

TRABAJO FIN DE GRADO

AUTOMATIZACIÓN DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE POR VACÍO DE GRANZA

AUTOR: EDUARDO RUIZ CASABONA

TUTOR EN LA ENTIDAD: RAFAEL ESCUDERO ESPINEL

PONENTE ACADÉMICO: RAMÓN PIEDRAFITA MORENO



**Departamento de
Informática e
Ingeniería de Sistemas**
Universidad Zaragoza

1 TABLA DE CONTENIDO

2	ESTUDIO DE LAS NECESIDADES DEL SISTEMA A AUTOMATIZAR.....	3
2.1	INTRODUCCIÓN.....	3
2.2	ANTECEDENTES.....	3
2.3	SISTEMA DE TRANSPORTE POR VACÍO.....	3
2.4	OBJETIVOS.....	3
2.5	DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN.....	4
2.5.1	INSTALACIÓN MECÁNICA	5
2.5.2	INSTALACIÓN ELÉCTRICA	6
2.6	DESCRIPCIÓN DE LA MANIOBRA	10
2.6.1	DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA A AUTOMATIZAR.....	10
2.6.2	FUNCIONAMIENTO DE LOS COMPRESORES	11
2.6.3	DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA MANIOBRA DE TRANSPORTE	11
3	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.....	13
3.1	SENSORES.....	13
3.1.1	SENSORES FINAL DE CARRERA Y PRESOSTATO DE LAS ELECTROVÁLVULAS.....	13
3.1.2	SENSORES PARA LA MEDICIÓN DEL NIVEL DE LOS SILOS EXTERIORES.....	13
3.1.3	SENSORES PARA LA MEDICIÓN DEL NIVEL DE LOS DEPÓSITOS INTERMEDIOS	15
3.2	ACTUADORES	16
3.2.1	ELECTROVÁLVULAS DE MANGUITO.....	16
3.2.2	ELECTROVÁLVULAS DE MARIPOSA.....	17
3.3	SISTEMAS DE CONTROL	18
3.3.1	PLC PRINCIPAL: CPU SIEMENS 315 PN/DP.....	18
3.3.2	PLC SECUNDARIO: CPU SIEMENS 1212C DC/DC/DC.....	20
3.4	SISTEMAS DE ENTRADAS/SALIDAS DE SEÑALES DE CAMPO	21
3.4.1	PERIFERIA DESCENTRALIZADA ¿QUE ES?.....	21
3.4.2	MODULO DE PERIFERIA DESCENTRALIZADA ET 200SP	22
3.4.3	ADQUISICIÓN DE DATOS DE LOS SILOS EXTERIORES	23
3.5	BUS DE CAMPO Y ARQUITECTURA DE RED	24
3.5.1	PROFINET	24
3.5.2	MODBUS TCP	25
3.6	HERRAMIENTAS DE INGENIERÍA	26
3.6.1	STEP 7 PROFESSIONAL V14.....	26
3.6.2	WINCC COMFORT/ADVANCED V14.....	26
3.7	SISTEMA DE SUPERVISIÓN	27
3.7.1	PANTALLA DE OPERADOR PRINCIPAL: SIEMENS TP 1500 COMFORT	27

3.7.2	PANTALLA SECUNDARIA: SIEMENS KTP 700 BASIC PN	29
4	PROGRAMA PLC.....	31
4.1	TIPO DE PROGRAMACIÓN	31
4.2	CONFIGURACIÓN DE REDES Y EQUIPOS	31
4.3	PROGRAMA PRINCIPAL CPU 315-2	33
4.3.1	VARIABLES DEL PLC PRINCIPAL.....	33
4.3.2	PROGRAMA	37
4.4	PROGRAMA PASARELA DE COMUNICACIÓN CPU 1212C.....	67
4.4.1	COMUNICACIÓN MODBUS TCP	67
4.4.2	CONVERSIÓN ENTERO A REAL	69
4.4.3	COMUNICACIÓN CON PLC PRINCIPAL	70
5	PROGRAMA HMI.....	71
5.1	PANTALLA HMI PRINCIPAL	71
5.1.1	SINÓPTICO DE LA INSTALACIÓN	71
5.1.2	MENÚ DE PRODUCCIÓN	73
5.1.3	MENÚ MANTENIMIENTO	74
5.1.4	VENTANAS EMERGENTES	75
5.2	PANTALLA HMI SECUNDARIA.....	77
6	CONCLUSIONES	78
7	BIBLIOGRAFÍA	78
8	ANEXOS.....	79

2 ESTUDIO DE LAS NECESIDADES DEL SISTEMA A AUTOMATIZAR

2.1 INTRODUCCIÓN

El proyecto descrito en este documento, consiste en la implementación de un sistema automatizado de transporte por vacío de granza de plástico, de unos silos de almacenamiento a unas líneas productivas.

La instalación constará de dos PLC, que contienen la lógica de dicho transporte, dos pantallas HMI desde las que supervisar y controlar la instalación, aparatos de medición y actuadores que serán detallados en este documento.

2.2 ANTECEDENTES

Antiguamente, en esta instalación realizaban el transporte de materia prima mediante un sistema automatizado, fuente de numerosos paros y averías. Debido a estos problemas, los responsables de la instalación decidieron desguazar toda la instalación de transporte y realizar una nueva, que debería ser automatizada.

Desde que se desmanteló el antiguo sistema hasta que se instaló el actual, alimentaban las líneas productivas manualmente, mediante sacos industriales y polipastos.

2.3 SISTEMA DE TRANSPORTE POR VACÍO

Los sistemas de transporte por vacío están diseñados para transportar polvo o grano en las industrias farmacéutica, química y alimentaria. Su funcionamiento se basa en la aspiración de producto por vacío. El vacío es generado por bombas de vacío, que siguiendo el principio Venturi, crean una depresión en el interior del cuerpo del sistema que a su vez aspira el producto.

La depresión generada por la bomba de vacío garantiza un transporte suave y continuo a través de las tuberías de la instalación, lo que asegura una transferencia de producto equilibrada y regular.

2.4 OBJETIVOS

El objetivo del proyecto es automatizar un sistema de transporte de materia prima, desde unos silos exteriores, hasta unos silos intermedios, que alimentarán las tolvas de las máquinas de las líneas productivas. Para realizar dicho transporte se automatizará un sistema basado en bombas de vacío, el cual se detallará posteriormente. El sistema tiene que ser capaz de realizar este transporte de forma automática, o de forma manual, a voluntad de los operarios.

Para garantizar la seguridad de la instalación, se incorporará un sistema de gestión de alarmas para detectar los posibles fallos y averías, que hubiera en la instalación, así como un sistema eléctrico de pulsadores de emergencia, que protegerán a los empleados en caso de necesidad.

Para supervisar y controlar este transporte y su seguridad, se dispondrán de dos pantallas táctiles HMI, que serán operadas por personal de producción y mantenimiento.

Esta automatización del transporte producirá aumento de la productividad, aumento de la eficiencia energética, ahorro de materia prima y aumento de la seguridad de los empleados, al no tener que manejar manualmente grandes volúmenes de materia prima.

2.5 DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN

La instalación está situada en una nave industrial de 1000m2 donde se realiza la producción.

La instalación cuenta con los siguientes elementos a automatizar:

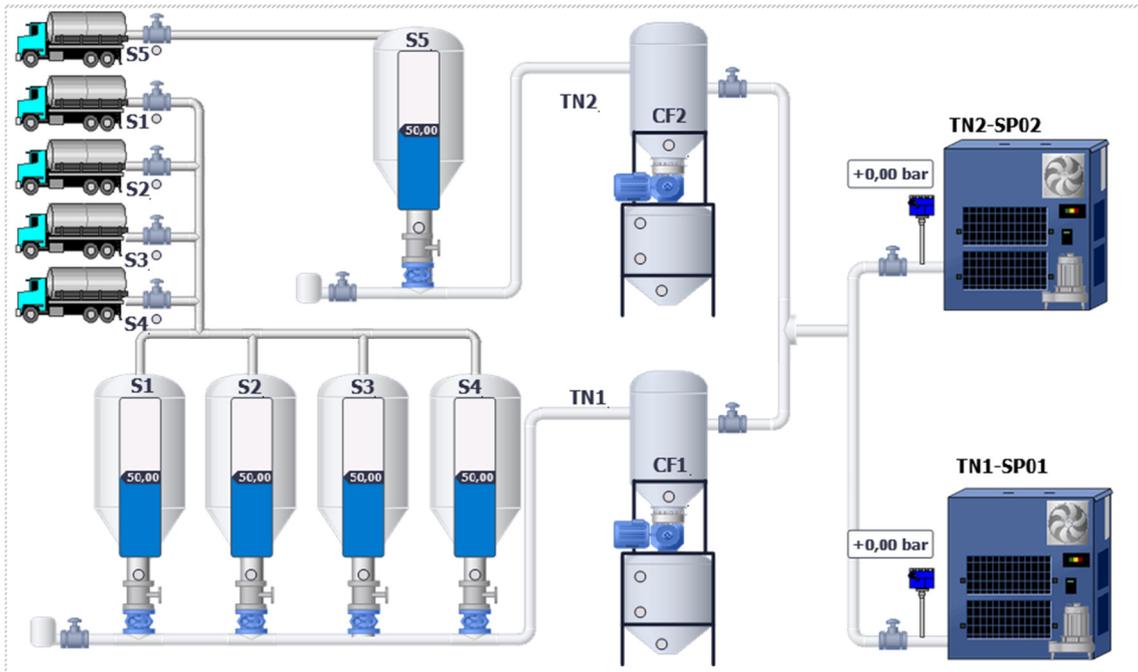


Ilustración 1. Sinóptico de la instalación

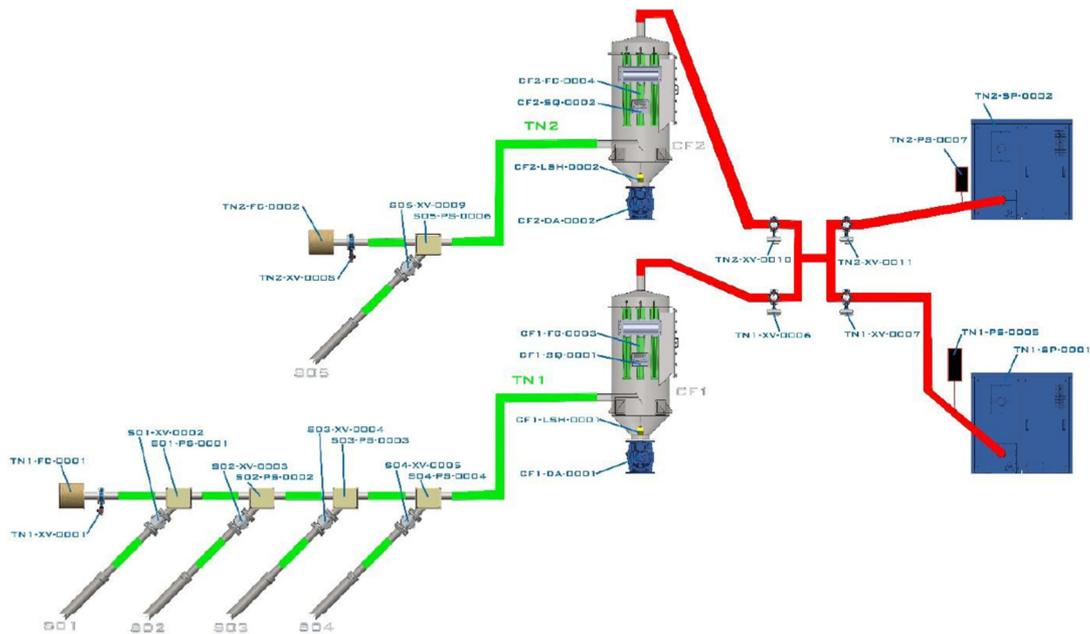


Ilustración 2. Sinóptico proporcionado por el cliente

2.5.1 INSTALACIÓN MECÁNICA

La instalación consta de lo siguiente:

- Cinco silos situados en el exterior de la nave, donde se almacena la materia prima (granza de plástico), cuyas bocas de descarga están conectadas al circuito de vacío de la instalación. Cada uno de los silos está dotado de un sistema de medición de nivel, una electroválvula para la descarga de material, una electroválvula para la carga de material y un presostato capaz de activar un circuito eléctrico en función de la presión.
- Dos silos intermedios, los cuales son el destino final de la materia prima en nuestro proceso. Estos silos están divididos en dos cámaras por una válvula rotativa. La cámara inferior tiene tres sensores para la medición de nivel y la cámara superior únicamente uno para indicar el nivel máximo. Cada uno de estos silos cuenta con una electroválvula que los conecta al circuito de vacío.
- Dos compresores eléctricos que generan el vacío en el circuito de tuberías y como consecuencia el movimiento de la materia prima en el proceso. Cada uno de los compresores está conectado al circuito de vacío a través de una electroválvula, la cual posee un sensor final de carrera. Además, cada uno de los compresores posee un vacuómetro que indica la presión de vacío.
- Dos electroválvulas con sus respectivos sensores finales de carrera, situadas en cada uno de los extremos de los dos circuitos de vacío, que permiten la entrada de aire del exterior.

2.5.2 INSTALACIÓN ELÉCTRICA

En esta instalación se han instalado tres cuadros eléctricos:

- **ARMARIO SILOS EXTERIORES:** Armario eléctrico situado en el exterior de la nave, junto a los silos exteriores que alojara un PLC, una pantalla HMI, módulos de adquisición de datos y su instalación eléctrica.



Ilustración 3. Cuadro silos exteriores

- **ARMARIO PRINCIPAL:** Armario eléctrico situado en el interior de la nave, que albergará un PLC, una pantalla HMI, módulos de adquisición de datos y su instalación eléctrica.



Ilustración 4. Cuadro armario principal



Ilustración 5. Detalle armario principal

- **ARMARIO COMPRESORES:** Armario eléctrico situado en el interior de la nave, junto a los compresores que albergará un módulo de adquisición de datos y su instalación eléctrica.



Ilustración 6. Cuadro compresores



Ilustración 7. Detalle armario compresores

2.6 DESCRIPCIÓN DE LA MANIOBRA

2.6.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA A AUTOMATIZAR

El proceso consiste en llenar los dos silos intermedios, *CF1* y *CF2*, desde los cinco silos exteriores, *S01*, *S02*, *S03*, *S04* Y *S05*.

El proceso se simplifica en dos subprocesos independientes entre sí: *Llenado del silo intermedio CF1* y *Llenado del silo intermedio CF2*.

Llenado del silo intermedio CF1

El silo intermedio, *CF1*, será llenado únicamente con material de cualquiera de los cuatro primeros silos exteriores, *S01*, *S02*, *S03* Y *S04*.

El ciclo de llenado comienza cuando el nivel del silo intermedio *CF1* está por debajo del nivel medio, y acaba cuando llega al nivel máximo.

El depósito intermedio *CF1* solo se podrá estar llenando de uno de estos cuatro silos. No se permite el transporte de material de dos o más silos simultáneamente, para evitar la mezcla de material y por dimensionamiento de los compresores.

Cada vez que se finalice un ciclo de llenado, se procederá a realizar una maniobra de limpieza con aire del exterior, para asegurarse de que no queda material sobrante dentro de los tubos de transporte.

Una vez finalizada la limpieza habrá terminado un **ciclo de** llenado y el sistema esperará hasta que comience el siguiente ciclo. Para determinar de qué silo es necesario llenar el depósito intermedio, se establecen unas prioridades para cada uno de los silos.

Estas prioridades están codificadas numéricamente del número uno al número cuatro, siendo el silo con prioridad número uno el más prioritario y el cuatro el menos prioritario. Cuando uno de estos silos esté deshabilitado, se le asignará prioridad cero.

Desde la pantalla HMI se podrán modificar las prioridades de llenado, así como habilitar o deshabilitar el silo que se desee.

Llenado del silo intermedio CF2

El segundo silo intermedio, *CF2*, únicamente será llenado desde el silo exterior número cinco, *S05*. La maniobra es idéntica a la de llenado del *silo intermedio CF1*, salvo que este silo no tiene asignada ninguna prioridad al ser el único desde el cual se transporta material al *silo intermedio CF2*.

Desde la pantalla HMI únicamente se podrá habilitar o deshabilitar este silo.

2.6.2 FUNCIONAMIENTO DE LOS COMPRESORES

Como ya se mencionó en la descripción de la instalación, esta instalación cuenta con dos compresores, *TN1-SP* y *TN2-SP*, que ejercen el vacío para transportar el material a través de los tubos de vacío.

El responsable de la instalación ha decidido instalar dos compresores por cuestiones de mantenimiento. Se ha especificado que el funcionamiento de los compresores sería de forma alterna.

Esta alternancia se determina por horas de funcionamiento, cuya lógica es la siguiente: Cuando el compresor *TN1-SP* haya estado en funcionamiento durante un número de horas ajustado en la HMI, se deshabilitará para dar paso al funcionamiento del compresor *TN2-SP*, el cual funcionará durante un número de horas ajustado también en la HMI. Una vez el compresor *TN2-SP* haya finalizado sus horas de funcionamiento, se volverá a habilitar el compresor *TN1-SP* y así sucesivamente.

Debido al gran consumo de corriente que estos compresores tienen al ser arrancados, y para alargar su vida útil, se ha determinado que, una vez terminado un ciclo de llenado, el compresor que en ese momento está en funcionamiento, permanecerá encendido durante diez minutos, esperando un nuevo ciclo de llenado y así evitar demasiados arranques.

2.6.3 DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA MANIOBRA DE TRANSPORTE

El sistema a automatizar tiene dos modos de funcionamiento, *automático* y *manual*, los cuales son seleccionados desde la pantalla HMI.

Funcionamiento manual

En este modo permite manejar toda la instalación de forma manual a voluntad del operario.

Todos los motores y válvulas cuentan con su orden de activación y desactivación manual en la pantalla HMI principal.

Funcionamiento automático

A continuación, se describe de forma secuencial el funcionamiento automático de la instalación.

Ciclo de llenado de silo intermedio CF1

1. Cerrar válvula de filtrado/limpieza *TN1-XV-001*
2. Abrir válvula de llegada al silo intermedio *CF1 (TN1-XV-0006)*
3. Abrir válvula de descarga del silo exterior del cual corresponda llenar en función de la prioridad: Válvula descarga silo 1 *S01-XV-002* o válvula descarga silo 2 *S02-XV-0003* o válvula descarga silo 3 *S03-XV-0004* o válvula descarga silo 4 *S04-XV-0005*
4. Abrir válvula de aspiración del compresor en función de cual esté en funcionamiento: Válvula del compresor 1 *TN1-XV-007* o válvula del compresor 2 *TN2-XV-0011*
5. Poner en marcha el compresor en función de cual esté en servicio: Activación del compresor 1 *TN1-SP-0001* o activación del compresor 2 *TN2-SP-0002*.
6. Esperar vacío compresor: Esperar que la lectura del vacuómetro del compresor 1 *TN1-PS-0005* o del compresor 2 *TN2-PS-0007* supere el nivel prefijado para el transporte.
7. Poner en marcha rotativa *CF1-DA-0001*
8. Esperar llenado del silo intermedio *CF1*. Cuando se termina este llenado se inicia la limpieza de los tubos de vacío.
9. Abrir válvula de filtrado/limpieza *TN1-XV-0001*

10. Cerrar válvula de descarga del silo del cual corresponda llenar en función de la prioridad: Válvula descarga silo 1 *S01-XV-002* o válvula descarga silo 2 *S02-XV-0003* o válvula descarga silo 3 *S03-XV-0004* o válvula descarga silo 4 *S04-XV-0005*
11. Esperar tiempo de limpieza
12. Parar rotativa *CF1-DA-0001*
13. Esperar otro ciclo de silo
14. Parar todo

Ciclo de llenado de silo intermedio CF2

1. Cerrar válvula de filtrado/limpieza *TN2-XV-008*
2. Abrir válvula del silo intermedio *CF1 (TN2-XV-0010)*
3. Abrir válvula de descarga del silo 5 *S04-XV-0009*
4. Abrir válvula del compresor en función de cual esté en funcionamiento: Válvula del compresor 1 *TN1-XV-007* o válvula del compresor 2 *TN2-XV-0011*
5. Poner en marcha el compresor en función de cual esté en funcionamiento: Activación compresor 1 *TN1-SP-0001* o activación del compresor 2 *TN2-SP-0002*.
6. Esperar vacío compresor: Implica esperar la lectura del presostato del compresor 1 *TN1-PS-0005* o del compresor 2 *TN2-PS-0007*
7. Poner en marcha rotativa *CF2-DA-0002*
8. Esperar llenado del silo intermedio *CF2*
9. Abrir válvula de filtrado/limpieza *TN2-XV-0008*
10. Cerrar válvula de descarga del silo 5 *S04-XV-0009*
11. Esperar tiempo de limpieza
12. Parar rotativa *CF2-DA-0002*
13. Esperar otro ciclo de silo
14. Parar todo

3 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

A continuación, se describen los distintos elementos que componen la automatización de la instalación. Sistemas de control, sistemas de supervisión, sensores, actuadores y sistemas de adquisición de señales.

3.1 SENSORES

3.1.1 SENSORES FINAL DE CARRERA Y PRESOSTATO DE LAS ELECTROVÁLVULAS

Las válvulas de manguito cuentan con un presostato, que en caso de que el manguito este comprimido (válvula abierta) proporcionara una señal digital de 24 VDC al autómeta. En caso de no estar abierta en la entrada digital del autómeta, habrá 0 V.

Para conocer el estado del resto de electroválvulas, se han dotado de sensores de final de carrera. Se han instalado dos sensores finales de carrera por cada válvula, final de carrera abierto y final de carrera cerrado.

3.1.2 SENSORES PARA LA MEDICIÓN DEL NIVEL DE LOS SILOS EXTERIORES

Para la adquisición de los datos de nivel de los cinco silos exteriores, se han utilizado cinco sensores VEGA PULS 66, conectados a un equipo de medida VEGASCAN 693, que recoge las señales de los sensores.

SENSORES VEGA PULS 66



Ilustración 8. Sensor VEGA PULS 66

Campo de aplicación

Los sensores de radar, serie VEGAPULS, se emplean para la medición de nivel sin contacto en el llenado de líquidos y sólidos. Miden líquidos y sólidos de todo tipo, incluso bajo presión fuerte y temperaturas extremas. Se pueden usar tanto en líquidos simples como agresivos, y son adecuados para el uso en aplicaciones con los requisitos de higiene más exigentes. Los sensores miden sólidos a granel con fiabilidad absoluta, incluso con fuerte desarrollo de polvo o ruido e independiente de adherencias o formación de condensado.

Principio de medición

El instrumento transmite impulsos de radar cortos en dirección al producto a través del sistema de antenas. La superficie del producto refleja las ondas de señal, que a continuación, son detectadas nuevamente por el sistema de antena. El instrumento calcula el nivel a partir del tiempo de propagación y la altura del depósito especificada.

Ventajas

La técnica de medición sin contacto se caracteriza por una exactitud de medición especialmente elevada. La medición no es afectada ni por las propiedades variables del producto ni por las condiciones variables de proceso tales como temperatura, presión o generación de polvo fuerte. Asimismo, permite ahorro de tiempo gracias al ajuste fácil sin llenado o vaciado del depósito.

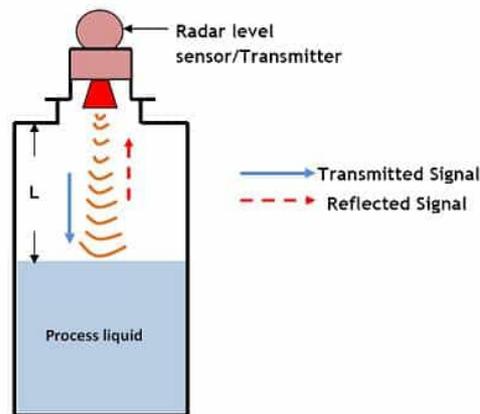


Ilustración 9. Principio de medición radar

3.1.3 SENSORES PARA LA MEDICIÓN DEL NIVEL DE LOS DEPÓSITOS INTERMEDIOS

Para la medición de nivel de los silos intermedios se han instalado cuatro sensores de nivel en cada silo, tres por debajo de la rotativa y uno por encima. Los sensores elegidos son el modelo SOLIPHANTT FTM 20, de la marca Endress+Hauser.

SENSOR SOLIPHANTT FTM 20



Ilustración 10. Sensor SOLIPHANT FTM 20

Campo de aplicación

Soliphant T es un conmutador de nivel límite robusto para silos que contengan materiales de grano fino o grueso, sólidos pulverulentos no fluidificados y masas de material sólido de densidades ≥ 200 g/l. Los diversos modelos disponibles del equipo permiten una amplia gama de aplicaciones. Además, dispone de certificados para uso en zonas con riesgo de deflagraciones. Soliphant T está disponible en 4 longitudes. Ajustar la longitud de inmersión es muy simple si se utiliza el casquillo deslizante (ver accesorios).

Principio de medición

Un transmisor piezoeléctrico excita la horquilla vibrante de Soliphant T FTM20, FTM21 hasta su frecuencia de resonancia. Cuando el medio cubre la horquilla vibrante, la amplitud de vibración cambia (la vibración de la varilla se amortigua). La electrónica de Soliphant compara dicha amplitud con un valor de referencia, e indica si la horquilla vibra al aire libre o se halla cubierta por el medio.

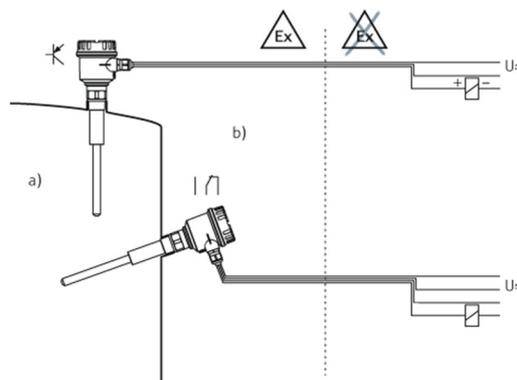


Ilustración 11. Principio de medición por vibración

3.2 ACTUADORES

Los actuadores de esta instalación son los motores y las válvulas. A continuación se describen las características de estos elementos y su principio de actuación.

3.2.1 ELECTROVÁLVULAS DE MANGUITO

Estas electroválvulas neumáticas están situadas en las bocas de descarga de los silos, se han instalado cinco de estas válvulas, una por cada silo y presentan las siguientes características. Esta válvula se excita a través de un relé conectado a una salida de 24 VDC del autómatas.

PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

Al introducir aire comprimido o un líquido (con una presión diferencial de 2 bar como mín.) en la válvula de manguito neumática, se comprime un manguito fabricado especialmente con una elevada elasticidad de rebote. La forma constructiva de la carcasa garantiza un cierre libre en forma labial del manguito. De este modo, se consigue bloquear de modo totalmente hermético el flujo de producto, garantizando al mismo tiempo un periodo de servicio y durabilidad máximos del manguito.

Al hacerlo, la válvula de manguito neumática se cierra y hermetiza al 100% la corriente de producto. La presión de servicio máxima depende del ancho nominal y se encuentra entre 2 y 6 bar. En cuanto se interrumpe el suministro de aire comprimido o de líquido y se vacía de aire, o se purga la válvula de manguito neumática, el manguito especial abre paso total, debido a su elasticidad de rebote o fuerza de retorno y con la ayuda de la presión del medio.

Las principales ventajas de las válvulas de manguito neumáticas son dar paso libre al producto, ofrecer una resistencia mínima de fricción, estar totalmente exentas de fugas y de obstrucciones y tener un bajo peso.

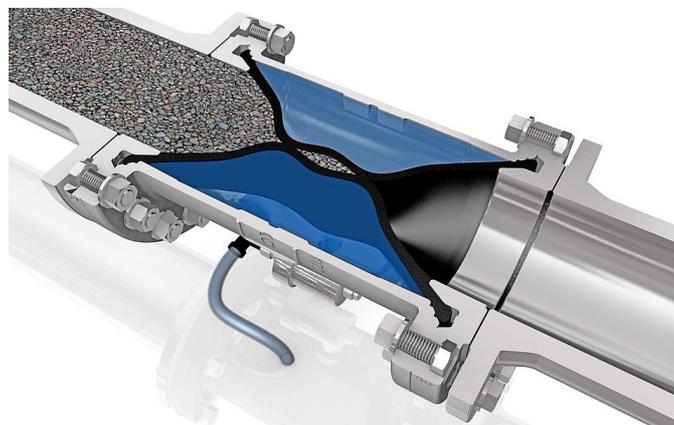


Ilustración 12. Válvula de manguito

3.2.2 ELECTROVÁLVULAS DE MARIPOSA

Estas electroválvulas neumáticas se han instalado en el resto de la instalación y se activan a través de un relé conectado a una salida de 24 VDC del autómatas. Esta señal activa un cilindro neumático de simple efecto que desplaza el disco. El cilindro de simple efecto transforma el caudal sometido a presión en una fuerza que actúa en línea recta, mediante una toma de aire.

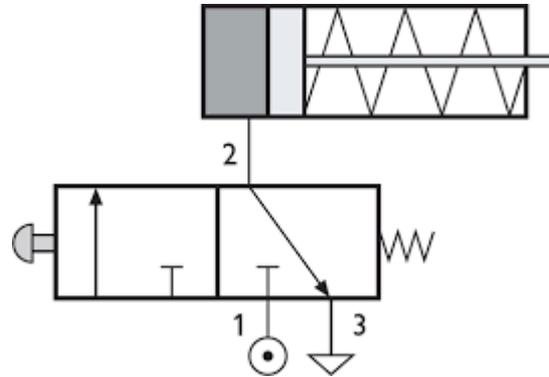


Ilustración 13. Cilindro neumático de simple efecto

El funcionamiento básico de las válvulas de mariposa consiste en una rotación de 90° del disco para abrirla por completo. Esto determina poco desgaste del eje, poca fricción y por tanto un menor par, que resulta en un actuador más barato.

La pérdida de carga es pequeña. Cuando la válvula está totalmente abierta, la corriente circula de forma aerodinámica alrededor del disco, y aunque la pérdida de carga es ligeramente superior a las válvulas esféricas o de compuerta, ya que éstas tienen la sección totalmente libre de obstáculos, es claramente inferior a la válvula globo.

Las válvulas de mariposa pueden estar preparadas para admitir cualquier tipo de fluido gas, líquido y hasta sólidos. A diferencia de las válvulas de compuerta, globo o bola, no hay cavidades donde pueda acumularse sólidos impidiendo la maniobrabilidad de la válvula.



Ilustración 14. Electroválvula de mariposa

3.3 SISTEMAS DE CONTROL

Para el control del proceso y la comunicación de red, se han utilizado dos controladores lógicos programables (PLC) y dos pantallas HMI

La función del primer PLC o PLC principal, será el control general de la instalación, incluyendo la comunicación con las dos pantallas HMI

La función del segundo PLC será establecer una pasarela de comunicación MODBUS TCP entre el aparato de medida de Nivel de los silos exteriores, y el primer PLC.

3.3.1 PLC PRINCIPAL: CPU SIEMENS 315 PN/DP



Ilustración 15. CPU 315-2 PN/DP

Campo de aplicación

La CPU 315-2 PN/DP es una CPU con memoria de programa de capacidad media. Se utiliza en instalaciones que, además de unidades periféricas centrales, también cuentan con una topología de automatización descentralizada. En un SIMATIC S7-300 puede aplicarse como PROFINET IO Controller y como maestro estándar PROFIBUS DP. La CPU 315-2 PN/DP también se utiliza como inteligencia descentralizada (esclavo PROFIBUS DP o PROFINET I-Device).

Por lo demás, la CPU 315-2 PN/DP es una plataforma para tareas tecnológicas simples, implementadas en software.

Las posibilidades de comunicación integradas en la CPU permiten implementar soluciones de automatización, sin necesidad de componentes adicionales.

Propiedades

La CPU 315-2 PN/DP dispone de:

- Microprocesador;
el procesador alcanza un tiempo de procesamiento de aprox. 50 ns por instrucción binaria y de 450 ns por operación en coma flotante.
- 384 Kbyte de RAM (lo que equivale a aprox. 128 K de instrucciones);
la extensa RAM para secciones de programa relevantes para el proceso secuencial ofrece suficiente espacio a los programas de usuario. Las SIMATIC Micro Memory Cards (máx. 8 Mbytes) como memoria de carga para programas permiten guardar proyectos (incluyendo símbolos y comentarios) en la CPU y se pueden utilizar para archivar datos y gestionar recetas.
- Interfaz Ethernet;
el segundo puerto integrado de la CPU 315-2 PN/DP es una interfaz PROFINET con switch de 2 puertos basada en Ethernet TCP/IP.
Es compatible con los protocolos siguientes:
 - ✓ Comunicación S7 para el intercambio de datos entre autómatas SIMATIC;
 - ✓ Comunicación PG/OP para programación, puesta en marcha y diagnóstico vía STEP 7;
 - ✓ Comunicación PG/OP para conexión a HMI y SCADA;
 - ✓ Comunicación TCP/IP, UDP e ISO-on-TCP (RFC1006) abierta vía PROFINET;
 - ✓ Servidor SIMATIC NET OPC para comunicación con otros controladores y unidades periféricas con CPU propi

3.3.2 PLC SECUNDARIO: CPU SIEMENS 1212C DC/DC/DC



Ilustración 16. CPU 1212C DC/DC/DC

Se ha utilizado este autómata porque es sencillo y a diferencia del PLC Principal, permite establecer una comunicación MODBUS TCP con el aparato de medida VEGASCAN 693.

Este autómata Siemens sirve para tareas de automatización sencillas, pero de alta precisión.

Características

- Alta capacidad de procesamiento. Cálculo de 64 bits.
- Interfaz Ethernet / PROFINET integrado.
- Entradas analógicas integradas.
- Programación mediante la herramienta de software STEP 7 Professional v14.

Módulos de comunicación

- Todas las CPUs Simatic S7-1200 pueden equiparse hasta con tres módulos de comunicación, los cuales se colocan a la izquierda del controlador, lo que permite una comunicación sin discontinuidades. Estos módulos son:
 - PROFIBUS Maestro/esclavo
 - Comunicación MODBUS TCP/IP
 - AS-i y más sistemas Fieldbus

3.4 SISTEMAS DE ENTRADAS/SALIDAS DE SEÑALES DE CAMPO

Para la recogida de las señales de campo, a excepción de los niveles de los silos exteriores, se han utilizado sistemas de periferia descentralizada, que comunican vía PROFINET al cual se conectan los diferentes módulos de entradas y salidas, tanto digitales como analógicas.

3.4.1 PERIFERIA DESCENTRALIZADA ¿QUE ES?

En la actualidad, los sistemas industriales se han vuelto tan grandes que muchas veces es necesario abarcar grandes distancias para controlar todas las variables del mismo. A menudo nuestros sistemas de control (PLC) presentan problemas al intentar abarcar dichas distancias por medios tradicionales de cableados. Desde problemas de tensado y espacio de los cables hasta pérdidas de señal, son algunos de los inconvenientes de intentar cablear en grandes trayectos. Ante ese problema se creó la periferia descentralizada.

Este sistema consiste en disponer diferentes módulos de entradas y salidas a lo largo de la instalación, de forma que las tiradas de cable, necesarias para unir los sensores y actuadores, sean las mínimas. Cada uno de estos conjuntos de módulos de entradas y salidas distribuidos se conectan al PLC mediante un “bus de campo”, que en este caso es Profinet.

VENTAJAS PERIFERIA DESCENTRALIZADA

- Reduce dimensiones de cuadros.
- Reduce el número de cables y mangueras.
- Reduce los tiempos muertos de la máquina o proceso.
- Facilidad de ampliaciones y modificaciones.
- Reduce canalizaciones.
- Facilita la identificación de E/S
- Ayuda al diagnóstico y reparación de averías.

DESVENTAJAS PERIFERIA DESCENTRALIZADA

- Incremento de la arquitectura de comunicaciones.

CONDICIONES PARA UTILIZAR PERIFERIA DESCENTRALIZADA

- Máquina o proceso que contenga un número elevado de E/S.
- Instalaciones en donde no se cuente con espacio para canalización, cables y mangueras.
- Sistemas de control que en un futuro se pueda modificar y ampliar.
- Máquina o proceso que tenga distribuidos los sensores y actuadores.

3.4.2 MODULO DE PERIFERIA DESCENTRALIZADA ET 200SP



Ilustración 17. ET200 SP

En la instalación se han utilizado tres módulos de periferia descentralizada SIEMENS ET200SP

CARACTERÍSTICAS

El sistema de periferia descentralizada SIMATIC ET 200SP es escalable y altamente flexible para la conexión de señales de proceso a un controlador central vía PROFINET o PROFIBUS.

La periferia SIMATIC ET 200SP se instala sobre un carril de montaje y generalmente comprende: Un módulo de interfaz, que comunica con todos los controladores que se comportan de acuerdo al estándar IEC 61158 de PROFINET; hasta 64 módulos de entradas y salidas, que se insertan en unidades base pasivas siguiendo cualquier combinación; La periferia SIMATIC ET 200SP comunica a través de PROFINET. Su alta velocidad y tasa de transferencia aseguran de forma significativa un mayor rendimiento que con sistemas convencionales. Este dispositivo se alimenta a través de un bus de tensión continua 24 VDC

MODULO ET200 SP Nº1

El primero de estos módulos está situado en el armario principal de la instalación, junto al PLC principal y recoge las señales E/S de las válvulas generales de aire y de los silos intermedios (niveles, rotativas, etc...)

Módulos de entradas y salida conectados en esta ET

- 3 Módulos de entradas digitales DI 16x24VDC ST
- 2 Módulos de salidas digitales DQ 16x24VDC/0.5A ST

MODULO ET200 SP Nº2

El segundo módulo está situado en un armario eléctrico situado junto a los silos exteriores. Este módulo recoge las señales E/S de las electroválvulas de carga y descarga de los cinco silos exteriores.

Módulos de entradas y salida conectados en esta ET

- 1 Módulo de entradas digitales DI 16x24VDC ST
- 1 Módulo de salidas digitales DQ 16x24VDC/0.5A ST

MODULO ET200 SP Nº3

El tercer módulo está situado en un armario eléctrico, junto a los compresores de vacío y recoge las señales E/S de los compresores y sus electroválvulas.

Módulos de entradas y salida conectados en esta ET

- 1 Módulo de entradas digitales DI 16x24VDC ST
- 1 Módulo de salidas digitales DQ 16x24VDC/0.5A ST
- 1 Módulo de entradas analógicas AI 4xI 2-,4-wire ST

3.4.3 ADQUISICIÓN DE DATOS DE LOS SILOS EXTERIORES

Para la adquisición de los datos de nivel de los cinco silos exteriores, se han utilizado cinco sensores VEGA PULS 66, conectados a un equipo de medida VEGASCAN 693, que recoge las señales de los sensores, y a su vez comunica VIA MODBUS TCP con el PLC Secundario (CPU 1212C DC/DC/DC). Este último enviará los datos de nivel al PLC principal (CPU 315-2 PN/DP).

VEGASCAN 693

CARACTERÍSTICAS

VEGASCAN 693 es un equipo de evaluación universal para tareas de medición tales como nivel de carga, nivel de agua y medición de presión de proceso. Puede servir simultáneamente de fuente de alimentación para los sensores conectados. El VEGASCAN 693 está diseñado para la conexión de 15 sensores VEGA-HART independientes entre sí. De esta forma pueden realizarse 15 mediciones independientes entre sí.

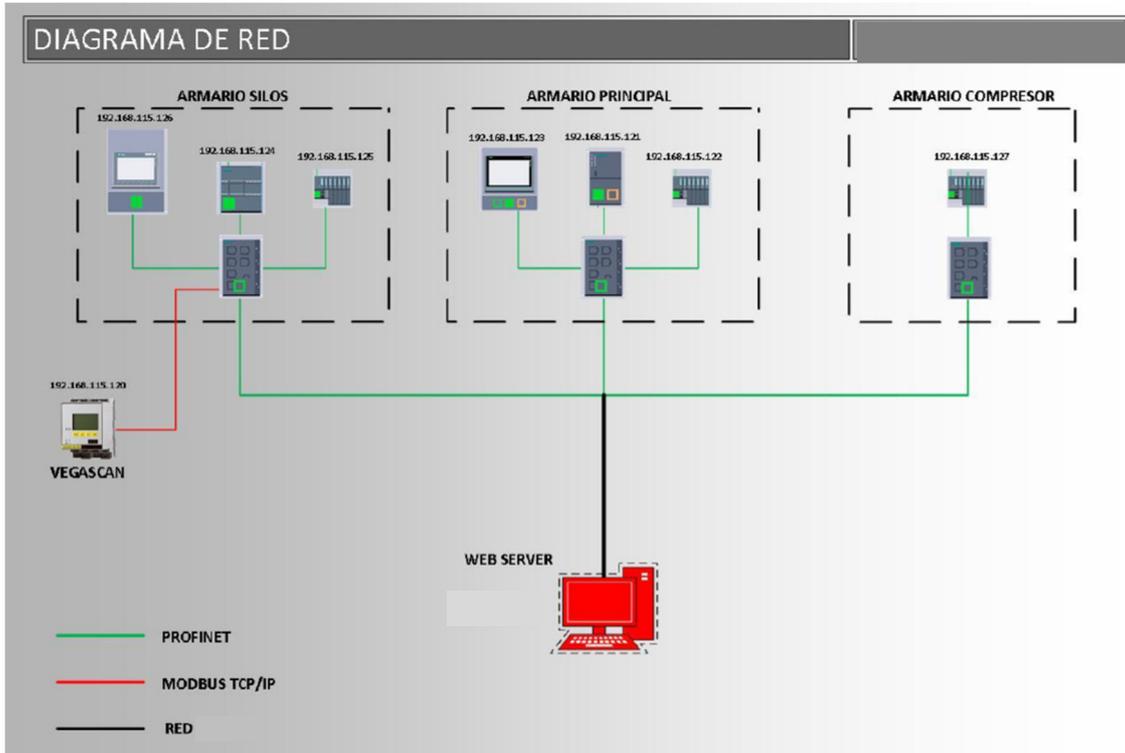
El equipo de evaluación VEGASCAN 693 puede alimentar con tensión hasta 15 sensores HART, analizando sus señales de medición por la misma línea. La transmisión del valor de medición se realiza por un sistema de bus digital (HART Multidrop). La magnitud de medición deseada es indicada en el display, y entregada adicionalmente a la interface y navegador web integrado para su procesamiento posterior. A voluntad, pueden enviarse los valores de medición controlados por evento o por tiempo por correo electrónico a diferentes receptores.

ALIMENTACIÓN

Fuente de alimentación de alta capacidad 20... 253 V AC/DC para uso internacional.

3.5 BUS DE CAMPO Y ARQUITECTURA DE RED

En el siguiente diagrama de red se pueden ver los distintos dispositivos que conforman la red de comunicación.



3.5.1 PROFINET

Profinet está basado en Ethernet Industrial, TCP/IP y algunos estándares de comunicación pertenecientes al mundo TI. Entre sus características destaca que es Ethernet en tiempo real, donde los dispositivos que se comunican por el bus de campo acuerdan cooperar en el procesamiento de solicitudes que se realizan dentro del bus.

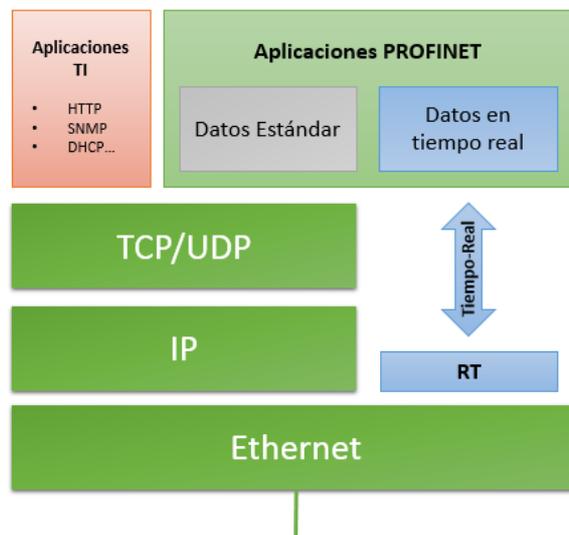


Ilustración 18. Protocolo Profinet

3.5.2 MODBUS TCP

Modbus es un protocolo de solicitud-respuesta implementado usando una relación maestro-esclavo. En una relación maestro-esclavo, la comunicación siempre se produce en pares, un dispositivo debe iniciar una solicitud y luego esperar una respuesta y el dispositivo de inicio (el maestro) es responsable de iniciar cada interacción. Por lo general, el maestro es una interfaz humano-máquina (HMI) o sistema SCADA y el esclavo es un sensor, controlador lógico programable (PLC) o controlador de automatización programable (PAC). El contenido de estas solicitudes y respuestas, y las capas de la red a través de las cuales se envían estos mensajes, son definidas por las diferentes capas del protocolo.

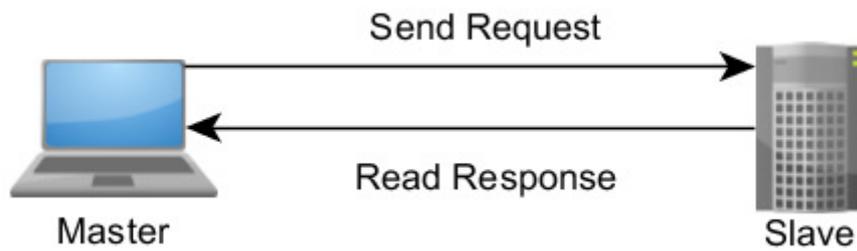


Ilustración 19. Protocolo Modbus TCP

3.6 HERRAMIENTAS DE INGENIERÍA

Para la configuración integral de redes y equipos, así como la programación de los PLC y pantallas HMI, se ha utilizado el software de Ingeniería TIA PORTAL V14 de Siemens.

TIA PORTAL V14

TIA PORTAL es un paquete que incluye el siguiente software:

- Step7 Professional V14
- WinCC Comfort/Advanced V14



Ilustración 20. Software de ingeniería TIA PORTAL

3.6.1 STEP 7 PROFESSIONAL V14

STEP 7 Professional es la herramienta de ingeniería para la configuración y programación de todos los PLC de la marca Siemens. Step7, que permite los siguientes lenguajes de programación IEC

- Texto estructurado (SCL)
- Esquema de contactos (KOP)
- Diagrama de funciones (FUP)
- Lista de instrucciones (AWL)
- Programación secuencia (GRAPH)

3.6.2 WINCC COMFORT/ADVANCED V14

WinCC TIA Portal es el software para desarrollar todas las aplicaciones HMI, desde la más simple con Basic Panel, hasta soluciones SCADA en sistemas multiusuario basadas en PC. El sistema de librerías del TIA Portal no se limita a bloques de programa o faceplates suministrados. TIA Portal permite formar librerías propias fácilmente reutilizables a partir de diversas partes de los objetos de ingeniería. Esto permite, por ejemplo, guardar configuraciones completas de diferentes máquinas de instalaciones de forma centralizada en un servidor. Componentes ya desarrollados, datos de proyecto probados y proyectos de versiones anteriores pueden reutilizarse en todo momento.

3.7 SISTEMA DE SUPERVISIÓN

Para la supervisión y manejo de la instalación se han instalado dos pantallas HMI.

La primera pantalla incorporará un sinóptico general de la instalación, desde el cual se podrá supervisar el estado de la instalación, menús desde el cual seleccionar los modos de funcionamiento de la instalación, gestión de supervisión de las alarmas y gráficos de la evolución de los niveles de los silos.

Desde la segunda pantalla, se podrá supervisar la carga de los silos exteriores, que serán llenados mediante camiones, así como habilitar los permisos de carga de dichos silos.

3.7.1 PANTALLA DE OPERADOR PRINCIPAL: SIEMENS TP 1500 COMFORT



Ilustración 21. HMI TP1500 COMFORT

Descripción

Pantalla de 15 pulgadas de la serie SIMATIC TP Comfort de Siemens, con funcionamiento mediante pantalla táctil. Este panel tiene un índice de protección IP65 para condiciones exigentes y presentan flexibilidad para cualquier aplicación en exteriores. Estas HMI pueden coordinar y apagar de manera central los displays mediante PROFIenergy durante los tiempos de inactividad, para reducir el consumo de Pantallas de alta resolución y gran amplitud de 7" a 22" Interfaz de usuario gráfica para que el funcionamiento y control de la máquina resulten intuitivos El dispositivo ofrece funcionalidades tales como archivos, scripts VB y diversos visores para visualizar la documentación de la instalación y páginas web. La instalación vertical permite optimizar el espacio de la instalación Máxima seguridad de datos.

Especificaciones

Atributo	Valor
Serie del Fabricante	TP1500
Tipo de Display	TFT
Tamaño del Display	15 pulgadas
Resolución del Display	800 x 480pixels
Color del Display	Color
Número de Puertos	3
Tipo de Puerto	Ethernet, MPI, Profibus DP, USB
Memoria Integrada	24 MB
Tensión de Alimentación	24 V dc
Anchura	207mm
Temperatura de Funcionamiento Mínima	0°C
Dimensiones	331 x 207 x 63 mm
Profundidad	63mm
Temperatura de Funcionamiento Máxima	+50°C
Longitud	331mm
Índice de Protección IP	IP20, IP65

3.7.2 PANTALLA SECUNDARIA: SIEMENS KTP 700 BASIC PN



Ilustración 22. HMI KTP 700 BASIC

Descripción

Esta gama ofrece controles de paneles con displays de 4, 6, 7 y 10 pulgadas, teclados y controles táctiles, y se suministra con una pantalla táctil básica de panel de 15 pulgadas. Todos los paneles básicos SIMATIC están diseñados con un índice de protección IP65 y son idóneos para tareas sencillas de visualización, incluso en entornos exigentes. Las ventajas adicionales incluyen funciones de software integradas, como un sistema de generación de informes, gestión de recibos o funciones gráficas.

Esta es la gama idónea para el funcionamiento y control de plantas y maquinarias sencillas, ya que incluye tamaños desde 3,8 a 15 pulgadas.

Funcionamiento intuitivo mediante teclas de función táctiles.

Equipados con todas las funciones básicas necesarias como registro de alarmas, gestión de recibos, gráficos, gráficos vectoriales y cambio de idioma.

Puede configurarse utilizando el software WinCC BASIC de TIA PORTAL.

Conexión sencilla a controlador a través de interfaz Ethernet integral o versión independiente con RS485/422

Especificaciones

Atributo	Valor
Serie del Fabricante	SIEMENS KTP
Tipo de Display	TFT
Tamaño del Display	7 pulg.
Resolución del Display	800 x 480pixels
Color del Display	Color
Número de Puertos	3
Tipo de Puerto	Ethernet, MPI, Profibus DP, USB
Memoria Integrada	10 MB
Tensión de Alimentación	24 V dc
Anchura	158mm
Temperatura de Funcionamiento Mínima	0°C
Dimensiones	214 x 158 x 39 mm
Profundidad	39mm
Temperatura de Funcionamiento Máxima	+50°C
Longitud	214mm
Índice de Protección IP	IP65

4 PROGRAMA PLC

A continuación, se describe en detalle el desarrollo de los programas PLC, que contienen la lógica de funcionamiento, así como la configuración de redes y equipos que estos PLC controlan.

4.1 TIPO DE PROGRAMACIÓN

La programación de los dos PLC se ha desarrollado utilizando una filosofía de programación modular.

Un programa modular llama bloques de función específicos que ejecutan determinadas tareas. Para crear una estructura modular, la tarea de automatización compleja se divide en tareas subordinadas más pequeñas, correspondientes a las funciones tecnológicas del proceso.

Cada bloque lógico provee el segmento del programa para cada tarea subordinada. El programa se estructura llamando uno de los bloques lógicos desde otro bloque. Creando bloques lógicos genéricos que pueden reutilizarse en el programa de usuario, es posible simplificar el diseño y la implementación del programa de usuario.

Estas son algunas de las ventajas de la programación modular:

- Es posible crear bloques lógicos reutilizables para tareas estándar, tales como el control de una bomba o motor. También es posible almacenar estos bloques lógicos genéricos en una librería, de manera que puedan ser utilizados por diferentes aplicaciones o soluciones.
- El programa de usuario puede dividirse en componentes modulares para las tareas funcionales, facilitando así su comprensión y gestión. Los componentes modulares ayudan no sólo a estandarizar el diseño del programa, sino que también pueden facilitar y agilizar la actualización o modificación del código del programa.
- La creación de componentes modular simplifica la depuración del programa. Dividiendo el programa completo en segmentos de programa modulares, es posible comprobar las funciones de cada bloque lógico a medida que se va desarrollando. La creación de componentes modulares para las distintas funciones tecnológicas permite simplificar y reducir el tiempo de puesta en marcha de la aplicación.

4.2 CONFIGURACIÓN DE REDES Y EQUIPOS

El primer paso de nuestra programación será la configuración de nuestras redes y equipos desde TIA PORTAL.

Debemos indicar que hardware va a ser utilizado en nuestro proyecto, para ello se selecciona, desde las librerías que nos ofrece TIA PORTAL, todos los dispositivos que van a formar parte de nuestro proyecto.

Una vez hemos seleccionado nuestro hardware, deberemos configurar una red mediante la cual van a comunicar nuestros equipos.

Los equipos van a comunicar en Profinet y por lo tanto se deberá asignar una dirección IP a cada uno de nuestros equipos.

Estas son los equipos configurados, junto con su dirección IP:

NOMBRE EQUIPO	DESCRIPCIÓN	LOCALIZACIÓN	DIRECCIÓN IP
CPU 315-2 PN/DP PRINCIPAL	PLC PRINCIPAL	ARMARIO PRINCIPAL	192.168.115.121
ET 200 SP Nº1	INTERCAMBIO DE SEÑALES DE ARMARIO PRINCIPAL	ARMARIO PRINCIPAL	192.168.115.122
TP 1500 COMFORT	PANTALLA HMI PRINCIPAL	ARMARIO PRINCIPAL	192.168.115.123
CPU 1212 C	PLC SECUNDARIO COMUNICACIÓN MODBUS TCP-PROFINET	ARMARIO EXTERIOR DE SILOS	192.168.115.124
ET 200 SP Nº2	INTERCAMBIO DE SEÑALES DE ARMARIO SILOS EXTERIORES	ARMARIO EXTERIOR DE SILOS	192.168.115.125
KTP700 BASIC PN	PANTALLA HMI DE SILOS EXTERIORES	ARMARIO EXTERIOR DE SILOS	192.168.115.126
ET 200 SP Nº3	INTERCAMBIO DE SEÑALES DE ARMARIO DE COMPRESORES	ARMARIO DE COMPRESORES	192.168.115.127

Este es el aspecto que presentan los equipos una vez han sido configurados.

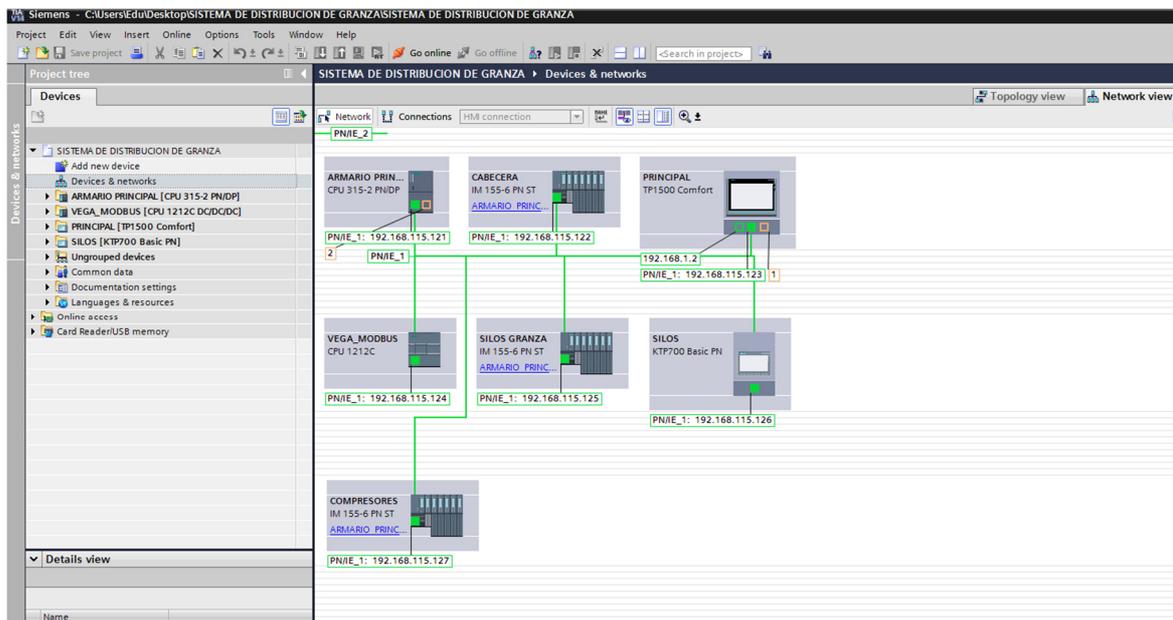


Ilustración 23. Vista de redes y dispositivos

Como se puede observar en la imagen anterior, se ha creado una red Profinet (color verde) con todos los dispositivos pertenecientes a ella.

En el árbol del proyecto también vemos que se han creado las distintas carpetas asociadas a cada uno de los PLC y HMI, que contendrán el programa de cada dispositivo.

4.3 PROGRAMA PRINCIPAL CPU 315-2

A continuación se describe la lógica programada dentro del PLC principal (CPU 315-2-PN/DP)

4.3.1 VARIABLES DEL PLC PRINCIPAL

En el siguiente apartado se explica cómo se configuran y cuáles son las diferentes variables de entradas y salidas, así como las diferentes variables internas.

CONFIGURACIÓN DE ENTRADAS Y SALIDAS

Como ya se comentó en el apartado de especificaciones técnicas para la adquisición de las distintas entradas y salidas, tanto digitales como analógicas, se utilizaron unidades de periferia descentralizada, que incorporaban sus módulos de entradas y salidas correspondientes.

Todas estas entradas y salidas corresponden al PLC principal (CPU 315-2-PN/DP)

Para definir las variables de memoria interna del autómeta

Para definir las entradas y salidas correspondientes a cada ET, se debe seleccionar dentro de cada módulo de E/S que dirección tendrá cada una de ellas.

En el caso de una entrada digital se indicará que se trata de una variable booleana cuya dirección será %I XX.X.

En el caso de una salida digital se indicará que se trata de una variable booleana cuya dirección será %Q XX.X.

En el caso de las entradas analógicas habrá que indicar que se trata de una variable de tipo Word de 16 bits, cuya nomenclatura será %IW XX.X.

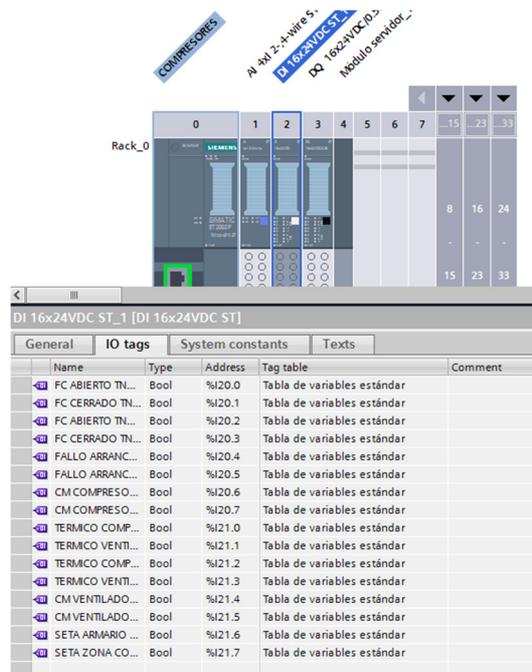


Ilustración 24. Vista de Entradas/Salidas

LISTADO COMPLETO DE ENTRADAS/SALIDAS DEL SISTEMA

NOMBRE	TIPO DE DATO	DIRECCIÓN	DESCRIPCIÓN
NIVEL_MAX_CF1	Bool	%I0.2	NIVEL MÁXIMO SILO CF1
NIVEL_MED_CF1	Bool	%I0.3	NIVEL MEDIO SILO CF1
NIVEL_MIN_CF1	Bool	%I0.4	NIVEL MÍNIMO SILO CF1
NIVEL_MAX_CF2	Bool	%I0.7	NIVEL MÁXIMO SILO CF2
NIVEL_MED_CF2	Bool	%I1.0	NIVEL MEDIO SILO CF2
NIVEL_MIN_CF2	Bool	%I1.1	NIVEL MÍNIMO SILO CF2
FC ABIERTO TN1_XV_0006	Bool	%I1.2	SENSOR FINAL DE CARRERA ABIERTO
FC CERRADO TN1_XV_0006	Bool	%I1.3	SENSOR FINAL DE CARRERA CERRADO
FC ABIERTO TN2_XV_0010	Bool	%I1.4	SENSOR FINAL DE CARRERA ABIERTO
FC CERRADO TN2_XV_0010	Bool	%I1.5	SENSOR FINAL DE CARRERA CERRADO
FC ABIERTO TN1_XV_0001	Bool	%I10.3	SENSOR FINAL DE CARRERA ABIERTO
FC CERRADO TN1_XV_0001	Bool	%I10.4	SENSOR FINAL DE CARRERA CERRADO
FC ABIERTO TN2_XV_0008	Bool	%I10.5	SENSOR FINAL DE CARRERA ABIERTO
FC CERRADO TN2_XV_0008	Bool	%I10.6	SENSOR FINAL DE CARRERA CERRADO
PST S01_PS_0001	Bool	%I10.7	PRESOSTATO SILO 1
PST S02_PS_0002	Bool	%I11.0	PRESOSTATO SILO 2
PST S03_PS_0003	Bool	%I11.1	PRESOSTATO SILO 3
PST S04_PS_0004	Bool	%I11.2	PRESOSTATO SILO 4
PST S05_PS_0005	Bool	%I11.3	PRESOSTATO SILO 5
FC ABIERTO S01_XVC_0001	Bool	%I12.1	SENSOR FINAL DE CARRERA ABIERTO
FC CERRADO S01_XVC_0001	Bool	%I12.2	SENSOR FINAL DE CARRERA CERRADO
FC ABIERTO S02_XVC_0002	Bool	%I12.3	SENSOR FINAL DE CARRERA ABIERTO
FC CERRADO S02_XVC_0002	Bool	%I12.4	SENSOR FINAL DE CARRERA CERRADO
FC ABIERTO S03_XVC_0003	Bool	%I12.5	SENSOR FINAL DE CARRERA ABIERTO
FC CERRADO S03_XVC_0003	Bool	%I12.6	SENSOR FINAL DE CARRERA CERRADO
FC ABIERTO S04_XVC_0004	Bool	%I12.7	SENSOR FINAL DE CARRERA ABIERTO
FC CERRADO S04_XVC_0004	Bool	%I13.0	SENSOR FINAL DE CARRERA CERRADO
FC ABIERTO S05_XVC_0005	Bool	%I13.1	SENSOR FINAL DE CARRERA ABIERTO
FC CERRADO S05_XVC_0005	Bool	%I13.2	SENSOR FINAL DE CARRERA CERRADO
FALLO VEGASCAN 693	Bool	%I13.3	FALLO VEGASCAN
FC CERRADO CARGA S01	Bool	%I13.4	SENSOR FINAL DE CARRERA CERRADO
FC CERRADO CARGA S02	Bool	%I13.5	SENSOR FINAL DE CARRERA CERRADO
FC CERRADO CARGA S03	Bool	%I13.6	SENSOR FINAL DE CARRERA CERRADO

FC CERRADO CARGA S04	Bool	%I13.7	SENSOR FINAL DE CARRERA CERRADO
FC CERRADO CARGA S05	Bool	%I14.0	SENSOR FINAL DE CARRERA CERRADO
PST GENERAL AIRE	Bool	%I14.1	PRESOTATO GENERAL
TÉRMICO ROTATIVA 1	Bool	%I2.4	TÉRMICO ROTATIVA 1
TÉRMICO ROTATIVA 2	Bool	%I2.5	TÉRMICO ROTATIVA 2
FC ABIERTO TN1_XV_0007	Bool	%I20.0	SENSOR FINAL DE CARRERA ABIERTO
FC CERRADO TN1_XV_0007	Bool	%I20.1	SENSOR FINAL DE CARRERA CERRADO
FC ABIERTO TN2_XV_0011	Bool	%I20.2	SENSOR FINAL DE CARRERA ABIERTO
FC CERRADO TN2_XV_0011	Bool	%I20.3	SENSOR FINAL DE CARRERA CERRADO
FALLO ARRANCADOR COMPRESOR 1	Bool	%I20.4	FALLO ARRANCADOR COMPRESOR 1
FALLO ARRANCADOR COMPRESOR 2	Bool	%I20.5	FALLO ARRANCADOR COMPRESOR 2
CM COMPRESOR 1	Bool	%I20.6	COMPRESOR 1 FUNCIONANDO
CM COMPRESOR 2	Bool	%I20.7	COMPRESOR 2 FUNCIONANDO
TÉRMICO COMPRESOR 1	Bool	%I21.0	TÉRMICO COMPRESOR 1
TÉRMICO VENTILADOR 1	Bool	%I21.1	TÉRMICO VENTILADOR 1
TÉRMICO COMPRESOR 2	Bool	%I21.2	TÉRMICO COMPRESOR 2
TÉRMICO VENTILADOR 2	Bool	%I21.3	TÉRMICO VENTILADOR 2
CM VENTILADOR 1	Bool	%I21.4	VENTILADOR 1 FUNCIONANDO
CM VENTILADOR 2	Bool	%I21.5	VENTILADOR 2 FUNCIONANDO
CM ROTATIVA 1	Bool	%I4.0	ROTATIVA 1 FUNCIONANDO
CM ROTATIVA 2	Bool	%I4.1	ROTATIVA 2 FUNCIONANDO
RELÉ DE EMERGENCIA	Bool	%I4.2	RELÉ DE EMERGENCIA
ANALOG COMP1	Int	%IW100	VACUÓMETRO COMPRESOR 1
ANALOG COMP2	Int	%IW102	VACUÓMETRO COMPRESOR 2
ROTATIVA 1 CF1_DA_0001	Bool	%Q0.1	ACTIVAR ROTATIVA CF1
ROTATIVA 2 CF2_DA_0002	Bool	%Q0.3	ACTIVAR ROTATIVA CF2
VÁLVULA CF1 TN1_XV_0006	Bool	%Q0.4	SALIDA ABRIR VÁLVULA
VÁLVULA CF2 TN2_XV_0010	Bool	%Q0.5	SALIDA ABRIR VÁLVULA
BALIZA ZUMBADOR	Bool	%Q1.0	SIRENA AVERÍA
VÁLVULA ASPIRACIÓN 1 TN1_XV_0001	Bool	%Q10.3	SALIDA ABRIR VÁLVULA
VÁLVULA ASPIRACIÓN 2 TN2_XV_0008	Bool	%Q10.4	SALIDA ABRIR VÁLVULA
VÁLVULA S01_XV_0001	Bool	%Q10.5	SALIDA ABRIR VÁLVULA
VÁLVULA S02_XV_0002	Bool	%Q10.6	SALIDA ABRIR VÁLVULA
VÁLVULA S03_XV_0003	Bool	%Q10.7	SALIDA ABRIR VÁLVULA
VÁLVULA S04_XV_0004	Bool	%Q11.0	SALIDA ABRIR VÁLVULA
VÁLVULA S05_XV_0005	Bool	%Q11.1	SALIDA ABRIR VÁLVULA
VÁLVULA S01_XVC_0001	Bool	%Q11.2	SALIDA ABRIR VÁLVULA
VÁLVULA S02_XVC_0002	Bool	%Q11.3	SALIDA ABRIR VÁLVULA
VÁLVULA S03_XVC_0003	Bool	%Q11.4	SALIDA ABRIR VÁLVULA

VÁLVULA S04_XVC_0004	Bool	%Q11.5	SALIDA ABRIR VÁLVULA
VÁLVULA S05_XVC_0005	Bool	%Q11.6	SALIDA ABRIR VÁLVULA
VÁLVULA GENERAL AIRE	Bool	%Q13.0	SALIDA ABRIR VÁLVULA
BALIZA ROJO	Bool	%Q2.0	BALIZA AVERÍA
BALIZA VERDE	Bool	%Q2.1	BALIZA FUNCIONAMIENTO NORMAL
COMPRESOR 1 TN1_SP_0001	Bool	%Q20.0	SALIDA ACTIVAR MOTOR
VENTILADOR 1 TN1_SP_0001	Bool	%Q20.1	SALIDA ACTIVAR MOTOR
COMPRESOR 2 TN2_SP_0002	Bool	%Q20.2	SALIDA ACTIVAR MOTOR
VENTILADOR 2 TN2_SP_0002	Bool	%Q20.3	SALIDA ACTIVAR MOTOR
VÁLVULA COMPRESOR 1 TN1_XV_0007	Bool	%Q20.4	SALIDA ABRIR VÁLVULA
VÁLVULA COMPRESOR 2 TN2_XV_0011	Bool	%Q20.5	SALIDA ABRIR VÁLVULA
RUN COMPRESOR 1	Bool	%Q21.0	SALIDA ACTIVAR MOTOR SEGUNDO CONTACTO
RUN COMPRESOR 2	Bool	%Q21.1	SALIDA ACTIVAR MOTOR SEGUNDO CONTACTO

VARIABLES INTERNAS

Para almacenar las variables internas usadas en el programa principal se han creado bloques de datos (DB).

Los bloques de datos (DB) se crean en el programa de usuario para almacenar los datos de los bloques lógicos.

Todos los bloques del programa de usuario pueden acceder a los datos en un DB global. En cambio, un DB instancia almacena los datos de un bloque de función (FB) específico.

Este uso de los bloques de datos se detallara en la explicación de la lógica del programa.

4.3.2 PROGRAMA

A continuación se describe la lógica programada dentro del PLC principal (CPU 315-2-PN/DP)

BLOQUE PRINCIPAL MAIN

Este es el bloque de código superior que se tienen que elaborar cíclicamente en el programa y en los que se programan instrucciones, llamadas a funciones (FC) y bloques de función (FB).

Una función (FC) es una subrutina que se ejecuta cuando se llama desde otro bloque lógico (OB, FB o FC). La FC no tiene un DB instancia asociado. El bloque que efectúa la llamada transfiere los parámetros a la FC. Los valores de salida de la FC deben escribirse en una dirección de la memoria o en un DB global.

Un bloque de función (FB) es una subrutina que se ejecuta cuando se llama desde otro bloque lógico (OB, FB o FC). Cuando el bloque MAIN efectúa la llamada, transfiere parámetros al FB e identifica un bloque de datos determinado (DB) que almacena los datos de la llamada o instancia específica de este FB. Los DBs de instancia contienen los parámetros operativos específicos de cada FB.

A continuación se describen los bloques de programa y funciones que hay incluidos en el bloque MAIN.

- 1. BLOQUES DE FUNCIÓN MOTOR**
- 2. BLOQUES DE FUNCIÓN VÁLVULA**
- 3. BLOQUE DE SEÑALES ANALÓGICAS**
- 4. BLOQUE DE GESTIÓN AUTOMÁTICA**
- 5. BLOQUE DE ALARMAS**
- 6. BLOQUE DE FILTRO DE NIVELES**

BLOQUE DE FUNCIÓN MOTOR (FB MOTOR)

Se ha creado un bloque de función motor que contiene la lógica de funcionamiento de los motores de la instalación. Cada implementación de este bloque motor lleva asociado un DB de instancia que determina los parámetros de cada uno de ellos.

Listado de motores junto con su DB de instancia:

- Motor del Compresor 1: DB1 COMPRESOR 1
- Motor del ventilador del compresor 1: DB2 VENTILADOR 1
- Motor del compresor 2: DB3 COMPRESOR 2
- Ventilador del compresor 2: DB4 VENTILADOR 2
- Motor rotativo del silo intermedio CF1: DB5 ROTATIVA 1
- Motor rotativo del silo intermedio CF2: DB6 ROTATIVA 2

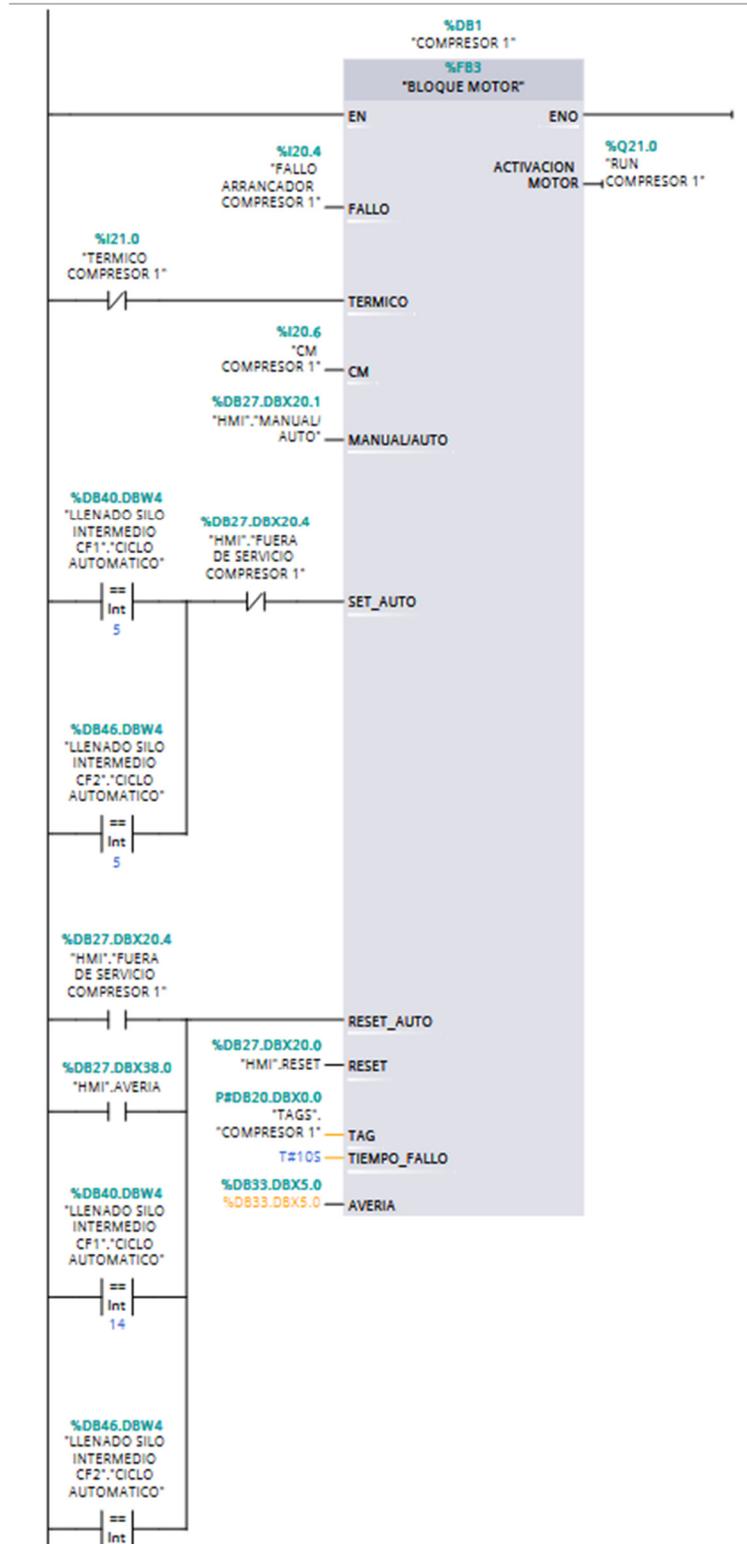


Ilustración 25. Bloque motor

Variables de E/S del bloque motor (FB BLOQUE MOTOR)

- EN: Entrada que habilita el funcionamiento del bloque.
- FALLO: Entrada digital que indica posible fallo en el motor.
- TÉRMICO: Entrada digital que nos da el estado del interruptor magnetotérmico del motor. Esta señal es negada por motivos de seguridad.
- CM: Entrada digital que nos indica si el motor está en funcionamiento.
- MANUAL/AUTO: Selección de funcionamiento manual/automático desde la pantalla HMI
- SET_AUTO: Orden de marcha automático, hay una lógica anterior a esta entrada, que impone las condiciones para activarla. Esta lógica viene dada por el *funcionamiento automático* que será detallado posteriormente.
- RESET_AUTO: Orden de paro automático. Al igual que SET_AUTO, hay una lógica anterior a esta entrada, que impone las condiciones para activarla. Esta lógica viene dada por el *funcionamiento automático* que será detallado posteriormente
- RESET: Orden de reset desde la pantalla HMI.
- TAG: Nombre del motor que controla asociado a este bloque.
- TIEMPO_FALLO: Tiempo considerado para detectar un fallo en el motor.
- AVERÍA: Entrada que viene dada de un bloque de datos interno (DB ALARMAS) que nos indicara que hay avería en el motor. La estructura de este bloque de datos interno será detallada posteriormente.
- ACTIVACIÓN MOTOR: Salida que ataca la salida digital que activa el motor.

Programa Bloque Motor

A continuación se describe la lógica de funcionamiento del bloque motor.

Las condiciones para activar la salida son que siempre que no haya avería:

1. Esté activa la orden de automático y el modo de funcionamiento sea automático.
2. Esté activa la orden manual y el modo de funcionamiento sea manual.

Si la salida está activada se asigna un valor numérico que representa el estado interno del motor.

Los estados del motor son: 0 = Apagado; 1 = Encendido; 2 = Avería.

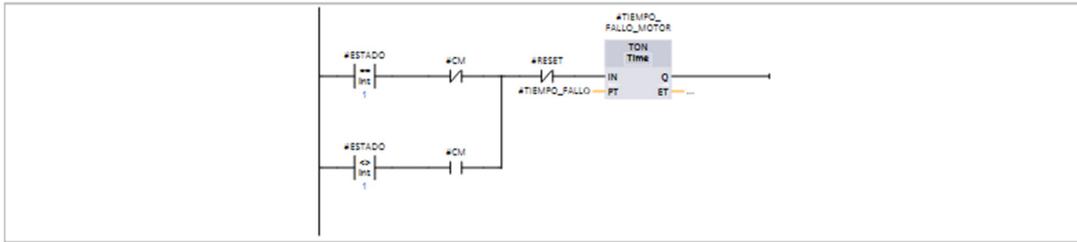
Las condiciones para parar el motor son las siguientes:

- 1- Que esté activa la orden de paro automático
- 2- Que esté activa la señal de avería.
- 3- Que esté activa la orden de paro manual.

Para activar la señal de avería se tienen que dar las siguientes condiciones.

- 1- Se active el temporizador de fallo del motor: Las condiciones para activar el temporizador son que el estado interno del motor esté encendido y la entrada digital indique lo contrario y viceversa.
- 2- No haya señal del térmico del motor
- 3- Esté activa la señal de fallo del motor.

Segmento 1: GENERAR FALLO



Segmento 2: GENERAR FALLO 2



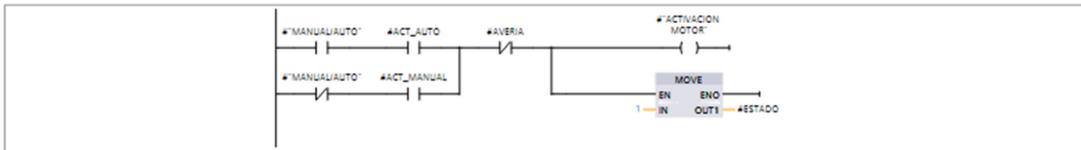
Segmento 3: SET ACTIVACION AUTOMATICO



Segmento 4: RESET DE ACTIVACION AUTOMATICO



Segmento 5: ACTIVAR SALIDA



Segmento 6: AVERIA RESETEO ORDEN DE MARCHA MANUAL



Segmento 7:



Segmento 8: ESTADO PARADO

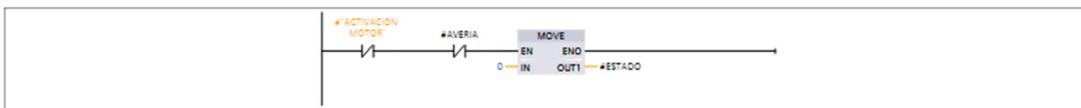


Ilustración 26. Programa Bloque Motor

BLOQUE DE FUNCIÓN VÁLVULA (FB VALVULA BIESTABLE)

Este bloque de programa se ha utilizado para describir el funcionamiento de todas las válvulas de la instalación.

Variables de E/S del bloque válvula

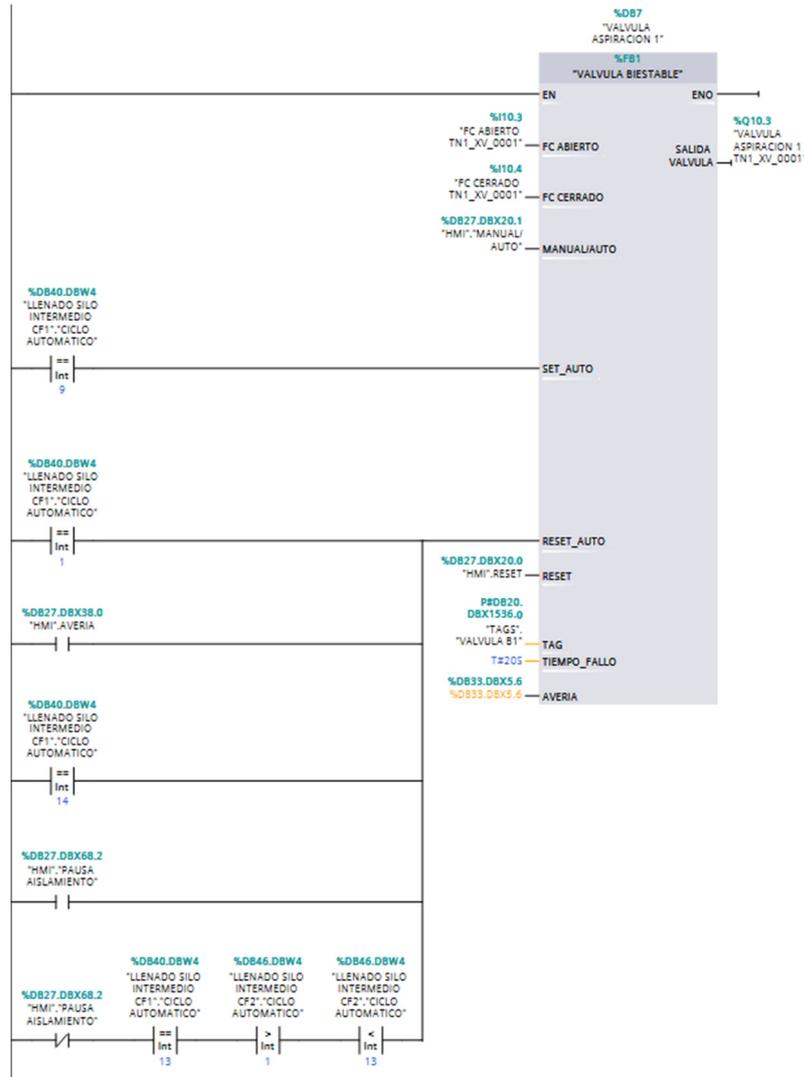


Ilustración 27. Bloque Válvula

- EN: Entrada que habilita el funcionamiento del bloque.
- FC ABIERTO: Entrada digital del sensor fin de carrera que indica que la válvula está abierta.
- FC CERRADO: Entrada digital del sensor fin de carrera que indica que la válvula está cerrada.
- MANUAL/AUTO: Selección de funcionamiento manual/automático desde la pantalla HMI
- SET_AUTO: Orden de abrir automático, hay una lógica anterior a esta entrada, que impone las condiciones para activarla. Esta lógica viene dada por el *funcionamiento automático* que será detallado posteriormente.
- RESET_AUTO: Orden de cerrado automático. Al igual que SET_AUTO, hay una lógica anterior a esta entrada, que impone las condiciones para activarla.

- RESET: Orden de reset desde la pantalla HMI.
- TAG: Nombre del motor que controla asociado a este bloque.
- TIEMPO_FALLO: Tiempo considerado para detectar un fallo en el motor.
- AVERÍA: Entrada que viene dada de un bloque de datos interno (DB ALARMAS) que nos indicara que hay avería en el motor. La estructura de este bloque de datos interno será detallada posteriormente.
- SALIDA VÁLVULA: Salida que ataca la salida digital que abre la válvula.

Programa Bloque Válvula

A continuación se describe la lógica de funcionamiento del bloque válvula.

Las condiciones para activar la salida son que siempre que no haya avería:

- 1- Esté activa la orden de automático y el modo sea automático.
- 2- Esté activa la orden manual y el modo sea manual.

Si la salida está activada se asigna un valor numérico que representa el estado interno del motor para su posterior representación en la HMI.

Los estados interno de la válvula son: 0 = Cerrada; 1 = Abierta; 2 = Avería.

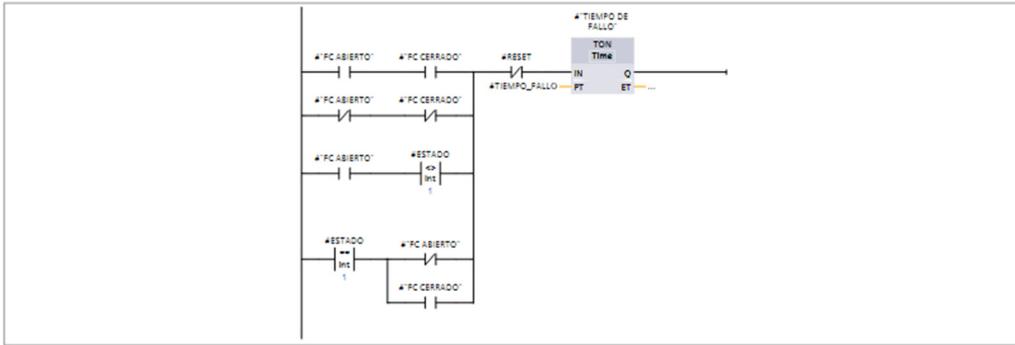
Las condiciones para parar el motor son las siguientes:

- 1- Que esté activa la orden de paro automático
- 2- Que esté activa la señal de avería.
- 3- Que esté activa la orden de paro manual.

Para activar la señal de avería se tienen que dar las siguientes condiciones.

- Se active el temporizador de fallo del motor: Las condiciones para activar el temporizador son:
 - 1- Las señales de los sensores finales de carrera abierto y cerrado estén activadas simultáneamente.
 - 2- Las señales de los sensores finales de carrera abierto y cerrado estén desactivadas simultáneamente.
 - 3- El estado interno es abierto y la señal de final de carrera abierto esta desactivada o la señal de final de carrera cerrado esta activada
 - 4- El estado interno es cerrado y la señal de final de carrera cerrado esta desactivada o la señal de final de carrera abierto esta activada.

Segmento 1: GENERAR FALLO



Segmento 2: GENERAR FALLO 2



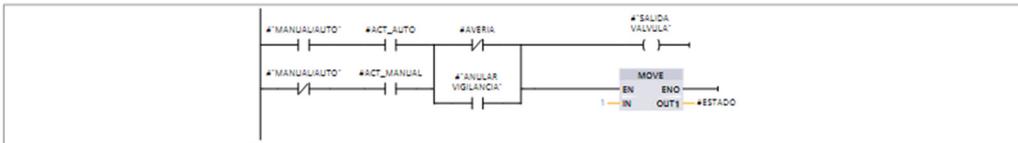
Segmento 3: SET ACTIVACION AUTOMATICO



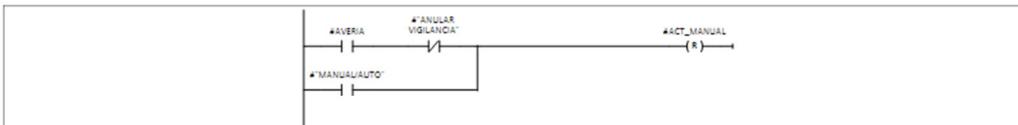
Segmento 4: RESET DE ACTIVACION AUTOMATICO



Segmento 5: ACTIVAR SALIDA



Segmento 6: AVERIA RESETEO ORDEN DE MARCHA MANUAL



Segmento 7:



Segmento 8: ESTADO PARADO

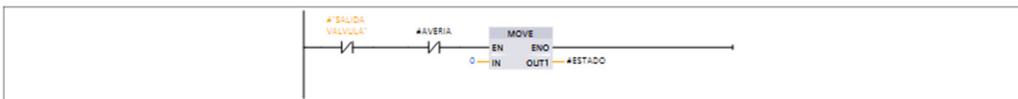


Ilustración 28. Programa Bloque Válvula

GESTIÓN DE LLENADO DE LOS SILOS EXTERIORES

En el bloque MAIN se ha programado la lógica de activación de las electroválvulas de llenado desde el exterior de los silos exteriores.

Las condiciones para abrir las válvulas de carga y así poder llenar el silo son las siguientes:

- El silo tiene que estar **fuera de servicio**. De esta forma se evita que el silo este transportando material a la vez que se está llenando. Las condiciones de silo fuera de servicio vienen dadas por el funcionamiento automático que será detallado posteriormente.
- El operario ha dado **permiso de carga** al silo desde la pantalla HMI secundaria situada en la *zona de silos exteriores*.
- El sensor fin de carrera de la válvula de carga indica que la válvula está cerrada.

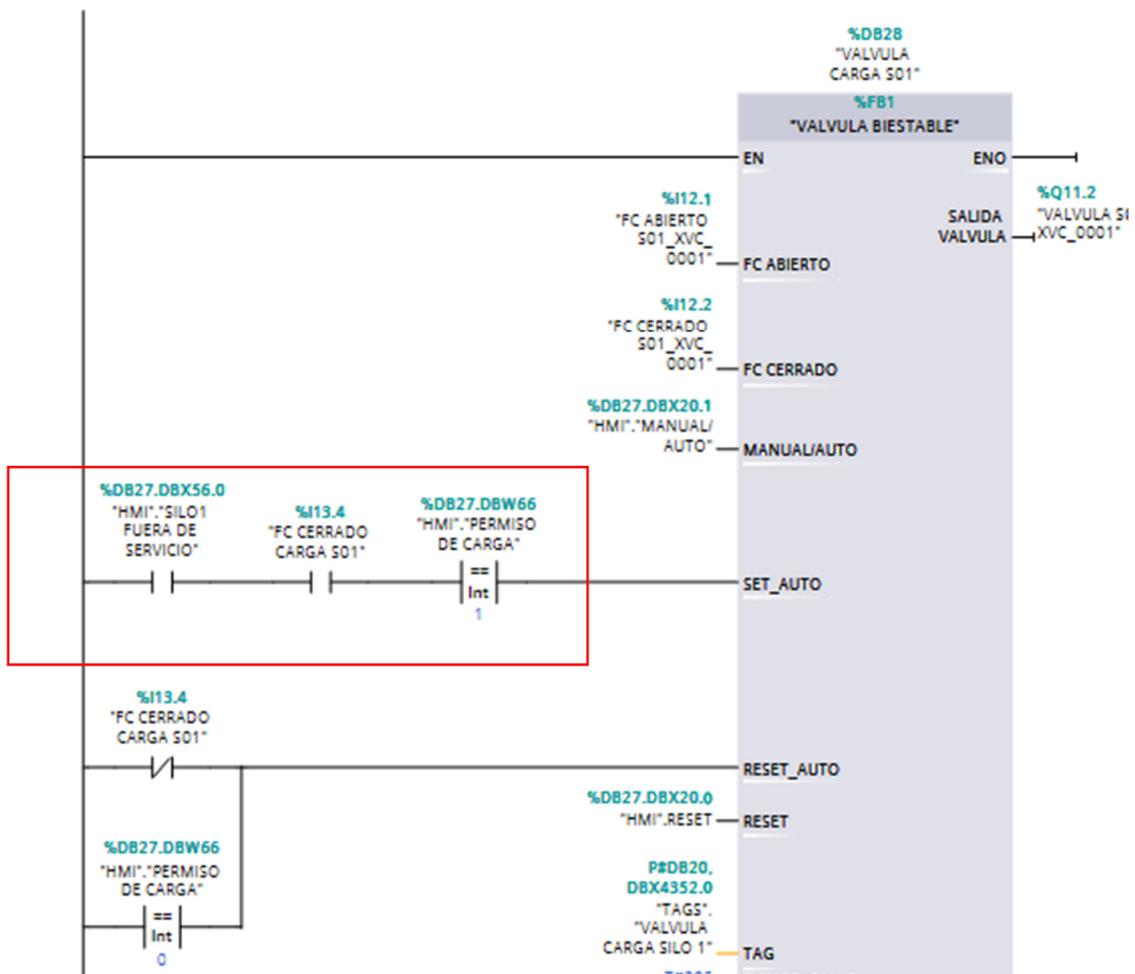


Ilustración 29. Condiciones de Llenado Silos exteriores

BLOQUE FILTRO DE NIVELES

Este bloque lee las señales de los sensores de nivel de silos intermedios y las filtra mediante un temporizador de 2 segundos, para darle estabilidad a la medida.

Una vez filtradas, las señales son escritas en una estructura de datos llamada *NIVELES (DB21)*, desde la cual se puede leer y escribir las variables correspondientes a los niveles de los silos intermedios.



Ilustración 30. Filtro de niveles

BLOQUE DE ANALÓGICAS

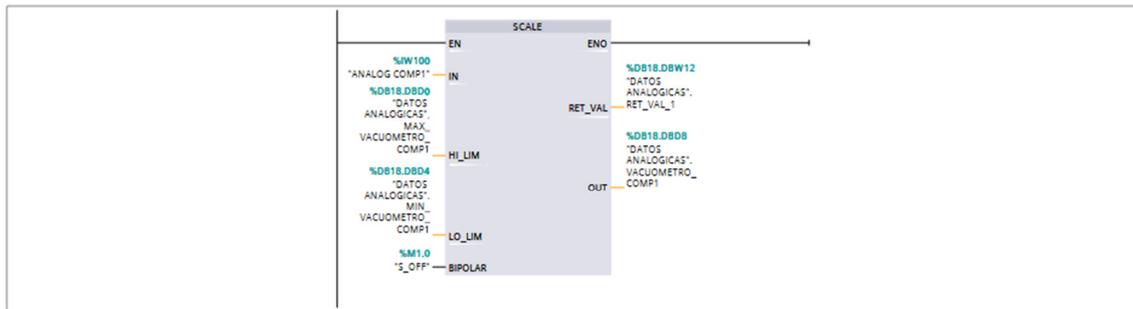
Las entradas analógicas son el resultado de una conversión analógica/digital y para traducirlas a unidades de ingeniería, se ha utilizado un bloque de programa de la librería de TIA PORTAL llamado SCALE.

La instrucción "SCALE" convierte el entero del parámetro IN, en un número en coma flotante que se escala en unidades físicas entre un límite inferior y uno superior. Los límites inferior y superior del rango de valores en el que se escala el valor de entrada se definen mediante los parámetros LO_LIM y HI_LIM. El resultado de la instrucción se devuelve en el parámetro OUT. El parámetro RET_VAL informa de que ha habido ERROR en el escalado.

El bloque de analógicas contiene los escalados de las señales de los vacuómetros del compresor 1 y del compresor 2. Los datos de presión máxima y mínima son introducidos desde la pantalla principal HMI y dependen del rango de medida de los vacuómetros..

Se ha creado una estructura de datos llamada DATOS ANALÓGICAS DB18, desde la cual se puede leer y escribir las variables correspondientes a los vacuómetros.

Segmento 1: VACUOMETRO 1



Segmento 2: VACUOMETRO 2

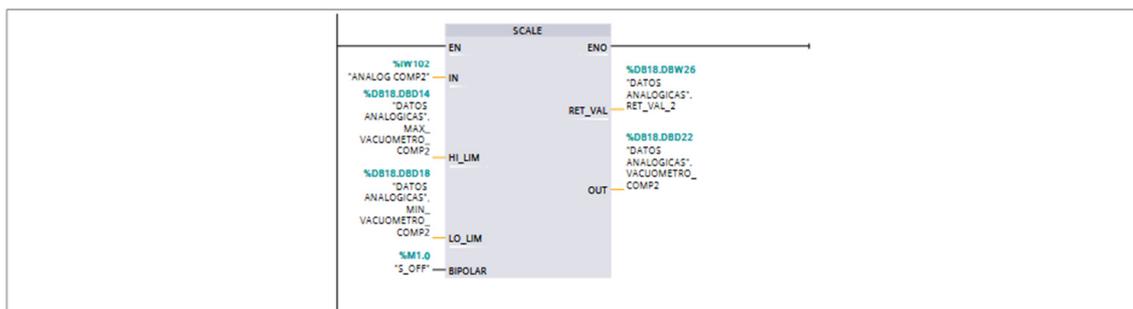


Ilustración 31. Bloque Scale señales analógicas

BLOQUE GESTIÓN AUTOMÁTICO

Este bloque de programa contiene los siguientes partes que definen el funcionamiento de la instalación:

1. **FUNCIONAMIENTO AUTOMÁTICO:** Llamadas a dos bloques de programa que contienen la lógica de las dos secuencias del funcionamiento automático de la instalación. Cada secuencia corresponde al llenado de cada uno de los dos silos intermedios.
2. **PARÁMETROS FUNCIONAMIENTO AUTOMÁTICO:** Instrucciones que definen los parámetros de entrada de los bloques de funcionamiento automático y selecciona cuál de las dos secuencias automáticas posibles se ha de ejecutar.
3. **ALTERNANCIA COMPRESORES:** Programa que describe la alternancia en el funcionamiento de los compresores por horas de funcionamiento
4. **PRIORIDADES SILOS EXTERIORES:** Programa que contiene la lógica de prioridades de vaciado de los silos exteriores.

FUNCIONAMIENTO AUTOMÁTICO

Estos son los dos bloques de programa que contienen la lógica de las dos secuencias del funcionamiento automático de la instalación. *Llenado silo intermedio CF1 (FB4)* y *Llenado silo intermedio CF2 (FB5)*.

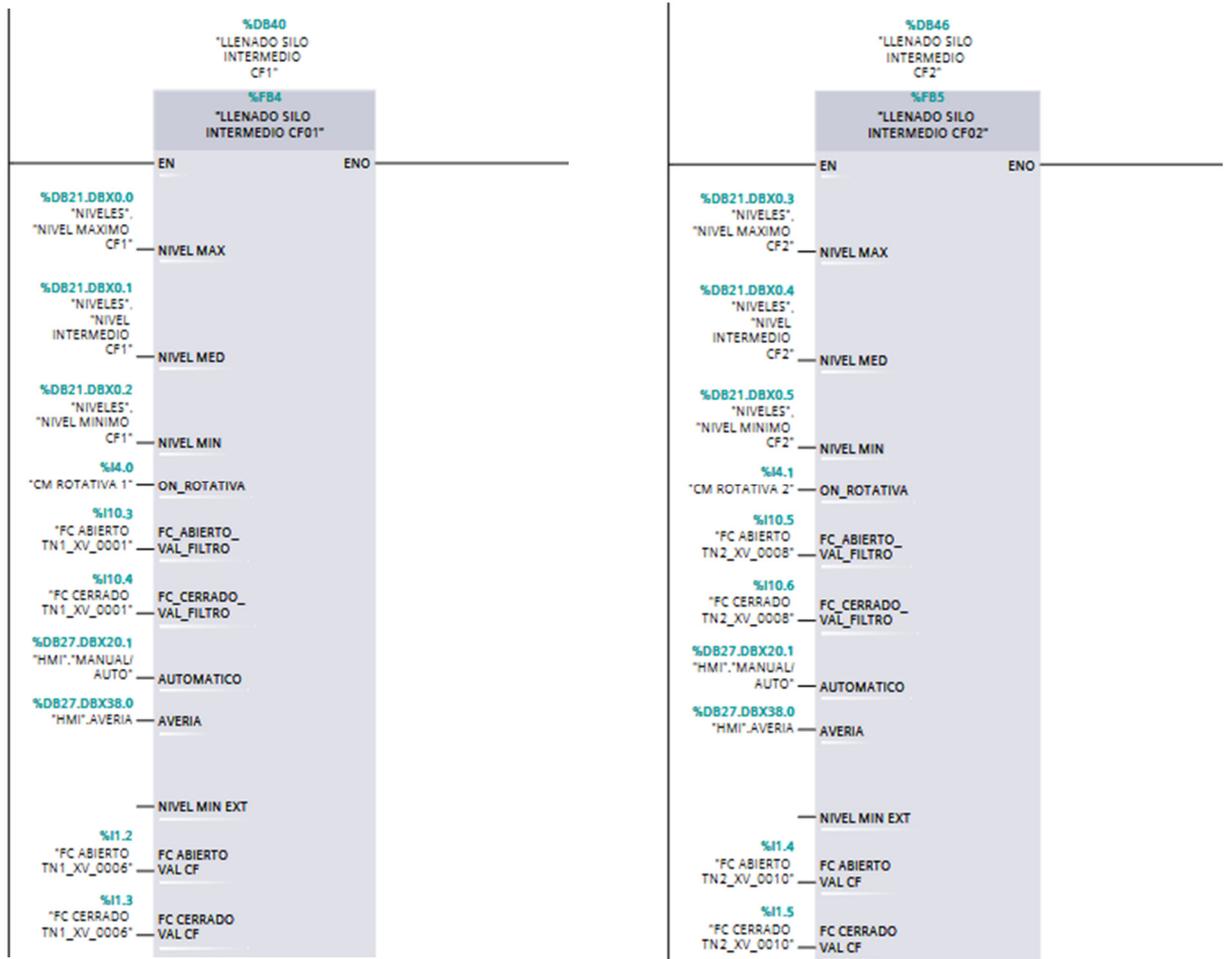


Ilustración 32. Bloques de secuencias automáticas

Variables de E/S del bloque funcionamiento automático (*Llenado silo intermedio CF1 o CF2*)

- EN: Habilitación del bloque
- NIVEL_MAX: Sensor de nivel máximo del silo intermedio
- NIVEL_MED: Sensor de nivel medio del silo intermedio
- NIVEL_MIN: Sensor de nivel mínimo del silo intermedio
- ON_ROTATIVA: Señal que indica que la rotativa está en funcionamiento
- FC_ABIERTO_VAL_FILTRO: Sensor Final de Carrera abierto de la válvula de limpieza
- FC_CERRADO_VAL_FILTRO: Sensor Final de Carrera cerrado de la válvula de limpieza
- AUTOMÁTICO: Modo de funcionamiento seleccionado desde HMI
- AVERÍA: Señal de avería en la instalación
- NIVEL_MIN_EXT: No utilizada
- FC_ABIERTO_VAL_CF: Sensor Final de Carrera abierto de la válvula del silo intermedio.
- FC_CERRADO_VAL_CF: Sensor Final de Carrera cerrado de la válvula del silo intermedio.

PROGRAMA BLOQUE FUNCIONAMIENTO AUTOMÁTICO

Como ya se mencionó anteriormente esta sección de código contiene la lógica de las secuencias de funcionamiento de llenado de los silos intermedios.

Para ayudar a la comprensión de estas secuencias se ha elaborado una **red de Petri** que la define.

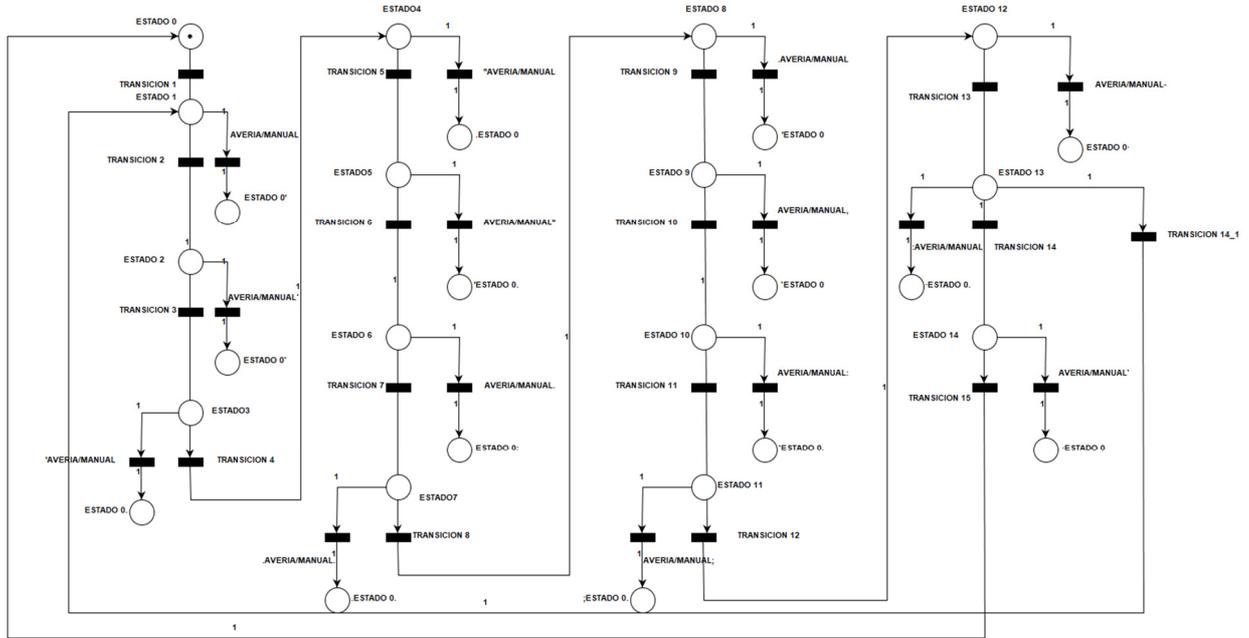


Ilustración 33. Red de Petri de la secuencia automática

Para almacenar los datos del ciclo automático se han creado dos bloques de datos correspondientes a cada silo intermedio: *LLENADO SILO INTERMEDIO CF1 (DB 40)* y *LLENADO SILO INTERMEDIO CF 2 (DB 46)*.

Los estados correspondientes a cada ciclo han sido almacenados dentro de los DB anteriores en una variable de tipo ENTERO llamada CICLO AUTOMÁTICO.

SECUENCIA DE LLENADO DEL SILO INTERMEDIO CF1

ESTADO 0: Estado de reposo en el que se encuentra en caso de **avería**, selección de funcionamiento **manual**, está en funcionamiento el ciclo de llenado del otro silo intermedio (*silo intermedio CF2*) o el silo intermedio ya está lleno.

TRANSICIÓN 1: Señal de NIVEL MEDIO del silo intermedio = 0. Esta condición implica que el silo intermedio se está quedando sin material y por lo tanto se requiere de un ciclo de llenado. También se tiene que cumplir que los silos exteriores no estén fuera de servicio, que el ciclo automático del otro silo intermedio no esté en funcionamiento y que el modo de funcionamiento sea automático.

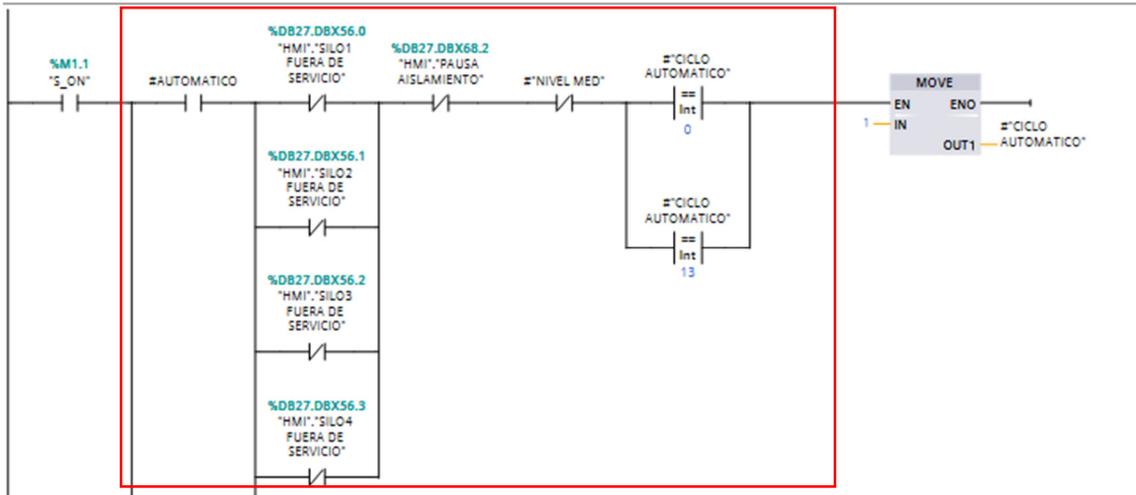


Ilustración 34. Transición 1

ESTADO 1: Cerrar la válvula de filtrado de limpieza.

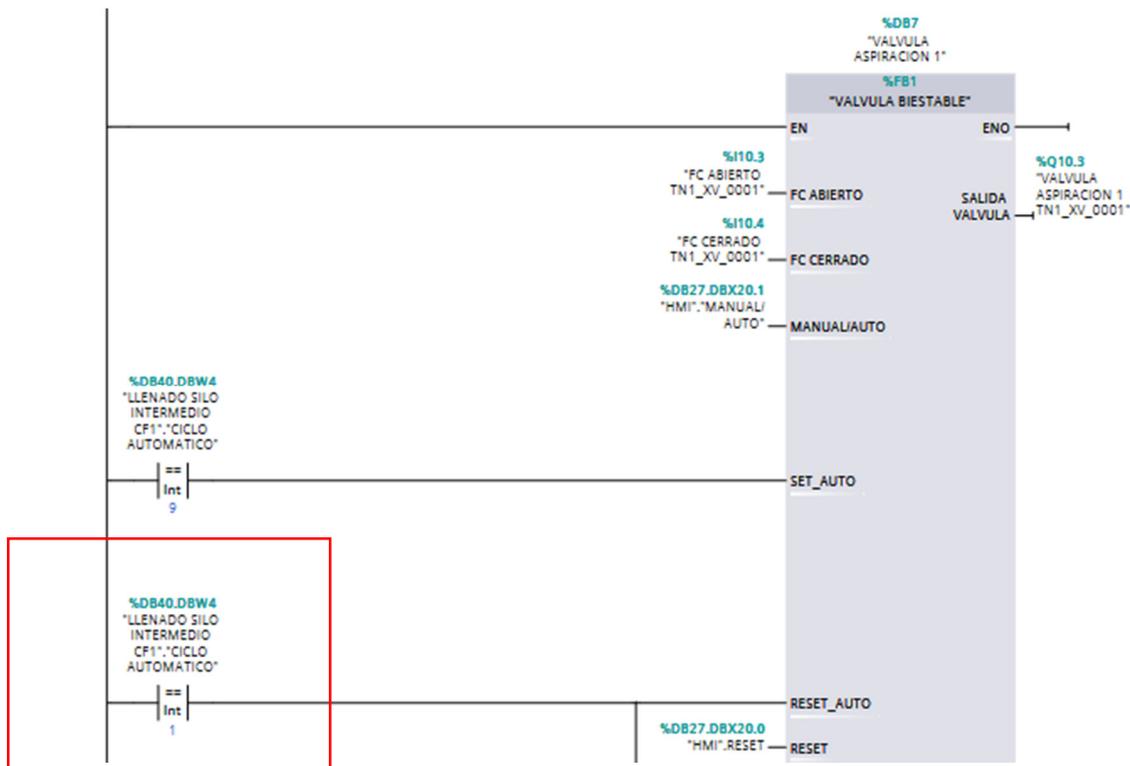


Ilustración 35. Estado 1

TRANSICIÓN 2: El sensor final de carrera de válvula de filtrado de limpieza indica que esta ha sido cerrada.

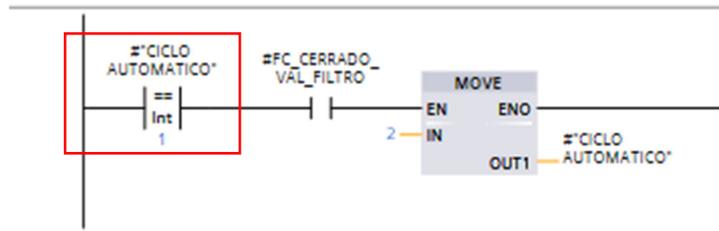


Ilustración 36. Transición 2

ESTADO 2: Abrir la válvula de silo intermedio y esperar a que se abra.

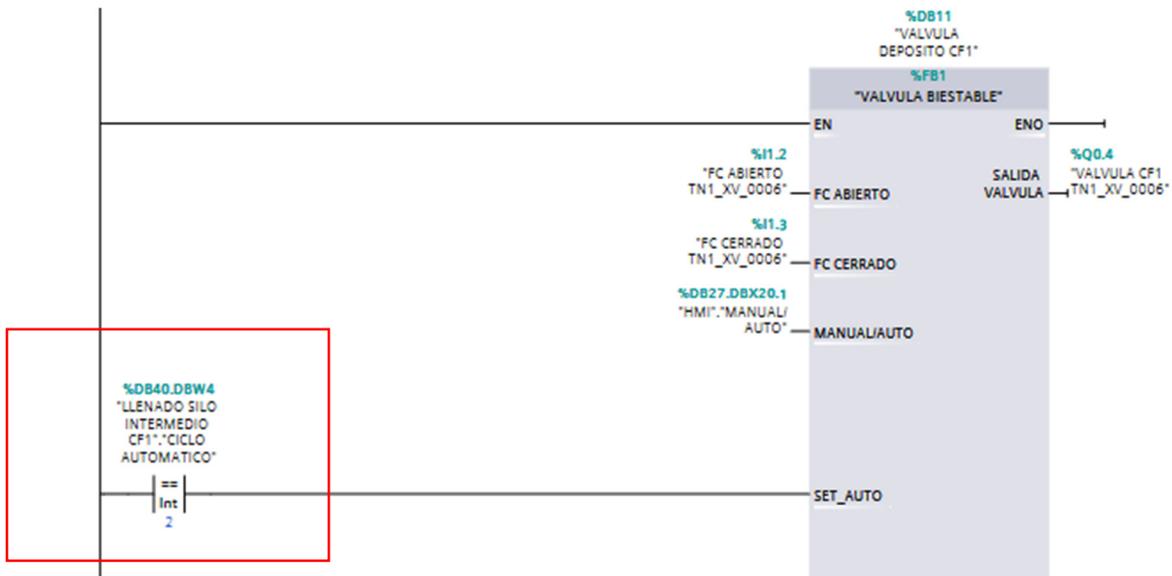


Ilustración 37. Estado 2

TRANSICIÓN 3: El sensor final de carrera de válvula del silo intermedio indica que esta ha sido abierta.

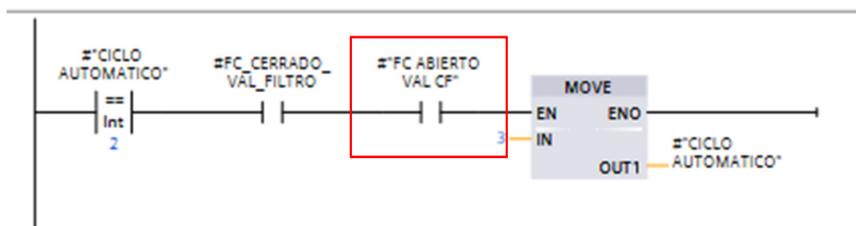


Ilustración 38. Transición 3

ESTADO 3: Abrir la válvula de manguito de descarga del silo exterior y esperar a que se abra.

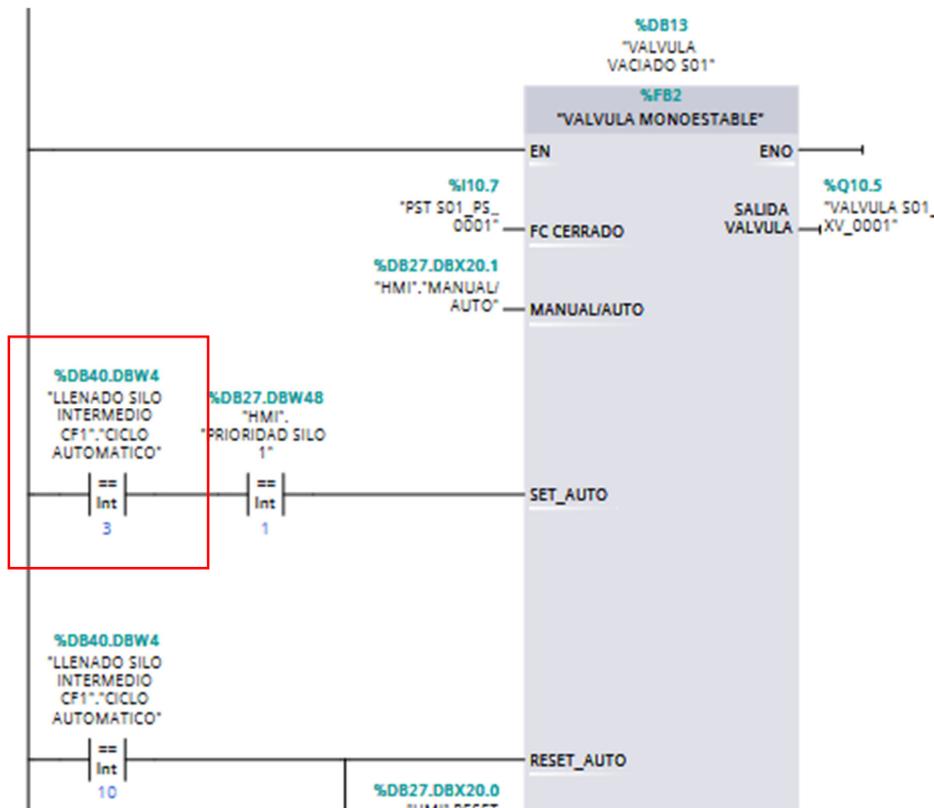


Ilustración 39. Estado 3

TRANSICIÓN 4: El presostato de la válvula de manguito de descarga indica que esta ha sido abierta.

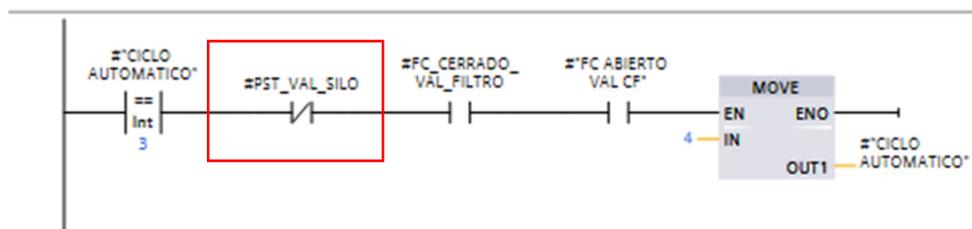


Ilustración 40. Transición 4

ESTADO 4: Abrir la válvula del compresor y esperar a que se abra.

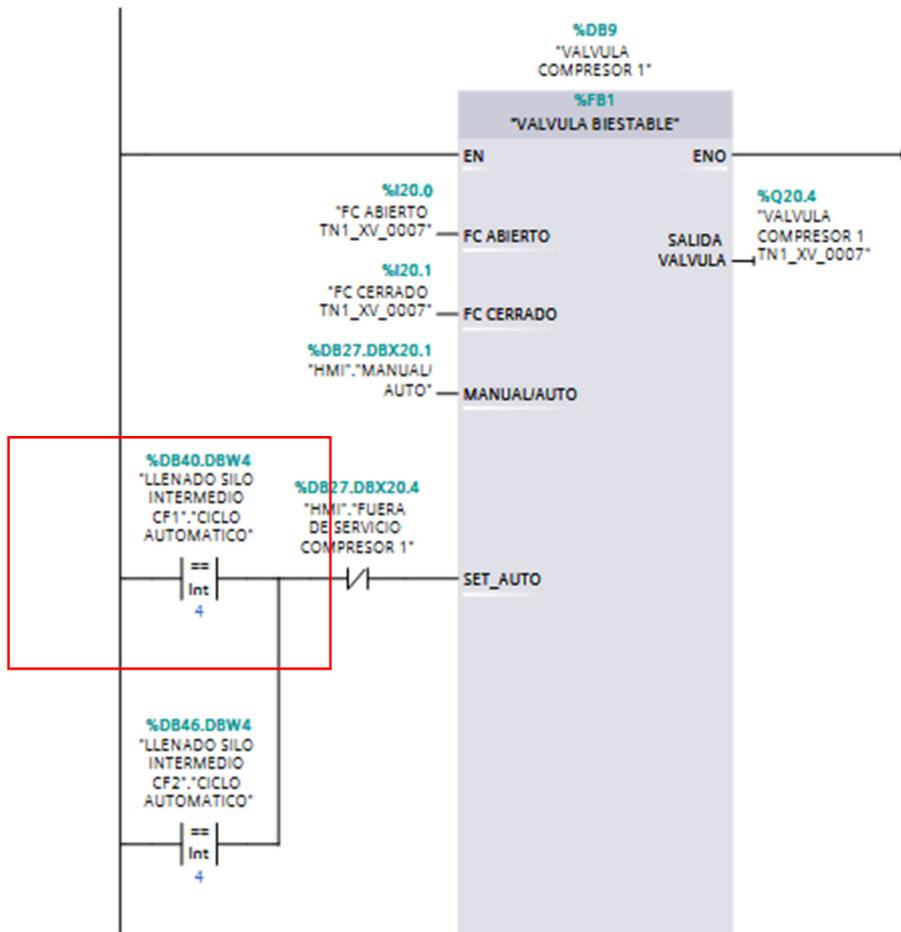


Ilustración 41. Estado 4

TRANSICIÓN 5: El sensor final de carrera de válvula del compresor indica que esta ha sido abierta.



Ilustración 42. Transición 5

ESTADO 5: Poner en marcha compresor y esperar a que esté en funcionamiento

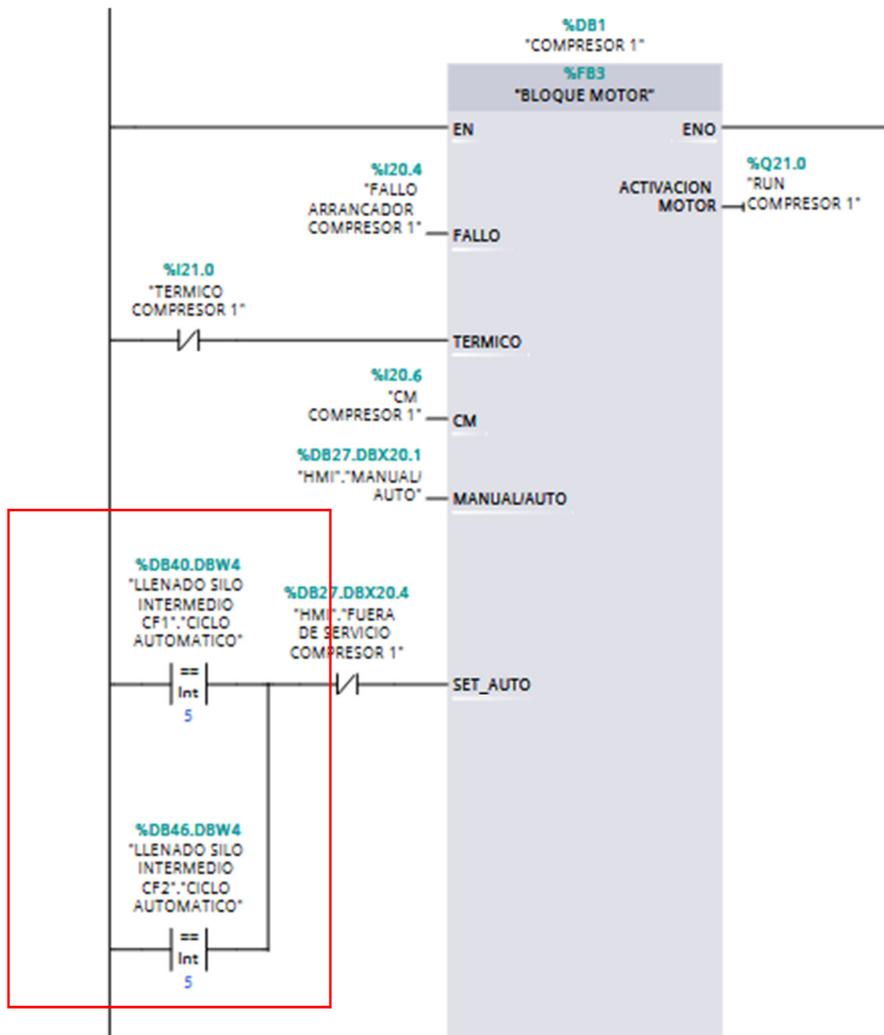


Ilustración 43. Estado 5

TRANSICIÓN 6: La señal digital indica que el compresor está en funcionamiento.

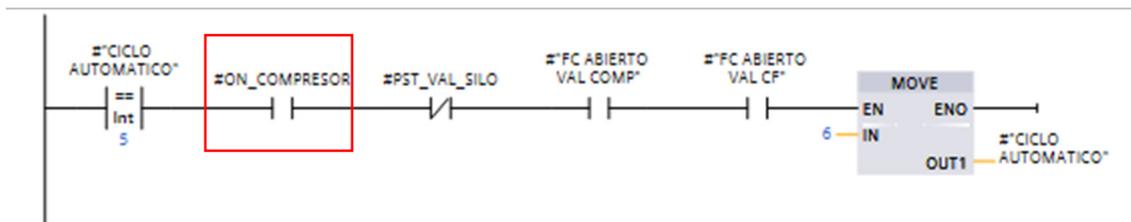


Ilustración 44. Transición 6

ESTADO 6: Esperar lectura del vacuómetro.

TRANSICIÓN 7: El vacuómetro del compresor indica que hay suficiente presión para poder transportar material. Para ello se compara la señal real del vacuómetro con un valor de referencia.

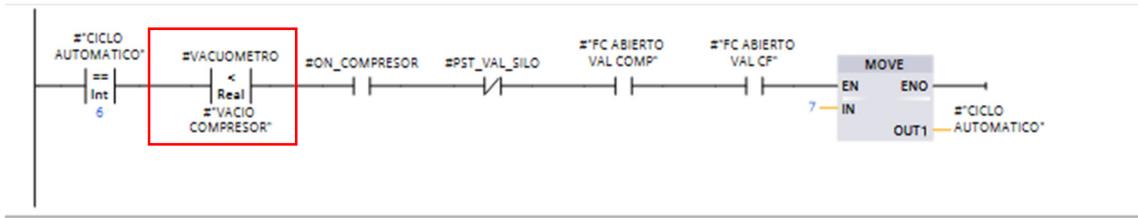


Ilustración 45. Transición 7

ESTADO 7: Poner en marcha el motor rotativo.

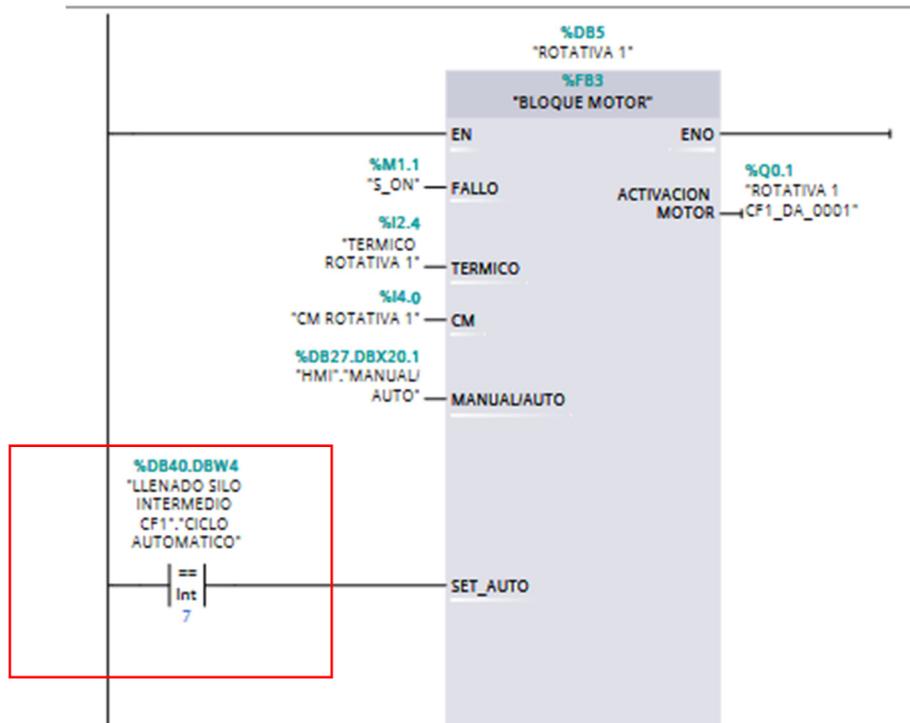


Ilustración 46. Estado 7

TRANSICIÓN 8 La señal digital indica que el motor rotativo está en funcionamiento

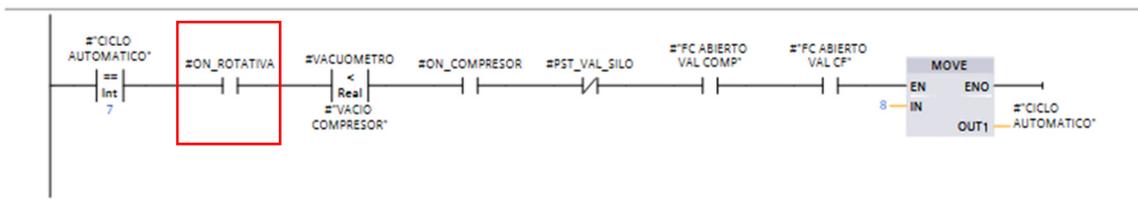


Ilustración 47. Transición 8

ESTADO 8: En estado momento el transporte se esta produciendo, hay que esperar el llenado del silo intermedio.

TRANSICIÓN 9: El sensor de NIVEL MÁXIMO del silo intermedio nos indica que se ha llegado al nivel máximo y por lo tanto ya está lleno, o hay un pulso que indica que el silo exterior está vacío.

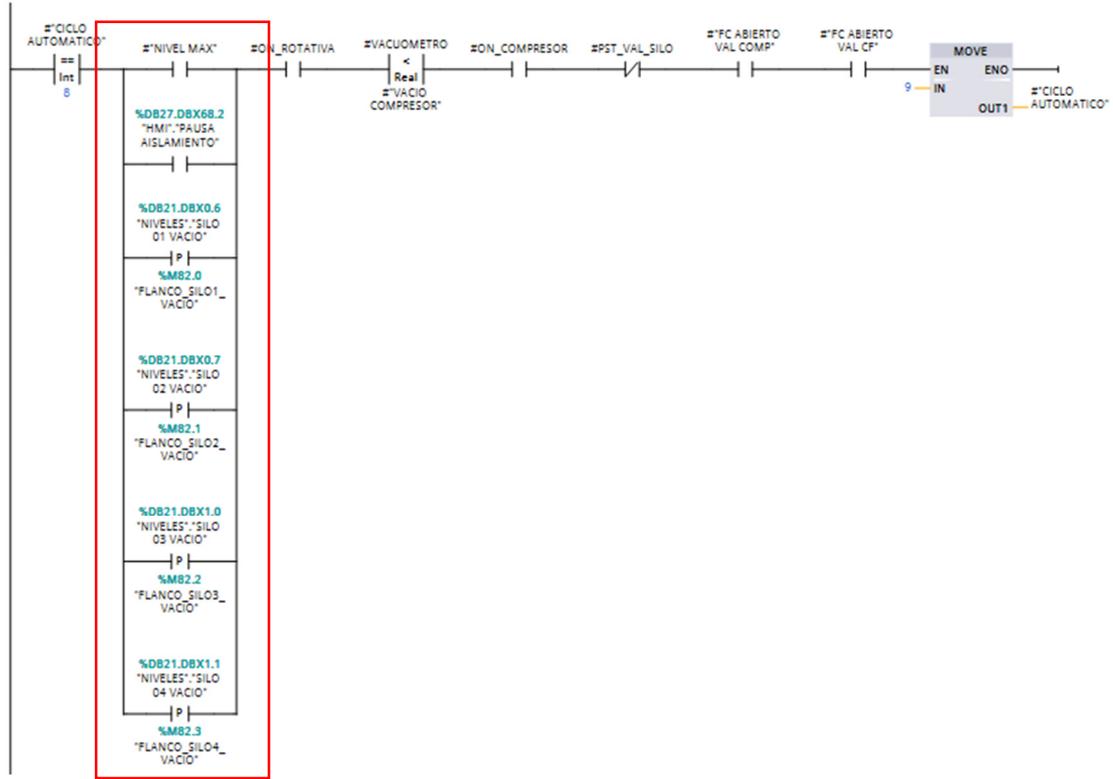


Ilustración 48. Transición 9

ESTADO 9: Abrir la válvula de filtrado de limpieza. De esta manera se fuerza el paso de aire por el circuito, para eliminar cualquier resto de producto.

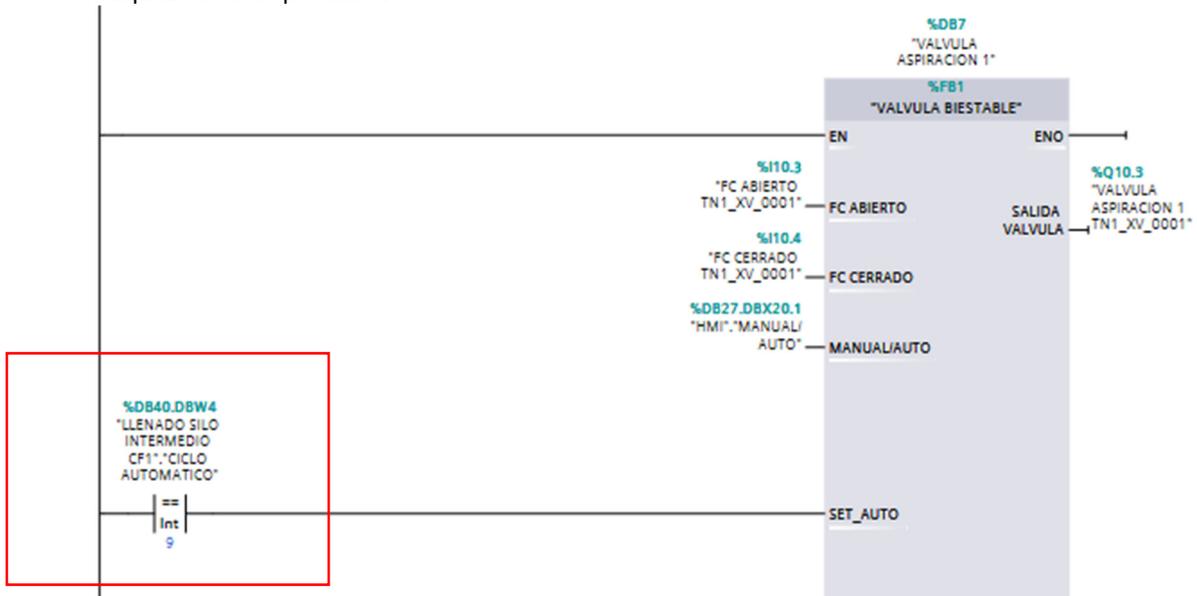


Ilustración 49. Estado 9

TRANSICIÓN 10: El sensor final de carrera de válvula de filtrado de limpieza indica que esta ha sido abierta.

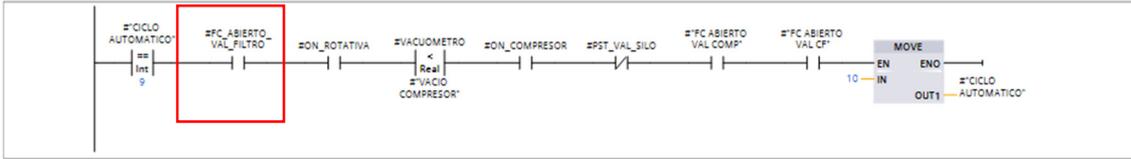


Ilustración 50. Transición 10

ESTADO 10: Cerrar la válvula de manguito de descarga del silo exterior y esperar a que se cierre.

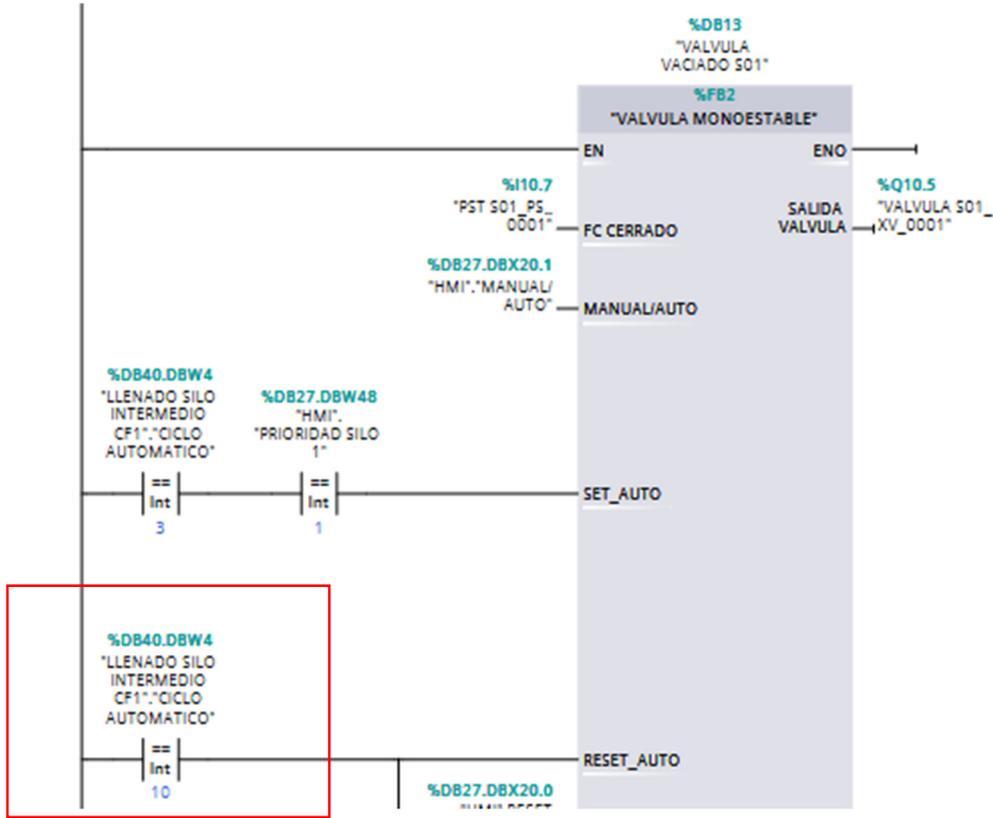


Ilustración 51. Estado 10

TRANSICIÓN 11: El presostato de la válvula de manguito de descarga indica que esta ha sido cerrada.

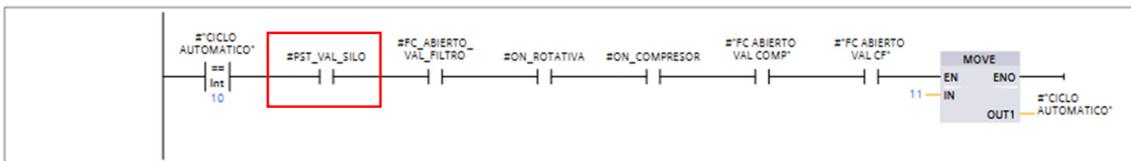


Ilustración 52. Transición 11

ESTADO 11: Esperar tiempo de limpieza

TRANSICIÓN 12: Ha transcurrido los 20 segundos que dura el ciclo de limpieza.

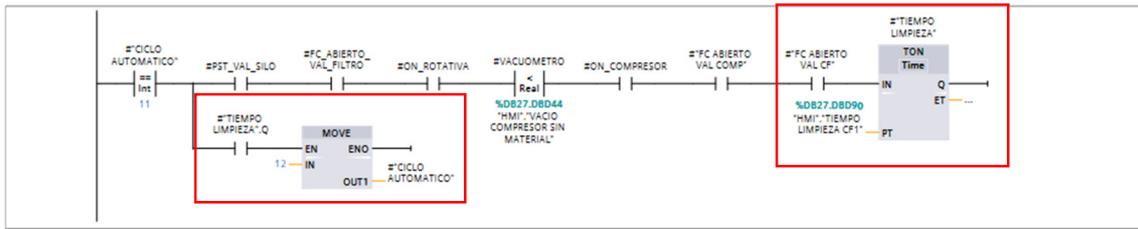


Ilustración 53. Transición 12

ESTADO 12: Parar motor rotativo

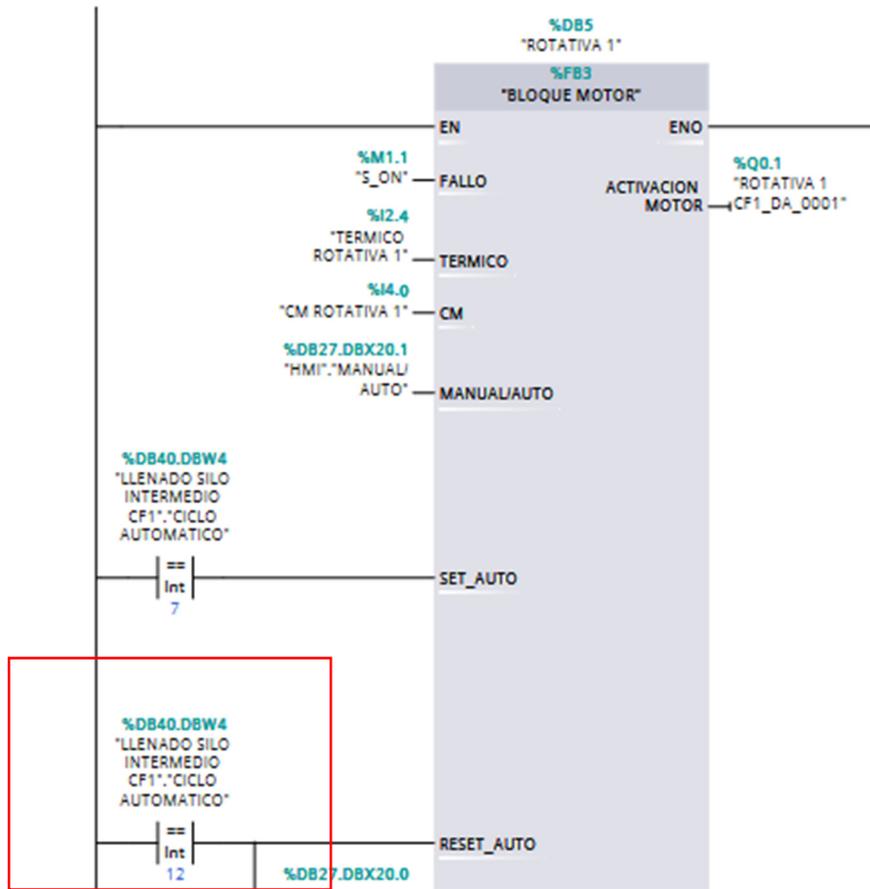


Ilustración 54. Estado 12

TRANSICIÓN 13: La señal digital indica que el motor rotativo no está en funcionamiento.

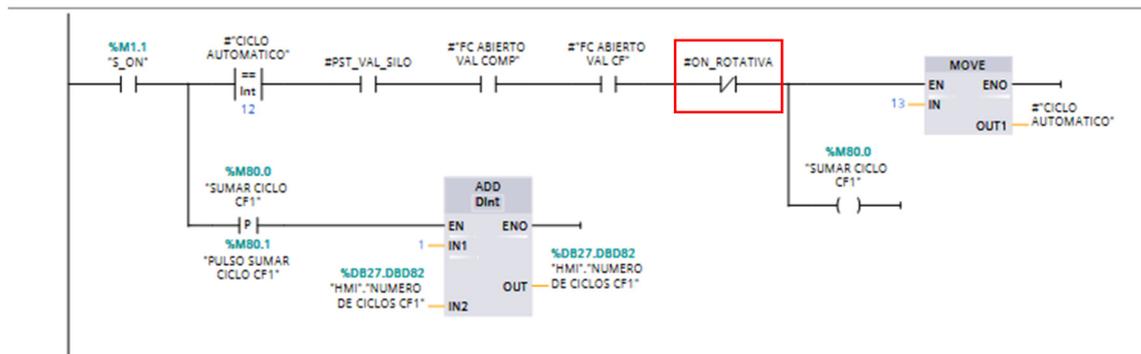


Ilustración 55. Transición 13

ESTADO 13: Esperar otro ciclo de llenado mientras el compresor sigue encendido.

TRANSICIÓN 14: Se ha superado el tiempo de espera de otro ciclo.

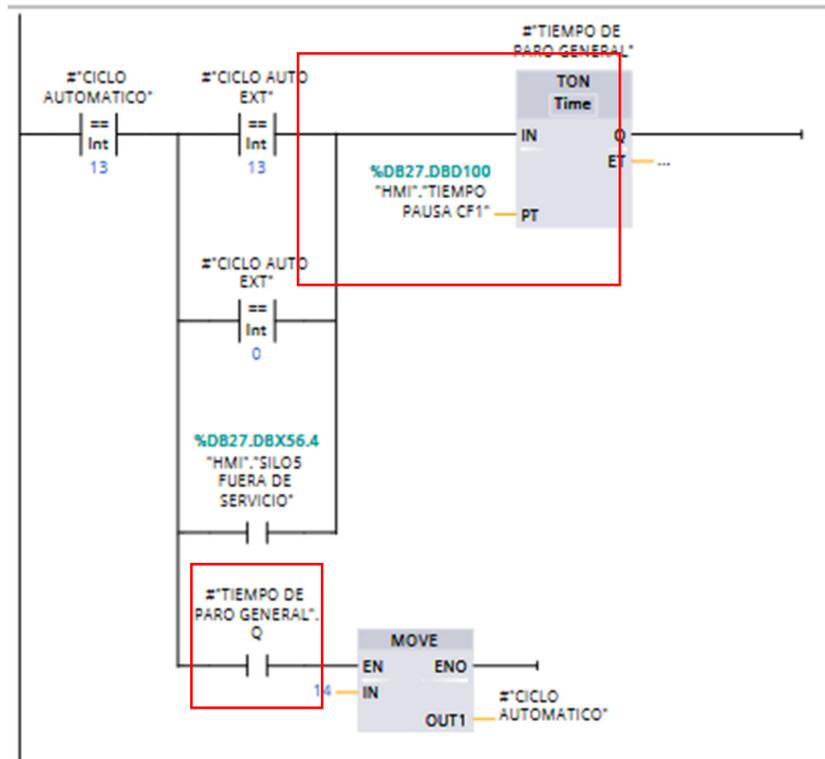


Ilustración 56. Transición 14

TRANSICIÓN 14_1: Señal de NIVEL MEDIO del silo intermedio = 0. Esta condición implica que el silo intermedio se está quedando sin material y por lo tanto se requiere de un ciclo de llenado. También se tiene que cumplir que los silos exteriores no estén fuera de servicio, que el ciclo automático de llenado de otro silo intermedio no esté en funcionamiento y que el modo de funcionamiento sea automático.

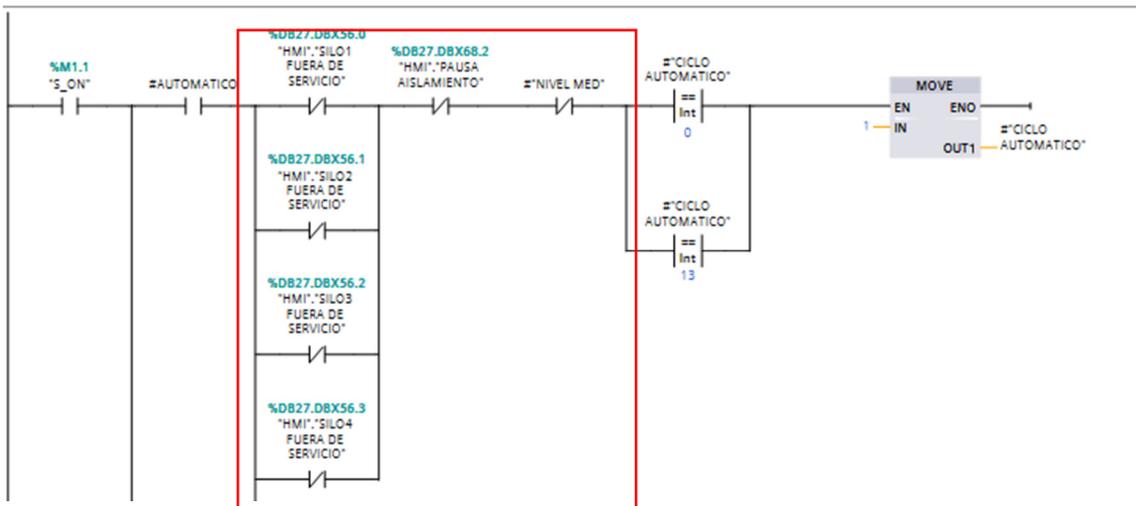


Ilustración 57. Transición 14_1

ESTADO 14: Parar compresor.

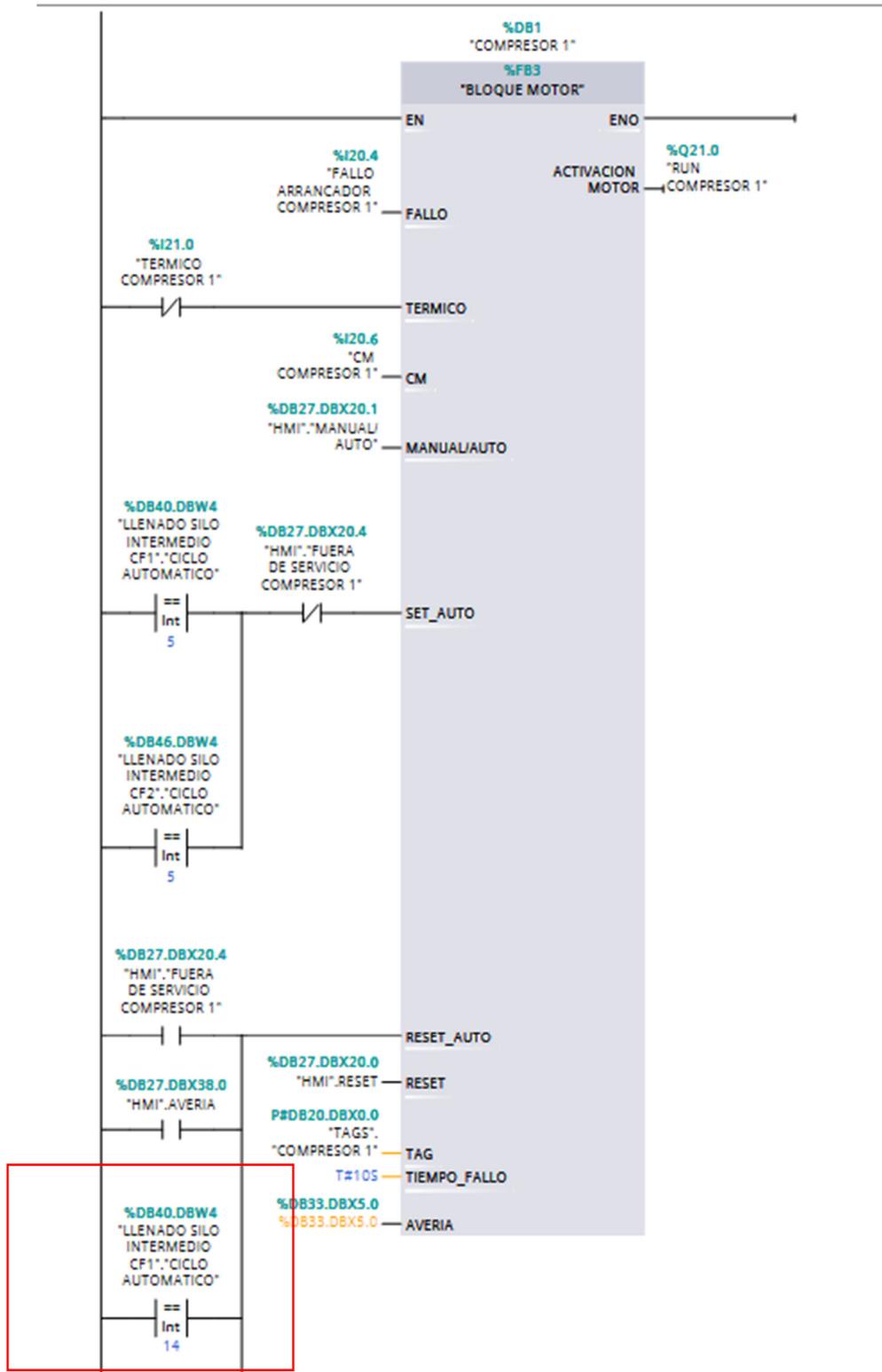


Ilustración 58. Estado 14

TRANSICIÓN 15: La señal digital que indica que el compresor no está en funcionamiento

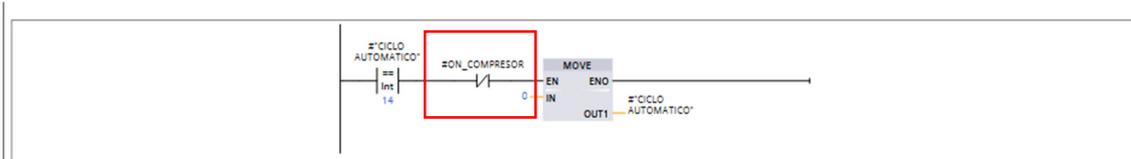


Ilustración 59. Transición 15

TRANSICIÓN DE AVERÍA o MANUAL: La secuencia automática se pone en estado de reposo (estado 0) en caso de que haya AVERÍA o se cambie el modo de funcionamiento a MANUAL

ALTERNANCIA DE FUNCIONAMIENTO DE LOS COMPRESORES

Para gestionar las horas de funcionamiento de cada compresor se ha programado una función en lenguaje estructurado (SCL) que cuenta las horas cada vez que uno de los compresores se pone en marcha. Estas instrucciones solo son válidas para activar el compresor en modo automático. En caso de que se seleccione modo manual, los compresores funcionarían a voluntad del operador.

Una vez se han alcanzado las horas máximas de funcionamiento del compresor, se inhabilita el compresor que estaba en funcionamiento, se resetean las horas de funcionamiento y se habilita el compresor que estaba inhabilitado.

Se ha programado una lógica que garantiza que siempre va estar uno de los dos compresores en funcionamiento y nunca los dos apagados o los dos en funcionamiento.

En caso de que un compresor supere sus horas de funcionamiento durante la secuencia de llenado, para garantizar que no se pare el transporte, este no se deshabilitará hasta que la secuencia se encuentre en estado de reposo.

Desde la pantalla HMI se puede anular la alternancia horaria de los compresores y siempre estará funcionando el compresor que se haya seleccionado por pantalla.

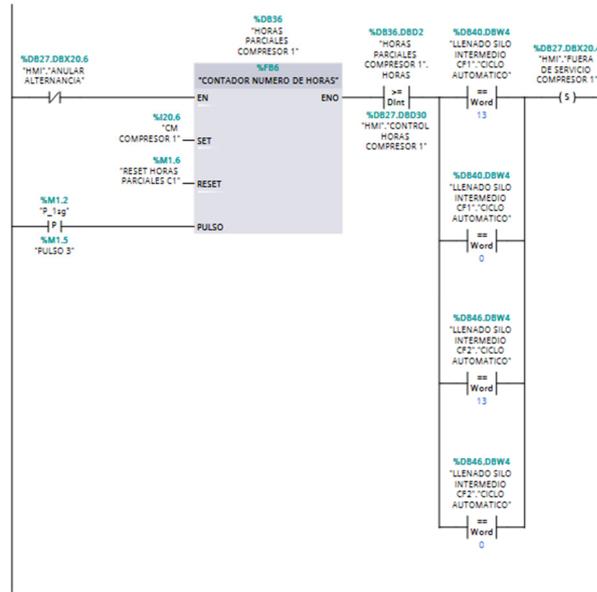


Ilustración 60. Contador horas de funcionamiento

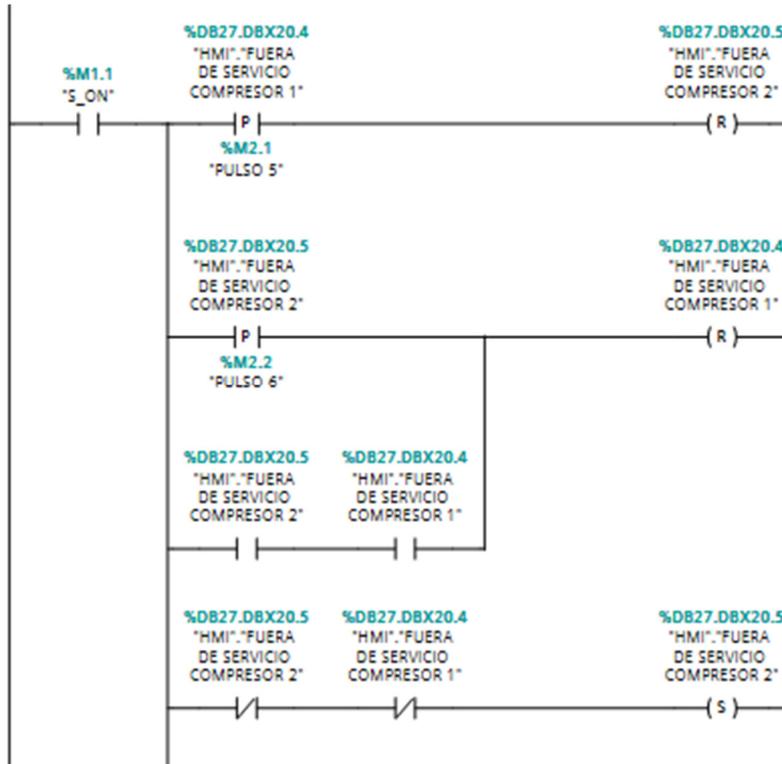


Ilustración 61. Condiciones fuera de servicio compresores

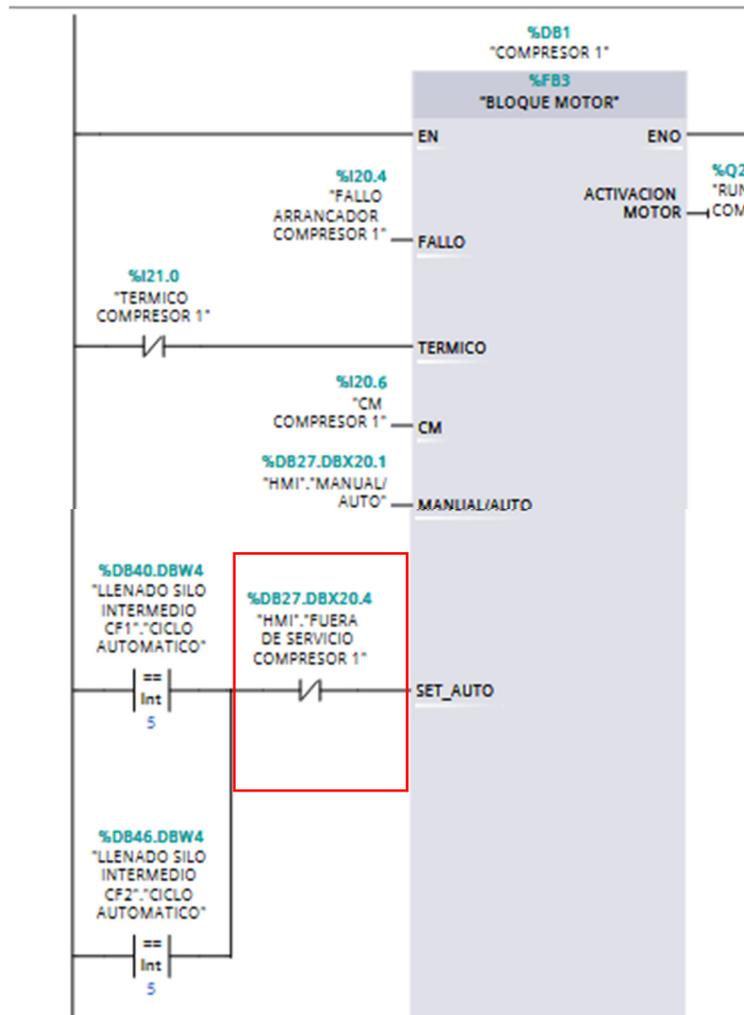


Ilustración 62. Condiciones de activación compresores

BLOQUE DE ALARMAS

Para la gestión de las alarmas se ha creado un bloque de datos, *ALARMAS (DB33)* donde se escriben los posibles bits de fallo de la instalación. La operación de escritura se hace desde un bloque función llamado *BLOQUE ALARMAS (FC6)*.

El DB está formado por doce grupos de alarmas cada uno de los cuales tiene un tamaño de dos bytes. Cada uno de estos bytes se ha inicializado en cero (16#0).

ALARMAS Propiedades										
General										
Nombre	ALARMAS	Número	33	Tipo	DB	Idioma	DB			
Numeración	Automático									
Información										
Título		Autor		Comentario		Familia				
Versión	0.1	ID personalizada								
Nombre	Tipo de datos	Offset	Valor de arranque	Remanencia	Accesible desde HMI/OPC UA	Escribible desde HMI/OPC UA	Visible en HMI Engineering	Valor de ajuste	Supervisión	Comentario
▼ Static										
ALARMA BLOQUE 1	Word	0.0	16#0	True	True	True	True	False		
ALARMA BLOQUE 2	Word	2.0	16#0	True	True	True	True	False		
ALARMA BLOQUE 3	Word	4.0	16#0	True	True	True	True	False		
ALARMA BLOQUE 4	Word	6.0	16#0	True	True	True	True	False		
ALARMA BLOQUE 5	Word	8.0	16#0	True	True	True	True	False		
ALARMA BLOQUE 6	Word	10.0	16#0	True	True	True	True	False		
ALARMA BLOQUE 7	Word	12.0	16#0	True	True	True	True	False		
ALARMA BLOQUE 8	Word	14.0	16#0	True	True	True	True	False		
ALARMA BLOQUE 9	Word	16.0	16#0	True	True	True	True	False		
ALARMA BLOQUE 10	Word	18.0	16#0	True	True	True	True	False		
ALARMA BLOQUE 11	Word	20.0	16#0	True	True	True	True	False		
ALARMA BLOQUE 12	Word	22.0	16#0	True	True	True	True	False		

Ilustración 63. Bloque de alarmas

Para escribir en estos grupos de alarmas se han realizado lecturas de las entradas digitales que indican fallo de la instalación o de las señales de avería de los distintos bloques funcionales, como son los bloques motor o los bloques válvula. Si se da la señal de avería se escribirá en el bit del grupo de alarmas correspondiente.

Segmento 21: TERMICO COMPRESOR 2 3Q1



Ilustración 64. Escribir en bloque de alarmas

Para activar el bit de AVERÍA de la instalación se comprueba que cualquiera de los grupos de alarmas mencionados anteriormente no sea 0.

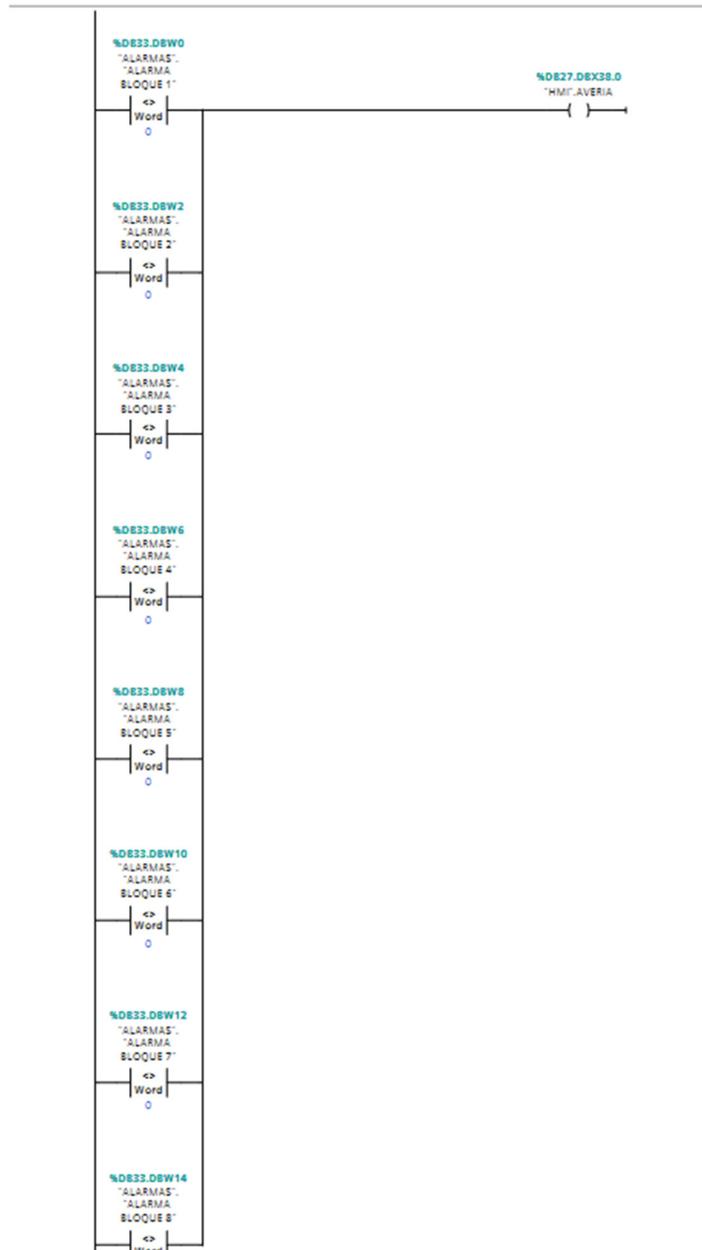


Ilustración 65. Activar bit de avería

4.4 PROGRAMA PASARELA DE COMUNICACIÓN CPU 1212C

Este es el programa que se ejecuta en el PLC secundario 1212C. La función de este programa es establecer una comunicación MODBUS TCP con el dispositivo VEGASCAN y escribir sus datos en el PLC PRINCIPAL (CPU 315-2). De esta forma se consigue que este PLC actúe de pasarela de comunicación entre el VEGASCAN y el PLC principal.

Este programa ejecuta un programa MAIN que llama a dos bloques de programación de la librería de siemens que son MB_CLIENT (comunicación MODBUS con VEGASCAN) y PUT_DB (escritura de los datos en el PLC principal). También se hace una conversión ENTERO a REAL de los datos de nivel leídos. El dato leído del registro MODBUS es un entero que representa el nivel en tanto por ciento.

Por ejemplo, si el nivel del silo es el 50,55 %, el dato leído en el registro MODBUS será 5055. Por lo tanto habrá que dividirlo entre 100 y convertirlo a real para que sea un dato tratable por nuestro PLC principal.

4.4.1 COMUNICACIÓN MODBUS TCP

Descripción

Para realizar la comunicación MODBUS-TCP entre la CPU 1212C y el VEGASCAN, en el programa se llama y se parametrizan la instrucción "MB_CLIENT"

La instrucción "MB_CLIENT" comunica como cliente MODBUS TCP a través de un enlace PROFINET de la CPU S7-1200. Para poder utilizar la instrucción no se necesita ningún módulo hardware adicional. Con ayuda de la instrucción "MB_CLIENT" se crea un enlace entre el cliente y el servidor, se envían tareas, se reciben respuestas y se controla la desconexión del enlace del servidor Modbus TCP, en nuestro caso el dispositivo VEGASCAN.

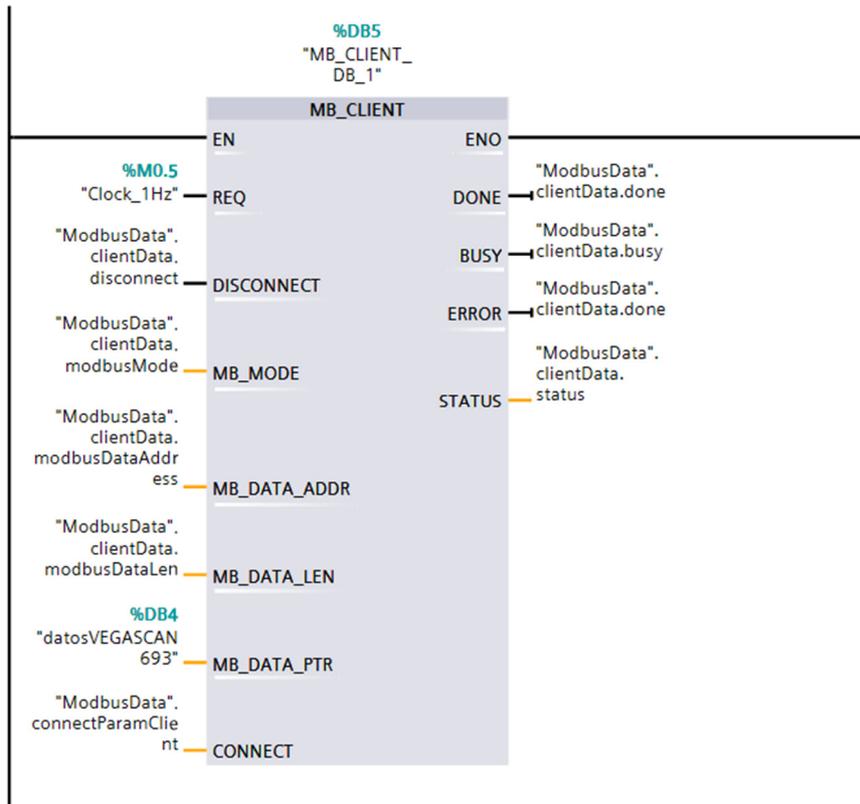


Ilustración 66. Bloque MB_CLIENT

PARÁMETROS DE ENTRADA

- *EN*: Habilitación
- *REQ*: Petición MODBUS al servidor. En nuestro caso se lanzara peticiones de leer registros.
- *DISCONNECT*: Este parámetro se utiliza para establecer o deshacer la conexión con el servidor MODBUS TCP
- *MB_MODE*: Se especifica que función MODBUS se va a utilizar. En nuestro caso se va a utilizar la función de leer registros.
- *MB_DATA_ADDR*: Dirección del primer registro que va a ser leído.
- *MB_DATA_LEN*: Número de registros que se van a leer
- *MB_DATA_PTR*: Puntero al bloque de datos donde se guardan los datos de los registros leídos.
- *CONNECT*: Parámetro que contiene los datos de conexión al servidor MODBUS TCP. El parámetro de entrada tiene que ser del tipo TCON_IP_V4. Este tipo de dato contiene los datos de tipo de conexión (en nuestro caso TCP/IP), dirección IP del servidor y puerto de acceso al servidor.

4.4.2 CONVERSIÓN ENTERO A REAL

Esta es la sección de programa que convierte el dato entero leído a dato real y lo almacena en el bloque de datos de destino donde se guardan los niveles de los silos, *HMI (DB 27)*.

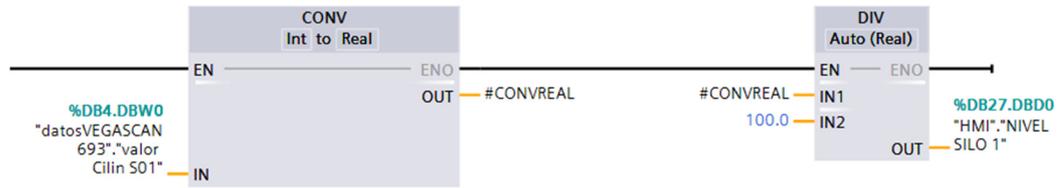


Ilustración 67. Conversión ENTERO a REAL

4.4.3 COMUNICACIÓN CON PLC PRINCIPAL

Para comunicar con el PLC principal se utilizó la instrucción PUT, que permite escribir un paquete de datos en una dirección de memoria de una CPU remota, en nuestro caso el PLC Principal.

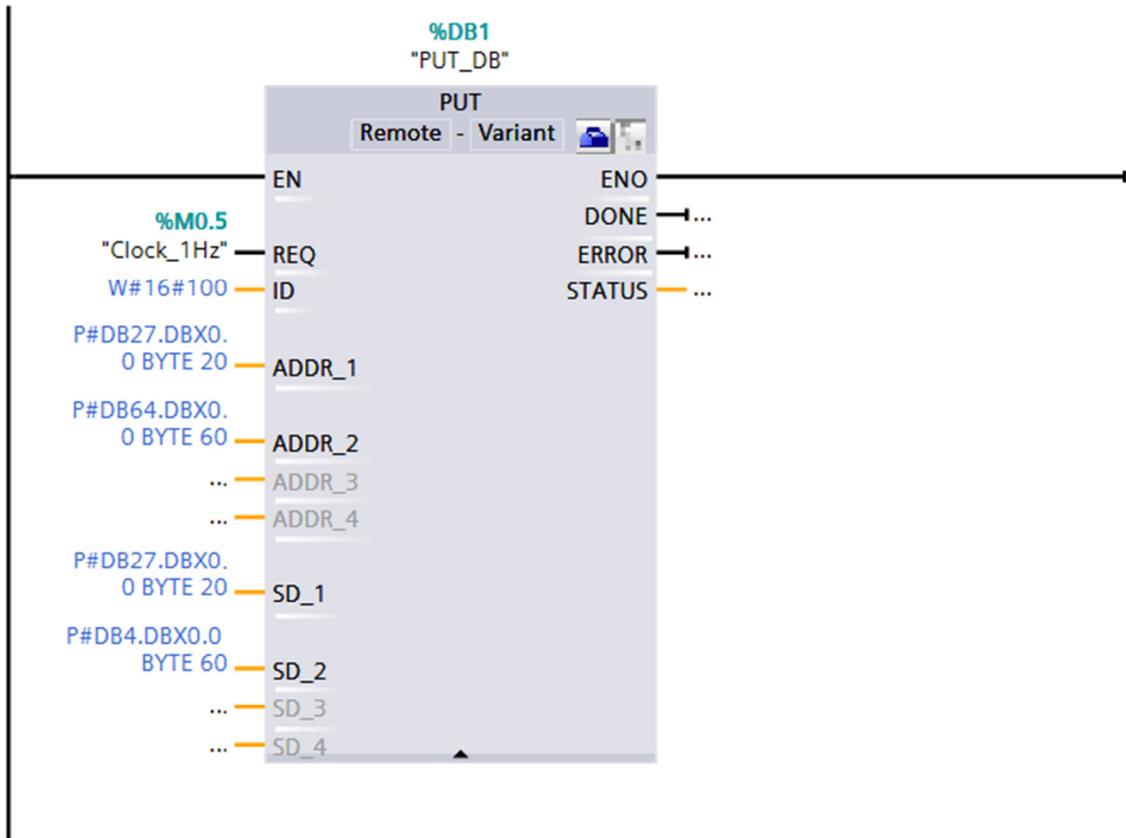


Ilustración 68. Bloque PUT_DB

PARÁMETROS DE LA INSTRUCCIÓN PUT

EN: Habilitación del bloque

REQ: Frecuencia con la que se establece comunicación.

ID: Nombre del PLC de destino

Connections		Relations	IO
name	Local end point	Local ID (hex)	
PLC_1		100	

Ilustración 69. ID del PLC

ADDR: Puntero que apunta la dirección de memoria de la CPU donde quiere escribirse el dato.

SD: Puntero que apunta a la dirección de memoria de la CPU propia que contiene los datos que se quieren enviar.

5 PROGRAMA HMI

En esta sección se describe el funcionamiento y programación de las dos pantallas HMI que hay en la instalación; Pantalla principal TP1500 Comfort y pantalla secundaria KTP 700 Basic

5.1 PANTALLA HMI PRINCIPAL

Esta pantalla es la encargada del manejo principal de la instalación, está situada en el armario principal de la instalación y se le ha dotado de un *web Server* mediante el cual se puede manejar la pantalla desde un PC que esté conectado a la red PROFINET (ETHERNET) de la instalación. Para ello se han diseñado distintas imágenes y ventanas emergentes desde las cuales se puede supervisar y manejar la instalación

- Sinóptico de la instalación
- Menú de producción
- Menú de mantenimiento
- Menú de alarmas

5.1.1 SINÓPTICO DE LA INSTALACIÓN

Esta pantalla es la pantalla de inicio de la aplicación, desde la cual se supervisa la instalación y contiene los elementos descritos a continuación.

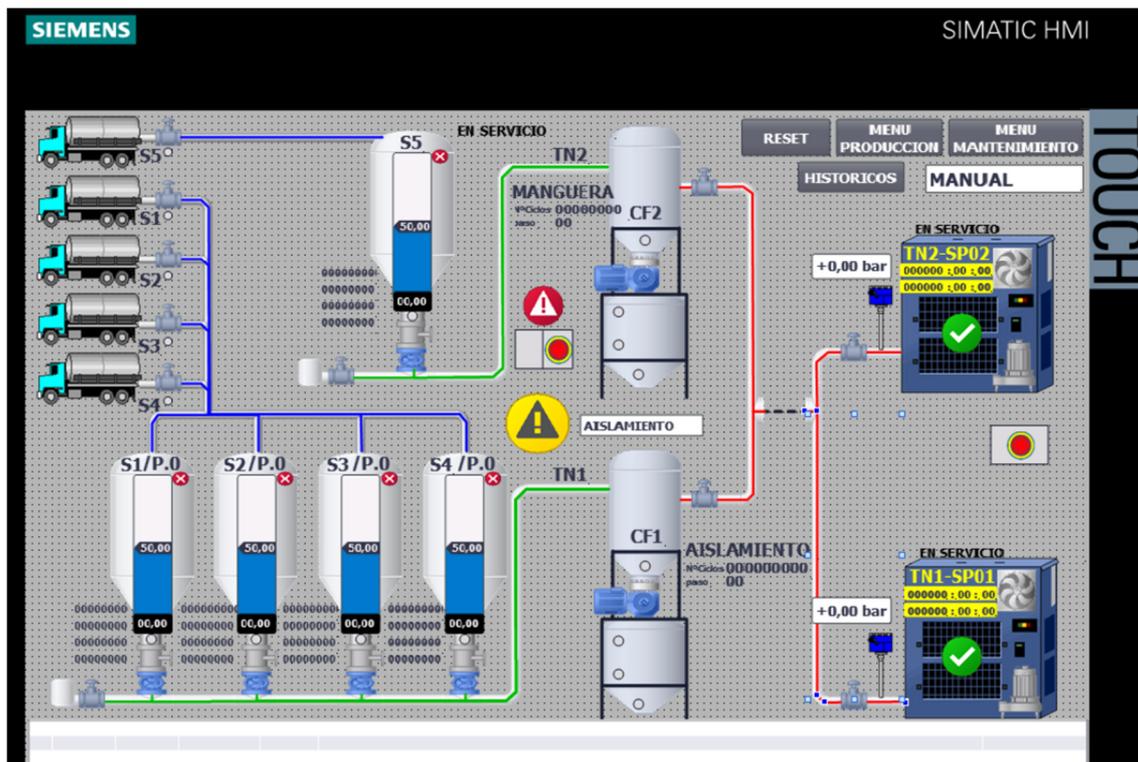


Ilustración 70. Sinóptico de la instalación

Estos son los elementos que se han desarrollado dentro de esta imagen:

- **BOTÓN MENÚ DE PRODUCCIÓN:** Botón que abre la imagen correspondiente al *menú de producción* que será detallado posteriormente. El acceso a este menú se ha protegido mediante un usuario y contraseña.
- **BOTÓN MENÚ DE MANTENIMIENTO:** Botón que abre la imagen correspondiente al *menú de mantenimiento* que será detallado posteriormente. El acceso a este menú se ha protegido mediante un usuario y contraseña.
- **BOTÓN DE RESET:** Botón que desde el que hacer un pulso en el bit de Reset de la instalación
- **CAMPO DE SALIDA AUTOMÁTICO/MANUAL:** Este campo nos indica el modo de funcionamiento de la instalación.
- **COMPRESORES:** Cada uno de los compresores lleva dos campos de Salida de datos desde el que visualizar las horas que lleva en funcionamiento y las horas que tiene programadas de funcionamiento, así como un campo de salida que indica la presión de vacío que están ejerciendo. El dibujo de compresor también se ha dotado de un símbolo (Tic verde) que nos indica si el compresor está en servicio. También tiene dos símbolos de ventilador y motor que al pulsar abrirán una ventana emergente desde la cual manejar en modo manual estos motores. A su vez estos motores cambian de color entre verde y rojo en función de si están o no encendidos.
- **SILOS INTERMEDIOS:** Cada uno de los silos intermedios están dotado de cuatro símbolos circulares que indican su nivel variando su color (Rojo no detecta material y Verde sí que detecta). También tiene un símbolo del motor rotativo que al pulsar abrirá una ventana emergente desde la cual manejar en modo manual estos motores. A su vez estos motores cambian de color entre verde y rojo en función de si están o no encendidos. También se ha añadido un campo de salida que indica el número de ciclos de llenado que ha realizado cada silo intermedio.
- **SILOS EXTERIORES:** Cada uno de los silos se ha dotado con una barra de nivel que indica su nivel de material real. A su vez se han añadido campos de salida desde los cuales se visualiza que prioridad de llenado tiene cada silo y un símbolo de advertencia (aspa roja) en caso de que este desactivado. También se han añadido varios campos de salida desde los cuales se visualizan los distintos datos acerca del material que tiene el silo, que son introducidos manualmente por los empleados desde el menú de producción.
- **ANIMACIÓN DE LOS TUBOS DE VACÍO:** Se ha dinamizado con colores el transporte de material. Para la carga de material se han dinamizado sus posibles recorridos de color azul en función del estado de carga de los silos exteriores. Para el transporte de material a los silos exteriores se han dinamizado los posibles recorridos en color verde en función del estado de las válvulas de descarga de material. Para indicar el estado del circuito de vacío desde los silos intermedios hasta los compresores se han dinamizado los posibles recorridos en color verde en función del estado de las válvulas de aire de los silos intermedios y de las válvulas de aire de los compresores.
- **VÁLVULAS:** Cada una de las válvulas del sinóptico tiene una animación por color que en caso de estar abierta se pone de color verde y rojo si está cerrada. Si se pulsa en una de las válvulas se abrirá su ventana emergente desde la cual proceder a su manejo manual.
- **ADVERTENCIAS:** Se ha dotado a la pantalla de símbolos (TRIANGULO AMARILLO) que activan su visualización en función del BIT de avería del sistema.
- **VISUALIZACIÓN DE ALARMAS:** Se ha creado un fichero de avisos que se representa en el campo de registro de avisos en la parte inferior de la pantalla en caso de que hubiera alarmas.

5.1.2 MENÚ DE PRODUCCIÓN

Desde esta imagen se parametriza la producción y se configura el sistema.

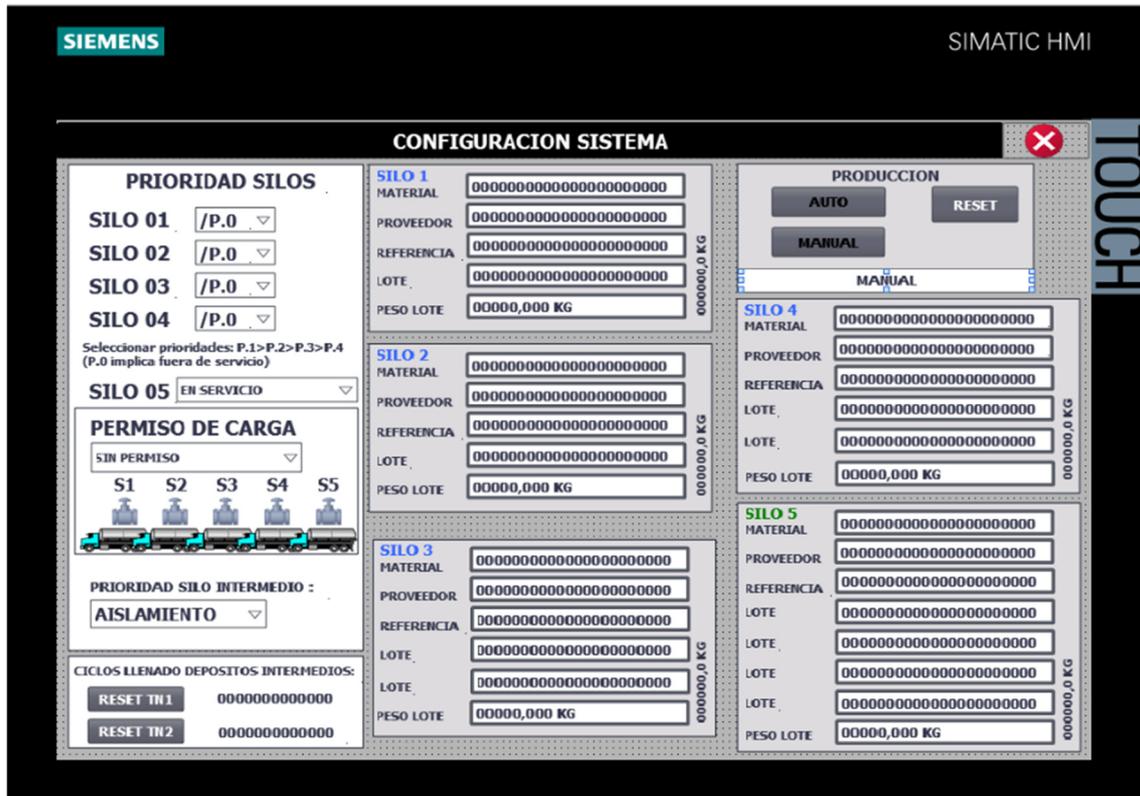


Ilustración 71. Menú de producción

Estos son los elementos que se han desarrollado dentro de esta imagen:

- **BOTÓN DE AUTO Y MANUAL:** Estos dos botones actúan sobre el bit que define el modo manual o automático de la instalación. Se ha añadido un campo de salida que indica que modo de funcionamiento está activado.
- **BOTÓN DE RESET:** Botón que desde el que hacer un pulso en el bit de Reset de la instalación.
- **PRIORIDADES DE LOS SILOS:** Campos de entrada desde el cual asignar la prioridad de cada silo o deshabilitarlo (PRIORIDAD 0).
- **HABILITACIÓN DEL SILO 5:** Campo de entrada desde el cual se habilita o deshabilita el silo5
- **PERMISOS DE CARGA:** Campo de entrada desde el cual habilitar el bit de permiso de carga de cada silo exterior.
- **VÁLVULAS DE CARGA:** Pulsando en cada una de las válvulas se abrirá su ventana emergente que permite su manejo manual.
- **PRIORIDAD DE SILO INTERMEDIO:** Desde este campo de entrada se selecciona que ciclo automático se quiere realizar, *llenado del silo intermedio CF1 (AISLAMIENTO)* o *llenado del silo intermedio CF2 (MANGUERA)*.
- **BOTONES DE RESET CICLOS:** Botón que resetea el número de ciclos de llenado de cada silo intermedio.
- **CAMPOS DE ENTRADA DE SILOS EXTERIORES:** Estos son campos rellenos los por los operarios de producción cuya unica función es sindicaliva.
- **VISUALIZACIÓN DE ALARMAS:** Se ha creado un fichero de avisos ,que se representa en el campo de registro de avisos, en la parte inferior de la pantalla, en caso de que hubiera alarmas.

5.1.3 MENÚ MANTENIMIENTO

Desde este menú se parametrizan los datos horarios de funcionamiento de los compresores y además contiene los parámetros de configuración de prioridad silos, permisos de carga y selección de ciclo de llenado detallados en el menú de producción.

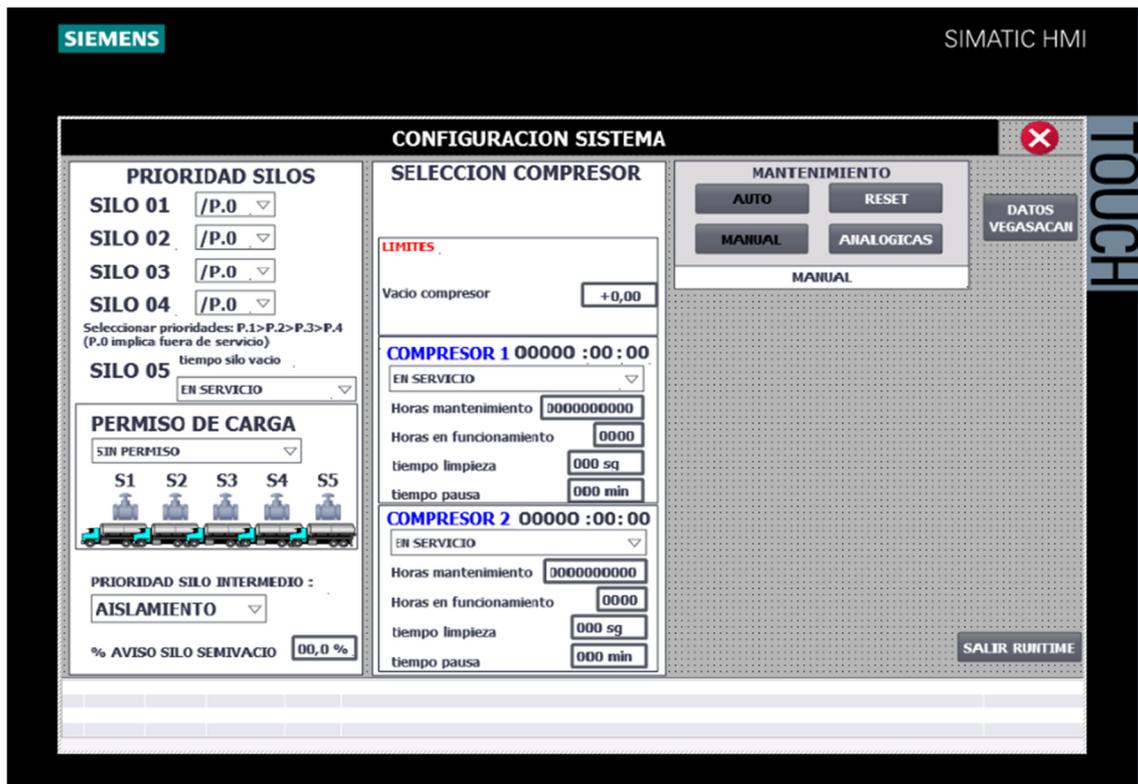


Ilustración 72. Menú de mantenimiento

Este menú, a parte de tener los elementos comunes del menú de producción, contiene:

- **LÍMITES**
Campo de entrada desde el que configurar la presión de vacío en bares que tiene que ejercer el compresor para poder realizar el transporte.
- **COMPRESORES**
Campo de ENTRADA donde se configuran las horas de funcionamiento de los compresores, el tiempo de limpieza y el tiempo de pausa de espera de ciclo de llenado. También se introducen las horas de mantenimiento del compresor que es puramente informativa para los operarios.
- **BOTÓN DE AUTO Y MANUAL**
Estos dos botones actúan sobre el bit que define el modo manual o automático de la instalación. Se ha añadido un campo de salida que indica que modo de funcionamiento está activado.
- **BOTÓN DE RESET**
Botón desde el que hacer un **pulso** en el bit de Reset de la instalación.
- **BOTÓN DE ANALÓGICAS**
Botón que abre ventana emergente que muestra los datos de los vacuómetros.
- **BOTÓN DATOS VEGASCAN**
Botón que permite ver los niveles de los silos exteriores, proporcionados por el dispositivo VEGASCAN.

- **BOTÓN SALIR DE RUNTIME:**
Este botón sirve para cerrar la aplicación HMI. Este botón no apaga la pantalla, simplemente cierra la aplicación que se está ejecutando.
- **VISUALIZACIÓN DE ALARMAS:**
Se ha creado un fichero de avisos que se representa en el campo de registro de avisos en la parte inferior de la pantalla en caso de que hubiera alarmas.

5.1.4 VENTANAS EMERGENTES

Estas son las siguientes ventanas emergentes que tiene la pantalla HMI

- **VENTANAS EMERGENTES DE MOTORES**
Esta ventana emergente se abre cuando se pulsamos los motores del sinóptico y contiene botones de orden de marcha y paro manual, indicación de modo de funcionamiento, animación del símbolo del motor en función de su estado (AVERÍA, MARCHA O PARO) y nombre del motor seleccionado.

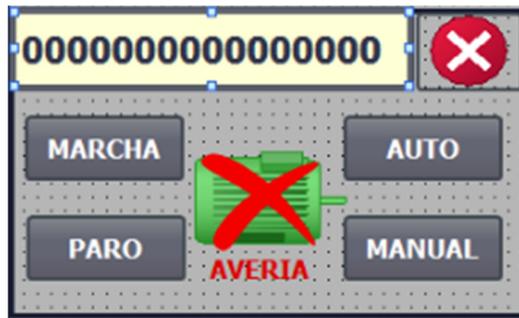


Ilustración 73. Ventana emergente Motor

- **VENTANAS EMERGENTES DE VÁLVULAS**
Esta ventana emergente se abre cuando se pulsamos las válvulas del sinóptico y contiene botones de orden de abrir y cerrar manual, indicación de modo de funcionamiento, animación del símbolo de la válvula en función de su estado (AVERÍA, ABIERTO O CERRADO) y nombre de la válvula seleccionada.



Ilustración 74. Ventana emergente válvula

- VENTANA EMERGENTE DE ANALÓGICAS.
Desde esta ventana se visualiza el valor actual de los vacuómetros y se parametrizan los valores máximos y mínimos de presión para el escalado.

The image shows a software window titled "CONFIGURACION ANALOGICAS" with a red close button (X) in the top right corner. The window is divided into two sections for configuring vacuum gauges. The first section is titled "VACUOMETRO COMPRESOR 1" and contains three rows of settings: "VALOR DE PROCESO" with a value of "+0000,00", "VALOR MAXIMO" with a value of "+0000,00", and "VALOR MINIMO" with a value of "+0000,00". The second section is titled "VACUOMETRO COMPRESOR 2" and also contains three rows of settings: "VALOR DE PROCESO" with a value of "+0000,00", "VALOR MAXIMO" with a value of "+0000,00", and "VALOR MINIMO" with a value of "+0000,00". A "SALIR" button is located at the bottom right of the window.

Ilustración 75. Ventana emergente de Analógicas

5.2 PANTALLA HMI SECUNDARIA

Esta pantalla está situada en el exterior de la nave de producción, en el armario de los silos exteriores.

Esta pantalla cuenta únicamente con una imagen que contiene un sinóptico de los silos exteriores desde el que supervisa y se gestiona la carga de los silos exteriores.

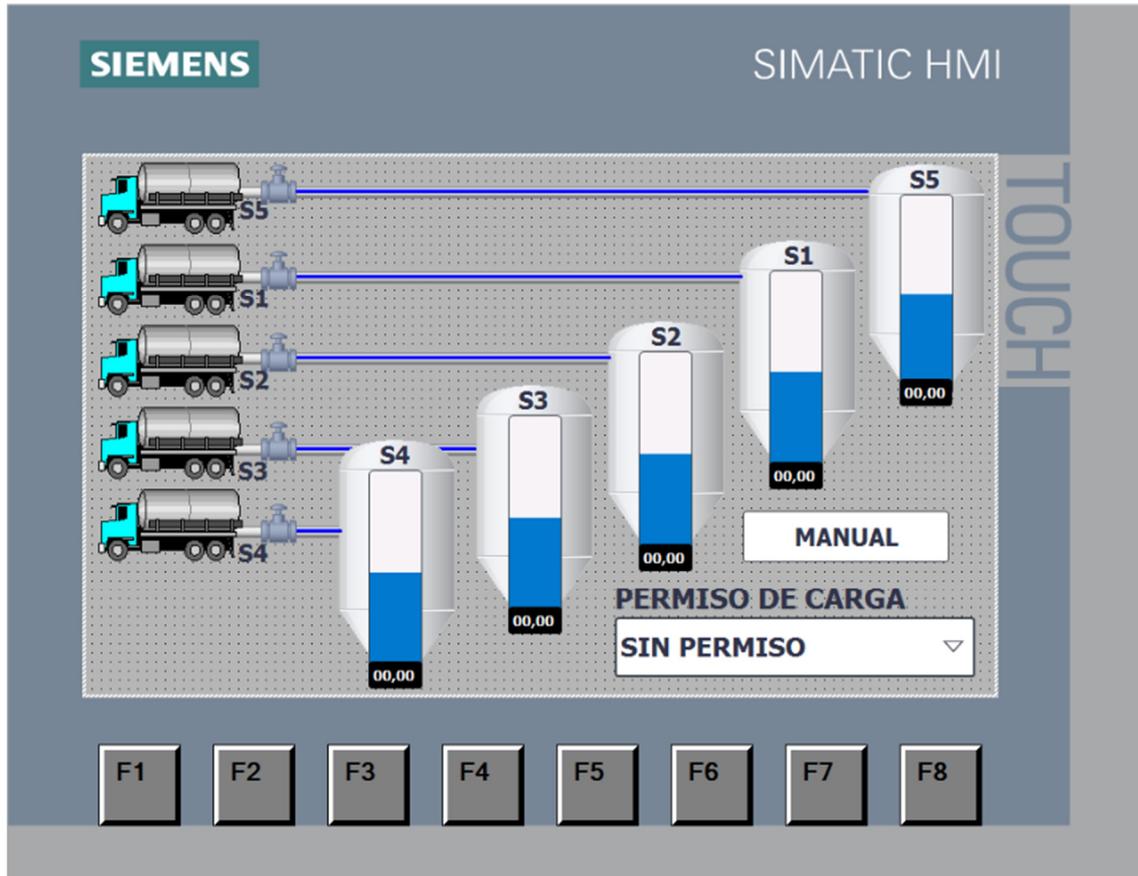


Ilustración 76. Sinóptico HMI Secundaria

Este sinóptico cuenta con los siguientes elementos:

- Campo de salida donde se visualiza el modo de funcionamiento de la instalación.
- Campo de entrada donde se asignan permisos de carga a cada uno de los silos exteriores.
- Visualizador del nivel individual de cada silo.
- Dinamización del tubo de carga en color azul en función del estado de la válvula de carga.

6 CONCLUSIONES

El proyecto descrito en este documento se ha cumplido con gran éxito, llegándose a obtener un sistema global robusto, con una comunicación efectiva entre autómatas distintos, y con los modos de funcionamiento idóneos para el uso normal en la industria. Mediante la programación de las HMI se ha conseguido unas interfaces de usuario atractivas, sencillas y directas, permitiendo aprovechar prácticamente toda la información del proceso de transporte, así como controlar este proceso de forma eficaz e intuitiva, y poder tener un sistema de detección de problemas, mediante la gestión de alarmas.

7 BIBLIOGRAFÍA

- AUTOMATISMOS INDUSTRIALES ED 2016:ISBN 978-84-9078-545-4
- <https://www.vega.com/DocumentDownloadHandler.ashx?documentContainerId=1002749&languageId=6&fileExtension=pdf&softwareVersion=&documentGroupId=34137&version=29-11-2017>
- [siemens.com/hmi](https://www.siemens.com/hmi)
- <https://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/Documents/S71200-MANUAL%20DEL%20SISTEMA.PDF>
- <https://www.vega.com/es-ES/Productos/Cat%C3%A1logo-de-productos/Acondicionadores-de-se%C3%B1al/Acondicionadores-de-se%C3%B1al/VEGASCAN-693>
- <https://portal.endress.com/wa001/dla/5000192/5015/000/02/TI389FAE.pdf>
- http://wikifab.dimf.etsii.upm.es/wikifab/index.php/Cilindros_de_simple_y_doble_efecto_%287163%29
- https://cache.industry.siemens.com/dl/files/380/94766380/att_57741/v1/net_modbus_tcp_s7-1500_en.pdf
- <https://www.vega.com/DocumentDownloadHandler.ashx?documentContainerId=3086&languageId=6&fileExtension=pdf&softwareVersion=&documentGroupId=30768>

ANEXO 1. PROGRAMA PLC PRINCIPAL

Main [OB1]

Main Properties

General

Name	Main	Number	1	Type	OB	Language	LAD
------	------	--------	---	------	----	----------	-----

Numbering

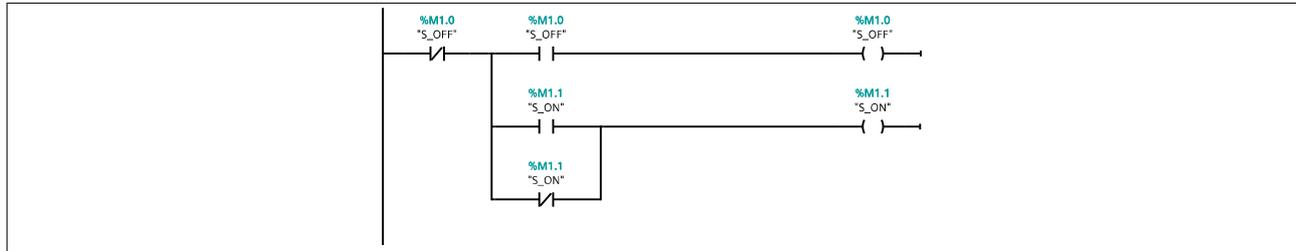
Manual

Information

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

Name	Data type	Offset	Default value	Supervision	Comment
▼ Temp					
OB1_EV_CLASS	Byte	0.0			Bits 0-3 = 1 (Coming event), Bits 4-7 = 1 (Event class 1)
OB1_SCAN_1	Byte	1.0			1 (Cold restart scan 1 of OB 1), 3 (Scan 2-n of OB 1)
OB1_PRIORITY	Byte	2.0			Priority of OB Execution
OB1_OB_NUMBR	Byte	3.0			1 (Organization block 1, OB1)
OB1_RESERVED_1	Byte	4.0			Reserved for system
OB1_RESERVED_2	Byte	5.0			Reserved for system
OB1_PREV_CYCLE	Int	6.0			Cycle time of previous OB1 scan (milliseconds)
OB1_MIN_CYCLE	Int	8.0			Minimum cycle time of OB1 (milliseconds)
OB1_MAX_CYCLE	Int	10.0			Maximum cycle time of OB1 (milliseconds)
OB1_DATE_TIME	Date_And_Time	12.0			Date and time OB1 started
Constant					

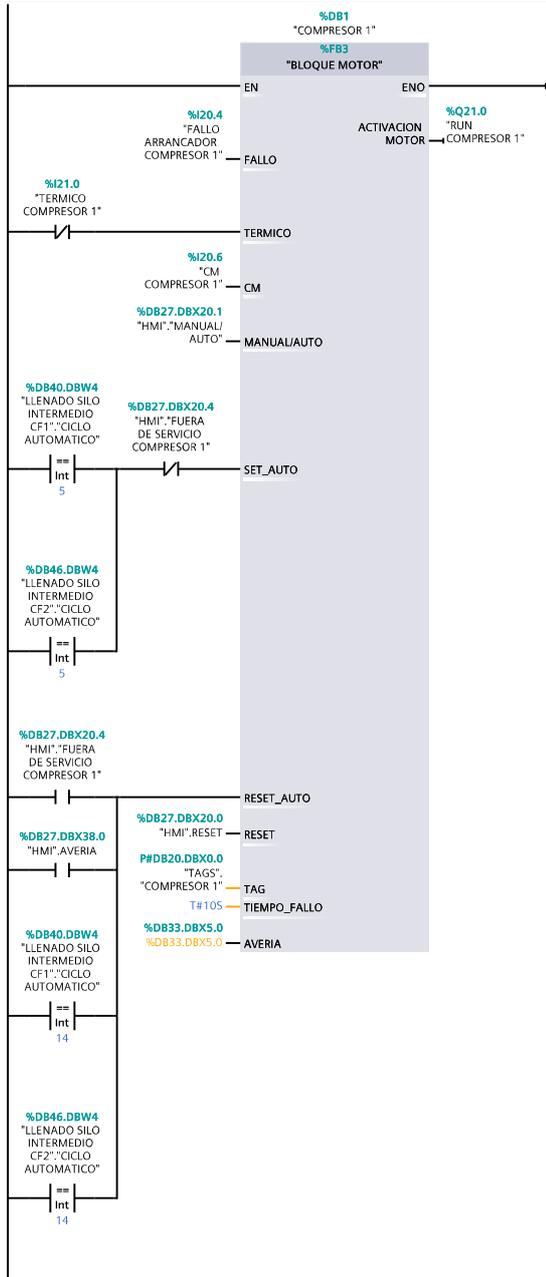
Network 1: SIEMPRE UNO----SIEMPRE CERO



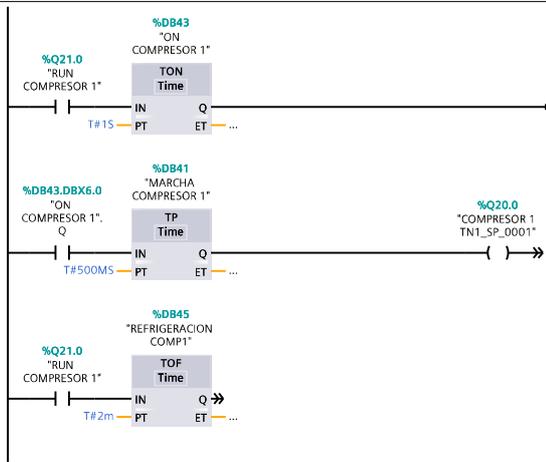
Network 2: VALVULA GENERAL DE AIRE



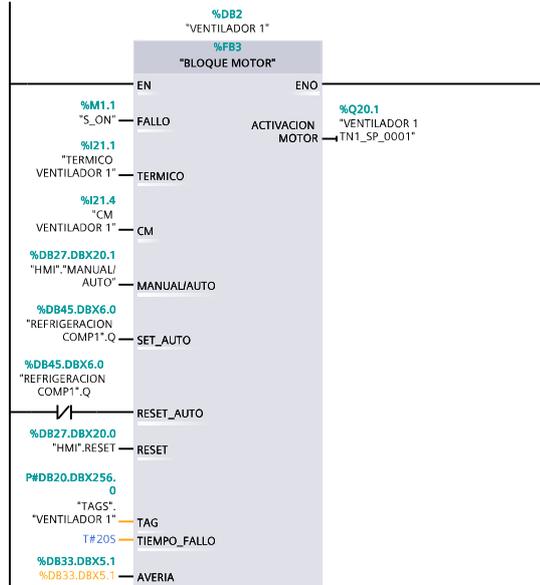
Network 3: COMPRESOR 1 TN1-SP-0001



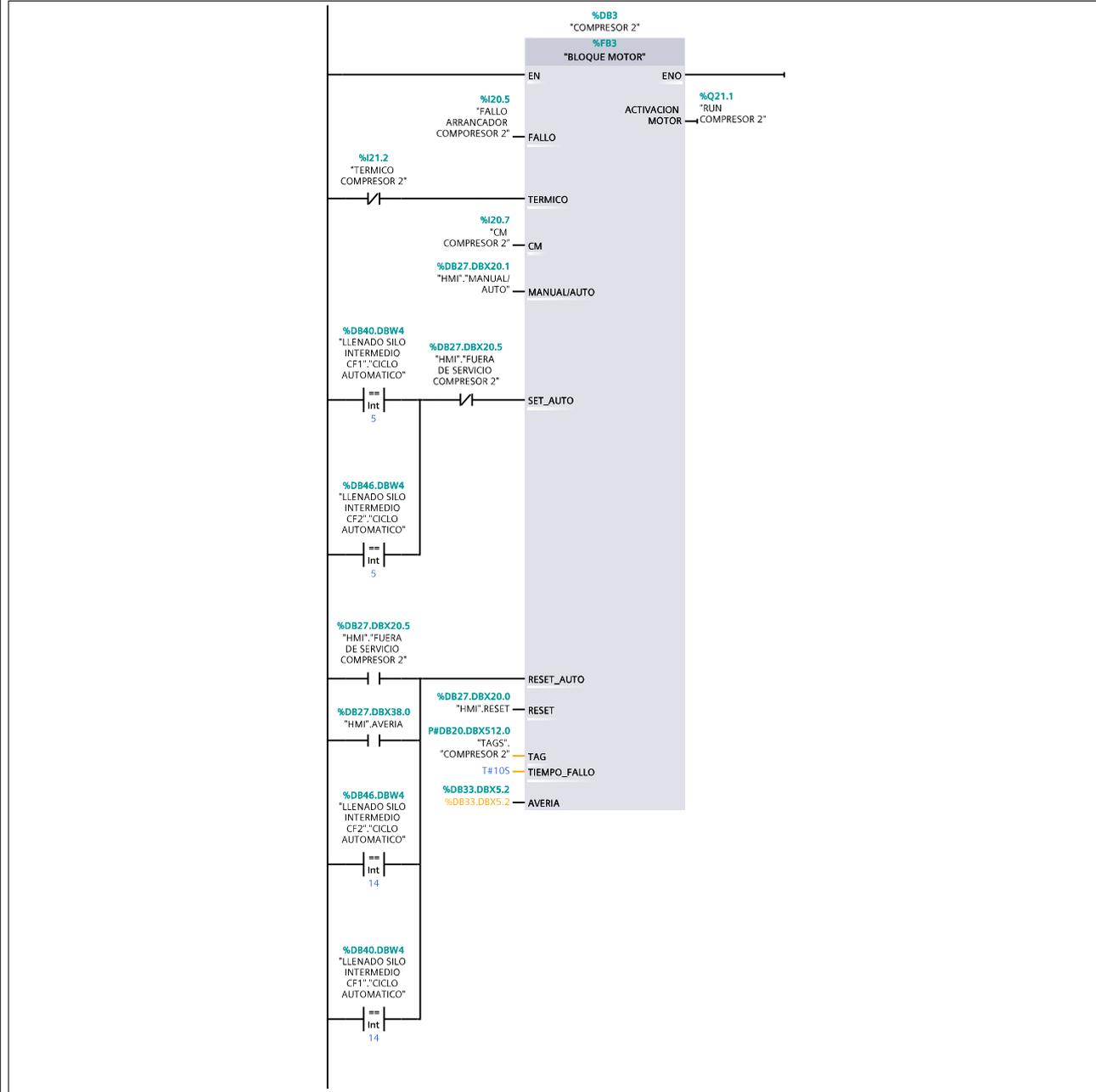
Network 4: PULSO DE MARCHA COMPRESOR 1



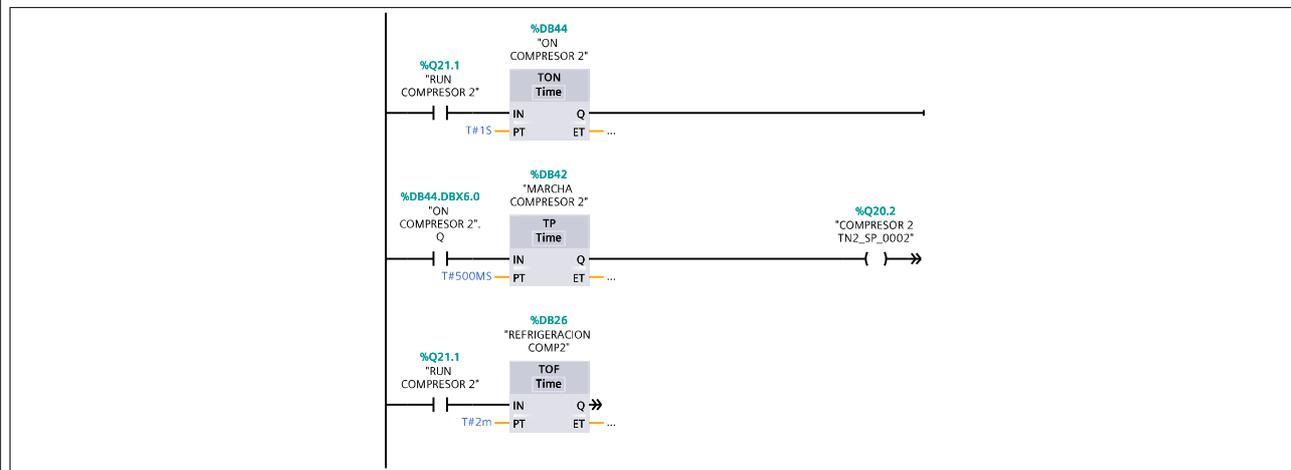
Network 5: VENTILADOR COMPRESOR 1 TN1-SP-0001



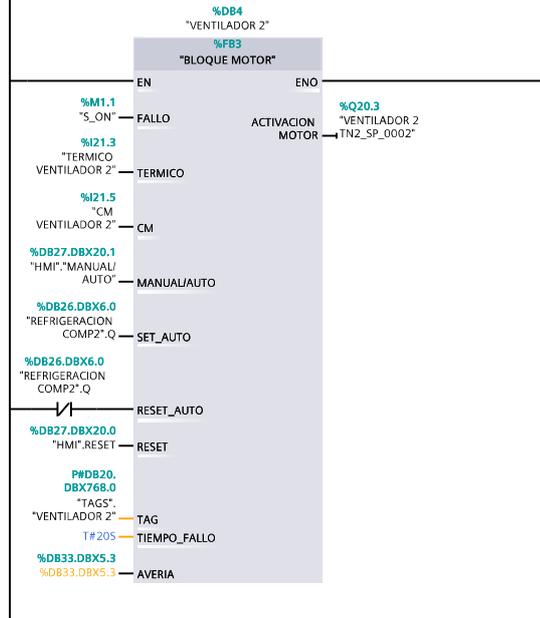
Network 6: COMPRESOR 2 TN2-SP-0002



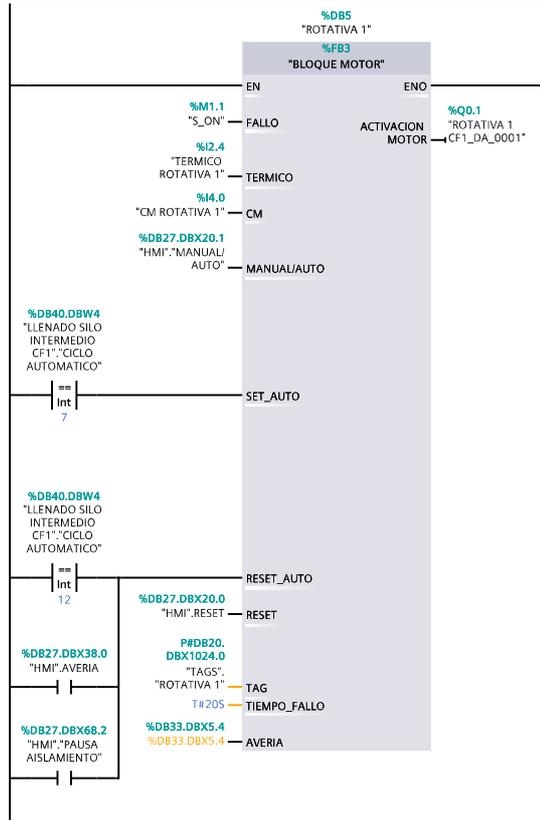
Network 7: PULSO DE MARCHA COMPRESOR 2



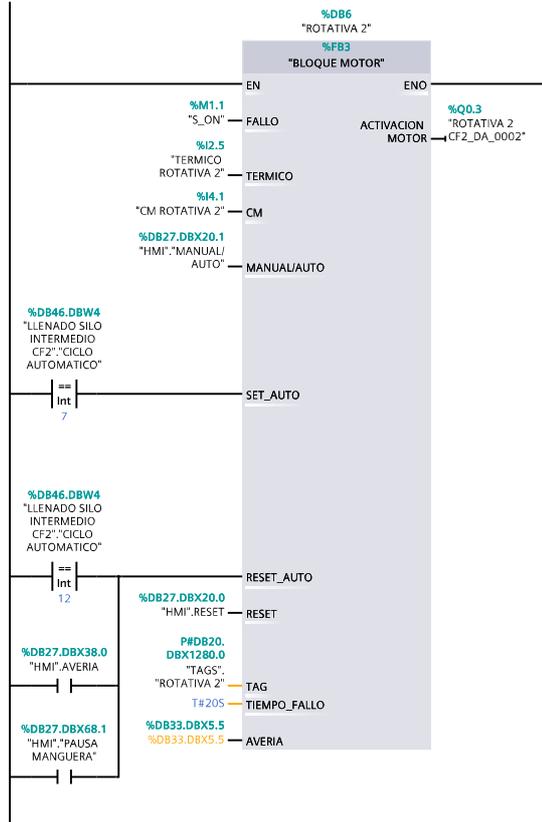
Network 8: VENTILADOR COMPRESOR 2 TN2-SP-0002



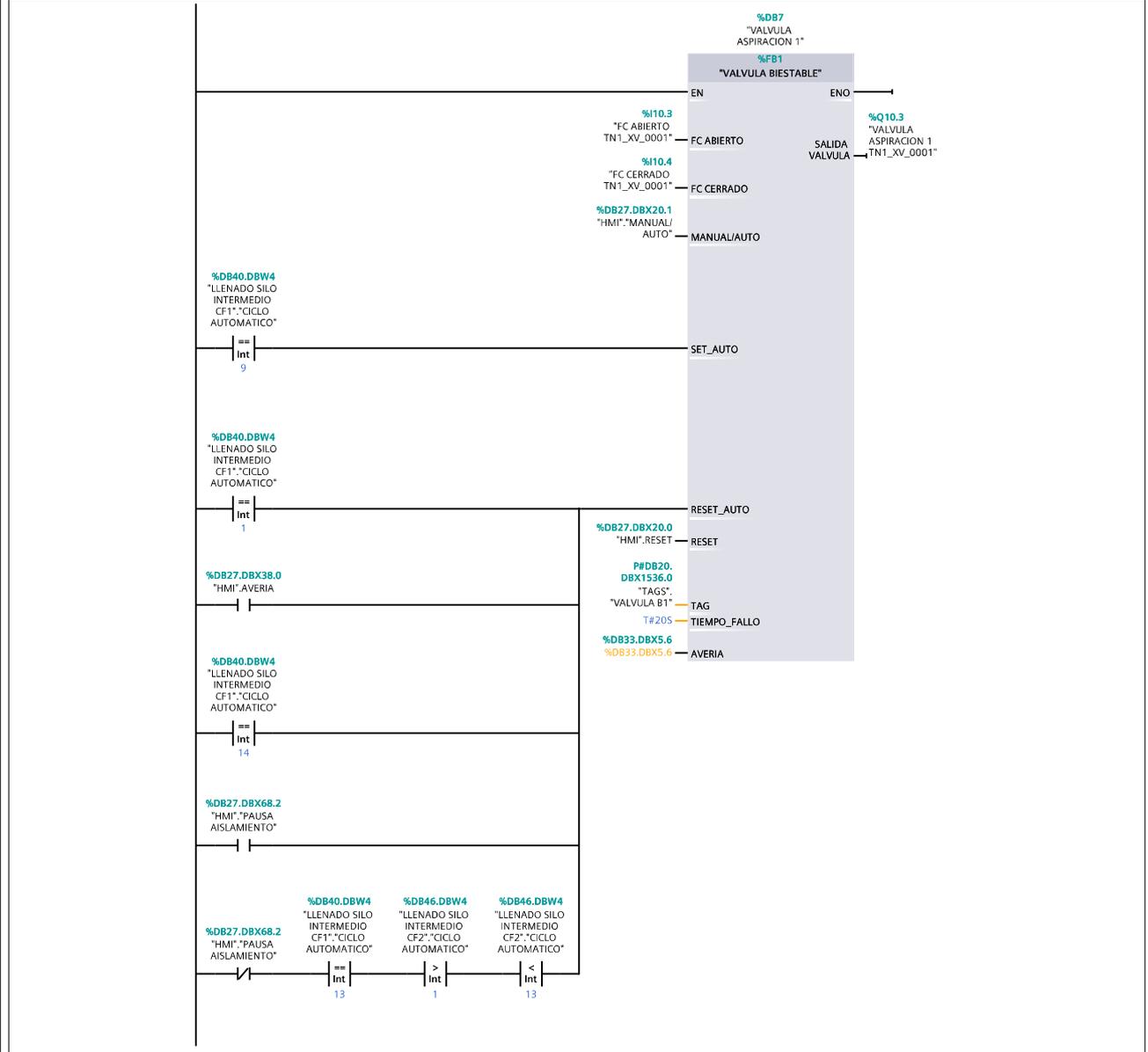
Network 9: ROTATIVA CF1 CF1-DA-0001



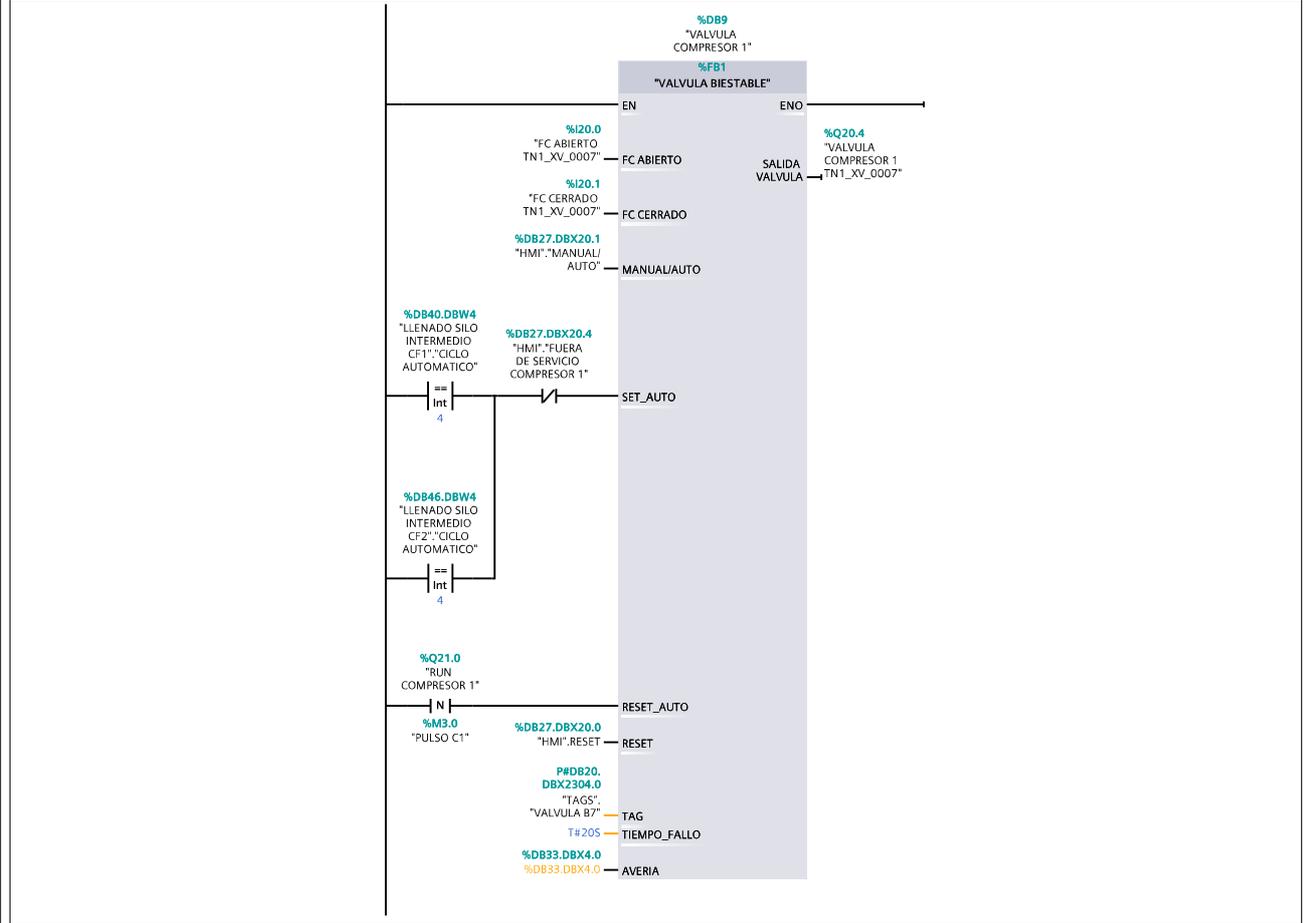
Network 10: ROTATIVA CF2 CF2-DA-0002



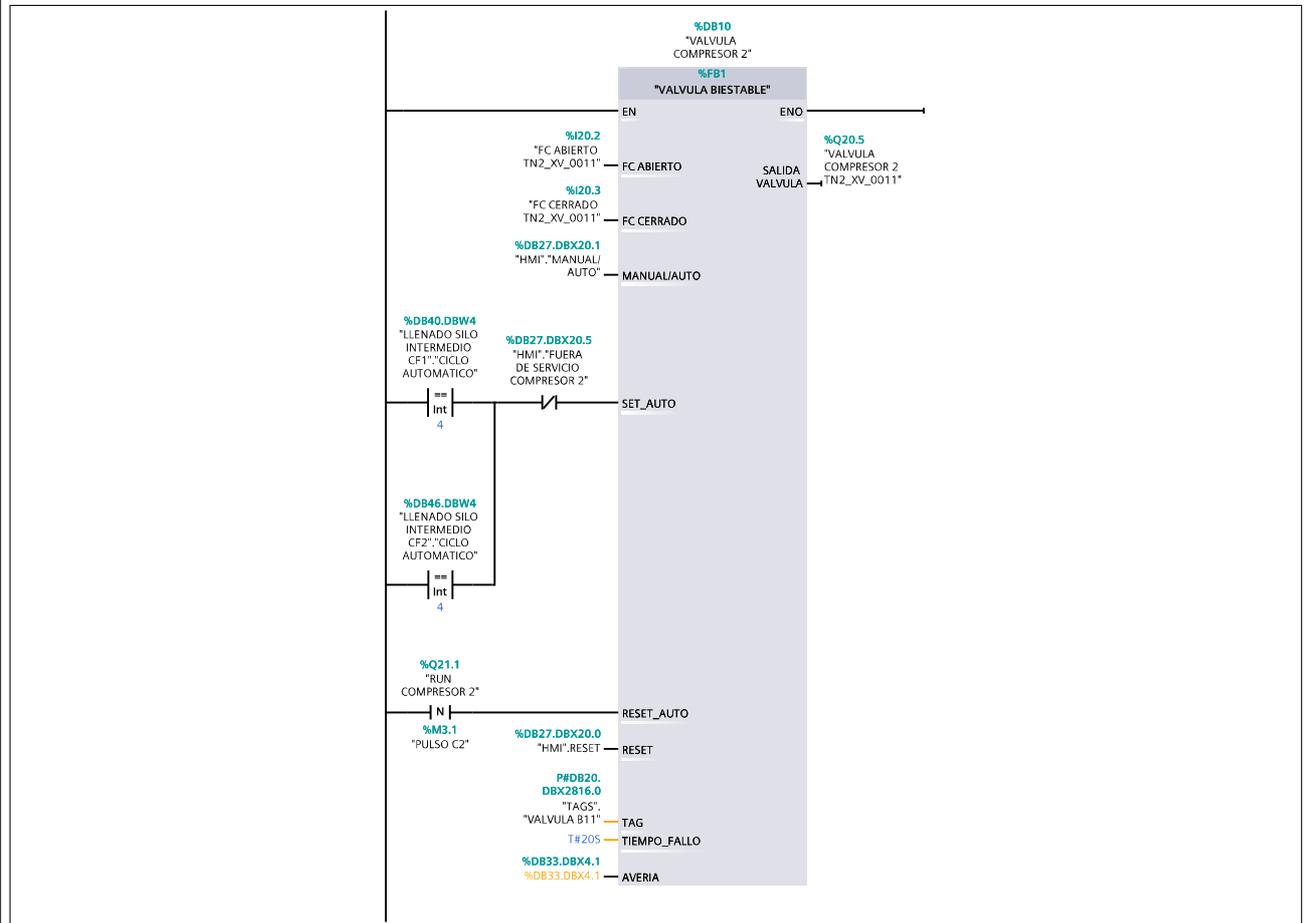
Network 11: VALVULA DE ASPIRACION (LIMPIEZA) 1 TN1-XV-0001



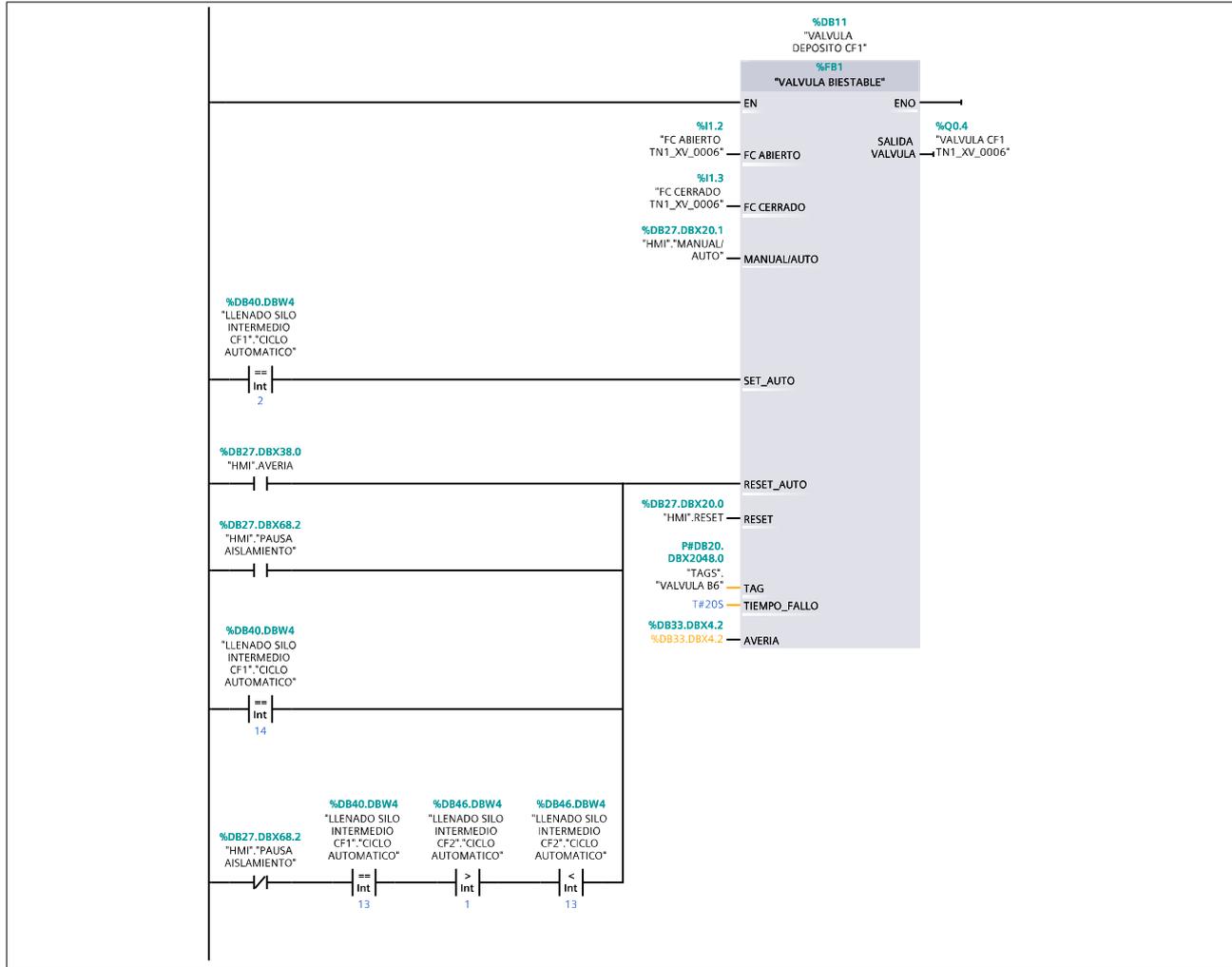
Network 12: VALVULA DE ASPIRACION (LIMPIEZA) 2 TN2-XV-0008



Network 14: VALVULA COMPRESOR 2 TN2-XV-0011

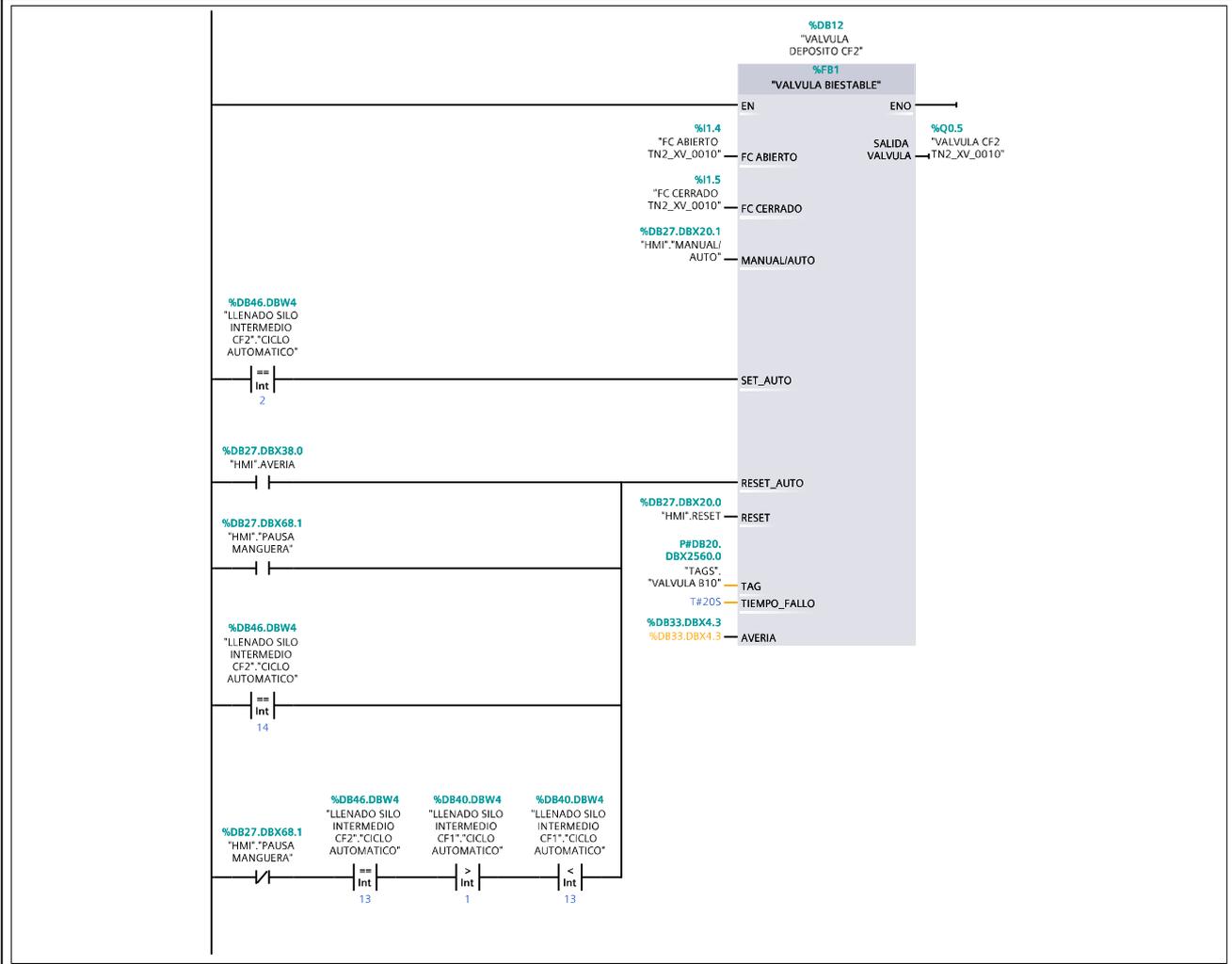


Network 15: VALVULA DEPOSITO CF1 TN1-XV-0006

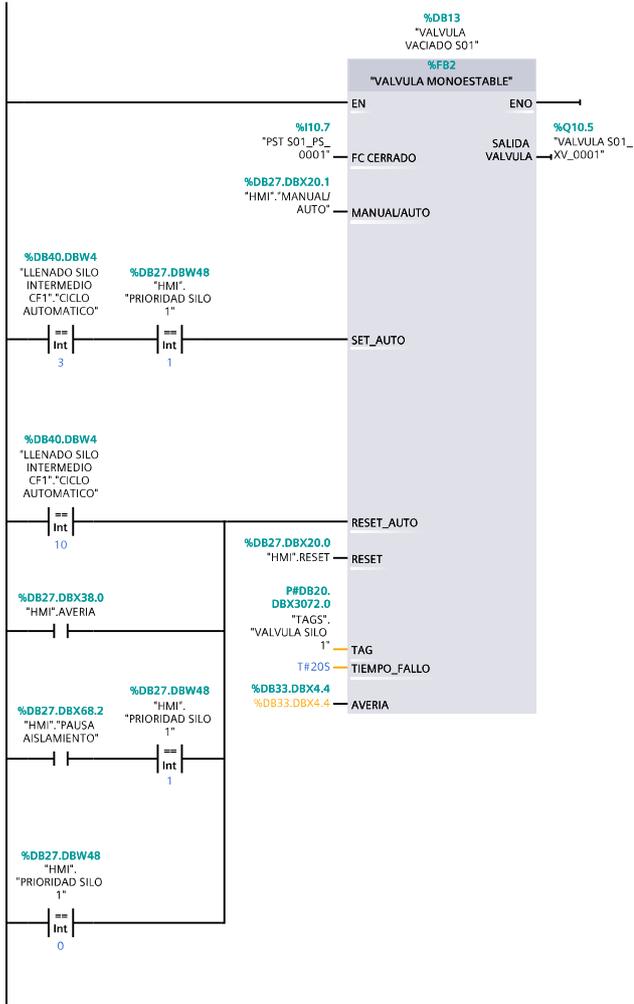


Network 16: VALVULA DEPOSITO CF2 TN2-XV-0010

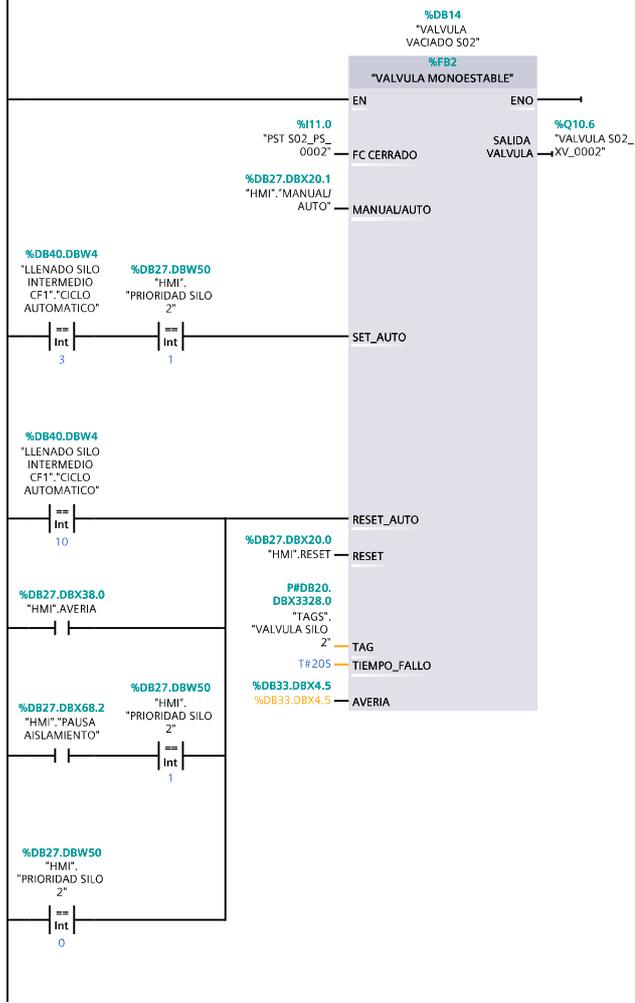




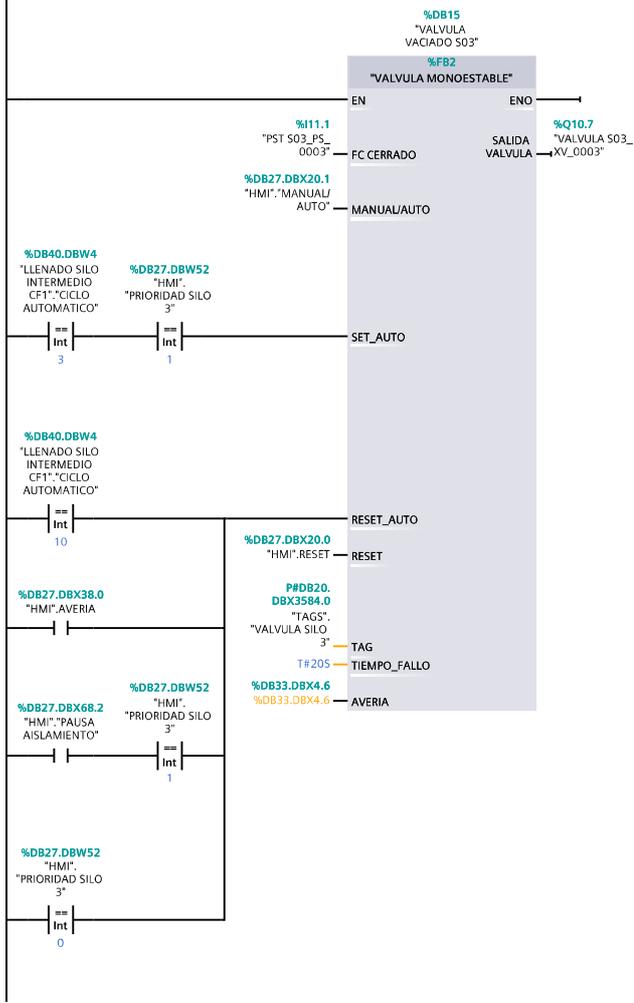
Network 17: VALVULA VACIADO SILO 01 S01-XV-0002



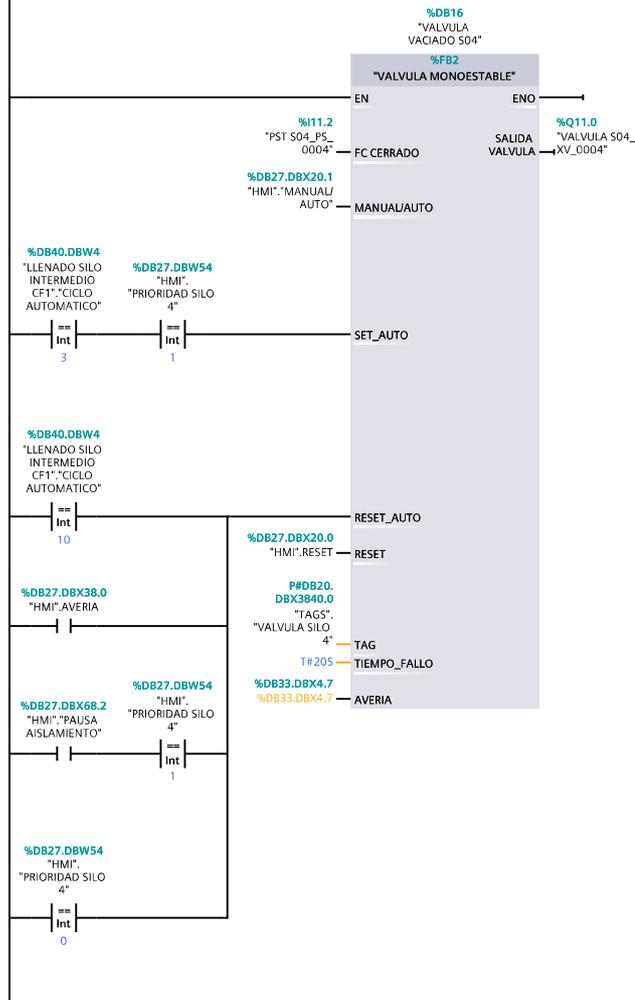
Network 18: VALVULA VACIADO SILO 02 S02-XV-0003



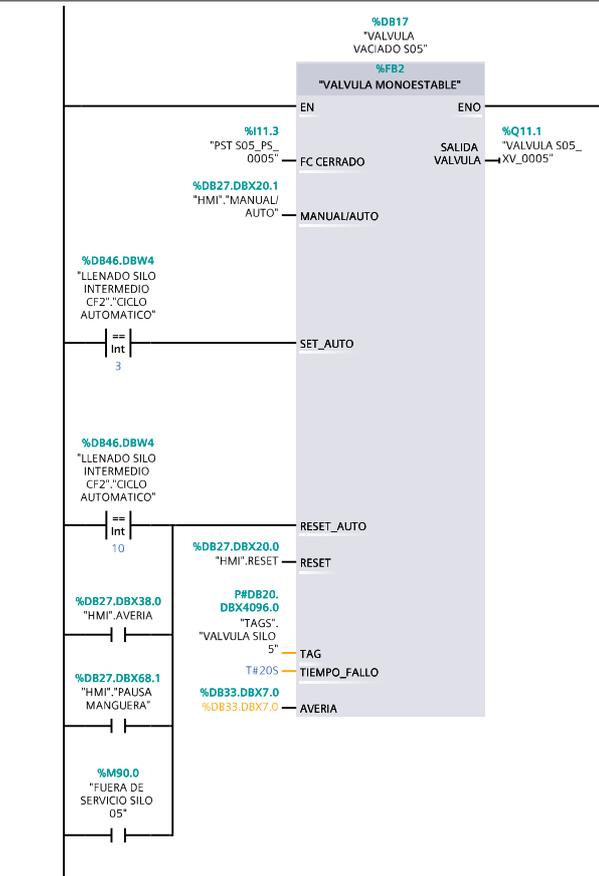
Network 19: VALVULA VACIADO SILO 03 S03-XV-0004



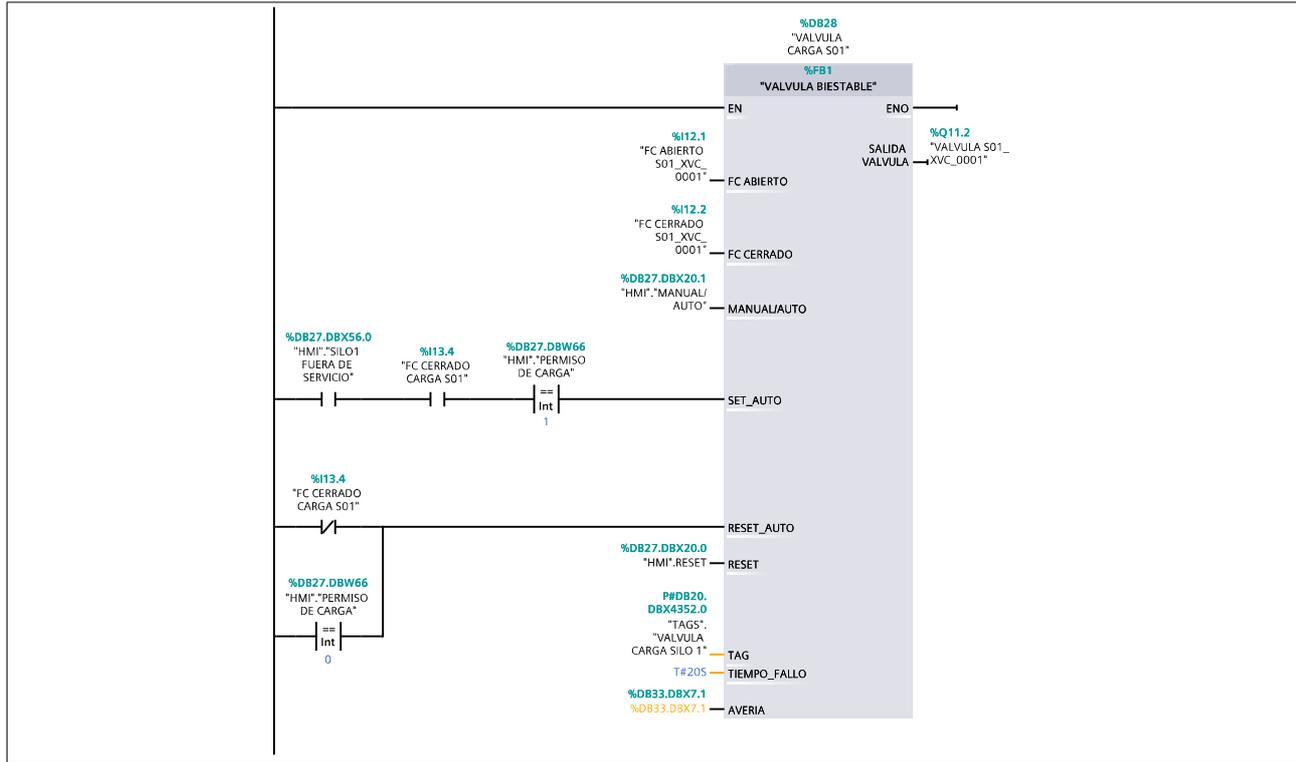
Network 20: VALVULA VACIADO SILO 04 S04-XV-0005



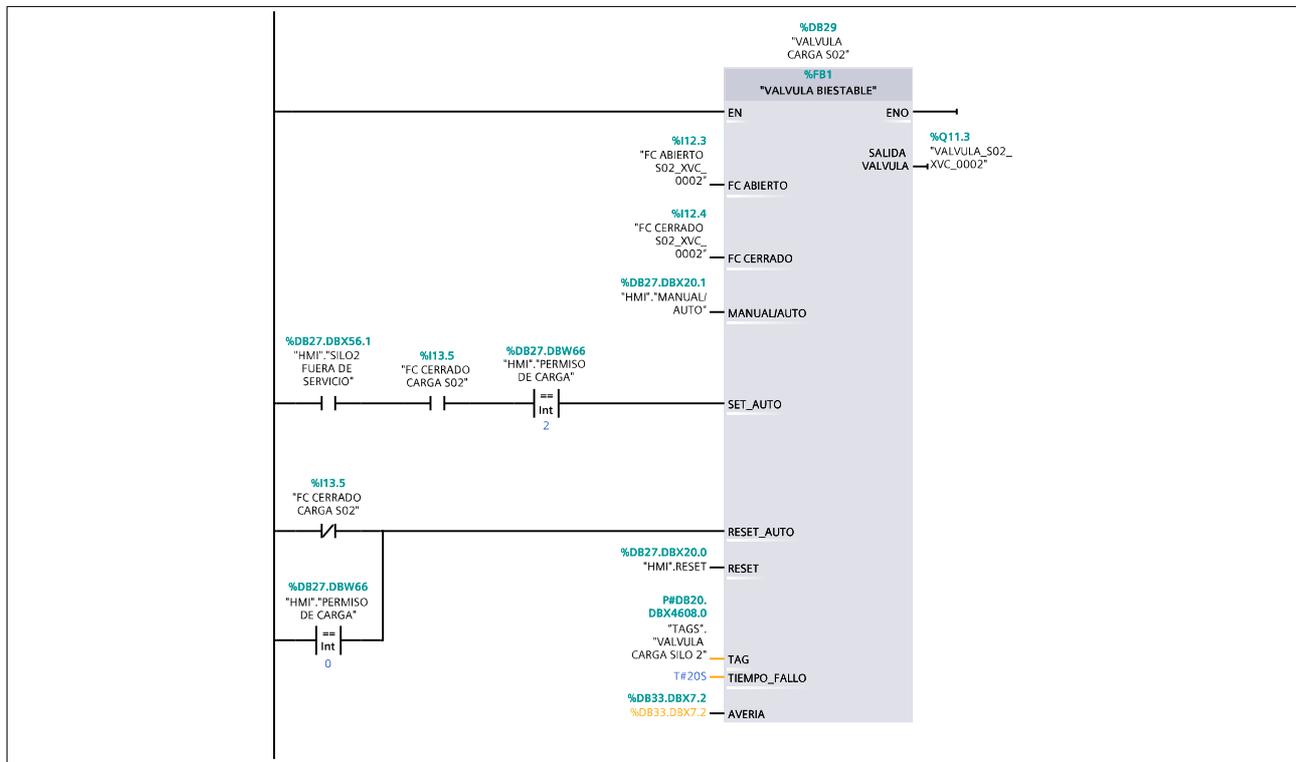
Network 21: VALVULA VACIADO SILO 05 S05-XV-0009



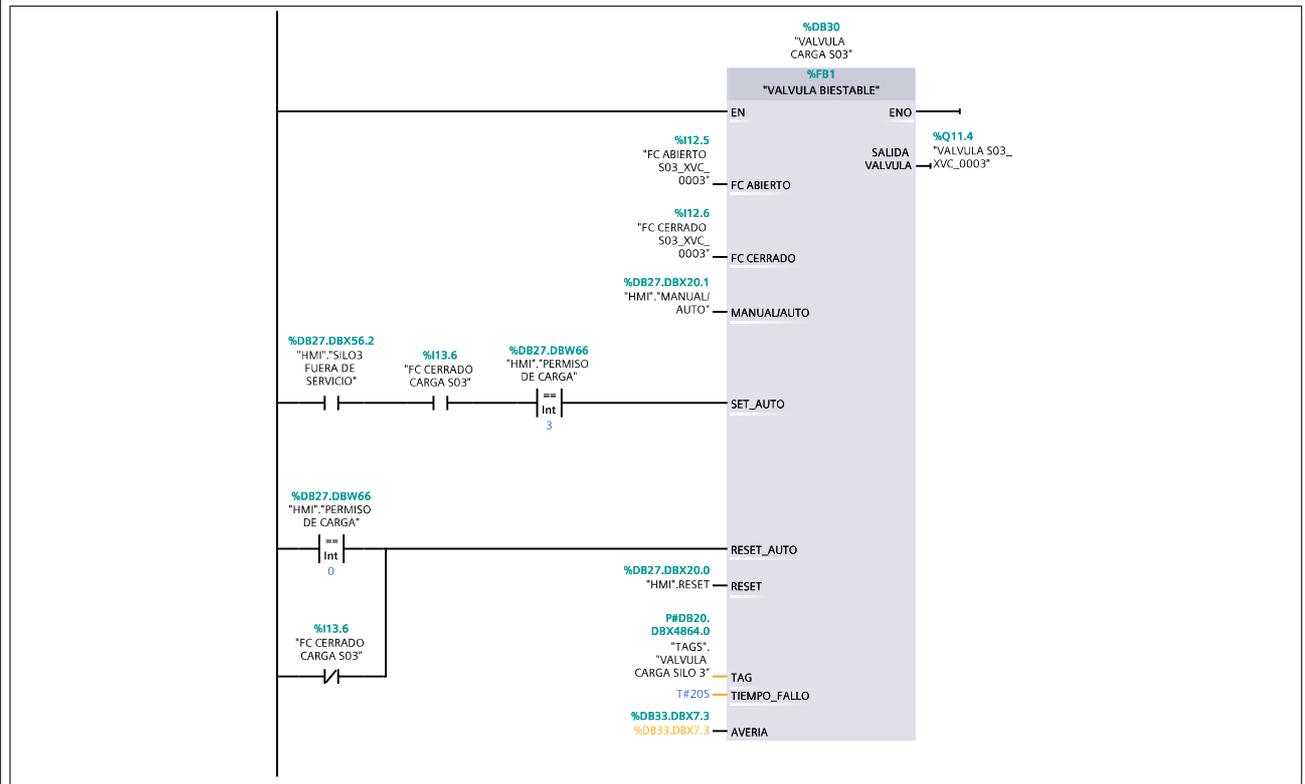
Network 22: VALVULA DE CARGA S01 S01-XVC-0001



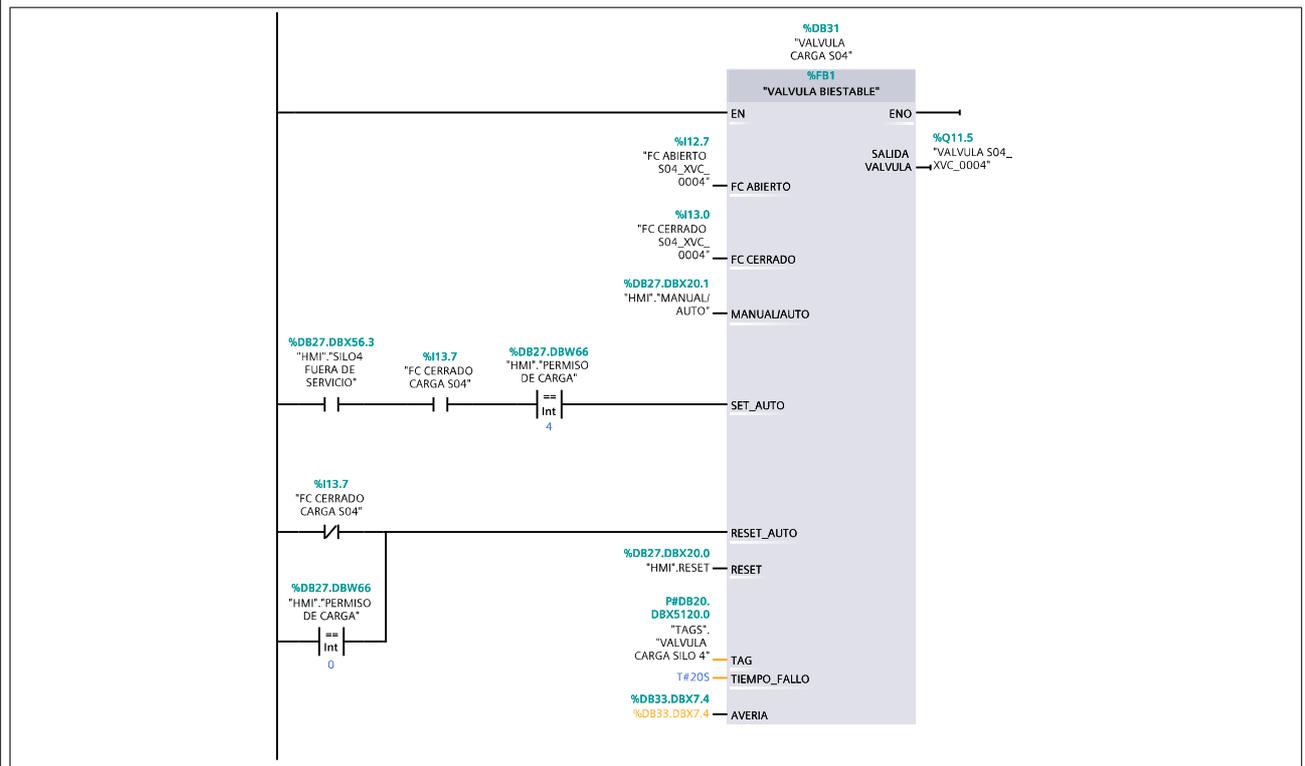
Network 23: VALVULA DE CARGA S02 S02-XVC-0002



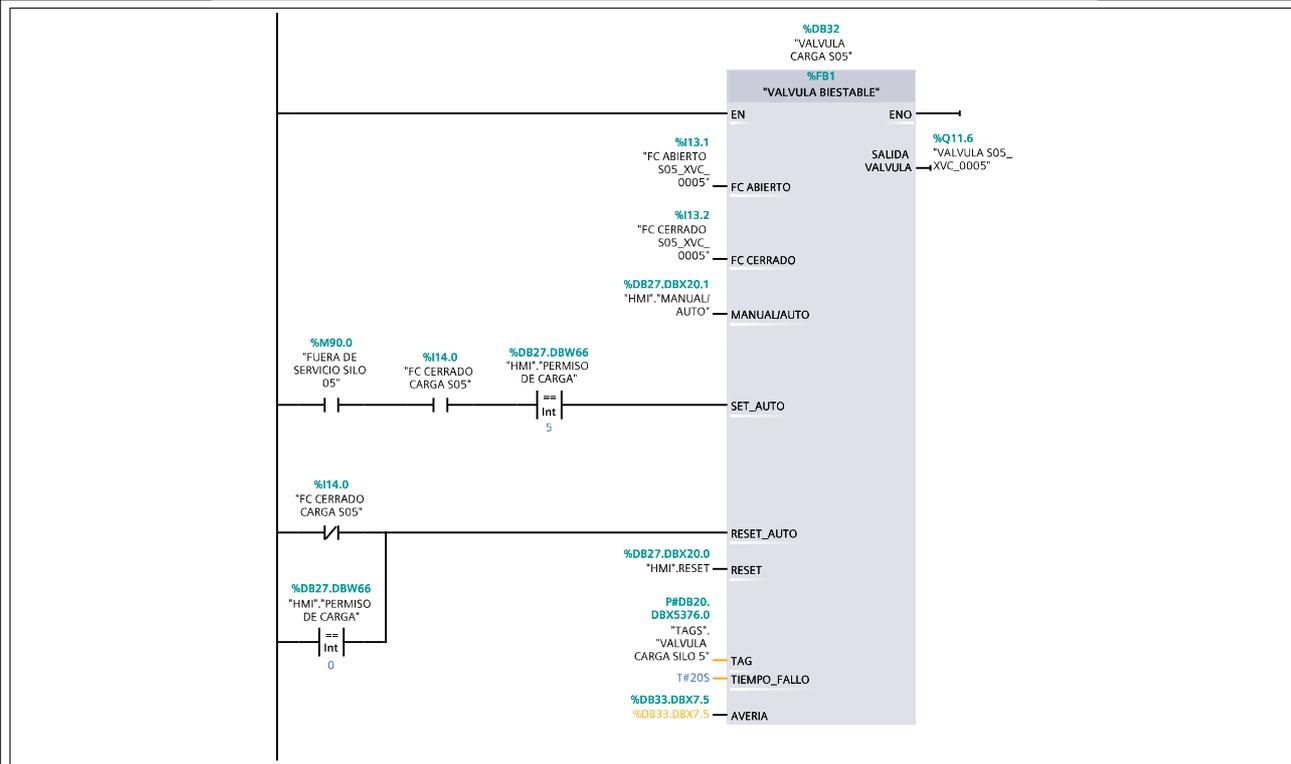
Network 24: VALVULA DE CARGA S03 S03-XVC-0003



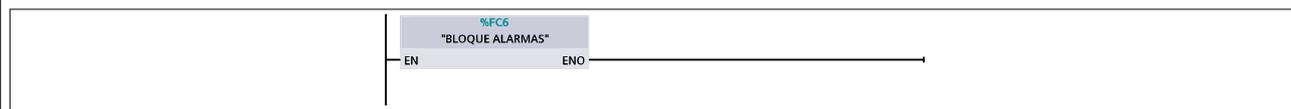
Network 25: VALVULA DE CARGA S04 S04-XVC-0004



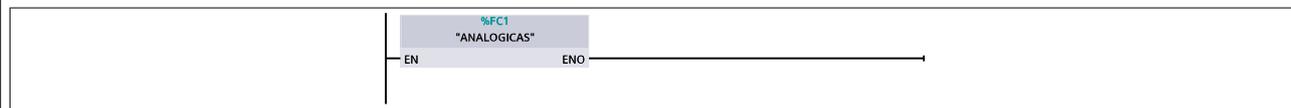
Network 26: VALVULA DE CARGA S05 S05-XVC-0005



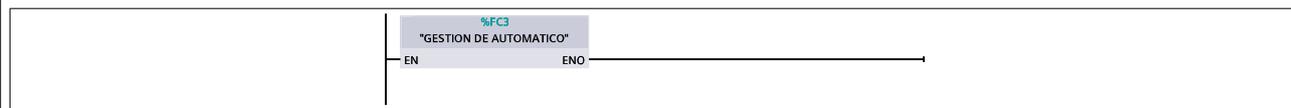
Network 27: BLOQUE ALARMAS



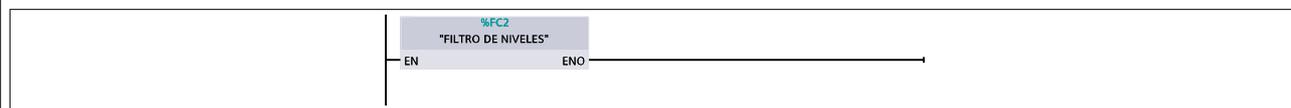
Network 28: BLOQUE ANALOGICAS



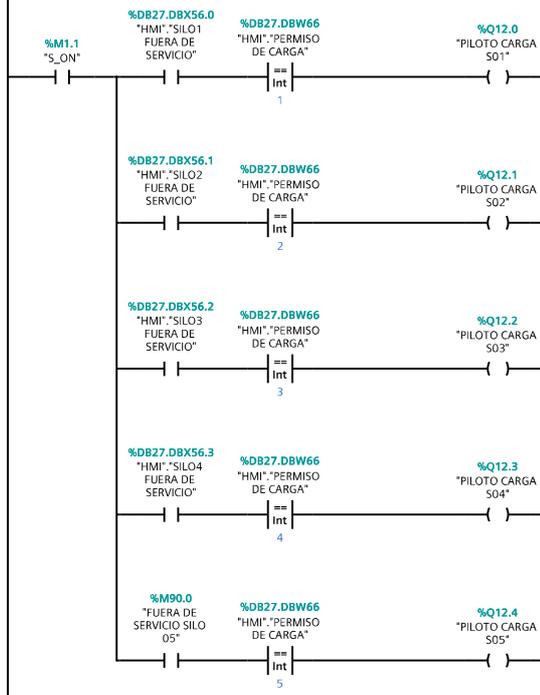
Network 29: BLOQUE AUTOMATICO



Network 30: FILTRO DE NIVELES



Network 31: PILOTOS CARGA SILOS



Network 32: GESTION BALIZA

BLOQUE MOTOR [FB3]

BLOQUE MOTOR Propiedades

General

Nombre	BLOQUE MOTOR	Número	3	Tipo	FB	Idioma	KOP
--------	--------------	--------	---	------	----	--------	-----

Numeración

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

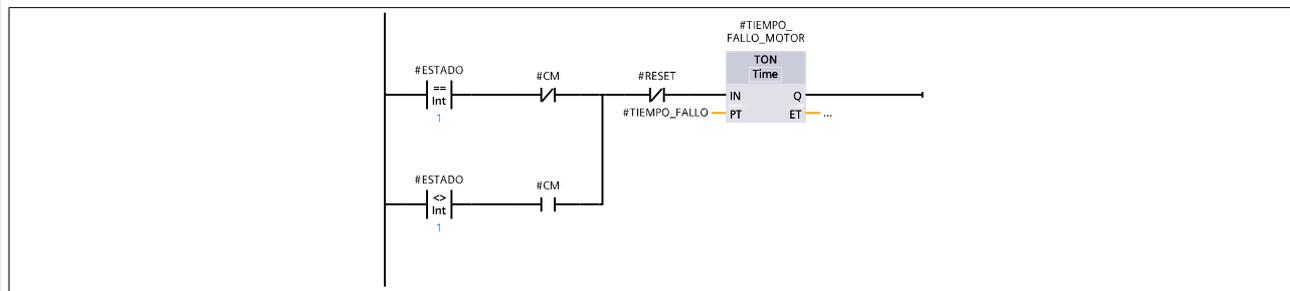
Información

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

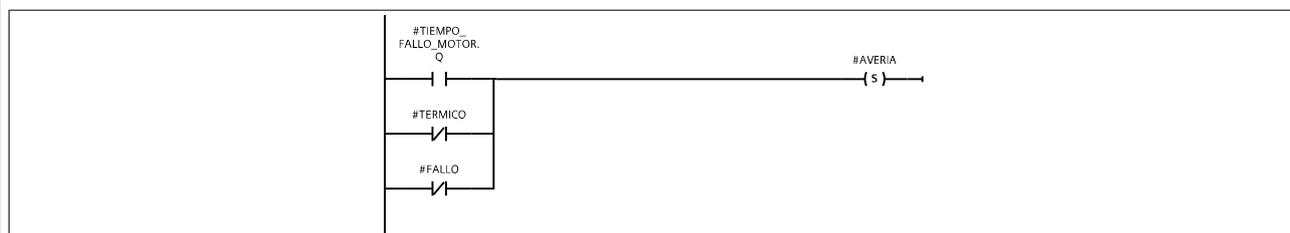
Versión	0.1	ID personalizada	
---------	-----	------------------	--

Nombre	Tipo de datos	Offset	Valor predet.	Accesible desde HMI/OPC UA	Escribible desde HMI/OPC UA	Visible en HMI Engineering	Valor de ajuste	Supervisión	Comentario
▼ Input									
FALLO	Bool	0.0	false	True	True	True	False		
TERMICO	Bool	0.1	false	True	True	True	False		
CM	Bool	0.2	false	True	True	True	False		
MANUAL/AUTO	Bool	0.3	false	True	True	True	False		
SET_AUTO	Bool	0.4	false	True	True	True	False		
RESET_AUTO	Bool	0.5	false	True	True	True	False		
RESET	Bool	0.6	false	True	True	True	False		
TAG	String	2.0	"	True	True	True	False		
TIEMPO_FALLO	Time	258.0	T#0ms	True	True	True	False		
▼ Output									
ACTIVACION MOTOR	Bool	262.0	false	True	True	True	False		
▼ InOut									
AVERIA	Bool	264.0	false	True	True	True	False		
▼ Static									
ACT_AUTO	Bool	266.0	false	True	True	True	False		
ACT_MANUAL	Bool	266.1	false	True	True	True	False		
TIEMPO_FALLO_MOTOR	TON	268.0		True	True	True	False		
▼ Input									
IN	Bool	268.0	false	True	True	True	False		
PT	Time	270.0	T#0MS	True	True	True	False		
▼ Output									
Q	Bool	274.0	false	True	True	True	False		
ET	Time	276.0	T#0MS	True	True	True	False		
InOut									
▼ Static									
STATE	Byte	280.0	16#0	True	True	True	False		
STIME	Time	282.0	T#0MS	True	True	True	False		
ATIME	Time	286.0	T#0MS	True	True	True	False		
ESTADO	Int	290.0	0	True	True	True	False		
Temp									
Constant									

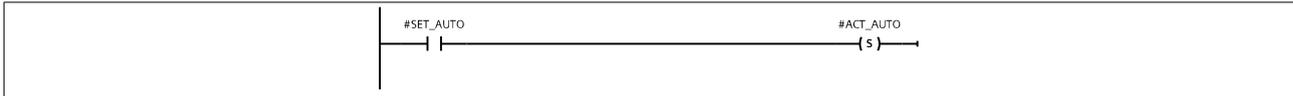
Segmento 1: GENERAR FALLO



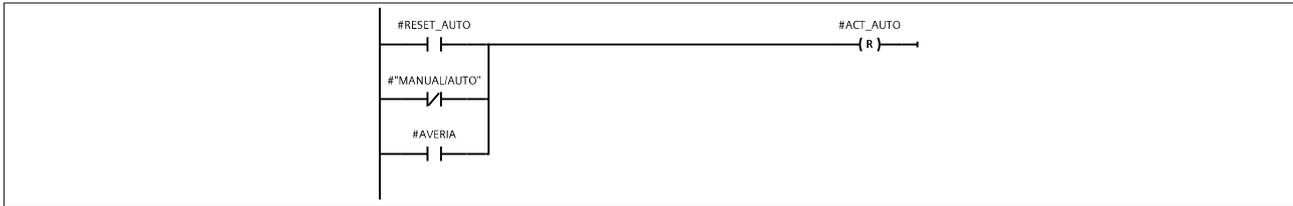
Segmento 2: GENERAR FALLO 2



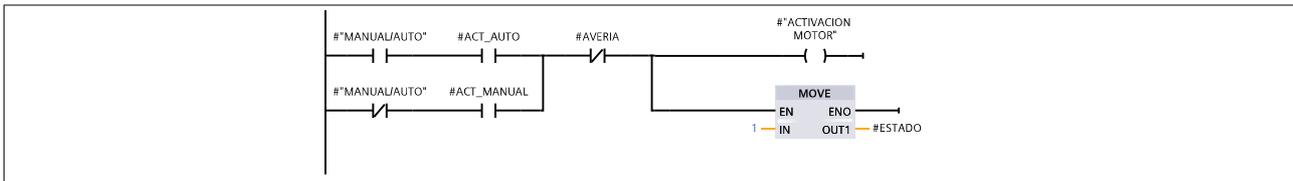
Segmento 3: SET ACTIVACION AUTOMATICO



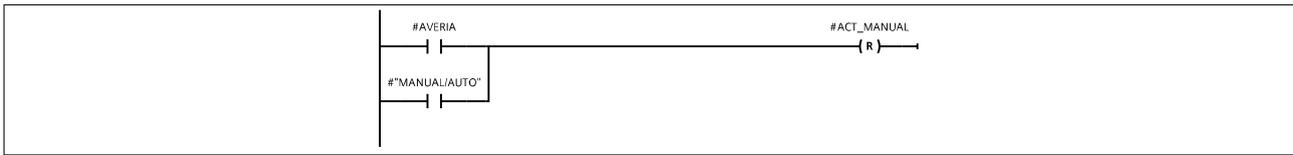
Segmento 4: RESET DE ACTIVACION AUTOMATICO



Segmento 5: ACTIVAR SALIDA



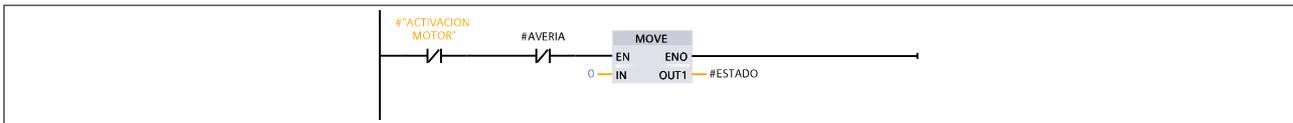
Segmento 6: AVERIA RESETEO ORDEN DE MARCHA MANUAL



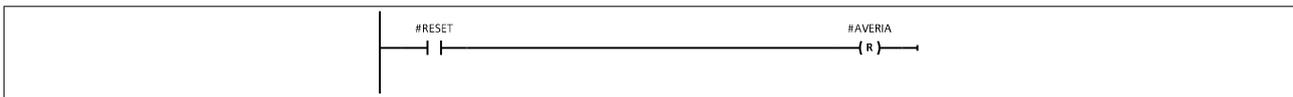
Segmento 7:



Segmento 8: ESTADO PARADO



Segmento 9: RESET AVERIA



VALVULA BIESTABLE [FB1]

VALVULA BIESTABLE Propiedades

General

Nombre	VALVULA BIESTABLE	Número	1	Tipo	FB	Idioma	KOP
--------	-------------------	--------	---	------	----	--------	-----

Numeración

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

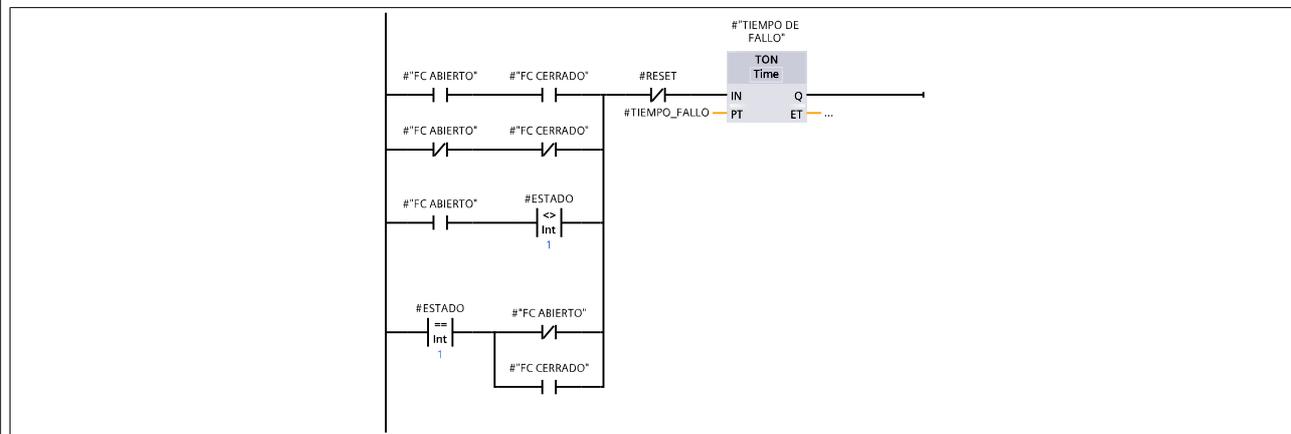
Información

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

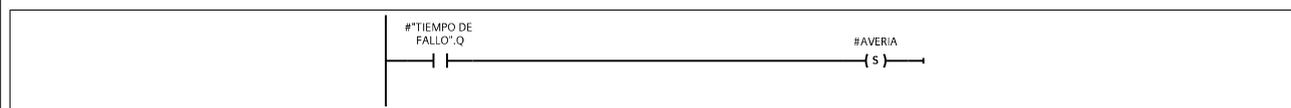
Versión	0.1	ID personalizada	
---------	-----	------------------	--

Nombre	Tipo de datos	Offset	Valor predet.	Accesible desde HMI/OPC UA	Escribible desde HMI/OPC UA	Visible en HMI Engineering	Valor de ajuste	Supervisión	Comentario
▼ Input									
FC ABIERTO	Bool	0.0	false	True	True	True	False		
FC CERRADO	Bool	0.1	false	True	True	True	False		
MANUAL/AUTO	Bool	0.2	false	True	True	True	False		
SET_AUTO	Bool	0.3	false	True	True	True	False		
RESET_AUTO	Bool	0.4	false	True	True	True	False		
RESET	Bool	0.5	false	True	True	True	False		
TAG	String	2.0	"	True	True	True	False		
TIEMPO_FALLO	Time	258.0	T#0ms	True	True	True	False		
▼ Output									
SALIDA VALVULA	Bool	262.0	false	True	True	True	False		
▼ InOut									
AVERIA	Bool	264.0	false	True	True	True	False		
▼ Static									
ACT_AUTO	Bool	266.0	false	True	True	True	False		
ACT_MANUAL	Bool	266.1	false	True	True	True	False		
ANULAR VIGILANCIA	Bool	266.2	false	True	True	True	False		
▼ TIEMPO DE FALLO									
▼ Input									
IN	Bool	268.0	false	True	True	True	False		
PT	Time	270.0	T#0MS	True	True	True	False		
▼ Output									
Q	Bool	274.0	false	True	True	True	False		
ET	Time	276.0	T#0MS	True	True	True	False		
InOut									
▼ Static									
STATE	Byte	280.0	16#0	True	True	True	False		
STIME	Time	282.0	T#0MS	True	True	True	False		
ATIME	Time	286.0	T#0MS	True	True	True	False		
ESTADO	Int	290.0	0	True	True	True	False		
Temp									
Constant									

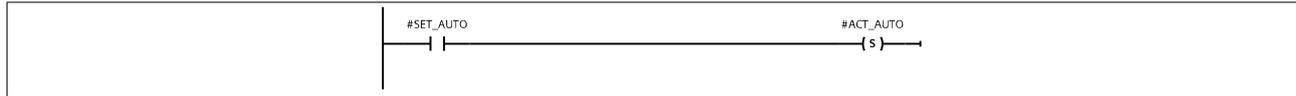
Segmento 1: GENERAR FALLO



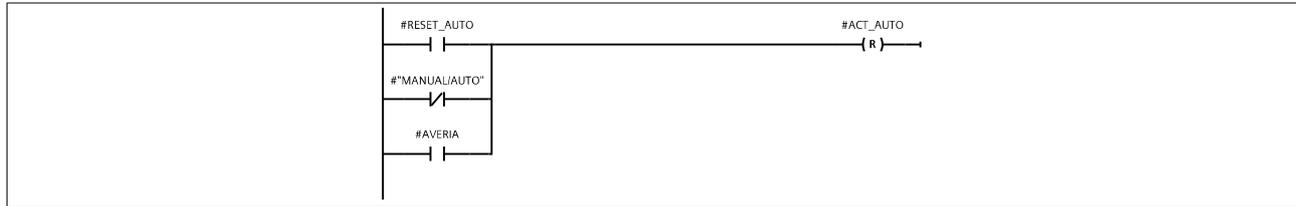
Segmento 2: GENERAR FALLO 2



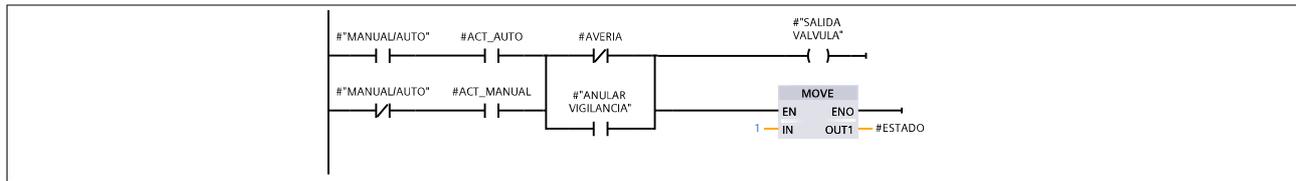
Segmento 3: SET ACTIVACION AUTOMATICO



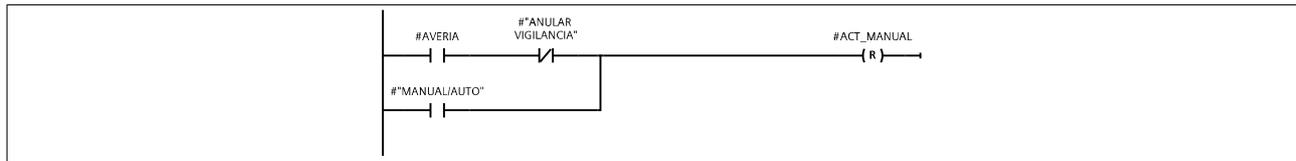
Segmento 4: RESET DE ACTIVACION AUTOMATICO



Segmento 5: ACTIVAR SALIDA



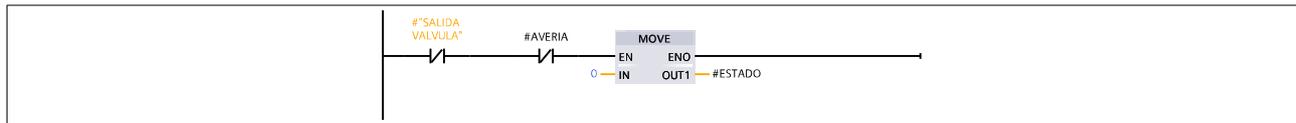
Segmento 6: AVERIA RESETEO ORDEN DE MARCHA MANUAL



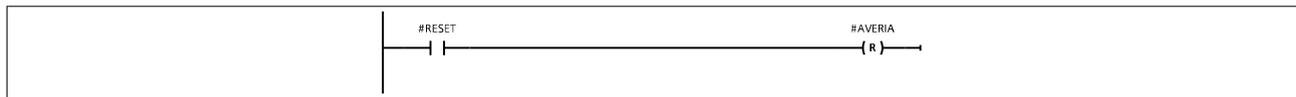
Segmento 7:



Segmento 8: ESTADO PARADO



Segmento 9: RESET AVERIA



ANALOGICAS [FC1]

ANALOGICAS Propiedades

General

Nombre ANALOGICAS Número 1 Tipo FC Idioma KOP

Numeración Automático

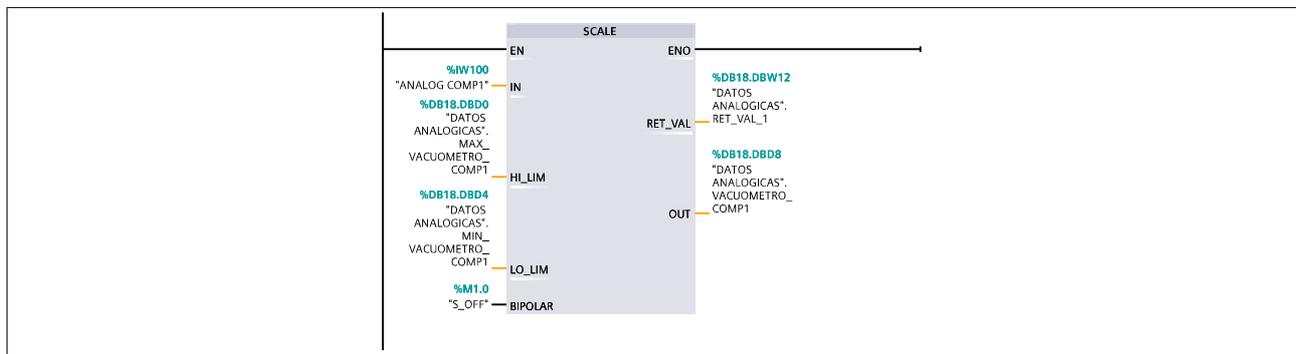
Información

Título Autor Comentario Familia

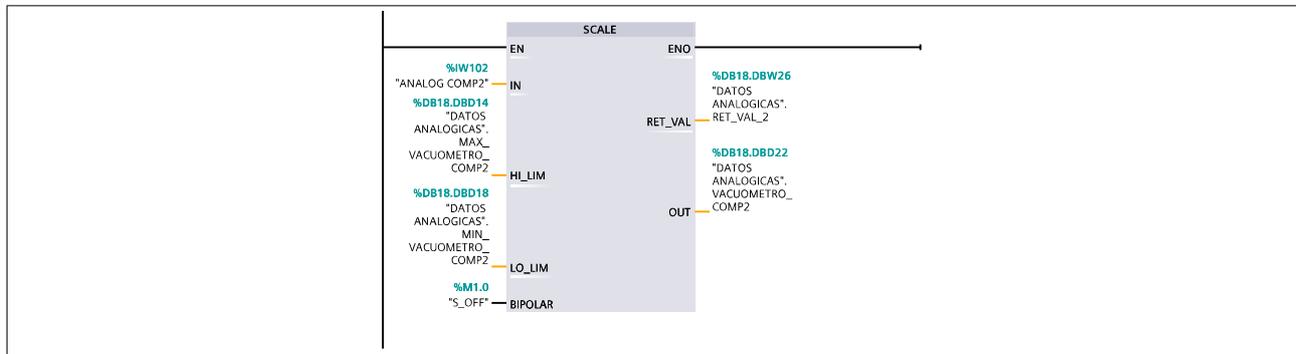
Versión 0.1 ID personalizada

Nombre	Tipo de datos	Offset	Valor predet.	Supervisión	Comentario
Input					
Output					
InOut					
Temp					
Constant					
▼ Return					
ANALOGICAS	Void				

Segmento 1: VACUOMETRO 1



Segmento 2: VACUOMETRO 2



FILTRO DE NIVELES [FC2]

FILTRO DE NIVELES Propiedades

General

Nombre: FILTRO DE NIVELES Número: 2 Tipo: FC Idioma: KOP

Numeración: Automático

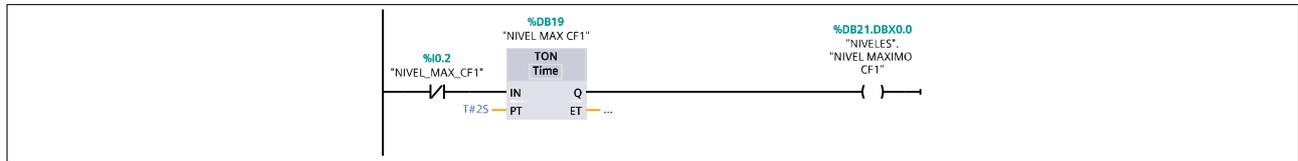
Información

Título: Autor: Comentario: Familia: ID personalizada:

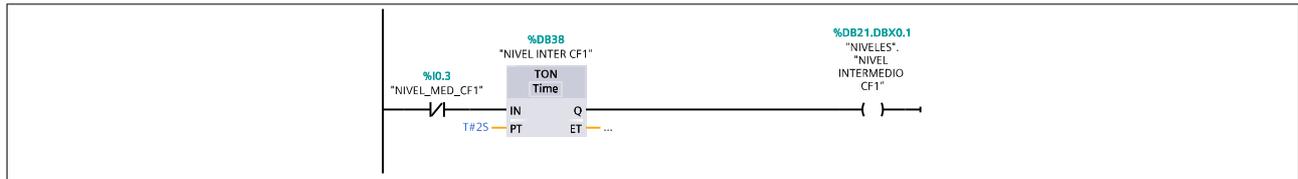
Versión: 0.1

Nombre	Tipo de datos	Offset	Valor predet.	Supervisión	Comentario
Input					
Output					
InOut					
Temp					
Constant					
Return					
FILTRO DE NIVELES	Void				

Segmento 1: NIVEL MAXIMO CF1



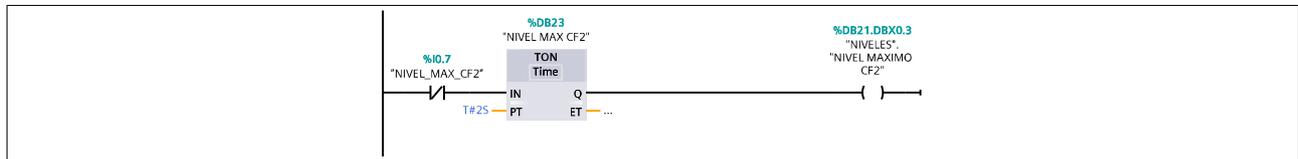
Segmento 2: NIVEL INTERMEDIO CF1



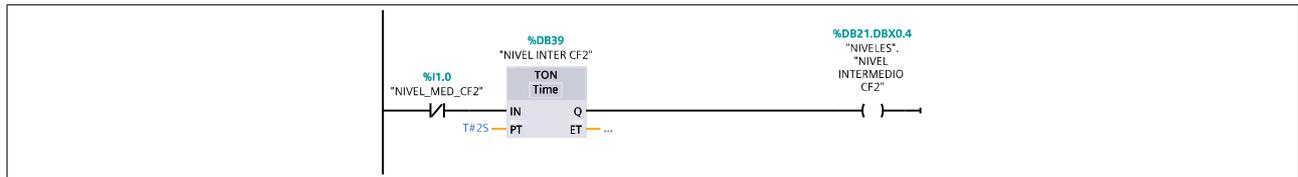
Segmento 3: NIVEL MINIMO CF1



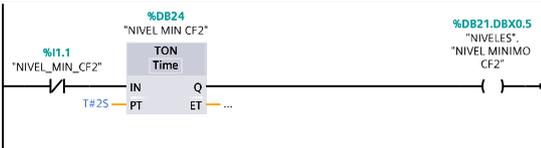
Segmento 4: NIVEL MAXIMO CF2



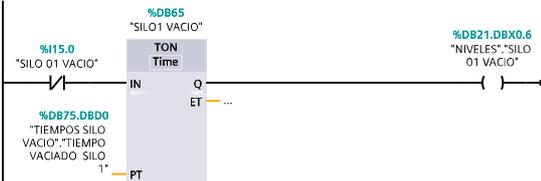
Segmento 5: NIVEL INTERMEDIO CF2



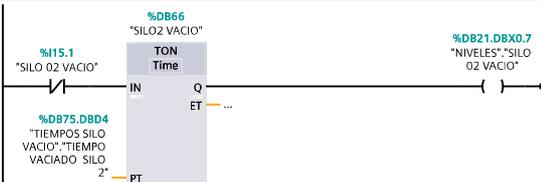
Segmento 6: NIVEL MINIMO CF2



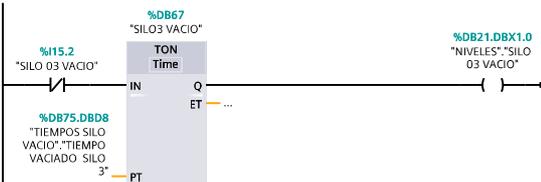
Segmento 7: NIVEL DEPOSITO VACIO SILO 1



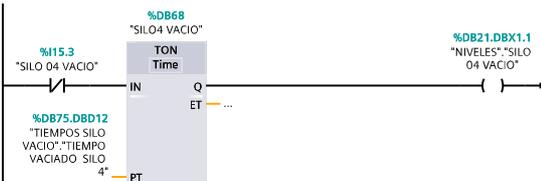
Segmento 8: NIVEL DEPOSITO VACIO SILO 2



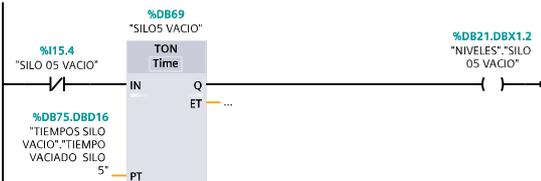
Segmento 9: NIVEL DEPOSITO VACIO SILO 3



Segmento 10: NIVEL DEPOSITO VACIO SILO 4



Segmento 11: NIVEL DEPOSITO VACIO SILO 5



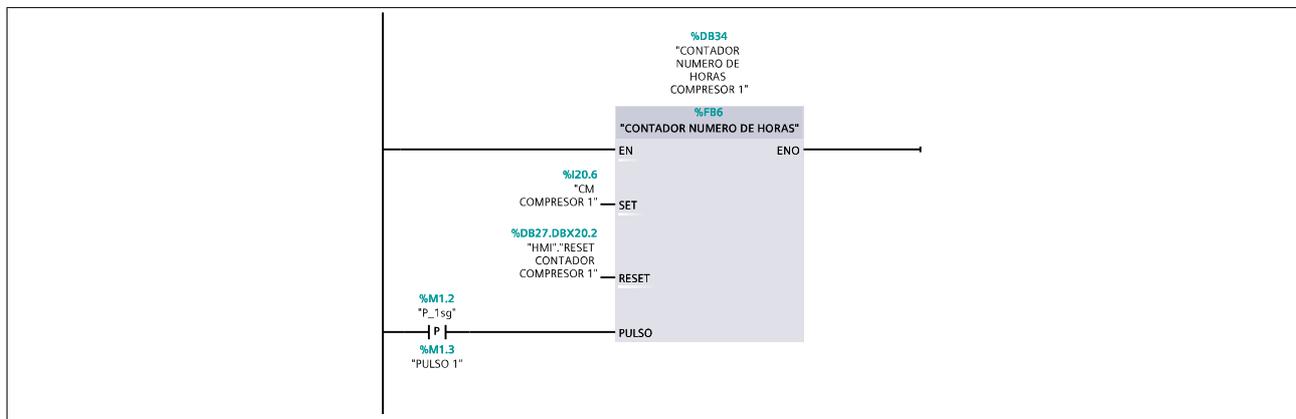
GESTION DE AUTOMATICO [FC3]

GESTION DE AUTOMATICO Propiedades

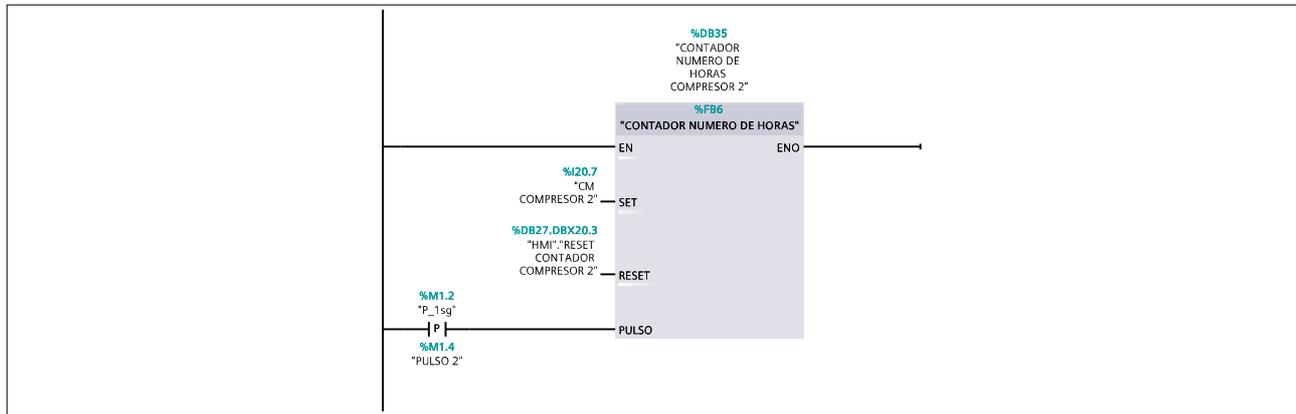
General							
Nombre	GESTION DE AUTOMATICO	Número	3	Tipo	FC	Idioma	KOP
Numeración	Automático						
Información							
Título		Autor		Comentario		Familia	
Versión	0.1	ID personalizada					

Nombre	Tipo de datos	Offset	Valor predet.	Supervisión	Comentario
Input					
Output					
InOut					
Temp					
Constant					
▼ Return					
GESTION DE AUTOMATICO	Void				

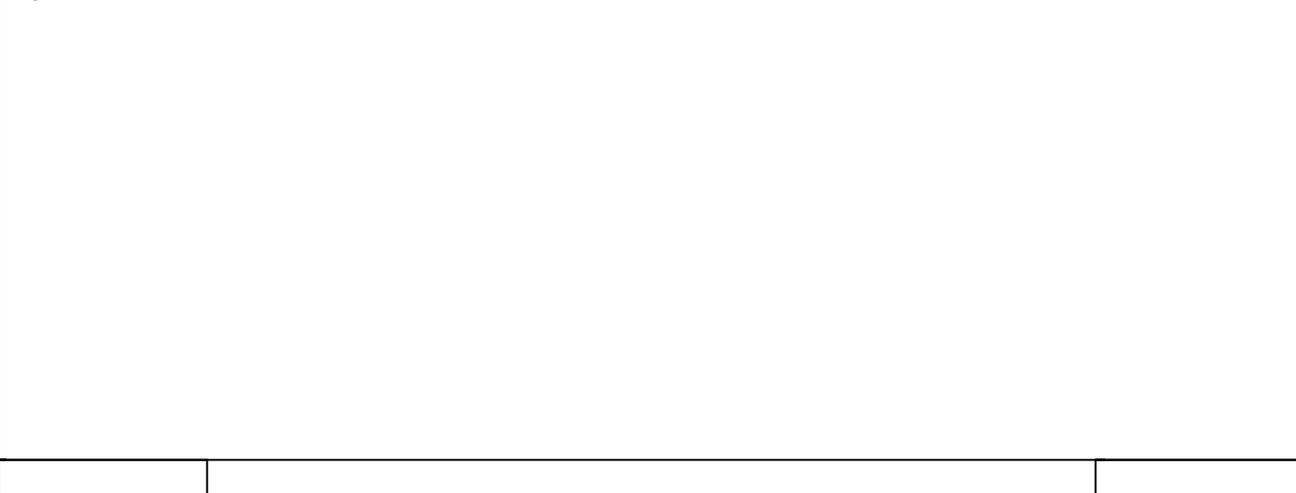
Segmento 1: CONTADOR DE HORAS COMPRESOR 1

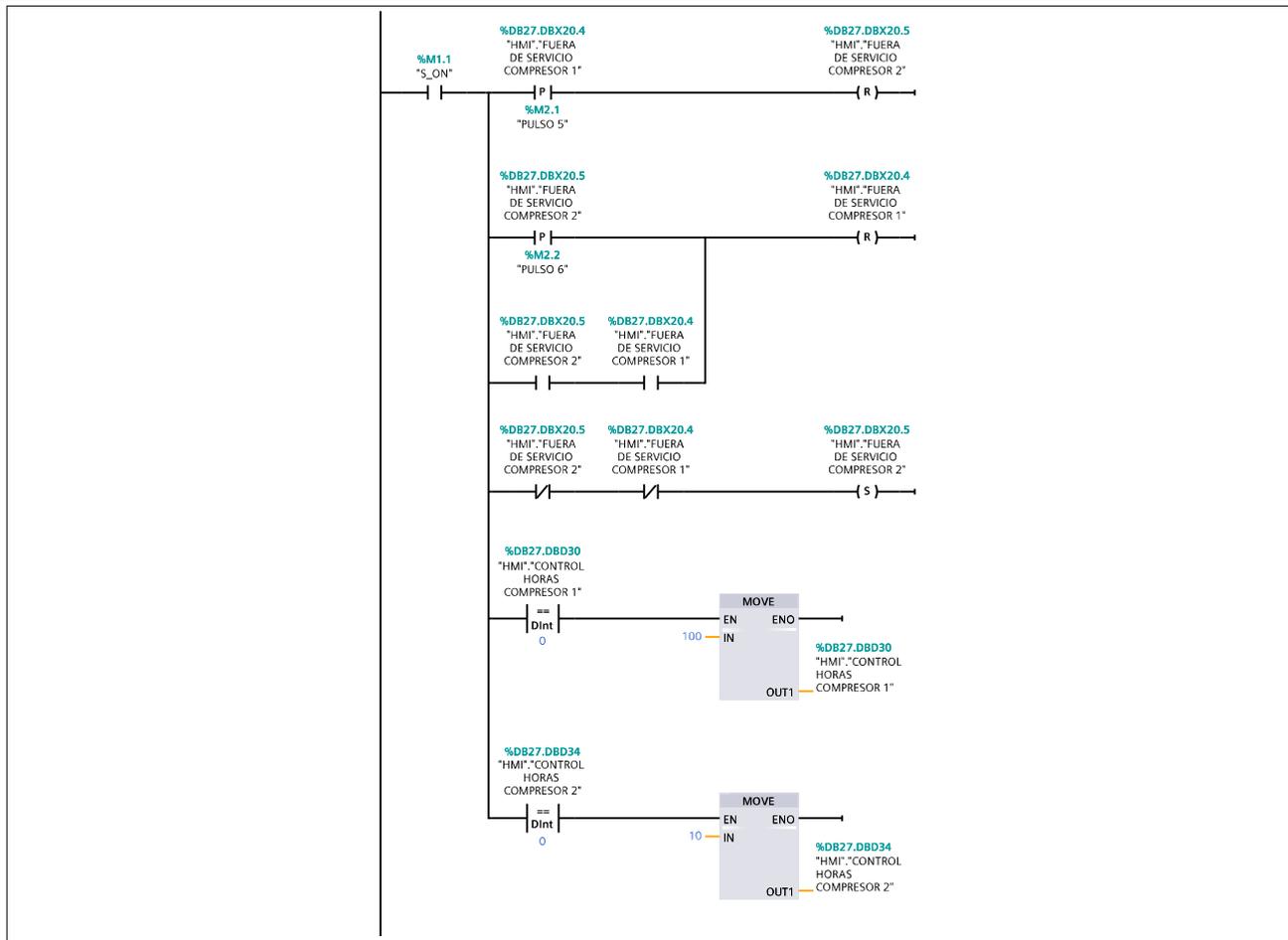


Segmento 2: CONTADOR DE HORAS COMPRESOR 2



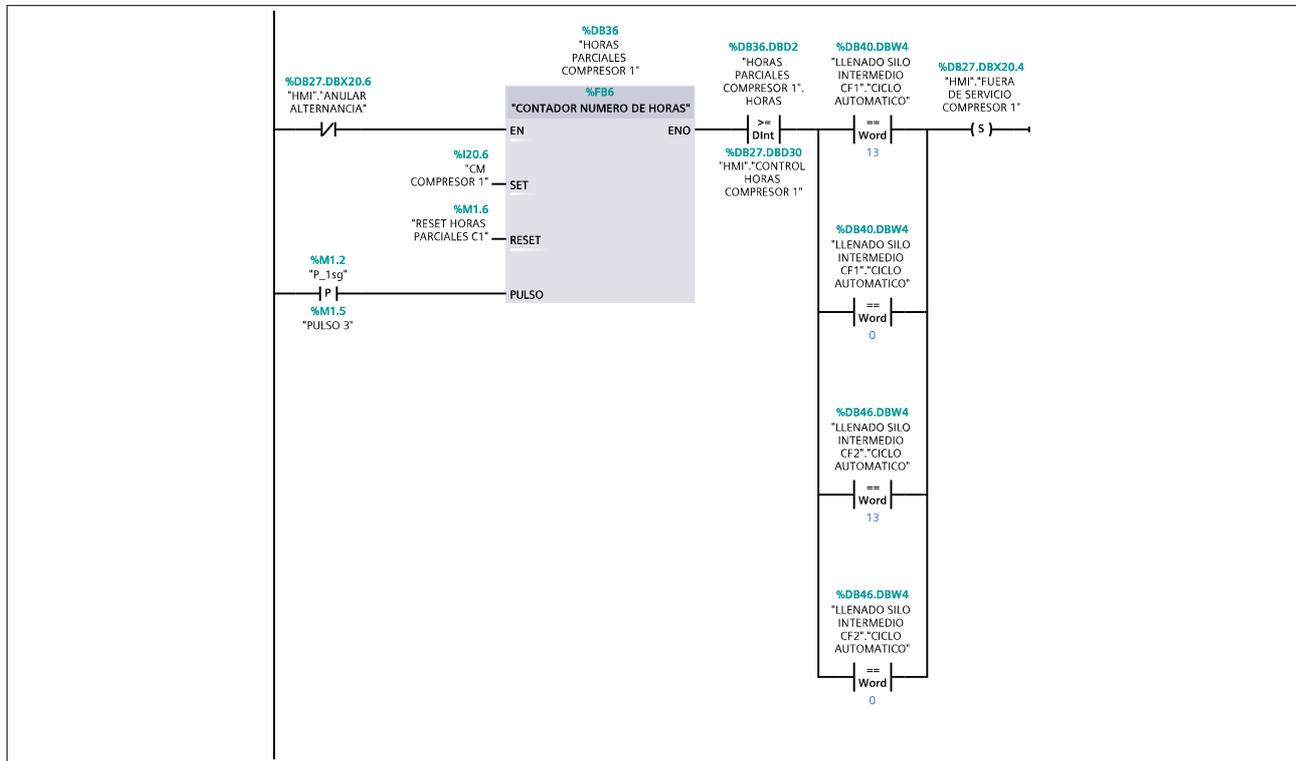
Segmento 3: CONDICIONES FUERA DE SERVICIO COMPRESORES



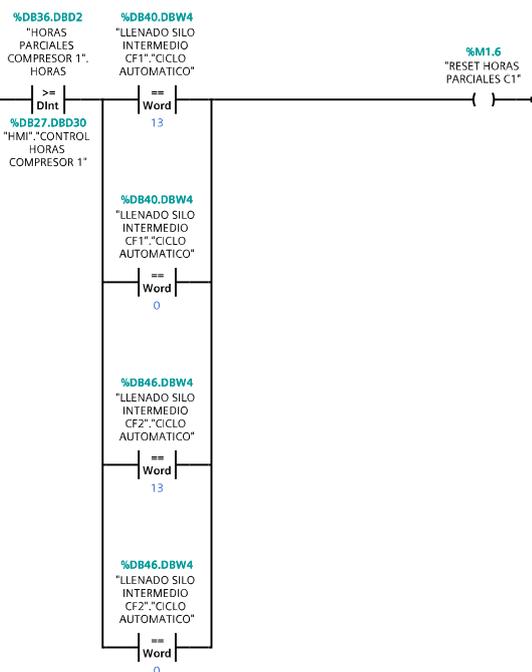


Segmento 4: ALTERNANCIA POR NUMERO DE HORAS PARCIALES COMPRESOR 1

SUSTITUIR MW56 POR CICLO AUTOMATICO DE LLENADO CORRESPONDIENTE DEBE ESTAR EN PAUSA EL CICLO O PARADO (CICLO = 0 O CICLO = 13)

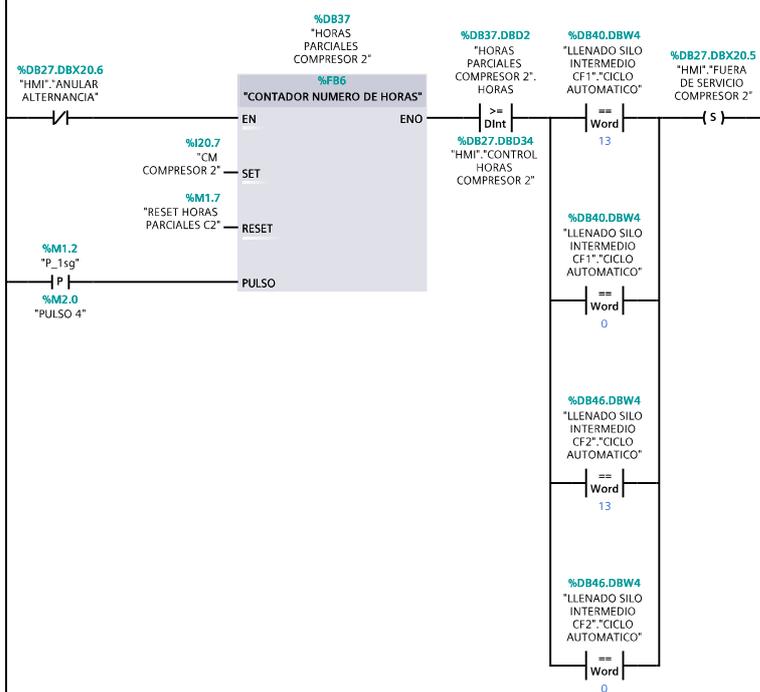


Segmento 5: RESET CONTADOR PARCIAL COMPRESOR 1

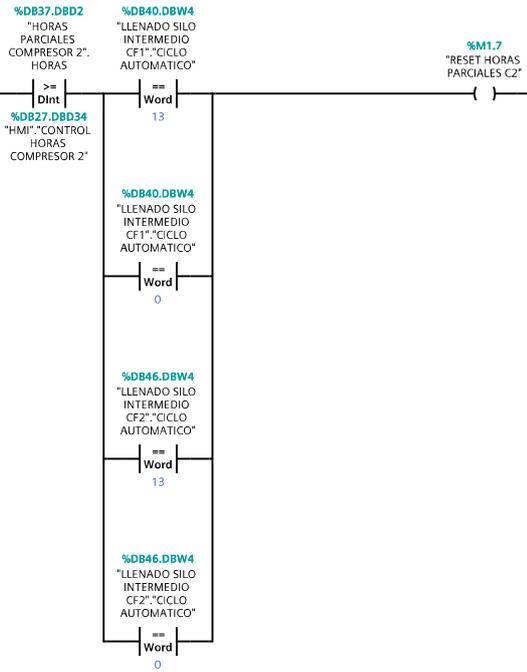


Segmento 6: ALTERNANCIA POR NUMERO DE HORAS PARCIALES COMPRESOR 2

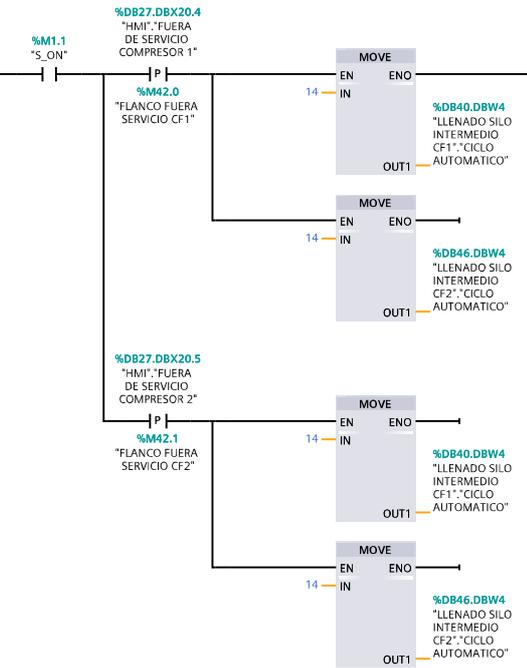
SUSTITUIR MW56 POR CICLO AUTOMATICO DE LLENADO CORRESPONDIENTE



Segmento 7: RESET CONTADOR PARCIAL COMPRESOR 2

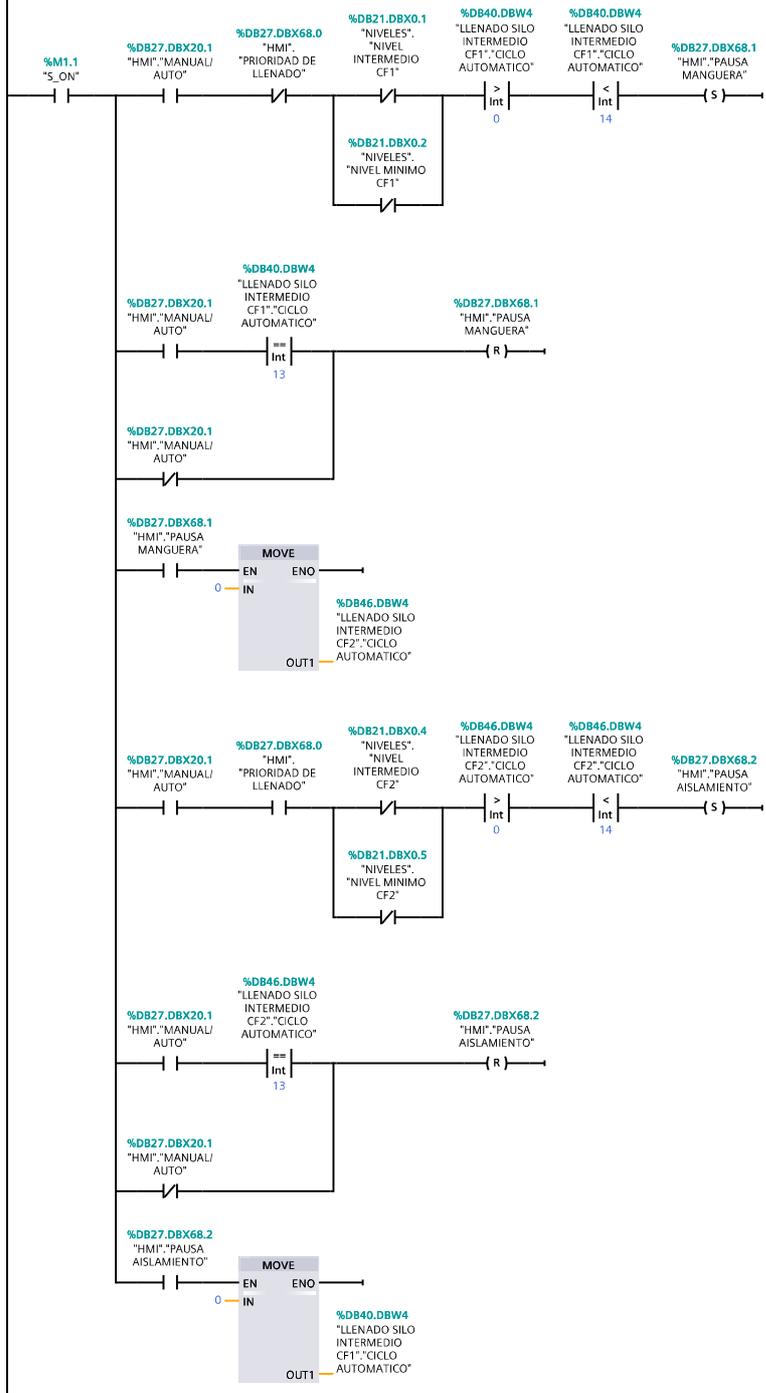


Segmento 8: PASO CICLO A 14 UNA VEZ REALIZADA LA ALTERNANCIA DE COMPRESORES

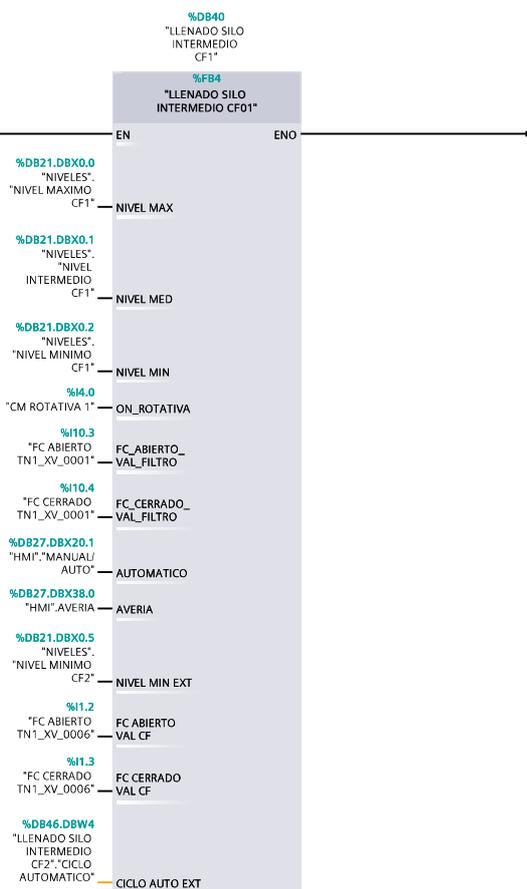


Segmento 9: ALTERNANCIA ENTRE SILOS INTERMEDIOS ENTRE AISLAMIENTO Y MANGUERA

PAUSA MANGUERA PRIORIDAD DE LLENADO = 0
 PAUSA AISLAMIENTO PRIORIDAD DE LLENADO = 1

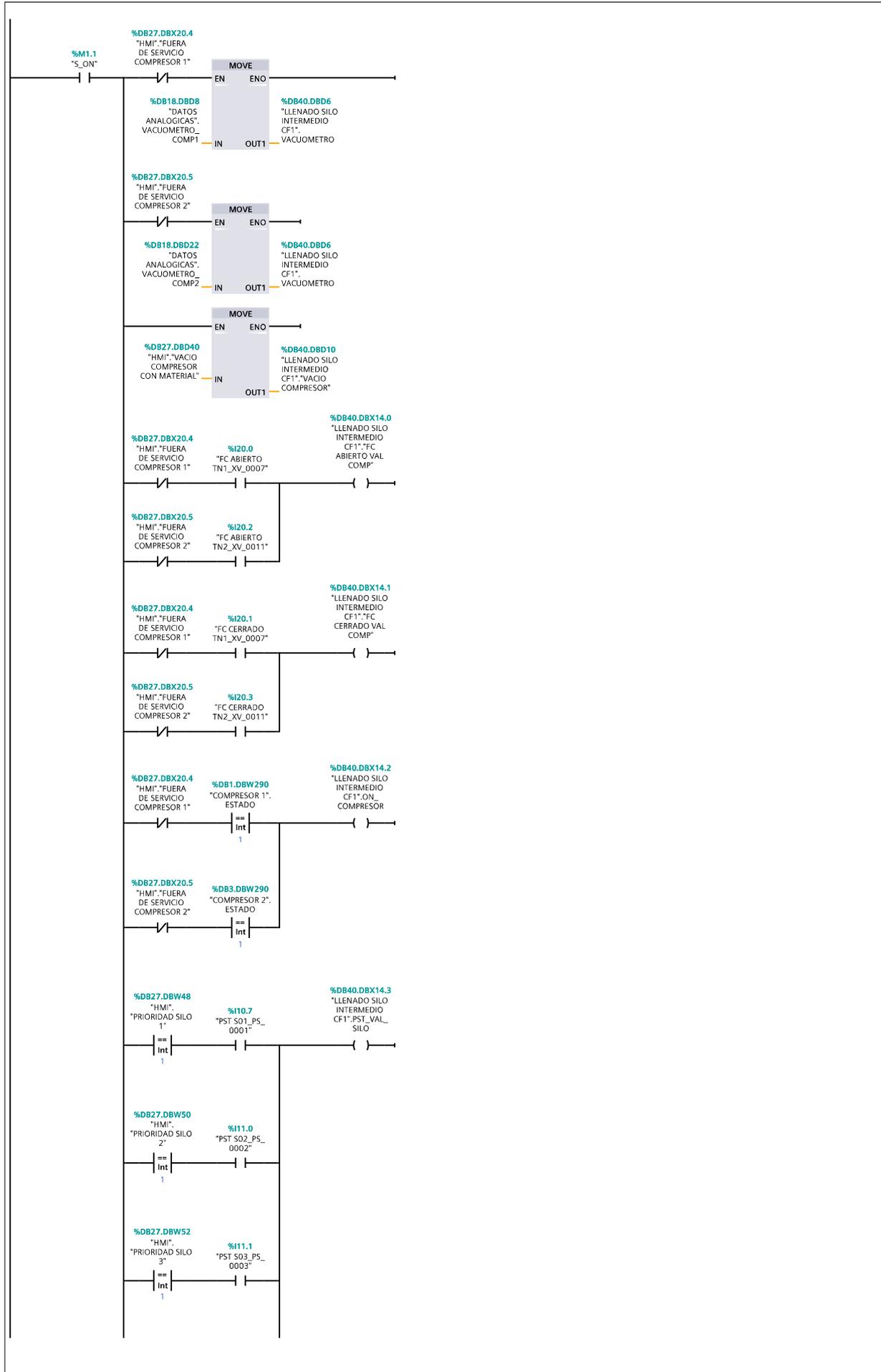


Segmento 10: CICLO AUTOMATICO CF1



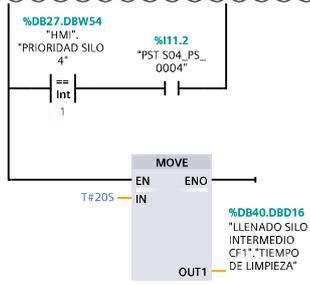
Segmento 11: DATOS LLENADO AUTOMATICO CF1

Segmento 11: DATOS LLENADO AUTOMATICO CF1 (1.1 / 2.1)

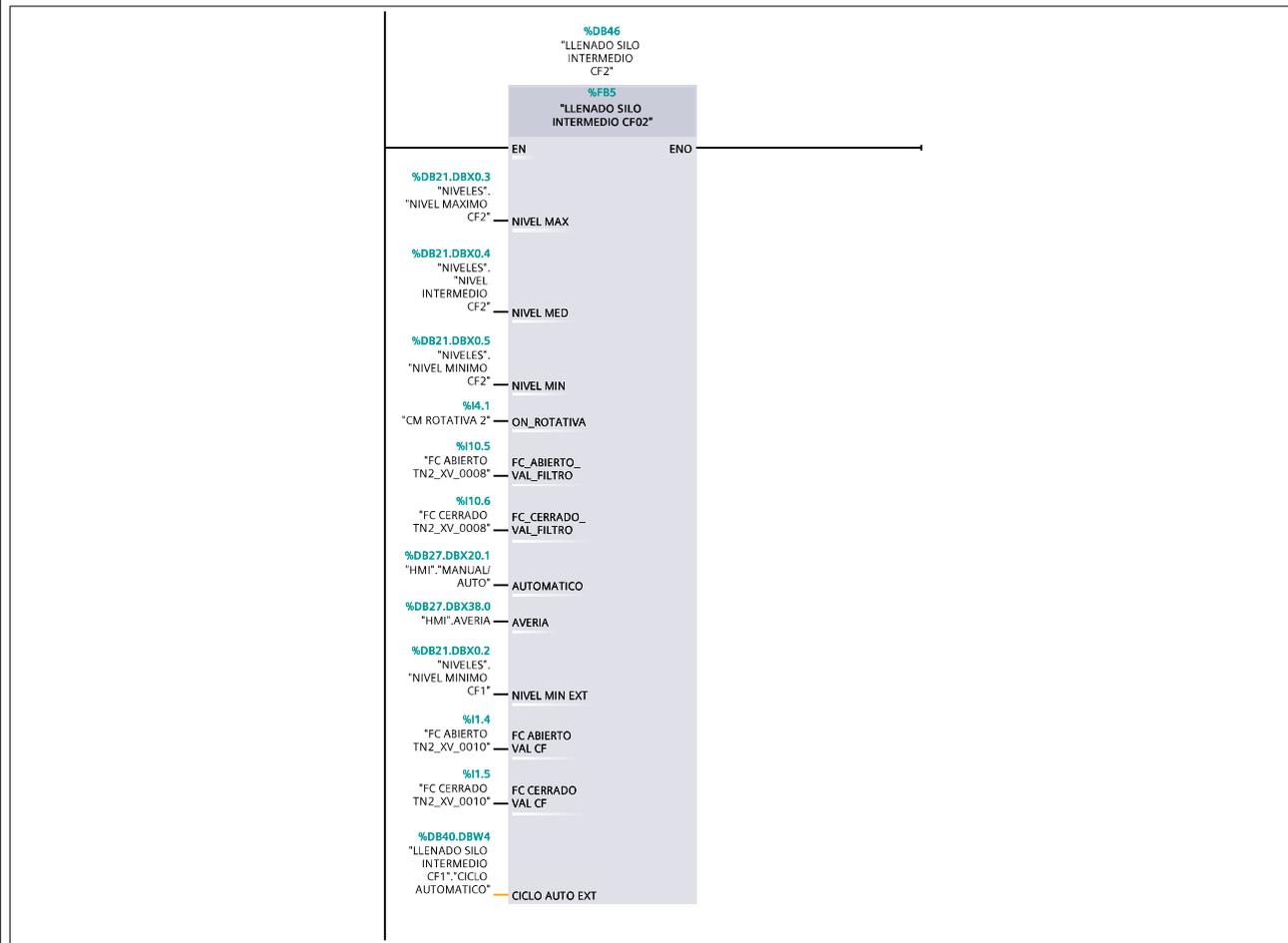


Segmento 11: DATOS LLENADO AUTOMATICO CF1 (2.1 / 2.1)

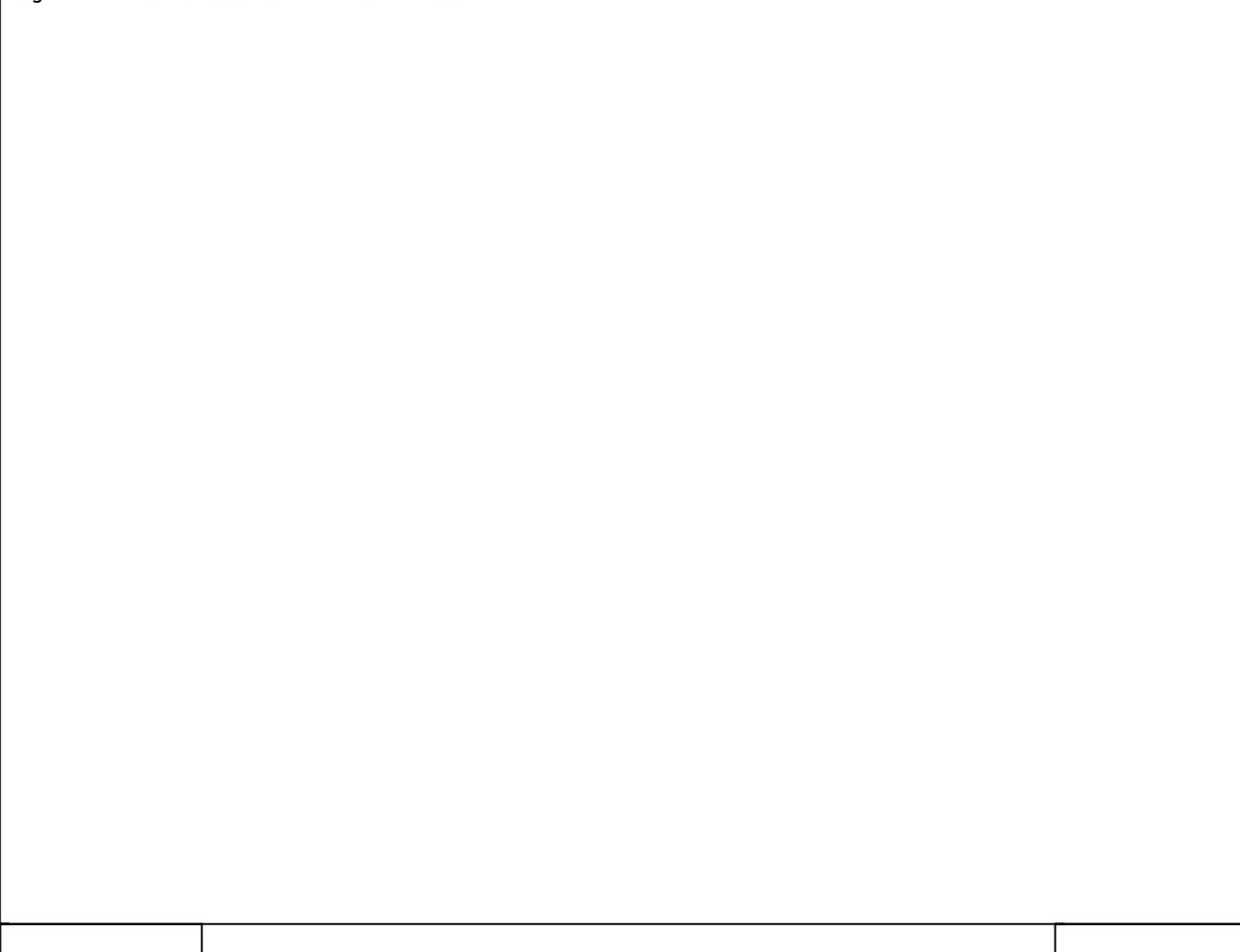
1.1 (Página1 - 7)

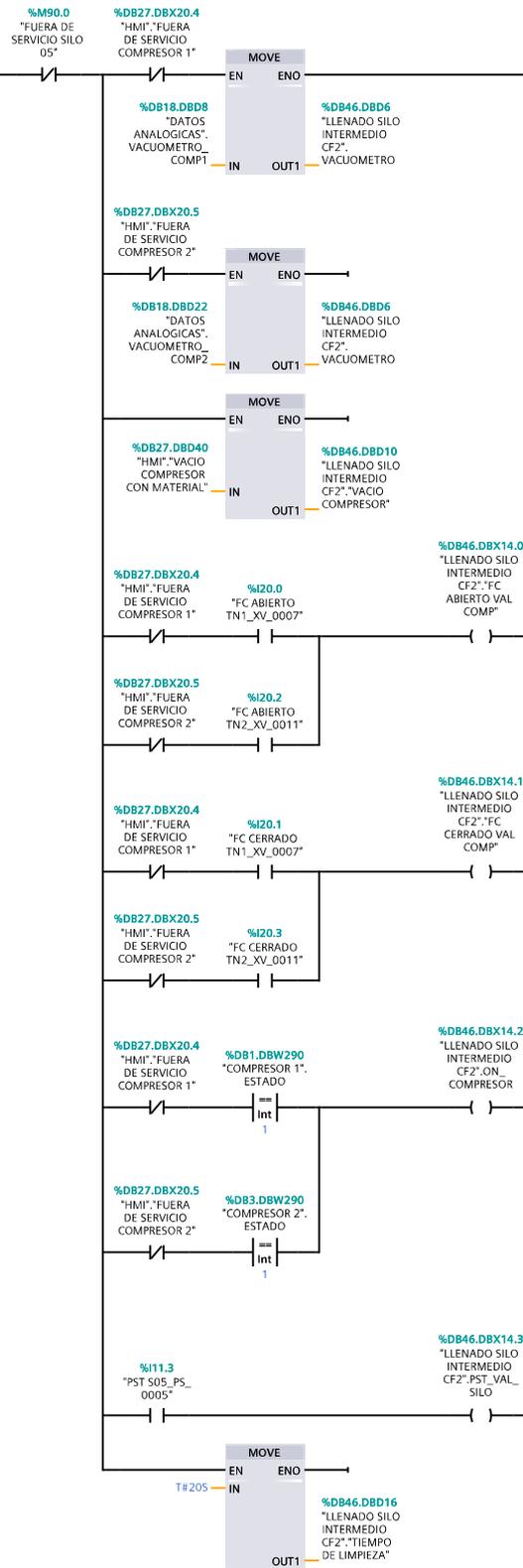


Segmento 12: CICLO AUTOMATICO CF2



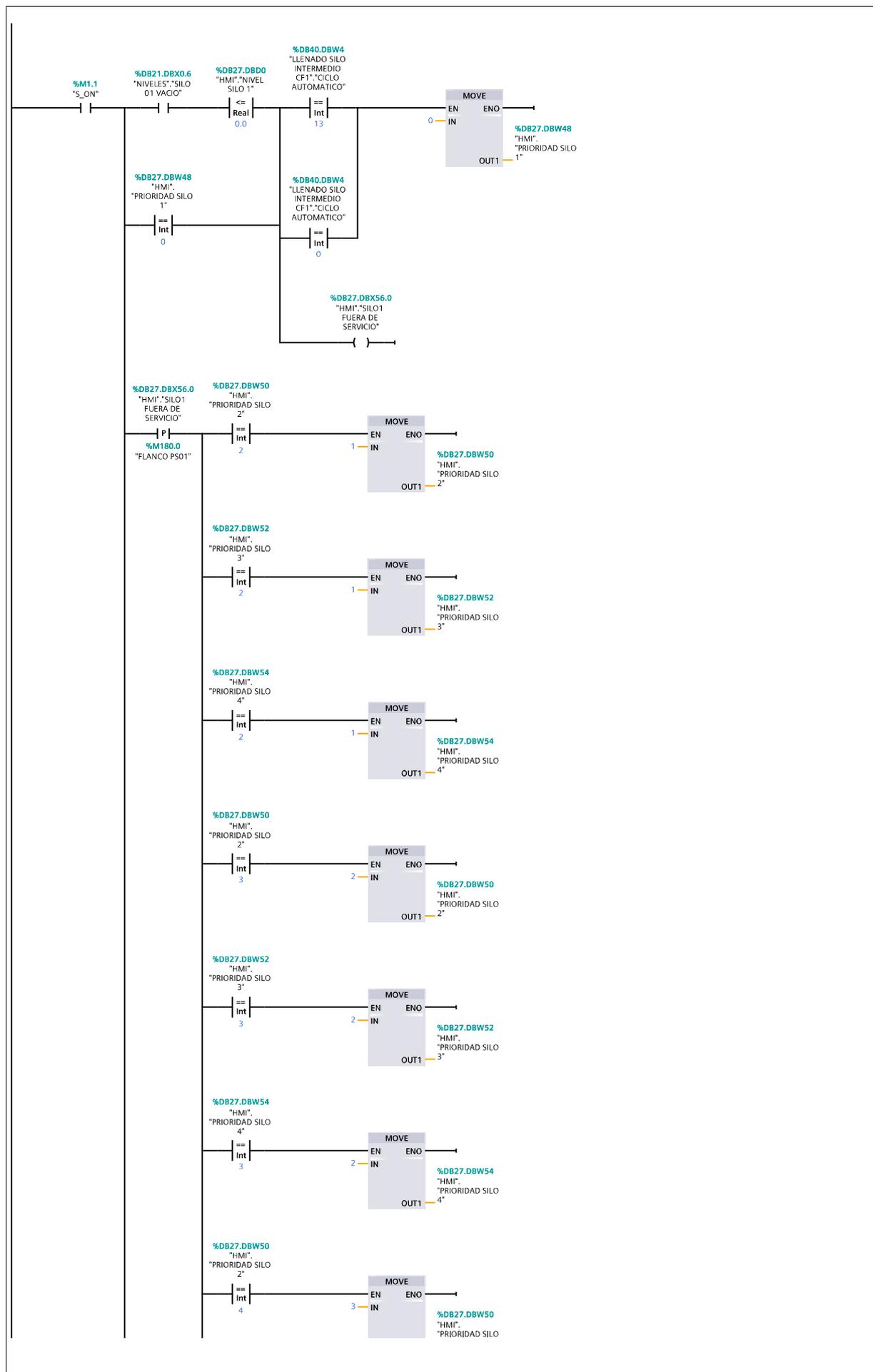
Segmento 13: DATOS LLENADO AUTOMATICO CF2





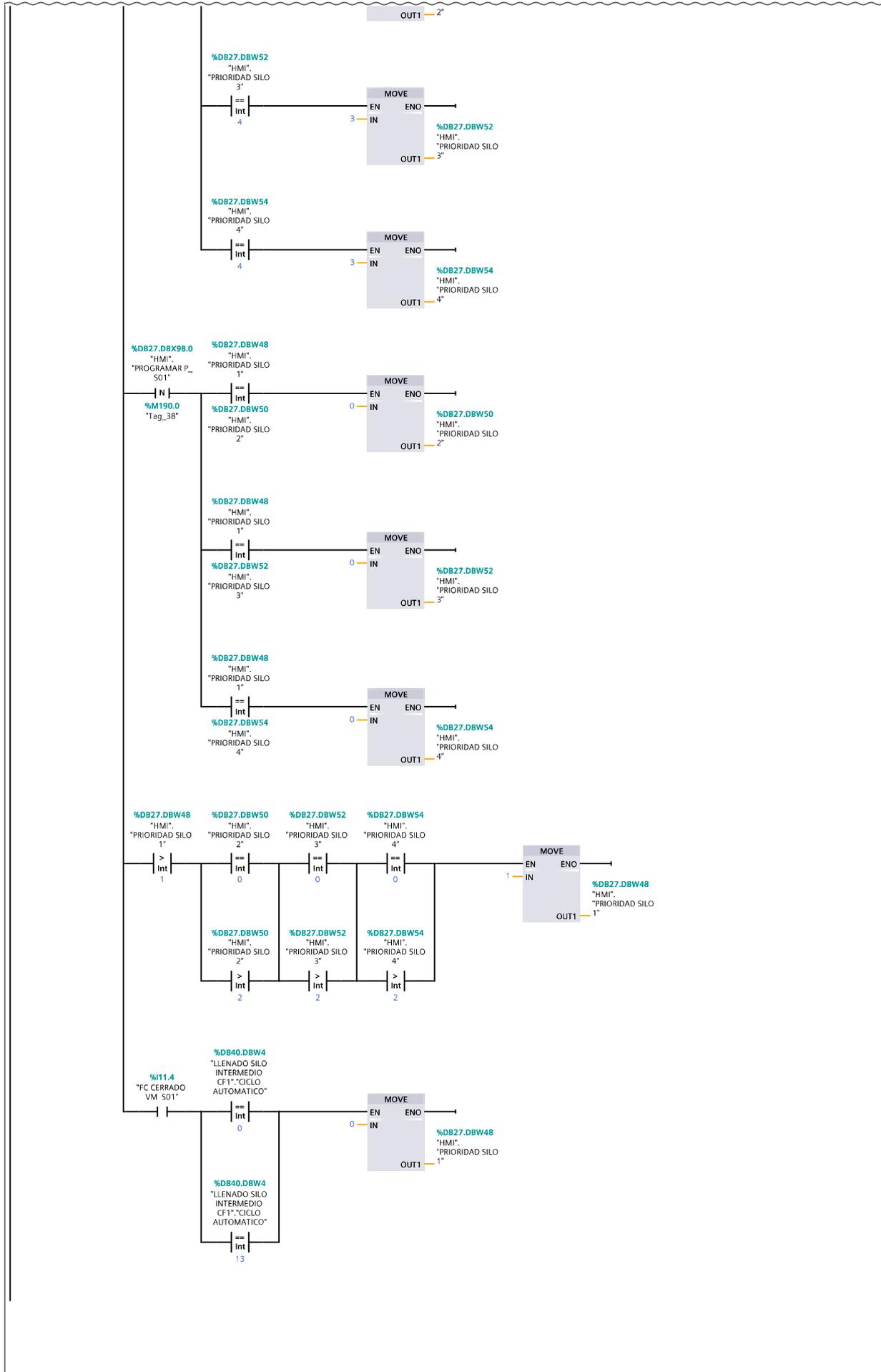
Segmento 14: GESTION DE PRIORIDADES SILO 1

Segmento 14: GESTION DE PRIORIDADES SILO 1 (1.1 / 2.1)



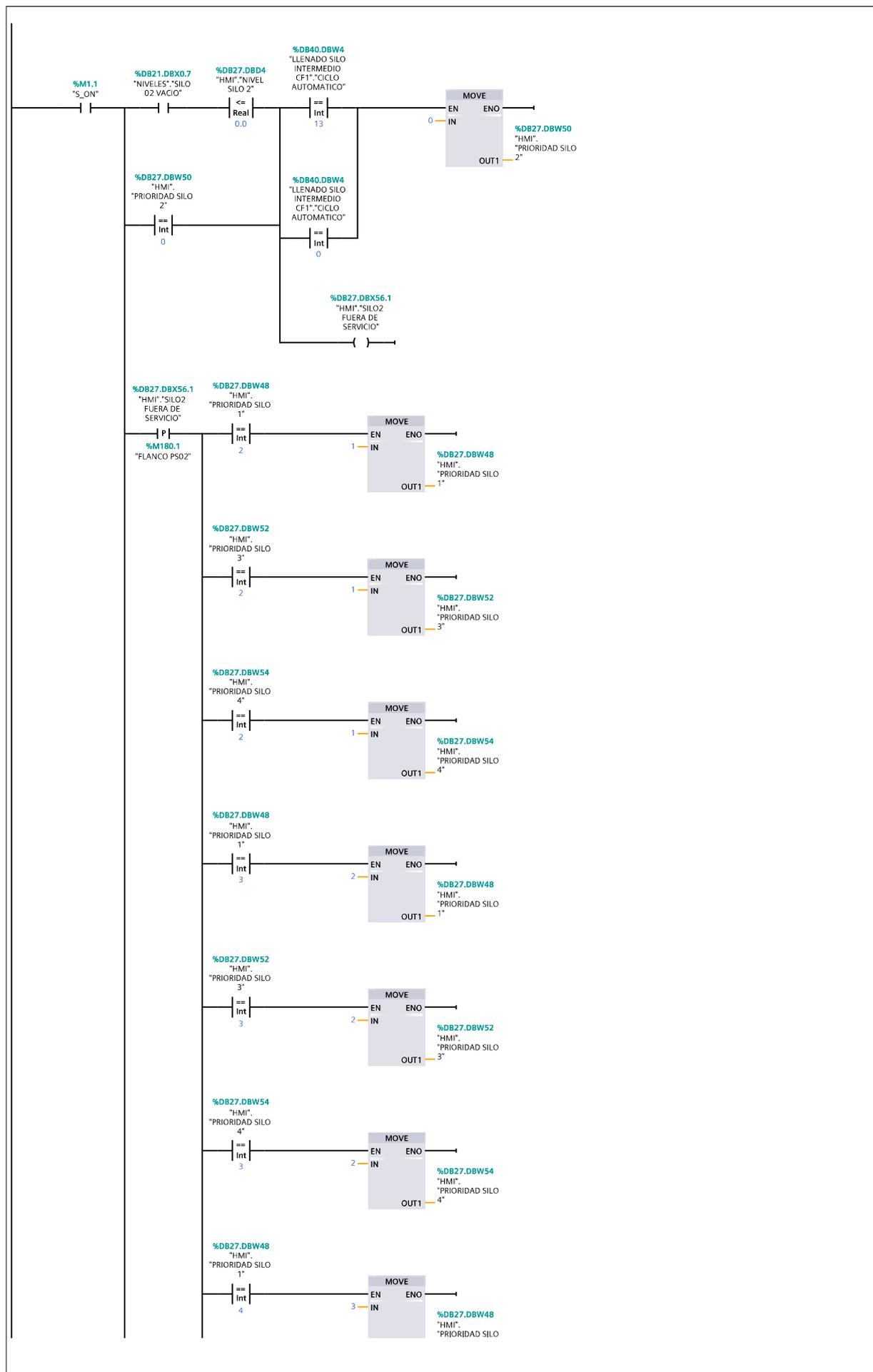
Segmento 14: GESTION DE PRIORIDADES SILO 1 (2.1 / 2.1)

1.1 (Página1 - 11)



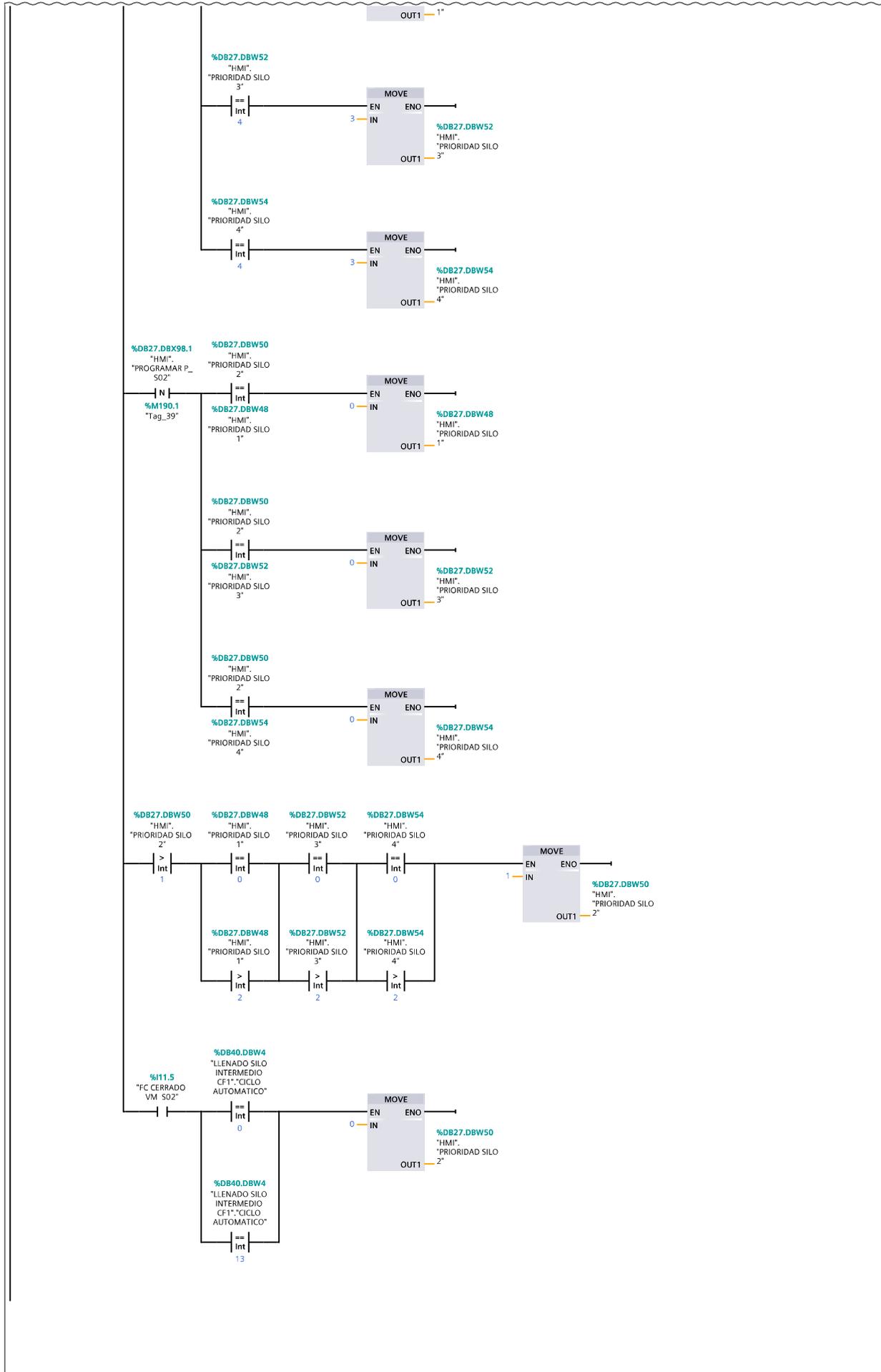
Segmento 15: GESTION DE PRIORIDADES SILO 2

Segmento 15: GESTION DE PRIORIDADES SILO 2 (1.1 / 2.1)



Segmento 15: GESTION DE PRIORIDADES SILO 2 (2.1 / 2.1)

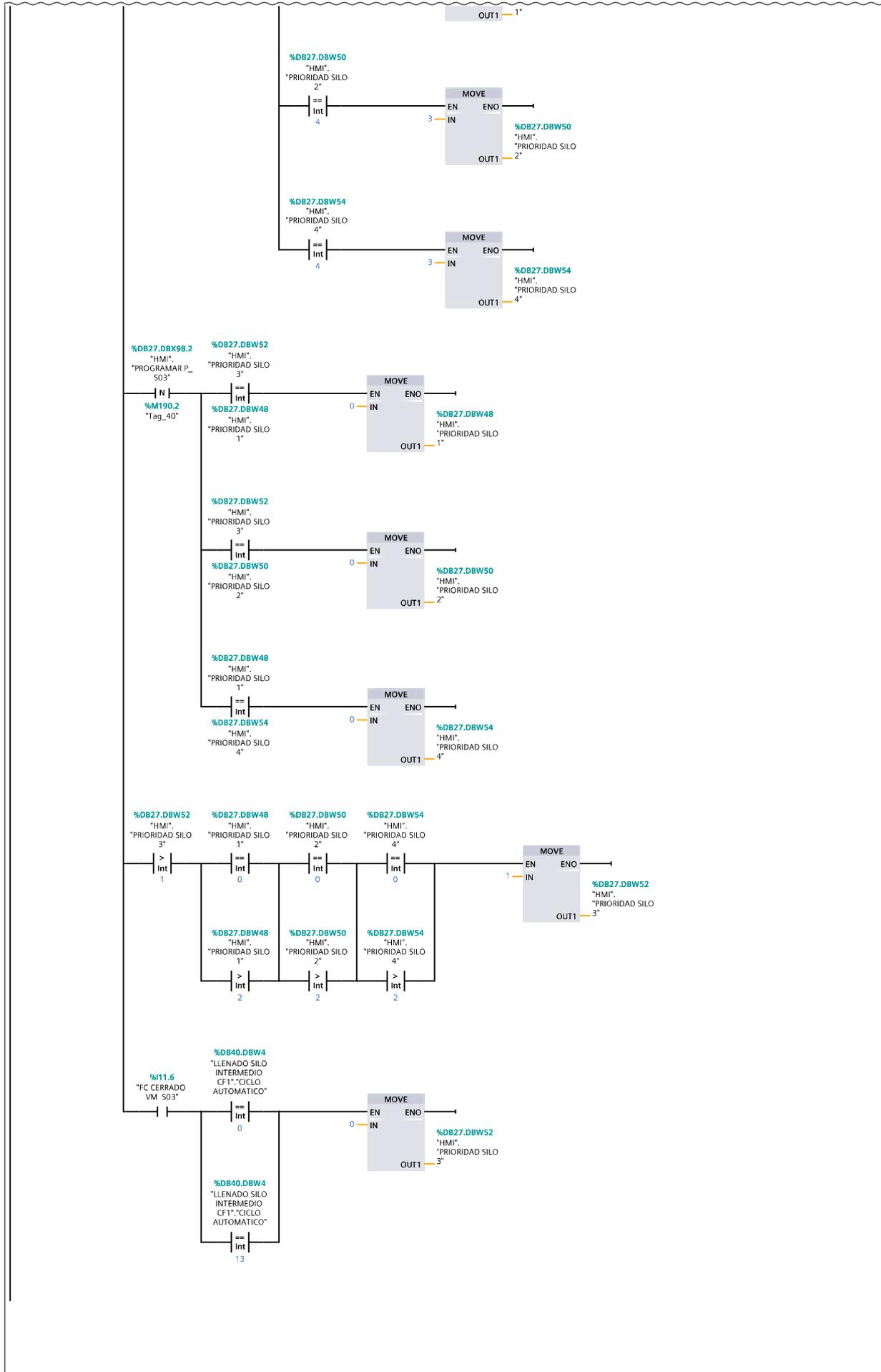
1.1 (Página1 - 14)



Segmento 16: GESTION DE PRIORIDADES SILO 3

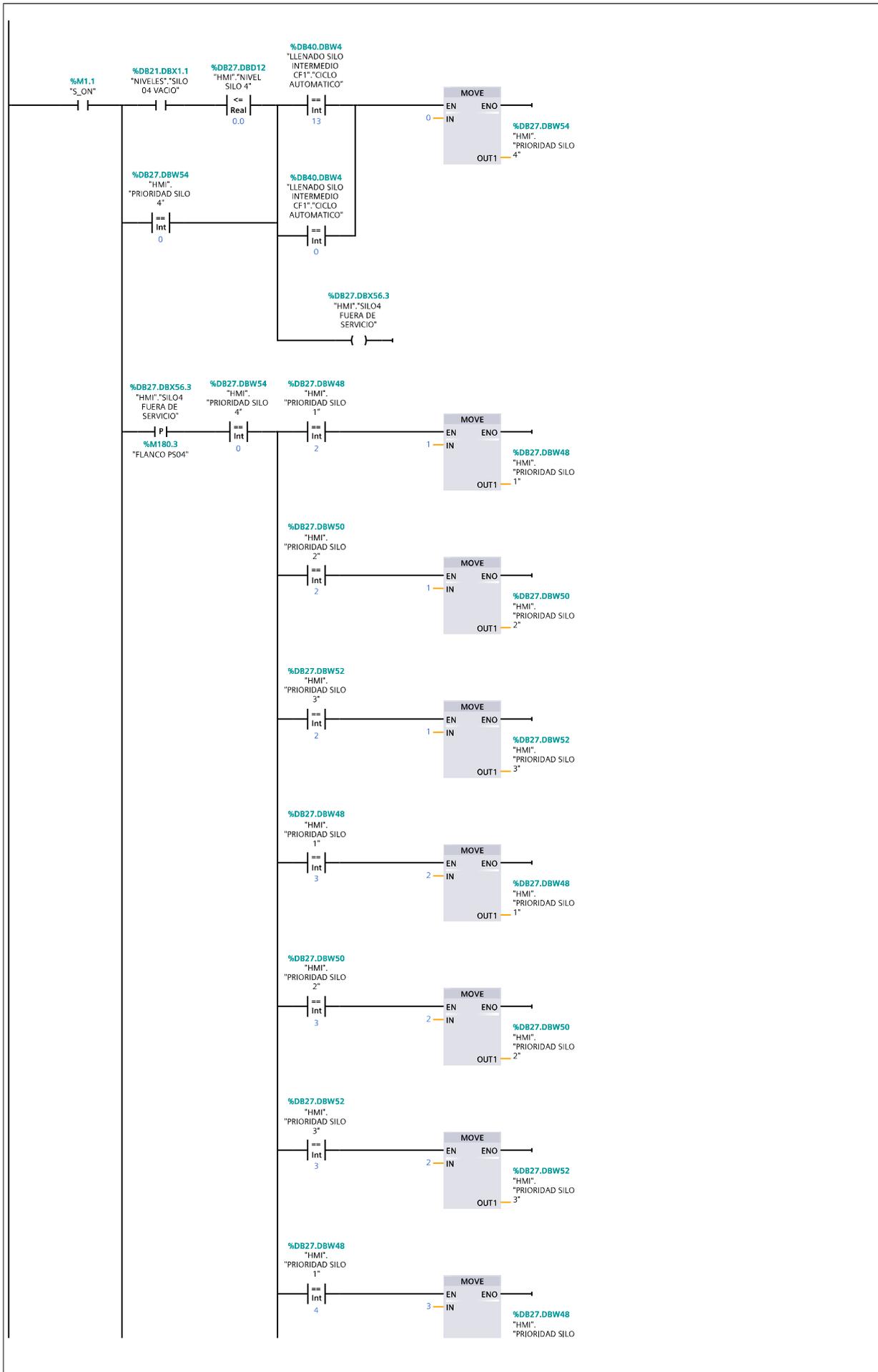
Segmento 16: GESTION DE PRIORIDADES SILO 3 (2.1 / 2.1)

1.1 (Página1 - 17)

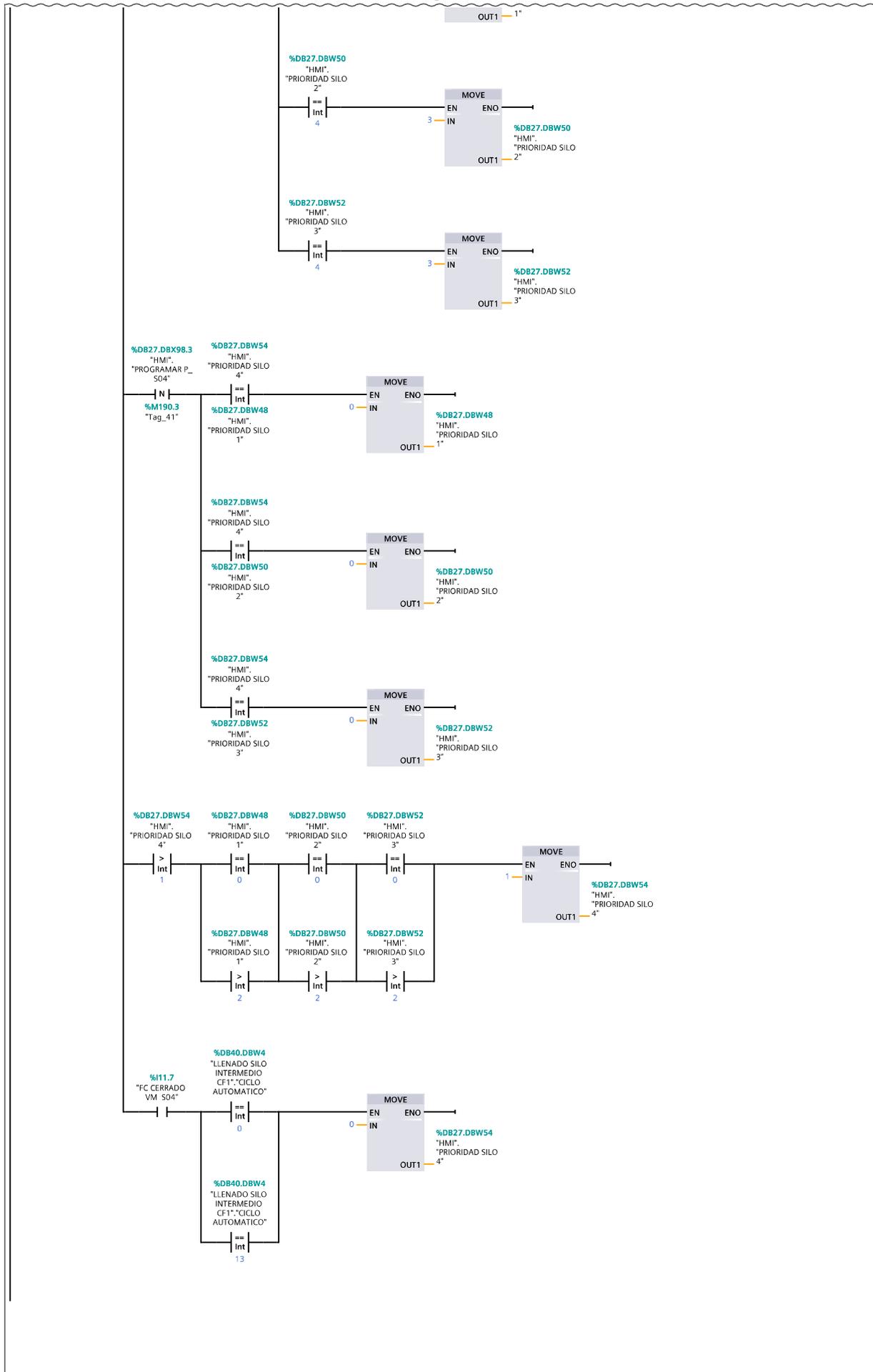


Segmento 17: GESTION DE PRIORIDADES SILO 4

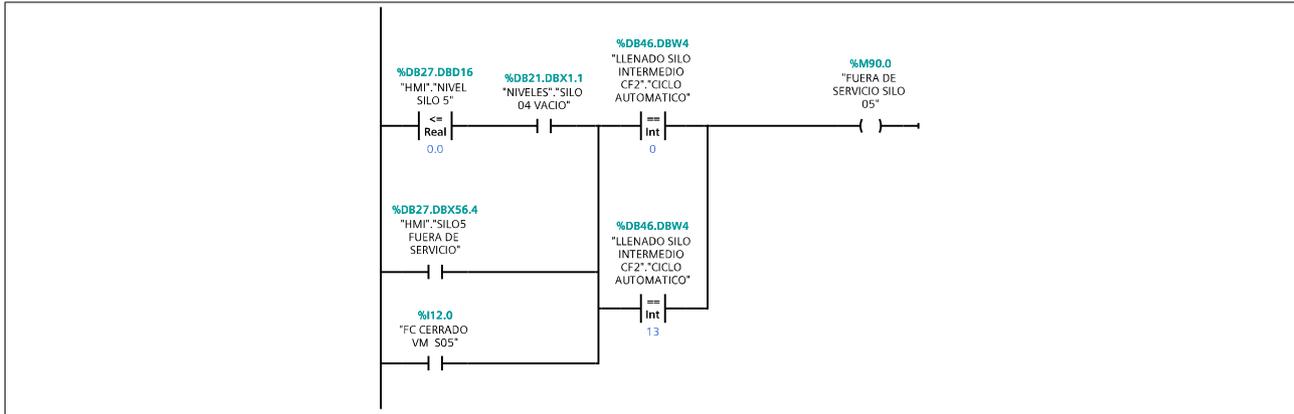
Segmento 17: GESTION DE PRIORIDADES SILO 4 (1.1 / 2.1)



Segmento 17: GESTION DE PRIORIDADES SILO 4 (2.1 / 2.1)



Segmento 18: FUERA DE SERVICIO SILO 5 ESTADO VACIO



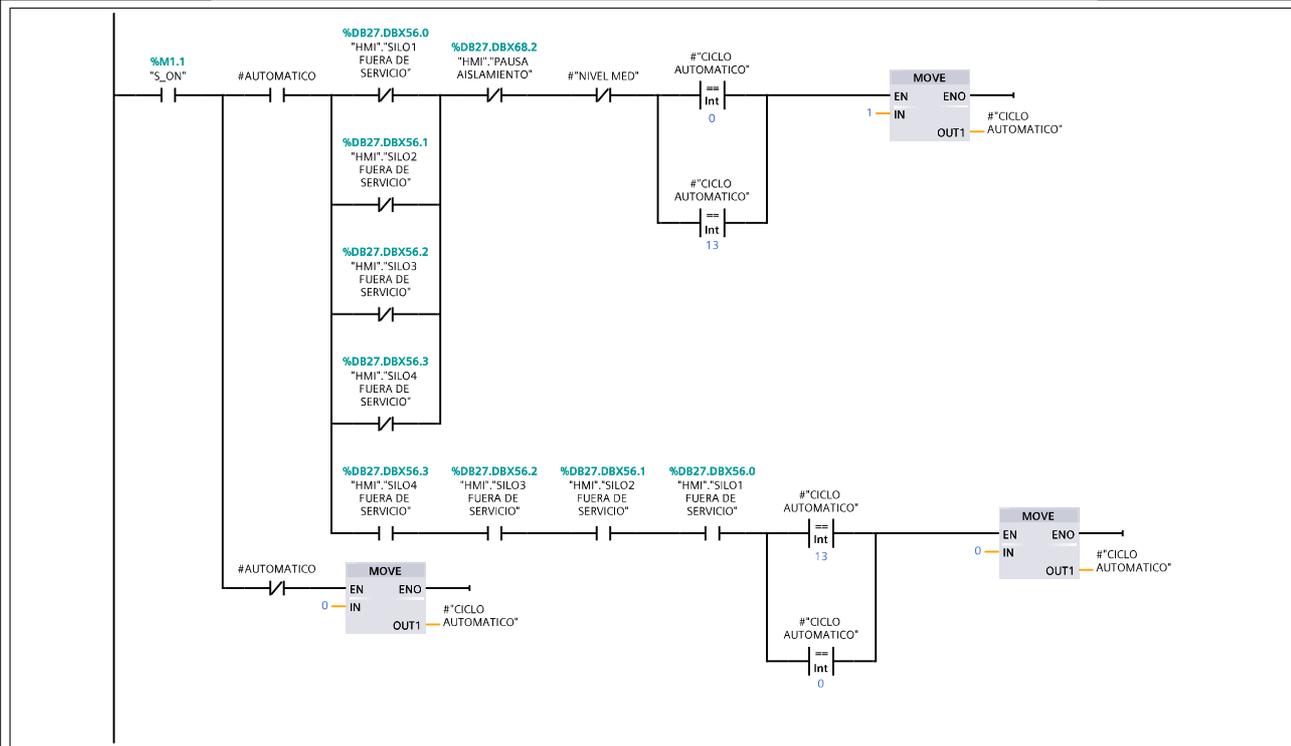
LLENADO SILO INTERMEDIO CF01 [FB4]

LLENADO SILO INTERMEDIO CF01 Propiedades

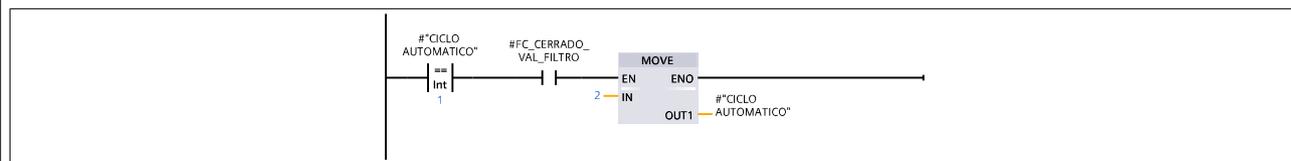
General							
Nombre	LLENADO SILO INTERMEDIO CF01	Número	4	Tipo	FB	Idioma	KOP
Numeración	Automático						
Información							
Título		Autor		Comentario		Familia	
Versión	0.1	ID personalizada					

Nombre	Tipo de datos	Offset	Valor predet.	Accesible desde HMI/OPC UA	Escribible desde HMI/OPC UA	Visible en HMI Engineering	Valor de ajuste	Supervisión	Comentario
▼ Input									
NIVEL MAX	Bool	0.0	false	True	True	True	False		
NIVEL MED	Bool	0.1	false	True	True	True	False		
NIVEL MIN	Bool	0.2	false	True	True	True	False		
ON_ROTATIVA	Bool	0.3	false	True	True	True	False		
FC_ABIERTO_VAL_FILTRO	Bool	0.4	false	True	True	True	False		
FC_CERRADO_VAL_FILTRO	Bool	0.5	false	True	True	True	False		
AUTOMATICO	Bool	0.6	false	True	True	True	False		
AVERIA	Bool	0.7	false	True	True	True	False		
NIVEL MIN EXT	Bool	1.0	false	True	True	True	False		
FC_ABIERTO VAL CF	Bool	1.1	false	True	True	True	False		
FC_CERRADO VAL CF	Bool	1.2	false	True	True	True	False		
CICLO AUTO EXT	Int	2.0	0	True	True	True	False		
Output									
InOut									
▼ Static									
CICLO AUTOMATICO	Int	4.0	0	True	True	True	False		
VACUOMETRO	Real	6.0	0.0	True	True	True	False		
VACIO COMPRESOR	Real	10.0	0.0	True	True	True	False		
FC_ABIERTO VAL COMP	Bool	14.0	false	True	True	True	False		
FC_CERRADO VAL COMP	Bool	14.1	false	True	True	True	False		
ON_COMPRESOR	Bool	14.2	false	True	True	True	False		
PST_VAL_SILO	Bool	14.3	false	True	True	True	False		
TIEMPO DE LIMPIEZA	Time	16.0	T#0ms	True	True	True	False		
▼ TIEMPO DE PARO GENERAL	TON	20.0		True	True	True	False		
▼ Input									
IN	Bool	20.0	false	True	True	True	False		
PT	Time	22.0	T#0MS	True	True	True	False		
▼ Output									
Q	Bool	26.0	false	True	True	True	False		
ET	Time	28.0	T#0MS	True	True	True	False		
InOut									
▼ Static									
STATE	Byte	32.0	16#0	True	True	True	False		
STIME	Time	34.0	T#0MS	True	True	True	False		
ATIME	Time	38.0	T#0MS	True	True	True	False		
▼ TIEMPO LIMPIEZA	TON	42.0		True	True	True	False		
▼ Input									
IN	Bool	42.0	false	True	True	True	False		
PT	Time	44.0	T#0MS	True	True	True	False		
▼ Output									
Q	Bool	48.0	false	True	True	True	False		
ET	Time	50.0	T#0MS	True	True	True	False		
InOut									
▼ Static									
STATE	Byte	54.0	16#0	True	True	True	False		
STIME	Time	56.0	T#0MS	True	True	True	False		
ATIME	Time	60.0	T#0MS	True	True	True	False		
Temp									
Constant									

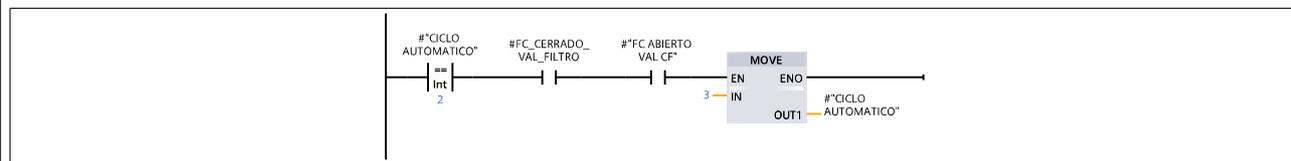
Segmento 1: INICIO DE CICLO AUTMATICO PETICION DE LLENADO



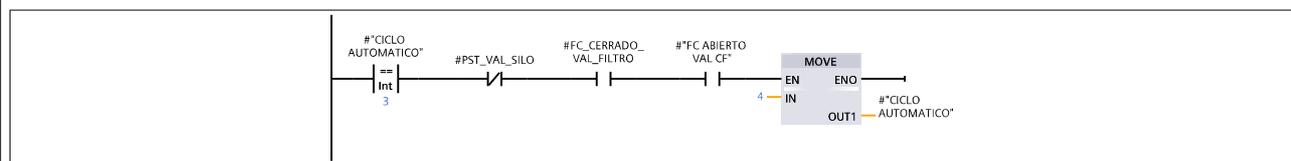
Segmento 2: CIERRO VALVULA LIMPIEZA/ASPIRACION SI ESTA ABIERTA



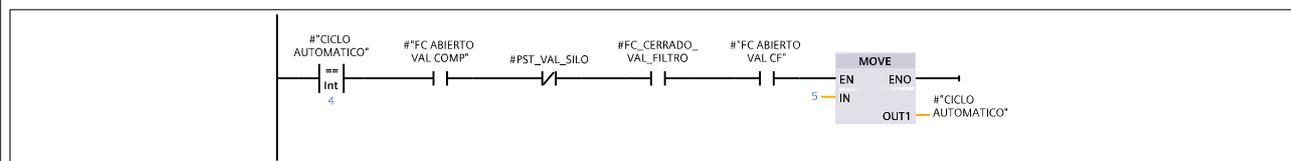
Segmento 3: ABRIR VALVULA DE SILO INTERMEDIO CF



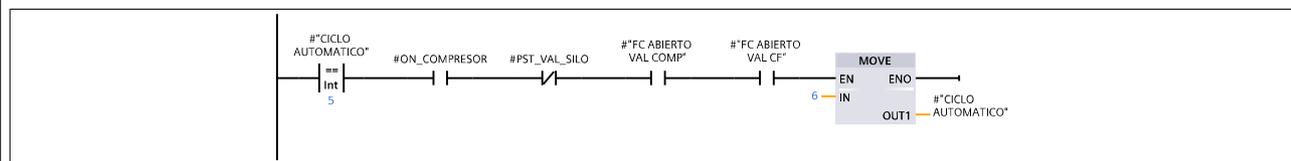
Segmento 4: ABRIR VALVULA DE ASPIRACION VACIADO SILO



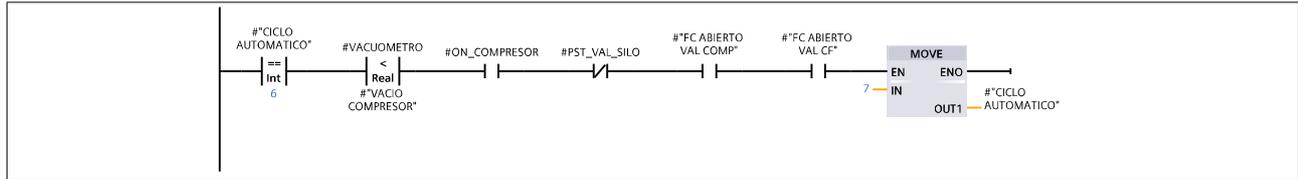
Segmento 5: ABRIR VALVULA DE COMPRESOR



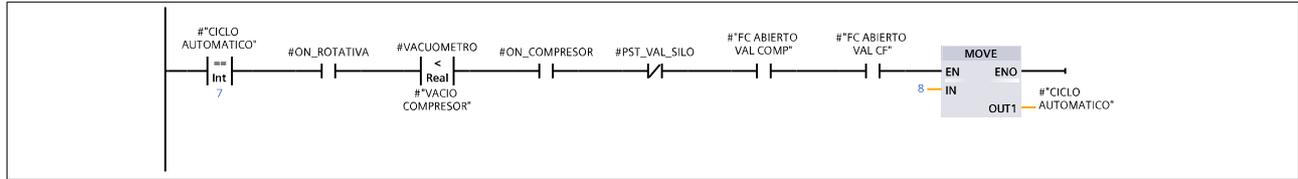
Segmento 6: PONER EN MACHA COMPRESOR



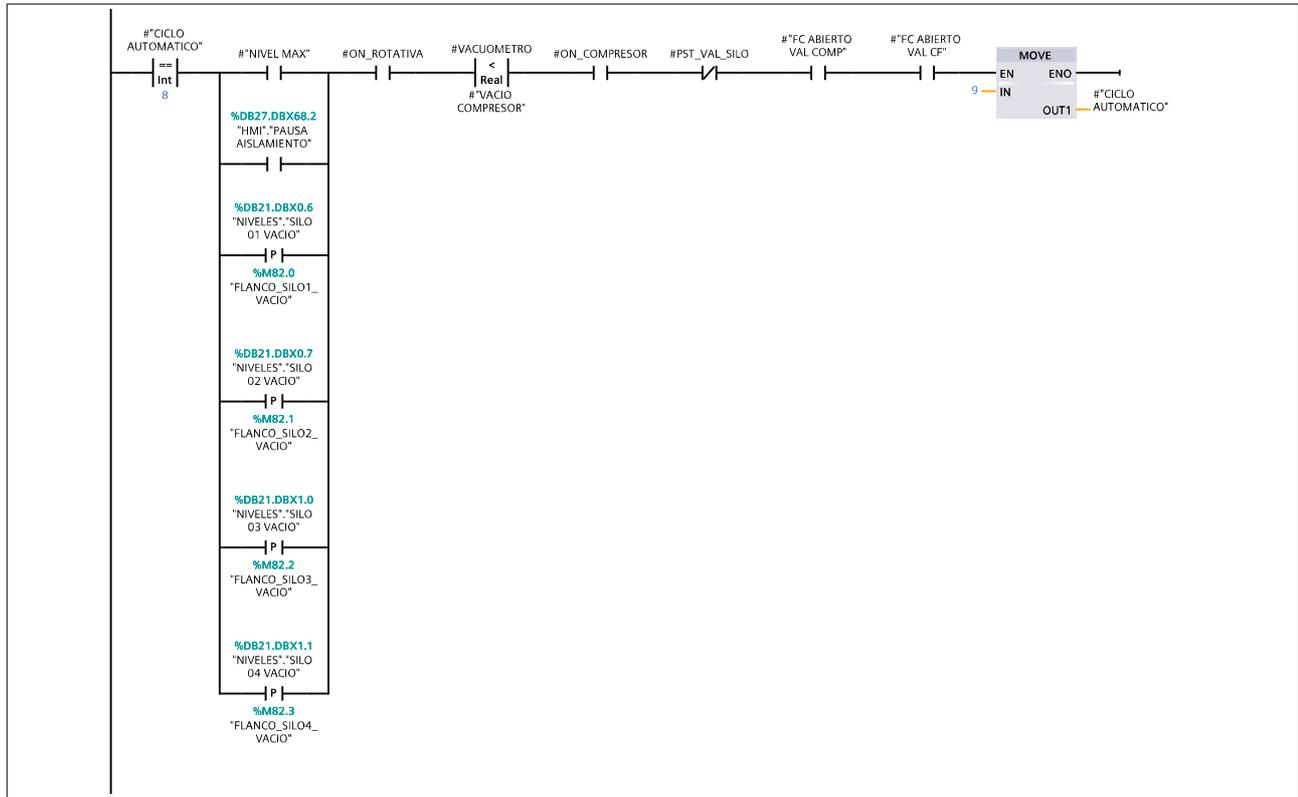
Segmento 7: COMPROBAR SI TENEMOS VACIO PARA ABRIR ROTATIVA



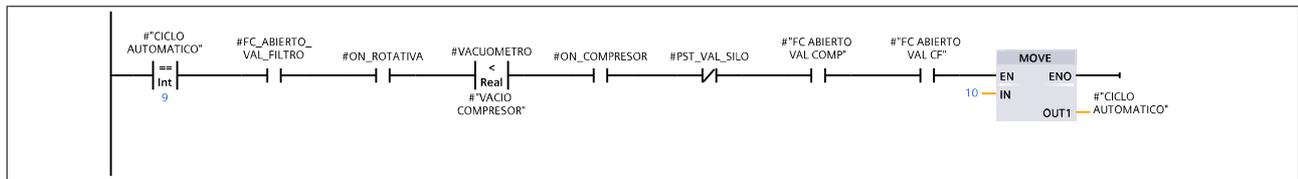
Segmento 8: COMPROBAR QUE ROTATIVA ESTA ABIERTA



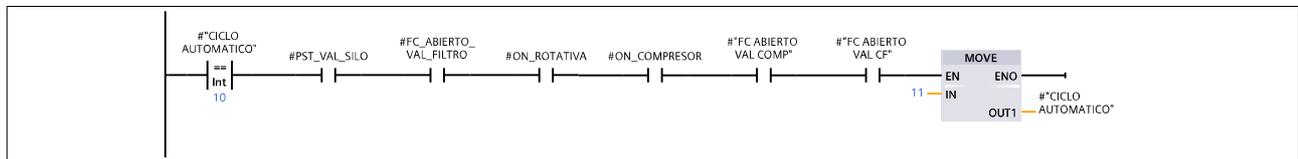
Segmento 9: ESPERAR A QUE ESTE LLENO EL SILO INTERMEDIO



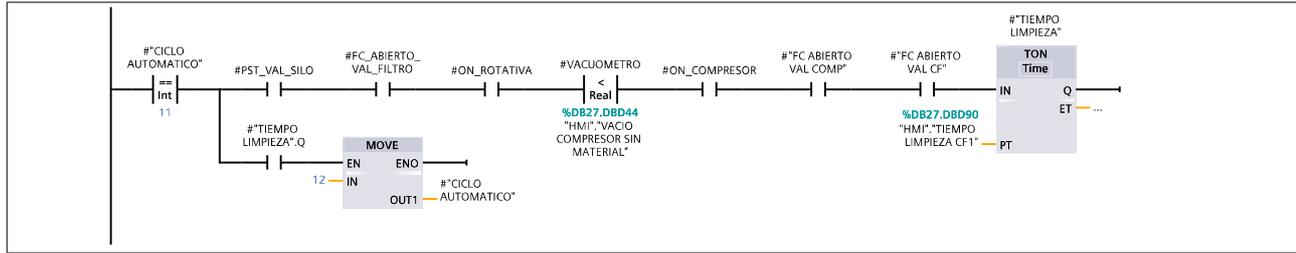
Segmento 10: ABRIR VALVULA DE FILTRADO/LIMPIEZA



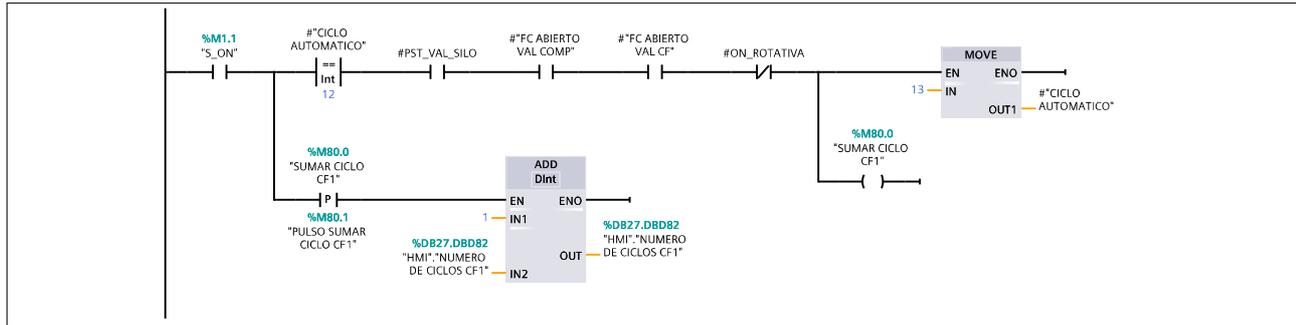
Segmento 11: CERRAR VALVULA DE MANGUITO O VALVULA DE ASPIRACION (PST_VAL_SILO)



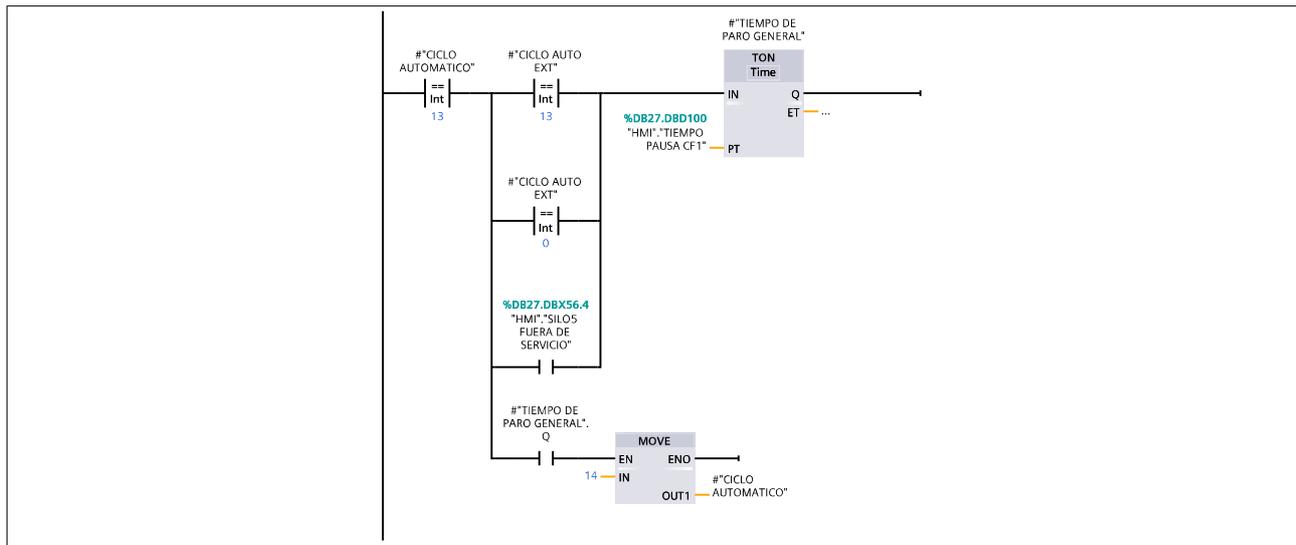
Segmento 12: ESPERAR TIEMPO DE LIMPIEZA (20sg)



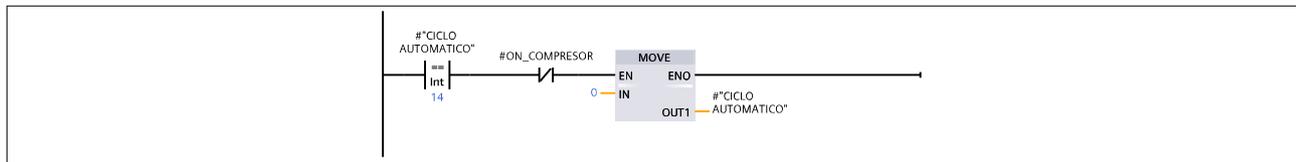
Segmento 13: PARAR ROTATIVA



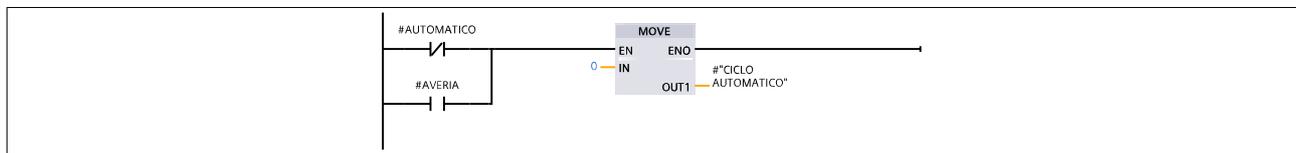
Segmento 14: ESTOY ESPERANDO A OTRO CICLO..SINO PARO TODO



Segmento 15: UNA VEZ PARADO COMPRESOR PASAMOS A CICLO UN CERO



Segmento 16: PARO TODO



ANEXO 2. PROGRAMA PLC SECUNDARIO

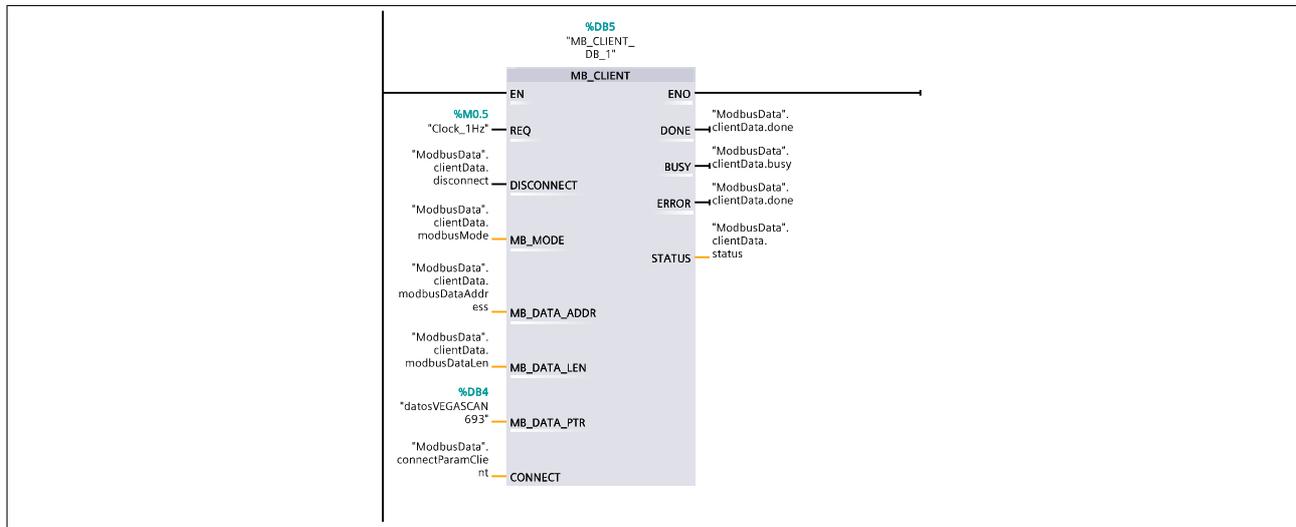
Main [OB1]

Main Propiedades

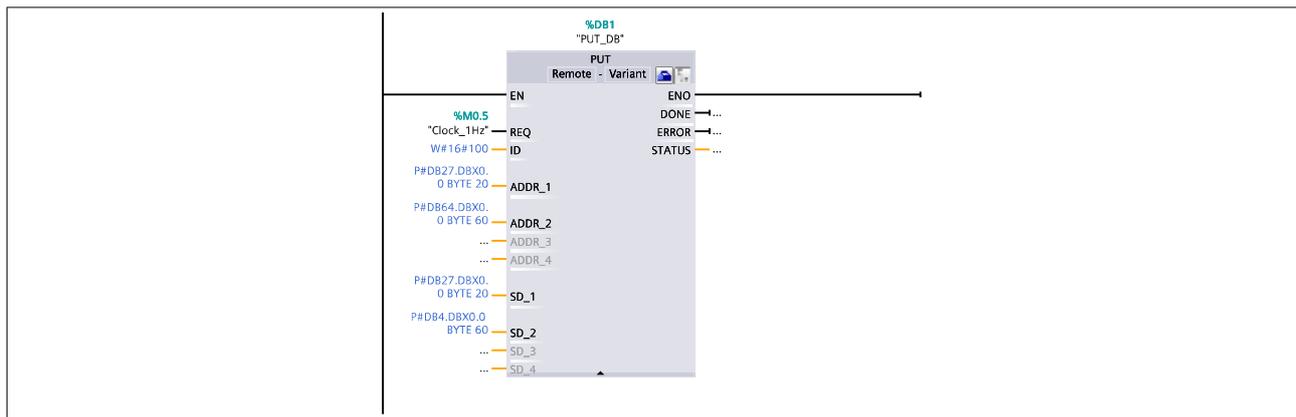
General							
Nombre	Main	Número	1	Tipo	OB	Idioma	KOP
Numeración	Automático						
Información							
Título		Autor		Comentario		Familia	
Versión	0.1	ID personalizada					

Nombre	Tipo de datos	Valor predet.	Supervisión	Comentario
▼ Input				
Initial_Call	Bool			
Remanence	Bool			
▼ Temp				
CONVREAL	Real			
Constant				

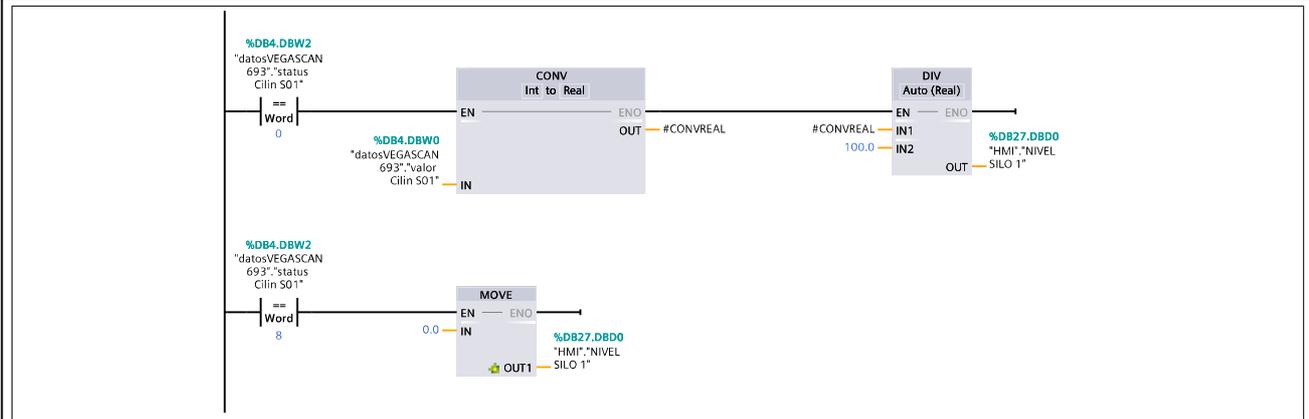
Segmento 1:



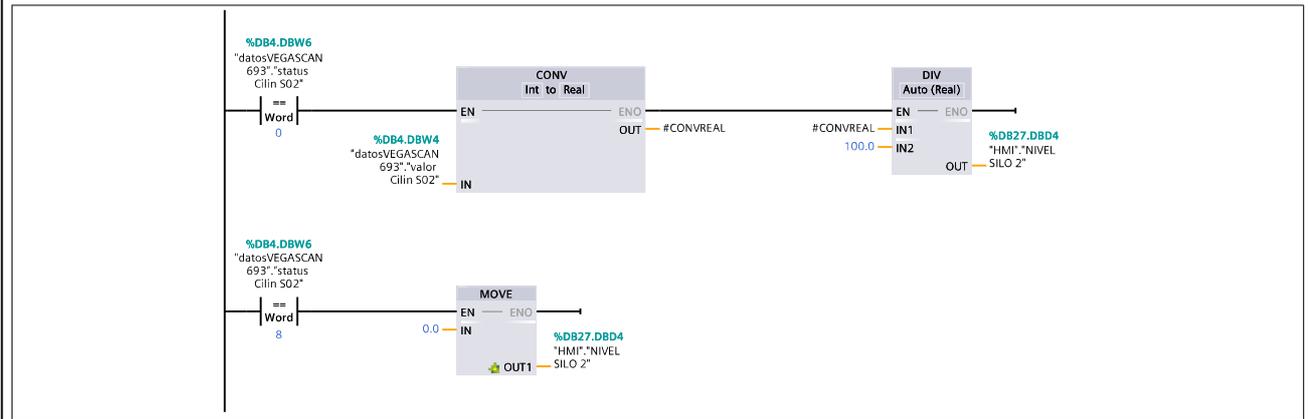
Segmento 2: COMUNICACION S7 1200 - S7 300



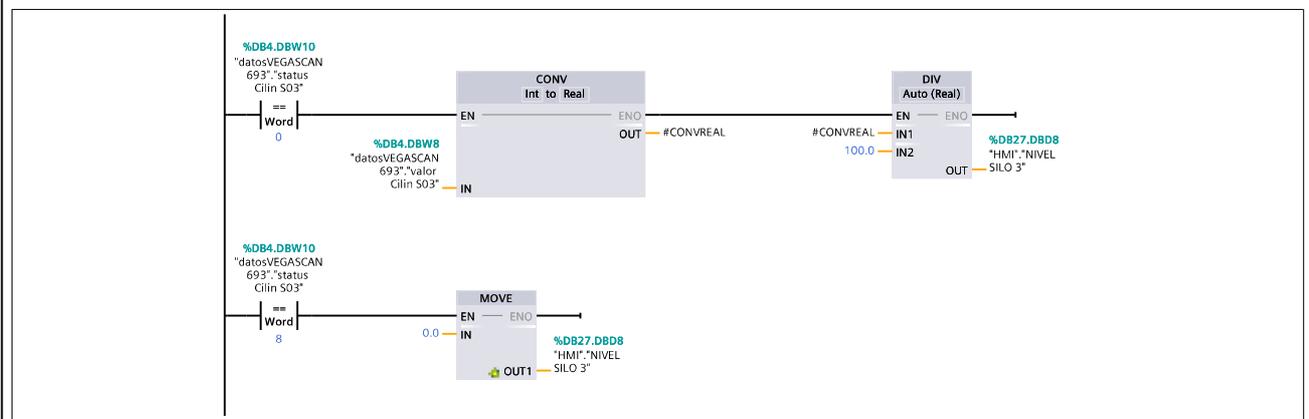
Segmento 3: % SILO 01



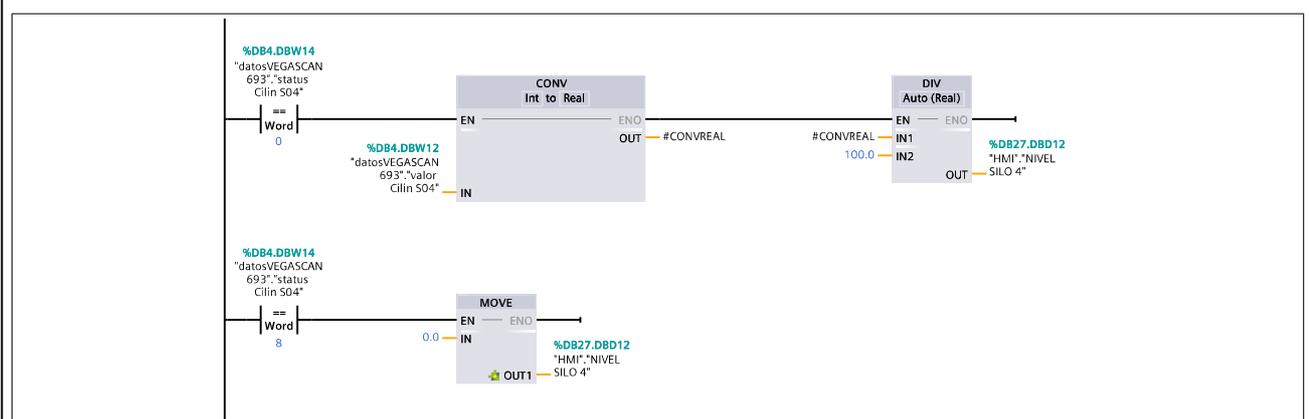
Segmento 4: % SILO 02



Segmento 5: % SILO 03



Segmento 6: % SILO 04



Segmento 7: % SILO 05

