



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

**PROYECTO DE
AUTOMATIZACIÓN DE UNA
CALANDRA EN EL PROCESO
INDUSTRIAL DE FABRICACIÓN
DE NO TEJIDOS**

TRABAJO FINAL DEL

Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática

REALIZADO POR

Vicente Ferrer Bernal

TUTOR

Eduardo García

COTUTOR

José Vicente Salcedo

CURSO ACADÉMICO 2019/2020

ÍNDICE

MEMORIA

1.	Introducción	6
1.1	¿Qué es un no tejido?	6
2.	Justificación del proyecto	7
3.	Estudio del proyecto.....	8
3.1	Elementos empleados	8
3.1.1	PLC Siemens modelo S7-1215C DC/DC/DC.....	8
3.1.2	Pantalla HMI TP1200 Confort.....	9
3.1.3	Variador G120C de 7,5 kW	10
3.1.4	Sensores.....	11
3.1.5	Actuadores.....	11
3.1.6	Dispositivos de protección.....	12
3.2	Funcionamiento del proceso	13
4	Programación	18
4.1	Software empleado: TIA PORTAL	18
4.2	Descripción del proceso de Automatización.....	18
4.2.1	Variables empleadas y direccionamiento.....	18
4.2.2	Estructura de programación	22
4.2.3	Modos de funcionamiento	23
4.2.3	Medidas de seguridad	24
4.3	Programación del HMI.....	26
4.3.1	Diseño de la pantalla	26
4.4	Programación del Variador.....	27
5	Comunicación	29
5.1	Comunicación PLC/Variador	29
5.2	Comunicación PLC/HMI.....	29
6	Puesta en marcha y verificación	30
7	Posibles mejoras.....	31
8	Bibliografía	32
	PRESUPUESTO	33
1.	Costes Materiales	34
2.	Costes Humanos.....	34
3.	Gastos Generales	34
4.	Coste total	34

PLIEGO DE CONDICIONES	35
1. Condiciones del Programa.....	36
2. Legislación	37
3. Condiciones de los materiales	37
ANEXO I ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	38
1. Especificaciones PLC S7-1215 DC/DC/DC	39
2. Especificaciones módulos añadidos al PLC.....	40
ANEXO II CÓDIGO DE PROGRAMACIÓN.....	44
Bloques de Programa	45
ANEXO III IMÁGENES DEL HMI	79
Pantalla de Inicio.....	80
Manú Principal.....	80
Configuración de la Máquina.....	81
Alarmas	81

MEMORIA

1. Introducción

Este proyecto se centra en la automatización de una de las máquinas que participa en la elaboración de un tejido no tejido. Durante el proceso de fabricación de estos, se encuentran diferentes etapas.

El producto empieza en forma de diferentes tipos de fibras y va pasando por diferentes máquinas que le van dando al no tejido las características técnicas necesarias dependiendo de las necesidades. Una de las máquinas que se encuentra dentro del proceso de producción de los no tejidos, en concreto de los geotextiles, es la calandra, la cual le acaba de dar el espesor deseado.

Esta se compone por dos cilindros calentados a una temperatura determinada que van rodando, pasando por en medio las fibras previamente punzonadas con el objetivo de darle al no tejido unas propiedades técnicas específicas y así darle el acabado final.

En todo momento tiene que existir una sincronización de velocidad con la maquina previa (Punzonadora) y con la máquina posterior (Enrollador) para evitar acumulación o falta de productos en cualquier punto de la fabricación. Además, la altura de los rodillos es regulable, para eliminar acumulación de fibras excesivas, estandarizando su espesor.

Para llevar a cabo este proyecto se va a utilizar un autómatas programable de la marca Siemens junto con una pantalla HMI y un variador de la misma marca.

1.1 ¿Qué es un no tejido?

Un tejido no tejido es un tipo de tejido en el cual sus fibras no han sido tejidas. Estas fibras se unen mediante procedimientos químicos, mecánicos o térmicos. Entre las características que tienen se encuentran: elasticidad, absorción, filtro, resistencia al fuego, impermeabilidad ... Estos también se pueden combinar con otros textiles.

Entre los usos de los no tejidos están los geotextiles, los cuales están fabricados mediante fibras de polipropileno y poliéster. Estos pueden contar con diferentes densidades, y sus aplicaciones se basan en el control de erosión, el refuerzo de suelos, filtración o la separación de diferentes capas de materiales, capas drenantes entre otros.

2. Justificación del proyecto

El ser humano está en constante evolución, uno de los pilares que permite avanzar a la sociedad es la industria, la cual también está en constante cambio. Por ello es casi obligación para toda empresa mantenerse actualizado.

Actualmente se dice que se vive la llamada cuarta revolución industrial o industria 4.0, donde la automatización toma un papel principal. Es por eso que para poder mantener una empresa y seguir creciendo, es necesario llevar a cabo una actualización de los procesos industriales. Intentando perfeccionar y aplicar las nuevas tecnologías para obtener productos con un mejor acabado o modificar sus características para aumentar las posibilidades de venta por parte de la empresa.

Este proyecto nace debido al montaje de una nueva línea de producción en una empresa de fabricación de geotextiles (tejido no tejido). Esta nueva línea cuenta con diferentes máquinas, las cuales durante su montaje han sido actualizadas y automatizadas, adaptándolas al entorno con el que se trabaja con el resto de máquinas.

Debido a que esta nueva línea está compuesta por máquinas diferentes, que originalmente no formaban parte de una línea completa, se han tenido que adaptar cada máquina de forma individual, siguiendo el orden de producción, contando que las máquinas funcionan de forma sincronizada.

Por tanto este proyecto empieza en el momento que se llega al turno de automatizar la calandra.

3. Estudio del proyecto

3.1 Elementos empleados

A la hora de realizar la automatización de una máquina se encuentra en el mercado una gran variedad de posibilidades como Schneider, Omron, Siemens, ABB... Existiendo por tanto una gran cantidad de oferta y opciones que se tiene que tener en cuenta a la hora de escoger un modelo a utilizar.

En este caso la marca escogida es Siemens debido a que la máquina forma parte de un proceso de producción el cual está automatizado con los autómatas de la marca, teniendo una conexión entre ellos mediante Profinet.

La ventaja de utilizar Siemens se basa en que dispone de software de programación propio, que ha sido utilizado para programar todos los elementos de automatización del proyecto. Este es el TIA PORTAL, mediante el cual se puede programar en un mismo interfaz tanto el PLC, como la pantalla y el variador utilizados en el proyecto.

A continuación se presentan los elementos utilizados, exponiendo sus características y criterios de selección. Si bien existen diferentes formas de obtener el mismo resultado, hay que tener en cuenta que en el entorno real, el criterio de selección se basa en utilizar la máxima cantidad de recursos accesibles, siempre que las necesidades sean garantizadas.

3.1.1 PLC Siemens modelo S7-1215C DC/DC/DC

El autómata que realiza el control de la máquina es de la marca Siemens de la familia S7-1200, en concreto el modelo S7-1215C DC/DC/DC. Los autómatas de la familia S7-1200 tienen la capacidad de garantizar las diferentes necesidades de automatización en multitud de máquinas. Estos cuentan con un tamaño reducido y una capacidad muy flexible, proporcionando una gran variedad de usos y aplicaciones, por lo que su utilización está bastante extendida.

Por medio del Manual de la familia S7-1200 se pueden observar las especificaciones del autómata. Se ha seleccionado este autómata debido a que cuenta con 2 puertos de Ethernet, mediante los cuales se conecta de manera sencilla la pantalla y el variador utilizados en el proyecto.

Estos autómatas tienen la capacidad de añadirseles módulos adicionales garantizando la necesidad de aumentar la cantidad de entradas-salidas digitales y analógicas. A este autómata se le han añadido tres módulos, los cuales han sido de entradas-salidas digitales, entradas-salidas analógicas y de entradas analógicas de tipo RTD para realizar la lectura de temperatura mediante unas Pt100. Estos módulos respectivamente son SM 1223 DC/DC, SM 1234 AI/AQ, SM 1231 RTD y SM 1232 . Estos han permitido realizar todas las conexiones necesarias para poder controlar efectivamente la máquina.

El módulo SM 1223 DC/DC es un módulo que cuenta con 8 entradas digitales y 8 salidas digitales alimentadas a 24V.

El módulo SM 1234 AI/AQ es un módulo que cuenta con 4 entradas analógicas y 2 salidas analógicas, de este módulo se han utilizado las 2 salidas y una entrada.

El módulo SM 1231 RTD es un módulo que cuenta con 4 entradas analógicas que permiten leer las lecturas de las Pt100 utilizadas para la toma de temperatura.

El módulo SM 1232 AQ 2 es un módulo que cuenta con 4 salidas analógicas que ha sido necesario para poder contar con todas las salidas analógicas necesarias.

3.1.2 Pantalla HMI TP1200 Confort

Para poder controlar y supervisar el funcionamiento de la máquina se va a hacer uso de una pantalla de la misma marca que el autómata, debido a la completa integración con el sistema y la facilidad de conexionado que existe. También hay que tener en cuenta que los motores están alimentados con un voltaje trifásico a 380VAC



Fig. 1 Modelo de pantalla TP1200 Confort

En el mercado existen una gran variedad de pantallas dentro de las ofertadas por la marca. En este caso se ha escogido el modelo TP1200 Confort debido al tamaño de la pantalla, que es de 12 pulgadas, el más grande dentro de los modelos, una interfaz en PROFINET y al mejor control sobre el autómatas que ofrece sobre el resto de modelos que ofrece la marca.

3.1.3 Variador G120C de 7,5 kW

El variador escogido pertenece también a la misma marca que el autómatas y la pantalla. Todos estos pueden ser programados mediante la misma interfaz y permite la conexión mediante PROFINET.

Mediante este variador se pretende controlar dos motores de 2,5kW a la vez debido a que estos dos motores deben funcionar a la vez a una misma velocidad. Esto hace una suma de 5kW. La potencia del variador tiene que estar correctamente dimensionada, por lo que se debe escoger entre las diferentes potencias que tienen estos. En este caso se ha escogido de 7,5kW, ya que el modelo previo es de 5kW, el cual se quedaría muy justo, cosa que podría acarrear problemas. Además, el fabricante indica utilizar un variador de mayor potencia.

Pot. del motor ³⁾		Corriente de salida	
Par cons. ⁴⁾ (HP)	Par var. ⁵⁾ (HP)	Par cons. (A)	Par var. (A)
0.75	1.0	1.7	2.2
1.0	1.5	2.2	3.1
1.5	2.0	3.1	4.1
2.0	3.0	4.1	5.6
3.0	4.0	5.6	7.3
4.0	5.0	7.3	8.8
5.0	7.5	8.8	12.5
7.5	10	12.5	16.5
10	15	16.5	25.0
15	20	25	31
20	25	31	37

Fig. 2 Tabla comparativa potencias/corrientes de motores/variadores

3.1.4 Sensores

En la máquina contiene dos tipos de sensores, los sensores de temperatura y los encoders

Temperatura

Unas resistencias Pt100 son utilizadas para medir la temperatura del aceite que pasa a los rodillos, de esta forma el autómatas puede saber la temperatura de estos en todo momento.

Encoder

Los encoders son utilizados para saber la situación de los rodillos. En este caso se ha utilizado dos encoders incrementales modelo DGS60. Estos encoders cuenta con 3 formas de onda cuadradas. La primera da información de la velocidad de rotación, la segunda del sentido de rotación y por último la onda que indica la posición absoluta del eje.



Fig. 3 Encoder Incremental DGS60 utilizado

3.1.5 Actuadores

En la máquina se encuentran diferentes tipos de actuadores, cada uno tiene su función y se tiene que tener en cuenta su funcionamiento y estado para que el proceso de control sea eficaz.

Motores

Dentro de la máquina existen dos tipos de motores, enfocados a cumplir los diferentes requerimientos de la máquina.

Del primer tipo están los motores que permiten la rotación de los rodillos, estos tienen una potencia de 2,5kW cada uno. Es importante saber la potencia de estos motores ya que van a ser controlados por un variador, el cual está adaptado a su potencia.

Del segundo tipo, los motores de situación, que elevan el rodillo inferior a cada lado. Estos motores tienen una potencia de 0.9kW.

Bombas

En la máquina se encuentran instaladas dos tipos de bombas, las dos bombas de inyección de aceite y la bomba de recirculación de aceite. Las primeras tienen una potencia de 7,5kW y la segunda de 0.37kW.



Fig. 4 Bomba de inyección de aceite de la calandra

Ventiladores

La máquina cuenta con dos ventiladores de una potencia de 1.2kW cada uno.

3.1.6 Dispositivos de protección

Toda máquina cuenta por normativa con sus dispositivos de protección correspondientes, los cuales pueden ser utilizados para enviar información al PLC de tal forma que en caso de que falle alguno de los motores se pueda localizar rápidamente.

Guardamotores

Cada motor cuenta con su guardamotor correspondiente. Estos deben de ser adaptados a la intensidad máxima que pueden soportar. En los guardamotores se pueden colocar unas cámaras auxiliares las cuales son alimentadas a una tensión soportable para ser conectada al PLC. De tal forma el autómatas sabe en todo momento el estado del guardamotor. Dando un valor de 1 o 0.

Puerta abierta

Para añadir seguridad, algunas puertas impiden acceder a los motores de forma directa manteniendo la máquina parada al hacerlo. Para poder controlar en todo momento que estas puertas están cerradas hay colocados sensores que dan un valor de 0 o 1 dependiendo si la puerta está cerrada o abierta.

3.2 Funcionamiento del proceso

Una calandra es una máquina con dos rodillos calientes donde entra fibra unida mediante punzonado y mediante calor se le da el acabado al no tejido. Los rodillos se calientan mediante la entrada de un aceite industrial, cuando estos están a la temperatura de trabajo el material pasa a través de ellos, siendo calentado y planchado, pasando a la siguiente máquina.



Fig. 5 Calandra

Para controlar la máquina esta cuenta con una pantalla táctil de 12 pulgadas donde se pueden visualizar y manipular todos los valores, visualizar las alarmas y poner en marcha los diferentes modos de funcionamiento de la máquina.

La temperatura de los rodillos es variable y seleccionable, siendo el autómatas la que ajusta la cantidad necesaria para llegar a la temperatura de trabajo requerida. Para evitar sobrecalentamientos en la parte inferior de los rodillos y así un desgaste irregular, estos una vez alcanzados cierta temperatura no deben parar de girar bajo ninguna circunstancia a excepción de una parada de emergencia.

Para extraer el calor generado por los cilindros dentro de la máquina hay dos ventiladores, los cuales se mantienen en marcha mientras la temperatura de los cilindros sea alta.

El aceite industrial llega a la máquina mediante dos tuberías, que es inyectado a cada cilindro mediante una bomba colocada a la entrada de cada uno. Estas se mantienen en funcionamiento en todo momento. La entrada del aceite dentro de los rodillos es controlada por dos válvulas de tres vías las cuales se regulan mediante un PID integrado en el automatismo. Para saber en todo momento la temperatura, cada rodillo tiene una sonda de temperatura Pt100.



Fig. 6 A la izquierda se observa las dos tuberías de entrada de aceite

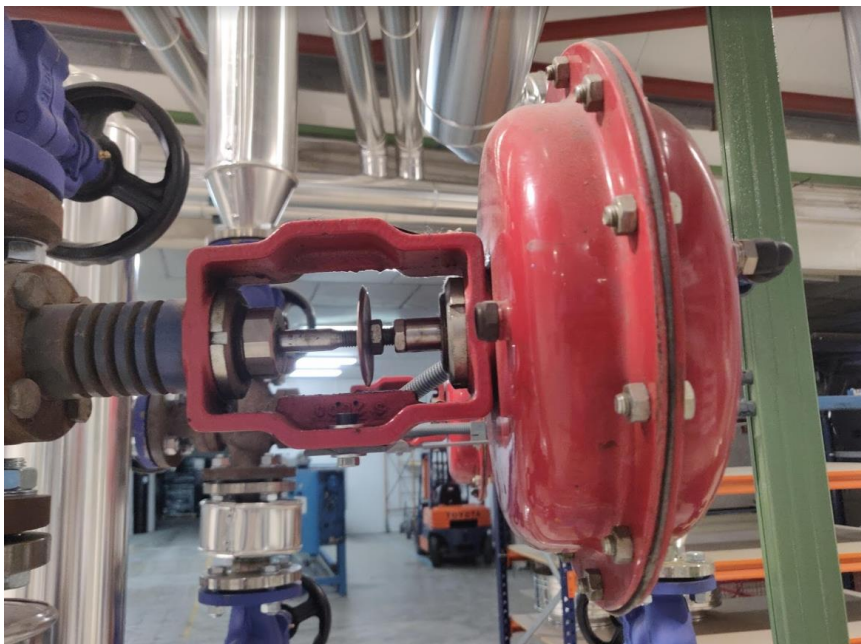


Fig. 7 Válvula que controla el paso del aceite a la máquina

Mientras que la temperatura en los rodillos sea menor a la requerida la válvula se mantiene abierta, dando paso al aceite. En el momento que se alcance la temperatura el aceite es recirculado de vuelta a su origen, siendo el PID del autómatas quien dando paso al aceite dentro de los rodillos.



Fig. 8 Sonda de temperatura

El aceite que se pierde de los rodillos es recogido y almacenado en un depósito el cual cuenta con una boya, en el momento que esta da la señal, una bomba de recirculación devuelve el aceite al circuito.

La rotación de los dos rodillos será controlada por un variador, el cual gobierna a los dos motores rotadores (los cuales girarán a la misma velocidad). La velocidad de giro cuando se está produciendo es determinada por la señal de sincronismo de la máquina anterior. La señal de sincronismo es un voltaje que varía de 0 a 10V, dependiendo de la velocidad de salida del material, a más voltaje más velocidad.. La calandra a su vez genera una señal de sincronismo para la siguiente máquina.



Fig. 9 Motores que hacen rotar los cilindros

Para regular el espesor la altura del rodillo inferior es ajustable por ambos lados, esto permite eliminar un mayor grosor del material final, regularizando y planchando el material. Este cilindro es primero elevado al máximo mediante dos balones, de forma que en una emergencia se deshincharían inmediatamente. Tras elevarse, en cada lado se encuentran dos motores que permiten subir o bajar de cada lado el rodillo mediante dos sinfines. Para determinar la altura a cada lado hay colocados dos encoders.



Fig. 10 Parte inferior de la foto se observa el globo deshinchado que levanta el cilindro, en la parte superior se ve el sinfín que ajusta la altura.

En caso de producirse algún fallo en alguno de los motores, que alguna de las puertas sean abiertas o se produzca una parada de emergencia, la máquina cuenta con una sirena que avisa ante cualquier peligro.

También existen varios modos de funcionamientos, que son utilizados en diferentes momentos. Durante la producción la máquina está en modo automático, donde todo funciona con regularidad y la calandra sigue la velocidad de la máquina anterior.

Durante los momentos de mantenimiento y revisiones, la máquina cuenta con el modo manual, donde la velocidad es ajustable y el rodillo inferior está arriba.

Para parar durante la producción la calandra cuenta con una parada segura, la cual mantiene la rotación a una velocidad lenta deshinchando los balones, bajando el rodillo inferior.

En el momento que se va a realizar una parada prolongada (como el fin de semana) la máquina cuenta con el modo enfriamiento rápido, donde se pretende reducir la temperatura de los rodillos y parar la máquina.

Por último para garantizar la seguridad tanto de la máquina como de los operarios que la manipulen se cuenta con la parada de emergencia, la cual para la rotación y deshincha los balones.

La máquina por tanto, cuenta con 9 motores a controlar por el PLC que son los siguientes: las dos bombas de inyección de aceite, los dos motores que hacen rotar los rodillos, los dos motores que bajan el rodillo inferior de cada lado, los dos ventiladores que extraen el calor y la bomba que recircula el aceite al circuito inicial. Además cuenta con las paradas de emergencia correspondientes

4 Programación

4.1 Software empleado: TIA PORTAL

Mediante la utilización del software propio de Siemens se puede realizar la programación de todos los elementos de automatización del proyecto y conectarlos de una forma sencilla.

En este programa se ha utilizado el TIA PORTAL V14. Con el TIA PORTAL se puede además crear el interfaz del SCADA, de una manera gráfica y sencilla, permitiendo obtener un HMI con un funcionamiento simple, fácil y rápido de entender.

El lenguaje empleado para programar el PLC ha sido el KOP, el cual está basado en esquemas de contactos. Es un lenguaje gráfico similar a circuitos de conmutación, donde simula que pasa corriente o no dependiendo de si los contactos están abiertos/cerrados.

El lenguaje KOP es de los más extendidos en la programación con TIA PORTAL debido a su sencillez de comprensión.

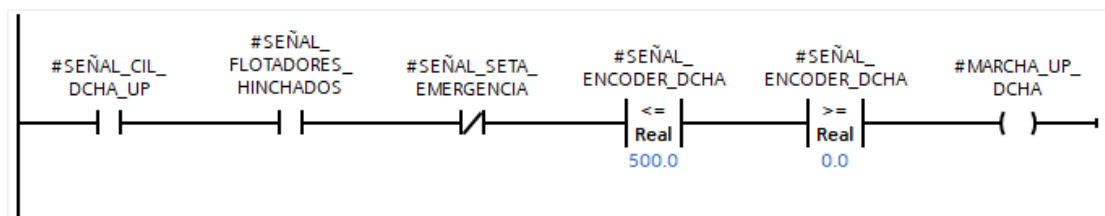


Fig. 11 Fragmento de programación en KOP. Se observan los contactos que se van activando para al final dar la señal de marcha

Para la puesta en marcha del variador también se cuenta con soporte en el mismo programa, el cual permite hacer de forma sencilla poner a funcionar el variador y crear una conexión con el PLC casi inmediata.

4.2 Descripción del proceso de Automatización

4.2.1 Variables empleadas y direccionamiento

Para poder entender el funcionamiento de la programación hay que saber las variables que se encuentran en el programa. Estas variables pueden ser de diferentes tipos.

El primer tipo son las variables booleanas, las cuales solo tienen los estados de verdadero o falso. Estas variables están presentes en las entradas/salidas digitales.

Respecto a entradas y salidas hay variables de tipo int, que son valores numéricos enteros positivos y negativos de 16 bits (admitiendo desde -32768 a 32767). Aparte de estos valores numéricos de tipo int se pueden encontrar los de tipo real los cuales son de 32 bits y si admiten valores con decimales, este tipo de variables solo se encuentran en las marcas, ya que no son admitidos como entradas o salidas analógicas, por lo que en la programación para traducirlos a salidas o entradas se debe utilizar un bloque para transformarlos.

Asignación de entradas

Entradas digitales

Respecto a las entradas digitales se encuentran las señales de funcionamiento de los guardamotores, las cuales son 8 (ventilador 1, ventilador 2, bomba de recirculación, bomba de inyección 1, bomba de inyección 2, variador, motor de situación derecho y motor de situación izquierdo).

También se cuenta con la señal de la seta de emergencia, la de puertas abiertas, la señal de la boya del depósito de aceite que se escapa de la máquina, la señal de flotadores hinchados y la señal de funcionamiento de la máquina anterior.

Además a estas señales, en el PLC se han habilitado 4 señales para el contador rápido, las cuales se utilizan para los dos encoders. Teniendo la señal de cuenta ascendente y descendente de cada encoder.

Entradas analógicas

Respecto a las entradas analógicas que se han habilitado, está la señal de sincronismo de la máquina anterior, la cual indica la velocidad de rotación en modo automático de la máquina. Esta señal funciona con una tensión de 0 a 10V. Siendo 0 la velocidad mínima (0rpm)

Las otras dos entradas analógicas son las dos sondas de temperatura Pt100. Cada sonda provee la temperatura que hay en los cilindros. Las resistencias son de 2 hilos y dan una señal de 0 a 10V




18		SEÑAL_SINCRONISMO_MAQ_A...	Tabla de variables e..	Int	%IW128
19		ENTRADA_SONDA_TEMP_1	Tabla de variables e..	Int	%IW136
20		ENTRADA_SONDA_TEMP_2	Tabla de variables e..	Int	%IW138

Fig. 12 Entradas analógicas

Asignación de salidas

Salidas digitales

Respecto a las salidas digitales, existe el control de la marcha todos los motores y bombas que cuenta la máquina: la marcha de los 2 ventiladores de refrigeración, marcha de las bombas de inyección de aceite por cada cilindro. Marcha de la bomba de recirculación de aceite, la marcha de la rotación (el variador) y la marcha tanto de forma ascendente como descendente de los dos motores de situación de los cilindros respectivamente. Además de la marcha de la sirena de alarma y la señal de hinchado de los flotadores.

Salidas analógicas

Respecto a las salidas analógicas, está la señal de sincronismo de la siguiente máquina, la cual indica la velocidad de marcha mediante tensión de 0 a 10V.

También hay dos señales de control de las válvulas de temperatura. Las cuales se encargan de controlar la entrada de aceite caliente a los rodillos. Estas dos señales también funcionan mediante una tensión de 0 a 10V, siendo 0V la no entrada de aceite y 10V la máxima.

Uso de marcas

En el programa hay muchas otras variables las cuales son marcas. Estas no tienen salidas o entradas directas en el PLC y son utilizadas internamente para diversos usos, como por ejemplo transformar un valor de entrada de tipo int a real para así poder trabajar mejor con este. Para que resulte más claro se puede subdividir las marcas por sus usos, en este caso han sido los siguientes

Marcas usadas en transiciones, son utilizadas en momentos puntuales para realizar cálculos, transformaciones de valores int a real o para mantener valores.

Marcas para el HMI, estas marcas son señales que pueden ser de tipo booleano o valores int que se activan mediante el uso de la pantalla,

Por último las marcas de activación son marcas que debido a la combinación de diferentes valores de entrada se activan, como por ejemplo las que indican que el modo automático puede funcionar correctamente y da marcha a este.

1	ALAR_FALLO_VENTILADOR_1	Tabla de variables e..	Bool	%M0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2	SEÑAL_MODO_AUTOMATICO1	Tabla de variables e..	Bool	%M3.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3	SEÑAL_MARCHA1	Tabla de variables e..	Bool	%M3.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
4	BOTON_ON	Tabla de variables e..	Bool	%M3.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
5	ALAR_SETA_ACTIVADA	Tabla de variables e..	Bool	%M3.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
6	DISMINUIR_VEL_MAN	Tabla de variables e..	Bool	%M3.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
7	AUMENTAR_VEL_MAN	Tabla de variables e..	Bool	%M3.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
8	RES_COUNT	Tabla de variables e..	Bool	%M3.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
9	RESETEO_VEL	Tabla de variables e..	Bool	%M3.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
10	BOTON_REARME	Tabla de variables e..	Bool	%M3.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
11	RESETEO_VARIADOR	Tabla de variables e..	Bool	%M3.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
12	ACTIVAR_VARIADOR	Tabla de variables e..	Bool	%M3.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
13	BOTON_MODO_AUT	Tabla de variables e..	Bool	%M3.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
14	ERROR_VARIADOR	Tabla de variables e..	Bool	%M3.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
15	Tag_4	Tabla de variables e..	Bool	%M105.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
16	Tag_3	Tabla de variables e..	Bool	%M105.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
17	Tag_16	Tabla de variables e..	Bool	%M200.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
18	Tag_17	Tabla de variables e..	Bool	%M100.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
19	CV2	Tabla de variables e..	Bool	%M10.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
20	CV1	Tabla de variables e..	Bool	%M10.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Fig. 13 Algunas de las marcas usadas en el programa

Bloque de Datos

Estos bloques son utilizados para almacenar temporalmente valores de funcionamiento del PLC, por ejemplo los datos de tiempo en un temporizador en marcha.








 ALARMAS_DB [DB1]
 DB_HSC_Contador_rapido_enc [DB16]
 MARCHA_BOMBA_RECIRCULACION_DB_1 [DB2]
 MARCHA_MOTOR_SITUACION_CILINDROS_DB [DB13]
 MARCHA_VENTILADORES_DB_1 [DB8]
 MODO_ENFRIAMIENTO_RAPIDO_DB [DB10]
 SEÑAL_ENCODERS_SITUACION_DB [DB12]

Fig. 14 Bloques de datos que se encuentran en el programa

Bloques de Programas

Debido a que los procesos que realiza la máquina son específicos y divisibles, en la programación se ha separado las acciones de la máquina de tal forma que el control esté dividido internamente. De esta forma en caso de fallo se puede saber dónde está el error y subsanarlo de una forma más rápida y eficaz. Estas divisiones concuerdan con los diferentes usos que tienen los motores y las bombas.





 MARCHA_BOMBA_RECIRCULACION [FB3]
 MARCHA_BOMBAS_INYECCION [FB6]
 MARCHA_MOTOR_SITUACION_CILINDROS [FB8]
 MARCHA_VENTILADORES [FB2]

Fig. 15 Cada parte tiene su bloque correspondiente, donde dentro contiene su programa de control

Bloque Marcha Bomba Recirculación

El control del funcionamiento de la bomba que recircula el aceite que se va perdiendo. Este se va almacenando en un depósito el cual, en el momento que está lleno pone en marcha la bomba que devuelve el aceite al circuito

Bloque Marcha Ventiladores

El control del funcionamiento de los ventiladores que se encargan de refrigerar la máquina para evitar sobrecalentamientos.

Bloque Marcha Motores Situación

El bloque que se encarga de levantar el globo que sitúa el cilindro de abajo y de poner en marcha los motores que ponen en situación el cilindro inferior.

Bloque Marcha Variador

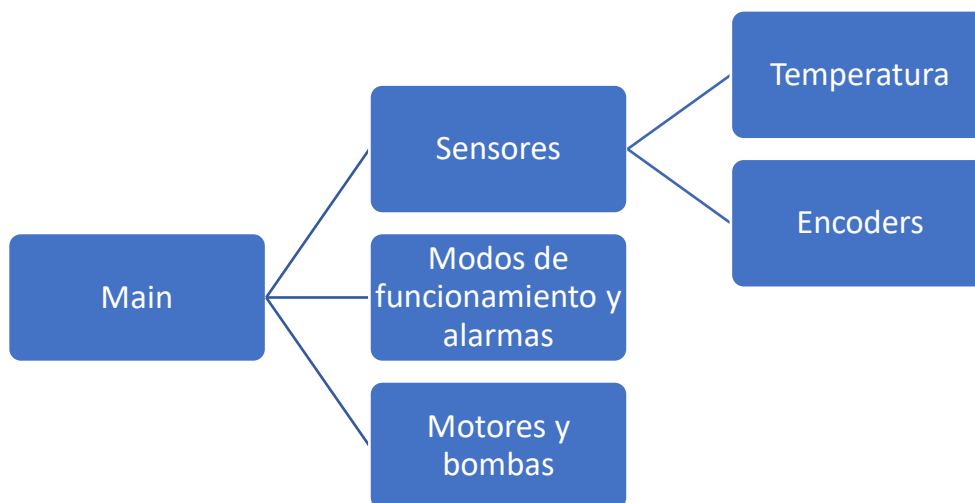
El bloque encargado de controlar la velocidad de giro de los rodillos, también controla la marcha y los errores del variador.

Bloque Marcha Bombas de Inyección

El control de la inyección de aceite caliente en los rodillos.

4.2.2 Estructura de programación

Mediante los diversos bloques de programa, se ha ido realizando la estructura. En el programa está el bloque de *Main*, del cual se lleva el ciclo de funcionamiento de todo el programa. A continuación un esquema mediante el cual se expone la estructura de los bloques de programa:



Esquema 1: Organización de bloques de programa

Dentro de cada bloque principal se encuentran otros bloques más pequeños los cuales están especializados en el funcionamiento específico de una parte del programa.

4.2.3 Modos de funcionamiento

La máquina tiene diversos modos de funcionamiento. Estos son elegidos en la pantalla y permiten modificar ciertos parámetros o hacen que se pare o ponga en marcha los diferentes motores y bombas que cuenta la máquina.

Ninguno de estos procesos puede darse a la vez, por lo que en la programación se ha tenido en cuenta, así que en caso de que se pase a un modo el otro se desactiva.

Hay modos que tienen prioridad sobre los otros. Siendo la parada segura prioritaria antes que los modos automático y manual. Por encima de este modo se encuentra el enfriamiento rápido y por último, el modo que gobierna al resto por temas de seguridad es la parada de emergencia.

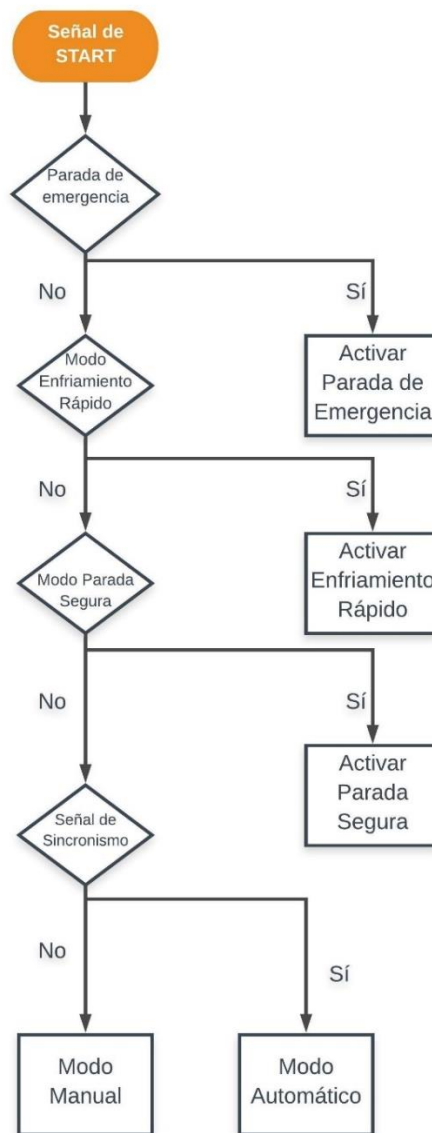


Fig. 16 Diagrama de Flujo de preferencia de los modos de funcionamiento

Modo Automático

Este modo es seleccionado cuando se está produciendo. La calandra sigue la velocidad de la máquina anterior, teniendo activas todos los motores y bombas necesarias. En la pantalla se podrá cambiar los valores que modifiquen el material.

Modo Manual

Este modo es utilizado para poner a punto la máquina y durante el mantenimiento en marcha de la máquina. En este modo se puede variar la velocidad de rotación de los cilindros, pero estos tienen una velocidad limitada. El resto de motores funcionan de la misma forma que en el modo automático.

Modo Parada Segura

Este modo es utilizado durante paradas puntuales, en el la velocidad de rotación es reducida al mínimo posible (para evitar el desgaste desigual de los rodillos) y los balones que elevan el rodillo inferior son deshinchados. El resto de funciones sigue de la misma forma que en automático.

Para salir de este modo se debe solucionar el fallo, de esta forma se garantiza la seguridad.

Modo Enfriamiento Rápido

Este modo se utiliza cuando la calandra va a ser parada totalmente. En este modo la máquina sigue rodando a una velocidad baja pero la inyección de aceite es detenida totalmente, con el fin de bajar la temperatura de los rodillos. Los balones son deshinchados separando los rodillos. Este modo se activa un temporizador durante aproximadamente 2 horas, que es el tiempo que dura el enfriamiento de los rodillos. En el momento que estos llegan a una temperatura lo suficientemente baja como para no ser peligrosos se apagan los ventiladores. Cuando acaba el temporizador la máquina manda una señal que produce el paro de la rotación y desactiva todos los motores y bombas.

4.2.3 Medidas de seguridad

Para garantizar las medidas de seguridad la máquina cuenta con diferentes sistemas para evitar que la calandra o los operarios que la manipulen puedan sufrir daños.

Puerta abierta

Las zonas que pueden producir algún enganche, golpe o cualquier tipo de peligro para el operario están guardas por puertas las cuales al ser abiertas crean una señal de parada segura que para la máquina de tal forma que no se pueda correr ningún peligro al abrir alguna de estas.

La señal de puerta cerrada es una señal booleana de valor 1, y en el momento que se abre la puerta da valor 0, activando la señal de alarma y el modo de parada segura.

Alarmas

En el momento que se produzca cualquier problema, ya sea por fallo de algún guardamotor, error del variador o la activación de la seta, la máquina cuenta con una sirena que avisa ante cualquier problema además de aparecer en la pantalla el problema producido.

Dependiendo de si el fallo es grave o no, la máquina entra en parada de emergencia. Aquí se tiene en cuenta los bloques de programas, ya que si falla por ejemplo el bloque de marcha de variador, la máquina tiene que entrar en parada, en cambio si falla el bloque que controla la recirculación de aceite, la máquina da un aviso pero esta no se para debido a que puede seguir produciendo sin que exista un peligro inminente para esta.

En el caso de los guardamotores, estos tienen un contacto auxiliar los cuales dan una señal de 1 mientras estén funcionando, indicando el correcto funcionamiento. En el momento que pase a 0, la alarma se activa. Esto es así debido a que si por algún motivo externo la señal falla, como el corte del cable que da la señal, la alarma salte, haciendo el sistema más robusto.

El resto de señales se activan cuando dan valor 1.



Fig. 17 Guardamotores de la máquina junto con las cámaras auxiliares que dan la señal

Parada de emergencia

La parada de emergencia se produce si se recibe la señal de fallo de algún guardamotor, error en el variador o si se acciona la seta de emergencia. Para en seco la rotación de los rodillos y deshincha los balones

En el momento que se accione la seta de emergencia esta da un valor de 1 se activa la parada de emergencia.

4.3 Programación del HMI

Dentro del TIA PORTAL contiene integrado WinCC, programa mediante el cual realizar el diseño de la pantalla. Mediante este programa se ha diseñado gráficamente el control del autómatas, integrando la programación de este de tal forma que la información que da la máquina sea fácilmente representable en la pantalla.

4.3.1 Diseño de la pantalla

A la hora de realizar el diseño de la pantalla se ha buscado que sea sencillo y de fácil comprensión, de tal forma que la información que aparezca en la pantalla sea manipulable rápidamente con la menor confusión posible.

Dentro del interfaz se mueve entre las diferentes imágenes diseñadas. En el momento que se activa la máquina aparece el logotipo de la empresa, el cual clicando sobre él se accede al menú principal. Esto es así ya que mediante este sistema la máquina queda preparada para funcionar, reseteando las acciones que se realizaran anteriormente. De esta forma se garantiza el correcto funcionamiento.

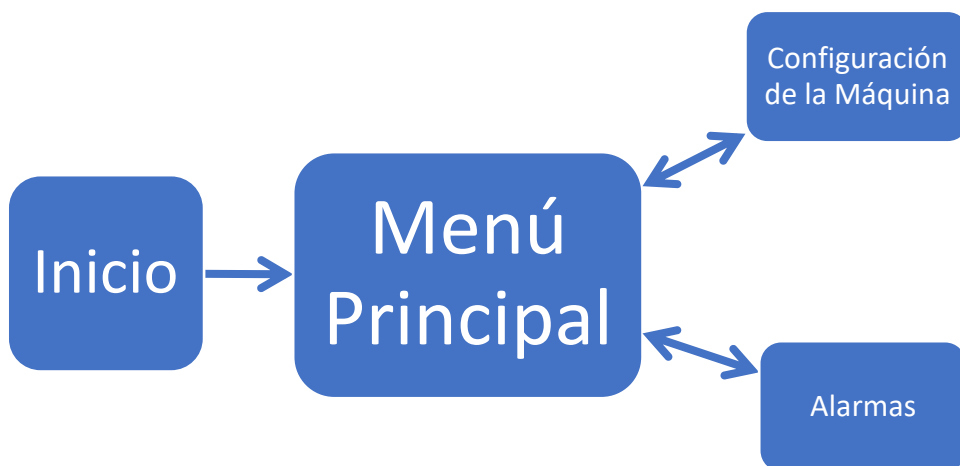


Fig. 18 Árbol de navegación de la pantalla

4.4 Programación del Variador

A la hora de poner en marcha el variador el programa cuenta con su propia interfaz para darle al variador todos los valores necesarios, de esta forma se le dan las instrucciones de funcionamiento, el tipo de conexión que tiene con el PLC y los valores con los que va a trabajar, de forma que se le es ajustada las rampas de aceleración y deceleración al igual que se le indica el tipo de motores con los que va a trabajar.

Desde el PLC se va a controlar la marcha del variador. Mediante el uso del Telegrama estándar 1 se envía y recibe toda la información.

Este tipo de telegrama se compone de dos palabras de mando (salidas) y dos palabras de estado (entradas). Mediante la primera palabra de mando se cambia el modo de funcionamiento del PLC. Para ello existen diferentes comandos que se pueden enviar al variador formado por 16 bits, los cuales son enviados desde el PLC en hexadecimal.

Bit	Valor	Comentario	Servicio / Parada	Rampa Directa	Rampa Inversa	Parada (Rampa)	Parada rápida
0	0 = DES1	El motor frena con el tiempo de deceleración p1121 del generador de rampa. El convertidor desconecta el motor durante la parada.	0	1	1	1	1
	0→1 = CON	El convertidor pasa al estado "Listo para el servicio". Si además el bit 3 = 1, el convertidor conecta el motor.					
1	0 = DES2	Desconectar inmediatamente el motor; a continuación, se produce parada natural.	1	1	1	1	1
	1 = Sin DES2	Se puede conectar el motor (orden CON).					
2	0 = Parada rápida DES3	Parada rápida: el motor frena hasta la parada con el tiempo de deceleración DES3 p1135	1	1	1	1	0
	1 = Sin parada rápida	Se puede conectar el motor (orden CON).					
3	0 = Bloquear servicio	Desconectar inmediatamente el motor (suprimir impulsos)	1	1	1	1	1
	1 = Sin bloquear servicio	Conectar el motor (habilitación de impulsos posible)					
4	0 = Bloquear GdR	El convertidor ajusta inmediatamente a 0 su salida del generador de rampa	1	1	1	1	1
	1 = No bloquear GdR	Es posible la habilitación del generador de rampa					
5	0 = Detener GdR	La salida del generador de rampa permanece en el valor actual	1	1	1	1	1
	1 = Habilitar GdR	La salida del generador de rampa sigue a la consigna					
6	0 = Bloquear consigna	El convertidor frena el motor con el tiempo de deceleración p1121 del generador de rampa.	1	1	1	0	0
	1 = Habilitar consigna	El motor acelera con el tiempo de aceleración p1120 hasta alcanzar la consigna					
7	0 → 1 = Confirmar fallos	Confirmar el fallo. Si todavía está presente la orden ON, el convertidor conmuta al estado "Bloqueo conexión"	0	0	0	0	0
8	Siempre 0	Reservado	0	0	0	0	0
9	Siempre 0	Reservado	0	0	0	0	0
10	0 = Ningún mando por PLC	El convertidor ignora los datos de proceso del bus de campo	1	1	1	1	1
	1 = Mando por PLC	Mando a través del bus de campo; adopta los datos de proceso desde el bus de campo					
11	1 = Inversión de sentido	Invertir la consigna en el convertidor	0	0	1	0	0
12	Siempre 0	Reservado	0	0	0	0	0
13	1 = Subir PMot	Aumentar la consigna almacenada en el potenciómetro motorizado	0	0	0	0	0
14	1 = Bajar PMot	Reducir la consigna almacenada en el potenciómetro motorizado	0	0	0	0	0
15	Siempre 0	Reservado	0	0	0	0	0
			047E	047F	0C7F	043F	043D

Tabla 1 Palabras de mando de la primera salida del Telegrama estándar 1 [2]

Mediante la segunda palabra de mando se le da la consigna al variador, indicándole la velocidad de rotación que debe de tener.

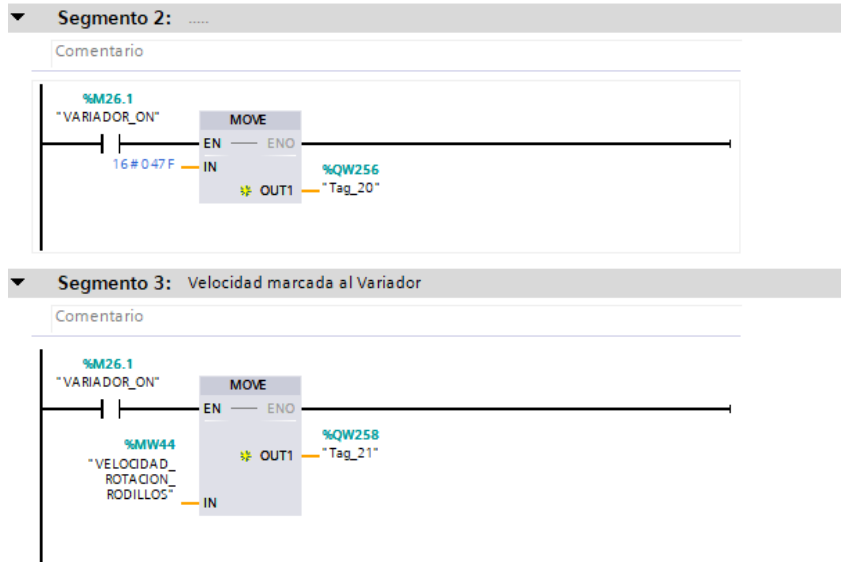


Fig. 19 Asignación de la Palabra de mando 1 y 2 dentro del programa

Como se puede observar en la imagen superior, desde el PLC se le envía el estado adecuado para cada momento (en este caso la señal de rampa directa) y el valor de rotación proviene de una marca, la cual varía dependiendo de las necesidades del momento.

Para leer el estado en el que se encuentra el variador es utilizada la primera palabra de estado del variador y para conocer la velocidad real a la que está funcionando el variador se utiliza la segunda palabra de estado.

Es necesario saber cuáles son los puertos de comunicación del variador para poder comunicarse mediante el Telegrama estándar 1. De esta forma desde la programación del PLC mediante sus funciones se pueden aplicar los cambios correspondientes.

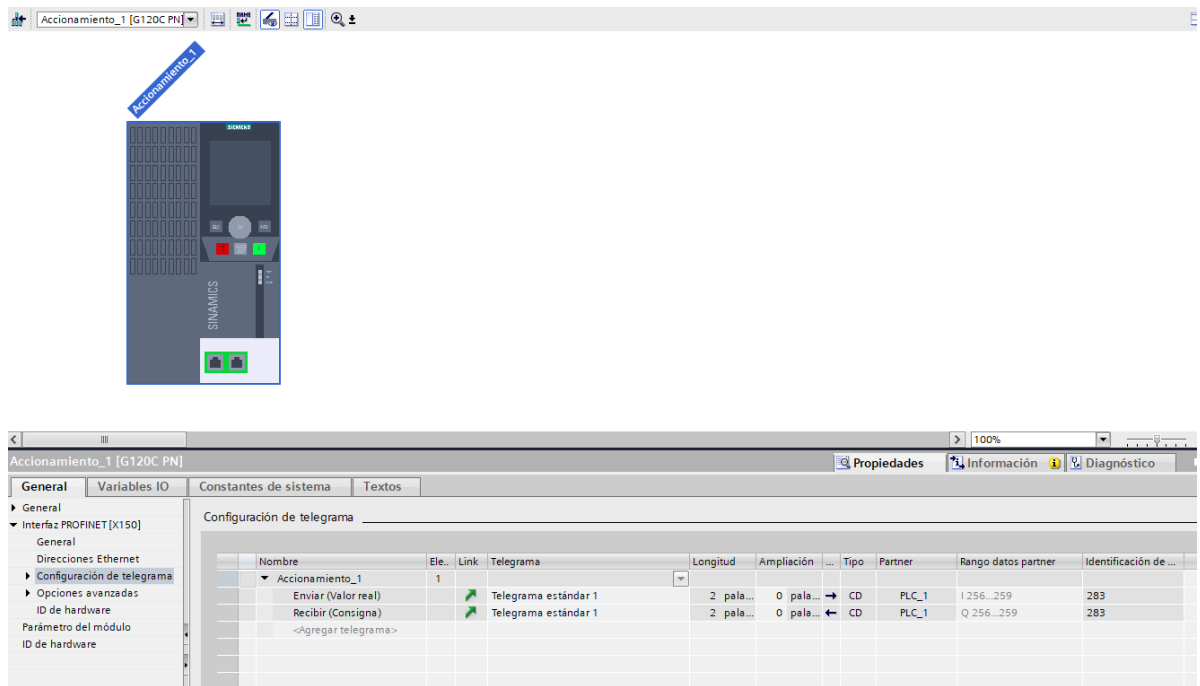


Fig. 20 Puertos de comunicación del variador

5 Comunicación

La conexión que tiene la máquina entre todos sus componentes es mediante PROFINET, un sistema que garantiza velocidad, seguridad con un bajo coste. Mediante este tipo de conexión se tiene un control a tiempo real de todo lo que ocurre en la máquina.

Además esta red PROFINET puede ser añadida al sistema general, permitiendo tener una visión global de todas las máquinas.



Fig. 21 Red PROFINET formada por el PLC, variador y pantalla del proyecto

Tanto al PLC como al variador como a la pantalla HMI se les ha asignado una dirección IP, siguiendo el criterio de la empresa. Por tanto al PLC se le ha asignado la dirección IP 192.168.1.31, al HMI la IP 192.168.1.32 y al variador 192.168.1.33.

Las direcciones IP tienen que ser únicas dentro de la misma red, en caso de no ser así se producirían errores de conexión

5.1 Comunicación PLC/Variador

La comunicación entre el PLC y el variador se produce mediante cable de Ethernet/conexión con cable RJ45.

5.2 Comunicación PLC/HMI

La comunicación entre el PLC y el HMI se produce mediante cable de Ethernet/conexión con cable RJ45.

6 Puesta en marcha y verificación

Una vez completado el programa se debe comprobar su funcionamiento correcto. Revisando todas las entradas y salidas y ajustando los valores de entrada y de salida.

Gracias al simulador que cuenta el propio programa se pudo empezar a revisar ciertas funcionalidades del PLC, aunque con muchos límites.

Para poder comprobar el funcionamiento correcto de las señales del PLC, este ha sido conectado con todos los componentes a una mesa de pruebas, la cual contaba con una fuente de alimentación y con algunos de los sensores de la máquina. De esta forma se ha simulado el entorno de la máquina de una forma segura.

En esta mesa de pruebas se ha puesto en marcha el variador, se ha comprobado el funcionamiento correcto de los encoders y la correcta lectura de la temperatura y su control. También se han simulado todas las entradas digitales de forma que se ha podido observar el funcionamiento de los modos que tiene el programa, ajustando todos los fallos cometidos.

A la hora de cargar el programa en la máquina, lo primero que hay que realizar antes de ponerla en marcha es comprobar el correcto funcionamiento de todas las entradas y salidas, sensores y sobre todo que las medidas de seguridad funcionan perfectamente.

Durante la verificación de los sensores de temperatura en la máquina hubieron algunos problemas para hacerlos funcionar correctamente, por lo que las sondas de temperatura tuvieron que ser sustituidas tras comprobar que no funcionaban.

7 Posibles mejoras

Un proceso de automatización siempre puede mejorarse, sin duda la tecnología avanza día a día. Gracias a la posibilidad de modificar el programa dentro del autómata, la máquina podría llegar a automatizarse más, añadir nuevas funciones o incluso añadir más seguridad a la máquina.

Una posible mejora la cual aumentaría la autonomía de la máquina sería colocar sensores que midieran el espesor del material antes de entrar a la máquina. Estos sensores serían los encargados de subir o bajar el rodillo inferior, de forma que no haría falta que un operario lo hiciera de forma manual.

Otra opción podría ser añadir la opción de utilizar recetas predefinidas en el programa, donde se escogiera la temperatura y espesor del material previamente, sin tener que ajustar estos parámetros.

Las opciones de mejora son muchas, y estas aumentan si se le añaden nuevos sensores a la máquina o se realizan las modificaciones oportunas. Aunque siempre hay que tener en cuenta el coste de inversión con el beneficio que se le va a sacar (tanto económico, como en seguridad como en facilidad de uso).

Toda máquina para seguir siendo eficiente debe de ir siendo actualizada cada cierto tiempo, adaptándose a las nuevas tecnologías y a los nuevos avances que vayan apareciendo.

8 Bibliografía

- Siemens 2016, Manual Controlador Programable S7-1200 [1]
https://cache.industry.siemens.com/dl/files/593/109741593/att_895707/v1/s71200_system_manual_es-ES_es-ES.pdf
- Roberto As 2017, Siemens Sinamics G120 por PROFINET IO [2]
<http://automatizacioncavanilles.blogspot.com/2017/02/siemens-sinamics-g120.html>
- InfoPLC, 2013, El contador rápido para Encoder “HSC” del S7-1200 [3]
<https://www.infopl.net/descargas/103-siemens/automatas/s7-1200/1852-el-contador-r%C3%A1pido-%E2%80%9Chsc%E2%80%9D-del-s7-1200>
- InfoPLC 2012, Guardar el valor del contador rápido encoder "HSC" para un S7-1200 [4]
<https://www.infopl.net/descargas/103-siemens/automatas/s7-1200/1646-guardar-el-valor-del-contador-rapido-qhscq-para-un-s7-1200>
- Iñigo Gútierez, Requisitos de TIA PORTAL V13 [5]
<https://programacionsiemens.com/requisitos-de-tia-portal-v13/>

PRESUPUESTO

1. Costes Materiales

Ref.	Descripción	Uds	Cantidad	Precio (€)	Total (€)
A1	Siemens CPU 1215C DC/DC/DC	ud	1	487.80	487.80
A2	Variador G120C 7.5kW 400V PROFINET	ud	1	1547.03	1547.03
A3	HMI TP1200 Confort	ud	1	3296.96	3296.96
A4	SM 1223 DC/DC	ud	1	211.44	211.44
A5	SM 1234 AI/AQ	ud	1	398.19	398.19
A6	SM 1231 RTD	ud	1	382.37	382.37
A7	SM 1232 AQ 2	ud	1	289.59	289.59
SUBTOTAL COSTES MATERIALES					6613.38 €

Tabla 1 Costes Materiales

2. Costes Humanos

Cargo	Horas	€/horas	Total (€)
Coste total Ingeniero Junior	254	12.5	3175
Coste total Ingeniero Senior	50	24.55	1227.5
Coste total Operario	129	10.00	1290
SUBTOTAL COSTES HUMANOS			5692.5 €

Tabla 2 Costes humanos

3. Gastos Generales

Los gastos generales provienen de los costes de funcionamiento de la empresa para llevar a cabo el proyecto y ponerlo a punto. Se va a estimar que estos han sido un porcentaje del 13% sobre el resto de gastos, por lo que queda:

$$13\% * (6613.38€ + 5692.5€) = 1599.76€$$

4. Coste total

Costes Materiales	6.613,38€
Costes Humanos	5.692,5€
Costes Generales	1.599,76€
COSTE NETO DEL PRODUCTO	13.905,64€
Beneficio 12%	1.668,68€
SUBTOTAL	15.574,32€
I.V.A. 21%	3.270,61€
TOTAL	18.844,92€

Tabla 3 Costes totales

PLIEGO DE CONDICIONES

A la hora de realizar el proyecto y la programación del PLC se ha tenido que cumplir una serie de requisitos técnicos, tanto por parte de especificaciones técnicas de la máquina como con la programación del autómatas como con la normativa existente.

1. Condiciones del Programa

El primer requisito es que los controles de la máquina estén todos implementados en una pantalla HMI de tal forma que de una forma sencilla se pueda controlar esta.

Respecto a las especificaciones técnicas de la máquina, esta cuenta con unos rodillos de aceite que giran a una temperatura elevada, los cuales si en algún momento se quedan quietos por un tiempo prolongado producen un desgaste irregular en los rodillos, cosa que no debe de pasar. Por tanto, en el programa los rodillos no deben de parar de girar hasta que su temperatura llegue a unos valores que no sean peligrosos. El único momento que puede parar de rodar con los rodillos calientes es en el caso de una parada de emergencia.

Al igual que con el giro de los rodillos, la extracción de calor no debe parar hasta que la temperatura de estos sea baja.

La temperatura de los rodillos tiene que ser ajustable y controlada por el PLC, el cual se encarga de marcar el funcionamiento de las válvulas que dejan pasar el flujo de aceite caliente, para así mantener la temperatura de los rodillos constante a la temperatura fijada.

El automatismo debe contar con diferentes modos de trabajo, uno cuando se está produciendo materia, en el cual se debe seguir la velocidad de la máquina anterior. Otro modo el cual sea para hacer comprobaciones mecánicas donde la rotación de los rodillos sea lenta pero pueda ser invertida. Un modo en el que entre la máquina durante los descansos o cambios de turno de los trabajadores donde la temperatura de los rodillos no baje y la rotación sea más lenta. Por último un modo de enfriamiento para las paradas de larga duración, el cual garantice que es seguro parar la máquina.

2. Legislación

Debido a que las modificaciones de la máquina no han sido sustanciales no se ha tenido que tener en cuenta ninguna legislación vigente. A pesar de esto, a la hora de hacer la instalación de la propia máquina sí que se tiene que tener en cuenta reglamentos como el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT). En el caso de realizar una modificación sustancial a la máquina se debería haber tenido en cuenta la norma UNE EN 60204-1, la cual trata de la seguridad de las máquinas.

3. Condiciones de los materiales

Se ha establecido que el programa a utilizar para la programación del autómatas debe ser el TIA PORTAL. Esto se traduce en que los materiales usados para realizar esta deben cumplir una serie de requisitos para poder trabajar. Por ello se ha tenido en cuenta los requisitos mínimos que exige el programa.

Las características de hardware mínimas que debe tener un PC para poder utilizar el programa son las siguientes: [5]

- Procesador: Core™ i5-3320M 3.3 GHz o similar.
- Memoria principal: 8 GB
- Disco duro: 300 GB SSD.
- Gráficos: Mín. 1920 x 1080.
- Pantalla: 15,6" display de pantalla ancha (1920 x 1080)

Respecto a las características del software mínimas que hay que cumplir son las siguientes:

- Windows 7 (64 bits)
- TIA PORTAL V13

ANEXO I

ESPECIFICACIONES

TÉCNICAS

1. Especificaciones PLC S7-1215 DC/DC/DC

Datos técnicos	CPU 1215C AC/DC/relé	CPU 1215C DC/DC/relé	CPU 1215C DC/DC/DC
Referencia	6ES7215-1BG40-0XB0	6ES7215-1HG40-0XB0	6ES7215-1AG40-0XB0
Dimensiones A x A x P (mm)	130 x 100 x 75		
Peso de envío	585 gramos	550 gramos	520 gramos
Disipación de potencia	14 W	12 W	
Intensidad disponible (SM y bus CM)	1600 mA máx. (5 V DC)		
Intensidad disponible (24 V DC)	400 mA máx. (alimentación de sensores)		
Consumo de corriente de las entradas digitales (24 V DC)	4 mA / entrada utilizada		

Tabla del manual Controlador Programable S7-1200 [1]: Datos técnicos generales de la familia S7-1215C del Manual S7-1200

Datos técnicos	Descripción	
Memoria de usuario (Consulte "Datos técnicos generales (Página 1413)", "Remanencia de la memoria interna de la CPU".)	Trabajo	125 KB
	Carga	4 MB, interna, ampliable hasta tamaño de tarjeta SD
	Remanente	10 KB
E/S digitales integradas	14 entradas/10 salidas	
E/S analógicas integradas	2 entradas/2 salidas	
Tamaño de la memoria imagen de proceso	1024 bytes de entradas (I)/1024 bytes de salidas (Q)	
Área de marcas (M)	8192 bytes	
Memoria temporal (local)	<ul style="list-style-type: none"> 16 KB para arranque y ciclo (incluyendo los FB y FC asociados) 6 KB para cada uno de los niveles de prioridad de alarma (incluidos los FB y FC asociados) 	
Ampliación con módulos de señales	8 SM máx.	
Ampliación con SB, CB o BB	1 máx.	
Ampliación con módulos de comunicación	3 CM máx.	
Contadores rápidos	Se han configurado un máximo de 6 para usar cualquier entrada integrada o de SB. Consulte "Asignación de los pines de entrada de hardware" (Página 611) para la CPU 1215C: Asignaciones de direcciones predeterminadas del HSC. <ul style="list-style-type: none"> 100/80 kHz (de Ia.0 a Ia.5) 30/20 kHz (de Ia.6 a Ib.5) 	
Salidas de impulsos ²	Se han configurado un máximo de 4 para usar cualquier salida integrada o de SB <ul style="list-style-type: none"> 100 kHz (de Qa.0 a Qa.3) 20 kHz (de Qa.4 a Qb.1) 	
Entradas de captura de impulsos	14	
Alarmas de retardo	4 en total con resolución de 1 ms	
Alarmas cíclicas	4 en total con resolución de 1 ms	
Alarmas de flanco	12 ascendentes y 12 descendentes (16 y 16 con Signal Board opcional)	
Memory Card	SIMATIC Memory Card (opcional)	
Precisión del reloj en tiempo real	+/- 60 segundos/mes	
Tiempo de respaldo del reloj de tiempo real	20 días típ./12 días mín. a 40 °C (condensador de alto rendimiento sin mantenimiento)	

Tabla del manual Controlador Programable S7-1200[1]: Datos técnicos, Propiedades de los CPU de la familia 27-1215C del Manual S7-1200

2. Especificaciones módulos añadidos al PLC

Módulo SM 1223 DC/DC

Modelo	SM 1223 DI 8 x 24 V DC, DQ 8 x relé	SM 1223 DI 16 x 24 V DC, DQ 16 x relé	SM 1223 DI 8 x 24 V DC, DQ 8 x 24 V DC	SM 1223 DI 16 x 24 V DC, DQ 16 x 24 V DC
Referencia	6ES7223-1PH32-0XB0	6ES7223-1PL32-0XB0	6ES7223-1BH32-0XB0	6ES7223-1BL32-0XB0
Dimensiones A x A x P (mm)	45 x 100 x 75	70 x 100 x 75	45 x 100 x 75	70 x 100 x 75
Peso	230 gramos	350 gramos	210 gramos	310 gramos
Disipación de potencia	5,5 W	10 W	2,5 W	4,5 W
Consumo de corriente (bus SM)	145 mA	180 mA	145 mA	185 mA
Consumo de corriente (24 V DC)	4 mA/entrada utilizada 11 mA/bobina de relé utilizada		150 mA	200 mA

Tabla del manual Controlador Programable S7-1200 [1]: Características de los módulos del tipo SM 1223 del Manual S7-1200

Módulo SM 1234 AI/AQ

Datos técnicos	SM 1234 AI 4 x 13 bits / AQ 2 x 14 bits
Referencia	6ES7234-4HE32-0XB0
Dimensiones A x A x P (mm)	45 x 100 x 75
Peso	220 gramos
Disipación de potencia	2,4 W
Consumo de corriente (bus SM)	80 mA
Consumo de corriente (24 V DC)	60 mA (sin carga)

Tabla del manual Controlador Programable S7-1200 [1]: Características generales del módulo SM 1234 del Manual S7-1200

Datos técnicos	SM 1234 AI 4 x 13 bits / AQ 2 x 14 bits
Número de salidas	2
Tipo	Tensión o intensidad
Rango	± 10 V o 0 a 20 mA
Resolución	Tensión: 14 bits; intensidad: 13 bits
Rango total (palabra de datos)	Tensión: -27648 a 27648; intensidad: de 0 a 27.648 Consulte el apartado en que aparecen los rangos de salida de tensión e intensidad (Página 1532).
Precisión (25 °C / de -20 a 60 °C)	$\pm 0,3\%$ / $\pm 0,6\%$ de rango máximo
Tiempo de estabilización (95% del nuevo valor)	Tensión: 300 μ s (R), 750 μ s (1 uF) Intensidad: 600 μ s (1 mH), 2 ms (10 mH)
Impedancia de carga	Tensión: $\geq 1000 \Omega$ Intensidad: $\leq 600 \Omega$
Corriente de cortocircuito máxima en la salida	Modo de tensión: ≤ 24 mA Modo de intensidad: $\geq 38,5$ mA
Reacción al cambiar de RUN a STOP	Último valor o valor sustitutivo (valor predeterminado: 0)
Aislamiento (de campo a lógica)	Ninguno
Aislamiento (de 24 V a salida)	Ninguno
Longitud de cable (metros)	100 m, trenzado y apantallado

Tabla del manual Controlador Programable S7-1200 [1]: Características de las salidas del módulo SM 1234 del Manual S7-1200

Modelo	SM 1234 AI 4 x 13 bits / AQ 2 x 14 bits
Número de entradas	4
Tipo	Tensión o intensidad (diferencial): Seleccionable en grupos de 2
Rango	± 10 V, ± 5 V, $\pm 2,5$ V, de 0 a 20 mA o de 4 mA a 20 mA
Rango total (palabra de datos)	De -27.648 a 27.648
Rango de sobreimpulso/subimpulso (palabra de datos)	Tensión: de 32.511 a 27.649 / de 27.649 a -32.512 Intensidad: de 32.511 a 27.649 / de 0 a -4.864 Consulte el apartado en que aparecen los rangos de entrada de tensión e intensidad (Página 1530).
Rebase por exceso/defecto (palabra de datos)	Tensión: de 32.767 a 32.512 / de -32.513 a -32.768 Intensidad: de 32.767 a 32.512 / de -4.865 a -32.768 Consulte el apartado en que aparecen los rangos de entrada de tensión e intensidad (Página 1530).
Resolución	12 bits + bit de signo
Tensión/intensidad soportada máxima	± 35 V / ± 40 mA
Filtrado	Ninguno, débil, medio o fuerte Consulte el apartado en que aparecen los tiempos de respuesta a un escalón (Página 1529).

Tabla del manual Controlador Programable S7-1200 [1]: Características de las entradas del módulo SM 1234 del Manual S7-1200

Módulo SM 1231 RTD

Datos técnicos	SM 1231 AI 4 x RTD x 16 bits	SM 1231 AI 8 x RTD x 16 bits
Referencia	6ES7231-5PD32-0XB0	6ES7231-5PF32-0XB0
Dimensiones A x A x P (mm)	45 x 100 x 75	70 x 100 x 75
Peso	220 gramos	270 gramos
Disipación de potencia	1,5 W	
Consumo de corriente (bus SM)	80 mA	90 mA
Consumo de corriente (24 V DC) ¹	40 mA	

Tabla del manual Controlador Programable S7-1200 [1]: Características generales de los módulos del tipo SM 1231 del Manual S7-1200

Datos técnicos		SM 1231 AI 4 x RTD x 16 bits	SM 1231 AI 8 x RTD x16 bits
Número de entradas		4	8
Tipo		RTD y Ω indicado por el módulo	
Rango Rango nominal (palabra de datos) Rango de sobreimpulso/subimpulso (palabra de datos) Rebase por exceso/defecto (palabra de datos)		Véase la tabla de selección de sensores RTD (Página 1543).	
Resolución	Temperatura	0,1 °C/0,1 °F	
	Resistencia	Signo más (+) de 15 bits	
Tensión soportada máxima		± 35 V	
Supresión de ruido		85 dB para la reducción de ruido seleccionada (10 Hz, 50 Hz, 60 Hz o 400 Hz)	
Rechazo en modo común		> 120dB	
Impedancia		≥ 10 M Ω	
Aislamiento	De campo a lógica	707 V DC (ensayo de tipo)	
	De campo a 24 V DC	707 V DC (ensayo de tipo)	
	De 24 V DC a lógica	707 V DC (ensayo de tipo)	
Aislamiento entre canales		Ninguno	
Precisión		Véase la tabla de selección de sensores RTD (Página 1543).	
Repetitividad		$\pm 0,05\%$ FS	
Disipación máxima del sensor		0,5 mW	
Principio de medición		Integrador	
Tiempo de actualización del módulo		Véase la tabla de selección de reducción de ruido (Página 1543).	
Longitud de cable (metros)		100 metros hasta el sensor (máx.)	
Resistencia del cable		20 Ω , 2,7 Ω para 10 Ω RTD máx.	

Tabla del manual Controlador Programable S7-1200 [1]: Características de las entradas de los módulos del tipo SM 1231 del Manual S7-1200

Módulo SM 1232 AQ 2

Datos técnicos	SM 1232 AQ 2 x 14 bit	SM 1232 AQ 4 x 14 bit
Referencia	6ES7232-4HB32-0XB0	6ES7232-4HD32-0XB0
Dimensiones A x A x P (mm)	45 x 100 x 75	
Peso	180 gramos	
Disipación de potencia	1,8 W	2,0 W
Consumo de corriente (bus SM)	80 mA	
Consumo de corriente (24 V DC)	45 mA (sin carga)	

Tabla del manual Controlador Programable S7-1200 [1]: Características generales de los módulos del tipo SM 1232 del Manual S7-1200

Proyecto de automatización de una calandra en el proceso industrial de fabricación de no tejidos

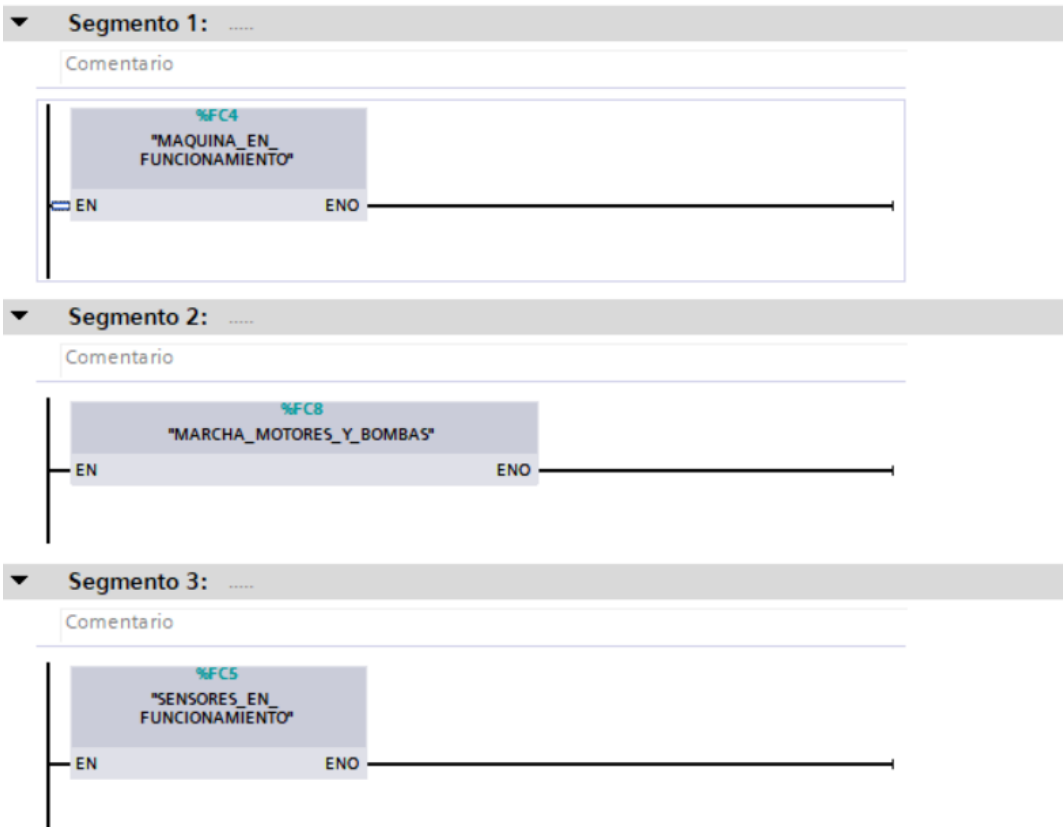
Datos técnicos	SM 1232 AQ 2 x 14 bit	SM 1232 AQ 4 x 14 bit
Número de salidas	2	4
Tipo	Tensión o intensidad	
Rango	±10 V, de 0 a 20 mA o de 4 mA a 20 mA	
Resolución	Tensión: 14 bits Intensidad: 13 bits	
Rango total (palabra de datos)	Tensión: -27.648 a 27.648; intensidad: 0 a 27.648 Consulte los rangos de salida de tensión e intensidad (Página 1532).	
Precisión (25 °C / de -20 a 60 °C)	±0,3% / ±0,6% de rango máximo	
Tiempo de estabilización (95% del nuevo valor)	Tensión: 300 µs (R), 750 µs (1 uF) Intensidad: 600 µs (1 mH), 2 ms (10 mH)	
Impedancia de carga	Tensión: ≥ 1000 Ω Intensidad: ≤ 600 Ω	
Corriente de cortocircuito máxima en la salida	Modo de tensión: ≤ 24 mA Modo de intensidad: ≥ 38,5 mA	
Reacción al cambiar de RUN a STOP	Último valor o valor sustitutivo (valor predeterminado: 0)	
Aislamiento (de campo a lógica)	Ninguno	
Aislamiento (de 24 V a salida)	Ninguno	
Longitud de cable (metros)	100 m, trenzado y apantallado	

Tabla del manual Controlador Programable S7-1200 [1]: Características de las salidas del módulo SM 1232 del Manual S7-1200

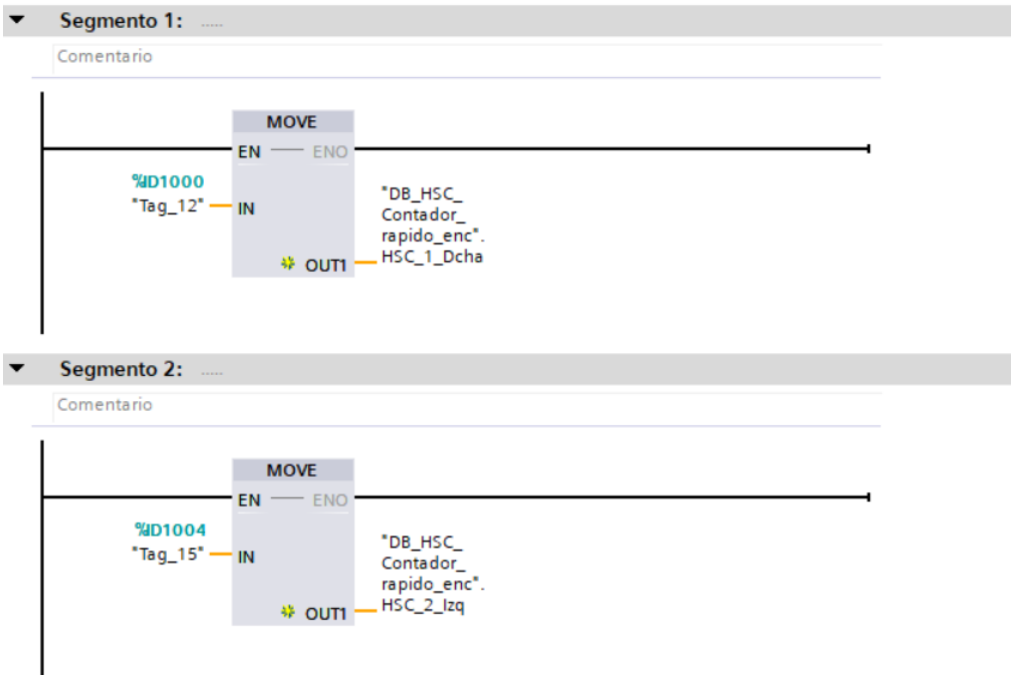
ANEXO II CÓDIGO DE PROGRAMACIÓN

Bloques de Programa

Main [OB1]



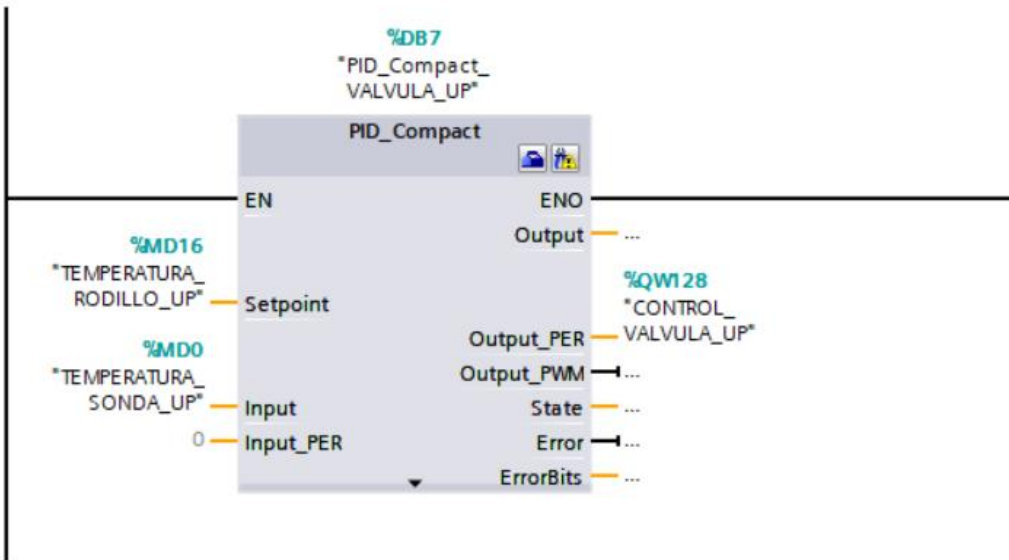
Cyclic Interrupt Encoders [OB31]



Cyclic Interrupt Valvulas de Temperatura [OB30]

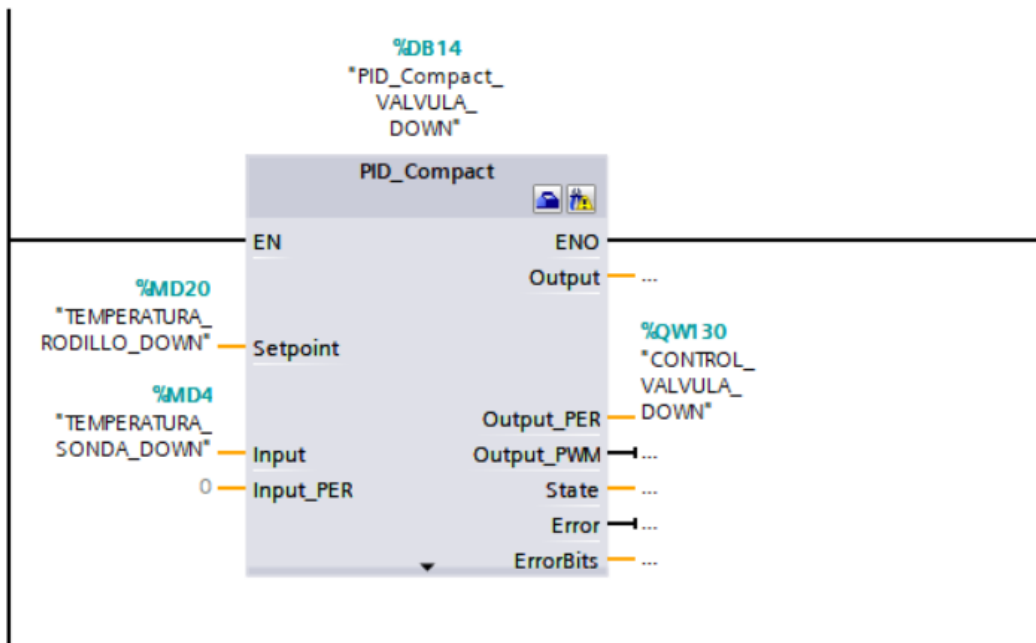
▼ Segmento 1:

Comentario



▼ Segmento 2:

Comentario

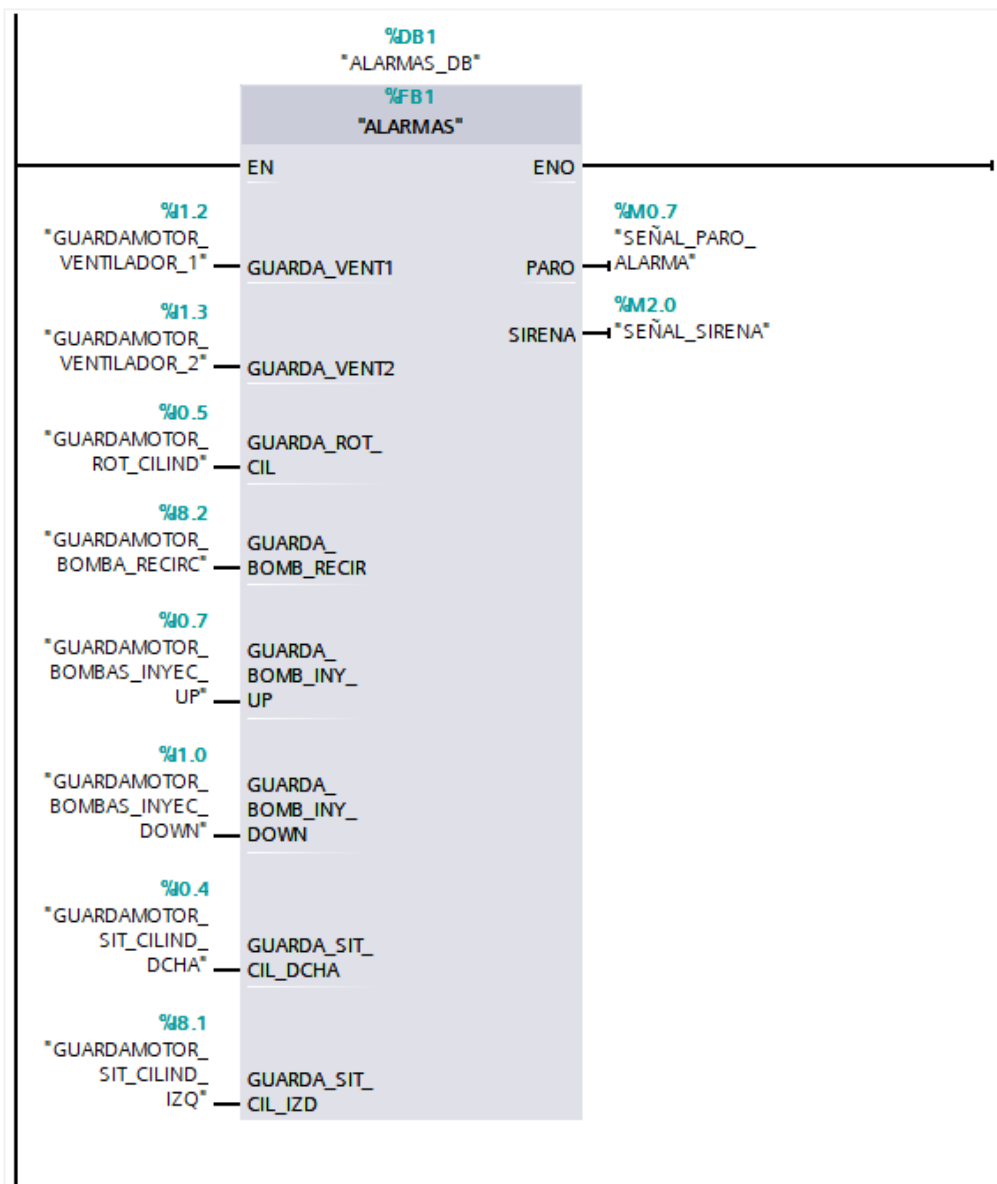


Dentro del bloque de Organización Main[OB1]:

Maquina en funcionamiento [FC4]

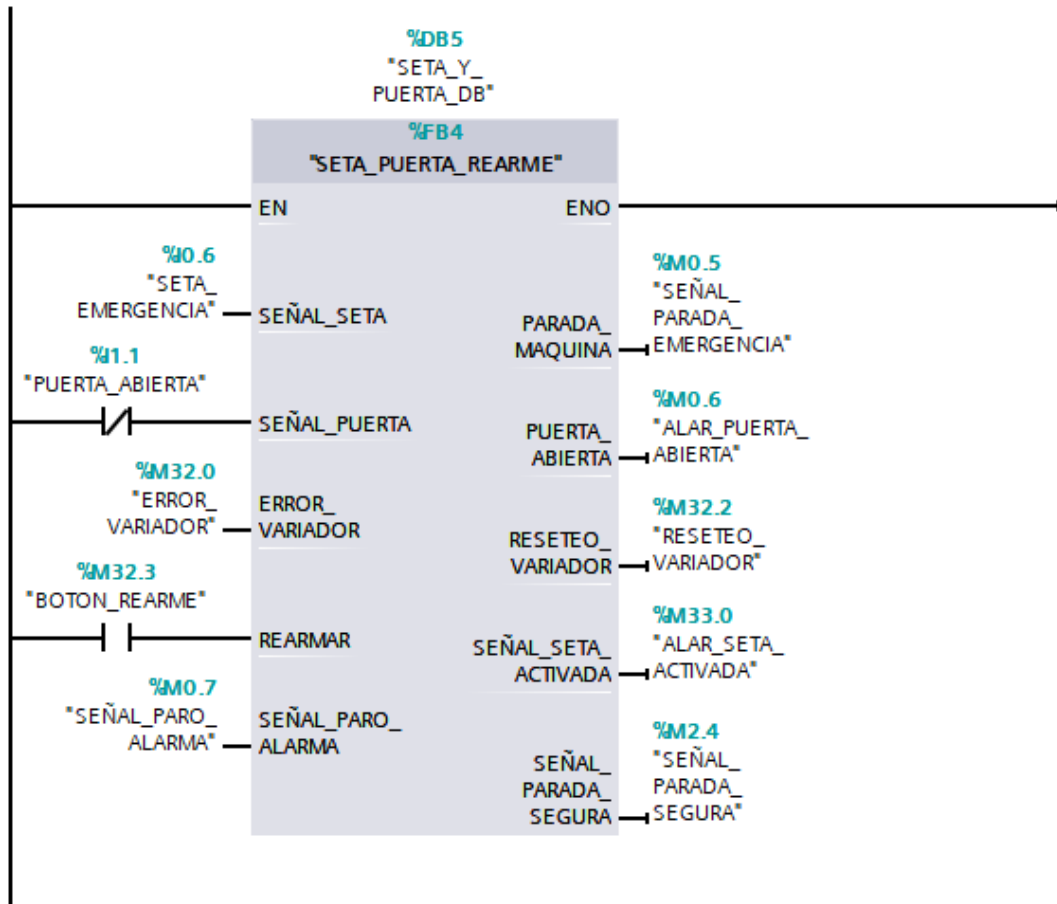
▼ Segmento 1: FUNCIONAMIENTO DE LAS ALARMAS

Comentario



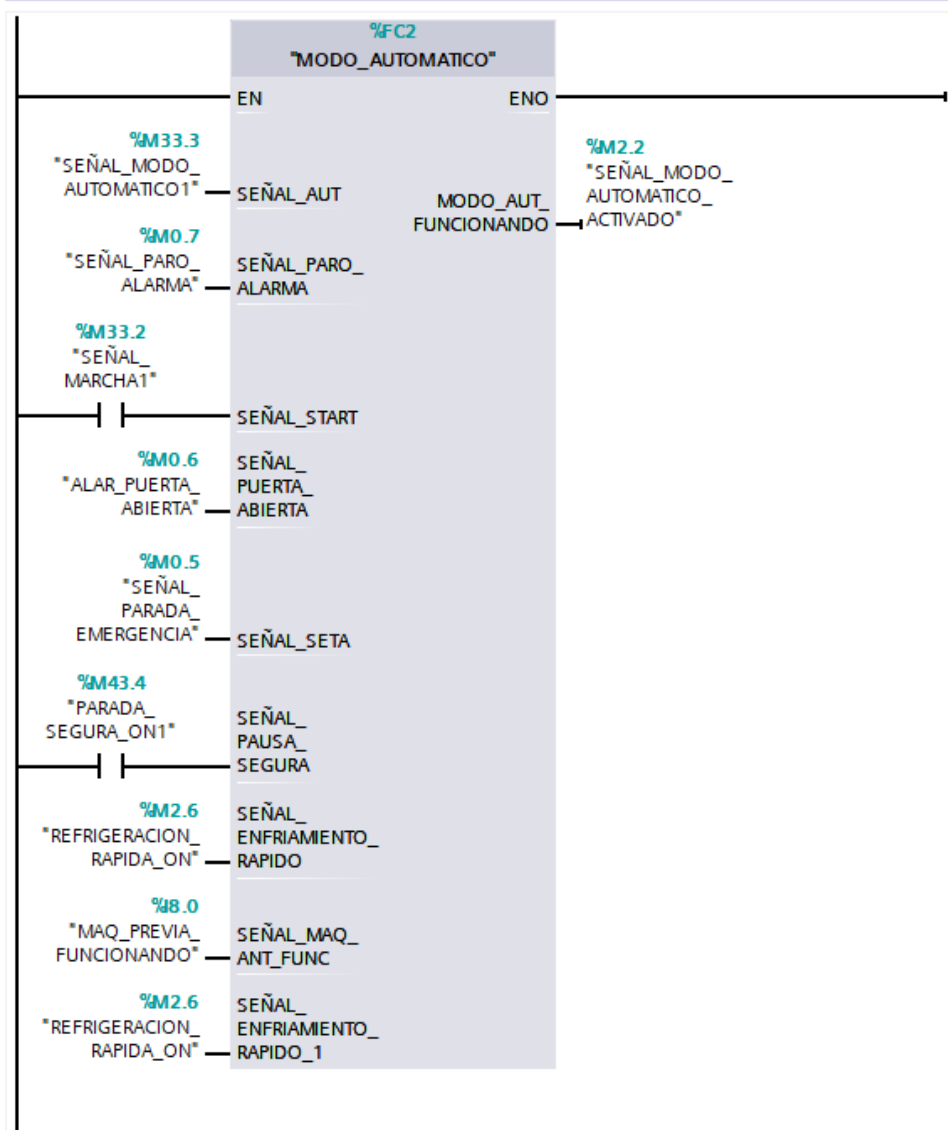
Segmento 2: FUNCIONAMIENTO SETA Y PARA POR PUERTA ABIERTA

Comentario



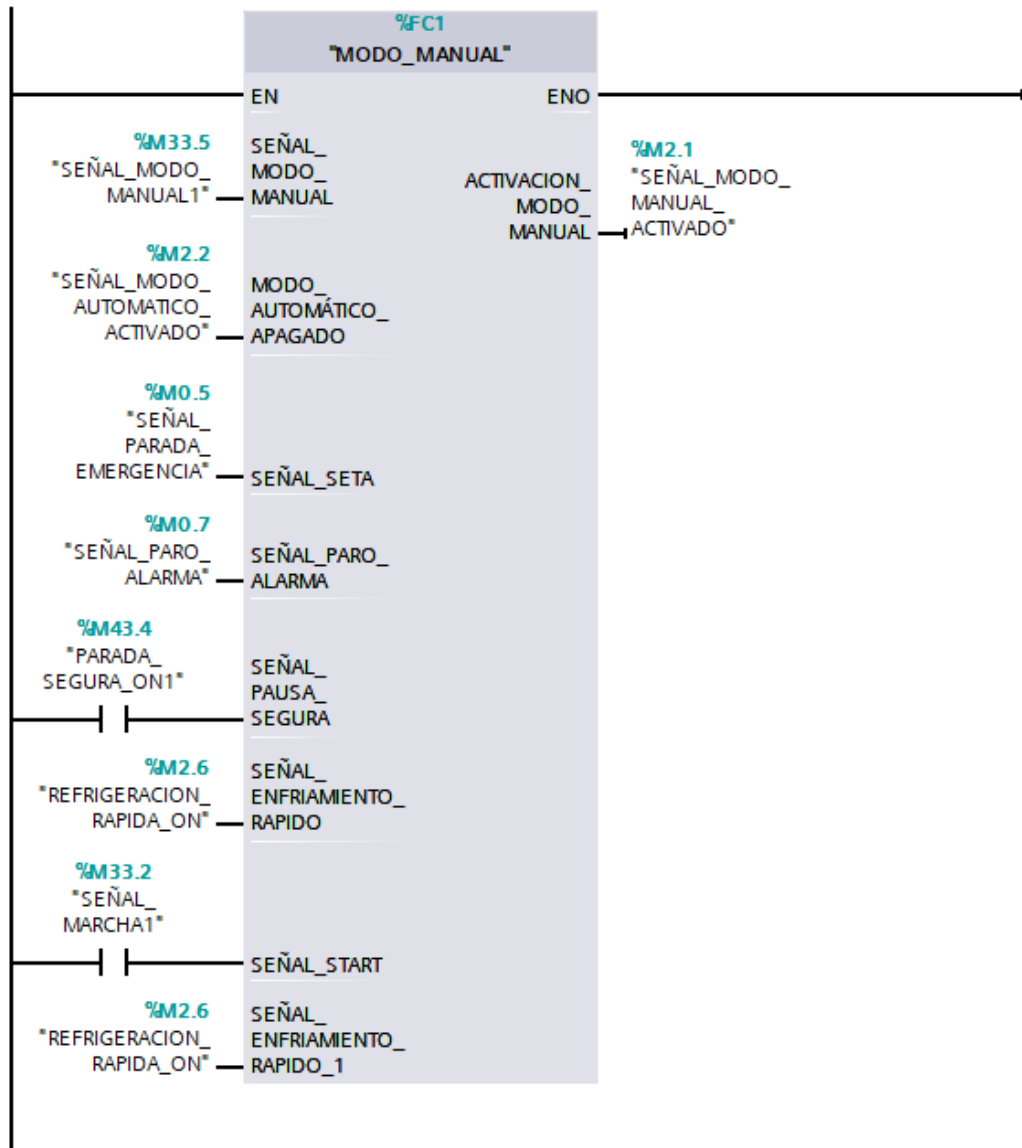
Segmento 3: FUNCIONAMIENTO DEL MODO AUTOMATICO

Comentario



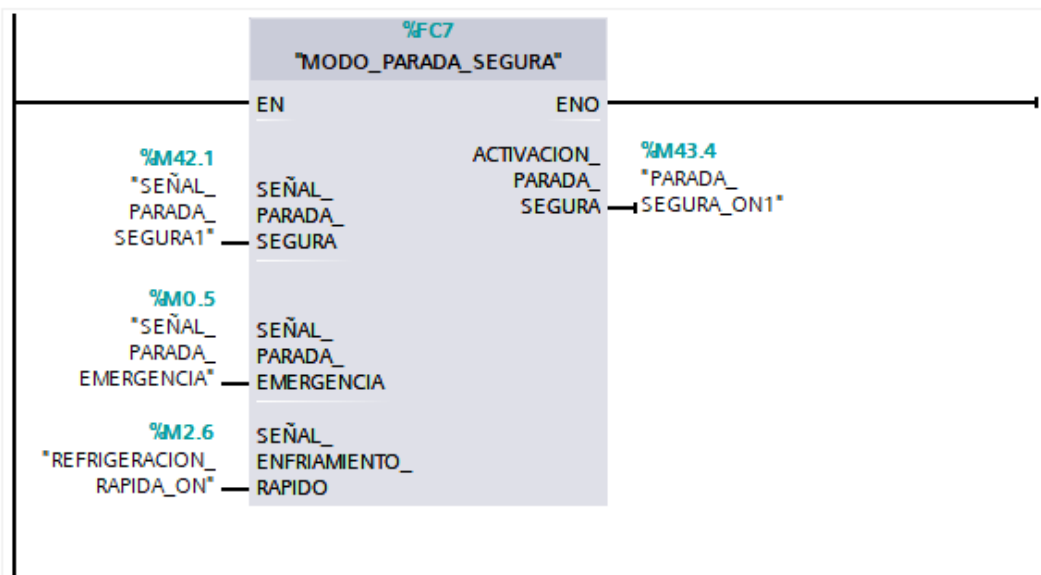
▼ **Segmento 4: FUNCIONAMIENTO DEL MODO MANUAL**

Comentario



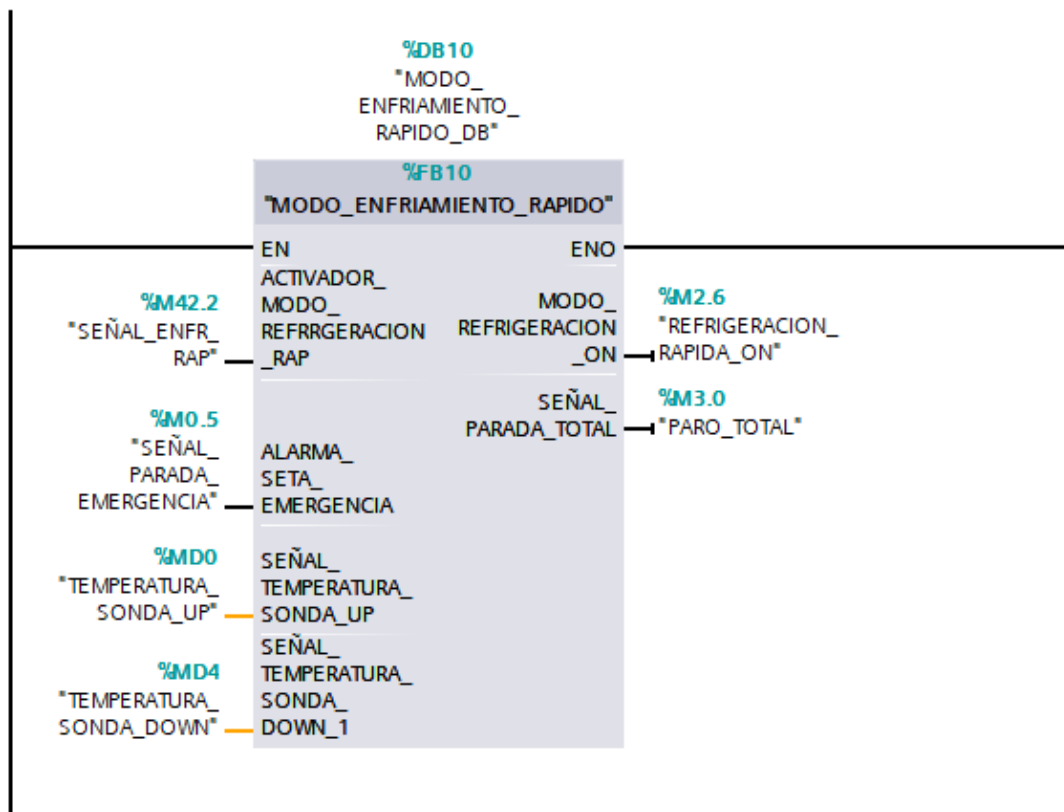
▼ **Segmento 5:** FUNCIONAMIENTO DEL MODO PARADA SEGURA

Comentario



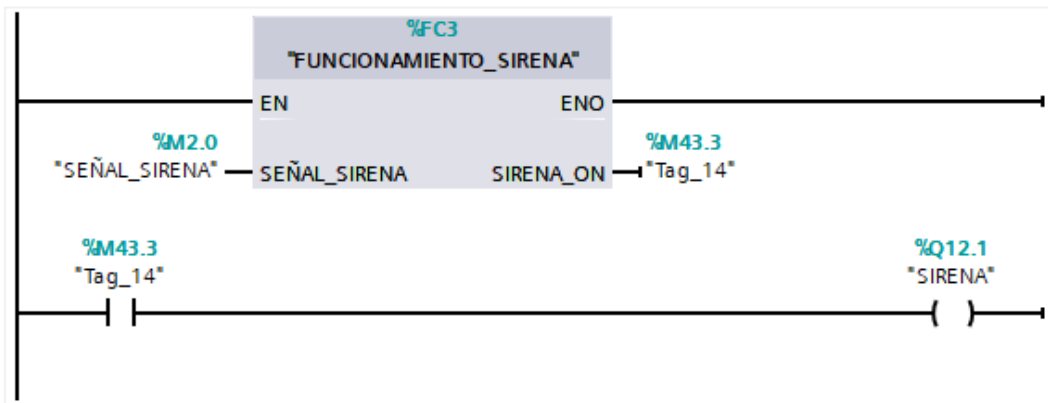
▼ **Segmento 6:** FUNCIONAMIENTO DEL MODO ENFRIAMIENTO RAPIDO

Comentario



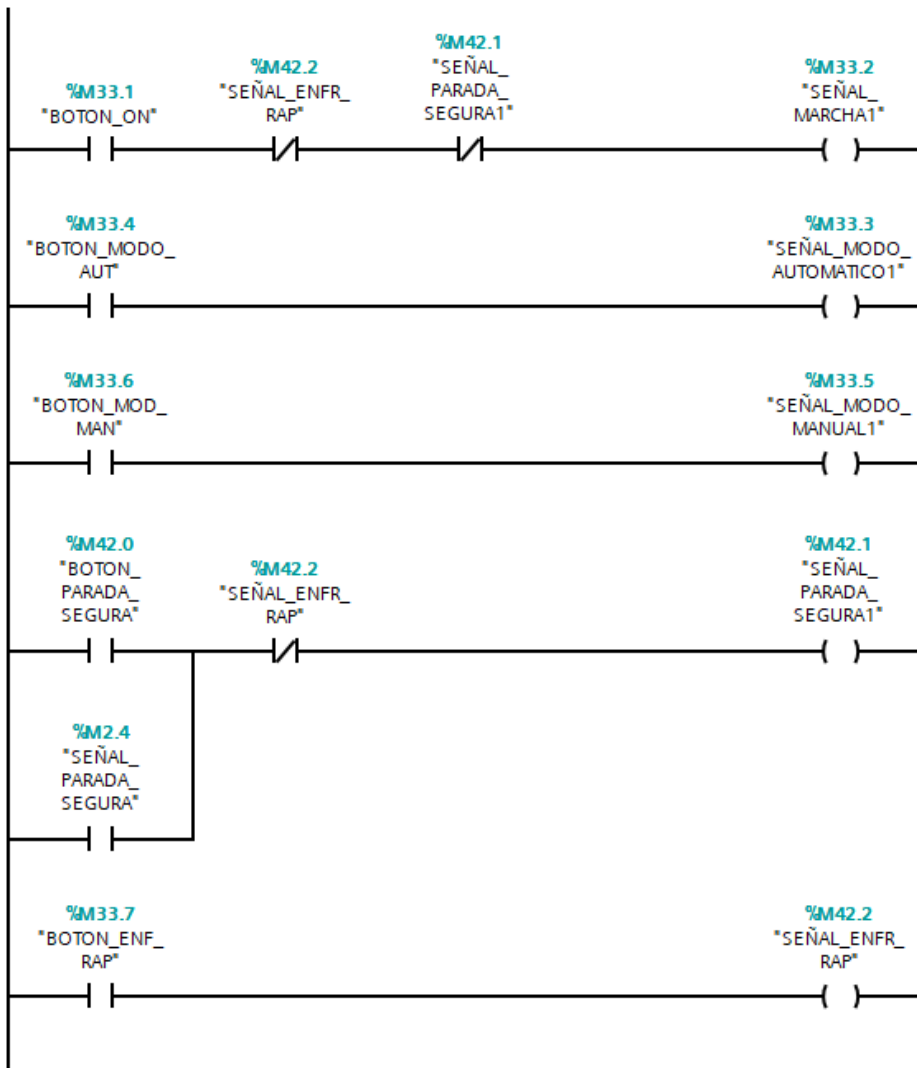
▼ Segmento 7:

Comentario



▼ Segmento 8:

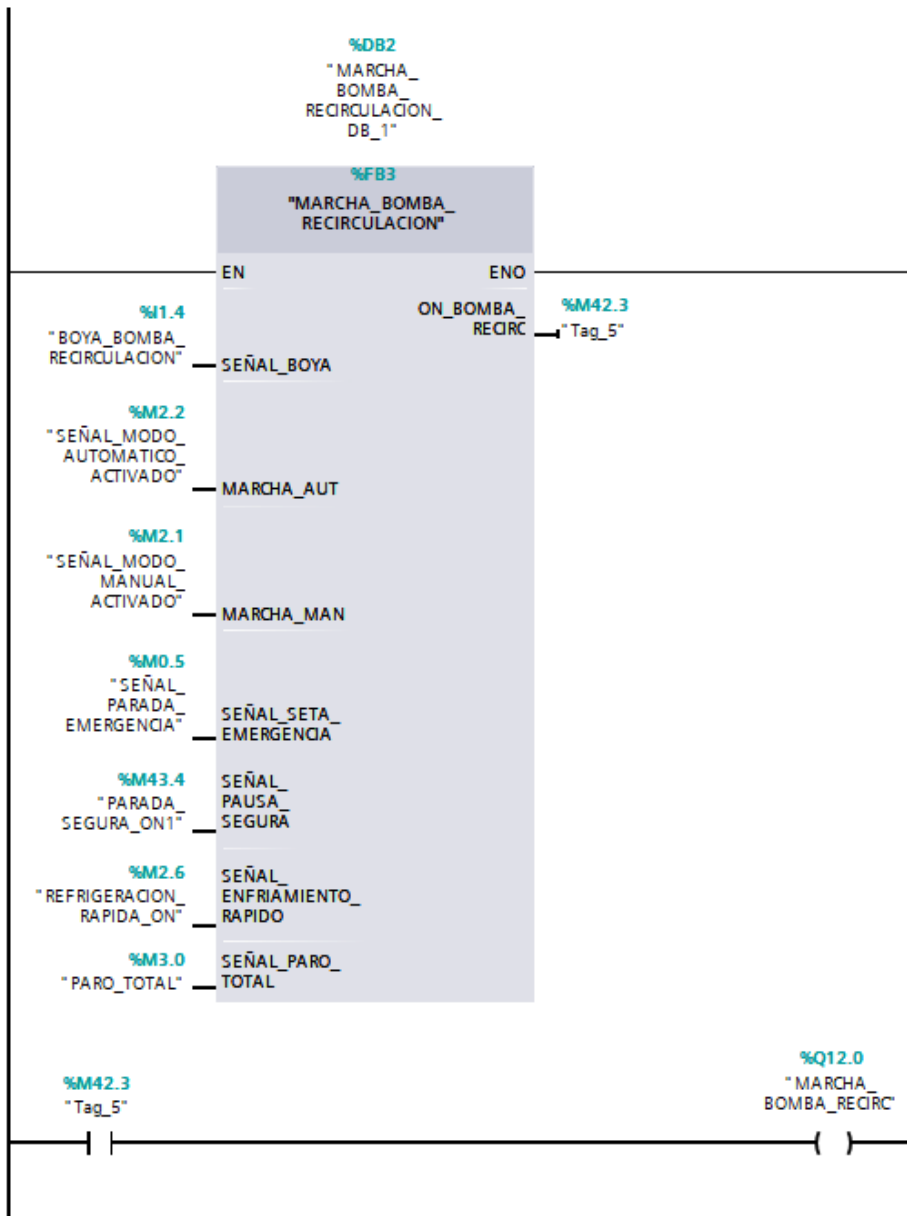
Comentario



Marcha Motores y Bombas [FC8]

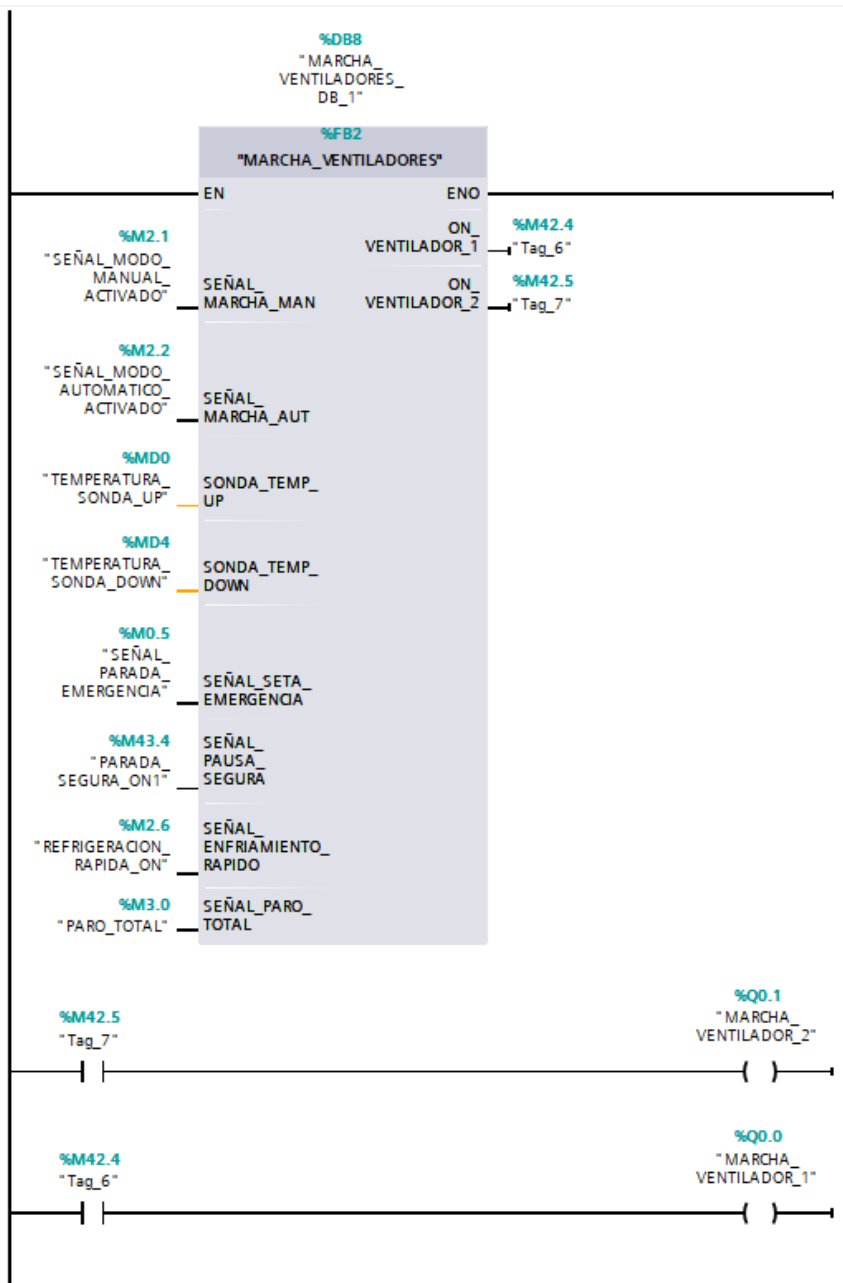
Segmento 1: Control marcha bomba recirculacion

Comentario



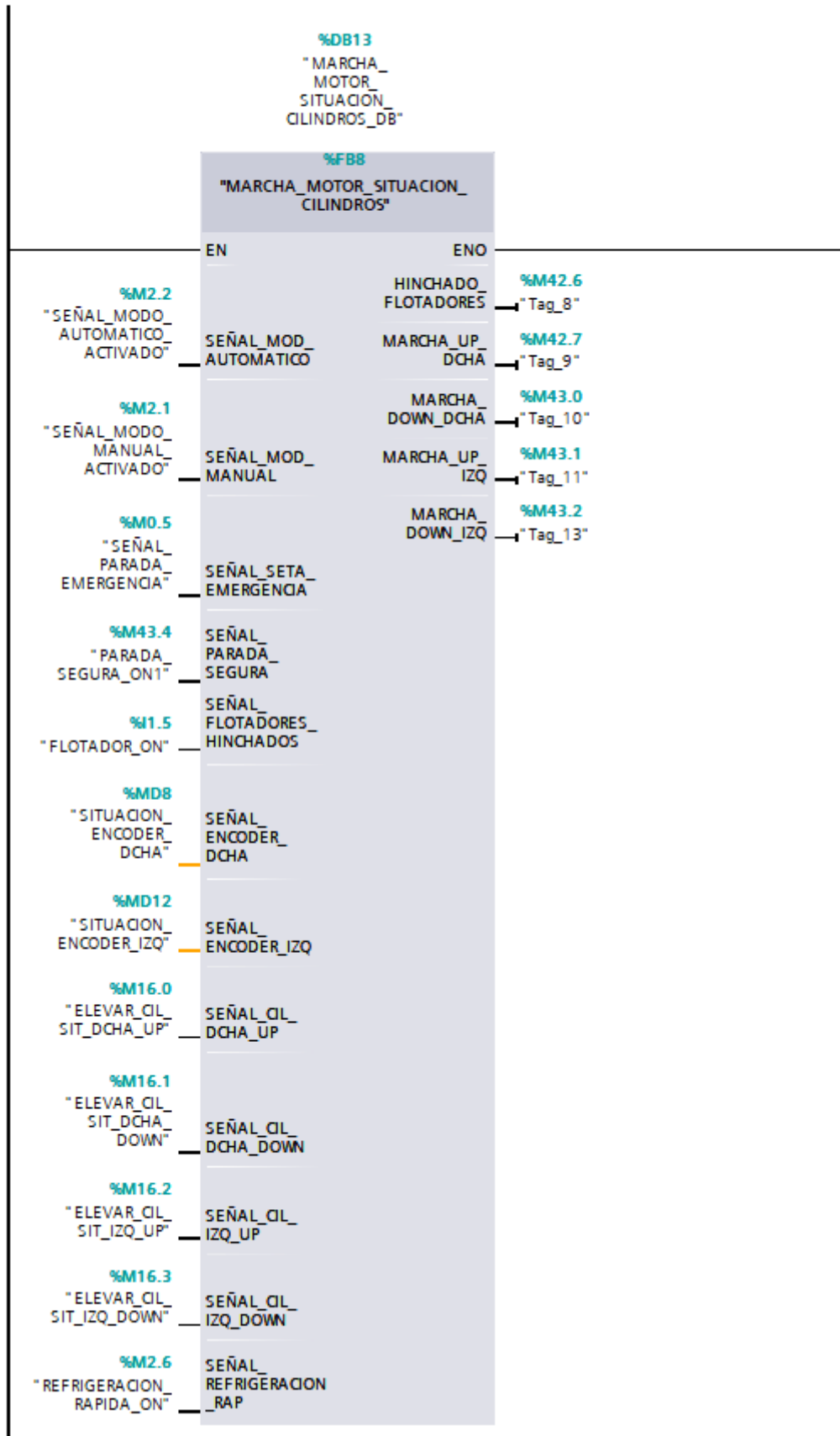
▼ **Segmento 2:** Control marcha ventiladores

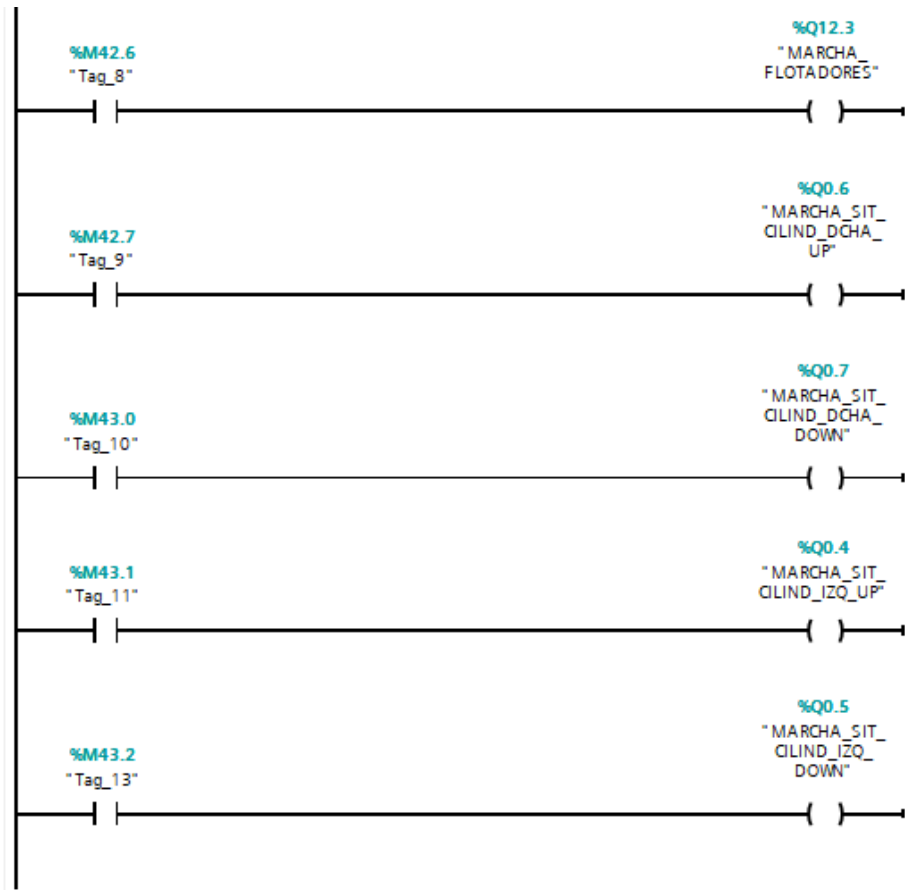
Comentario



▼ **Segmento 3: Control situación cilindro y flotador**

Comentario





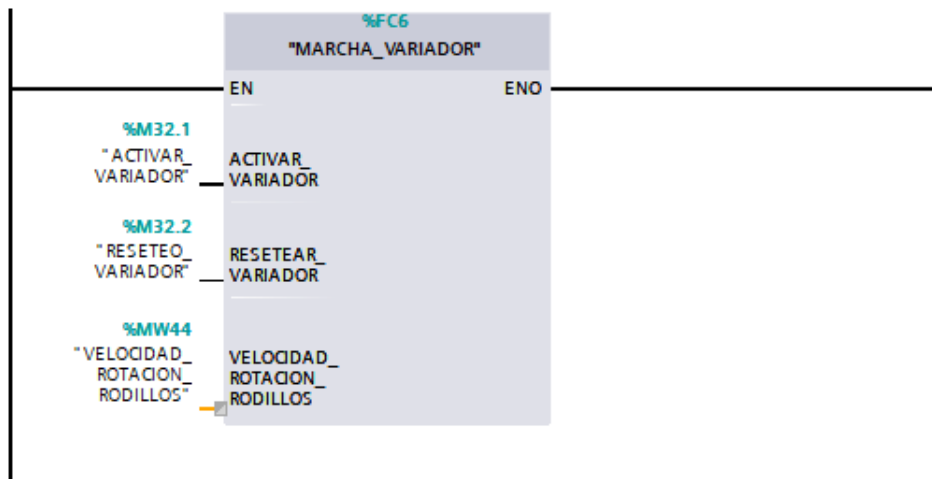
▼ Segmento 4:

Comentario



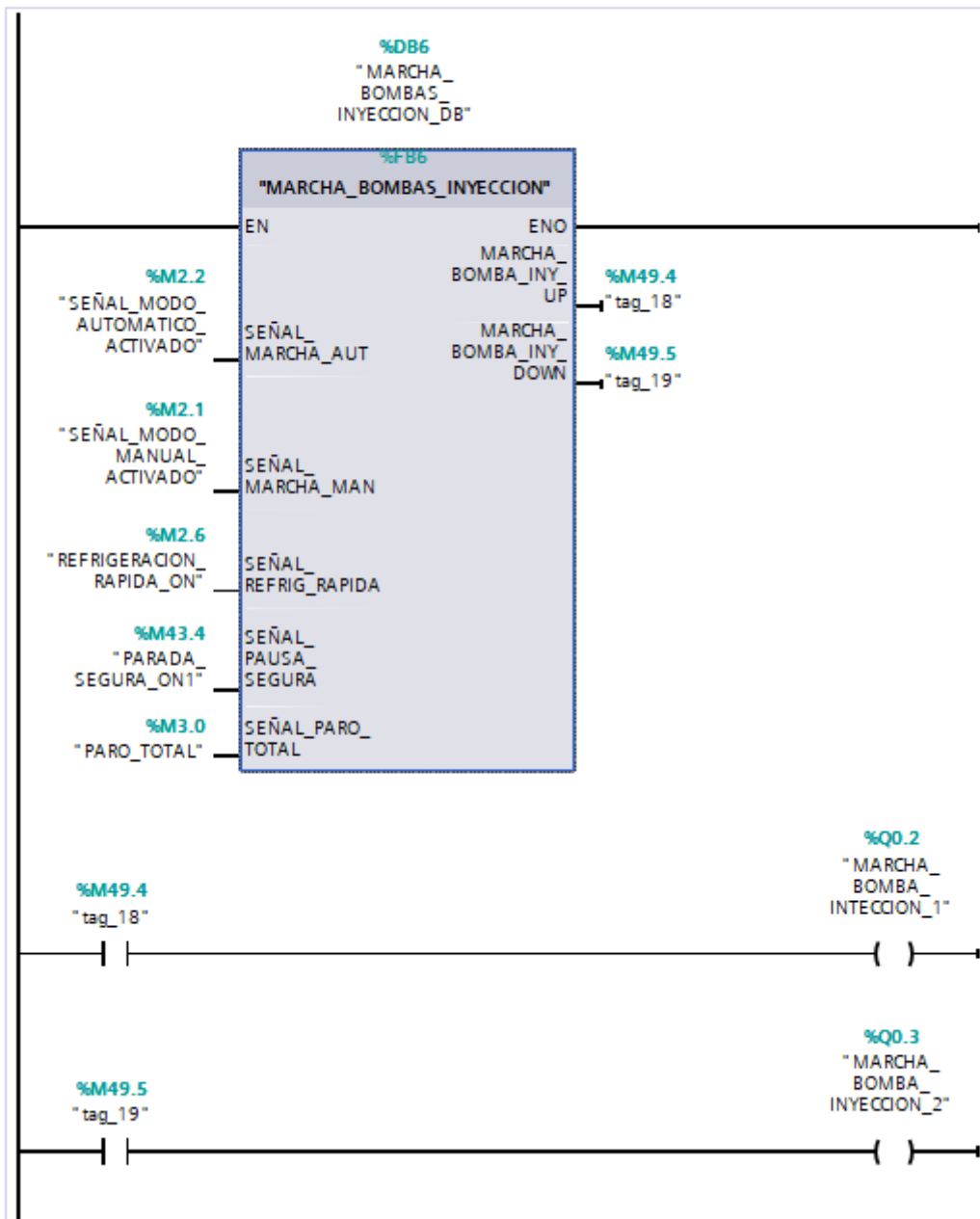
▼ Segmento 5: Control Variador

Comentario



▼ Segmento 6: Control Bombas de inyeccion

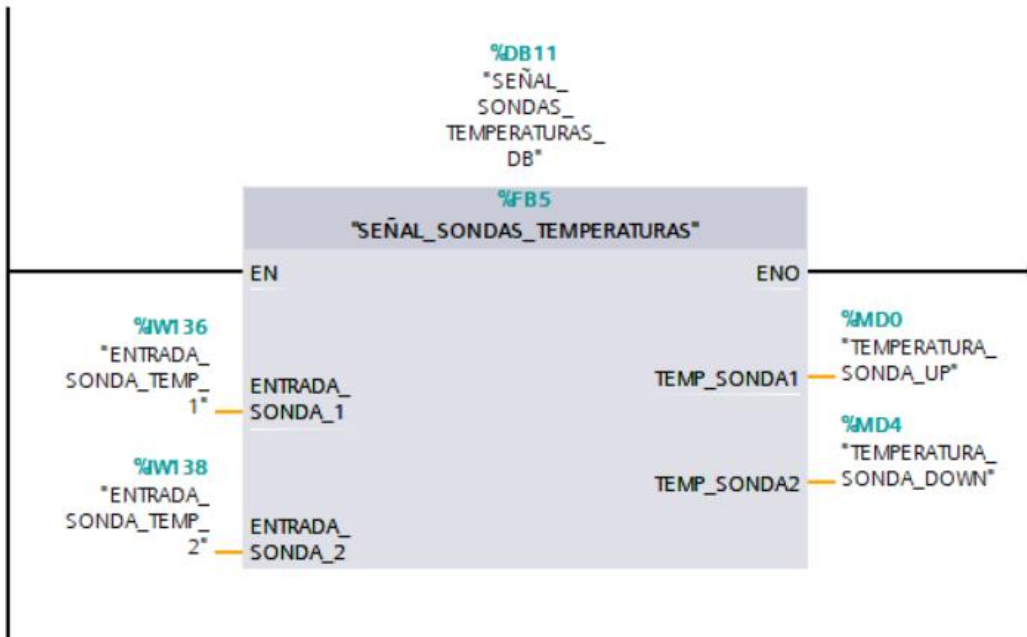
Comentario



Sensores en Funcionamiento [FC5]

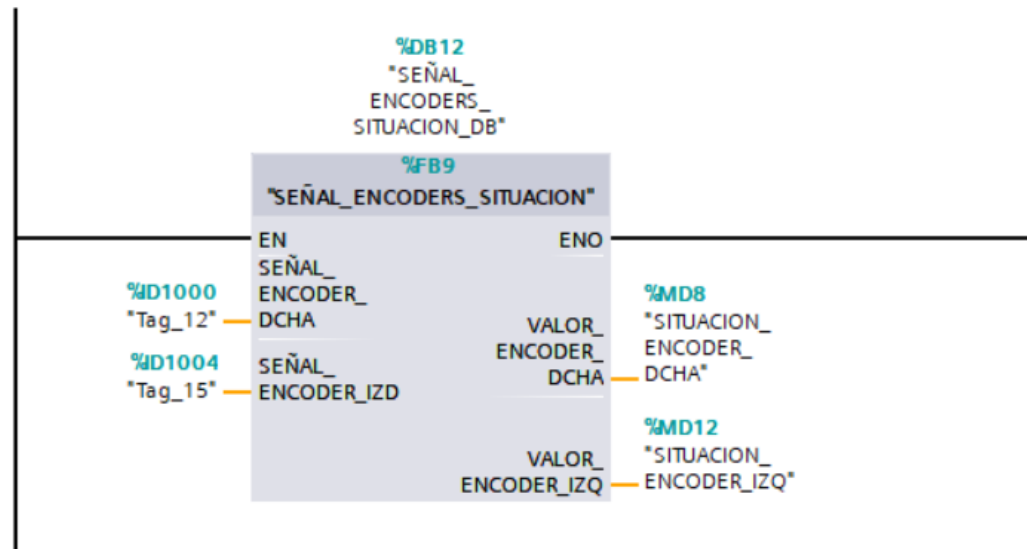
▼ Segmento 1: Sondas de temperatura

Comentario



▼ Segmento 2:

Comentario

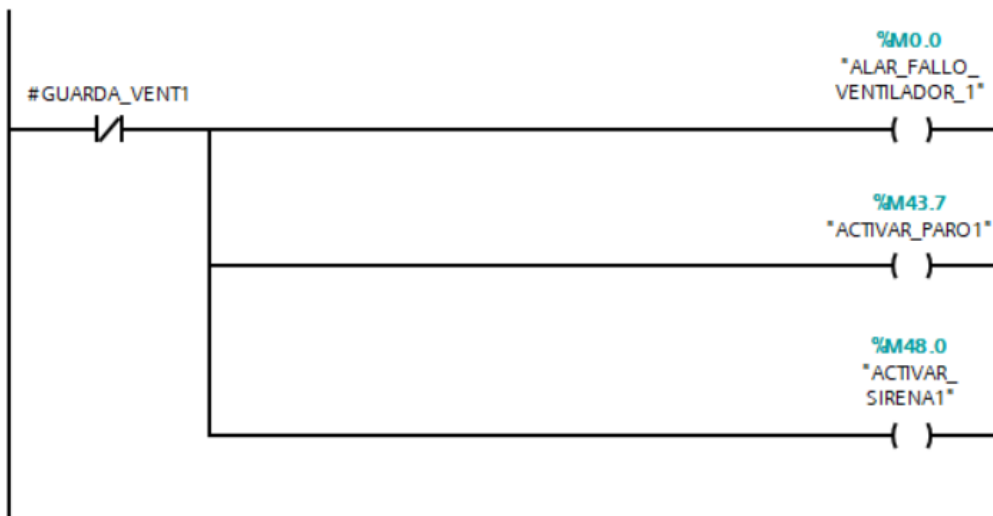


Dentro del Bloque de Función Máquina en funcionamiento [FC4]:

Alarmas [FB1]

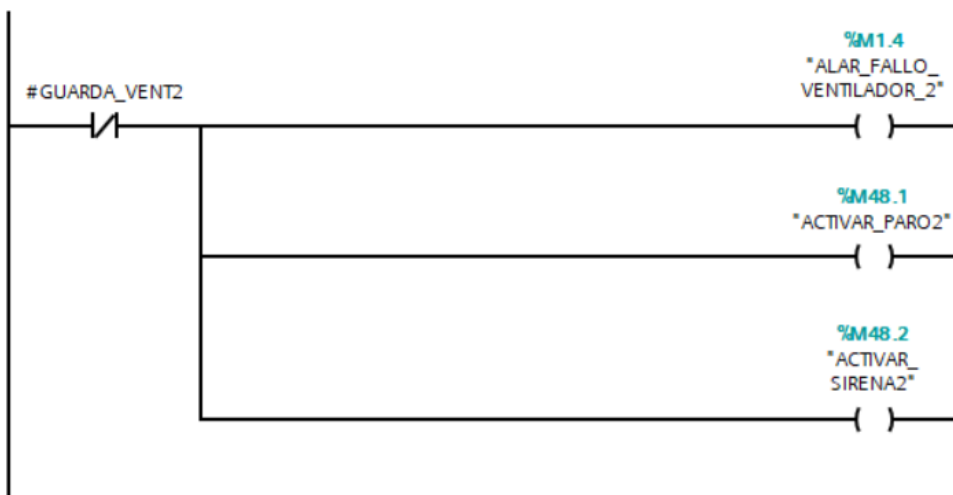
▼ **Segmento 1:** Alarma fallo Guardamotor del Ventilador 1

Comentario



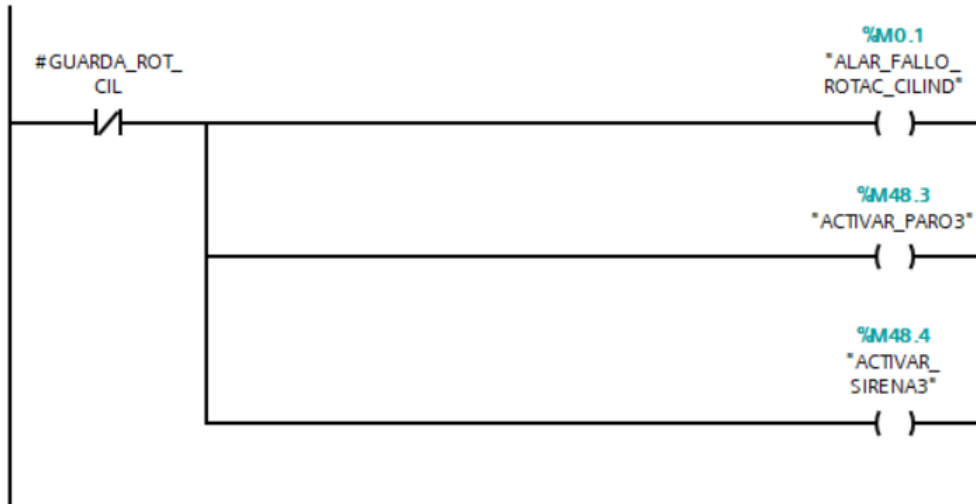
▼ **Segmento 2:** Alarma fallo Guardamotor del Ventilador 2

Comentario



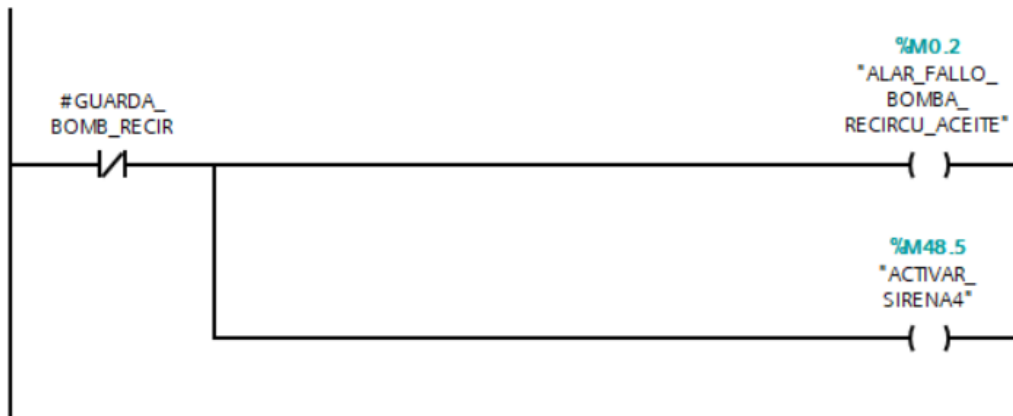
▼ **Segmento 3:** Alarma fallo Guardamotor motores rotación cilindros

Comentario



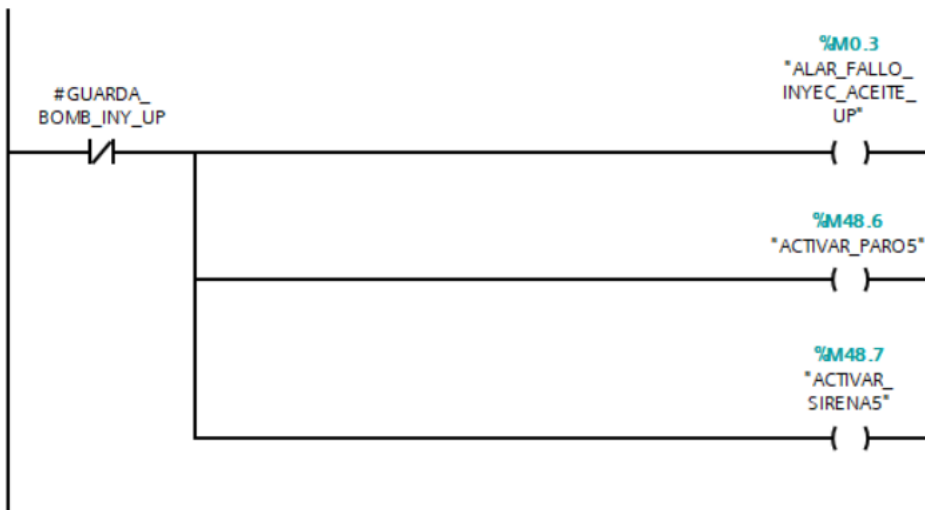
▼ **Segmento 4:** Alarma fallo guardamotor bomba recirculación aceite

Comentario



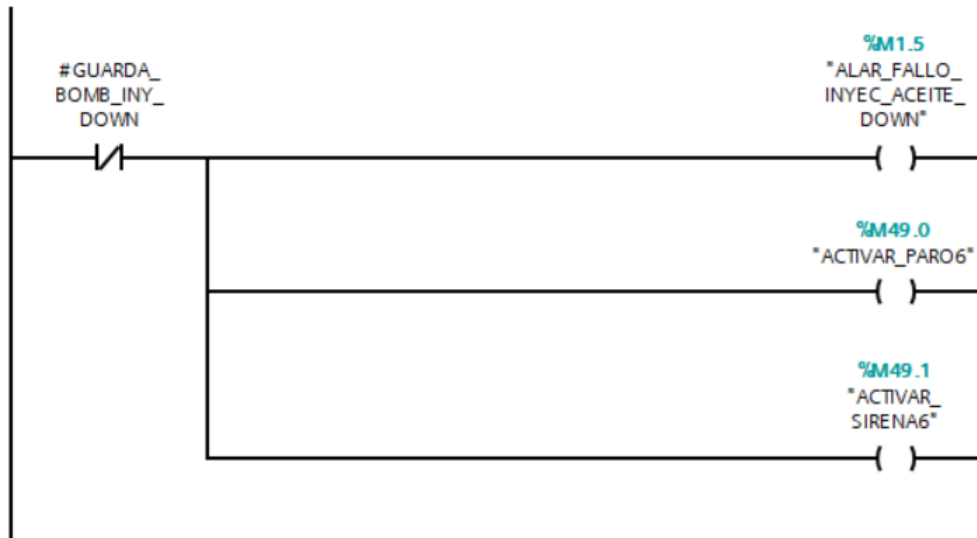
▼ **Segmento 5:** Alarma guardamotor bomba inyeccion cilindro de arriba

Comentario



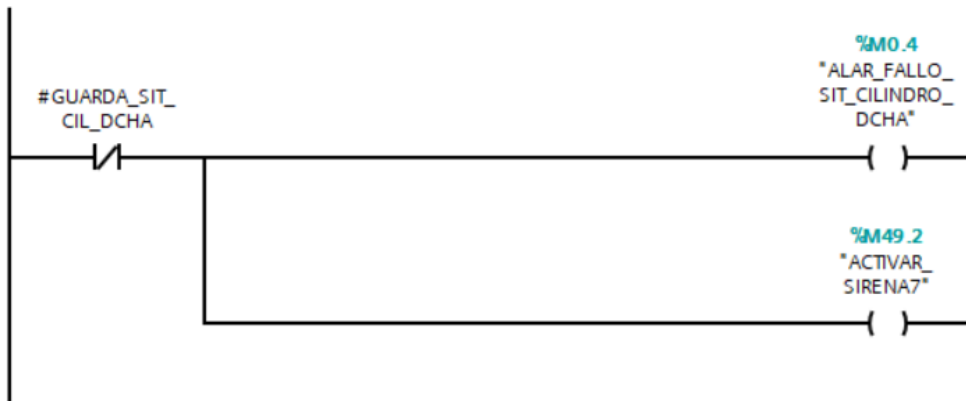
▼ **Segmento 6:** Alarma guardamotor bomba inyeccion cilindro de abajo

Comentario



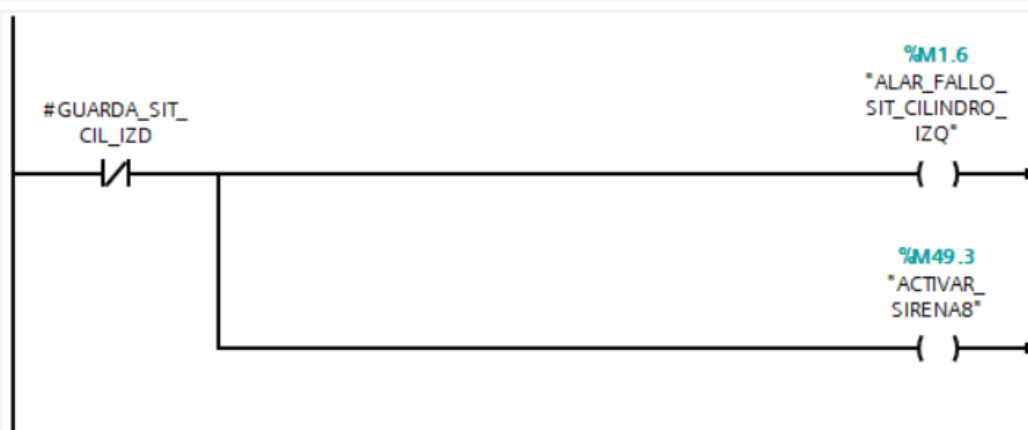
▼ **Segmento 7:** Alarma guardamotor situacion cilindros derecha

Comentario



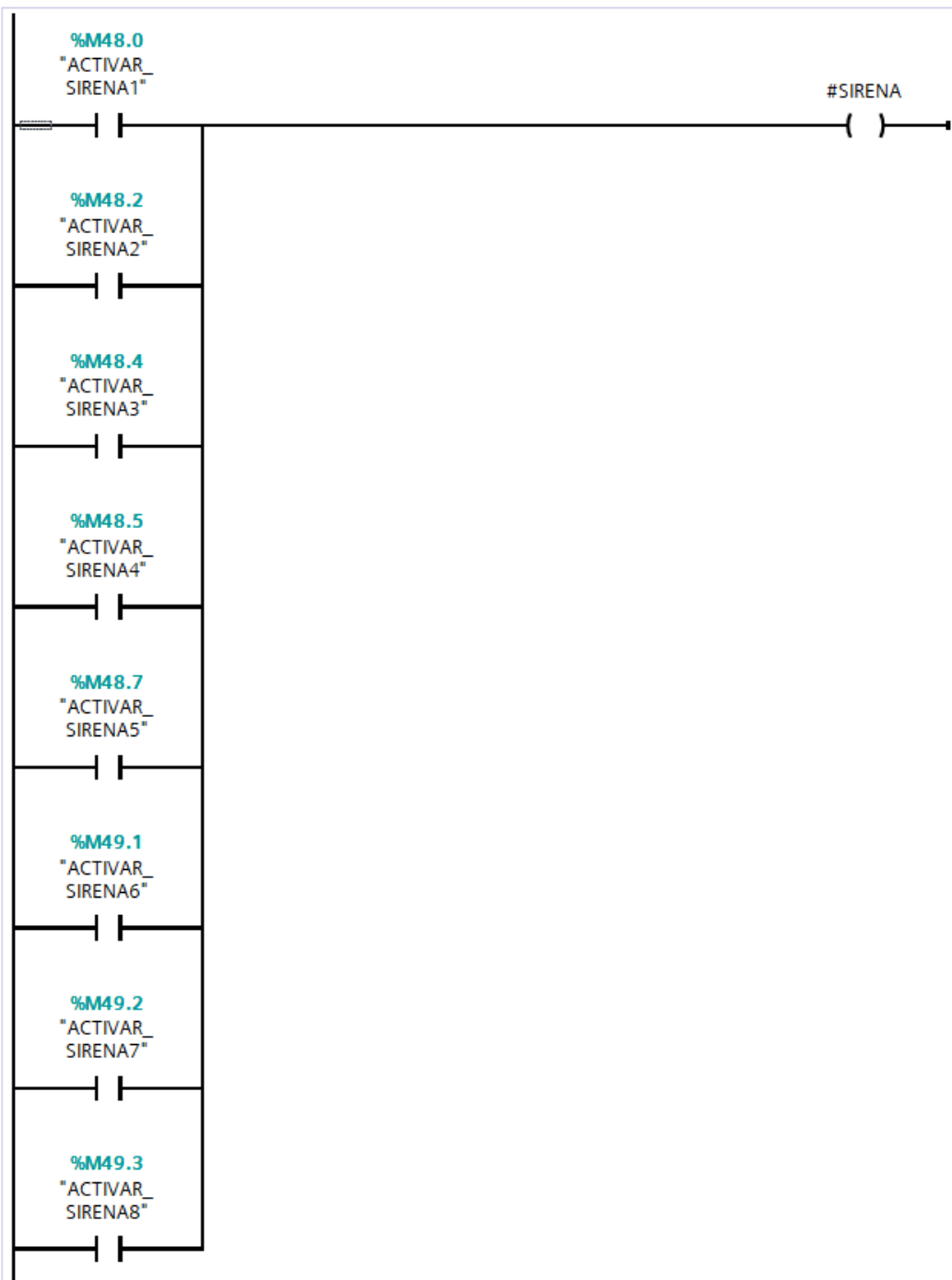
▼ **Segmento 8:** Alarma guardamotor situacion cilindros izquierda

Comentario



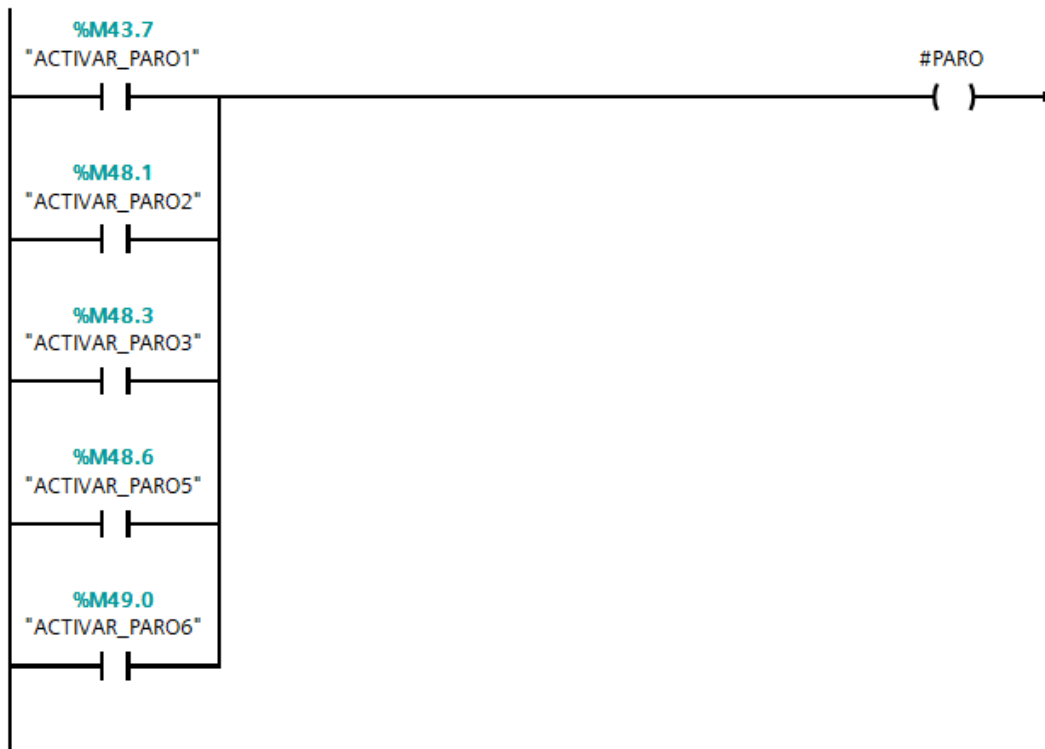
▼ Segmento 9:

Comentario



▼ Segmento 10:

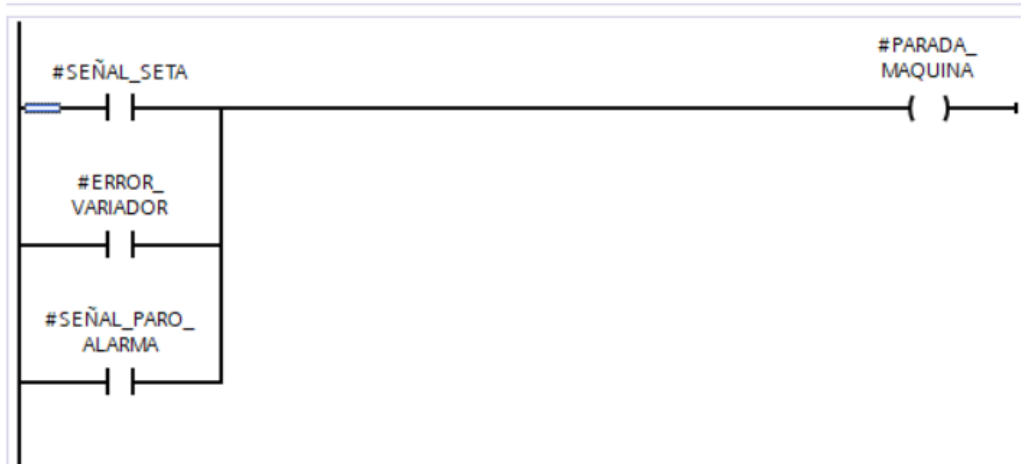
Comentario



Seta Puerta Rearme [FB4]

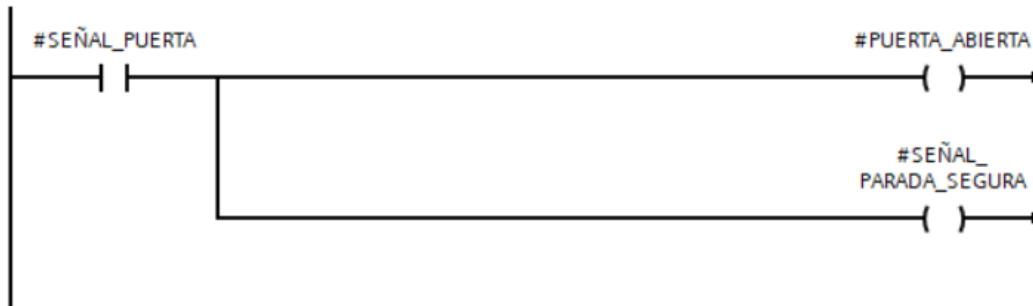
▼ Segmento 1:

Comentario



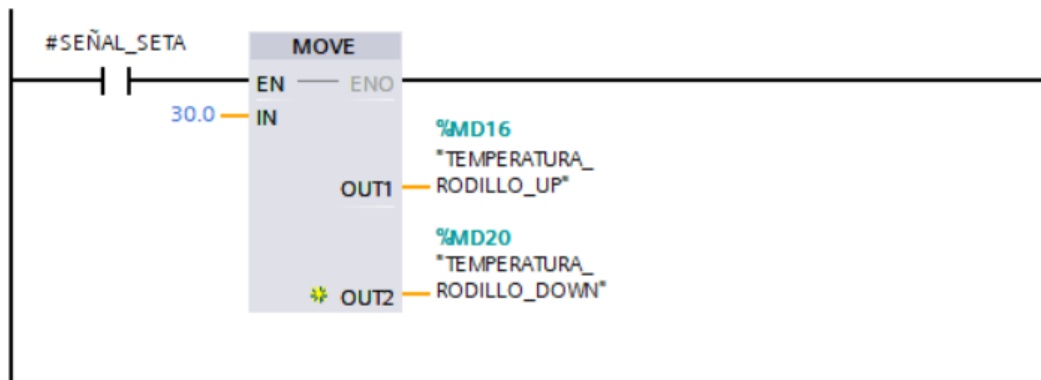
▼ Segmento 2:

Comentario



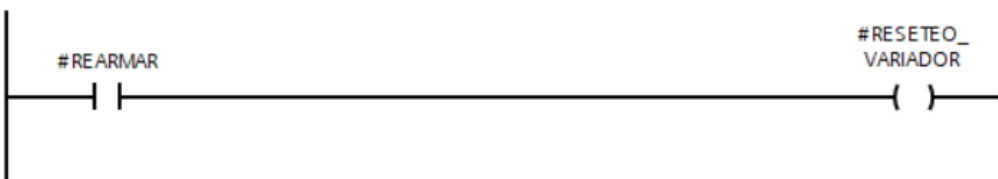
▼ Segmento 3:

Comentario



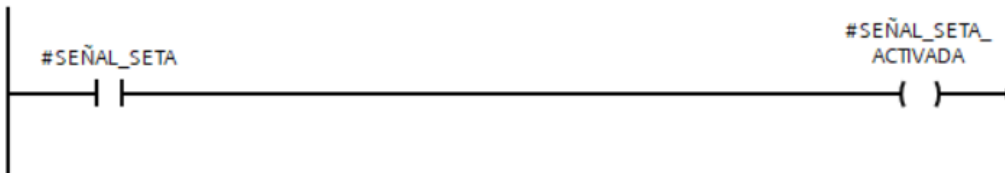
▼ Segmento 4:

Comentario

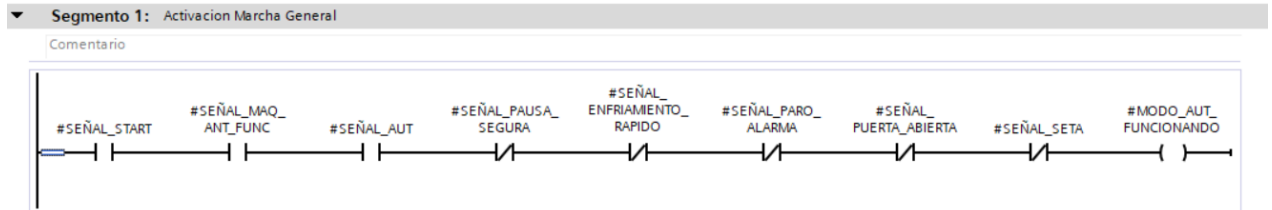


▼ Segmento 5:

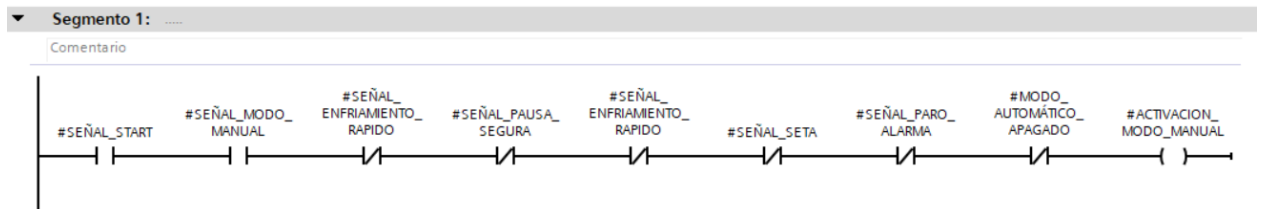
Comentario



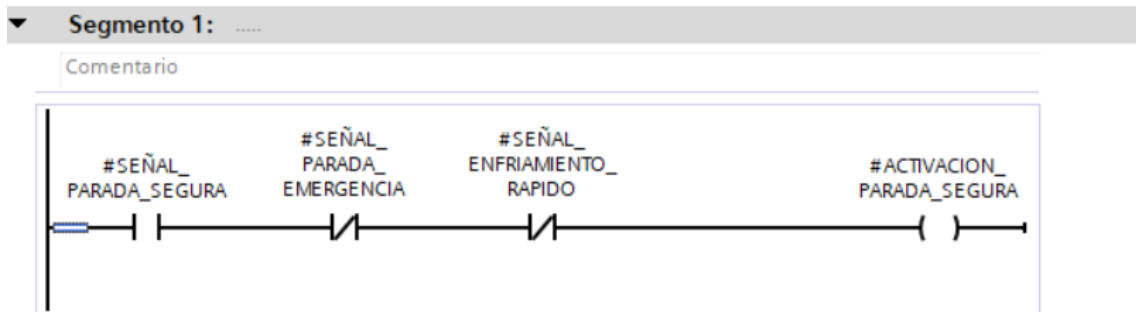
Modo Automático [FC2]



Modo Manual [FC1]



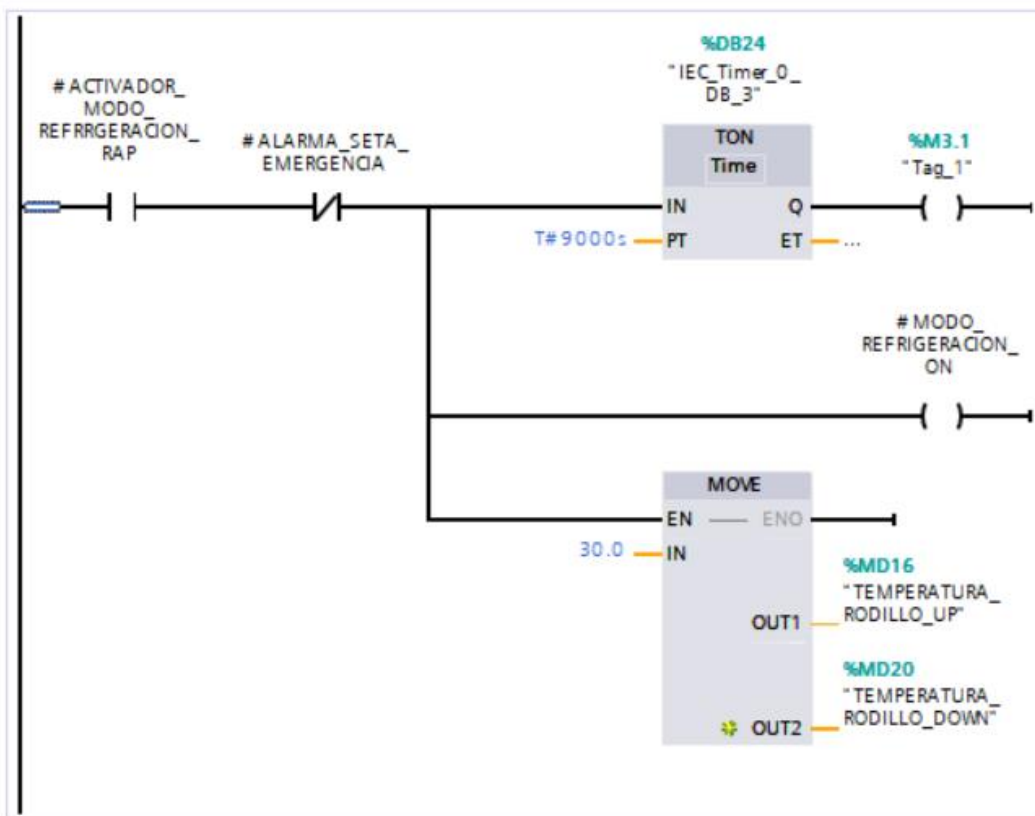
Modo Parada Segura [FC7]



Modo Enfriamiento Rápido [FB10]

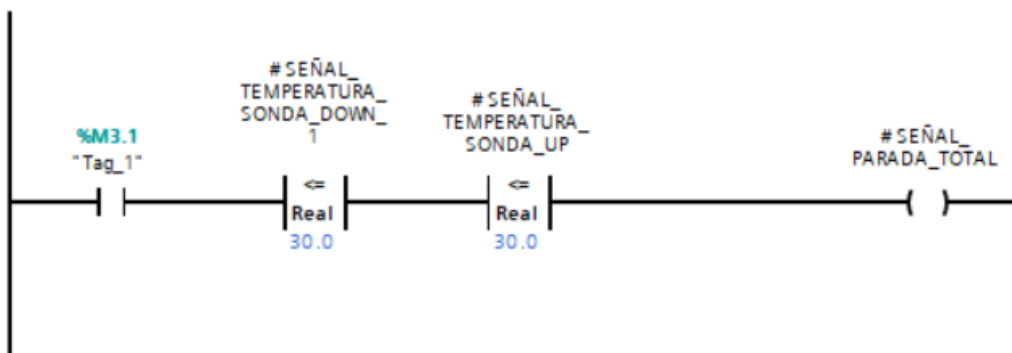
▼ Segmento 1:

Comentario

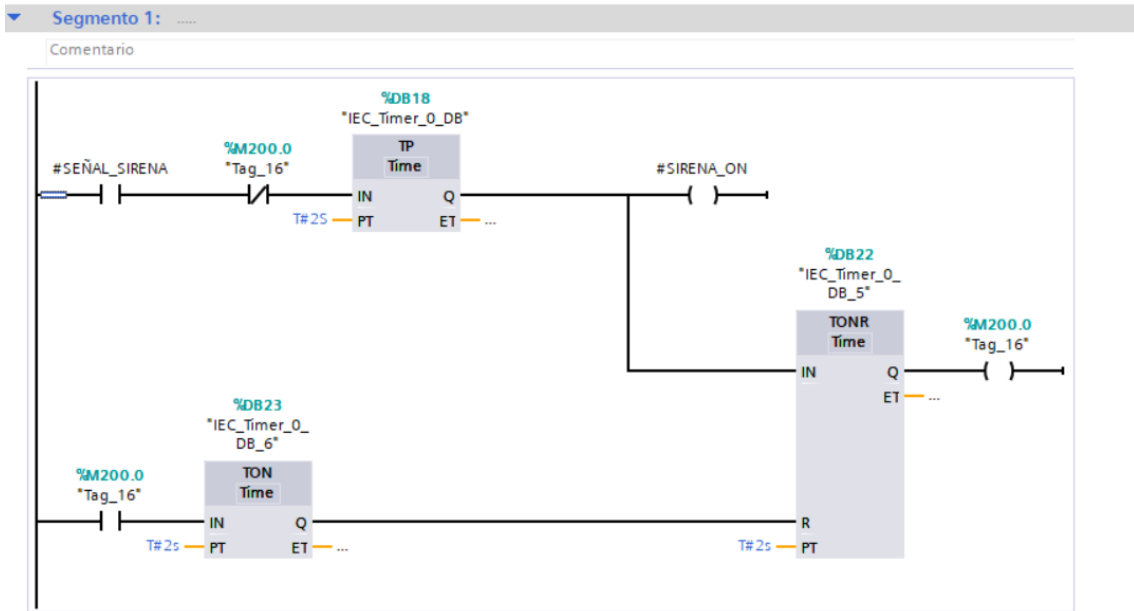


▼ Segmento 2:

Comentario

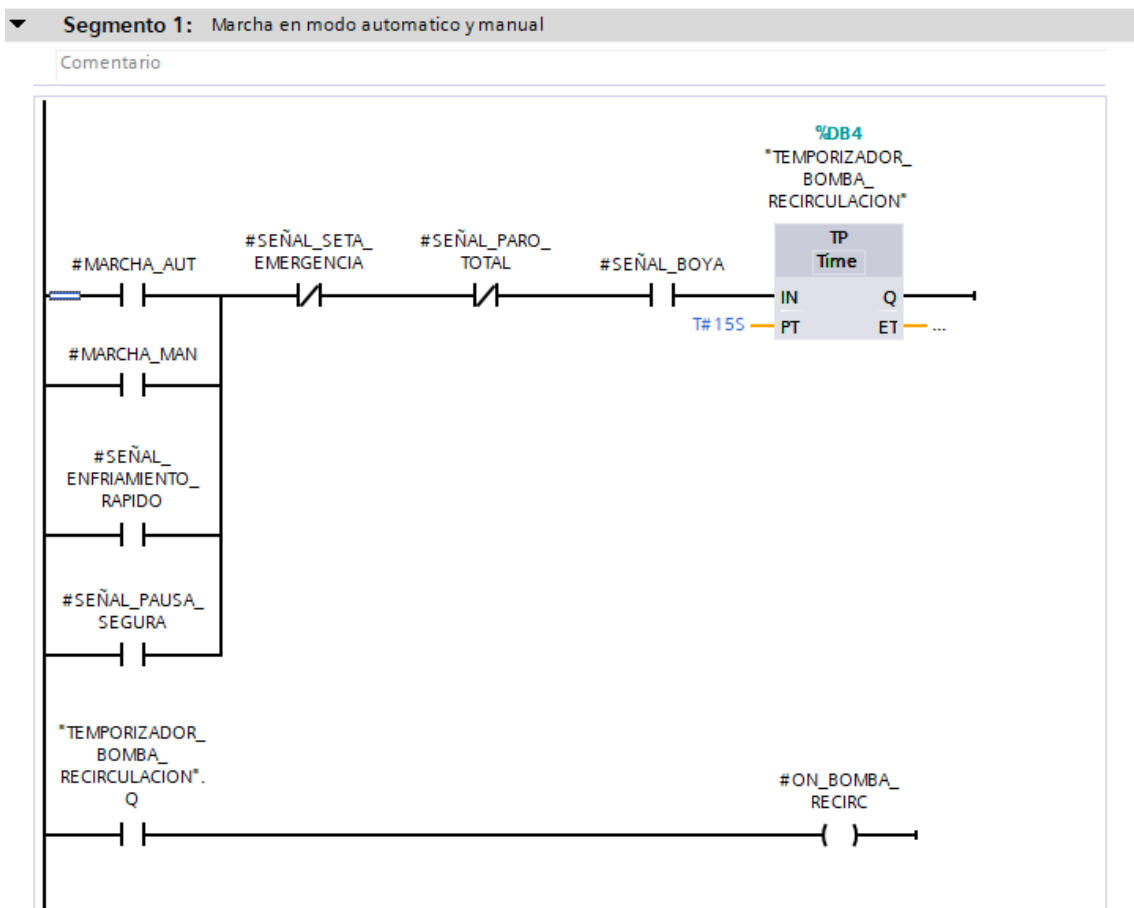


Funcionamiento Sirena [FC3]

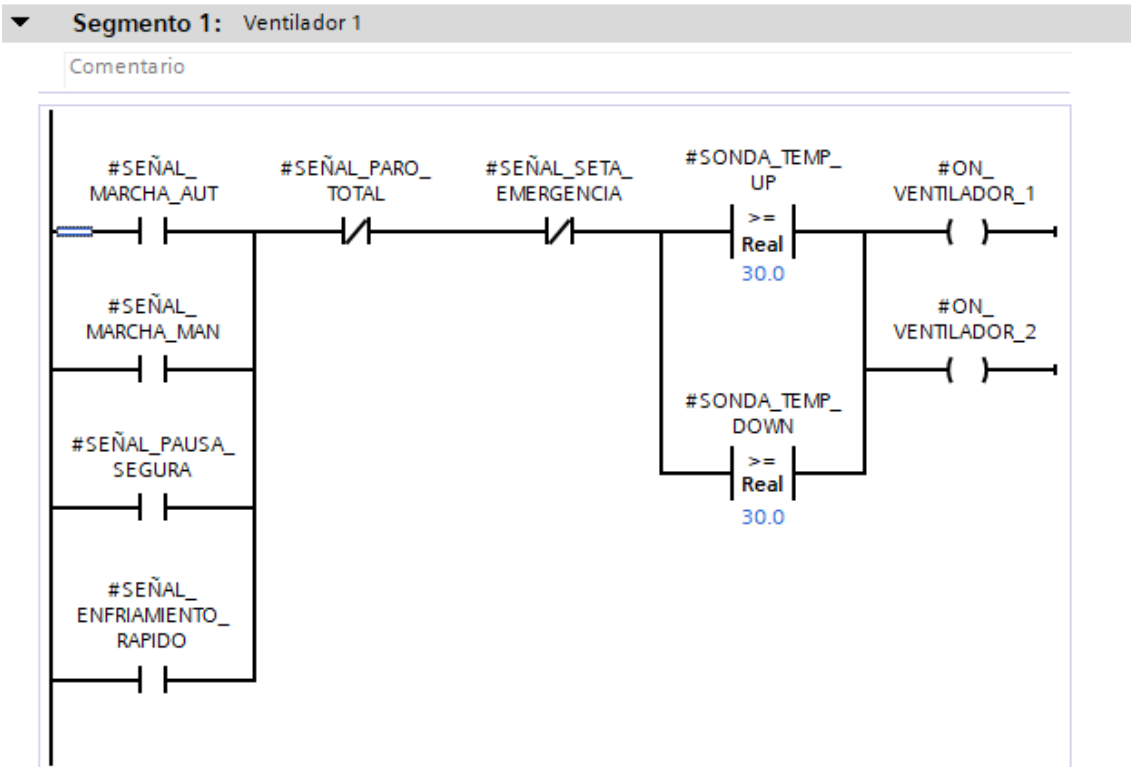


Dentro del Bloque de Función Marcha Motores y Bombas [FC8]:

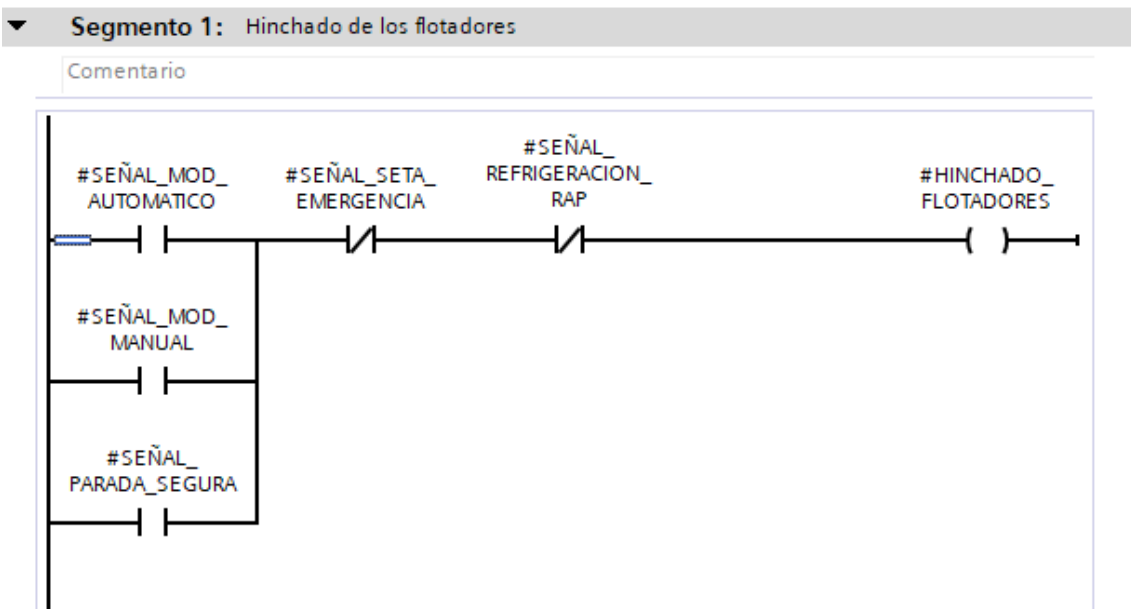
Marcha Bomba Recirculación [FB3]



Marcha Ventiladores [FB2]

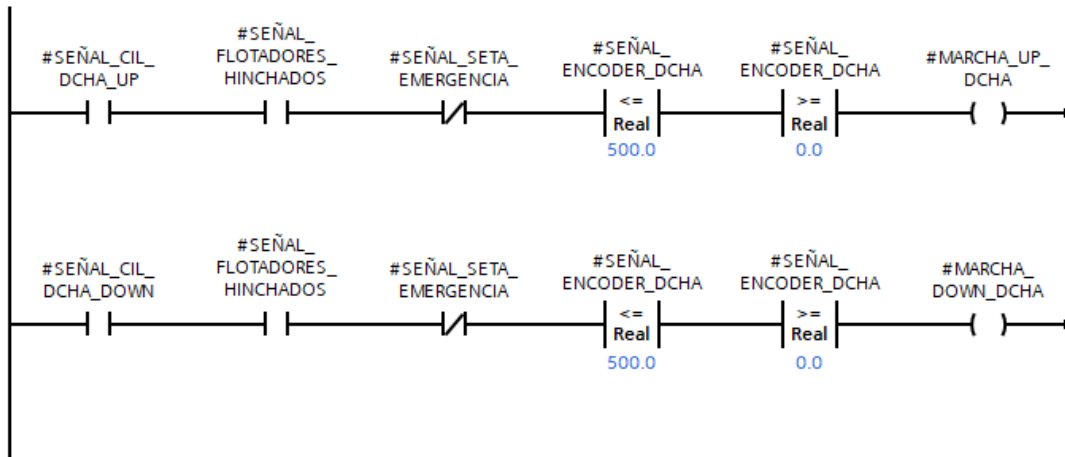


Marcha Motor Situación Cilindros [FB8]



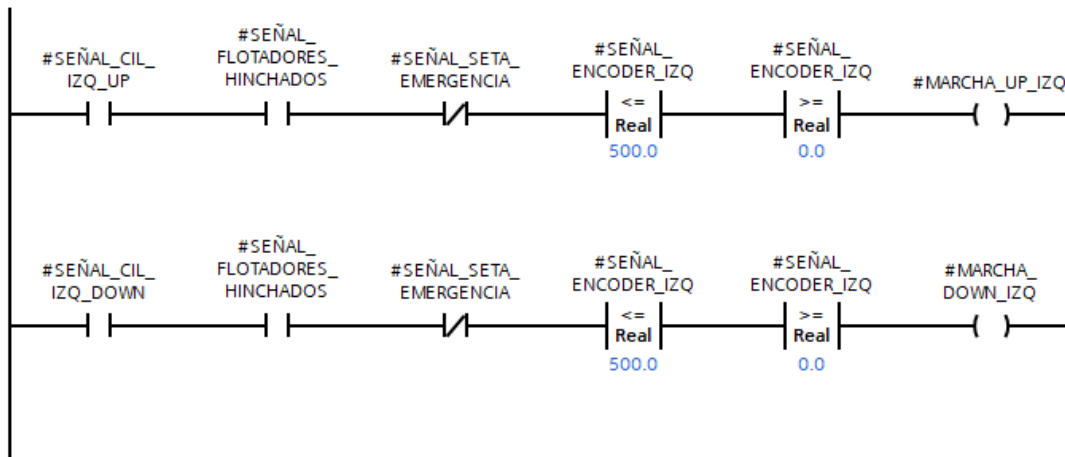
▼ **Segmento 2:** Control situación parte derecha del cilindro

Comentario



▼ **Segmento 3:**

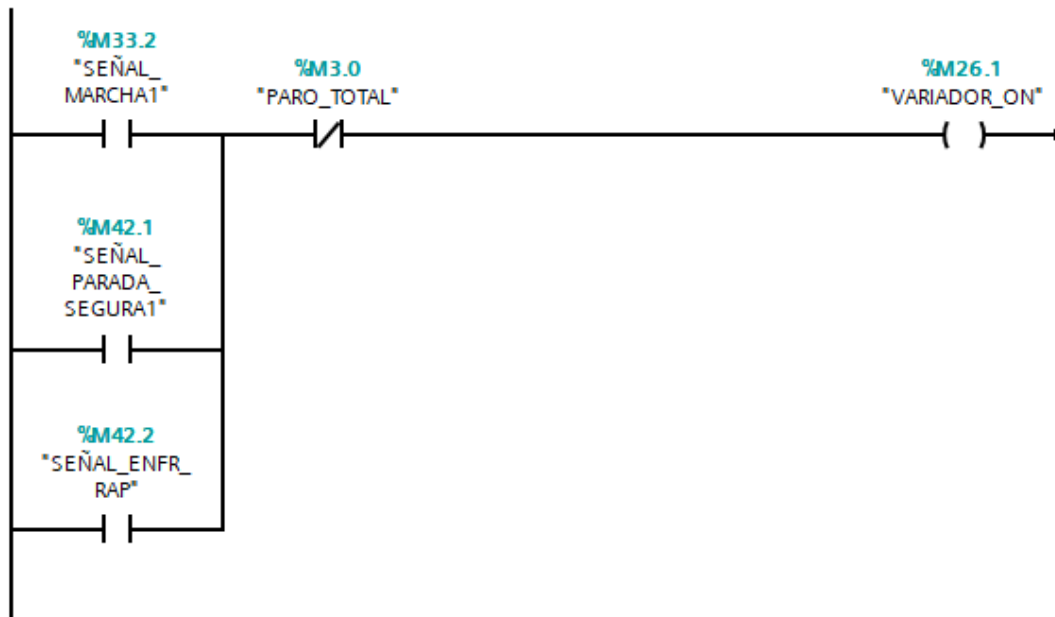
Comentario



Marcha Variador [FC6]

▼ Segmento 1: Marcha Variador

Comentario



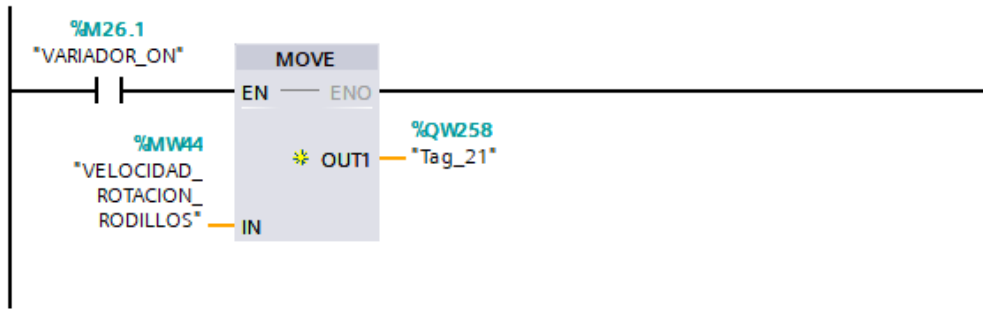
▼ Segmento 2:

Comentario



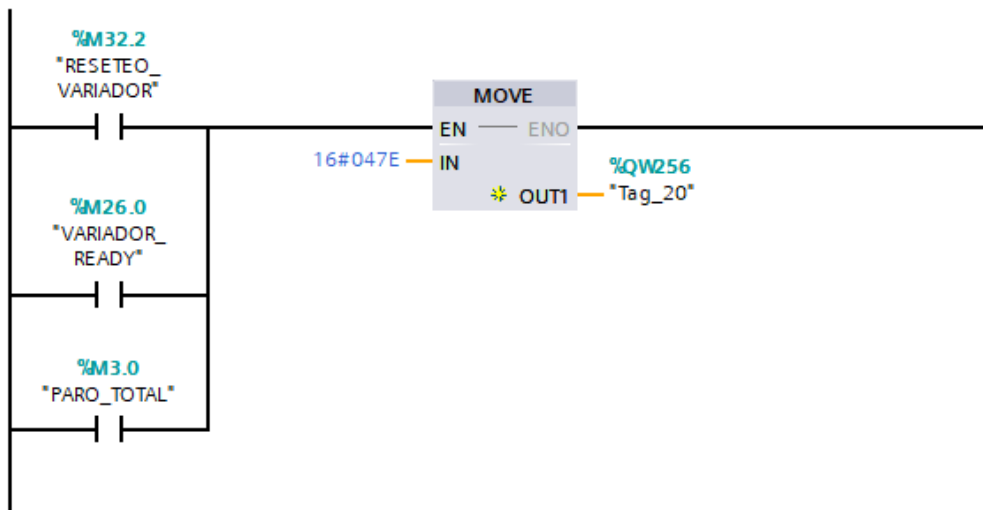
▼ **Segmento 3:** Velocidad marcada al Variador

Comentario



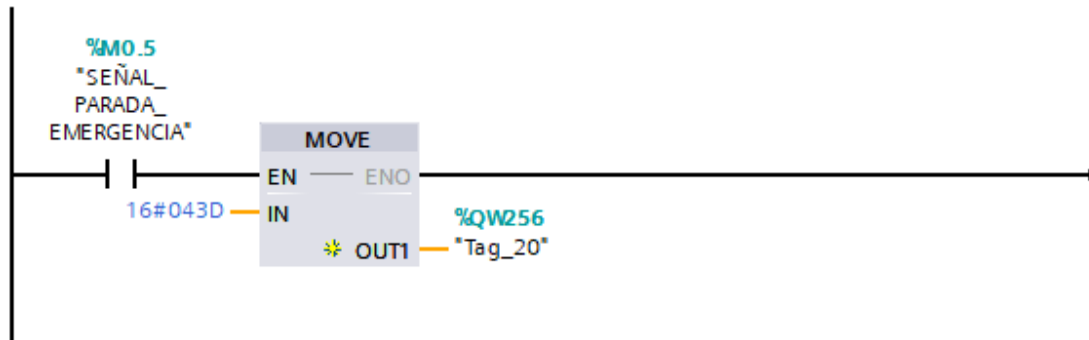
▼ **Segmento 4:** Variador Listo/Parada

Comentario



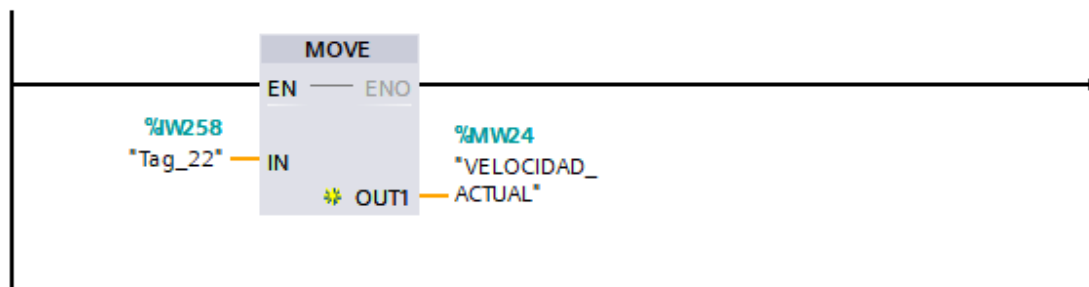
▼ **Segmento 5:** Variador Parada Rápida

Comentario



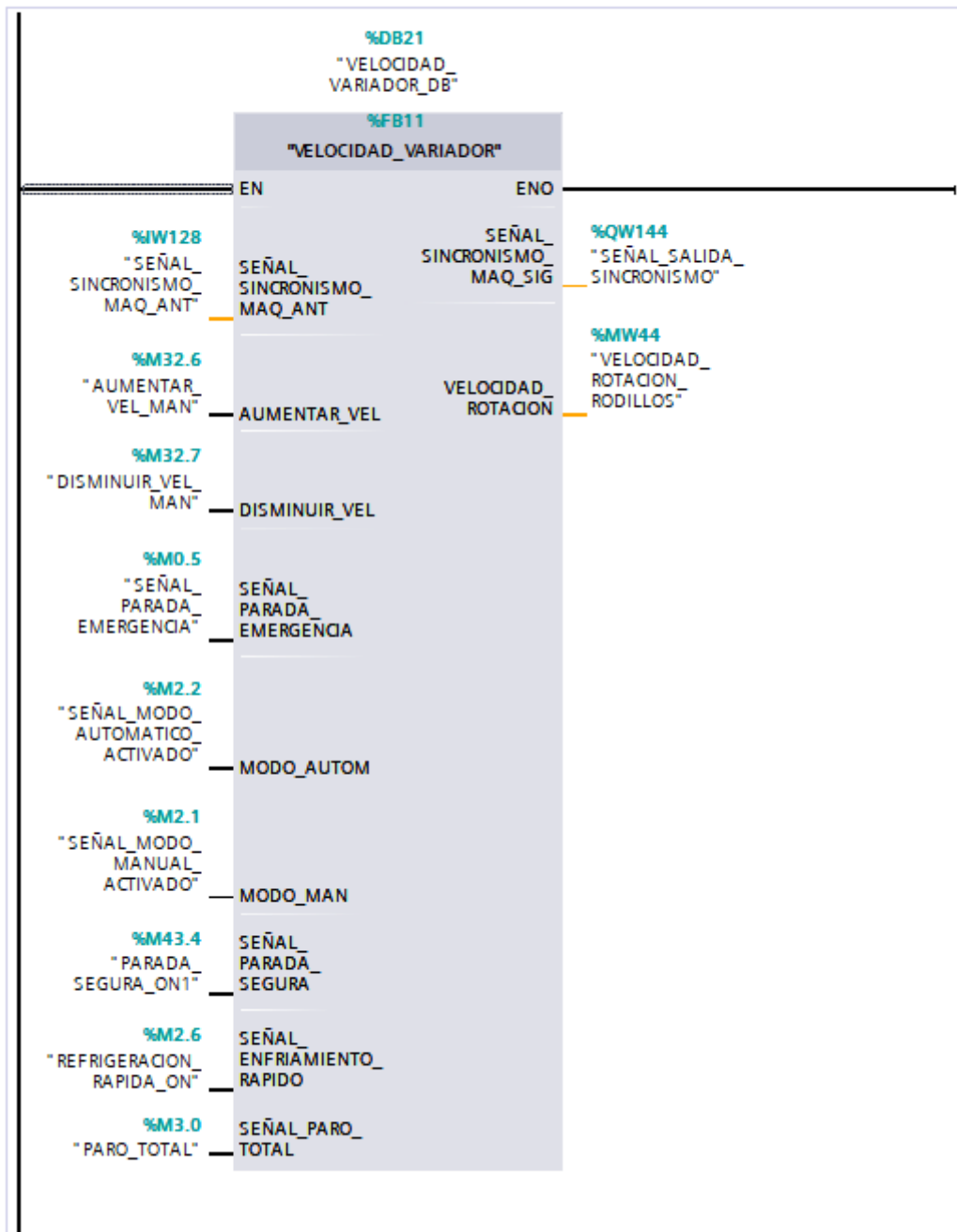
▼ **Segmento 6:** Velocidad actual del Variador

Comentario

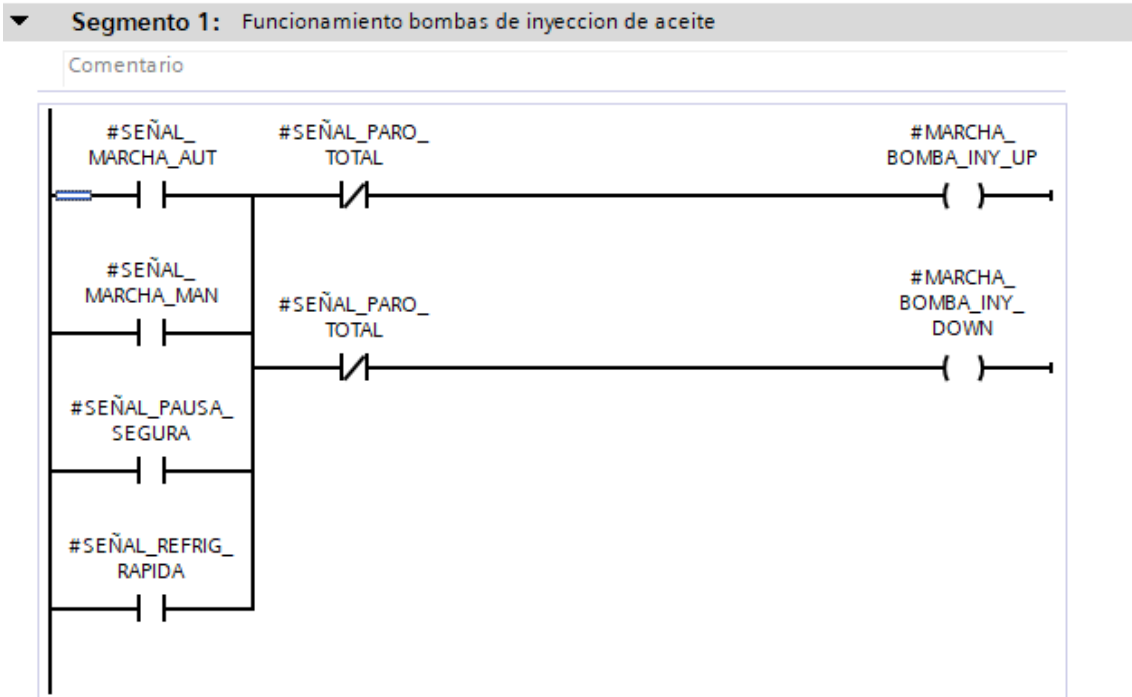


▼ Segmento 7:

Comentario

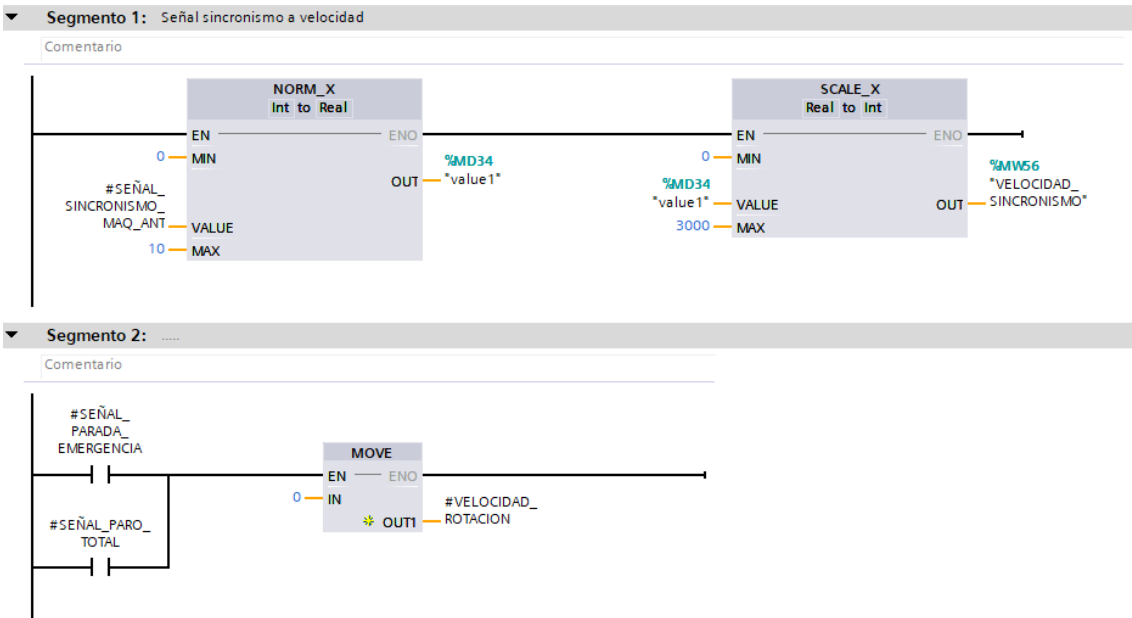


Marcha Bombas de Inyección [FB6]

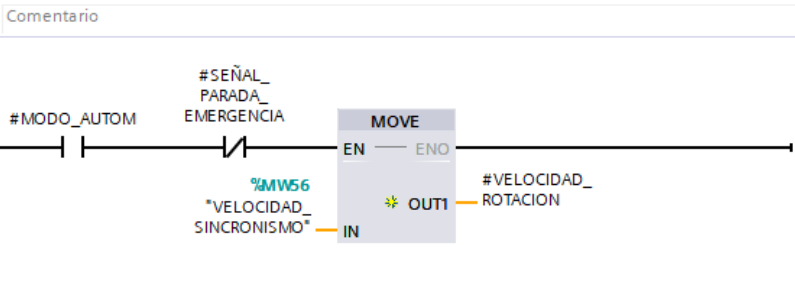


Dentro del Bloque de Marcha Variador:

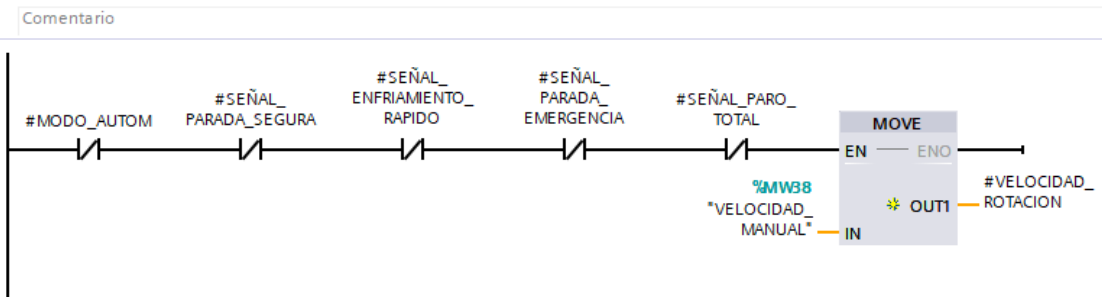
Velocidad Variador [FB11]



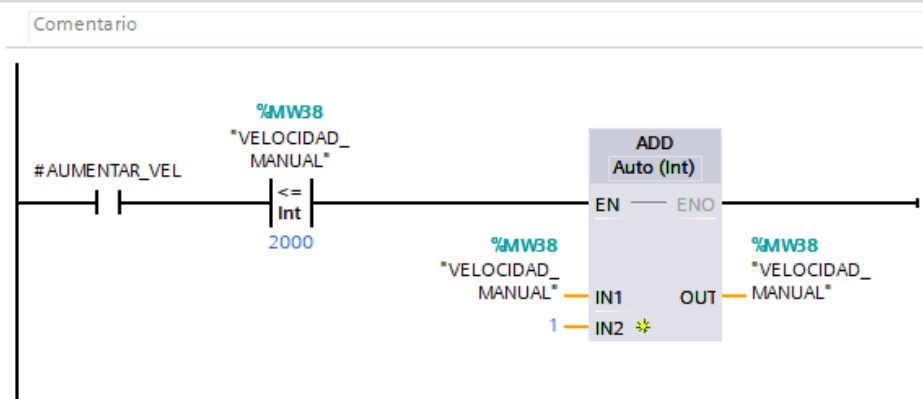
▼ Segmento 3:



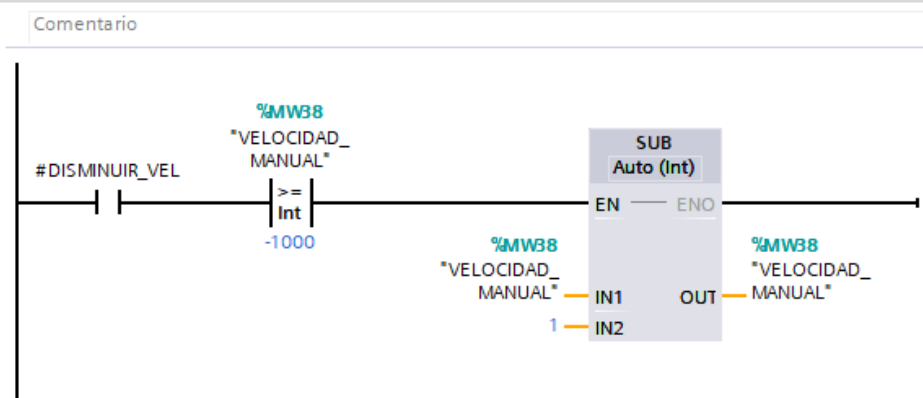
▼ Segmento 4:



▼ Segmento 5:

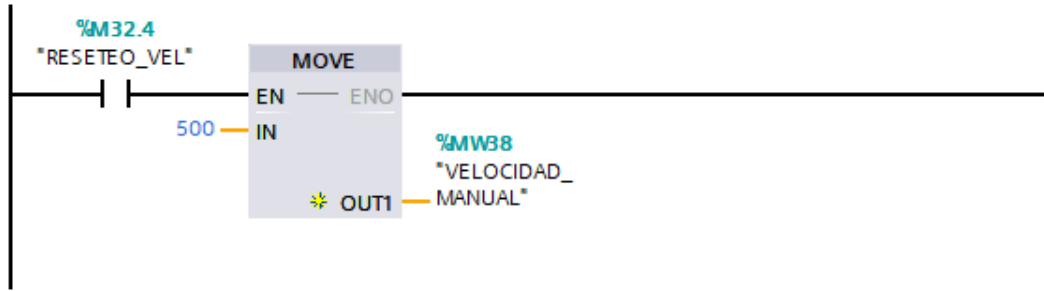


▼ Segmento 6:



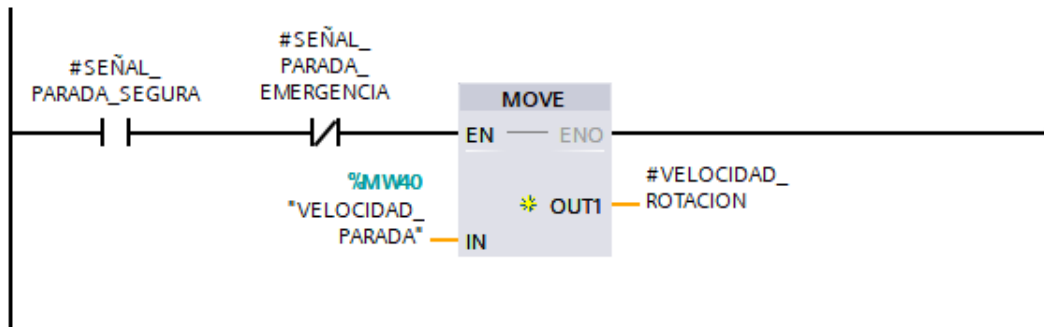
▼ Segmento 7:

Comentario



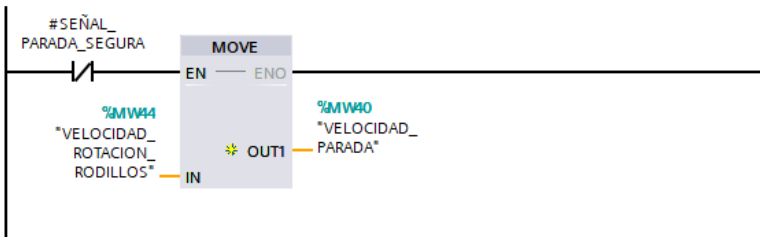
▼ Segmento 8:

Comentario



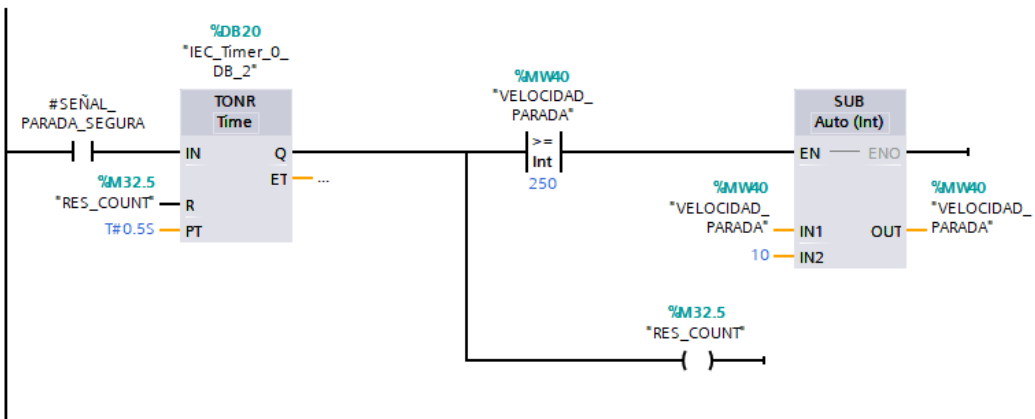
▼ Segmento 9:

Comentario

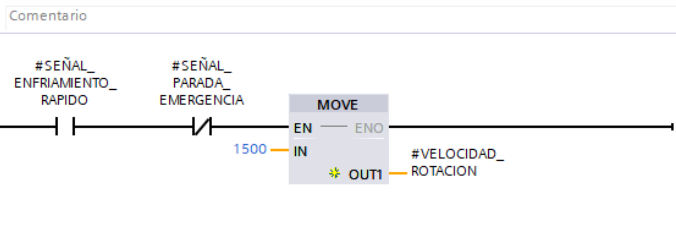


▼ Segmento 10:

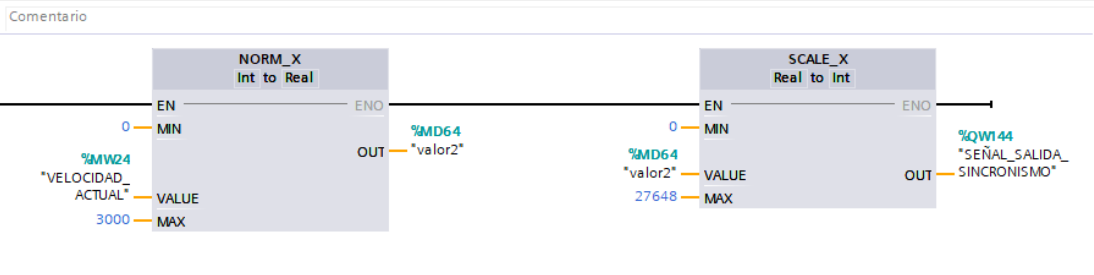
Comentario



▼ Segmento 11:



▼ Segmento 12: Señal de sincronismo de salida



En el Bloque de Función Sensores en Funcionamiento [FC5]:

Señal Sondas de Temperatura [FB5]

▼ Segmento 1:



▼ Segmento 2:



Señal Encoders Situación [FB9]

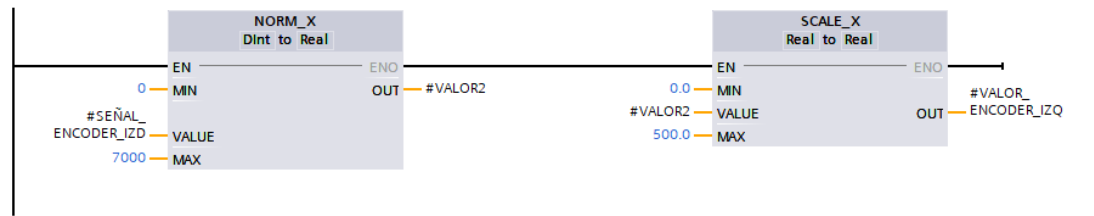
Segmento 1: Señal encoder a la derecha del cilindro

Comentario



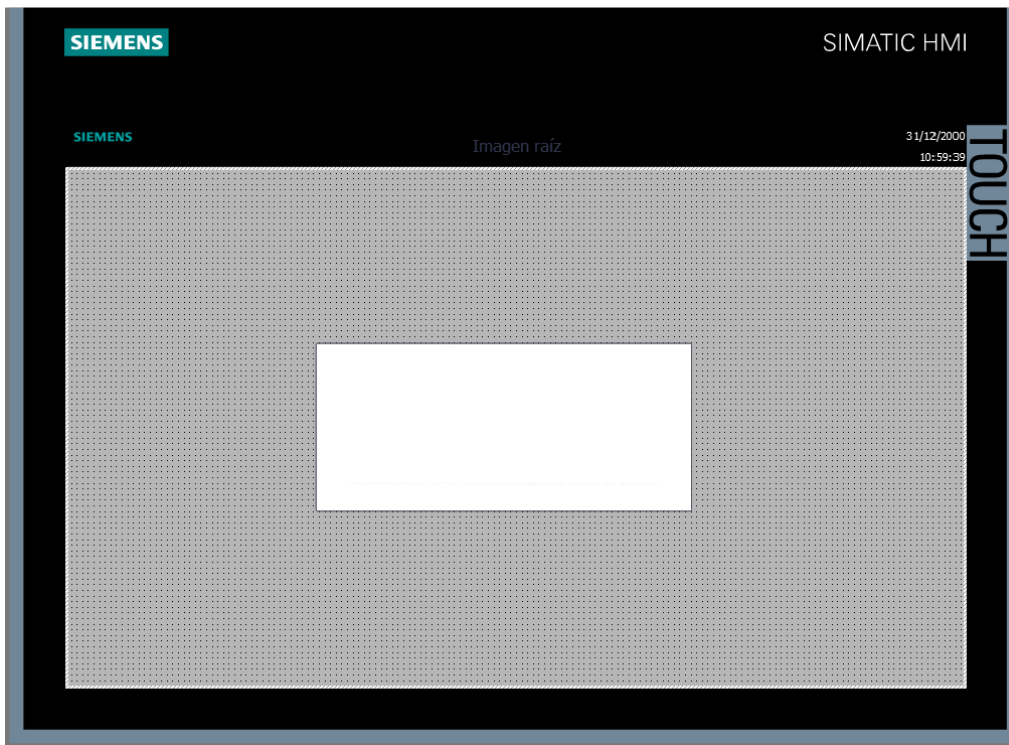
Segmento 2: Señal encoder a la izquierda del cilindro

Comentario

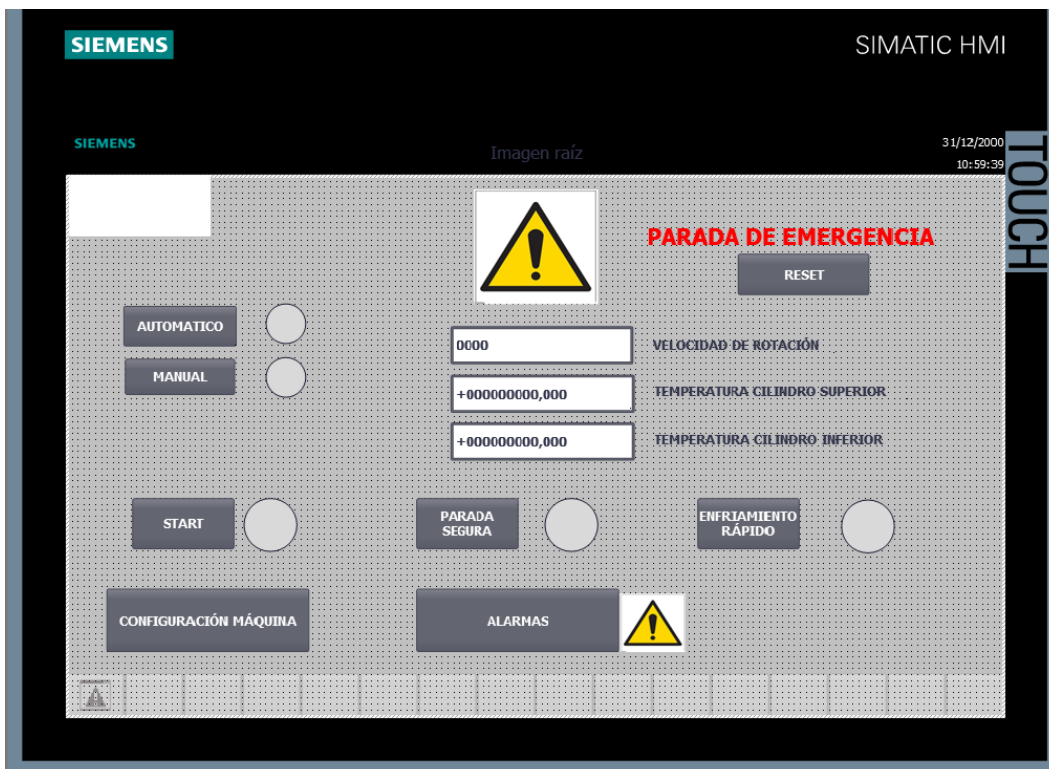


ANEXO III IMÁGENES DEL HMI

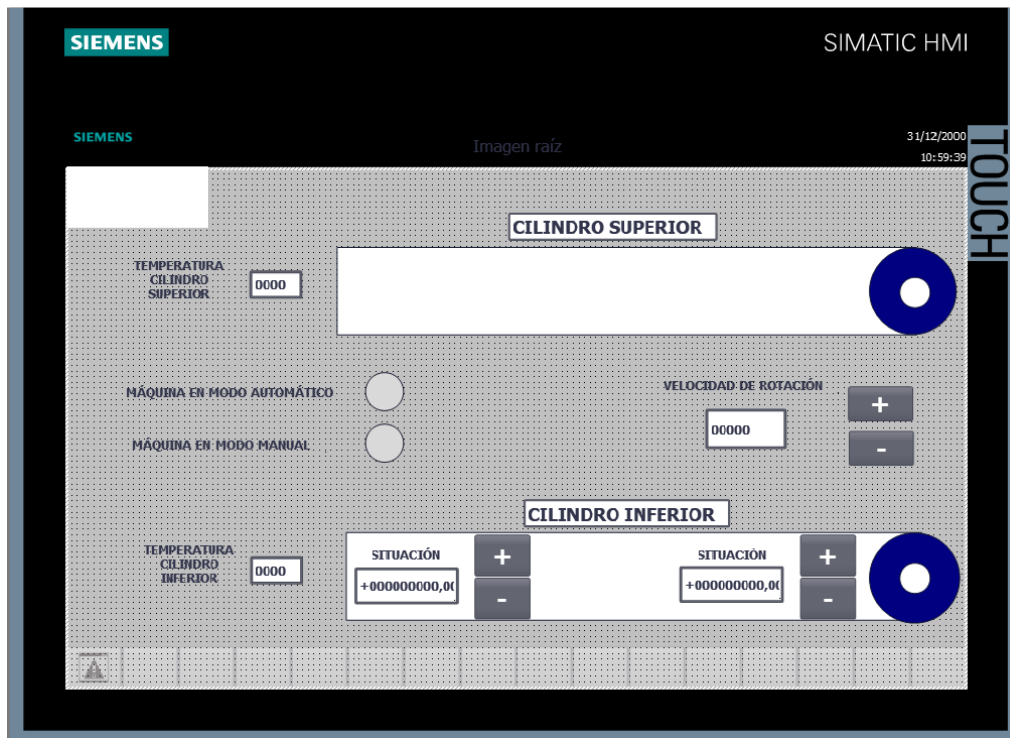
Pantalla de Inicio



Manú Principal



Configuración de la Máquina



Alarmas

