático.</p> <p>Monitoreo de tiempos de encendido y operativo del proceso con la finalidad de llevar mejores controles operativos para producción y sobre su producción real por turnos.</p> <p>Esta pantalla cuenta con acceso de usuario para operadores y jefe de planta.</p>
	<p>Gráfica del consumo de potencia en kWh de los motores de la banda transportadora, molino, lavadora, y secadora.</p>

	<p>Parámetros de monitoreo de las potencias de los motores y el consumo de los mismos.</p>
	<p>Visualización de alarmas por sobrecargas en caso de que se dispare un relé térmico.</p>
	<p>Alarmas de aviso para valores de temperatura y para sobrecarga de motores. Esta pantalla cuenta con acceso de usuario para operadores y jefe de planta.</p>

Para la simulación, en la figura 3.9 muestra una de las pantallas programadas que permiten visualizar el flujo del sistema, además el operador a cargo puede visualizar el modo de operación que ha sido seleccionado y el tiempo de activación general de la línea como el tiempo operativo de la misma en la pantalla de supervisión (figura 3.10), se hace énfasis en que la definición de operatividad del sistema es tomado en cuenta al activarse el sensor óptico que detecta que existe material en el transporte de la banda hacia el molino y está procesando el material.

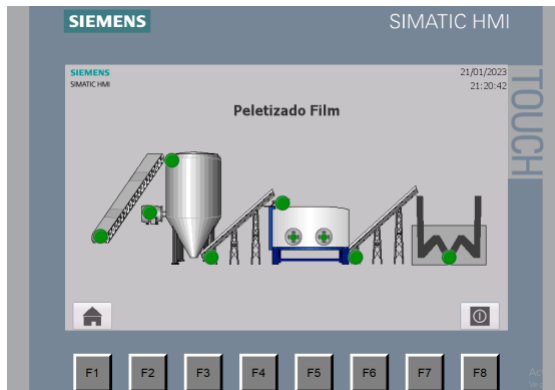


Figura 3.9 Esquema del proceso.



Figura 3.10 Modo automático y manual de activación del proceso

Al no tener ningún valor de tiempo y temperatura seteado al iniciar el sistema, la ventana de alarma ya muestra un aviso que le indica al operador qué sucede previa a la activación de las máquinas en modo automático:



Figura 3.11 Aviso de alarma por temperatura.

Luego de colocar esos valores, se da marcha a la activación de las máquinas en modo automático, empezando por la secadora:

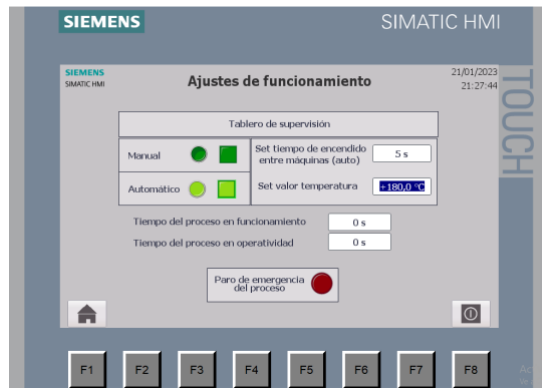


Figura 3.12 Seteo de parámetros e inicio del sistema

En la pantalla de esquema se puede ir observando la activación de cada uno de los motores de las máquinas como se muestra en la figura 3.13. En la etapa de la lavadora, los motores no se activarán hasta que el sensor de nivel detecte que hay agua suficiente en el tanque (figura 3.14) para hacer funcionar las aspas que impulsarán los pellets y transporten el material a la otra etapa:

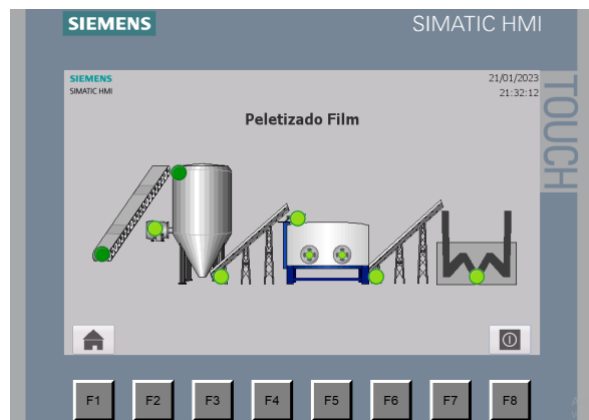


Figura 3.13 Seguimiento del encendido de las máquinas

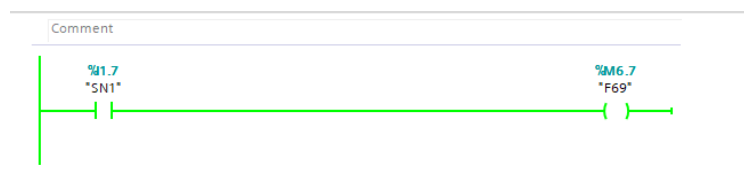


Figura 3.14 Condición para la activación de secuencia de motores de la lavadora

Luego, para la última máquina, es requerido la activación mediante un pulsador para la banda transportadora, a pesar de que se encuentre en modo

automático, puesto que esta empezará a desplazarse cuando el material ya esté listo para trasladarse.

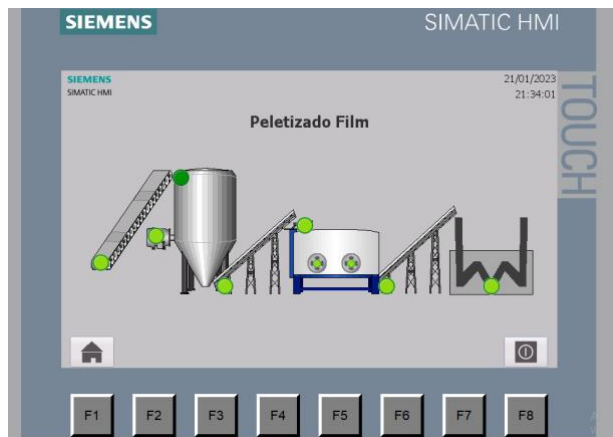


Figura 3.15 Activación manual de la banda transportadora

En este punto del proceso, el tiempo de encendido del proceso ya ha empezado a contabilizarse, sin embargo, el de operatividad no, debido a que el sensor óptico no ha detecta presencia del material al final de banda e ingreso del molino.

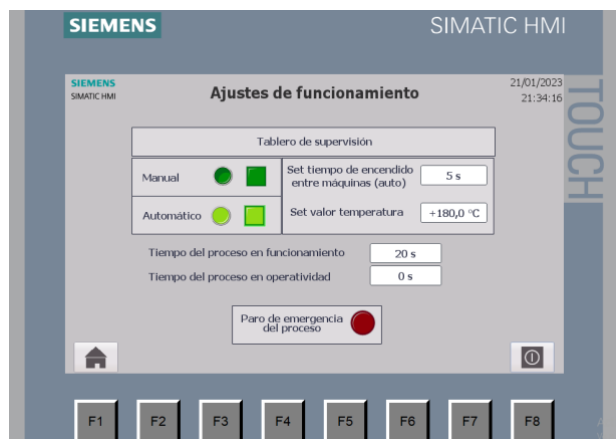


Figura 3.16 Inicio del conteo de segundos

Así también, ya se irá mostrando el consumo de potencia de los motores principales en la pantalla de gráficas y en la pantalla de parámetros, ya que es importante para el operador conocer estos valores.

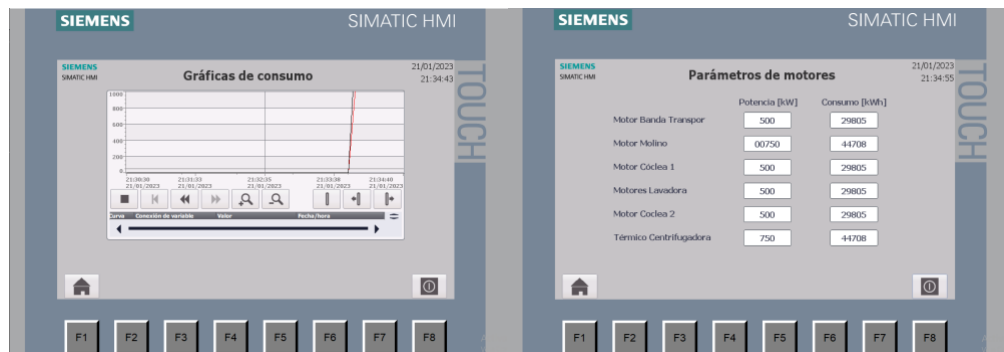


Figura 3.17 Consumo de los motores principales en el proceso

Cuando se haya activado el sensor óptico que detecta que hay material entrando al molino y procesándolo, el tiempo de operatividad empezará el conteo.



Figura 3.18 Activación del tiempo operativo

En caso de existir una falla por sobrecarga en algún motor, el relé térmico salta y desactiva los motores, activando una señalización lumínica de fallo térmico en el motor, para ejemplificar este caso en el molino, se programó un contacto cerrado tal que, al abrirse por detección de sobrecarga, activa una luz piloto.

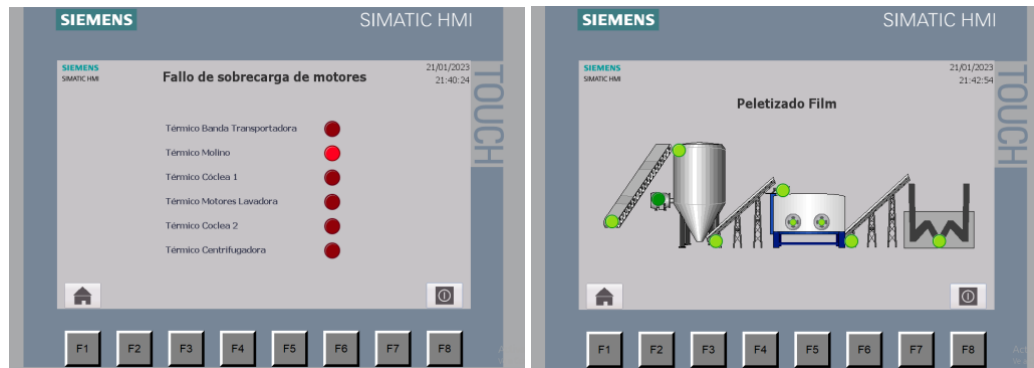


Figura 3.19 Alarma visual de fallo por sobrecarga

Las alarmas que se muestran en la pantalla de la figura 3.20 permiten al operador conocer que elemento ha fallado (I) y acusar dicha alarma (A) para luego desactivar esa alarma con la debida corrección del componente que se mostrará como un aviso de estado IAO.



Figura 3.20 Alarma que registra la interacción del operador frente al fallo avisado

Una vez que haya sucedido algún percance en las máquinas, se activa el botón paro de emergencia desde el tablero de control y se desactivan los motores de las máquinas.

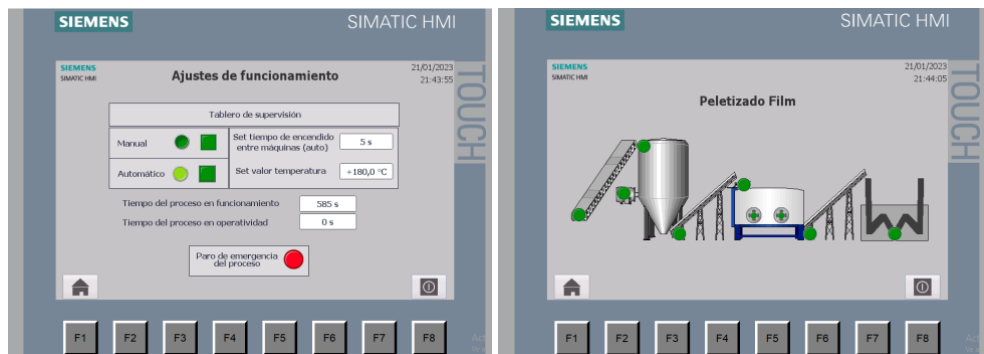


Figura 3.21 Paro de emergencia del sistema

3.4 Análisis financiero

En la tabla 3.4 se desglosan los costos para la implementación del panel de control, tanto para la parte mecánica, eléctrica, electrónica y de control, así también se consideraron costos de instalación y diseño de la programación. Es importante señalar que estos valores son aproximados a las investigaciones realizadas dentro del mercado local; se ha tomado como referencia tres proveedores, de los cuales se muestran tabulados el promedio de estos.

Se debe considerar que para el costo de diseño e instalación se realizó una estimación de USD 20 por hora, esto con bases a consultas del mercado a ingenieros de planta e ingenieros docentes, y siendo el tiempo presupuestado para la elaboración del proyecto y puesta en marcha a 80 horas laborales distribuidas en 4 semanas aproximadamente, de la cuales las dos primeras son de implementación y las otras dos semanas son de pruebas; teniendo presente que para esta estimación de tiempo ya se dispone de todos los materiales en perfecto funcionamiento.

Tabla 3.4 Tabla de costos

Elemento	Cantidad	Precio [USD]	Total [USD]
Breaker principal 440V AC – 250A @ 60Hz	1	325,00	325,00
Transformador 440 VAC -110VAC	1	33,09	33,09
Breaker termomagnético 110VAC – 4A (S7 1200)	1	7,50	7,50

Contactador SIRUS 3RT2023-1AG20 @ 120V AC	4	30,61	122,44
Relé térmico 11A-16A 3RU2126-4AB0 (Motores Tina de Lavado)	4	50,32	201,28
Relé térmico 50A-200A 3RB2056 - 1FW2 (Molino y Centrifugadora)	2	256,69	513,38
Relé térmico 2.2A-3.2A 3RU2116-1DB0 (Banda y Cócleas)	3	44,48	133,44
Relé de control 10A LZX:MT321024	7	17,88	125,16
Controlador de nivel Siemens 3UG + Electrodo de referencia de Nivel	1	68,87	68,87
Sensor capacitivo de proximidad CM24	1	13,18	13,18
Sensor de temperatura 7MC7511 PT100-3hilos	1	252,47	252,47
Pulsadores 22mm verde	9	12,31	110,79
Pulsadores 22mm rojo	7	12,31	86,17
Pulsador de emergencia tipo hongo	1	27,97	27,97
Luz piloto 22mm 24V AC/DC	7	13,99	97,93
Simatic S7 1200 – CPU 1214C DC/DC/Relé	1	726,45	726,45
Módulo de señal DI/DO SM1223	1	591,00	591,00
Signal Board SB1221 compatible con P100	1	215,00	215,00
Cable comunicación PLC-HMI PROFINET/Ethernet Industrial	1	5,15	5,15
Simatic Basic Panel KTP700	1	1.439,00	1.439,00
Tablero eléctrico	1	0,00	0,00
Elementos de sujeción (soporte tipo placa para sensor de proximidad, tuercas, arandelas, pernos)	1	54,00	54,00
GASTOS VARIOS			
Instalación y puesta en marcha	ÚNICO	1.600,00	1.600,00
Programación del proyecto adecuado a funcionalidades	ÚNICO	1.500,00	1.500,00
TOTAL [USD]			8.249,27

Para la comparación de este panel se tomó en cuenta otras empresas en Ecuador que estén dentro del mercado y se solicitó una cotización estimada, considerando que es un panel hecho a medida resultó complicado obtener valores concretos sobre el costo, sin embargo, en la tabla 3.5 se muestran los valores aproximados a modo de comparación.

Tabla 3.5 Tabla comparativa

Modelo	Costo aproximado [USD]
Diseño de tablero	5.149,27
TW Controls	1.350,00
Tableros EDISON	desde 800,00
RD Rivera Diesel	900,00 (no incluye HMI)
RSP Supply.com	1500,00

A su vez, con la información recopilada por los miembros de la empresa se prevé que esta solución incrementará la producción en un 15% teniendo el modo automático programado para la operación de la línea. De cada 6 fallas no programadas que se tiene como media al año, se espera que gracias al sistema de alerta y los gráficos se obtenga entre 4 a 5 fallas no programadas en el año. Para cuantificar esta información, por turno se produce aproximadamente 800 [kg], lo cual con el 15% estimado, se tendrá un total de 920 [kg] por turno en una jornada de 24 horas sería 240 [kg] de material procesado, cada paca de pellets es de 25 [kg] lo cual nos da un total de aproximadamente 10 sacos extras, por cada saco se tiene una utilidad neta de \$5, siendo un total de USD 50,00 diarios por 340 días al año un valor neto de USD 17.000,00 anuales.

CAPITULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- El diseño de un panel industrial para el control de variables críticas y tiempos de operación de una línea de plástico permitió identificar y resolver problemas antes de que afecten la producción y causen pérdidas de tiempo y dinero a partir del monitoreo en tiempo real del procesamiento del producto, velocidad de producción, la temperatura de las maquinarias, y otros aspectos críticos que afectan la eficiencia de la línea.
- El sistema diseñado se realizó con datos técnicos de la maquinaria y el diagrama P&ID existentes en una planta que procesa plástico reciclado en Ecuador a fin de determinar un correcto funcionamiento en cada parte del proceso. El diseño automatizado permite tener un seguimiento sobre el flujo de la línea a partir de la interfaz HMI ubicada en la puerta del tablero eléctrico, misma que se programó en un software Industrial junto con todas las condiciones de la lógica para activar o desactivar una máquina, modo de operación del proceso, tiempos de operación, además de que cada acción a ejecutarse está regida por un sistema de seguridad adecuado a los interruptores que se acoplaron en el tablero, garantizando la seguridad de los operadores y confiabilidad del diseño.
- El panel y la interfaz gráfica que se generó, son completamente intuitivos para el operador puesto que el tablero fue diseñado con las regulaciones y normas industriales ISO 9001 que incluyen los requisitos para el desarrollo y fabricación de tableros eléctricos abarcando un compendio de seguridad eléctrica y protección ambiental.
- El diseño eléctrico y la selección de los componentes de seguridad tienen bases técnicas acorde a una planta que trabaja con una red trifásica de 440V AC a 60 HZ, lo que garantiza que el breaker de protección principal implementado es adecuado para soportar esta tensión, además para la sección de control se seleccionó un interruptor de protección adecuado a su

voltaje de trabajo de 110V AC que cumple su función para el controlador que manipula los elementos de entrada y salida.

- En la programación, se consideró un valor de 5 s como tiempo de activación entre máquinas para la simulación del proceso en modo automático, sin embargo, este valor debe ser definido mediante prueba y error dependiendo de cada línea y el tiempo de estabilización que requieran. En los dos modos de operación se consideró el inicio de encendido del proceso desde la centrifugadora de modo que cada instrumento de medición pueda estabilizarse; la principal diferencia entre modos radica en que para el modo manual el operador deberá accionar cada pulsador de marcha para activar las máquinas desde el tablero, mientras que en el modo automático el operador solo deberá activar un pulsador y configurar el tiempo de encendido entre máquinas.
- El análisis financiero está fundamentado en el modo de operación automático puesto que, gracias a esto, el porcentaje de producción aumenta en un 15%, representando un beneficio económico anual de USD 17.000,00 y sustentado en que el mantenimiento de los componentes implica un ahorro al ser nuevos y estar en correcto funcionamiento.

4.2 Recomendaciones

- Se recomienda tener en cuenta la ergonomía y la facilidad de uso en el diseño del panel de modo que el operador pueda estar familiarizado con el control del tablero y pueda entender el funcionamiento de cada etapa dentro del proceso.
- Es importante utilizar materiales y componentes de alta calidad para garantizar una buena durabilidad del panel y una adecuada conexión eléctrica, evitando fallas en el sistema
- En la puesta en marcha se recomienda verificar la continuidad de cada elemento y de cada conexión con la ayuda de un multímetro evitando así tener algún componente defectuoso o que pueda dañar un conjunto de elementos del sistema, así también es crucial que el panel sea examinado y calibrado antes de su implementación en la línea de producción.

- Es fundamental considerar las características técnicas de todos los elementos en caso de integrar más accesorios al panel y comprobar la compatibilidad con todos los sistemas, por lo que la instalación del panel deberá ser realizado por profesionales capacitados en el campo de la electrónica y automatización de procesos.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] C. Cando, D. Salazar, y J. Muñoz, «Gestión de Estadísticas Agropecuarias y Ambientales basadas en Registros Administrativos (GESARA)», p. 22, 2021.
- [2] J. Machado, «Ecuador es el tercer país de la región que más basura plástica importa», 2022. <https://www.primicias.ec/noticias/sociedad/desechos-residuos-plasticos-basura-ecuador/> (accedido 28 de octubre de 2022).
- [3] A. Covernton, L. Montes Niño, y L. Ortega, «Fabricación de film stretch y pellets reciclados», p. 142.
- [4] B. Esteban, «Maquinaria automatizada: en qué consiste y cuáles son sus ventajas», 2021. <https://dealdos.com/blog/maquinaria-automatizada/> (accedido 28 de octubre de 2022).
- [5] I. Alarcón, «La ley que regula el uso de plásticos en el Ecuador ya está en el Registro Oficial - El Comercio», 2020. <https://www.elcomercio.com/tendencias/ambiente/ley-plasticos-ecuador-registro-oficial.html> (accedido 28 de octubre de 2022).
- [6] Ecoembes, «Los usos de los materiales reciclables.», *Ecoembes dudas del reciclaje*. <https://ecoembesdudasreciclaje.es/materiales-reciclables-y-su-uso/> (accedido 9 de diciembre de 2022).
- [7] J. M. Arandes, J. Bilbao, y D. L. Valerio, «Reciclado de residuos plásticos», p. 18, 2004.
- [8] J. L. Rubiano Fernández *et al.*, «Manejo de los materiales plásticos reciclados y mejoramiento de sus propiedades», *INGEUAN - Tend. EN Ing.*, vol. 1, n.º 2, mar. 2014, Accedido: 27 de octubre de 2022. [En línea]. Disponible en: <http://186.28.225.70/index.php/ingean/article/view/219>
- [9] J. I. Arias Guadalupe y A. C. Chávez Brito, «Diseño y construcción de una máquina extrusadora de plásticos para peletizar polímeros reciclados mediante el uso de microcontroladores.», bachelorThesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2011. Accedido: 28 de octubre de 2022. [En línea]. Disponible en: <http://dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/1160>
- [10] A. Espinosa, «Propiedades de los plásticos», p. 6, 2014.
- [11] L. G. C. Ramírez, G. S. A. Jiménez, y J. M. Carreño, *Sensores y Actuadores*. Grupo Editorial Patria, 2014.
- [12] D. J. Erreyes Ordóñez, S. G. Moreno Santos, y E. Terán, «Diseño de una máquina industrial para el pelado y extracción de pulpa de banano maduro», Thesis, ESPOL. FIMCP, 2021. Accedido: 14 de diciembre de 2022. [En línea]. Disponible en:

<http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/52773>

- [13] P. A. Chaves, «Sensores analógicos utilizados en la Automatización Industrial.», Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, 2008.
- [14] Pepperl+Fuchs Magazine, «Detección fiable de botellas transparentes | Sensores fotoeléctricos de Pepperl+Fuchs». <https://www.pepperl-fuchs.com/global/es/35529.htm> (accedido 14 de diciembre de 2022).
- [15] INSELEC CIA., «Sensor capacitivo», *Inselec - Store*. <https://inselec.com.ec/store/inicio/2333-sensor-capacitivo-ref-v-1754-.html> (accedido 2 de febrero de 2023).
- [16] Disibeint Electronic SL, «Electrodos conductivos».
- [17] Disibeint Electronic SL, «Control de nivel de aplicación general».
- [18] L. F. Quinaluisa Almache y G. E. Robalino Guamán, «Simulación de un sistema de control automático para las máquinas de procesamiento de residuos plásticos de la Fundación FUCAE», 2020.
- [19] Simatic, «Simatic S7 1200».
- [20] T. Kang, «Based Human Machine Interface (HMI) Framework for Energy Management», *Sustainability*, vol. 12, n.º 21, Art. n.º 21, ene. 2020, doi: 10.3390/su12218861.
- [21] Simatic, «Simatic HMI Basic Panels», *siemens.com Global Website*. <https://new.siemens.com/global/en/products/automation/simatic-hmi/panels/basic-panels.html> (accedido 15 de diciembre de 2022).
- [22] «Product data sheet 6AV2123-2GB03-0AX0», n.º 04, 2014.
- [23] Amazon, «Tornillos de cabeza avellanada M2-M4, de acero de alta resistencia de grado 10,9, 30 unidades, Negro : Industrial y Científico». <https://www.amazon.com/-/es/Tornillos-cabeza-avellanada-resistencia-unidades/dp/B0821YPQJX?th=1> (accedido 16 de diciembre de 2022).

APÉNDICES

APÉNDICE A

DATOS TÉCNICOS DE LOS MOTORES EN LA PLANTA ECUATORIANA

La siguiente información cuenta como respaldo del desarrollo del sistema, teniendo como bases los datos técnicos de la maquinaria existente en una planta que se dedica al procesamiento de plástico film reciclado en Ecuador.

Tabla A.1 Datos técnicos de la maquinaria

Motor	Alias	Potencia [HP]	Voltaje [V]	Corriente [A]
Banda transportadora	M1	2	480	3
Molino	M2	100	480	110
Transportador Cóclea1	M3	2		3
Motor 1 Lavadora	M4	5	480	15
Motor 2 Lavadora	M5	5	480	15
Transportador Cóclea2	M6	2	480	3
Centrifugadora	M7	180	480	195

Tabla A.2 Datos sobre los relés que activan los contactores de los motores

Alias	Elemento	Alimentación de la bobina	Frecuencia	Corriente a maniobrar
KA1	Relé Banda transportadora	24 [VDC]	60 [Hz]	10 [A]
KA2	Relé Molino	24 [VDC]	60 [Hz]	10 [A]
KA3	Relé Cóclea 1	24 [VDC]	60 [Hz]	10 [A]
KA4	Relé Motor1 Lavadora	24 [VDC]	60 [Hz]	10 [A]
KA5	Relé Motor2 Lavadora	24 [VDC]	60 [Hz]	10 [A]
KA6	Relé Cóclea 2	24 [VDC]	60 [Hz]	10 [A]
KA7	Relé Centrifugadora	24 [VDC]	60 [Hz]	10 [A]

Tabla A.3 Datos sobres los relés térmicos para cada motor

Alias	Elemento	Alimentación de la bobina	Frecuencia	Corriente a maniobrar	Rango de regulación
RT1	Relé térmico Banda transportadora	480 [V]	60 [Hz]	3 [A]	2.2-3.2 [A]
RT2	Relé térmico Molino	480 [V]	60 [Hz]	110 [A]	50-200 [A]
RT3	Relé térmico Cóclea 1	480 [V]	60 [Hz]	3 [A]	2.2-3.2 [A]
RT4	Relé térmico Motor1 Lavadora	4800 [V]	60 [Hz]	15 [A]	11-16 [A]
RT5	Relé térmico Motor2 Lavadora	480 [V]	60 [Hz]	15 [A]	11-16 [A]
RT6	Relé térmico Cóclea 2	480 [V]	60 [Hz]	3 [A]	2.2-3.2 [A]
RT7	Relé térmico Centrifugadora	480 [V]	60 [Hz]	195 [A]	50-200 [A]

CÁLCULO DEL CONSUMO DE CORRIENTE

- Cálculo de la corriente de operación del CPU**

Para calcular la corriente máxima de operación de la fuente interna del PLC y poder determinar cuántos módulos de entradas y salidas se pueden alimentar con el CPU del PLC, además de los elementos consumidores de 24V como los sensores y pulsadores se realizó una tabla de consumo por módulo. Según la ficha técnica del controlador, la capacidad de corriente máxima de la CPU 1214C DC/DC/RLY es de 500 mA a 24V DC como muestra la imagen A.1.

Intensidad de entrada	
Consumo (valor nominal)	500 mA; Solo CPU
Consumo, máx.	1 500 mA; CPU con todos los módulos de ampliación
Intensidad de cierre, máx.	12 A; con 28,8 V
I^2t	0,8 A ² ·s

Figura A.1 Consumo de corriente del CPU 1214C

Para el cálculo no se consideró el consumo de energía de las salidas relé porque la CPU ya considera esa corriente.

Tabla A.4 Consumo de los módulos de ampliación

Módulo	Entrada	Salida a relé	Corriente [mA]	Total [mA]
CPU 1214C	14		4	56
SM1223	16		4	64

SM1223		16	11	128
SB 1221	1		4	4
Total				252

Con ese total, es evidente que la fuente interna del PLC será capaz de suministrar energía a todos los módulos, no obstante, se debe tener cautela con la corriente que consumen los elementos de salida para no averiar el controlador.

- **Cálculo de la corriente de los elementos conectados a la salida del PLC**

Para el cálculo total de la corriente que consumen los relés, se toma como referencia los relés LZX:MT321024, los cuales tienen una corriente activa en la bobina a 24V DC de 50 mA, por un total de 7 relés de activación, se tiene un total de corriente de 350 mA. Por otro lado, se considera también la corriente de consumo de las luces de señalización de cada pulsador de 25 mA por un total de 19, se tienen un consumo de 300 mA. Entonces, la corriente total consumida de los elementos de salida sería de 650 mA.

Esto último nos ayuda a comprobar que la fuente interna del PLC de 500 mA a 24V DC no es apta para energizar todos los elementos conectados junto con los módulos, por ello se usa una fuente externa con un suministro de tensión de 24V DC y que como mínimo tenga 402 mA, lo que resulta difícil encontrar en el mercado puesto que las fuentes existentes entregan un mínimo de 2.5 A a 24V DC de corriente, siendo una opción adecuada en el sistema.

APÉNDICE B

DISEÑO DEL TABLERO INDUSTRIAL CON ETIQUETADO EN BASE A NOMENCLATURA IEC

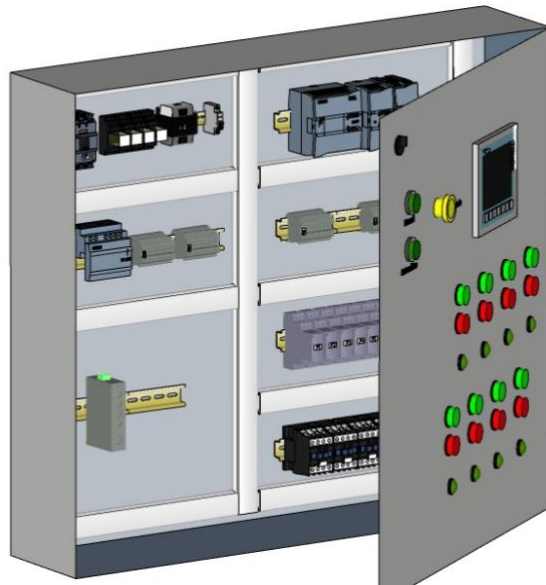


Figura B.1 Vista isométrica del tablero

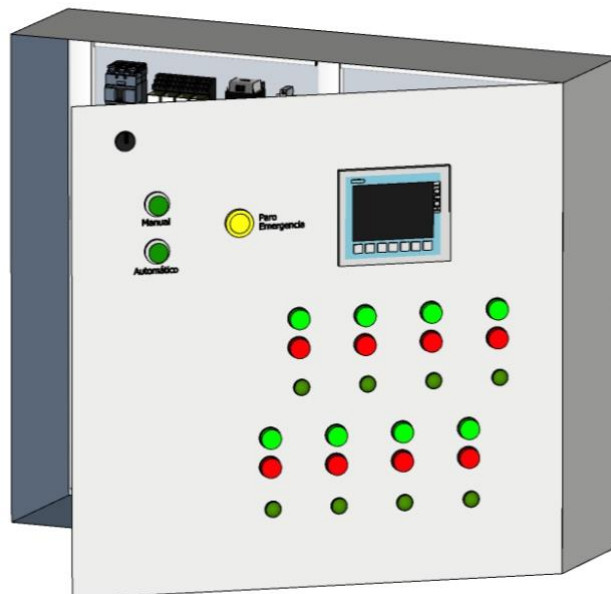


Figura B.2 Vista isométrica del tablero

- Ubicación de componentes por sección

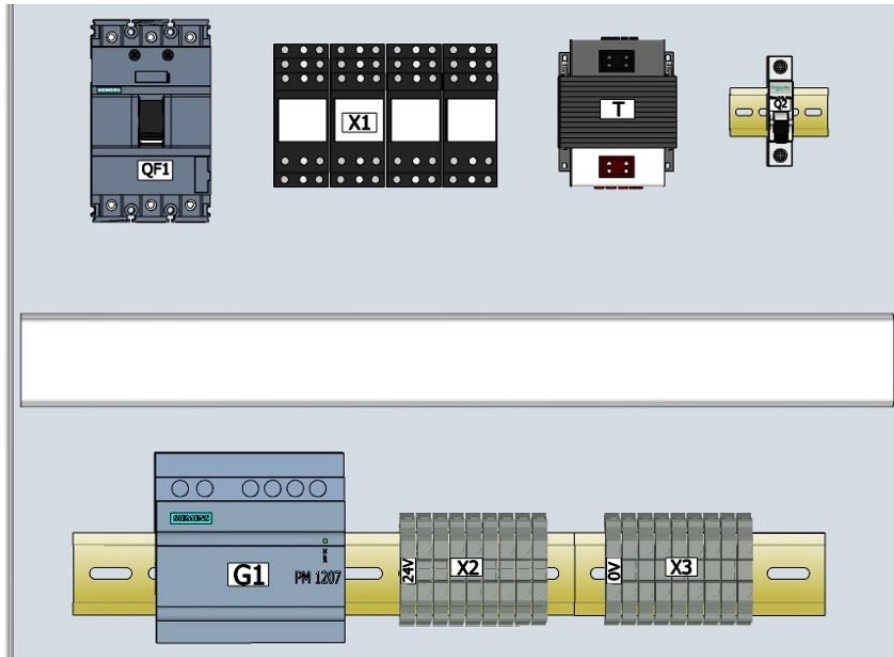


Figura B.3 Elementos de protección y alimentación

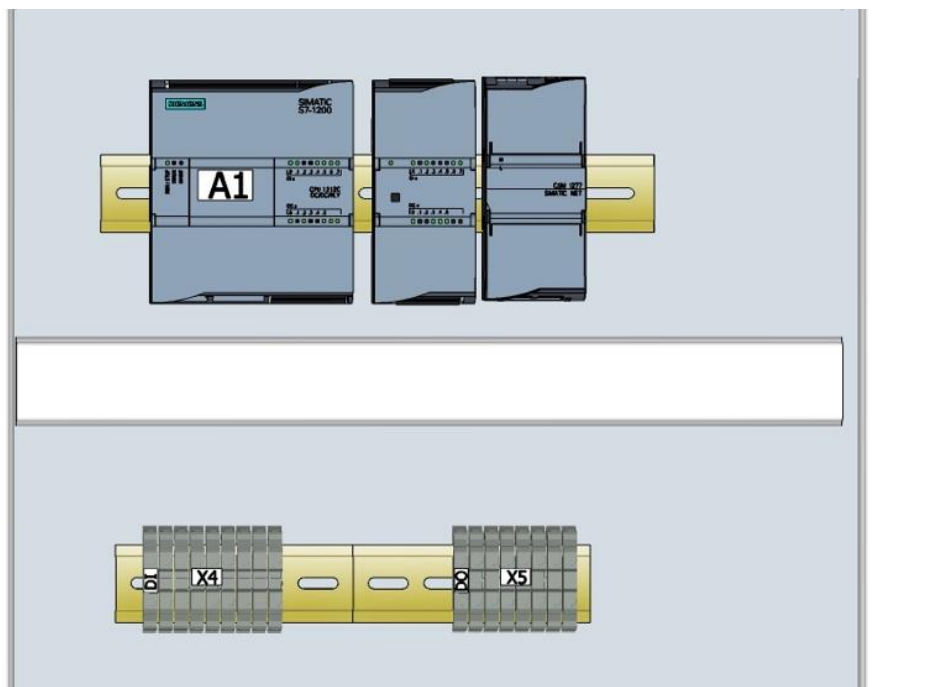


Figura B.4 Elementos de comunicación

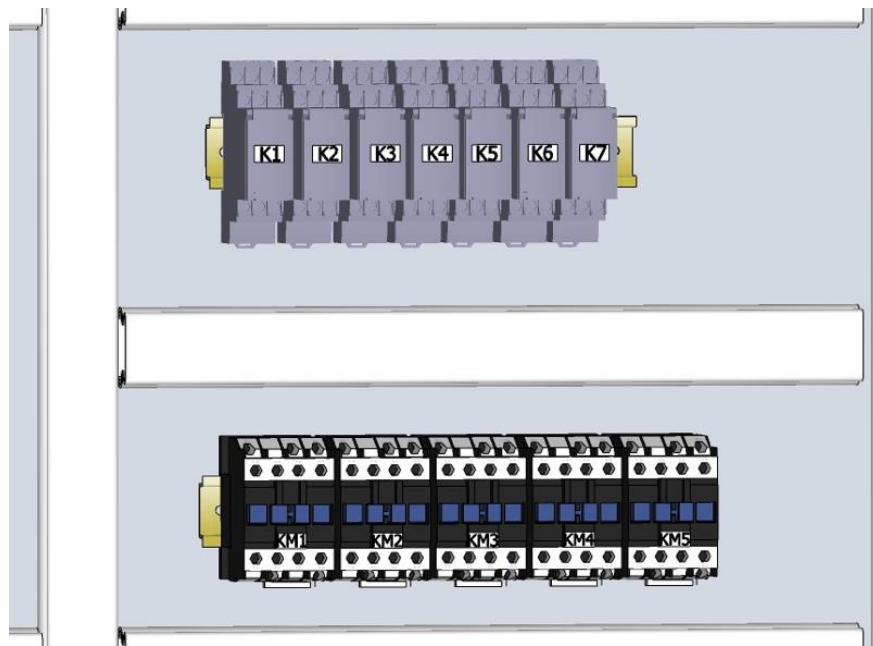


Figura B.5 Elementos de salida

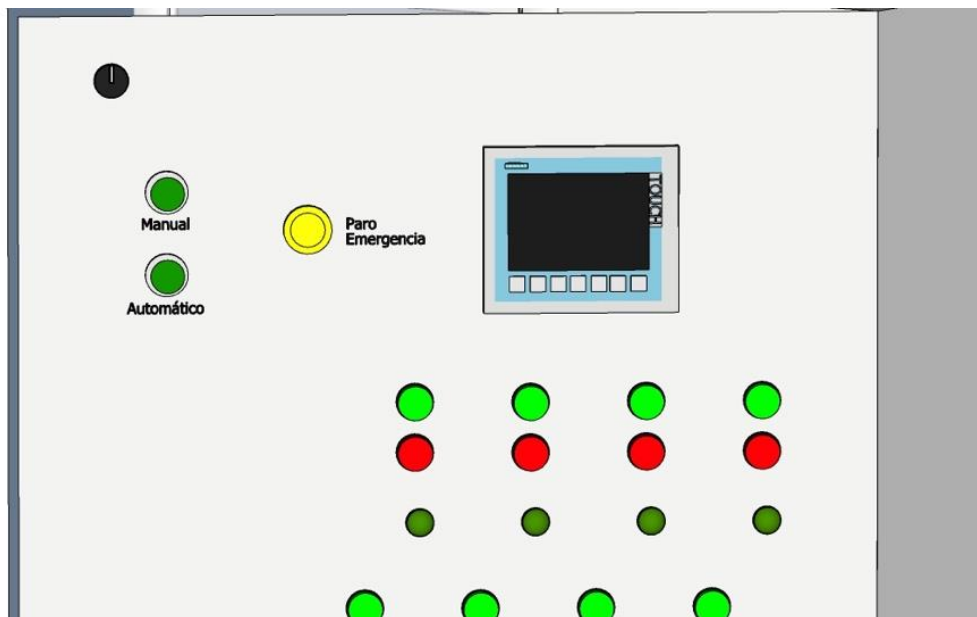
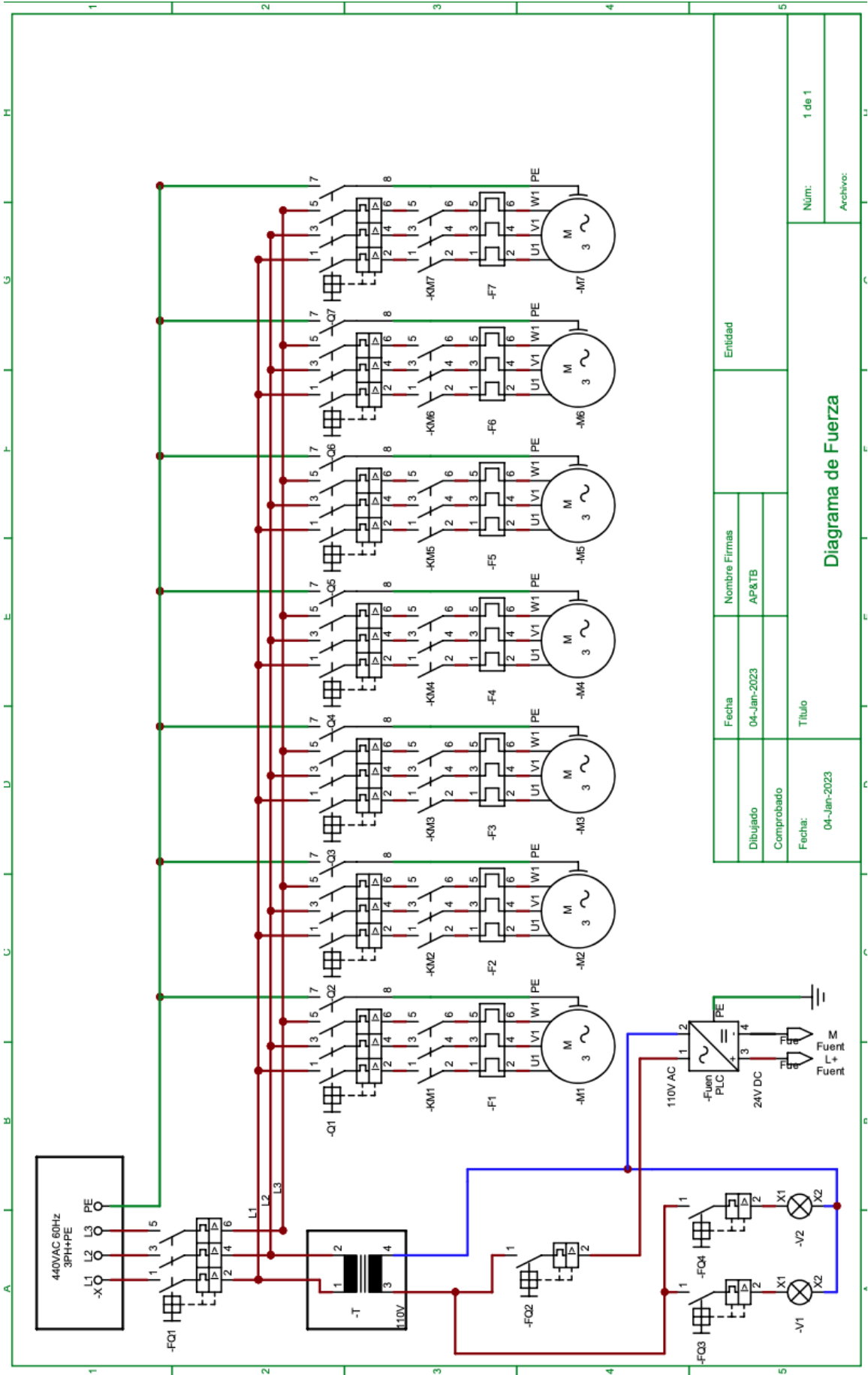


Figura B.6 Elementos de salida y monitoreo

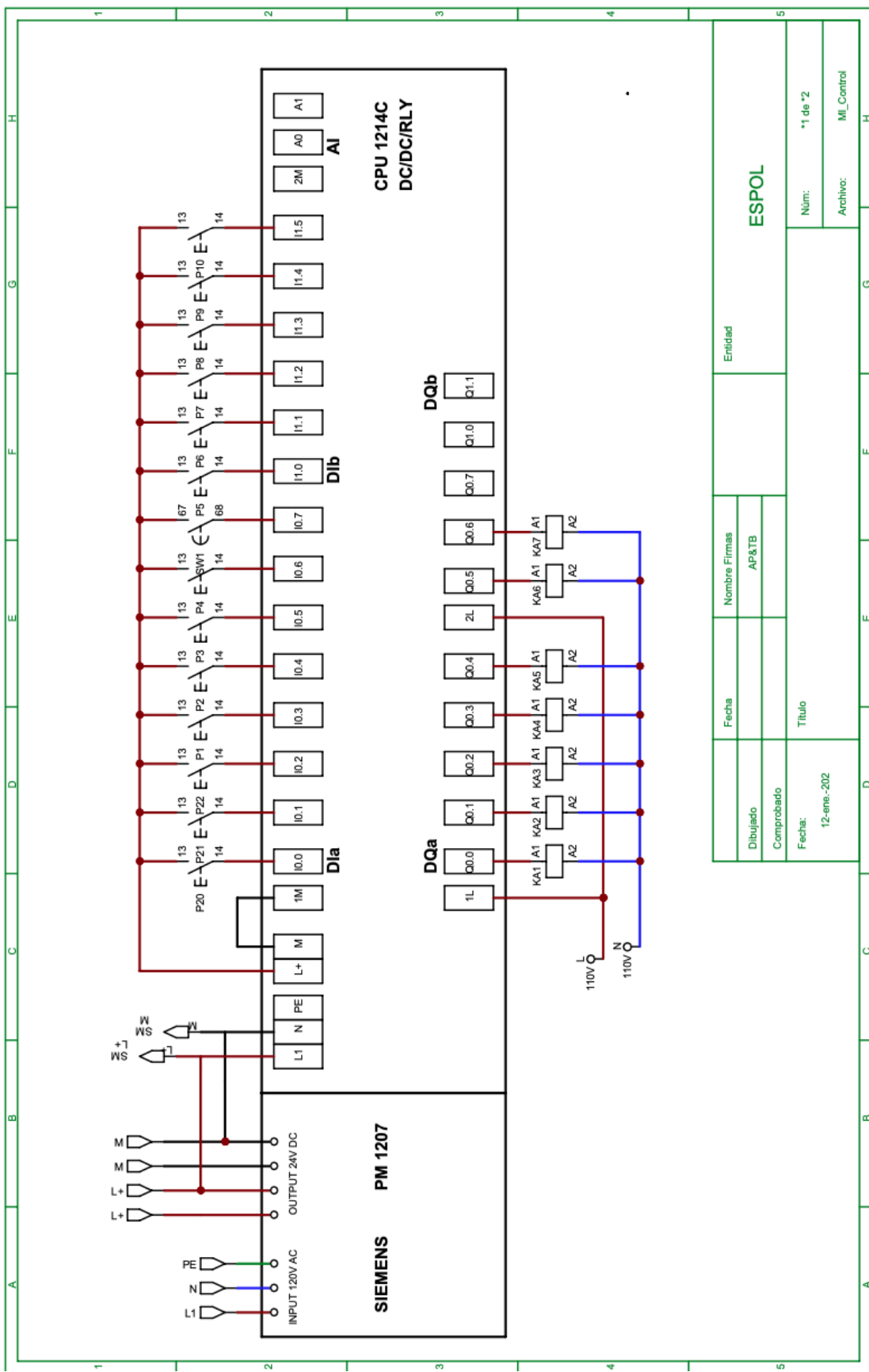
APÉNDICE C

Planos eléctricos

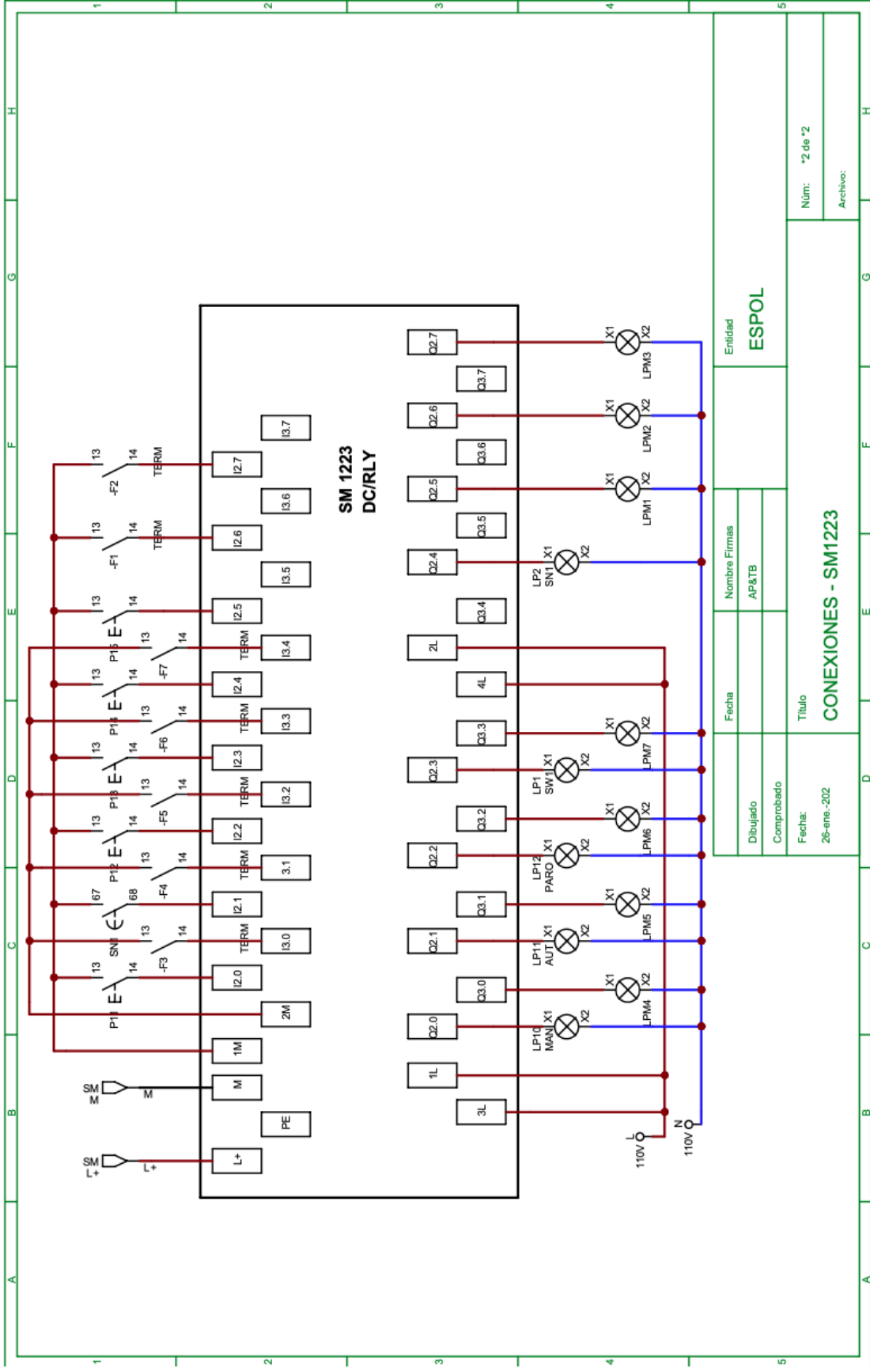


Entidad	
Dibujado	Nombre Firmas AP&TB
Comprobado	Fecha 04-Jan-2023
Fecha:	Título 04-Jan-2023
Núm:	1 de 1
Archivo:	

Diagrama de Fuerza



Entidad		ESPOL	
Fecha	Nombre Firmas	Entidad	
Dibujado	AP&TB	ESPOL	
Comprobado		ESPOL	
Fecha:	Título	Núm:	*1 de *2
12-ene-202		Archivo:	MI_Control



Entidad		ESPOL	
Nombre Firmas		AP&TB	
Fecha			
Dibujado			
Comprobado			
Fecha:	26-ene-202		
Título		CONEXIONES - SM1223	
Núm:		*2 de *2	
Archivo:			

APÉNDICE D

CONFIGURACIONES DEL PLC 1214C DC/DC/RLY

Previo a la programación, es importante realizar algunas configuraciones para que el controlador y los módulos de expansión sean detectado por el software, en este caso se debe verificar desde *vista de dispositivo* que el PLC corresponde al de la serie, y que abarca la conexión con *la signal board SB* tipo RTD y el módulo de expansión SM correspondientes.

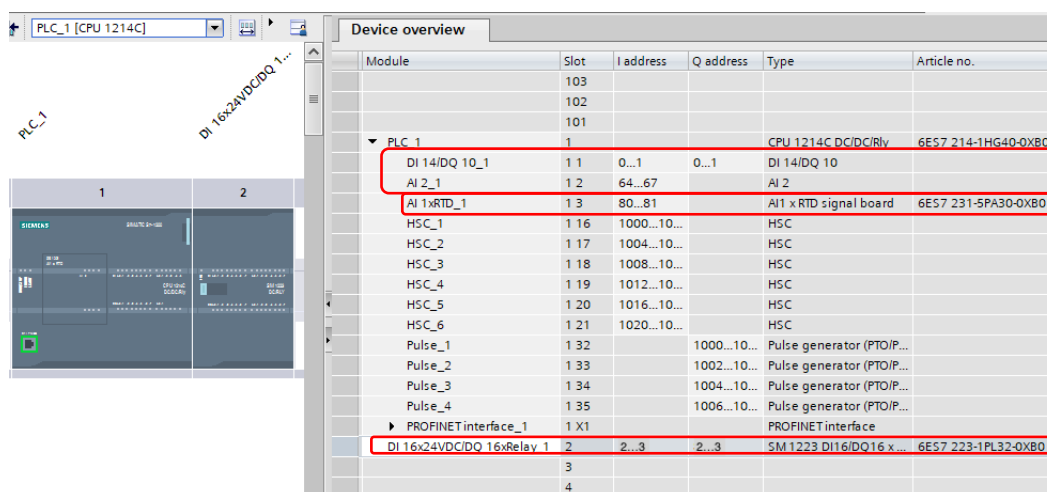


Figura D.1 Vista de dispositivos

Además, se debe verificar las direcciones de las entradas y salidas para que, durante la programación, las variables creadas correspondan a la misma dirección, sea esta de tipo booleana, entera o real. A la signal board, específicamente, se le debe configurar el tipo sensor que leerá en su entrada, sea de 2/3/4 hilos.

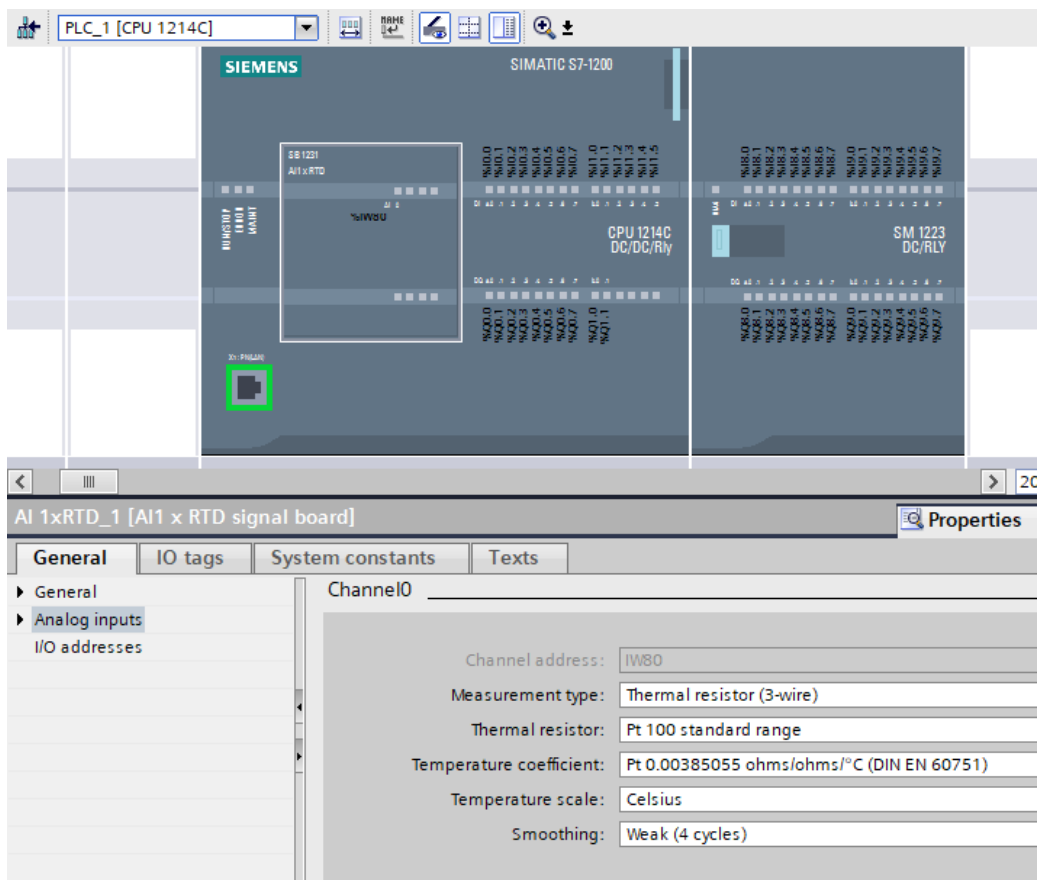


Figura D.2 Configuración de la Módulo de Señal

Realizada la programación, verificar que la conexión entre la pantalla y el PLC es PROFINET y verificar que ambos estén en la misma subred, caso contrario no podrán comunicarse entre ellos.

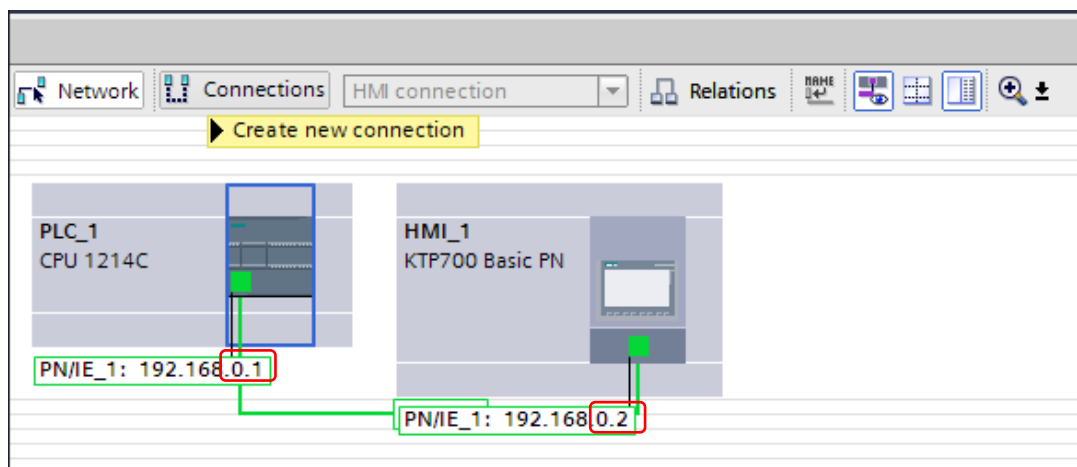


Figura D.3 Conexión entre PLC – HMI

APÉNDICE D

Programación de la línea de peletizado

ModulosProyectoMI / PLC_1 [CPU 1214C DC/DC/Rly] / Program blocks

MARCAS_AUTO [FB3]

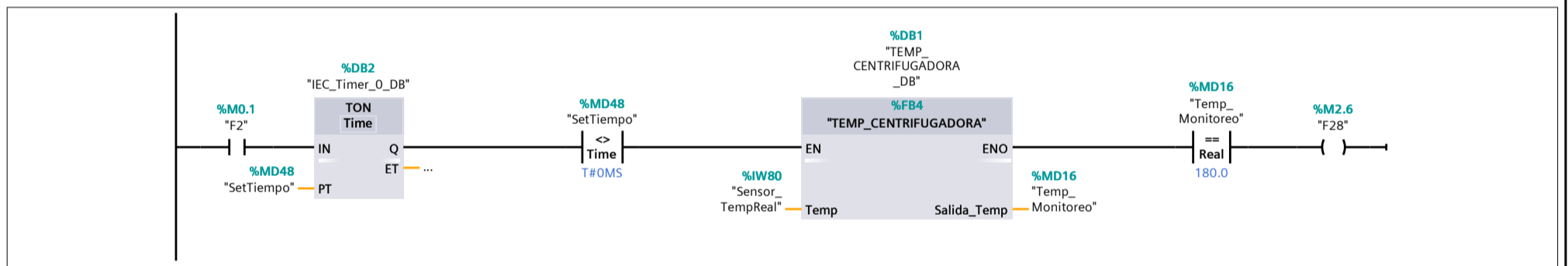
MARCAS_AUTO Properties

General					
Name	MARCAS_AUTO	Number	3	Type	FB
Numbering	Automatic			Language	LAD
Information					
Title	Programación Modo Automático	Author		Comment	
Version	0.1	User-defined ID		Family	

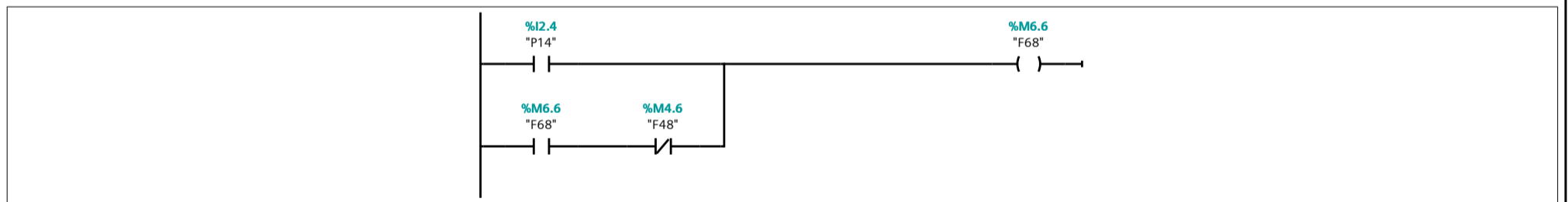
MARCAS_AUTO

Name	Data type	Default value	Retain	Accessible from HMI/OPC UA	Writable from HMI/OPC UA	Visible in HMI engineering	Setpoint	Supervision	Comment
Input									
Output									
InOut									
Static									
▼ Temp									
AuxTiempo1	Real								
SalidaTiempo1	DInt								
Constant									

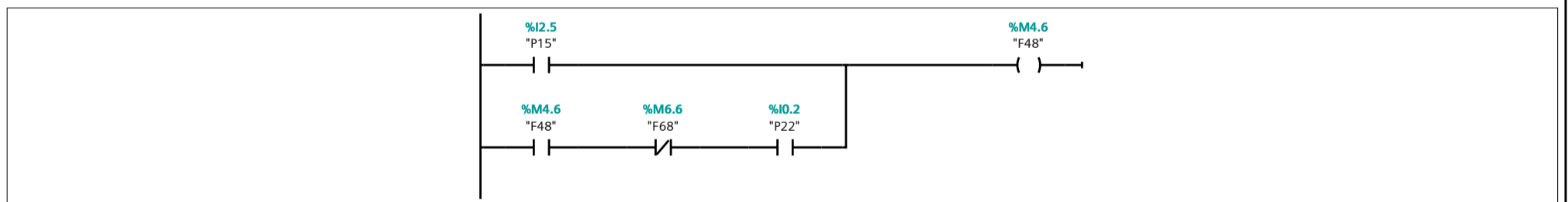
Network 1: ACTIVACION CENTRIFUGADORA



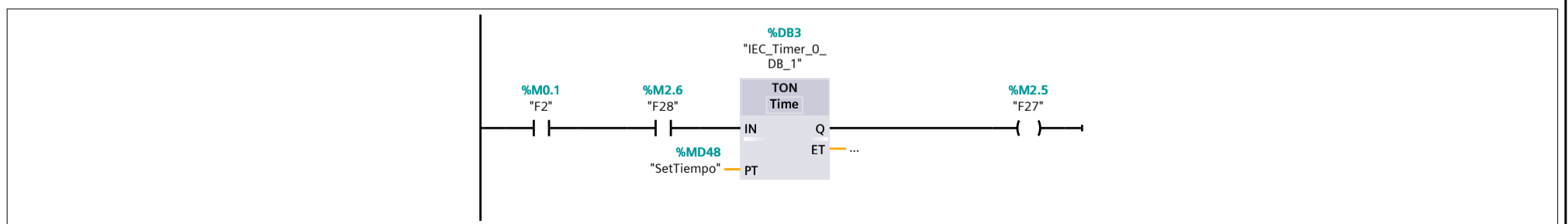
Network 2: RE-INICIA ACTIVACION CENTRIFUGADORA



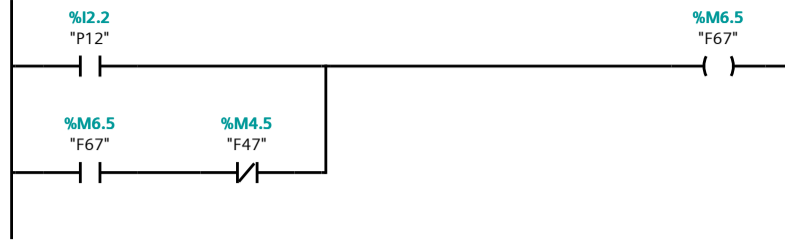
Network 3: DESACTIVACION CENTRIFUGADORA



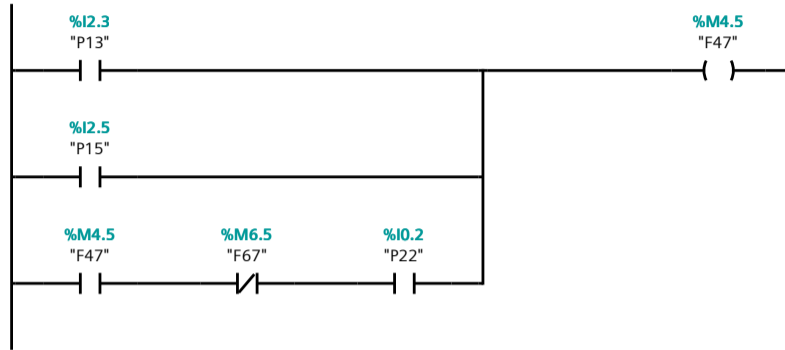
Network 4: ACTIVACION COCLEA2



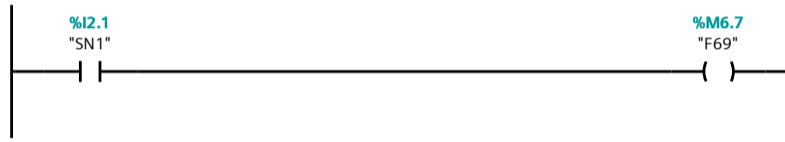
Network 5: RE-INICIA ACTIVACION COCLEA2



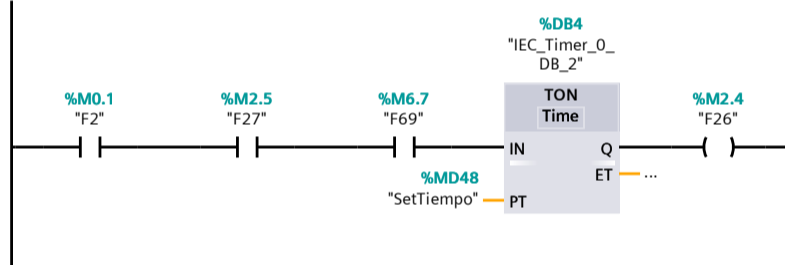
Network 6: DESACTIVACION COCLEA2



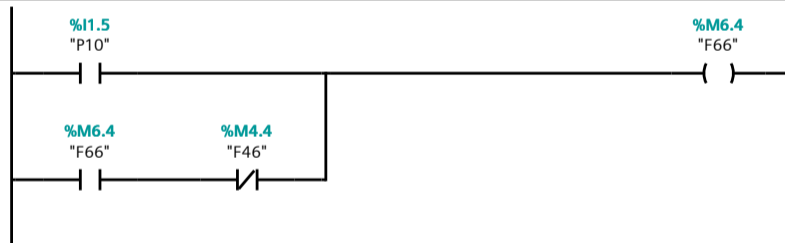
Network 7: ACTIVA SENSOR DE NIVEL



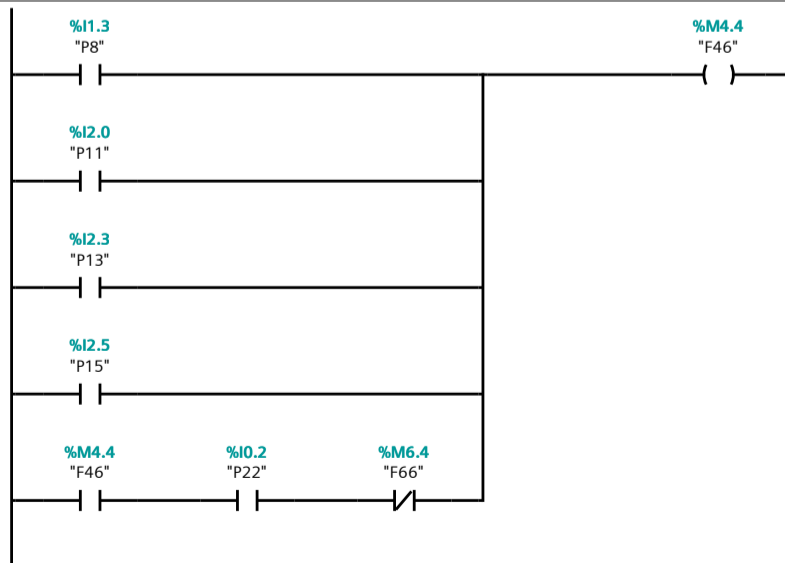
Network 8: ACTIVACION MOTOR2 LAVADORA



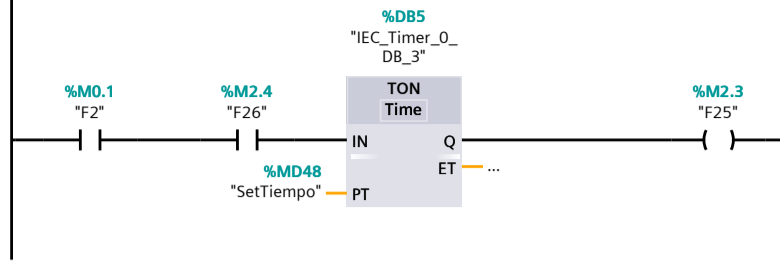
Network 9: RE-INICIA ACTIVACION MOTOR2 LAVADORA



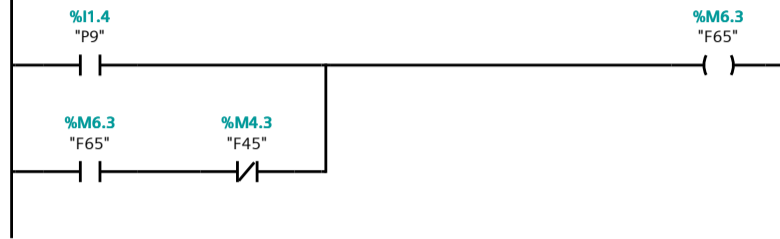
Network 10: DESACTIVACION MOTOR2 LAVADORA



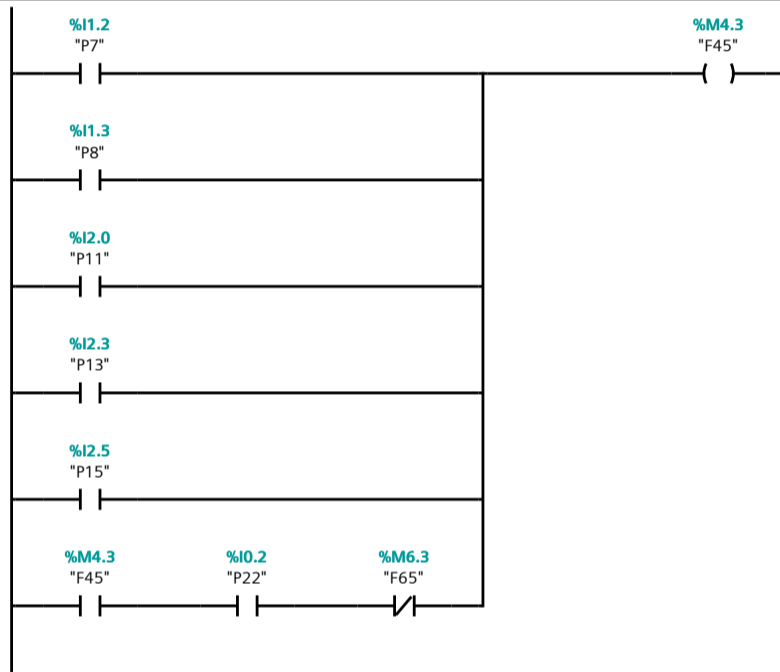
Network 11: ACTIVACION MOTOR1 LAVADORA



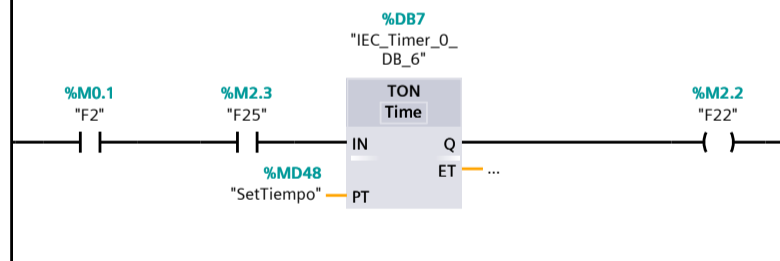
Network 12: RE-INICIA ACTIVACION MOTOR1 LAVADORA



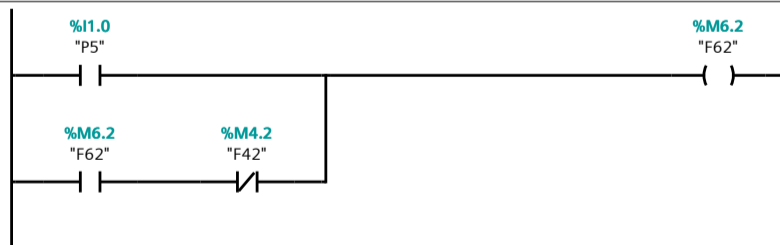
Network 13: DESACTIVACION MOTOR1 LAVADORA



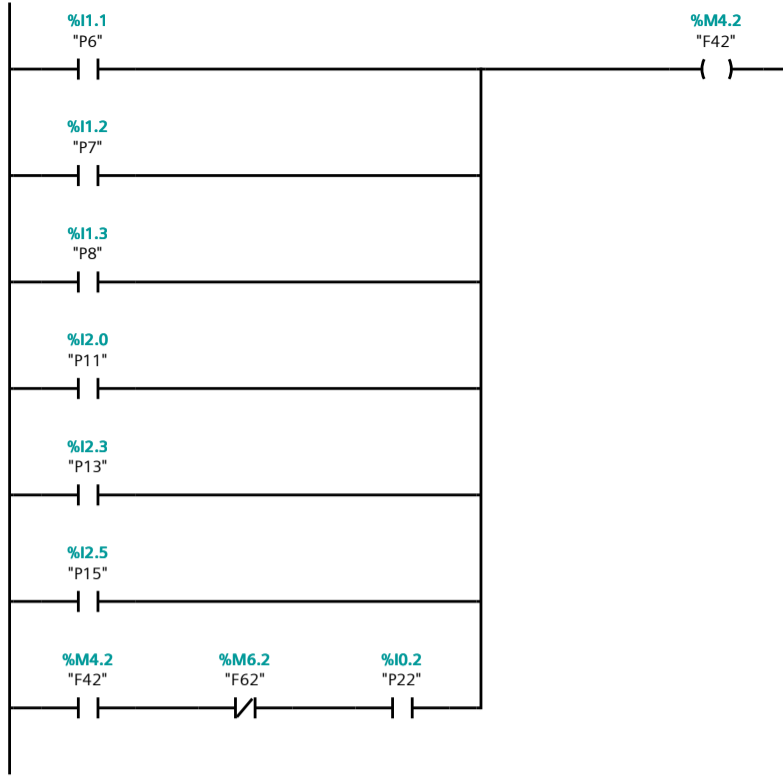
Network 14: ACTIVACION COCLEA1



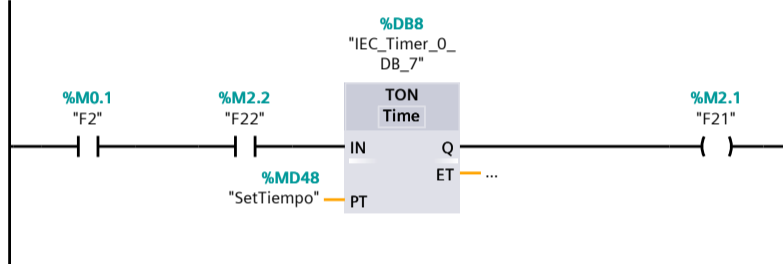
Network 15: RE-INICIA ACTIVACION COCLEA1



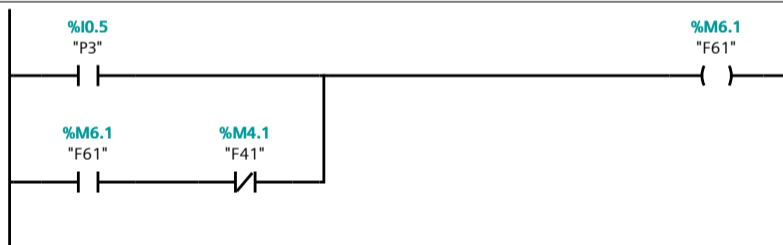
Network 16: DESACTIVACION COCLEA1



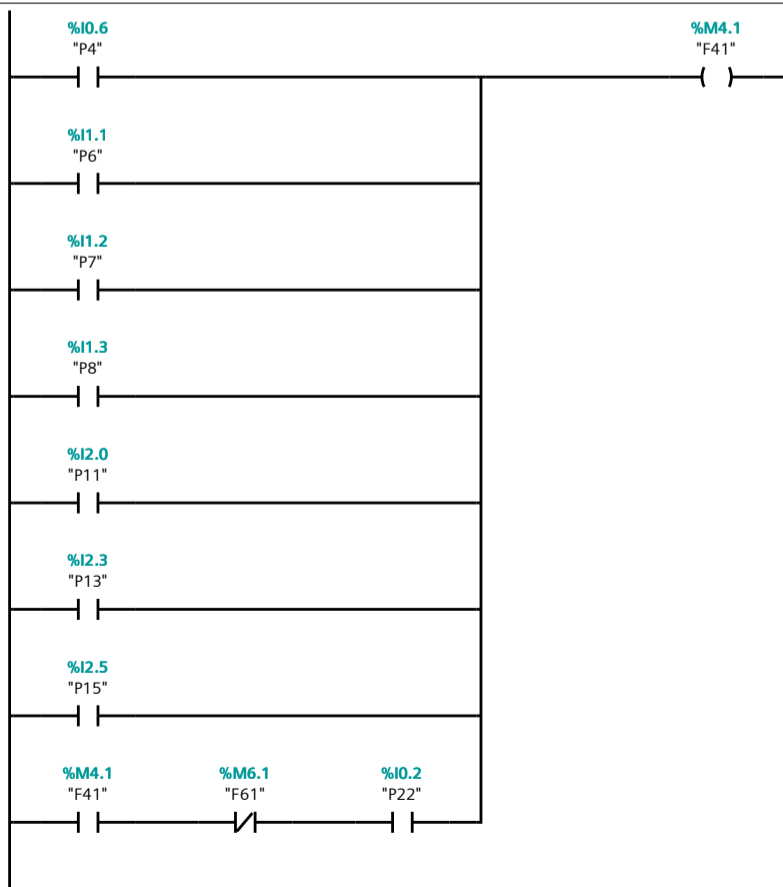
Network 17: ACTIVACION MOLINO



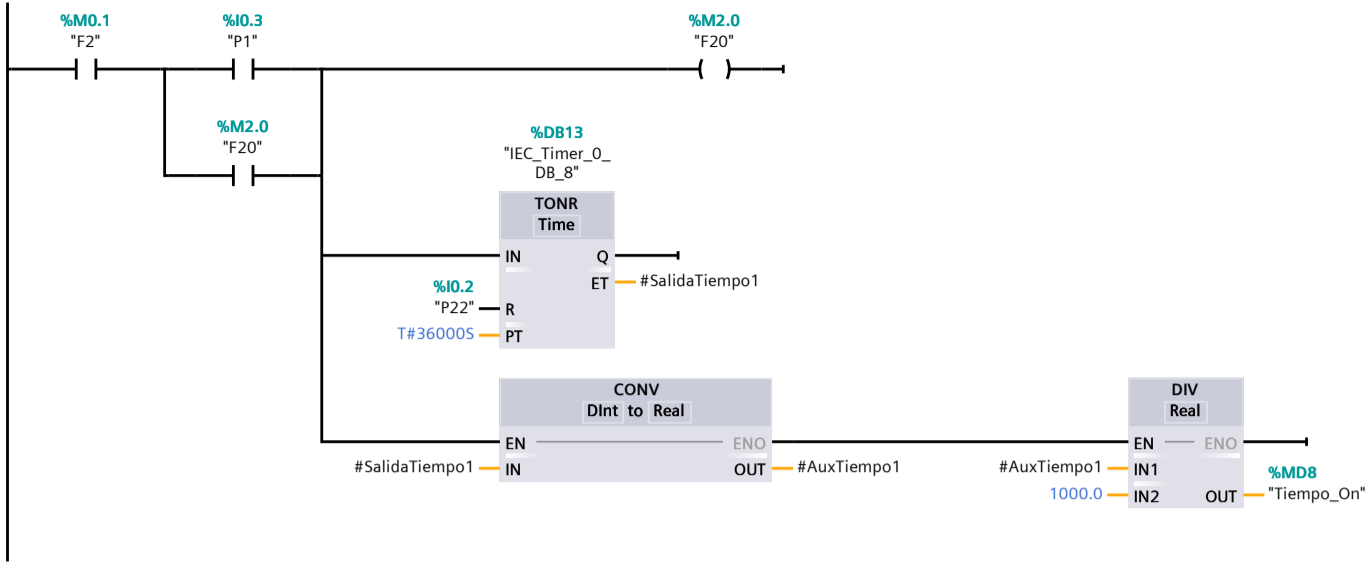
Network 18: RE-INICIA ACTIVACION MOLINO



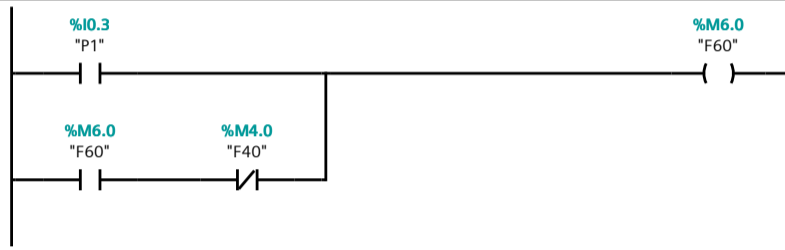
Network 19: DESACTIVACION MOLINO



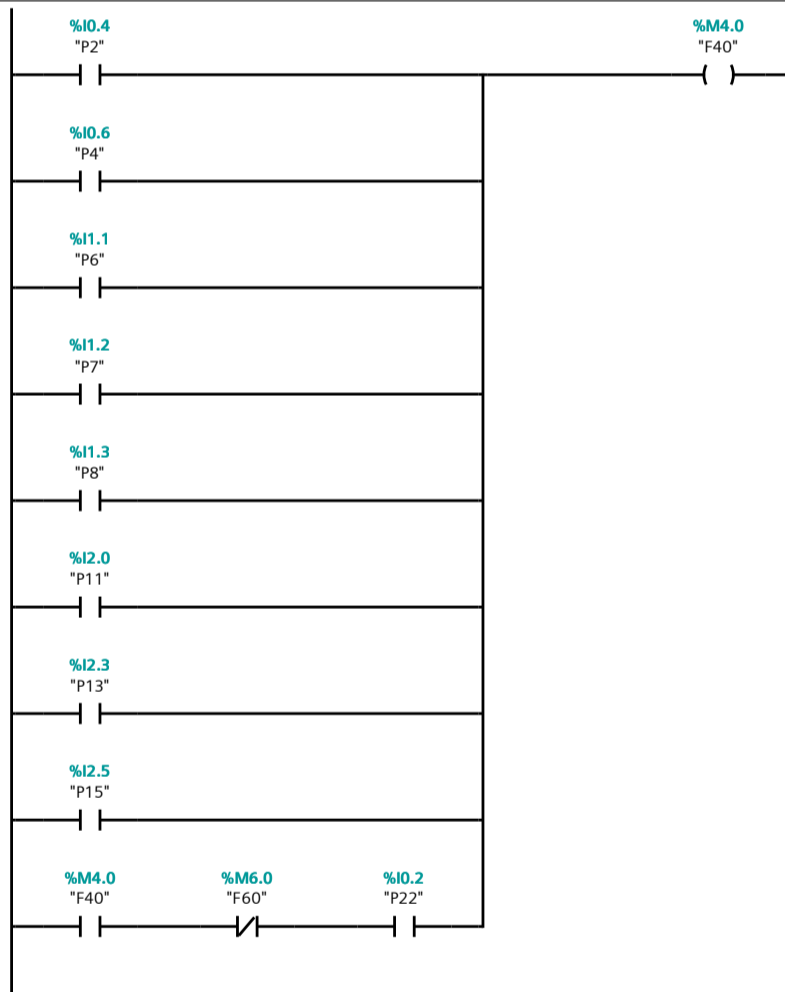
Network 20: ACTIVACION BANDA TRANSPORTADORA



Network 21: RE-INICIA ACTIVACION BANDA TRANSPORTADORA



Network 22: DESACTIVACION BANDA TRANSPORTADORA



ModulosProyectoMI / PLC_1 [CPU 1214C DC/DC/Rly] / Program blocks

MARCAS_MANUAL [FB2]

MARCAS_MANUAL Properties

General

Name	MARCAS_MANUAL	Number	2	Type	FB	Language	LAD
Numbering	Automatic						

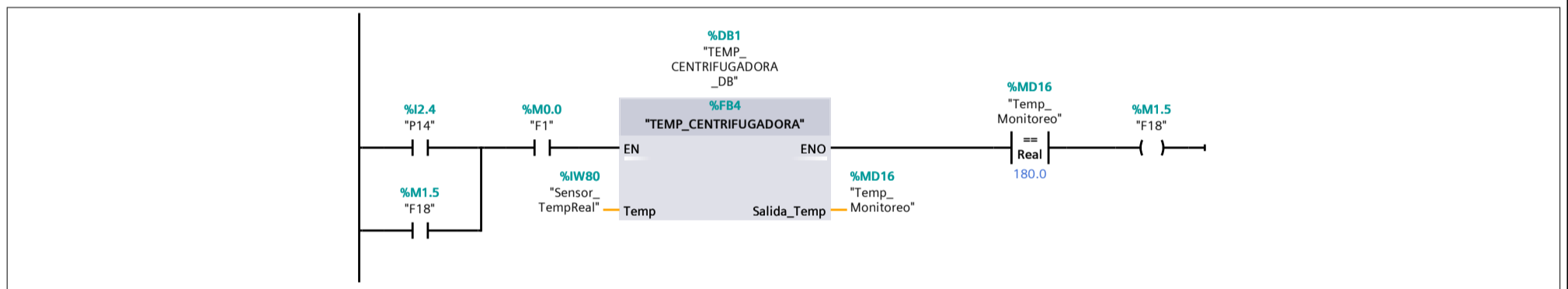
Information

Title	Programación Modo Manual	Author		Comment		Family	
Version	0.1	User-defined ID					

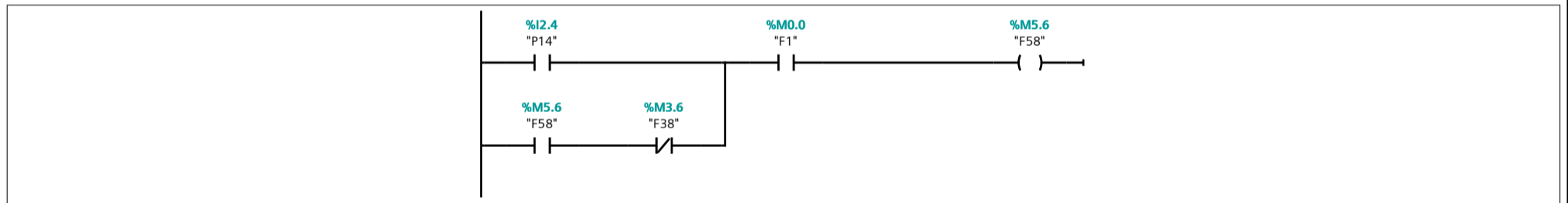
MARCAS_MANUAL

Name	Data type	Default value	Retain	Accessible from HMI/OPC UA	Writ-able from HMI/OPC UA	Visible in HMI engineering	Setpoint	Supervi-sion	Comment
Input									
Output									
InOut									
Static									
▼ Temp									
AuxTiempo2	Real								
SalidaTiempo2	DInt								
Constant									

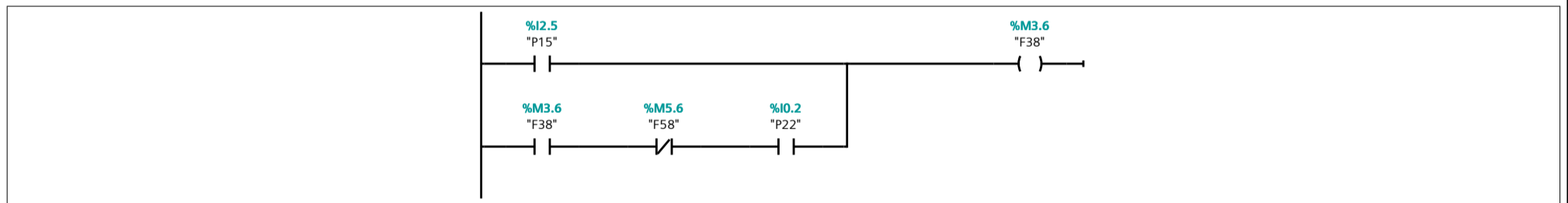
Network 1: ACTIVACION CENTRIFIGURADORA



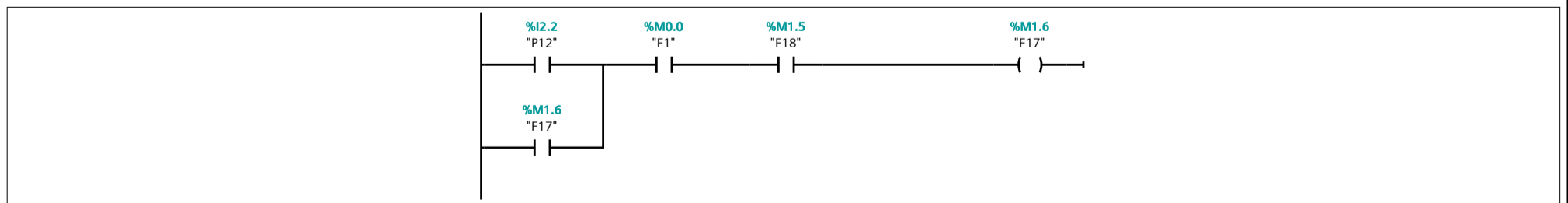
Network 2: RE-INICIA ACTIVACION CENTRIFIGURADORA



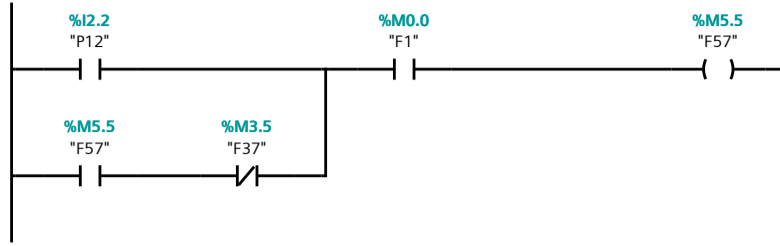
Network 3: DESACTIVACION CENTRIFIGURADORA



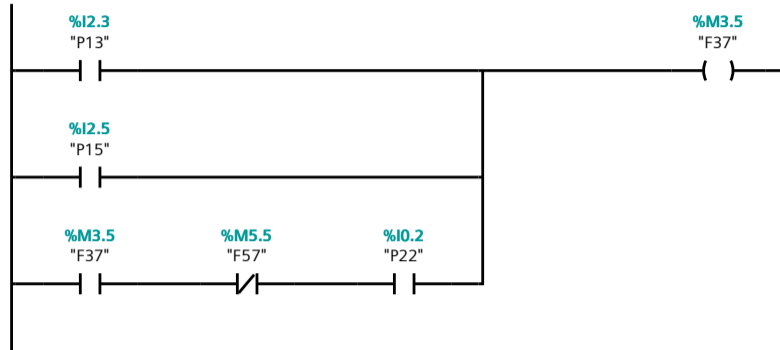
Network 4: ACTIVACION COCLEA2



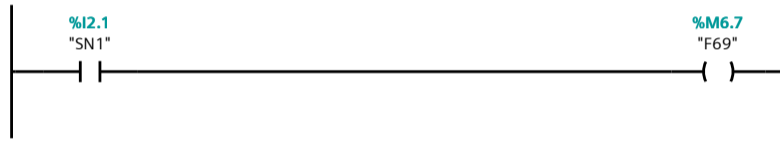
Network 5: RE-INICIA ACTIVACION COCLEA2



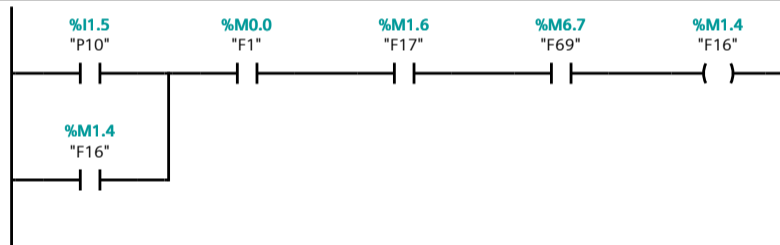
Network 6: DESACTIVACION COCLEA2



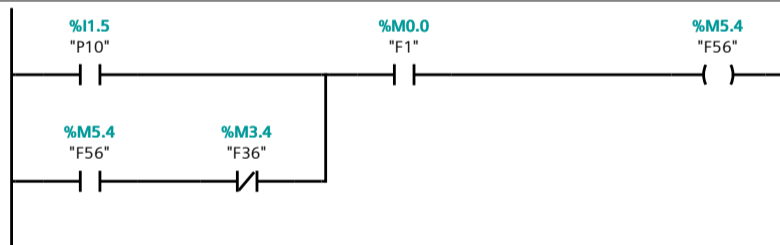
Network 7: ACTIVA SENSOR DE NIVEL



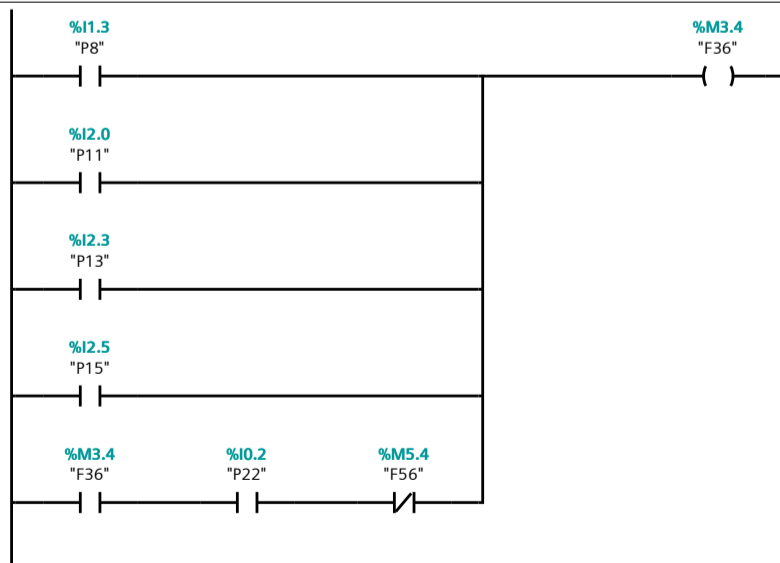
Network 8: ACTIVACION MOTOR2 LAVADORA



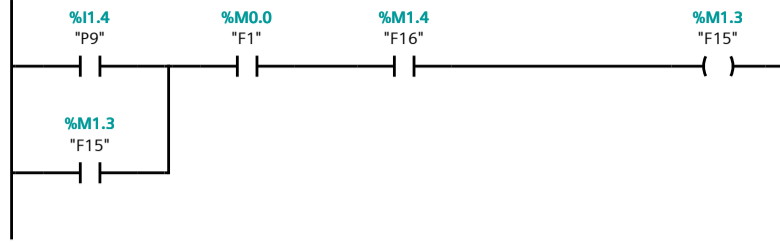
Network 9: RE-INICIA ACTIVACION MOTOR2 LAVADORA



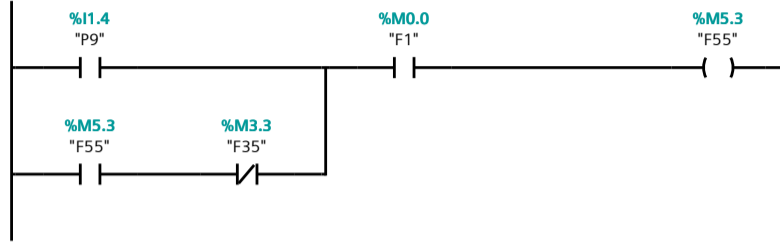
Network 10: DESACTIVACION MOTOR2 LAVADORA



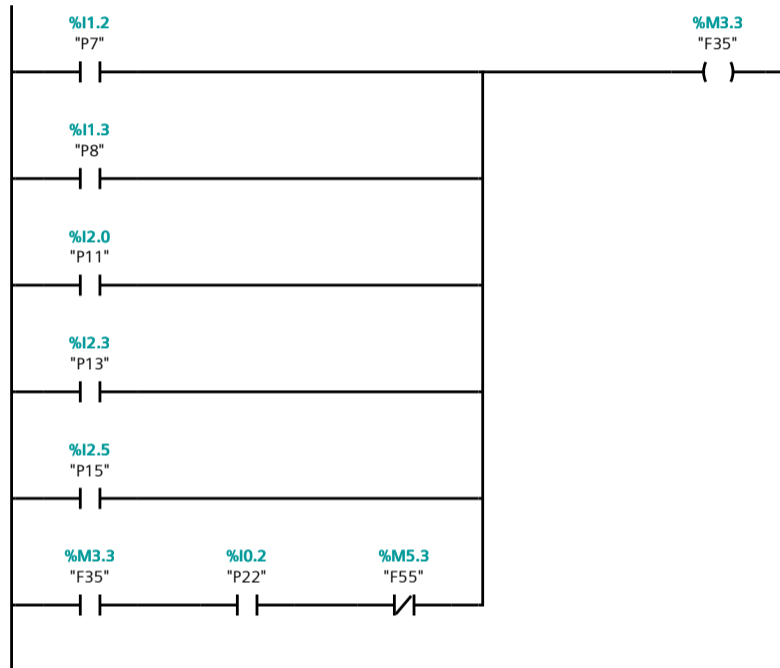
Network 11: ACTIVACION MOTOR1 LAVADORA



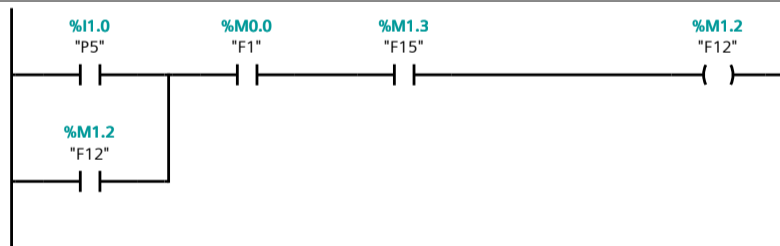
Network 12: RE-INICIA ACTIVACION MOTOR1 LAVADORA



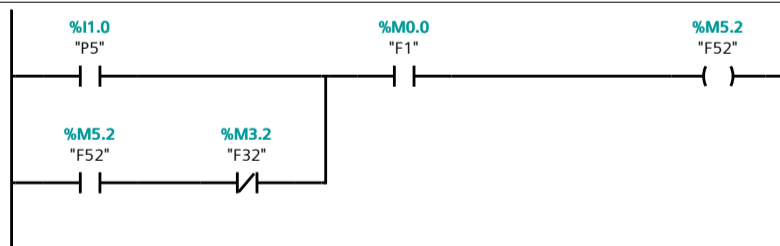
Network 13: DESACTIVACION MOTOR1 LAVADORA



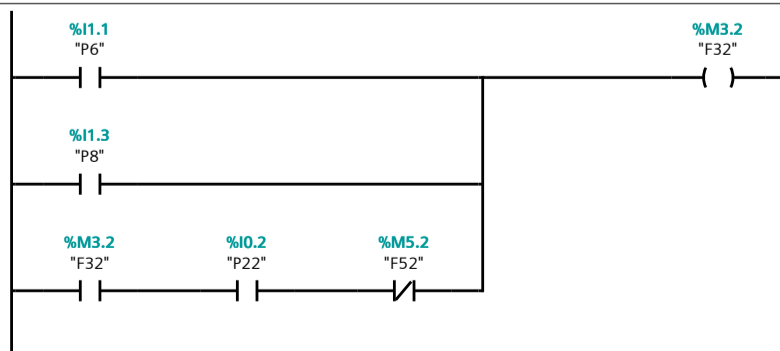
Network 14: ACTIVACION COCLEA1



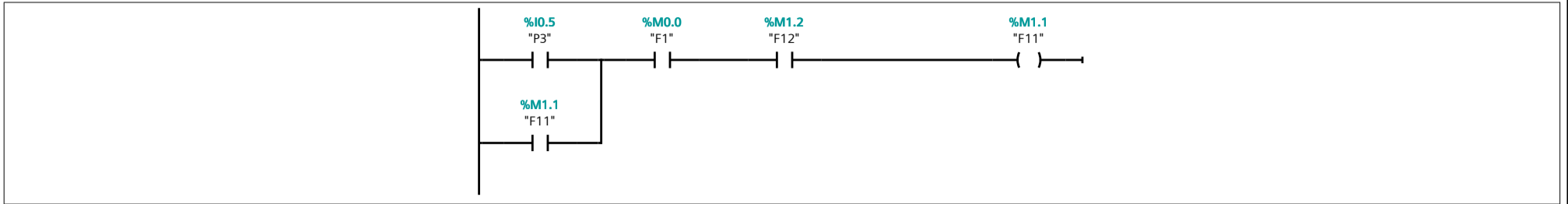
Network 15: RE-INICIA ACTIVACION COCLEA1



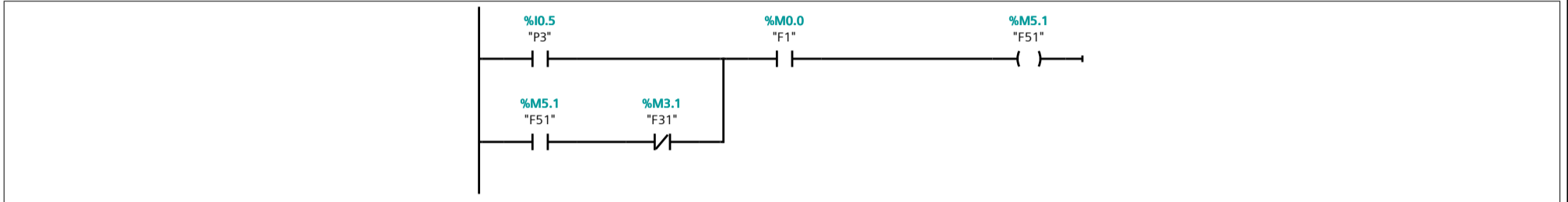
Network 16: DESACTIVACION COCLEA1



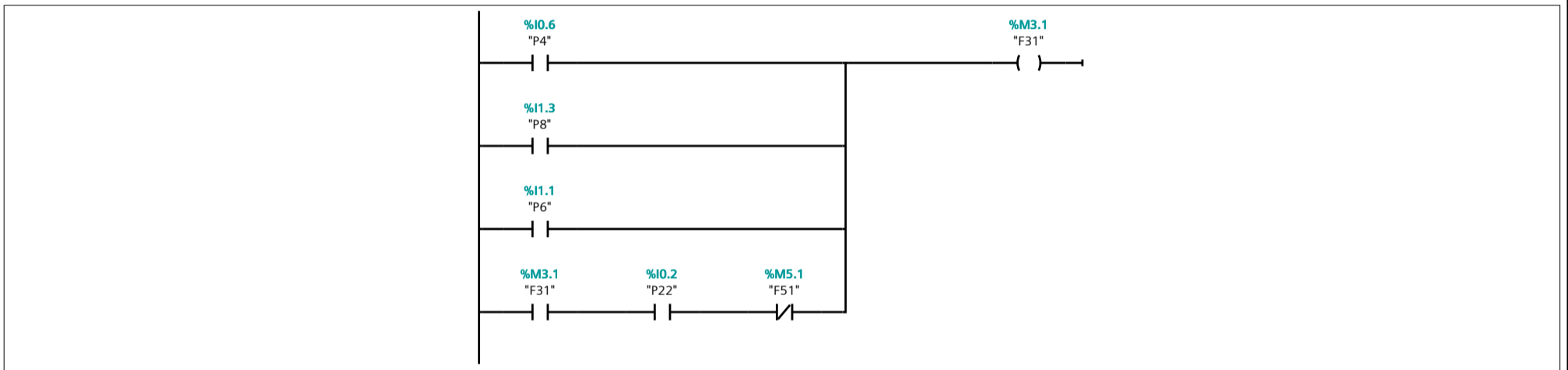
Network 17: ACTIVACION MOLINO



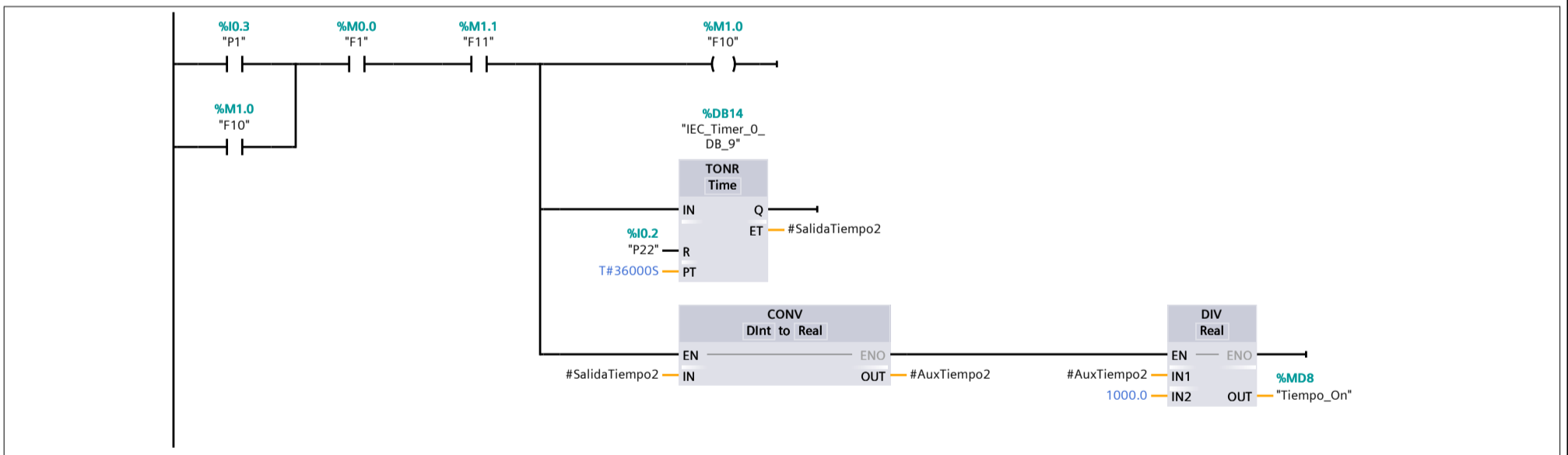
Network 18: RE-INICIA ACTIVACION MOLINO



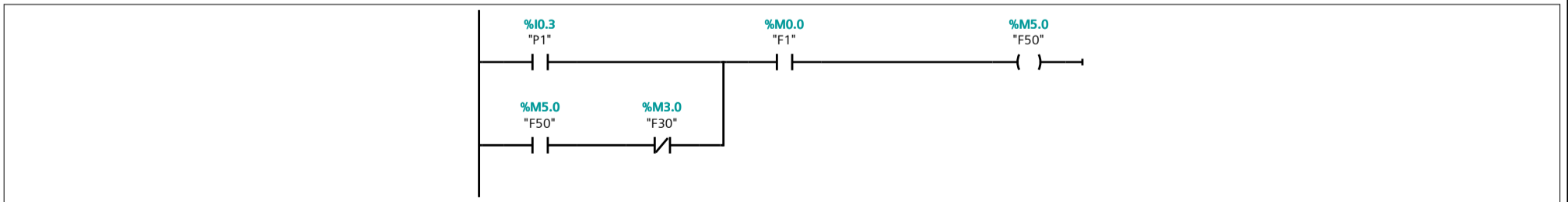
Network 19: DESACTIVACION MOLINO



Network 20: ACTIVACION BANDA TRANSPORTADORA

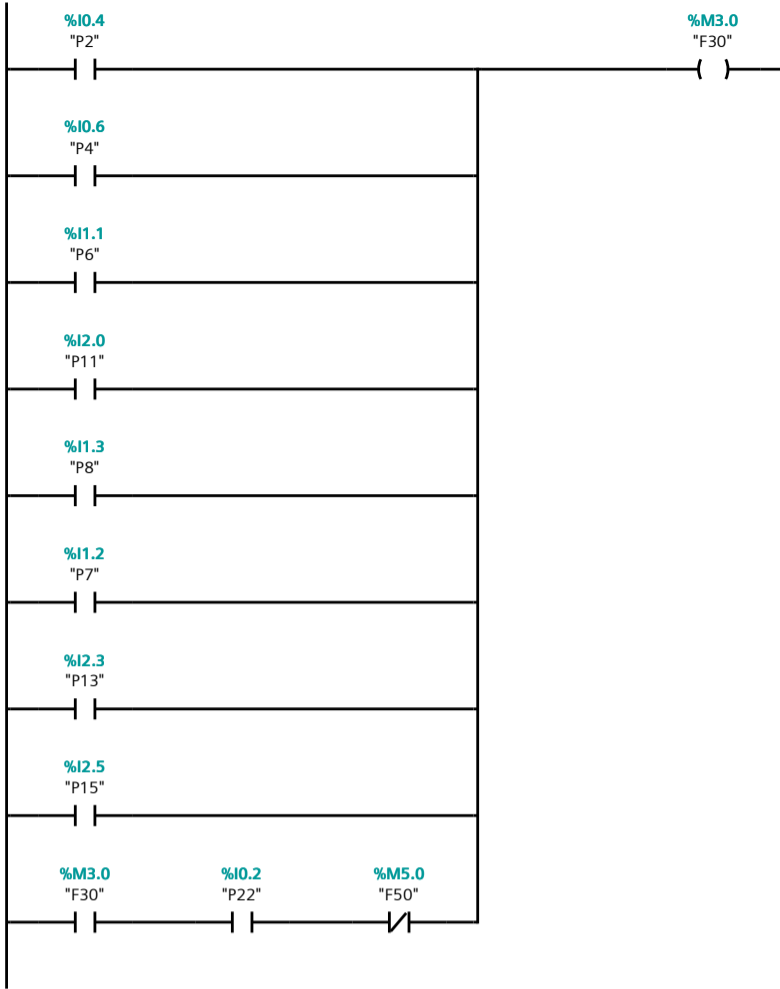


Network 21: RE-INICIA ACTIVACION BANDA TRANSPORTADORA



Network 22: DESACTIVACION BANDA TRANSPORTADORA





ModulosProyectoMI / PLC_1 [CPU 1214C DC/DC/Rly] / Program blocks

DATOS_MOTORES [FB5]

DATOS_MOTORES Properties

General

Name	DATOS_MOTORES	Number	5	Type	FB	Language	LAD
Numbering	Automatic						

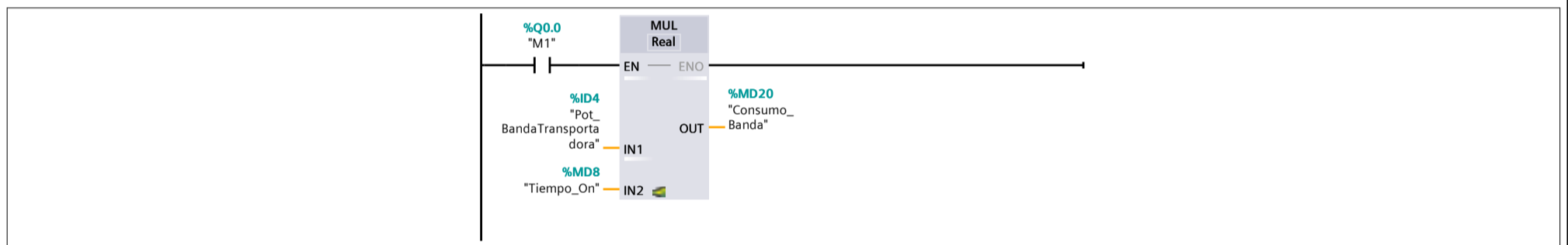
Information

Title	Cálculo del consumo activo de los motores	Author		Comment		Family	
Version	0.1	User-defined ID					

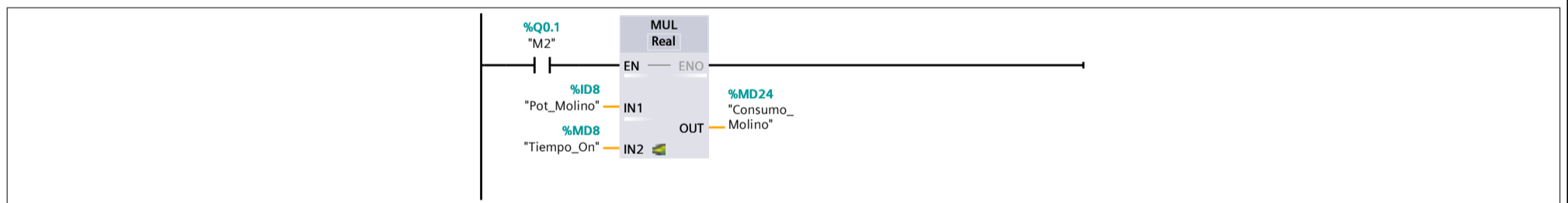
DATOS_MOTORES

Name	Data type	Default value	Retain	Accessible from HMI/OPC UA	Writable from HMI/OPC UA	Visible in HMI engineering	Setpoint	Supervision	Comment
Input									
Output									
InOut									
Static									
Temp									
Constant									

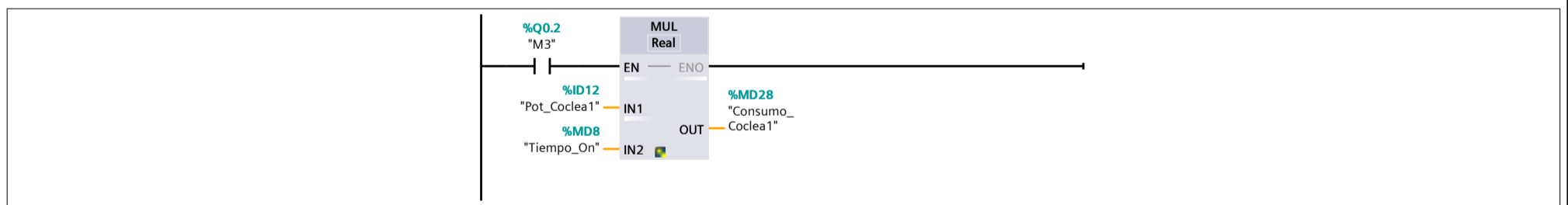
Network 1:



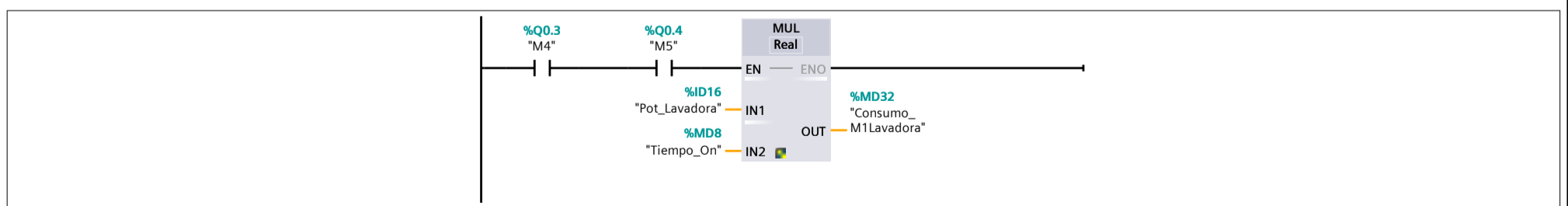
Network 2:



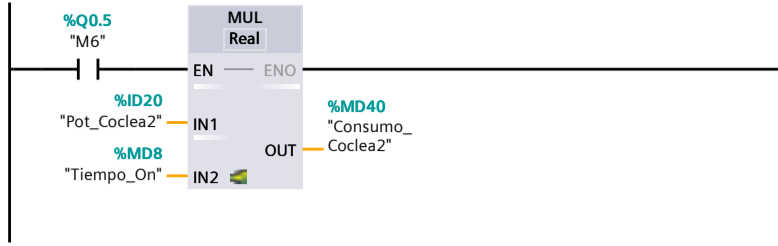
Network 3:



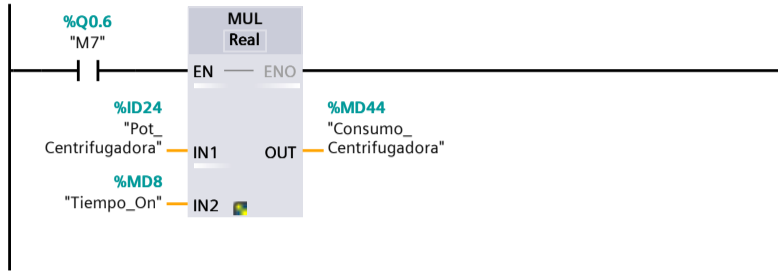
Network 4:



Network 5:



Network 6:



ModulosProyectoMI / PLC_1 [CPU 1214C DC/DC/Rly] / Program blocks

TEMP_CENTRIFUGADORA [FB4]

TEMP_CENTRIFUGADORA Properties

General

Name	TEMP_CENTRIFUGADORA	Number	4	Type	FB	Language	LAD
Numbering	Automatic						

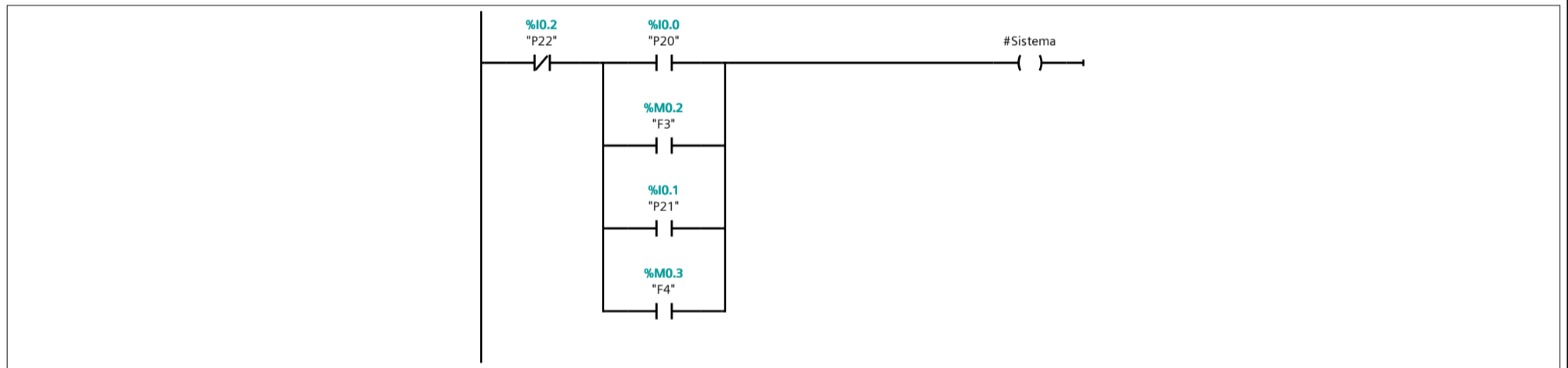
Information

Title		Author		Comment		Family	
Version	0.1	User-defined ID					

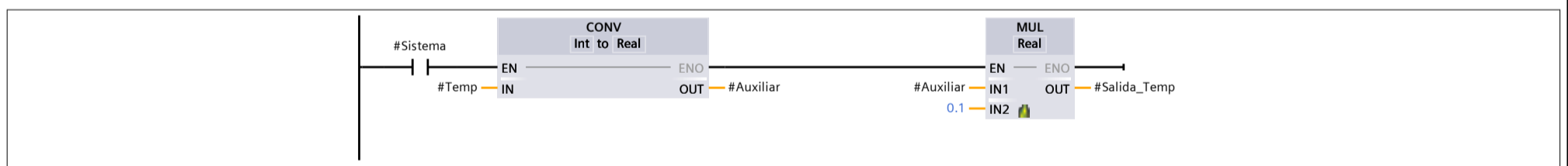
TEMP_CENTRIFUGADORA

Name	Data type	Default value	Retain	Accessible from HMI/OPC UA	Writ-able from HMI/OPC UA	Visible in HMI engineering	Setpoint	Supervi-sion	Comment
▼ Input									
Temp	Int	0	Non-retain	True	True	True	False		
▼ Output									
Salida_Temp	Real	0.0	Non-retain	True	True	True	False		
InOut									
Static									
▼ Temp									
Sistema	Bool								
Auxiliar	Real								
Constant									

Network 1: ACT/DES SISTEMA



Network 2: CONV DE VALORES DE SENSOR PT100



ModulosProyectoMI / PLC_1 [CPU 1214C DC/DC/Rly] / Program blocks

AVISOS [FC1]

AVISOS Properties

General

Name	AVISOS	Number	1	Type	FC	Language	LAD
Numbering	Automatic						

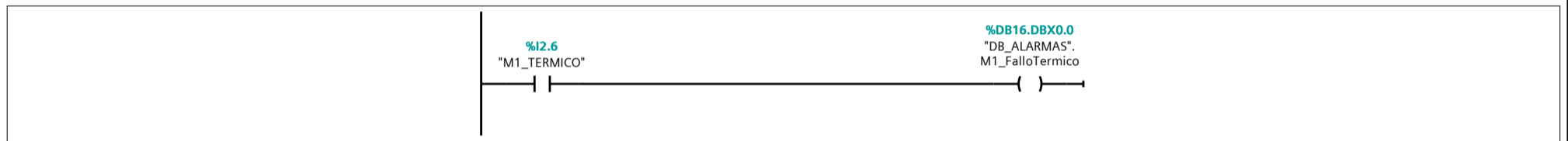
Information

Title		Author		Comment		Family	
Version	0.1	User-defined ID					

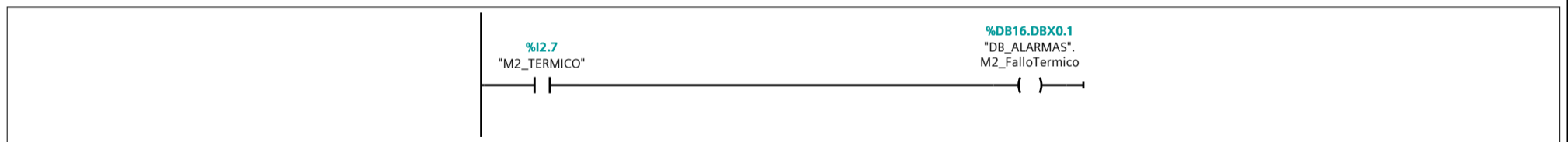
AVISOS

Name	Data type	Default value	Comment
Input			
Output			
InOut			
Temp			
Constant			
Return			
AVISOS	Void		

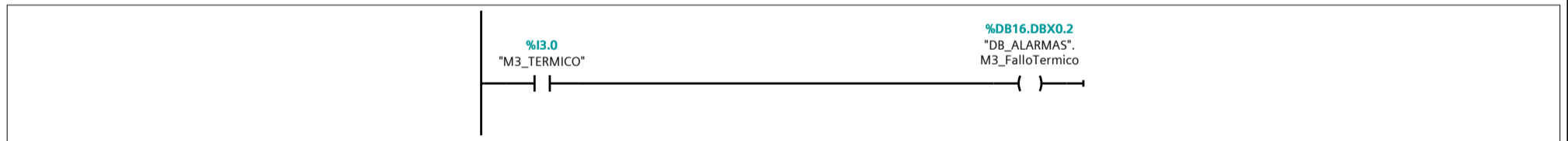
Network 1:



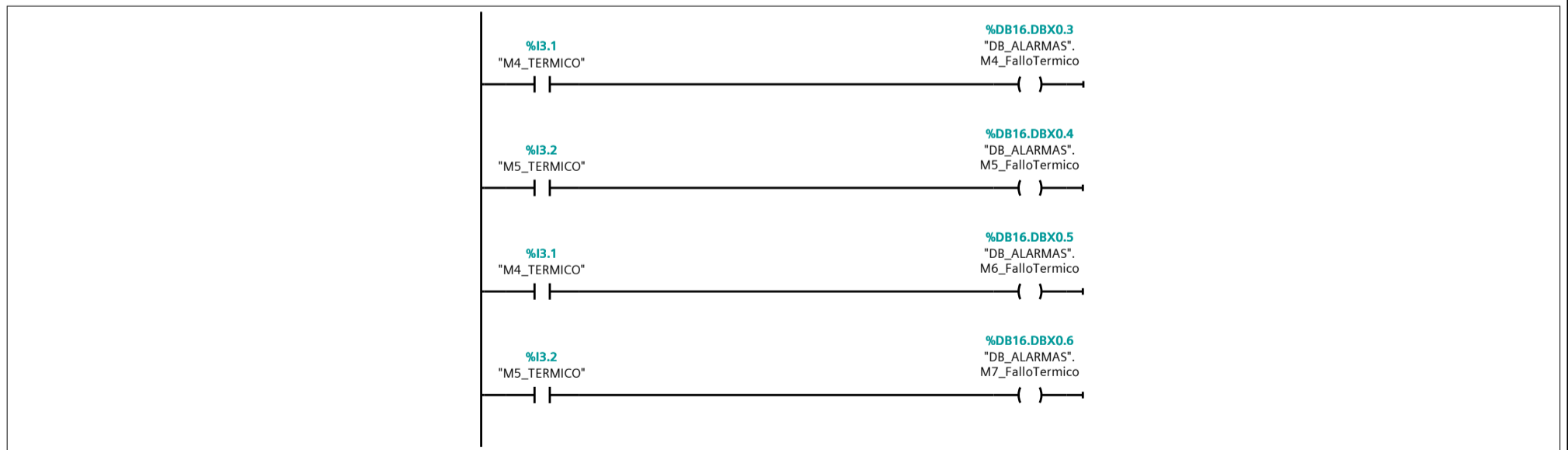
Network 2:



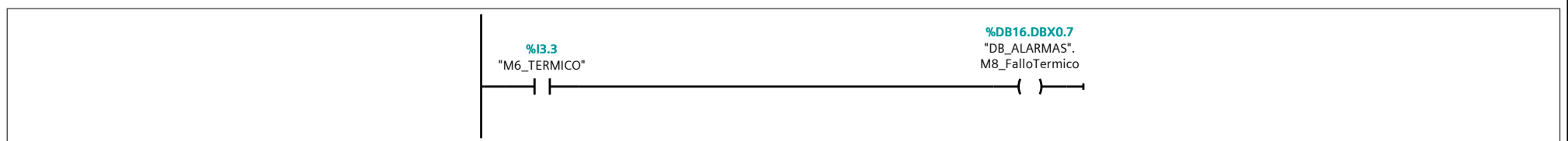
Network 3:



Network 4:



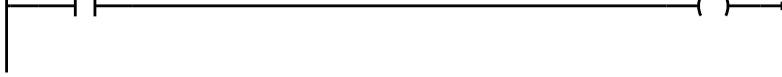
Network 5:



Network 6:

%I3.4
"M7_TERMICO"

%DB16.DBX1.0
"DB_ALARMAS".
M9_FalloTermico



ModulosProyectoMI / PLC_1 [CPU 1214C DC/DC/Rly] / Program blocks

SALIDA_MOTORES [FB1]

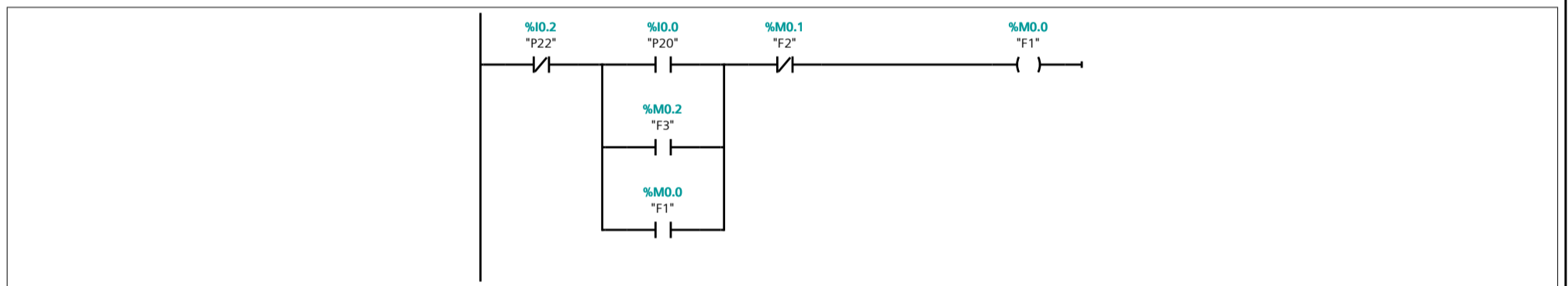
SALIDA_MOTORES Properties

General							
Name	SALIDA_MOTORES	Number	1	Type	FB	Language	LAD
Numbering	Automatic						
Information							
Title	Act/Des Motores de Máquinas	Author		Comment		Family	
Version	0.1	User-defined ID					

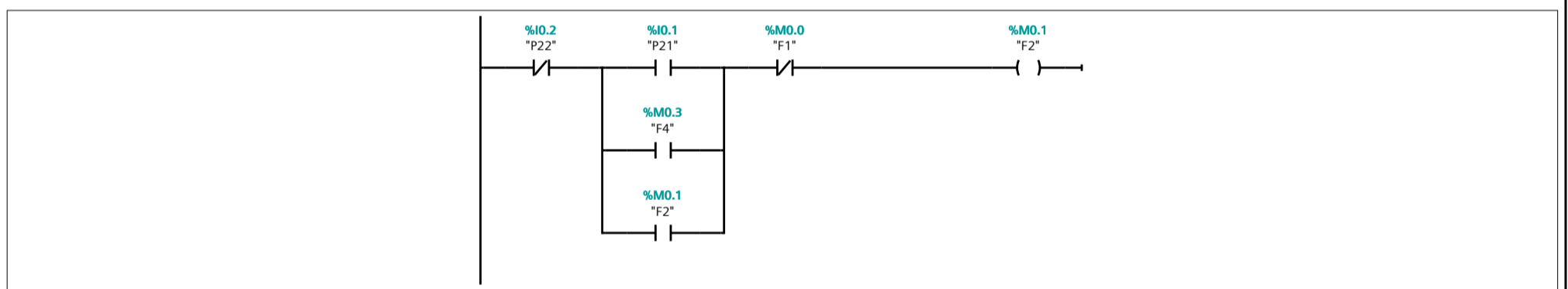
SALIDA_MOTORES

Name	Data type	Default value	Retain	Accessible from HMI/OPC UA	Writable from HMI/OPC UA	Visible in HMI engineering	Setpoint	Supervision	Comment
Input									
Output									
InOut									
Static									
▼ Temp									
AuxTiempo	Real								
SalidaTiempo	DInt								
Constant									

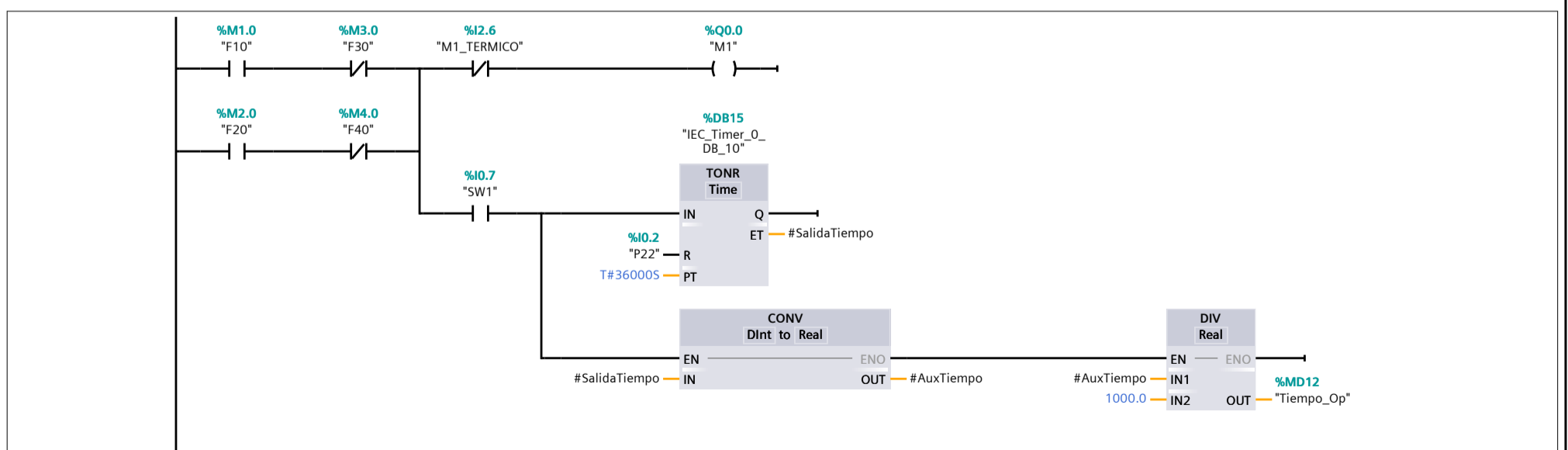
Network 1: ACT/DES MANDO MANUAL



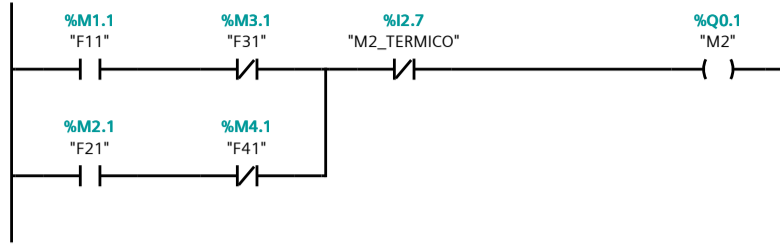
Network 2: ACT/DES MANDO AUTOMÁTICO



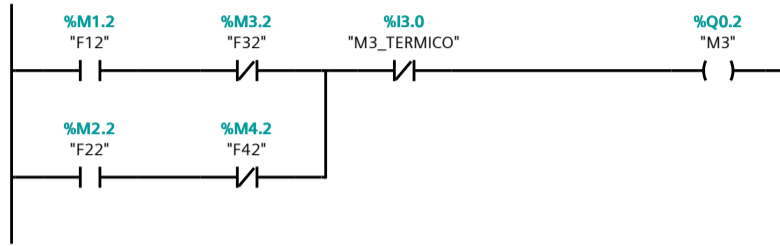
Network 3: ACT/DES MOTOR BANDA TRANSPORTADORA



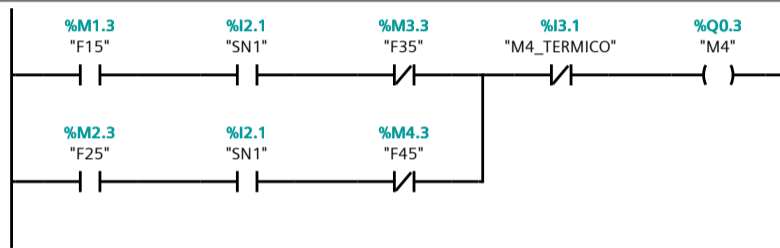
Network 4: ACT/DES MOTOR MOLINO



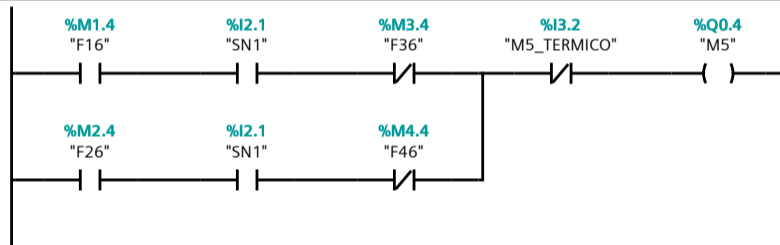
Network 5: ACT/DES MOTOR COCLEA1



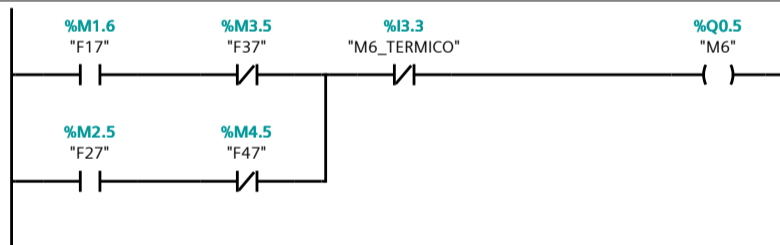
Network 6: ACT/DES MOTOR1 LAVADORA



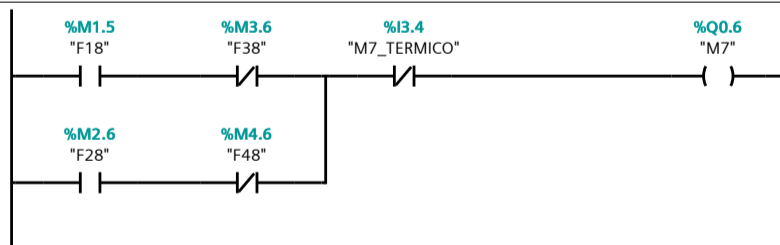
Network 7: ACT/DES MOTOR2 LAVADORA



Network 8: ACT/DES MOTOR COCLEA2



Network 9: ACT/DES MOTOR CENTRIFUGADORA



ModulosProyectoMI / PLC_1 [CPU 1214C DC/DC/Rly] / Program blocks

Main [OB1]

Main Properties

General

Name	Main	Number	1	Type	OB	Language	LAD
Numbering	Automatic						

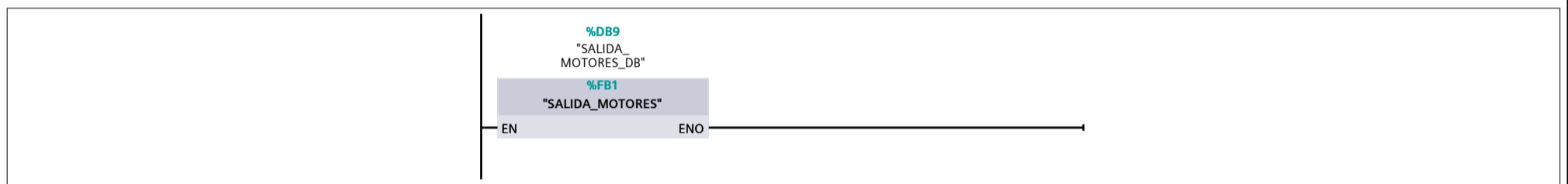
Information

Title	"Main Program Sweep (Cycle)"	Author		Comment		Family	
Version	0.1	User-defined ID					

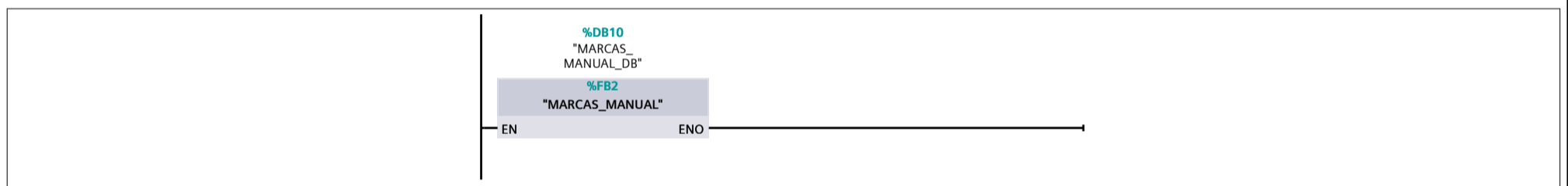
Main

Name	Data type	Default value	Comment
▼ Input			
Initial_Call	Bool		Initial call of this OB
Remanence	Bool		=True, if remanent data are available
Temp			
Constant			

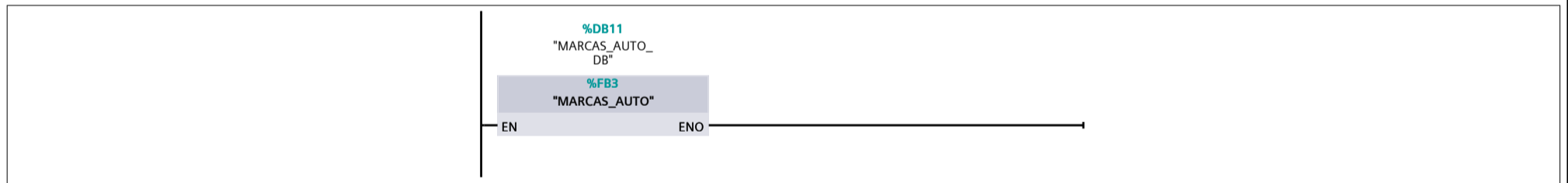
Network 1:



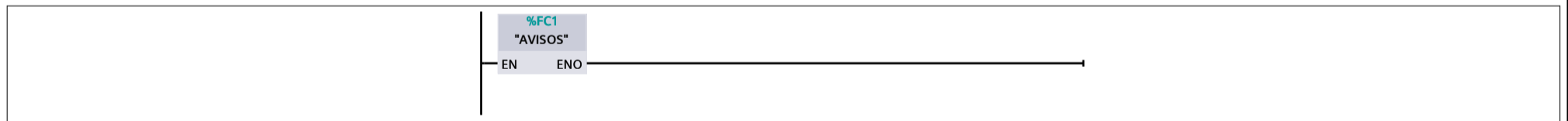
Network 2:



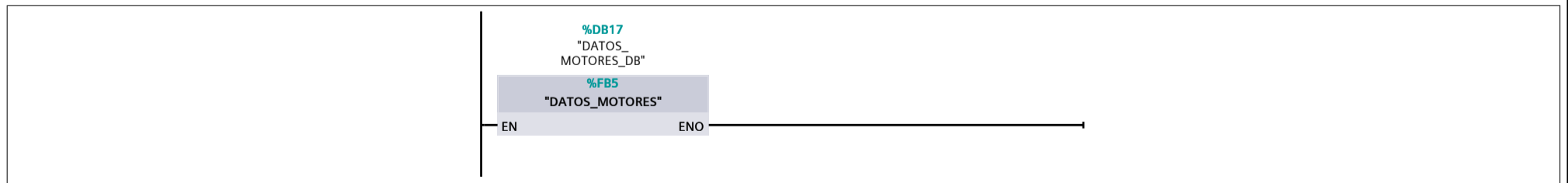
Network 3:



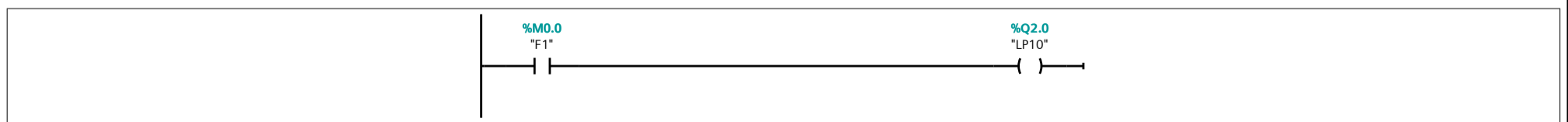
Network 4:



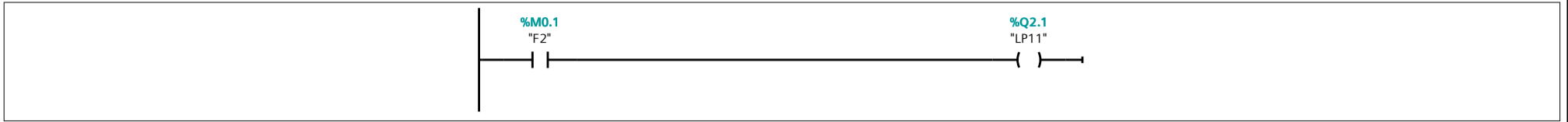
Network 5:



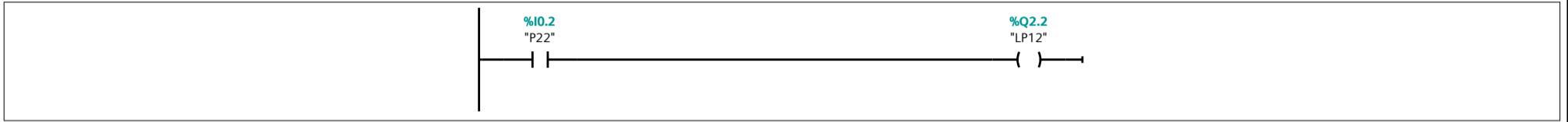
Network 6: ACT SEÑALIZACION MODO MANUAL



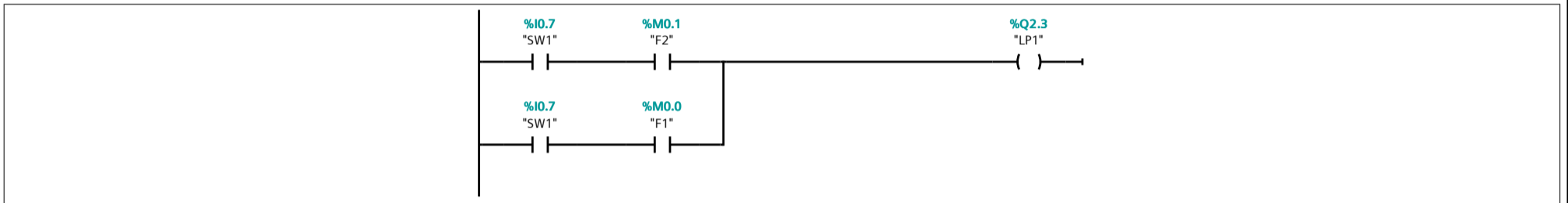
Network 7: ACT SEÑALIZACION MODO AUTOMÁTICO



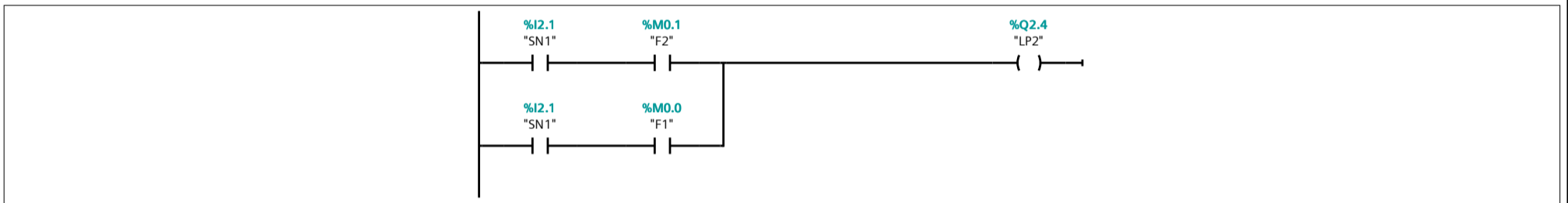
Network 8: ACT SEÑALIZACION PARO DE EMERGENCIA



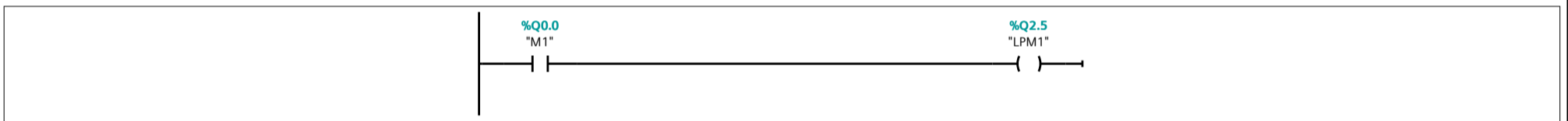
Network 9: ACT SEÑALIZACION DE DETECCION DE MATERIAL



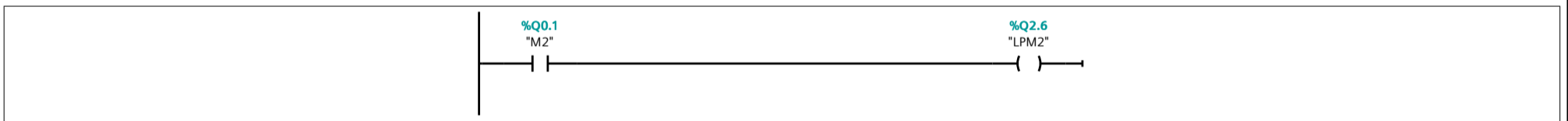
Network 10: ACT SEÑALIZACION DE SENSOR DE NIVEL



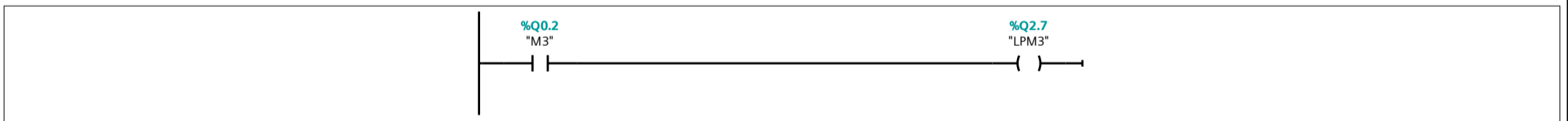
Network 11: ACT SEÑALIZACION DE BANDA TRANSPORTADORA



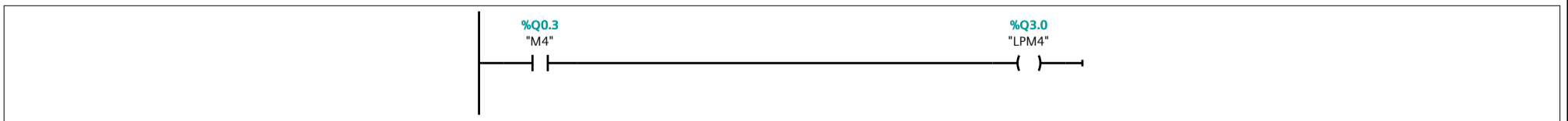
Network 12: ACT SEÑALIZACION DE MOLINO



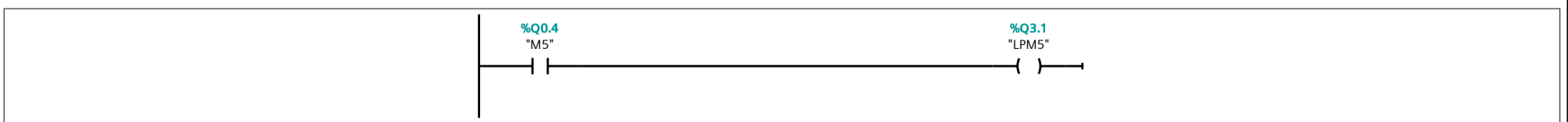
Network 13: ACT SEÑALIZACION DE COCLEA1



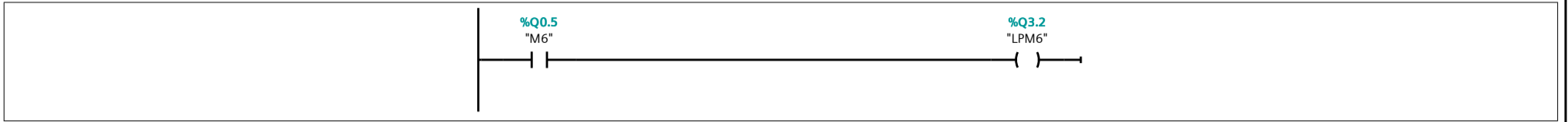
Network 14: ACT SEÑALIZACION DE MOTOR1 LAVADORA



Network 15: ACT SEÑALIZACION DE MOTOR2 LAVADORA



Network 16: ACT SEÑALIZACION DE COCLEA2



Network 17: ACT SEÑALIZACION DE CENTRIFUGADORA

