



UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería

Automatización de una línea de Esmalte en Samboro S,A

Trabajo de graduación presentado
por José Felipe de Jesus Zelada Cifuentes
para optar al grado académico de Licenciado en
Ingeniería Mecatrónica

Guatemala
2013

Automatización de una línea de Esmalte en Samboro S,A



UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA


Facultad de Ingeniería

Automatización de una línea de Esmalte en Samboro S,A

Trabajo de graduación presentado
por José Felipe de Jesus Zelada Cifuentes
para optar al grado académico de Licenciado en
Ingeniería Mecatrónica

Guatemala
2013

Vo.Bo.

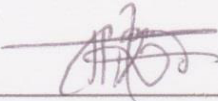
(f)  _____

Ing. Roberto Delgado

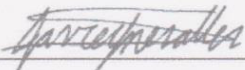
Tribunal Examinador:

(f)  _____

Ing. Roberto Delgado

(f)  _____

Ing. Carlos Esquit

(f)  _____

Ing. Javier Mesalles

Fecha de aprobación: Guatemala, 24 de Junio de 2013

Prefacio

<<A un Alumno puedes enseñarle una lección al día; pero si logras enseñarle a aprender mediante crear curiosidad, él continuara el proceso de aprendizaje mientras tenga Vida>>

Clay P. Bedford

El mundo actual requiere de procesos más eficientes cada día y para esto las empresas deben de estar dispuestas al cambio, el automatizar es uno de los mecanismos que se pueden utilizar para generar esta adaptación.

De esta idea surgió la oportunidad de realizar este trabajo de graduación. Quisiera agradecer a Samboro S.A por darme la oportunidad y a todo el personal que contribuyó a la realización de este proyecto, han sido un gran apoyo y quisiera agradecerles especialmente porque siempre estuvieron abiertos a enseñar y transmitir sus experiencias y conocimientos, también quisiera agradecer a la gente que aun no perteneciendo a esta empresa, estuvieron aportando su ayuda.

Agradecimientos especiales primero a Dios, luego a mis padres que han sido mis primeros educadores y seguirán siendo una gran ayuda a lo largo del camino que me queda, luego a mis hermanos que cada uno ha sido parte muy importante en mi vida, al ingeniero Carlos Esquit que fue un gran apoyo para el desarrollo de este trabajo y también quisiera agradecer a todas las personas que han trabajado conjuntamente con mis padres para formar a la persona que soy hoy.

Contenido

Lista de tablas.....	IIV
Lista de diagramas.....	V
Lista de imágenes.....	VI
Lista de planos.....	VII
Resumen.....	VIII
I. Introducción.....	1
II. Marco teórico.....	2
1. Automatización.....	2
1.1. Objetivos y funciones de una automatización.....	2
2. PLC (Controlador lógico programable).....	3
2.1. Ejecución de un programa en el PLC.....	4
3. Variador de frecuencia.....	5
4. CP1I.....	5
5. MX2.....	5
6. Modbus.....	5
7. Paquete de automatización CX-One de Omron.....	7
7.1. Cx-Programmer.....	7
7.2. Cx-Server.....	7
7.3. Cx-Supervisor.....	8
7.4. CX-Drive.....	8
8. Parada de emergencia.....	9
9. Proceso de fabricación de piso cerámico.....	9
9.1. Extracción y molienda.....	9
9.2. Prensado y secado.....	10
9.3. Esmaltado y acabado.....	10
9.4. Horneado.....	10
9.5. Empacado.....	10
III. Etapas de desarrollo del Proyecto.....	11
1. Análisis del problema.....	11
2. Justificación.....	17
3. Objetivos.....	17

3.1.	Generales.....	17
3.2.	Específicos.....	17
4.	Metodología	18
4.1.	Observación e investigación	18
4.2.	Ensamblaje de paneles y diseño de programa PLC y PC	18
4.3.	Puesta en marcha de la línea	18
4.4.	Cronograma	18
5.	Diseño e implementación	19
5.1.	Observación e investigación	19
5.1.1.	Ubicación y regulación de velocidad de motores	19
5.1.2.	Interacción de las máquinas y operarios con la línea	19
5.1.3.	Definición del algoritmo de paros seccionados.....	20
5.1.4.	Variador de frecuencia MX-2 y PLC	21
5.2.	Diseño y Ensamblaje de paneles y botoneras	24
5.3.	Diseño de programas PC y PLC.....	33
5.3.1.	Diseño de programa “PLC”	33
5.3.2.	Diseño del SCADA tipo de comunicación con PLC y red que se utilizó.....	34
5.3.3.	Separación de alimentación y señales digitales	34
6.	Resultados	35
6.1.	Composición de la línea de esmalte	35
6.1.1.	Manejo de motores, máquinas y señales de la línea	40
6.1.2.	Interfaz de Usuario	42
6.1.3.	Imágenes Scada	43
6.2.	Análisis financiero y de producción de la automatización.	46
6.2.1.	Análisis de mantenimiento	46
6.2.2.	Ahorro energético de la línea	47
6.2.3.	Ahorro monetario	48
6.2.4.	Aumento de eficiencia en la línea	48
6.3.	Resultado final	49
IV.	Conclusiones.....	50
V.	Recomendaciones	52

VI.	Bibliografía.....	53
VII.	Anexos	54
1.	Funcionamiento del programa	54
2.	Diagrama de estados.....	55
3.	Costo automatización.....	56

Lista de tablas

Tabla 1: Instrucciones Modbus en MX-2	6
Tabla 2: Sintaxis de protocolo Modbus.....	6
Tabla 3 Cronograma.....	18
Tabla 4: Parámetros modbus.....	33
Tabla 5: Distribución de memoria.....	41
Tabla 6: Consumo de aceite.....	46
Tabla 7: Precio de aceite atf.....	46
Tabla 8: Costo de componentes instalados	47
Tabla 9: Diferencia de costo de componentes	47
Tabla 10: Consumo energético	47
Tabla 11: Variables para calcular el consumo energético	47
Tabla 12: Ahorro anual.....	48
Tabla 13: Paros línea 3	48
Tabla 14: Paros línea 4	48
Tabla 15: Aumento de eficiencia	49
Tabla 16: Estados	55
Tabla 17: Costo automatización.....	56
Tabla 17: Costo automatización continuación.....	57

Lista de diagramas

Diagrama 1: Automatización por PLC	2
Diagrama 2: Ciclo run.....	4
Diagrama 3: Proceso de fabricación de piso cerámico	9
Diagrama 4: Algoritmo línea	20
Diagrama 5: Pasos de comunicación PLC y MX-2	23
Diagrama 6: Paro parcial.....	24
Diagrama 7: Paro emergencia.....	24
Diagrama 8: Paro general	25
Diagrama 9: Reanudar	25
Diagrama 10: Botonera de línea	27
Diagrama 11 Control de máquinas	27
Diagrama 12: Vista frontal panel línea.....	28
Diagrama 13Funcionamiento programa PLC.....	54
Diagrama 14 Estados.....	55

Lista de imágenes

Imagen 1: Selección de modo de funcionamiento	3
Imagen 2: CP1L-M30DR-A.....	5
Imagen 3: MX-2.....	5
Imagen 4: Software CX-Progammer	7
Imagen 5: Software CX-Server	7
Imagen 6: Software CX-Supervisor	8
Imagen 7: Cx-Drive	8
Imagen 8: Terminales eléctricas	21
Imagen 9: Terminales eléctricas	21
Imagen 10 CP1I características generales.....	22
Imagen 11: Ductobarra	35
Imagen 12: Motores con polea	35
Imagen 13 Línea previo a automatización	36
Imagen 14: Motor con caja reductora	36
Imagen 15: Panel de línea.....	37
Imagen 16 Línea con automatización	38
Imagen 17 Cambio de frecuencias en línea con automatización	38
Imagen 18 Cambio de frecuencias en línea sin automatización.....	39
Imagen 19: Panel central previo a automatización	39
Imagen 20: Panel central con automatización ³²	40
Imagen 21: Inicio programa	43
Imagen 22: Estado motores	44
Imagen 23: Manejo de frecuencias de motores	44
Imagen 24: Estado motores 2	45
Imagen 25: Manejo de recetas por botones.....	45
Imagen 26: Manejo de recetas general	46

Lista de planos

Plano 1: Composición línea 4	12
Plano 2: Composición línea 4	13
Plano 3: Composición línea 4	13
Plano 4: Composición línea 4	14
Plano 5: Composición línea 4	14
Plano 6: Composición línea 4	15
Plano 7: Composición línea 4	15
Plano 8: Composición línea 4	16
Plano 9: Línea 4 automatización	29
Plano 10: Línea 4 automatización	29
Plano 11: Línea 4 automatización	30
Plano 12: Línea 4 automatización	30
Plano 13: Línea 4 automatización	31
Plano 14: Línea 4 automatización	31
Plano 15: Línea 4 automatización	32
Plano 16: Línea 4 automatización	32

Resumen

En este trabajo se expone el proceso que se llevó a cabo para realizar el diseño e implementación de la automatización de la línea de esmalte 4 en la fábrica Samboro S.A.

En esta planta se vio la necesidad de modificar la forma de operación de los paros en la línea de esmalte ya que se debía tener un mejor control sobre esta debido a las máquinas del proceso, también se requería de una forma más eficiente de regular la velocidad de operación de las bandas que conforman la línea.

La regulación de la velocidad en las bandas se hizo por medio de variadores de frecuencia y moto reductores, anteriormente se hacía únicamente con moto reductores los cuales se ajustaban manualmente y durante la operación estos no tenían un comportamiento estable.

En esta automatización se implementaron tres tipos de paros en la línea, cada uno con un propósito distinto los cuales son

- ◆ El primero, un paro general de la línea por emergencia
- ◆ El segundo, un paro general por evento
- ◆ El tercero, un paro parcial de secciones, estos paros activan indicadores lumínicos a lo largo de la línea. Al reanudar la marcha de la línea se cuenta con una alarma sonora para prevenir a los operarios del inicio de movimiento y se desactivan los indicadores de paro.

Esta automatización se llevó a cabo buscando hacer más eficiente el proceso en línea, y esto se hizo por medio de la introducción de los tres tipos de paros así como de la introducción de la regulación de velocidad de las secciones que conforman la línea, todo esto controlado por medio de un PLC.

El PLC tiene acceso a los parámetros de la línea por medio de una red Modbus instalada dentro de la línea, a la cual están conectados los variadores de frecuencia de los motores de arrastre de las secciones de la línea.

Se logró un ahorro tanto energético como de mantenimiento de la línea, se redujo la cantidad de inventario para el mantenimiento de esta, al igual que se incrementó su eficiencia en un 30%.

El costo de la automatización se puede recuperar en un tiempo menor a 1 año y seis meses

I. Introducción

El presente trabajo de graduación enfocado a la industria cerámica se automatizo una línea de esmaltado en la fábrica Samboro S,A.

Los objetivos generales de este proyecto fueron los siguientes:

- ♦ Elaboración de la automatización por medio de un plc y paneles distribuidos a lo largo de la línea de esmalte.
- ♦ Elaboración de una HMI para el manejo de la automatización de forma remota.

La automatización contribuyo a la eficiencia de la línea (menor cantidad de paros debido a fallas en esta) y también a un manejo más seguro para el operario ya que se redujo la interacción con objetos en movimiento para la regulación de velocidades a lo largo de la línea.

También se observó que se obtuvo una mejora en cuanto al rendimiento energético y el plan de mantenimiento para los dispositivos instalados en la línea de esmalte, y se obtuvo una reducción de costo en el inventario para el sostenimiento de la línea.

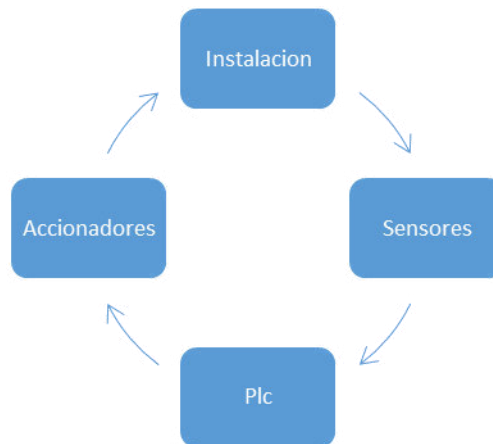
II. Marco teórico

1. Automatización

La automatización es definida en la enciclopedia Salvat como “cualquier instrumento, instalación, sistema de producción o control en cuyos procesos sea viable sustituir la intervención del hombre por la utilización de máquinas y sistemas capaces de realizarlos por sí mismos.” El término fue empleado por primera vez en 1947, cuando D.S Harder, vicepresidente de la Ford Motor Company, lo utilizó al referirse al sistema de producción en cadena empleado para la fabricación de automóviles.

1.1.Objetivos y funciones de una automatización El objetivo de automatizar es incorporar elementos para controlar el funcionamiento de la instalación, máquina o proceso en general. En definitiva se trata de un lazo cerrado entre el dispositivo de control (PLC) y la instalación, máquina o proceso. El elemento de control reacciona con base en la información recibida por medio de sus sensores y el programa lógico interno actúa sobre los accionadores de la instalación. Este proceso se ilustra en el Diagrama 1

Diagrama 1: Automatización por PLC¹



Los principales factores que favorecen la aparición de los procesos automatizados son básicamente:

- ◆ Económicos
- ◆ Cualitativos
- ◆ Seguridad

¹ Elaboración propia.

Por lo tanto automatizar una máquina, proceso o instalación debe tener al menos una de las siguientes funciones:

- ◆ Aumentar la producción
- ◆ Disminuir costes
- ◆ Mejorar la calidad del producto
- ◆ Generar información en tiempo real del proceso

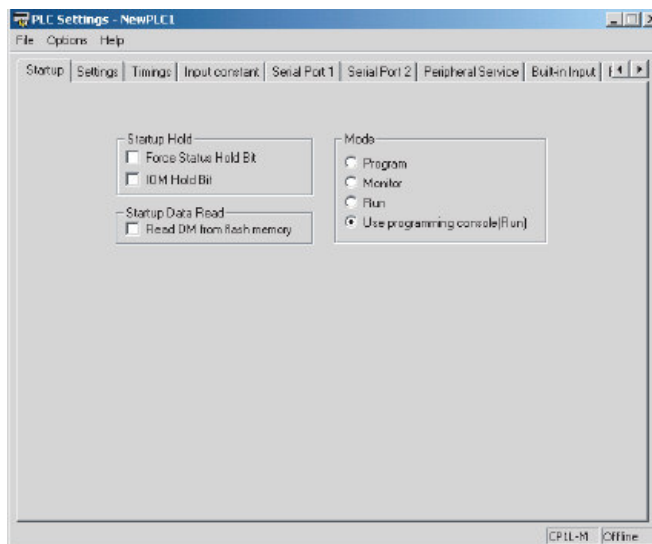
2. PLC (Controlador lógico programable)

Es un equipo electrónico, programable en lenguaje no informático, diseñado para controlar en tiempo real y en ambiente de tipo industrial, procesos secuenciales.

El PLC tiene tres modos de funcionamiento. El primero a describir, es el modo de programación, en el cual el PLC está en reposo y se puede escribir o enviar el programa guardado en la memoria, a un dispositivo externo.

Los otros dos modos son el run y monitor (en el caso de los PLC Omron se tiene esta diferencia entre estos dos modos por medio de software). En el modo run el PLC está ejecutando el programa y en el estado monitor se pueden cambiar valores de registros por medio de una terminal remota. La forma de configurar estos estados dentro del PLC se muestra en la Imagen 1, del programa Cx-Programmer.

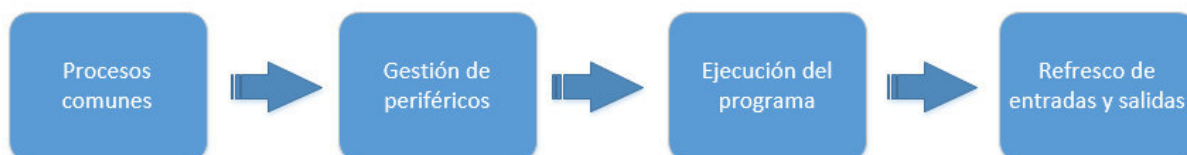
Imagen 1: Selección de modo de funcionamiento²



² Imagen tomada del programa CX-Programmer.

2.1. Ejecución de un programa en el PLC: El modo de funcionamiento del PLC cuando está ejecutando un programa ocurre en cada ciclo y es el ilustrado en el Diagrama 2

Diagrama 2: Ciclo run³



Procesos comunes:

- ◆ Programación de Watchdog
- ◆ Verifica memoria de trabajo
- ◆ Verifica bus de E/S (entradas y salidas)

Gestión de periféricos:

- ◆ Con consola de programación
- ◆ Interfaz de comunicaciones

Ejecución del programa:

- ◆ Lectura secuencial de las instrucciones del programa

Refresco de E/S:

- ◆ Lectura de los módulos de E/S
- ◆ Transferencia de estados a las salidas

La memoria del PLC está dividida en varios grupos:

- ◆ Memoria de programa: RAM con batería, EPROM o EEPROM
- ◆ Memoria interna: Recursos del autómata (canales de E/S, Canales Especiales)
- ◆ Memoria de datos: RAM mantenida con batería (memoria de datos, registros permanentes). Ésta es usada para almacenar valores o para obtener información del estado del PLC. Está dividida según sus funciones.
- ◆ Área de programa: En esta área se encuentra almacenado el programa del PLC.

³ Elaboración propia.

3. Variador de frecuencia

Es un dispositivo electrónico que varía el voltaje y la frecuencia de alimentación AC del motor para variar la velocidad de giro de este.

4. CP1I

Esta familia de PLC de Omron es de gama baja, se le pueden incorporar distintos módulos según la tarea que se desee realizar. Ya incorpora memoria flash por lo que no es necesaria la batería interna para su funcionamiento. Este se puede apreciar en la Imagen 2

Imagen 2: CP1L-M30DR-A⁴



5. MX2

Esta es una familia de variadores de frecuencia Omron, tienen capacidad de comunicación por medio de protocolo Modbus, cuentan con memoria de programa interna, así como también con módulos de entradas digitales y analógicas. Una imagen de éste se muestra en la Imagen 3

Imagen 3: MX-2⁵



6. Modbus

Es un protocolo de capa 7 en el modelo OSI (Sistema de interconexión abierto por sus siglas en ingles Open System Interconnection) las capas en este modelo están definidas de la siguiente manera:

- ◆ Capa 7 provee la interfaz de comunicación entre dos o más dispositivos
- ◆ Capa 6 lugar donde se definen los formatos de datos que se van a comunicar
- ◆ Capa 5 lugar donde se maneja la sesión de comunicación (dónde empieza y dónde termina la comunicación).
- ◆ Capa 4 control de flujo de información y recuperación de datos
- ◆ Capa 3 lugar donde se define la forma de ruteo y las direcciones de cada dispositivo

⁴ Imagen tomada de "Guía Rápida CP1I"

⁵ Imagen tomada de "Guía Rápida MX-2"

- ◆ Capa 2 Control de comunicación (encabezado y cola)
- ◆ Capa 1 Forma física de conexión entre los dispositivos

En el caso de esta aplicación se utilizó el protocolo RS-485 (protocolo de comunicación multipunto diferencial con valores de -5 y 12 V).

Las instrucciones de este protocolo que trabajan con el MX2 están contenidas en la Tabla 1

Tabla 1: Instrucciones Modbus en MX-2⁶

Código (Hex)	Función	Bytes por mensaje Max (bytes que se modificarán)	Numero de datos disponibles por mensaje
01	Leer estado bobinas	4	32 bobinas (1bit x bobina)
03	Leer registros	32	16 registros (1byte x registro)
05	Escribir en bobina	2	1 bobina
06	Escribir en registro	2	1 registro
08	Loopback Test	-	-
0F	Escribir en bobinas	4	32 bobinas
10	Escribir en registros	32	16 registros
17	R/W Registro	32	16 registros

La sintaxis que se utiliza en este protocolo, ya sea para leer o escribir, está representada en la Tabla 2, cada celda de esta tabla representa una palabra de 16 bits.

Tabla 2: Sintaxis de protocolo Modbus⁷

Dirección	Instrucción	# bytes en instrucción	Registro base	Cantidad de registros *	Cantidad de bytes a cambiar(H) valor 1 (l)	Valor 2 (H) valor 3(L) Valor 16

*En caso de que sea solo un registro el que se modificara, este valor se carga en esta palabra.

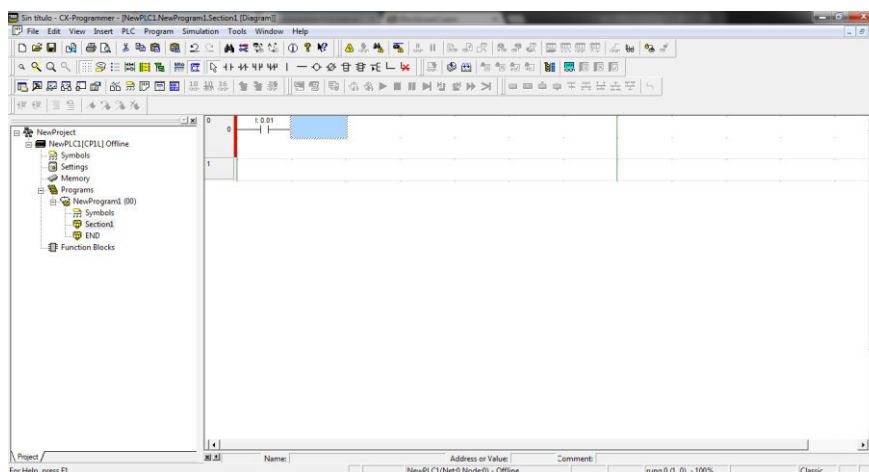
⁶ Tabla en base a tabla de la página 265, apéndice B, sección 3, MX-2 User Manual.

⁷ Elaboración propia

7. Paquete de automatización CX-One de Omron

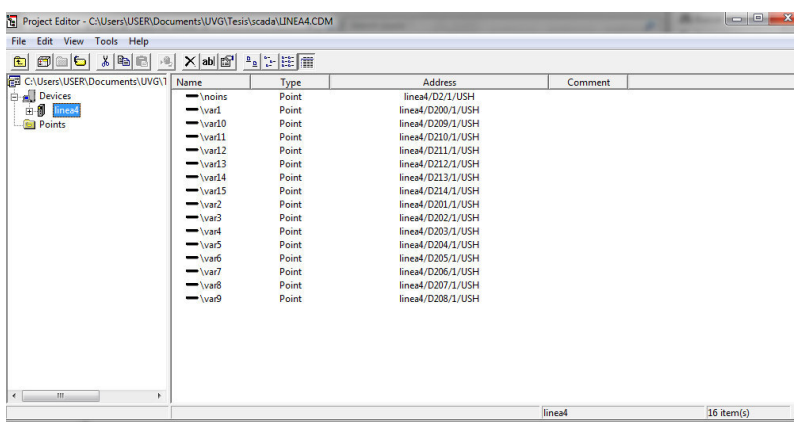
7.1.Cx-Programmer: Software de Omron para la programación de PLC de esta marca, se puede programar en lenguaje de escalera, como nemónico. Este programa posee un simulador de PLC interno junto con la opción de monitorizar en vivo. En este caso la versión que se utilizó para desarrollar este proyecto fue la 9.3. En la Imagen 4 se puede apreciar la interfaz de este programa.

Imagen 4: Software CX-Programmer⁸



7.2.Cx-Server: Este programa desarrollado por Omron sirve para enlazar los símbolos de programa del PLC con las variables de la HMI que se desarrolla en CX-Supervisor. La interfaz de este programa se puede ver en la Imagen 5

Imagen 5: Software CX-Server⁹

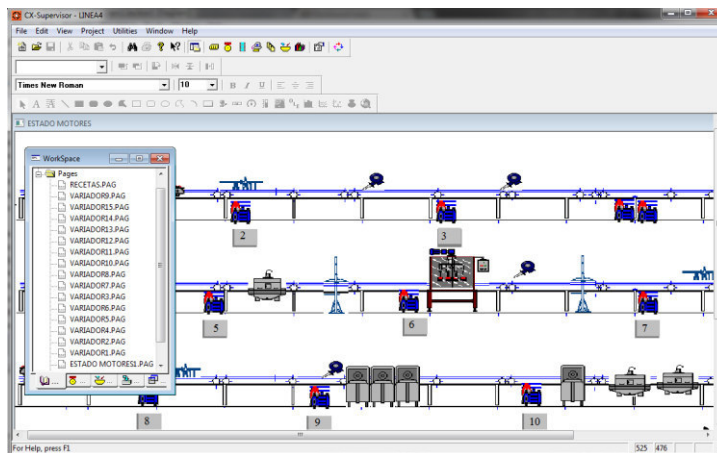


⁸ Imagen tomada del programa CX-Programmer

⁹ Imagen tomada de CX-Server

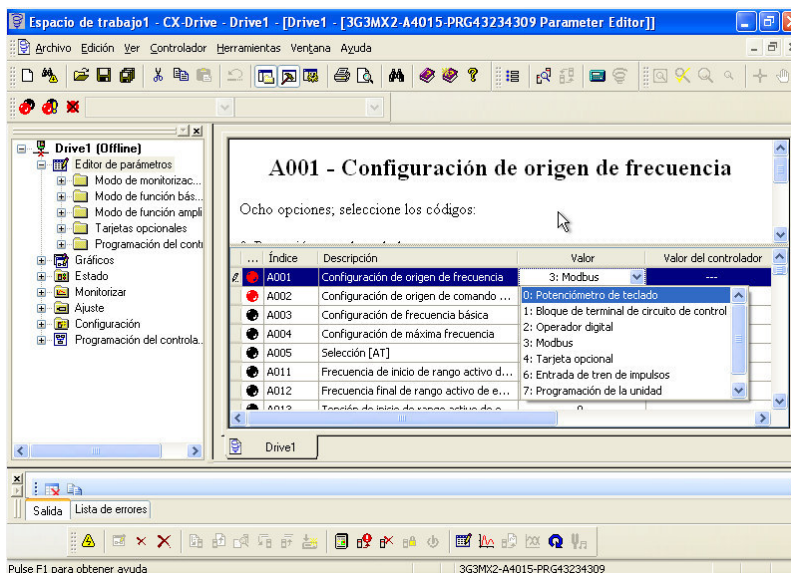
7.3.Cx-Supervisor: Programa de Omron utilizado para crear sistemas SCADA (Sistema de supervisión control y recolección de datos por sus siglas en ingles Supervisory Control And Data Adquisition), el cual es utilizado para monitorear los elementos conectados en la misma red y modificar el estado de estos por medio de la definición de puntos (símbolos vinculados del programa del PLC con cx server). El diseño de la interfaz se realiza por medio de páginas. Este software se aprecia en la Imagen 6

Imagen 6: Software CX-Supervisor¹⁰



7.4.CX-Drive: Este software de Omron permite la configuración y programación de los variadores de frecuencia Omron, entre ellos el utilizado en este proyecto. También esta plataforma permite la monitorización en tiempo real del estado del variador de frecuencia. La Imagen 7 muestra la forma que tiene este programa

Imagen 7: Cx-Drive¹¹



¹⁰ Imagen tomada de CX-Supervisor

¹¹ Imagen tomada de CX-Drive

8. Parada de emergencia

Según la norma ENISO13850, la función de parada de emergencia sirve para prevenir situaciones que puedan poner en peligro a las personas, para evitar daños en la máquina o en trabajos en curso o para minimizar los riesgos ya existentes, y ha de activarse con una sola maniobra de una persona. A continuación se enumeran dos tipos de generadores de estas paradas.

- ◆ Interruptor tipo Hongo de emergencia: estos están instalados en unidades de mando, respectivamente identificados, su radio de acción es limitado debido a que el operario debe estar junto al mando para poder accionarlo.
- ◆ Interruptores de accionamiento por cable: el rango de disparo es mucho mayor, ya que es posible el accionamiento a lo largo de todo el cable y no se limita al reducido radio de acción del interruptor. Los interruptores de accionamiento por cable se utilizan allí donde es necesario asegurar amplias zonas de peligro y no es posible colocar botoneras o mandos, o bien no resultaría rentable.

9. Proceso de fabricación de piso cerámico

El proceso de fabricación de piso cerámico consta de procesos diversos, estos procesos pueden agruparse en cinco que siguen un orden, el cual está ilustrado en el diagrama



9.1.Extracción y molienda: Se extrae la arcilla de la mina, luego se muele en molinos de bolas hasta llegar al tamaño de partícula deseado; estos molinos pueden ser continuos o individuales.

¹² Elaboración propia.

9.2.Prensado y secado: La arcilla molida es mezclada con otros elementos y se prensa en distintos moldes dependiendo del modelo que se desea producir. Posteriormente inicia un proceso de des humidificación del bizcocho (pieza prensada de arcilla sin hornear), para que la pieza no sea tan frágil y las aplicaciones siguientes se realicen de la mejor manera.

9.3.Esmaltado y acabado: Se aplican distintas soluciones a la pieza tales como el engobe (que sirve como adherente entre el bizcocho y el esmalte), esmalte (es la sustancia que da el color y brillantez a la pieza) y los acabados de textura. Existen distintas formas de aplicar estas soluciones. Algunas de las que se utilizan son: por plato, por rodillo, por discos giratorios o por aspersión.

Este proceso es el que se planea automatizar. Las aplicaciones son realizadas por medio de máquinas distribuidas a lo largo de un conjunto de bandas transportadoras, a este conjunto nos referiremos también como línea

9.4.Horneado: Las soluciones aplicadas anteriormente, se funden y se adhieren a la pieza dándole su aspecto final.

9.5.Empacado:Se inicia con un proceso de clasificación, esto se puede realizar por tono, defecto y calibre (grosor). Tras el control de calidad, finalmente se empaca según su categoría.

III. Etapas de desarrollo del proyecto

1. Análisis del problema

Esta fábrica realiza pisos y azulejos cerámicos, el proceso de elaboración de este producto posee numerosas variables, desde químicas hasta ambientales.

El proceso de producción se puede dividir en cuatro partes importantes, la primera es el prensado y des humidificación del bizcocho (plancha de arcilla compactada), la segunda es la aplicación del engobe y esmalte a la pieza lo cual definirá su color y acabado. La tercera es la fundición de sustancias aplicadas a la pieza en un horno con distintas etapas de temperaturas, y la cuarta es la clasificación y empaque del producto.

El proceso de engobe (sustancia que sirve como adherente entre la arcilla y el esmalte) y esmalte, es donde se aplican los colorantes y fundentes al bizcocho para poder así darle la tonalidad y forma que se quiere para el piso o azulejo.

En este proceso de producción existen máquinas que pueden aplicar de distinta forma el esmalte y acabado superficial según sea el modelo que se está trabajando. A lo largo de la línea de proceso se aplican distintos subprocesos a la pieza, algunos de los mismos poseen un tiempo crítico de aplicación, si no se aplican durante el tiempo requerido se pierde la pieza, por ejemplo si la pieza queda sumergida en el engobe ya no es útil para el siguiente proceso y pueden generarse derrames de esta sustancia en el suelo.

La línea de producción contaba con: contadores, el PLC que registra el conteo de las piezas en producción por medio de los contadores, botones de paro general, botones de reanudación de marcha, pulsadores tipo hongo para paro de emergencia y un cable de seguridad.

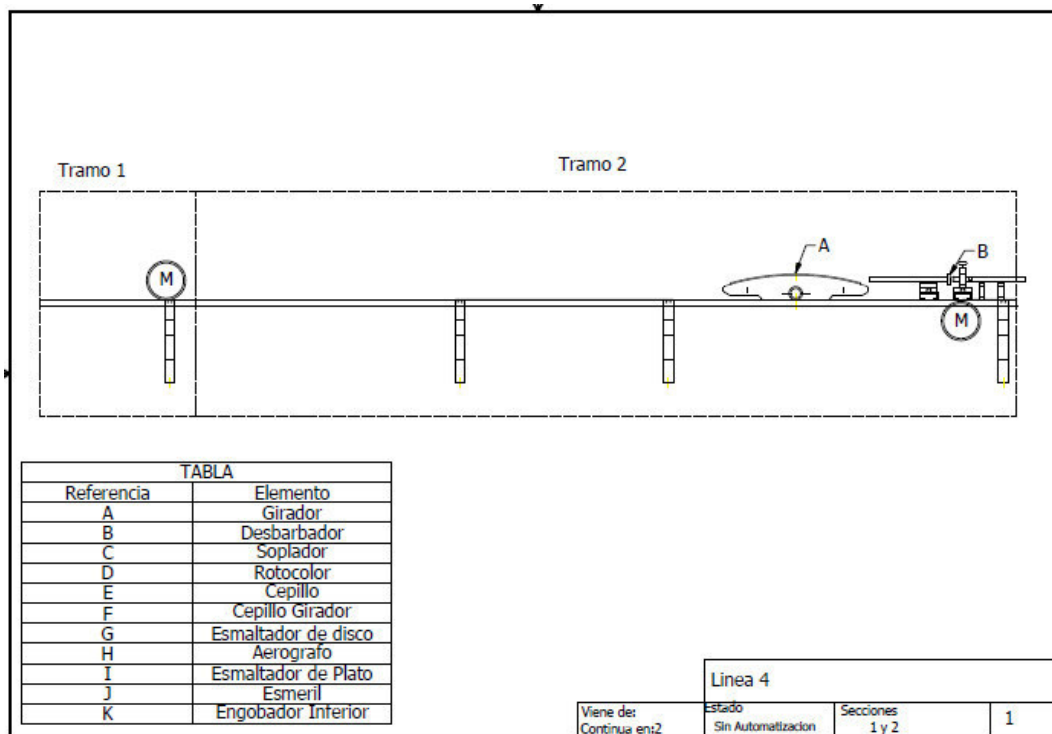
En la línea se encuentran instalados las siguientes maquinas:

- ◆ Girador: esta máquina se encarga de girar la pieza 90°
- ◆ Desbarbador: esta máquina se encarga de pulir el rebabo de la pieza.
- ◆ Soplador: estos son utilizados para limpiar la superficie de aplicación de la pieza de partículas de polvo livianas.
- ◆ Rotocolor: máquina que imprime un patrón sobre la pieza por medio de rodillos.
- ◆ Cepillo: esta máquina dentro de la línea cumple la función de limpiar la superficie de la pieza previo a cualquier aplicación.
- ◆ Cepillo girador: es un grupo de esmeriles en posición horizontal que se encargan de desgastar la superficie de la pieza para darle un acabado irregular.
- ◆ Esmaltador de Disco: la función que cumple es aplicar el esmalte por medio de discos descentrados que están girando.
- ◆ Aerógrafo: este es utilizado para dar acabados con partículas sólidas, su cuerpo está compuesto de cilindros horizontales, los cuales giran con las partículas a aplicar

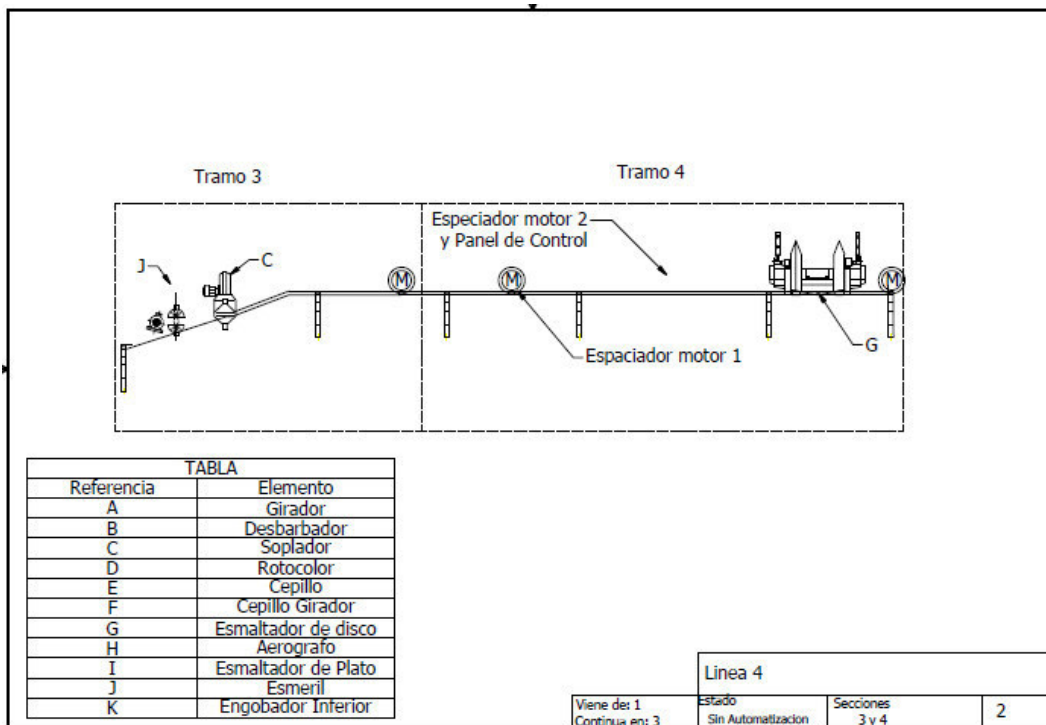
- ◆ Esmaltador de plato: este componente es un plato con una superficie sin rugosidad, en la cual se vierte el esmalte o engobe, esto genera una cortina por la que pasan las pieza
- ◆ Esmeril: la función de este conjunto de esmeriles dentro de la línea es limpiar y afinar los bordes de la pieza.
- ◆ Engobador inferior: este aplica una capa de engobe en la parte inferior de la pieza, esta aplicación se hace para evitar que la pieza al pasar por el horno tenga una mayor fricción con los rodillos de este.

La línea posee 15 secciones distintas de arrastre. Las cuales son ilustradas del Plano 1 al Plano 8.

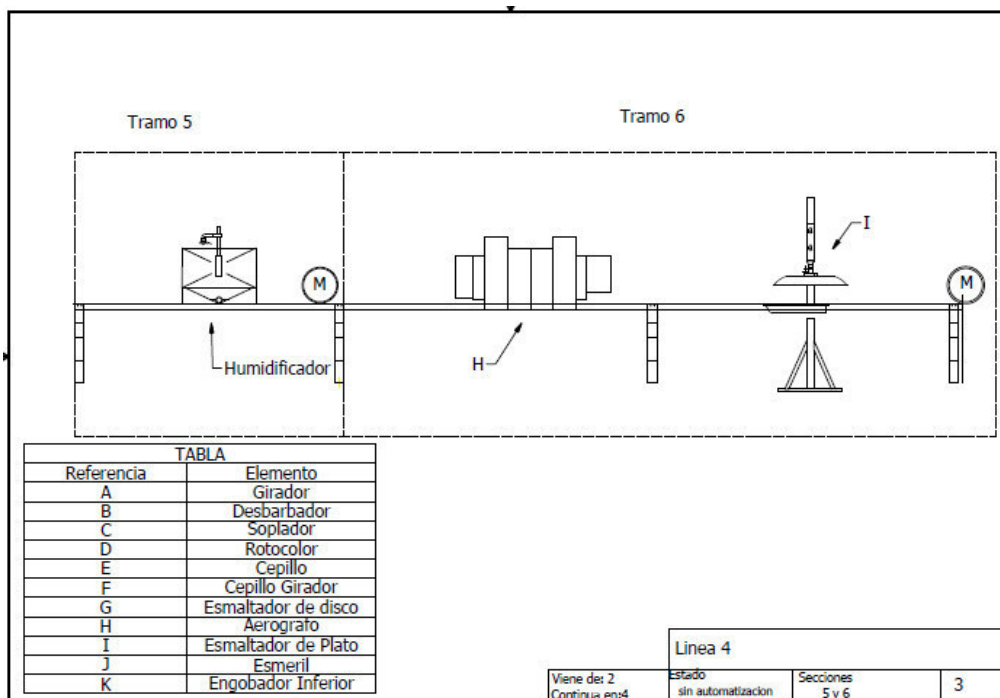
Plano 1: Composición línea 4



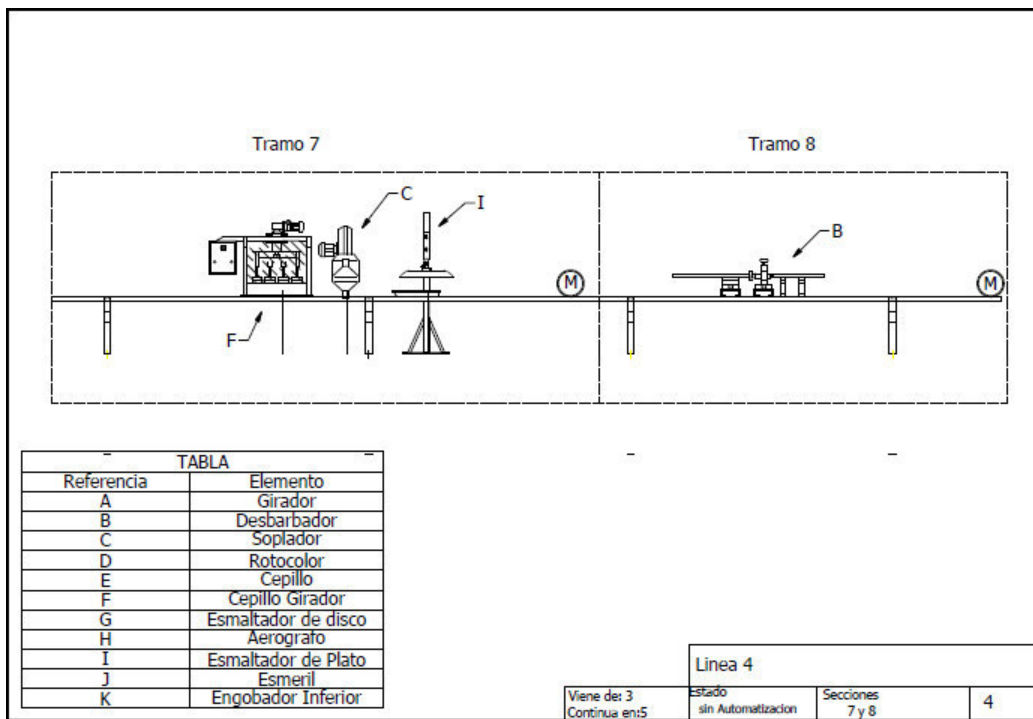
Plano 2: Composición línea 4



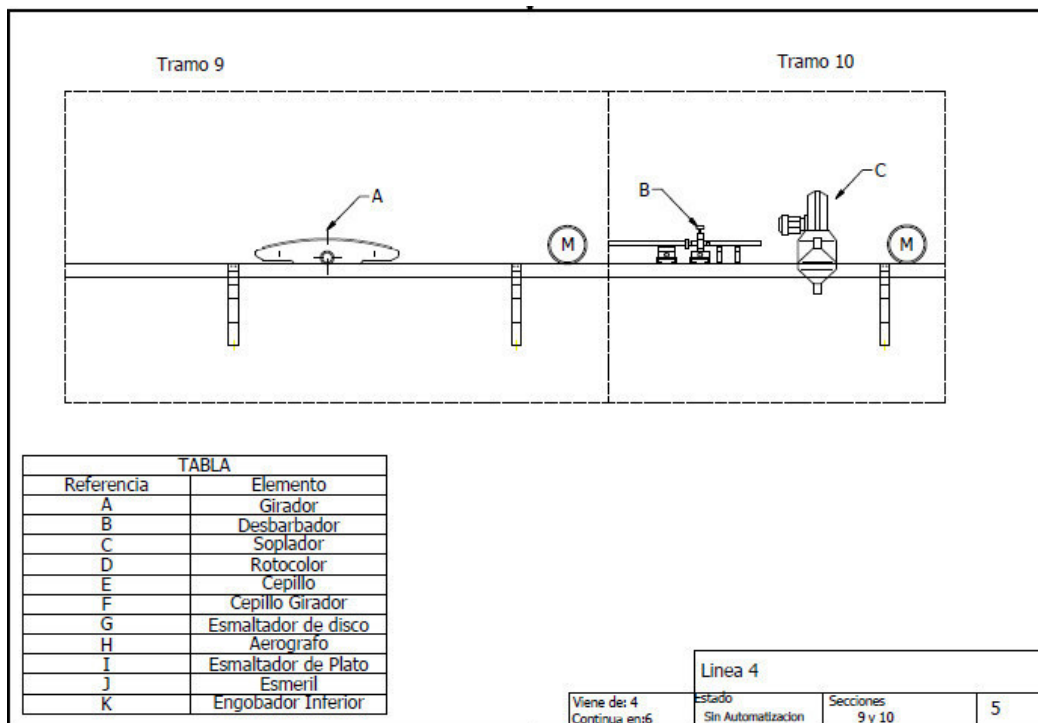
Plano 3: Composición línea 4



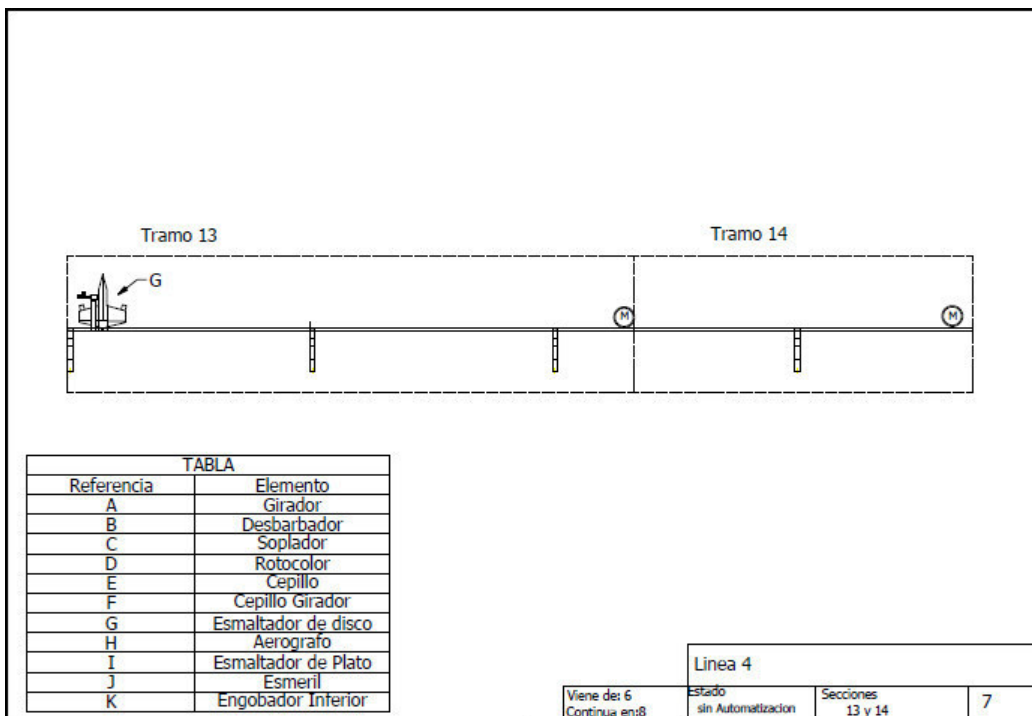
Plano 4: Composición línea 4



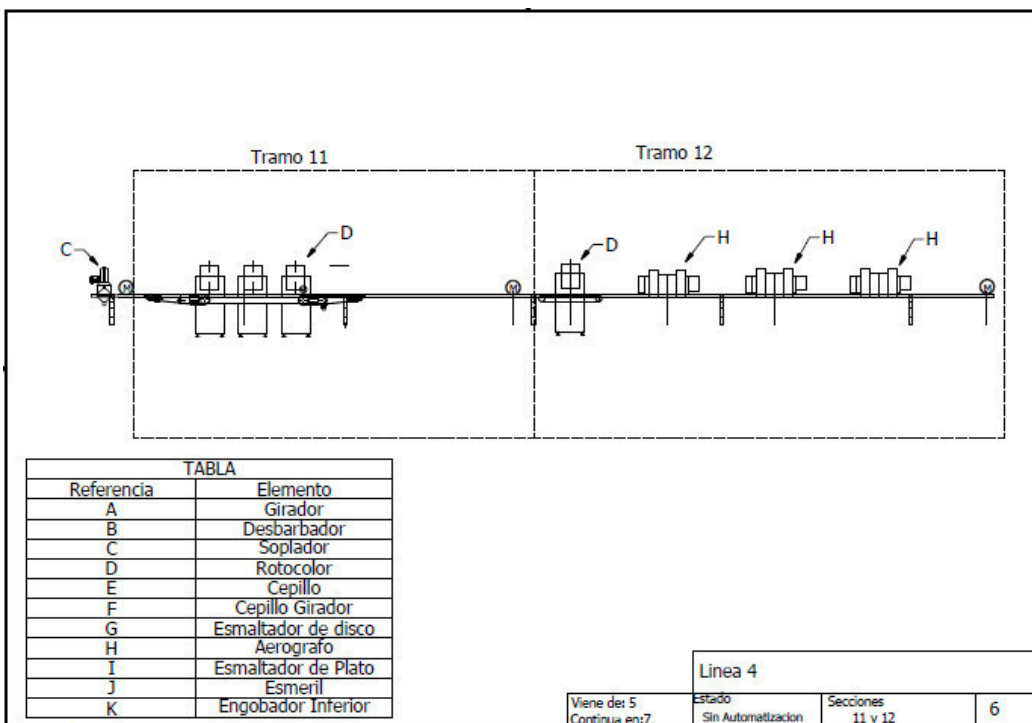
Plano 5: Composición línea 4

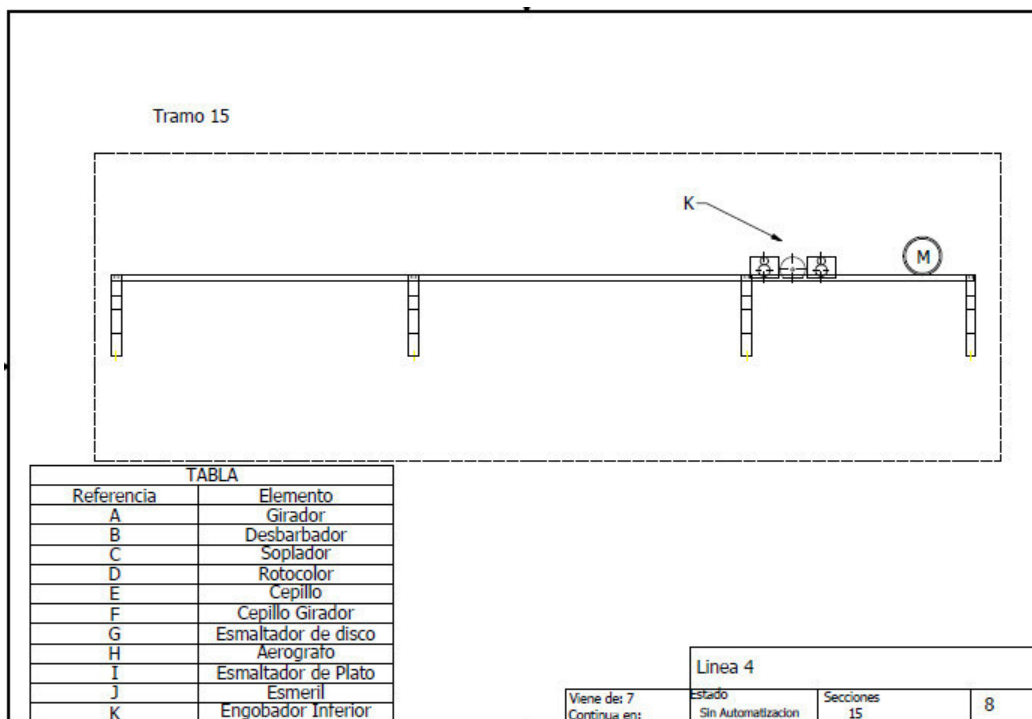


Plano 6: Composición línea 4



Plano 7: Composición línea 4



Plano 8: Composición línea 4¹³

En esta línea de producción se han detectado complicaciones que se describen a continuación:

- ◆ Al generarse un paro las máquinas deben sincronizarse de nuevo, porque algunas utilizan en su funcionamiento rodillos que tienen un patrón definido y la pieza debe ingresar a esta máquina en el punto exacto, para que esta aplicación se realice de forma correcta. Esto requiere que el operario propicie las condiciones de arranque para la máquina, porque no se tiene control sobre las bandas y hasta lograr sincronizar todas, no es posible tener un proceso continuo de producción. De igual forma ocurre cuando se cambian los rodillos de estas máquinas, o hay un paro de emergencia por algún problema en la línea.
- ◆ La detección de problemas en la línea se realiza por medio del operario y la línea no se detiene hasta que el mismo alcanza el botón o tira de la cuerda de seguridad.
- ◆ No se posee un manejo de resolución de la velocidad mayor a la relación de las poleas.

¹³ Todos los planos son elaboración propia.

2. Justificación

Para solucionar los problemas de la línea de engobe y esmalte se ha planteado realizar el proyecto de automatización de paros seccionados en cascada.

La línea de esmalte tenía el inconveniente que al generarse un paro las maquinas, estas debían sincronizarse de nuevo. Se planea que por medio de software corregir el error en el arranque

La detección de problemas en la línea realizada por operario se busca solucionar al automatizar el proceso, para que sí ocurre un problema en alguna sección la banda automáticamente se bloquea, evitando así pérdida de producto y algún daño colateral a las bandas, máquinas u operarios.

Se ha evaluado que para realizar la automatización de la línea existen los siguientes requerimientos:

- ◆ Detención de las bandas desde la sección en la que se generó el paro hasta el secadero.
- ◆ Botoneras con dos botones, uno de paro general y el segundo de paro seccionado.
- ◆ Cable de paro de emergencia.
- ◆ PLC maestro y módulos de control por sección.
- ◆ Reorganización del cableado eléctrico en la línea.
- ◆ Manejo de motores eléctricos por medio de variadores de frecuencia.
- ◆ Automatización de los variadores de frecuencia por PLC

3. Objetivos

3.1. Generales

- ◆ Automatizar la generación de paros seccionados y generales en una línea de esmalte.

3.2. Específicos

- ◆ Diagramación y ensamblaje de paneles para el control de los motores dentro de la línea de esmalte.
- ◆ Diagramación y ensamblaje del panel que contendrá el PLC
- ◆ Adaptación del cableado a lo largo de la línea
- ◆ Se diseñara un programa en escalera para el control de la línea
- ◆ Se diseñara un programa SCADA para el manejo por PC.
- ◆ Comunicación del PLC y los controladores de las maquinas dentro de la línea, para generación de los paros seccionados.
- ◆ Sistema visual de alarma al pararse la línea.
- ◆ Cableado e instalación de botoneras a lo largo de la línea para manejo de los paros.

4. Metodología

4.1. Observación e investigación. Se observó la distribución de los motores y máquinas de la línea para crear un plano representativo de la línea

Se observó el proceso para generalizar un algoritmo para el control de la línea y se observaron necesidades o cambios necesarios en la composición de la línea para llevar a cabo la automatización. Por ejemplo: sensores extras, algún cambio de motor o caja reductora, y así poder realizar correctamente la cotización y orden de compra.

4.2. Ensamblaje de paneles y diseño de programa PLC y PC. Se diseñó el software que controla toda la línea por medio de los programas mencionados anteriormente en la sección de observación e investigación.

Se realizaron pruebas con el hardware hasta obtener el resultado deseado. Para esto solo se ejecutaron pruebas con una pequeña cantidad de secciones para luego generalizar la solución. Simultáneamente se ensamblaron los paneles y se colocarán en las posiciones escogidas para el control seccionado de la línea.

4.3. Puesta en marcha de la línea Al finalizar la implementación del diseño se buscó optimizar el manejo de la línea por medio de los paros.

4.4. Cronograma En la Tabla 3 se muestra el cronograma que se planeó para el desarrollo de este proyecto.

Tabla 3 Cronograma¹⁴

Semana	Investigación	Diseño	Implementación	Corrección	Entrega
14-20 enero	X				
20-27 enero	X				
28 enero a 3 febrero		X			
4-10 febrero		X			
11-17 febrero		X			
18-24 febrero		X			
25 febrero 3 marzo			X		
4-10 marzo			X		
11-17 marzo			X		
18-24 marzo			X		
25-31 marzo				x	
1-7 abril				X	
8-12 abril					X

¹⁴ Elaboración propia.

5. Diseño e implementación

5.1. Observación e investigación: En la empresa existen varias máquinas automatizadas, la mayoría de las mismas utilizan la marca Omron para sus componentes, por lo que poseen inventario para dar mantenimiento.

El cableado eléctrico dentro de esta línea era aéreo por medio de canaletas, estas pueden ser utilizadas para poder instalar los cables de las señales y alimentación a los módulos del PLC. Se consideró el separar los cables de alimentación de los de señales dentro de la canaleta, esto se podía hacer dividiéndola internamente y aislándola con algún polímero o metal.

La línea de producción contaba con: contadores, el PLC que registra el conteo de las piezas en producción por medio de los contadores, botones de paro general, botones de reanudación de marcha, pulsadores tipo hongo para paro de emergencia y un cable de seguridad.

Para entender correctamente el funcionamiento de la línea se debió observar, la composición, el proceso y la interacción de los operarios con la línea. A continuación se enumeran lo que se observó:

5.1.1. Ubicación y regulación de velocidad de motores: La línea estaba compuesta por 15 motores, cada uno de los cuales impulsaba una caja reductora con una polea, la cual impulsaba la sección de banda o tramo.

Las secciones de bandas impulsadas por los motores en la línea no poseen la misma longitud, esto se debe a que muchas veces las secciones de las bandas son interrumpidas por los subprocesos que ocurren en cada sección.

Se hicieron mediciones para definir la posición actual de los motores y posteriormente se procedió a hacer un diagrama de la línea con los componentes y motores que la componían

5.1.2. Interacción de las máquinas y operarios con la línea. A lo largo de la línea se tenían distribuidas botoneras de control las cuales contenían un selector para generar el paro parcial, un botón rojo para un paro general, un botón de reanudación de color verde y un hongo para el paro de emergencia. Otra forma de generar un paro de emergencia es por medio del cable de seguridad el cual se extiende por toda la línea.

Se identificó la forma en que los operarios controlaban el proceso de esmaltado y engobe, y se observó que estos accionaban el selector de paro al detectar un problema en la línea. Al estar en posición de accionado el selector, no se podía reanudar la marcha hasta cambiarlo de posición. Para reanudar la marcha se presionaba el botón verde, de cualquiera de las botoneras de control.

Dentro de la línea se cuentan con distintas máquinas con funciones muy diferentes, algunas de estas funciones pueden ser aplicación de esmalte, acabado superficial, cambio de orientación de la pieza, limpieza de cantos, sopladores etc.

Para el control de la línea solo se tomaban en cuenta tres tipos de máquina, para generar un paro, las cuales son: Espaciador de Piezas (máquina que controla la distancia entre piezas dentro de la línea esto lo hace por medio de dos motores), Rotocolor (máquina que imprime un diseño sobre la

superficie engobada del bizcocho), Cepillo giratorio (Máquina que por desgaste generaba patrones sobre la superficie del bizcocho).

Estas máquinas al detectar un error o un fallo generaban un paro de la línea, y esta condición era liberada hasta que fuera solucionado el problema de la máquina, y se presionara el botón de reanudar.

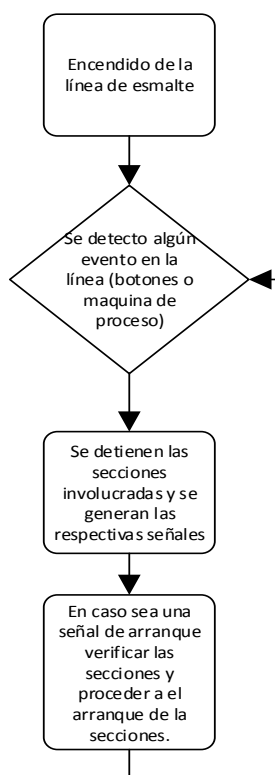
Estas máquinas poseen una señal de salida que se comporta según su estado (si están funcionando correctamente la señal está en 24V DC y si se presenta algún problema pasa a 0V DC) también se puede generar un paro en la maquina por medio de una entrada digital (24V DC para estado de marcha y 0V DC para estado de paro).

La línea de esmalte es alimentada por un secadero (deshumidificador), el cual debe ser detenido si ocurre un paro en la línea de esmalte, esto se tomó en cuenta para la generación del paro del tramo 1 ya que este debe generar una señal para poder indicarle el estado actual de la línea al secadero.

La línea alimenta una maquina apiladora, la cual debe de parar la línea si en caso llegara a tener algún problema, esto fue tomado en cuenta cuando se diseñó el paro y reanudación del último tramo de la línea.

5.1.3. Definición del algoritmo de paros seccionados: Al ya tener una idea clara de cómo el funcionamiento de la línea era, se optó por definir una idea básica de cómo debería ser el algoritmo para el control de la línea por medio del paro seccionado. El cual es ilustrado en el Diagrama 4

Diagrama 4: Algoritmo línea¹⁵



¹⁵ Elaboración propia.

5.1.4. Variador de frecuencia MX-2 y PLC En esta fábrica ya se contaba con los variadores de frecuencia MX-2, capaces de manejar estos motores, ya que estos variaban en un rango de 1Hp a 2 Hp, algunas características de los variadores de frecuencia con los que se trabajó son: Un valor nominal de potencia de 1.5kW y 440 V AC trifásico, poseen un módulo de 7 entradas digitales, tiene un módulo de comunicación RS-485 con protocolo Modbus, 2 salidas digitales simples, y 2 salidas de relé. Las imágenes del manual que se muestran en las imágenes 8 y 9, son las terminales eléctricas que posee este dispositivo

Imagen 8: Terminales eléctricas¹⁶

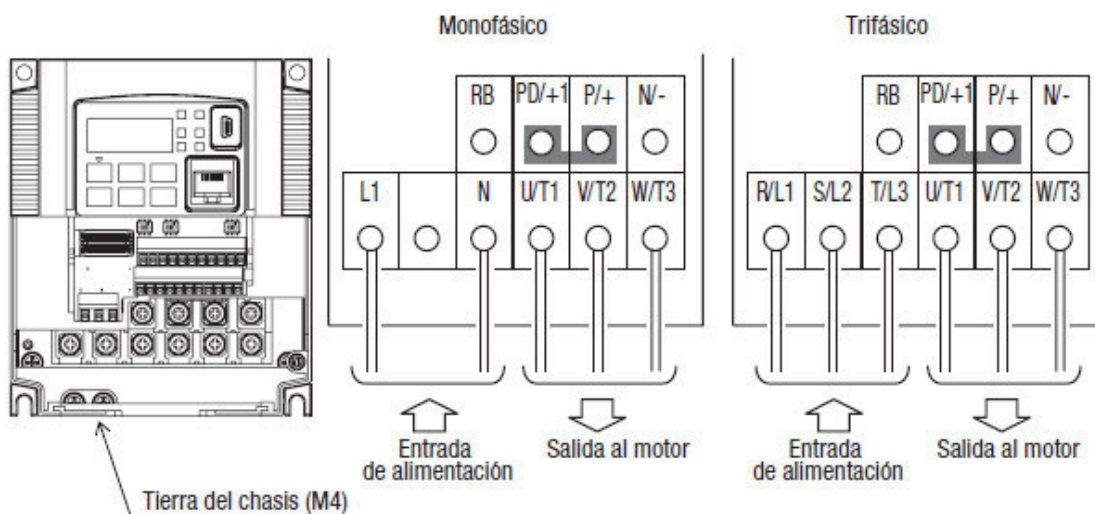
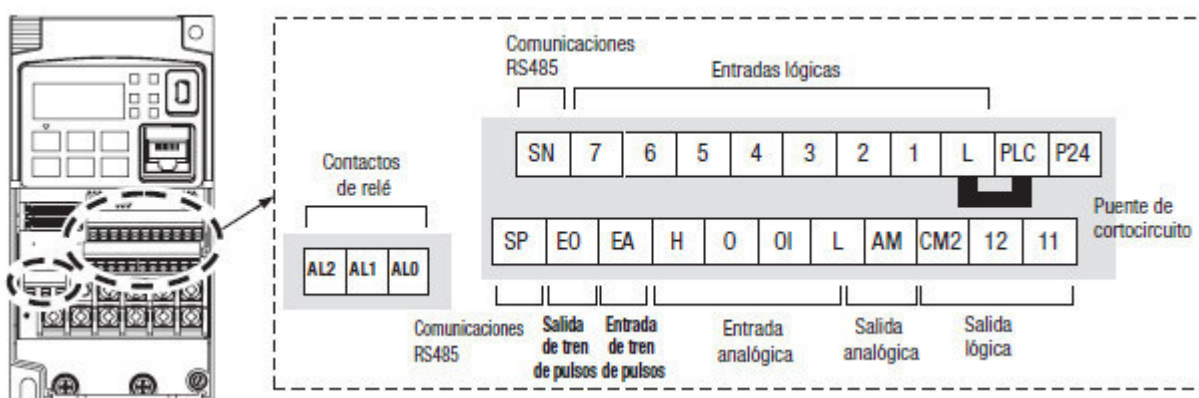


Imagen 9: Terminales eléctricas¹⁷



En este modelo de variador de frecuencia por medio de la comunicación por Modbus se puede acceder a los registros internos, los cuales pueden ser modificados y accedidos por

¹⁶ Imagen tomada del manual de usuario MX-2 sección 2 págs. 39

¹⁷ Imagen tomada del manual de usuario MX-2 sección 4 págs. 169

medio de instrucciones, los registros internos almacenan información sobre el estado del variador de frecuencia (Run/Stop), frecuencia, estado de las entradas digitales entre otros.

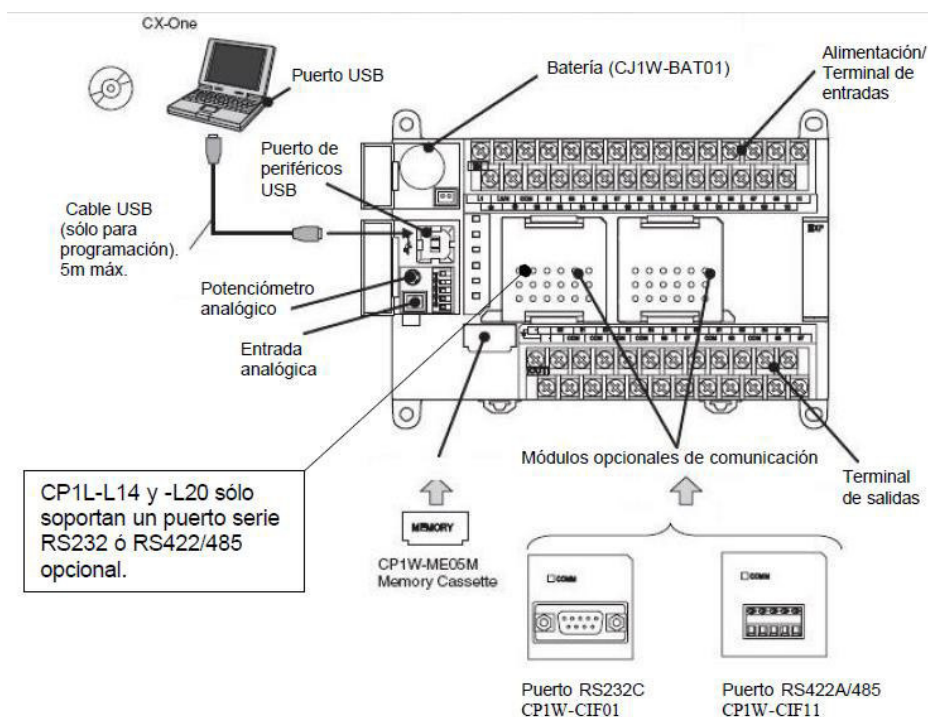
Estos dispositivos tienen la capacidad de poder manejar una red modbus sin necesidad de implementar como maestro un PLC, sin embargo esto no se tomó en cuenta ya que se necesitaba de la capacidad de guardar múltiples configuraciones (Recetas) para la línea.

Al conocer el funcionamiento del MX-2 se procedió a la selección del PLC, para lo que se consideraron varios aspectos:

- ◆ La capacidad de los módulos digitales (que no se necesita de una alta cantidad).
- ◆ La comunicación con la computadora para el manejo de recetas.
- ◆ La posibilidad de comunicarse en el protocolo de los variadores de frecuencia.
- ◆ Algunos documentos emitidos por Omron en los cuales exponía como característica de la familia CP1L, automatizaciones con los variadores MX-2.
- ◆ Familia de baja gama de Omron.

Con base en estas consideraciones se procedió a seleccionar el CP1L-M30DR-A, las características externas están ilustradas en la Imagen 10.

Imagen 10 CP1L características generales¹⁸



¹⁸ Imagen tomada del manual de usuario CP1M y CP1L

En el caso de esta automatización los dos módulos de comunicación seleccionados fueron del tipo CP1W-CIF11 (RS 485 para la comunicación con Modbus) y CP1W-CIF01 (RS 232 para la comunicación con el pc por medio de Device Net)

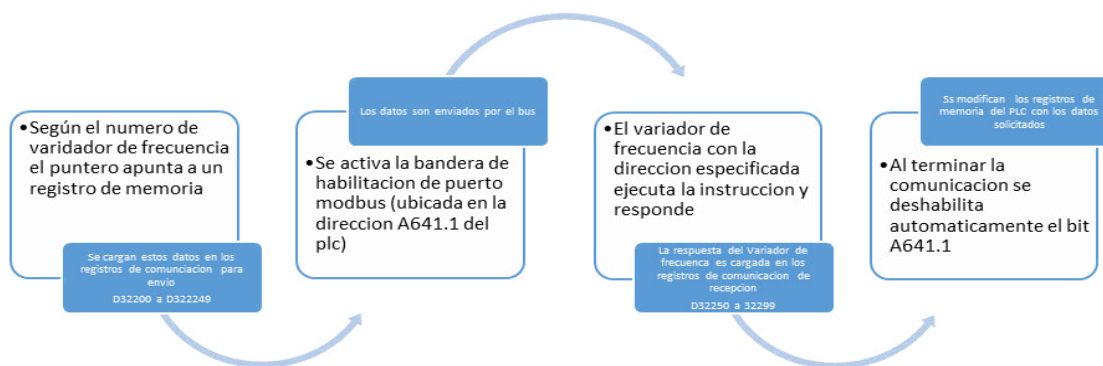
Al haber seleccionado el PLC para trabajar la automatización, se inició con la fase de familiarización con el software de programación del PLC (CX-Programmer), y la comunicación entre los variadores de frecuencia y el PLC. Se desarrollaron varios programas para probar los distintos módulos que en el futuro llegaron a formar parte del programa principal.

Los programas realizados fueron los siguientes:

- ◆ Banco de memoria: el objetivo de este programa fue poder utilizar un registro puntero, el cual fuera cambiando de registro según su valor, también en este programa se probaron las instrucciones de Dist (instrucción que tiene como parámetros un registro base, un registro de offset y un registro con el valor a guardar) y Coll (instrucción que carga en un registro destino el valor de un registro dado por los valores del registro base más el registro de offset).
- ◆ ModBus: en este programa se puso a prueba las distintas instrucciones de este protocolo para asegura su funcionamiento.
- ◆ Prueba de botones: con este programa se integraron los dos programas anteriores y el secuenciado en cascada para los paros parciales y generales. Además se implementó un puntero para las instrucciones, el cual definía los distintos parámetros en los registros de comunicación del PLC los cuales son de la posición en memoria D32200 al D32299 para el puerto serial 1

La comunicación y guardado de datos entre el PLC y los variadores de frecuencia por medio de modbus en base al programa desarrollado se ejecuta como es ilustrado en el Diagrama 5.

Diagrama 5: Pasos de comunicación PLC y MX-2¹⁹

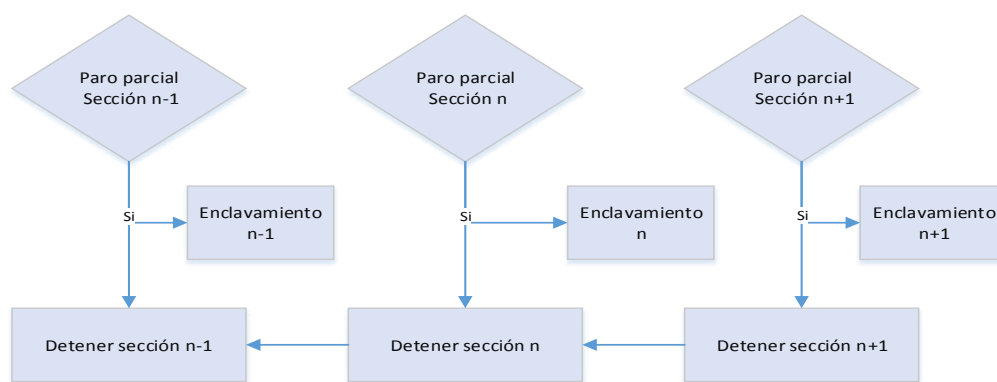


¹⁹ Elaboración propia

5.2. Diseño y Ensamblaje de paneles y botoneras: En el diseño de los diagramas de botoneras y paneles se consideró la cantidad de funciones distintas que se tendrían por variador de frecuencia en la línea las cuales son:

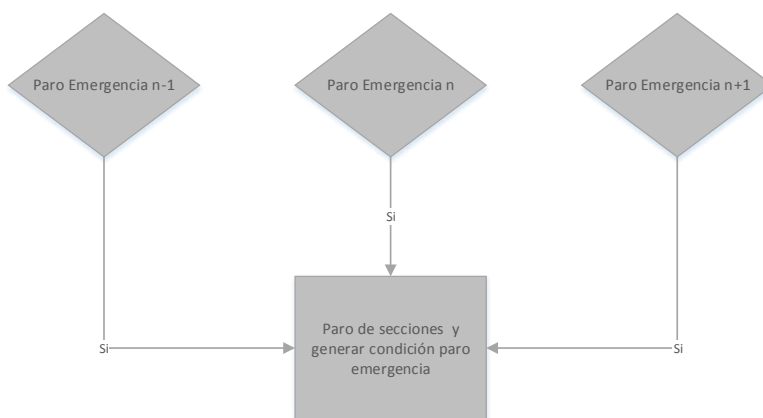
- ◆ Aumentar Frecuencia
- ◆ Disminuir Frecuencia
- ◆ Estado de Variador de frecuencia (Run/Stop)
- ◆ Paro parcial: Se detiene el tramo y los tramos anteriores a este, la forma de liberar este paro es presionando el botón de reanudar de la botonera, del tramo donde se generó. Sin embargo, si hay un paro parcial en un tramo posterior a éste, no se iniciara la marcha hasta que se libere el paro parcial del tramo posterior. El diagrama muestra la forma en que se realiza esta función de paro.

Diagrama 6: Paro parcial²⁰



- ◆ Paro de emergencia: Este paro bloquea toda la línea, para salir de este paro se debe ir al panel central para liberar manualmente este bloqueo, y posteriormente presionar cualquier botón de reanudar para arrancar nuevamente la línea

Diagrama 7: Paro emergencia²¹

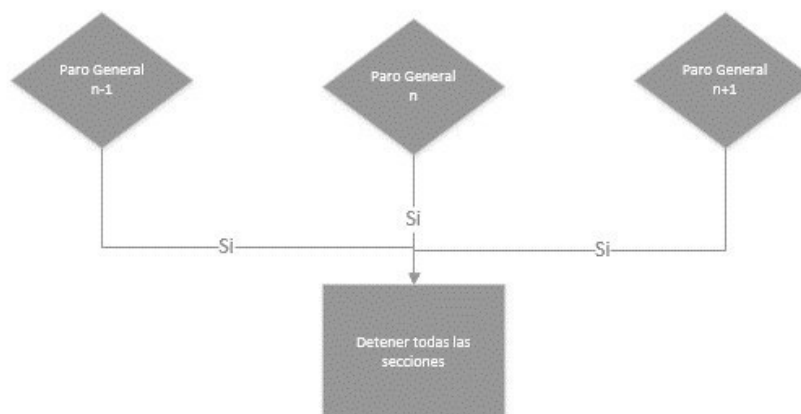


²⁰ Elaboración propia

²¹ Idem

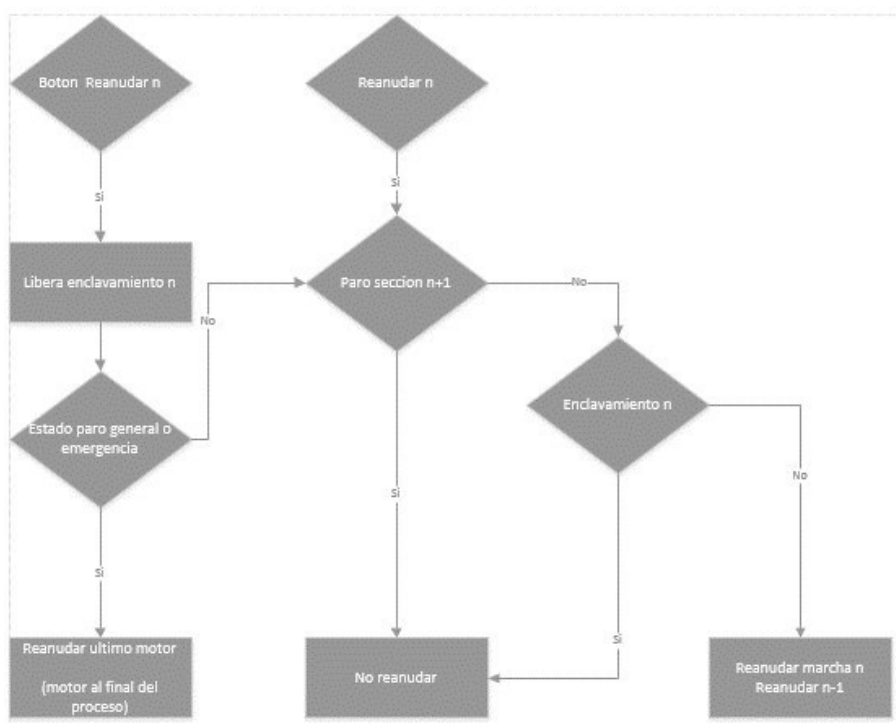
- ◆ **Paro general:** Se detienen todos los tramos de la línea sin importar la posición de donde ocurre, para reanudar la marcha tras este paro, se puede hacer desde cualquier posición, salvo que si existían estados de paro parcial en la línea estos tramos no reanudarán la marcha hasta liberar el estado de paro parcial. El Diagrama 8 muestra la función implementada.

Diagrama 8: Paro general²²



- ◆ **Reanudar marcha:** en el Diagrama 9 se ilustra la forma en que se implementó esta función.

Diagrama 9: Reanudar²³



²² Elaboración propia

²³ Idem

Se decidió que los botones de aumentar y disminuir frecuencia estuvieran en la parte frontal del panel. Esto de acuerdo a que si se ubicaban en la botonera al presionarlos no se podría leer el valor actual de frecuencia del variador.

La botonera que se seleccionó para este proyecto fue con capacidad de alojar cuatro pulsadores, esto en base a si se requería de una nueva opción.

En la botonera se ubicaron al inicio solo tres botones y un indicador lumínico, a continuación se enuncian estos:

- El primero un pulsador de hongo que tenía como función el paro de emergencia de la línea.
- El segundo un pulsador de color verde el cual tenía como función la reanudación de marcha de la sección parada.
- El tercero un pulsador de color rojo que tenía como función el paro parcial de la línea
- La cuarta posición era para el indicador lumínico el cual se activaba cuando el variador de frecuencia estaba en paro.

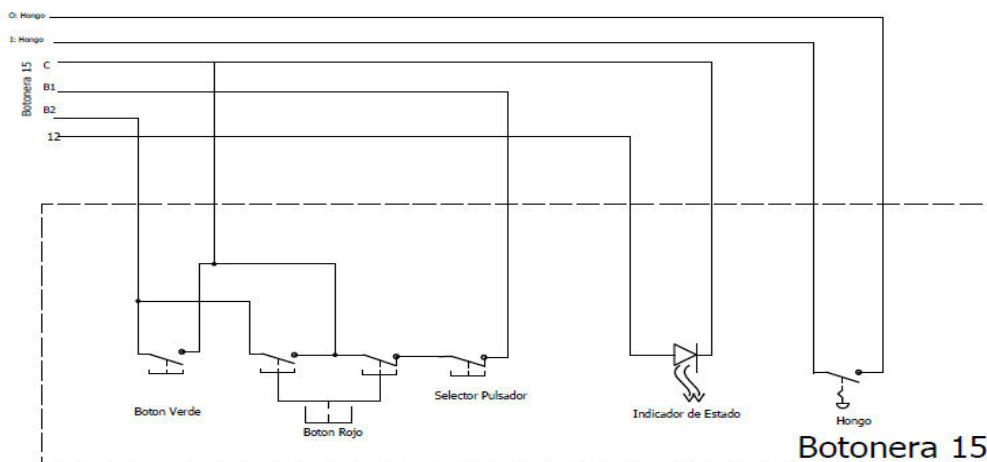
Esto se tuvo que modificar, debido a que al analizar de nuevo el funcionamiento de línea se llegó a observar que era necesario un paro general, ya que si ocurre un problema en una sección muy lejana, y que no es de un nivel significativo, se debe poder parar la línea desde el punto donde se encuentre el operario y reanudar la marcha después de solucionado el problema, sin necesidad de regresar a la posición donde se generó el paro.

Según este cambio se diseñó la botonera con la siguiente disposición:

- En la primera posición un pulsador de hongo para el paro de emergencia.
- En la segunda un pulsador verde para la función de reanudar marcha.
- En la tercera un pulsador de dos contactos con indicador lumínico para la función de paro general.
- En la cuarta un selector pulsador para la función de paro parcial.

El diagrama eléctrico de la botonera en su diseño final se ilustra en el Diagrama 10.

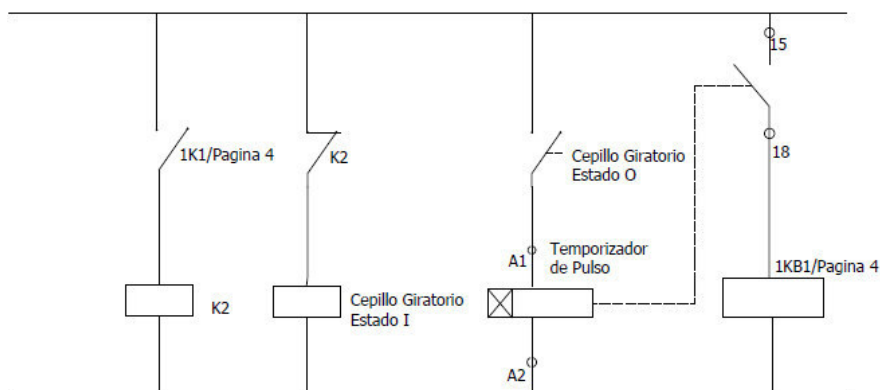
Diagrama 10: Botonera de línea²⁴



Al ocurrir un paro de una máquina se tuvo que simular la pulsación de un botón, por medio de un temporizador con función de pulso único y un relé, esto para generar un paro parcial de la línea.

Como ya se comentó anteriormente el variador de frecuencia tiene dedicadas salidas de relé para indicar su estado (Marcha/Paro), en el caso de tener una máquina en su tramo este relé del variador de frecuencia servirá como control de la señal de encendido o paro de la máquina. En el Diagrama 11 se muestra el diagrama eléctrico para el control de estos paros.

Diagrama 11: Control de máquinas



Una consideración que se tomó en cuenta fue la implementación de cable blindado o cable simple para el alambrado de las botoneras, se consideró que el cable blindado no era necesario pues no se tenían líneas de alimentación en paralelo con el cable de las botoneras, por lo que no se generaría ruido en estas líneas, además que la distancia entre las botoneras con el variador de frecuencia al que van conectados, y el consumo de estas no superan los valores indicados en el manual del dispositivo.

²⁴ Elaboración propia

En el diseño del diagrama eléctrico de los paneles se instalaron guardamotores en la alimentación de los variadores de frecuencia, según el fabricante.

Las líneas de alimentación de los variadores de frecuencia y las líneas de alimentación a los motores están separadas de las señales de control de las botoneras, esto considerando que podría generarse ruido eléctrico en las señales digitales.

Cada botonera posee una numeración la cual corresponde al variador de frecuencia al cual está conectado, ejemplo: B2 correspondería al variador de frecuencia 2 ubicado en el panel 1.

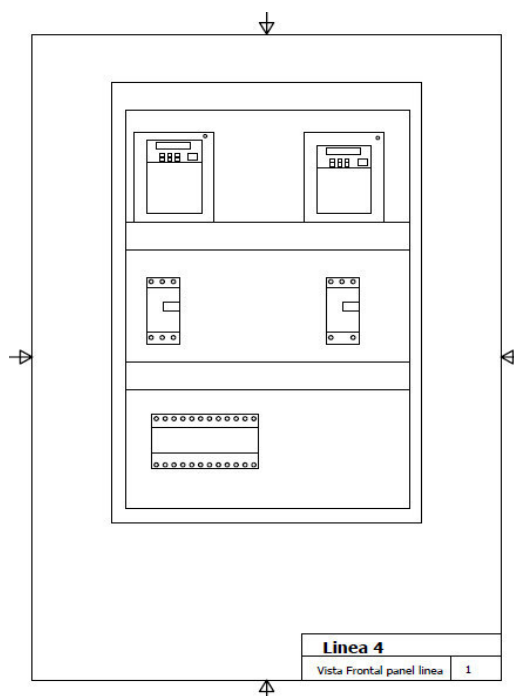
El diagrama eléctrico que se utilizó para los paneles de línea se encuentra en la siguiente página bajo el nombre de panel 8.

El manual de usuario de los variadores de frecuencia da especificaciones acerca de las distancias que se deben tener entre variadores de frecuencia para realizar una correcta instalación, estas distancias se tomaron en cuenta para el diseño físico de las posiciones en el panel.

Los botones de aumentar y disminuir frecuencia se encuentran en la tapadera del panel.

Se realizó una representación gráfica de cómo debería de verse el panel al instalar los componentes, el cual se muestra en el Diagrama 12.

Diagrama 12: Vista frontal panel línea²⁵

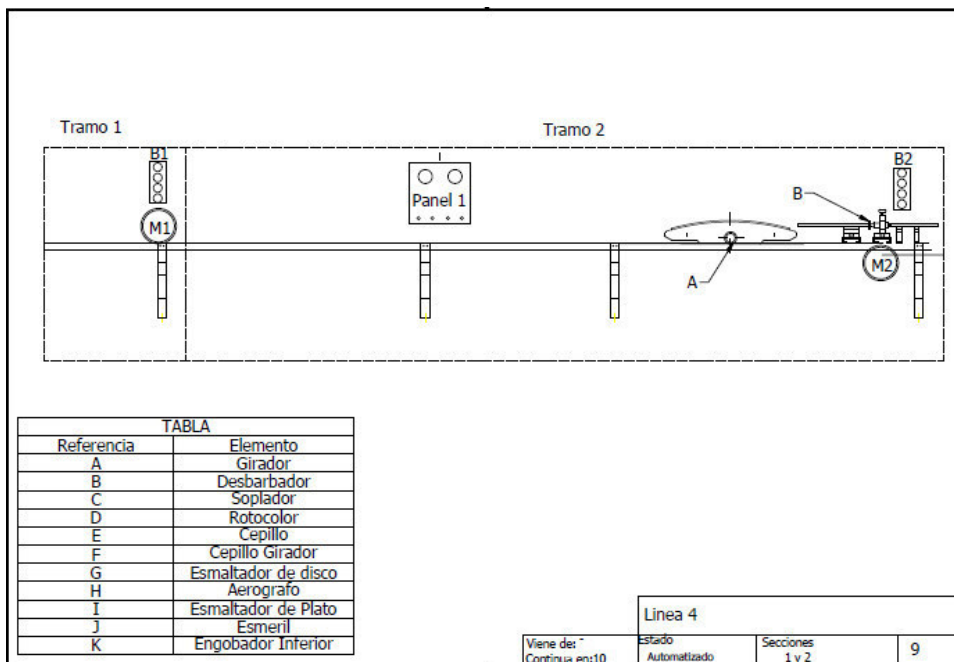


²⁵ Elaboración propia

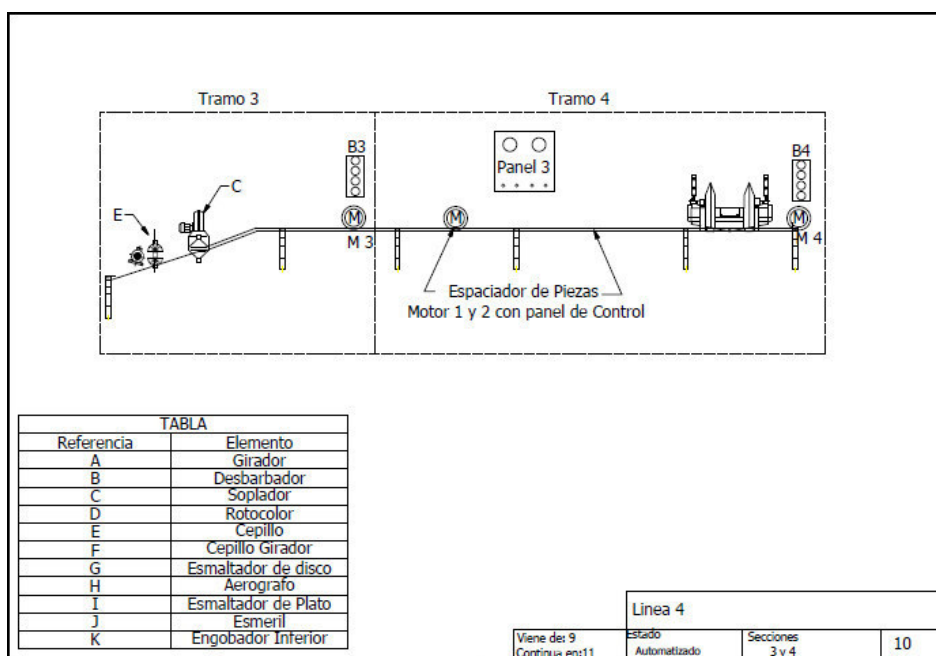
El posicionamiento en la línea de las botoneras fue sobre el motor del tramo que controlan, y el posicionamiento del panel fue en base a que se tuviera control visual de los dos tramos que este controla.

A continuación se representan las localizaciones de los paneles y botoneras instalados en la línea.

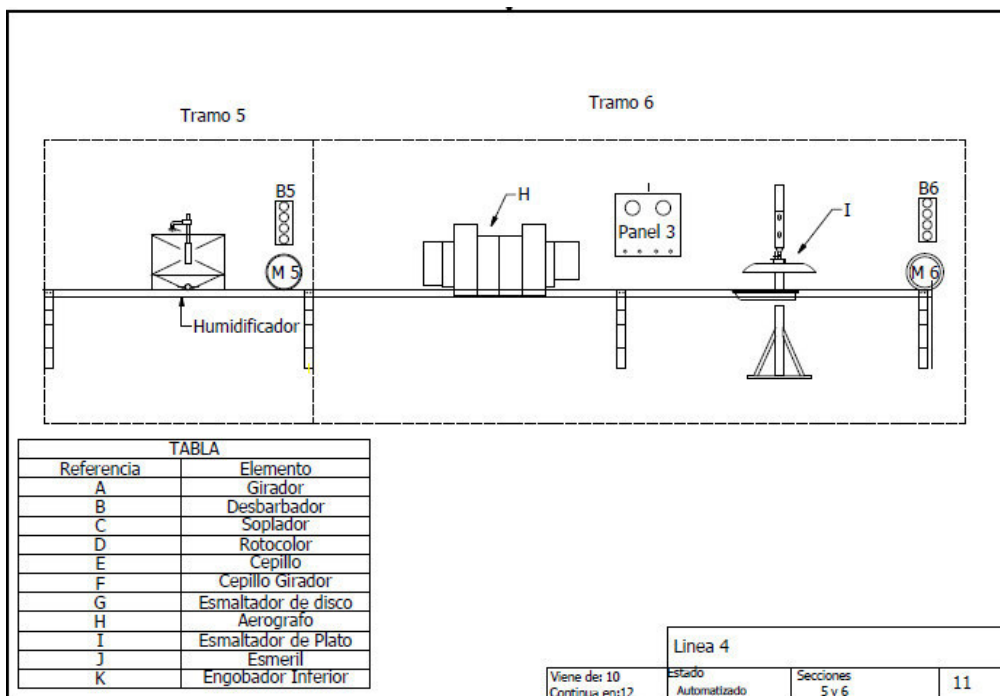
Plano 9: Línea 4 automatización



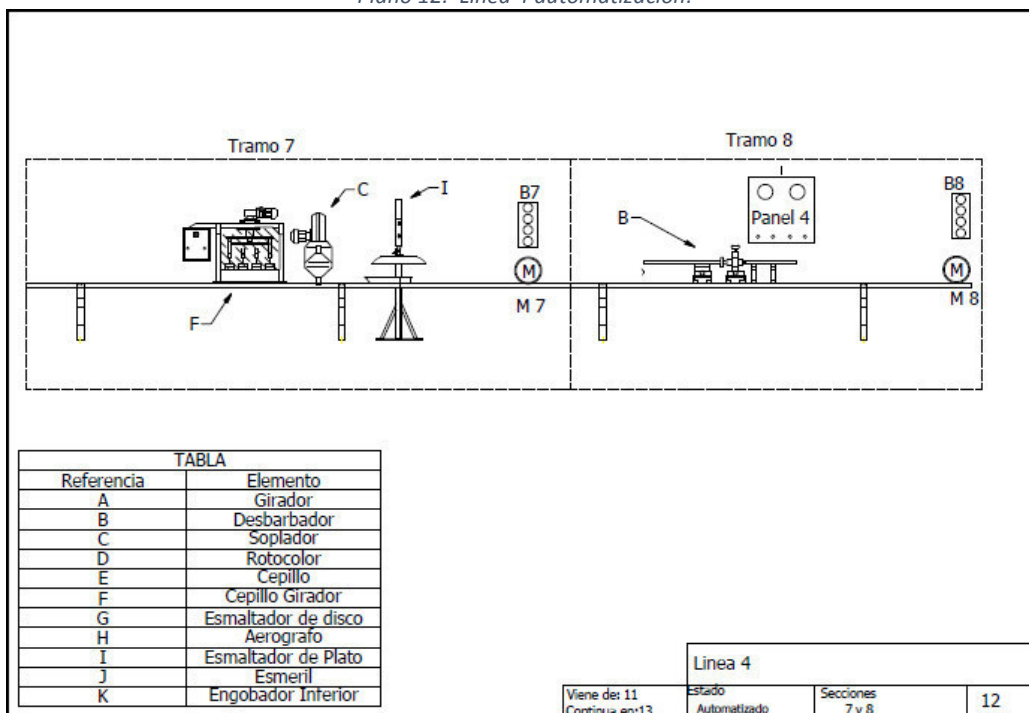
Plano 10: Línea 4 automatización



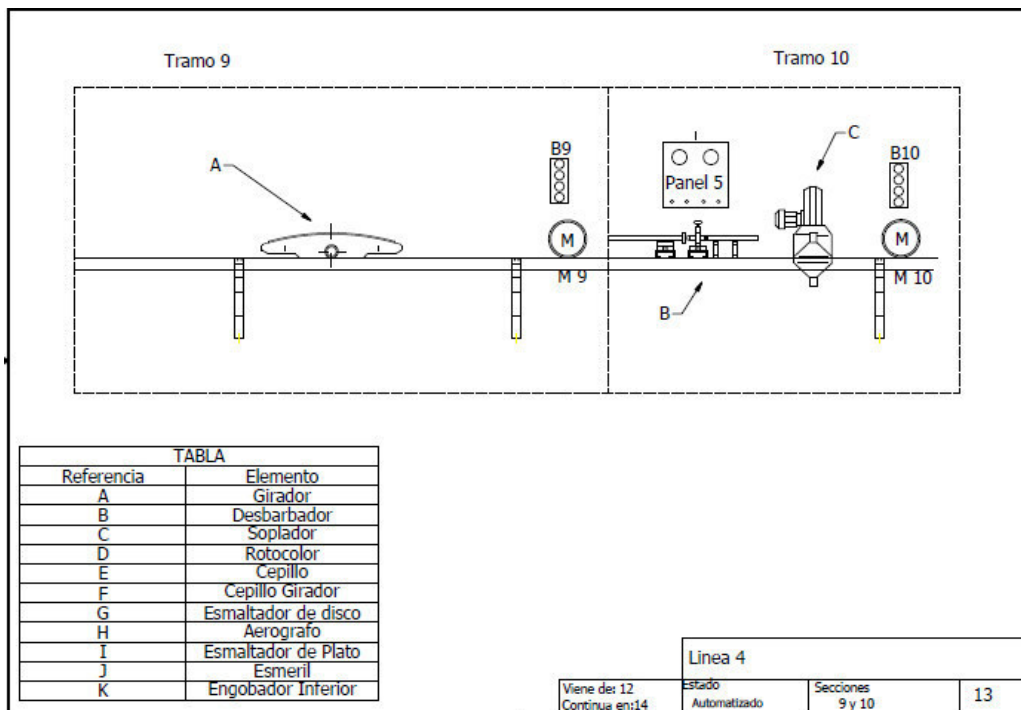
Plano 11: Línea 4 automatización



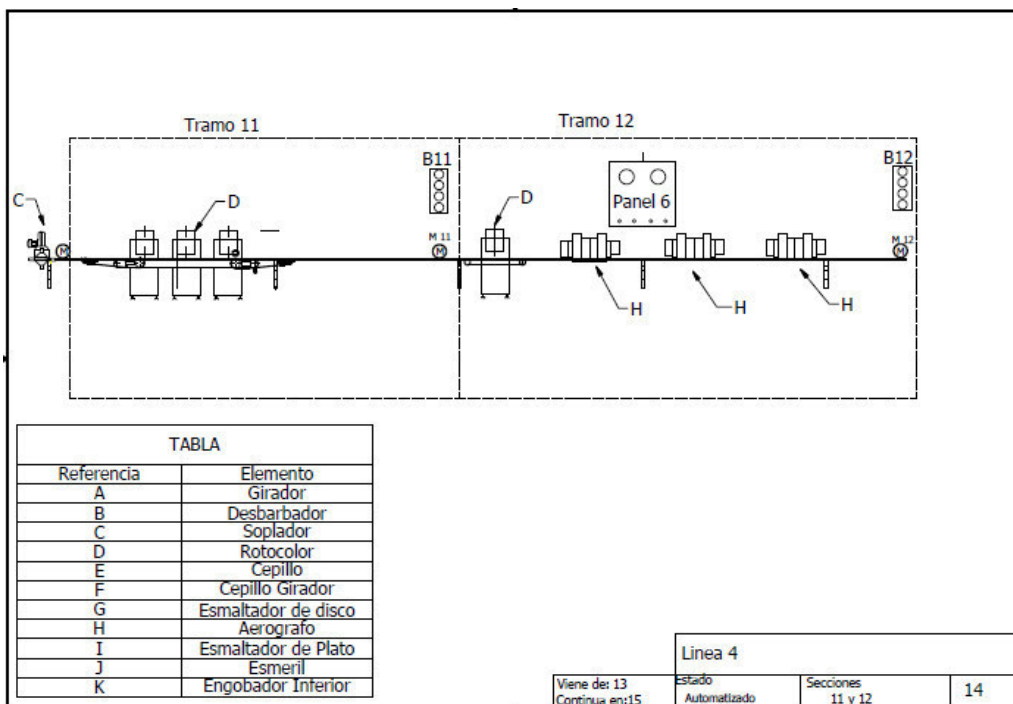
Plano 12: Línea 4 automatización:



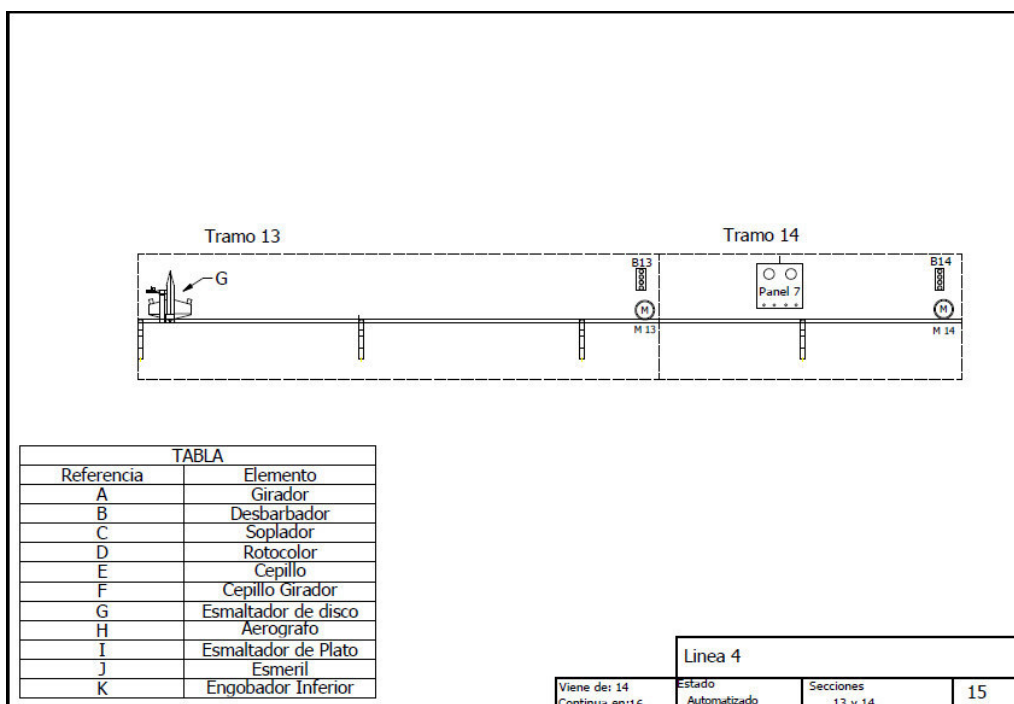
Plano 13: Línea 4 automatización



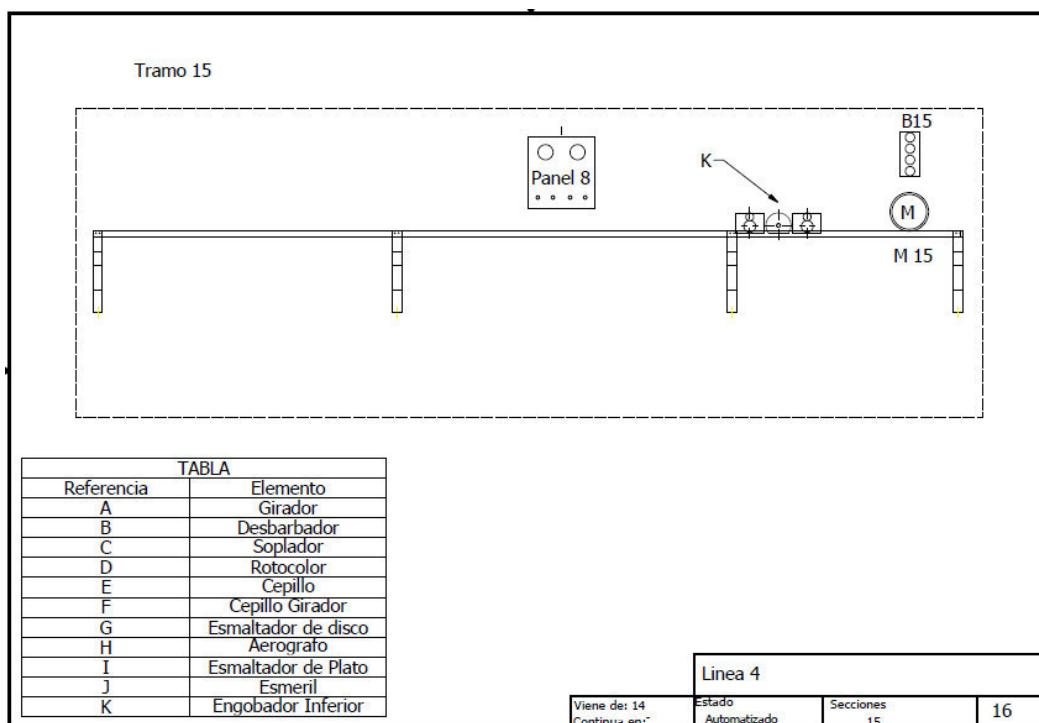
Plano 14: Línea 4 automatización



Plano 15: Línea 4 automatización



Plano 16: Línea 4 automatización²⁶



²⁶ Todos los planos son elaboración propia

Debido a que se necesitaba una configuración de los parámetros de los variadores de frecuencia para poder ser controlados por el bus y con el fin de ahorrar tiempo en la programación de los variadores se utilizó el programa CX-Drive que permite cargar los parámetros deseados al variador de frecuencia con base en una plantilla creada en la computadora.

Los parámetros que se modificaron para la comunicación se hicieron con base a la Tabla 4 que se encuentra en el apéndice B del manual del variador de frecuencia.

Tabla 4: Parámetros modbus²⁷

Función Código	Nombre	Requerido	Configuraciones
A001	Fuente de frecuencia	✓	00 Potenciómetro de teclado 01 Terminal de control 02 Configuración de la función F001 03 Entrada de red ModBus 10 Salida de la función de cálculo
A002	Fuente de comando RUN	✓	01 Terminal de control 02 Tecla RUN del teclado u operador digital 03 Entrada de red ModBus
C071	Velocidad de comunicaciones	✓	03 2.400 bps 04 4.800 bps 05 9.600 bps 06 19,2 k bps 07 38,4 k bps 08 57,6 k bps 09 76,8 k bps 10 115,2 k bps
C072	Dirección de Modbus	✓	Dirección de red, el rango va de 1 a 247
C074	Paridad de comunicaciones	✓	00 Sin paridad 01 Paridad par 02 Paridad impar
C075	Bits de parada de comunicaciones	✓	El rango es 1 ó 2
C076	Selector de error de comunicaciones	–	00 Disparo (Código de error E60) 01 Decelerar hasta parada y disparo 02 Desactivar 03 Parada por marcha libre 04 Deceleración a parada
C077	Tiempo de espera de error de comunicaciones	–	Periodo del temporizador de watchdog de comunicaciones, el rango va de 0,00 a 99,99 s.
C078	Tiempo de espera de comunicaciones	✓	Tiempo que espera el variador entre la recepción de un mensaje y su transmisión. El rango va de 0 a 1.000 ms

5.3. Diseño de programas PC y PLC

5.3.1. Diseño de programa “PLC”: comunicación, memoria, toma de decisiones y máquinas : El programa del PLC tendría que contener tres funciones distintas (comunicación, memoria, toma de decisiones), las cuales tendrían que interactuar para poder controlar la línea, los requerimientos para este programa eran los siguientes

- ◆ Manejo del bus de datos Modbus.
- ◆ Manejo de los parámetros utilizados de los variadores de frecuencia para el manejo de los motores en la línea.
- ◆ Manejo de los datos recibidos por la red Device Net (PC).
- ◆ Manejo de los paros y arranques de la línea.

Las consideraciones que se tuvieron respecto a los paros y arranques de la línea fueron las siguientes

- ◆ Al generarse un paro parcial la única forma de removerlo debería de ser presionando el botón de reanudar de la misma posición en la línea, esto debido a que si se está haciendo un trabajo dentro de las bandas no ocurran accidentes, además de asegurar que también fue revisada la sección con el problema.

²⁷ Imagen tomada de “Manual de Usuario MX-2”

- ◆ Al arrancar un tramo en la línea se debe corroborar que los tramos posteriores estén accionados si no es así, no se iniciara la marcha.
- ◆ Al reanudar la marcha se debe activar una señal sonora un tiempo antes de que inicie la línea para prevenir a los operarios del cambio de estado.

Manejo de los parámetros de los variadores de frecuencia y el bus de datos.

- ◆ Cualquier cambio en los variadores de frecuencia es debido a que algún botón ha sido presionado. Por lo que este es el parámetro que siempre se debe estar controlando.
- ◆ Se recorren por el bus de datos los variadores de frecuencia a lo largo de la línea según el número de dirección en bus que posean, esta dirección está dada por su posición en la línea.
- ◆ Al ocurrir un cambio en el estado de cualquier botón, se procesa este valor y se generan los cambios necesarios, para satisfacer esta condición en la línea.
- ◆ En caso de que haya un cambio de condición en la línea se procesa este y se generan los cambios en la línea según los nuevos parámetros.

Manejo de los cambios por PC

- ◆ Se debió dedicar un registro el cual le indique al programa que se deben realizar cambios en los estados de los variadores de frecuencia debido a la pc.

5.3.2. Diseño del SCADA tipo de comunicación con PLC y red que se utilizó: Los requerimientos para esta aplicación era el poder de manera remota manejar las frecuencias de los variadores de frecuencia, poder guardar los valores actuales de todos los variadores de frecuencia en la línea y poder cargar diferentes al cambiar de formato de piso (a esto se le refiere como receta) y poder generar un paro de la línea.

Las funciones que se decidieron implementar en el programa fueron las siguientes

- ◆ Modificación de frecuencias tanto de forma individual como colectiva.
- ◆ Paro general de la línea y reanudar marcha.
- ◆ Comunicación con el PLC para poder modificar estos parámetros.

La red que se utilizó entre el PC y el PLC fue por medio de Device Net la cual da acceso al computador de los registros definidos como puntos en el programa de SCADA, este tipo de red es por medio de RS-232 y se debe utilizar el programa CX-Server para definir al PLC como nodo de esta red y así el computador tener acceso a él.

5.3.3. Separación de alimentación y señales digitales. La forma de alimentación a lo largo de la línea fue cambiada al instalar una blindosbarra o ducto barra (barra compuesta de 4 barras de cobre con conectores rápidos en distintas partes, la Imagen 11 da una idea general de la ducto barra) estas tienen la ventaja de que sus barras internas están aisladas del exterior, por lo que ya no se tuvo que contemplar la separación de señales de control de las líneas de alimentación.

Imagen 11: Ductobarra²⁸



6. Resultados

En esta sección se llegan a exponer los resultados obtenidos en esta automatización, por medio de tres secciones distintas, cada una de estas secciones describe una parte específica del proyecto, la primera es la de la composición de la línea tanto antes como después de la automatización, la segunda trata acerca del manejo de los motores, señales de máquinas y sensores que se tenían instalados en la línea, y como última sección la interfaz de usuario por medio de un computador.

6.1. Composición de la línea de esmalte : La línea de esmalte inicialmente contaba con 15 motores, cada uno de estos con un tramo de arrastre, en el cual se regulaba la velocidad por medio de un sistema de poleas el cual era adaptado al eje del motor (Imagen 12). La Imagen 13 muestra el estado de la línea previo a la automatización.

Imagen 12: Motores con polea²⁹



²⁸ Imagen tomada del sitio “www.ductobarra.com”, Caracas, Venezuela, 2011

²⁹ Imagen tomada en SamboroS.A.

Imagen 13 Línea previo a automatización



Actualmente este sistema fue retirado y ahora cada motor cuenta con una caja reductora (Imagen 14) y es controlado por un variador de frecuencia. Cada uno de estos variadores está conectado a una red modbus común, por medio de la cual el PLC rige el comportamiento de cada variador, según las señales que este recibe.

Imagen 14: Motor con caja reductora³⁰



Los variadores de frecuencia cuentan con un módulo de 7 entradas digitales multipropósito, los cuales en este proyecto están siendo utilizados como módulos remotos del PLC.

³⁰ Imagen tomada en SamboroS.A,

Se utilizaron 4 de las siete entradas como señales para el PLC comunicadas por medio del bus de datos, las cuales se generan por medio de las máquinas y los pulsadores, dos instaladas en el panel de línea que contenga el variador de frecuencia y otras dos instaladas en las botoneras de control de paros. Estas señales están codificadas por lo que no utilizan módulos de entradas digitales del PLC.

Los botones instalados en el panel son utilizados para variar la frecuencia, ya sea aumentándola o disminuyéndola por 0.1 Hz por pulsación. Los botones que se localizan en la botonera de control de paros cumplen la función de reanudar, parar parcialmente y paro total de la línea.

El botón de reanudar es el pulsador de color verde este cumple dos funciones, la primera que es el liberar la sección del tramo y reanudar marcha de esa sección y la segunda que es el reanudar marcha después de un paro total.

El botón de paro total es el pulsador de color rojo el cual genera un paro total de la línea y se puede reanudar la marcha presionando cualquier botón de reanudación este pulsador contiene un indicador lumínico el cual se enciende al entrar en estado de paro el motor.

El selector de paro parcial cumple la función de parar la línea de la sección deseada hasta el inicio del proceso.

El botón de paro general por emergencia está en serie con el resto de botones con esta función el cual genera un paro total de la línea, para reanudar la marcha después de un paro general por emergencia se debe liberar esta condición en el panel central (referirse al plano "Hongo" en la sección de anexos).

Cada panel instalado en la línea para esta automatización contiene dos variadores de frecuencia (salvo en el caso del panel 8 pues la cantidad de motores en la línea no es un número par). Cada uno de estos cuenta con un guardamotor por cada variador de frecuencia al igual que las borneras requeridas para las señales de control.

La forma en como quedaron conformados los paneles se muestra en la Imagen 15.

Imagen 15: Panel de línea³¹



³¹ Imagen tomada en Samboro S.A

En la Imagen 16 se tiene la línea ya automatizada y produciendo.

Imagen 16 Línea con automatización



En la sección de anexos en el plano “conexión serial” se ilustra la forma en que se interconectaron los paneles para el bus modbus. Se instaló un panel central el cual contiene al PLC y las borneras necesarias para el manejo de señales tanto del bus de comunicaciones como las señales lumínicas.

En la Imagen 17 y 18 se muestra la diferencia de trabajo para manipular las velocidades en la línea lo cual contribuye a la seguridad y comodidad del trabajador.

Imagen 17 Cambio de frecuencias en línea con automatización



Imagen 18 Cambio de frecuencias en línea sin automatización



A continuación se muestra el estado previo del panel central (Imagen 19) y el nuevo panel central de la línea (Imagen 20). En el panel central anterior se pueden apreciar los contactores que se utilizaban para el control de los paros dentro de la línea

Imagen 19: Panel central previo a automatización³²



³² Imagen tomada en Samboro S.A

Imagen 20: Panel central con automatización³²



Para tener una idea clara de la línea en su estado previo a la automatización y su estado actual por favor referirse al plano en los resultados “línea 4 Automatización” (el panel central es externo a la línea por lo que su ubicación no se encuentra localizada en el plano). Para el panel central de la automatización se utilizó uno ya instalado al cual se le instalaron los componentes de las dos filas inferiores para el control de la automatización.

Los planos eléctricos utilizados para los paneles están ubicados en los resultados en la sección de “Diagramas eléctricos línea 4”.

6.1.1. Manejo de motores, máquinas y señales de la línea. Previo a la automatización los paros seccionados de la línea eran realizados por medio de selectores los cuales bloqueaban la línea. Las máquinas requerían de sincronización manual lo cual hacía el proceso menos efectivo, también se tenía un cableado por motor desde su posición en la línea hasta el panel central.

Actualmente la línea se maneja por medio de paros por secciones los cuales generan un paro de la sección deseada y las estaciones anteriores, al reanudar la marcha las máquinas que requieren de secuencia de arranque lo realizan de forma automática.

Los estados de los motores son indicados por medio de un led ubicado en la botonera correspondiente cuando el motor entra en estado de paro este enciende el indicador luminoso para indicarle al operario que esa parte de la línea no está en funcionamiento. Esta nueva forma de operación generó cierta desconfianza de parte de los operarios pues fue un cambio significativo en su trabajo ordinario.

Las señales que se utilizaron para el manejo de los botones estaban codificadas por dos bits por lo que se podía tener hasta cuatro botones bajo esta codificación. Los valores de estas señales fueron guardados en el área de memoria del PLC del registro D140 a D159

Para comprender el programa del PLC, debemos de tener en cuenta que se realizaron bancos de memoria, para el guardado y manipulación de los estados de los variadores de frecuencia (Nodo,

Botones, Estado y Frecuencia). Para el manejo de estos bancos y el recorrido por los nodos de la red se utilizaron punteros los cuales eran vueltos al valor de cero al llegar al valor de # nodos -1.

La memoria del PLC utilizada y según su función se detalla en la Tabla 5.

Tabla 5: Distribución de memoria³³

Dirección de memoria	Dato	Tipo de dato	Rango valores
D50-59	tipo de instrucción en modbus	Word	Según variador de frecuencia
D60-D69	cantidad de bytes de instrucción	Word	Instrucción
D70-D79	Dirección de registro o bobina a modificar	Word	Instrucción
D80-D89	Cantidad de registros a modificar a partir de registro seleccionado	Word	Instrucción
D90-D99	cantidad de bytes a escribir o leer (H)reg1 H(L)	Word	Instrucción
D100-D109	reg1L (H) reg2H (L)	Word	Instrucción
D110-D119	reg2L (h) 00(L)	Word	Instrucción
D1	puntero en registros de memoria según número de variador de frecuencia	Word	0-14
D2	Puntero en registros de memoria según tipo de Instrucción	Word	0-3
D120-D139	dirección de nodo según variador de frecuencia	Word	1 a 15
D140- D159	Estado botones según dirección de nodo (H)	Word	00h a 7Fh
D160-D179	Estado variador de frecuencia consultado	Word	0000 o 0001
D180-D199	Run/Stop	Word	0000/FF00
D10-D29	Byte H frecuencia (L)	Word	0000h a 0040h
D30-D49	Byte L frecuencia (H)	Word	0000h a FF00h
D200-D219	Frecuencia	Word	0000h a 400h

El programa del PLC cuenta con tres secciones específicas, la primera es el recorrido de todos los nodos de la red modbus utilizando una instrucción general, la segunda sección es el modificar el registro

³³ Elaboración propia.

de estado del variador de frecuencia (run o stop) en base a al botón presionado. Y la tercera sección es el aumentar o disminuir la frecuencia según el botón presionado y su posición en la línea

El programa del PLC tiene 4 instrucciones generales de comunicación, las cuales son:

- ◆ Lectura del estado del módulo digital (botones de los variadores de frecuencia)
- ◆ Asignación de frecuencia al variador de frecuencia.
- ◆ Asignación de estado del variador de frecuencia.
- ◆ Paro general.

En el caso del paro general y el uso de la interfaz de usuario se fuerza al programa a realizar la instrucción sin haber recibido un cambio en el estado de los botones de cualquier variador de frecuencia de la línea.

Al implementar el programa diseñado para el control de la línea se observó que este tenía un tiempo de retardo en la comunicación, para solucionar este problema se evaluó la instalación del bus de datos para corroborar que no tenía ningún problema de instalación, en este proceso se detectó que se tenía una resistencia de terminación extra la cual contribuía al problema del tiempo de respuesta pero no era el problema total, por lo que se tuvo que modificar el módulo de comunicación del programa, agregando a la fase de lectura y escritura la limpieza de los registros de comunicación y aumentando la frecuencia de comunicación esto soluciono el problema de los retardos de manera aceptable, para que estos retardos no fueran perceptibles se optó por hacer subrutinas del programa principal para así poder mejorar los tiempos de lectura de cambios en la línea.

6.1.2. Interfaz de Usuario: La interfaz de usuario requería que el usuario tuviera una visión general de la línea y la ubicación de los motores y maquinas en ésta, que se pudieran modificar los valores de frecuencia de cada uno de estos y el tener alguna forma de guardado y volcado de recetas sobre los motores.

En este punto nos referimos a recetas como los parámetros de frecuencia de cada uno de los motores, esto es necesario para que al cambiar de modelo de piso no se tenga que realizar la calibración completa de todos los variadores de forma local.

Las recetas pueden ser modificadas por el usuario pues normalmente siempre se requiere de un ajuste de velocidad en algún tramo al cambiar formato.

El computador y el PLC están conectados por medio de una red serial, para poder tener acceso a registros de memoria del PLC, es necesario definir puntos de memoria, estos puntos se definen por medio del programa CX- Server y los utiliza la interfaz como variables, los puntos pueden ser de lectura, escritura o lectura - escritura.

En la interfaz se definieron como puntos los registros del banco de frecuencias del PLC, registros de estado y el registro de número de instrucción (registro del programa del PLC que define el tipo de instrucción de comunicación que realizará el PLC).

Para definir la frecuencia de un variador se pulsa sobre el número de motor el cual despliega una ventana donde se puede ingresar la frecuencia deseada y para cargarla se presiona el botón de enviar,

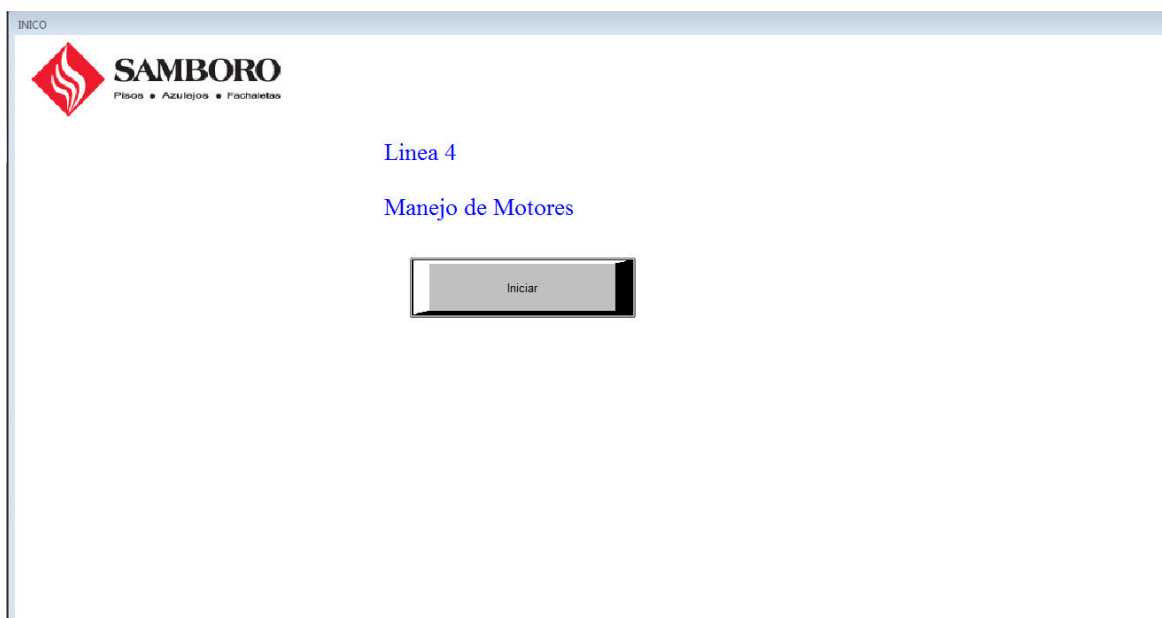
en esta ventana también se puede ir cambiando de variador, sin necesidad de regresar a la ventana anterior, por medio de las flechas rojas ubicadas del lado derecho.

Para guardar o volcar una receta en los variadores se selecciona el botón de recetas ubicado en la segunda página de la línea, el cual desplegara una nueva ventana donde se puede realizar la acción de guardado o cargado según el botón presionado. Cuando se está guardando o cargando una receta también se pueden modificar los valores de frecuencia que se están manipulando.

También desde esta interfaz se puede modificar el estado de los variadores de frecuencia de forma general, se hizo de forma general pues el poder realizar paros seccionados desde la ubicación del computador, no aporta ninguna funcionalidad a la automatización.

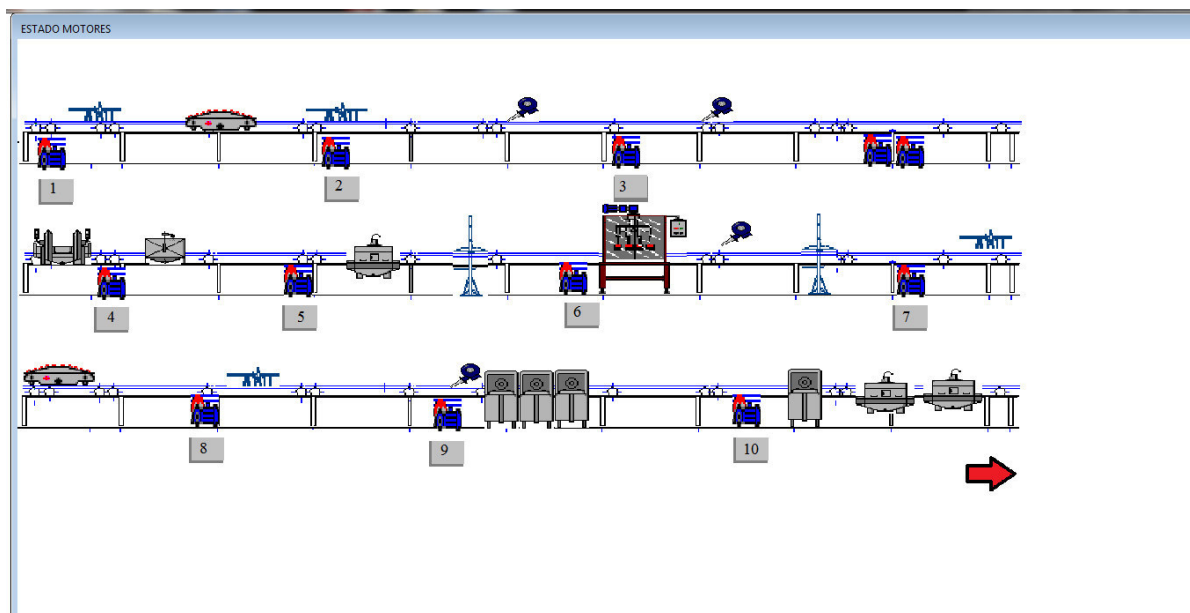
6.1.3. Imágenes Scada:

Imagen 21: Inicio programa



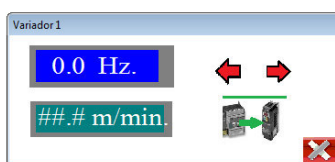
La Imagen 21 muestra la hoja inicial del programa. Para poder ingresar se debe hacer click en el boton iniciar lo cual conducira a la siguiente hoja que es “estado motores”(Imagen 22).

Imagen 22: Estado motores



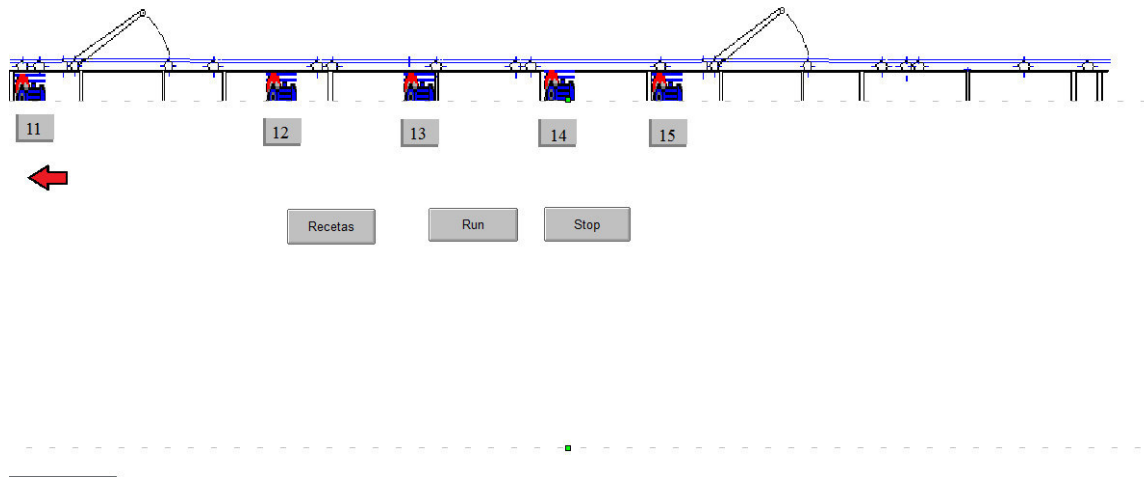
En la páginas de Estado de motores (Imagen 22) al dar click en los botones numerados se accede a la página que tiene la función de modificar la frecuencia del variador, mostrada en la Imagen 23, la flecha roja ubicada en la esquina inferior derecha sirve para ver la segunda sección de motores (Imagen 24) y los botones de manejo de paros y recetas.

Imagen 23: Manejo de frecuencias de motores



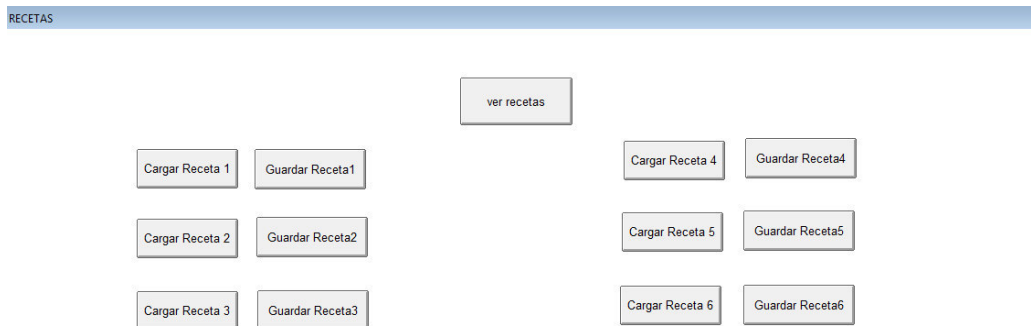
En la Imagen 23 se aprecia la interfaz utilizada para el manejo de frecuencias del variador de frecuencia por medio del SCADA se despliegan los valores de frecuencia en Hz y la velocidad lineal en m/min, las flechas rojas son utilizadas para cambiar secuencialmente de variador sin necesidad de regresar a las paginas de estado de motores, el boton de transferencia se utiliza para cargar todos los valores de frecuencia de la interfaz a los variadores de frecuencia en la linea , al presionar la x en la esquina inferior derecha se sale de esta pagina y se regresa a Estado Motores

Imagen 24: Estado motores 2



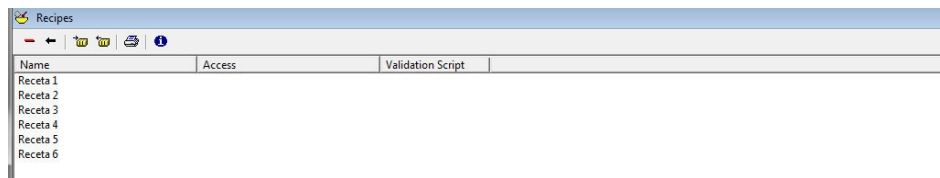
En la segunda sección de Estado motores (Imagen 24) es donde se tiene acceso al control de reanudar paro general y generar paro general, al igual que a las recetas.

Imagen 25: Manejo de recetas por botones



En Imagen 25 se muestra la página de recetas, qué por botones se pueden cargar y guardar recetas de la configuración de la línea, de forma directa, solo se selecciona que acción se desea realizar y esto generara el cambio debido. Ya sea en la receta o en el estado de frecuencia de los motores, el botón de ver recetas es por si se necesita de la capacidad de disponer de más de seis recetas.

Imagen 26: Manejo de recetas general³⁴



Por medio de la Imagen 26 se hace referencia a la sección en la que se pueden guardar, modificar y enviar los valores contenidos en las recetas a la memoria del PLC, esto se implementó para poder tener variaciones de las recetas principales que no se utilizan generalmente.

6.2. Análisis financiero y de producción de la automatización.

6.2.1. Análisis de mantenimiento Las Tablas 6 y 7 muestran el consumo de aceite por mes para mantener una correcta lubricación de los componentes en la línea.

Tabla 6: Consumo de aceite

Consumo aceite	Columna1
Previo	1.5 l/ mes
Actual	1l / anual

Tabla 7: Precio de aceite atf

costo por litro en Q	cantidad de meses
19.23	12

También se tomaron los precios de los componentes instalados para evaluar el costo en caso se debe hacer un cambio completo del motor instalado en la línea, estos datos están contenidos en la Tabla 8 y 9

³⁴ Las imágenes 17 a 22 son el resultado del programa realizado para el HMI por medio de CX-Supervisor

Tabla 8: Costo de componentes instalados

Componente	Cantidad	Precio (Q)	estado línea
variador mecánico	1	3098	previo
polea impulsora	1	300	previo
polea impulsada	1	600	Previo
faja c 110	2	169	Previo
Variador de frecuencia	1	2407	Actual
caja reductora	1	1000	Actual

Tabla 9: Diferencia de costo de componentes

Estado	costo por motor (Q)
Previo	4336
Actual	3407
diferencia por motor	929

6.2.2. Ahorro energético de la línea: En la Tabla 10 se muestra la diferencia de consumo entre los sistemas impulsores de los tramos de la línea. Y en la Tabla 11 se muestran los parámetros con los que se calculó el ahorro que éste implicó.

Tabla 10: Consumo energético

Consumo Energético X motor	Cantidad
Previo	1.5 A
Actual	1 A
Diferencia	0.5 A

Tabla 11: Variables para calcular el consumo energético

Costo por kW en Q	factor de potencia	días de trabajo	horas diarias	Voltaje
1.404	0.9	330	24	480 V

6.2.3. Ahorro monetario En la Tabla 12 se muestra el total de ahorro anual que producirá la automatización.

Tabla 12: Ahorro anual

Descripción	Cantidad (Q)
ahorro aceite	6212
ahorro monetario de energía	78949
Total de ahorro anual	85526

6.2.4. Aumento de eficiencia en la línea Para este cálculo se tomaron nueve días de producción los cuales no fueron continuos debidos a distintas circunstancias en la empresa estos datos están contenidos en las Tablas 13 ,14 y 15.

En las Tablas 13 y 14 están desglosados los tiempos de paros según el problema que los género, se comparó la línea 3 (línea aun no automatizada) y 4 produciendo modelos con el mismo formato. En estas tablas se puede apreciar que los paros no se debieron en sí a la línea y el tiempo de trabajo efectivo fue menor en la línea 4 y aun así esta produjo mayor cantidad de piezas por hora.

Tabla 13: Paros línea 3

Línea 3		
Paros	Tiempo (minutos)	Causa
fallo eléctrico	60	fallo eléctrico, tramo de línea no iniciaba
carga de box	250	Alarma
fallo banda de arcilla	446	limpieza de rejilla, transversa y molde en prensa
fallo línea	25	piezas montadas en inicio de la línea
fallo en línea	22	prueba de nebula aplicación de engobe
fallo en prensa	175	limpieza de molde debido a rasgado
alarma rotocolor	20.0	piezas quebradas
ajuste de línea	120	ajuste en velocidad en tramos
fallo en cabina	34	falta de material

Tabla 14: Paros línea 4

Línea 4		
Paros	Tiempo	Causa
Fallo en prensa	525	limpieza de molde
carga de box	250	Alarma
fallo banda de arcilla	446	limpieza de rejilla, transversa y molde en prensa
fallo girador	25	piezas montadas
fallo en línea	32	prueba de nebula aplicación de engobe

El aumento en la eficiencia de producción es presentado en la Tabla 15

Tabla 15: Aumento de eficiencia

Línea	Horas efectivas	Horas de paro	metros producidos	metros hora
Línea 3	196.8	19.2	45264	230
Línea 4	194.7	21.3	58410	300
aumento de eficiencia				30%

6.3.Resultado final: La línea automatizada funciona bajo los parámetros de seguridad solicitados por la empresa, los cuales eran, el enclavamiento de los tramos al realizar un paro parcial este estado de paro solo se podrá remover presionando el botón de reanudar de la botonera donde fue presionado el de paro parcial, un paro general el cual puede ser removido del sistema presionando cualquier botón de reanudar a lo largo de la línea. Un paro parcial generado por las máquinas de proceso distribuidas por la línea, un paro parcial generado por el sobrecalentamiento del motor o pérdida de comunicación.

El sistema cuenta con una alarma sonora al reanudar de un paro de la línea, ya sea parcial o general.

A lo largo de la línea se tienen sensores de rodillo los cuales generan un paro parcial al detectar que hay una pieza sobre otra, el paro se reanuda por medio del botón reanudar de la botonera que controla ese tramo.

Para localizar el punto de paro parcial en la línea, cada botonera cuenta con un led, el cual se enciende al estar en estado de paro el tramo que tiene asignado y se apaga al estar en modo de funcionamiento.

Esta automatización también cuenta con una interfaz gráfica por la que se puede manipular de forma individual la velocidad de los motores, se cumplió también con el requerimiento de guardar el estado actual de los motores en una receta, la cual puede ser también manipulada por medio de esta interfaz, se cuenta con un botón de paro general y arranque general de la línea.

Al estar funcionando la línea con la automatización se debió enseñar al personal la forma en que esta operaba pues antes se utilizaban selectores con enclavamiento y ahora solo son pulsadores, también se les presento la forma de enclavamiento del hongo y la ubicación del pulsador para el reseteo de este.

IV. Conclusiones

- ◆ Al cambiar la forma de fijar la velocidad en las bandas, se obtuvo una mejora en la forma de trabajo de las personas pues se reduce la posibilidad que el operario sea atrapado por las bandas, esto se puede apreciar en las Imágenes 17 y 18.
- ◆ La automatización realizada generó tres grandes resultados los cuales fueron:
 - Instalación de los paneles de la línea y su diagramado eléctrico
 - Diseño del programa de control de la línea por PLC
 - Diseño del programa de HMI para el manejo remoto de la línea.

Los cuales fueron satisfactorios para la empresa.

- ◆ El manejo de la velocidad en la línea previo a la automatización era por medio de variadores de velocidad mecánicos, estos requieren ser calibrados al menos una vez cada doce horas. Actualmente el fijar esta velocidad es por medio de una caja reductora con relación fija (1:32) y el variador de frecuencia lo cual hace que la calibración no sea necesaria a menos que ocurra un problema.
- ◆ El solucionar los problemas mecánicos que presentaban los motores y sus variadores de velocidad previo a la automatización requería de al menos una hora debido a que el armado de estos componentes es complicado, actualmente solo se dispone de una caja reductora un motor y el variador de frecuencia lo cual hace este proceso más rápido reduciéndolo a media hora en caso se cambien todos los componentes.
- ◆ Esta automatización en comparación del estado inicial de la línea presenta una forma más eficiente de depuración de errores en la línea ya que se tiene el manejo de los motores de forma modular (paneles) y esto hace que sea más fácil encontrar un problema ya que solo hay que revisar el panel del tramo que fallo.
- ◆ Una ventaja de la automatización es que se requieren menos componentes en inventario y el mantenimiento requiere de menor cantidad de tiempo esto se debe a la forma en que están instalados los motores y demás componentes de la línea.
- ◆ El mantenimiento de los equipos que operan con los motores disminuyó su costo pues ya no se necesita del aceite lubricante mensual para los variadores mecánicos, al igual que ya no existen derrames de lubricante debido a la operación de los motores.
- ◆ El costo de instalación en caso que se requieran cambiar todos los componentes se redujo en Q929 por motor, al igual que se redujo la cantidad de inventario para el mantenimiento de la línea.

- ◆ En comparación con una línea no automatizada produciendo el mismo formato de piso cerámico se observó que se tiene un aumento de 70 metros por hora lo que equivale a un aumento de eficiencia de un 30%.
- ◆ El retorno de inversión se calculó con datos a los que si se tenía acceso como por ejemplo el costo de mantenimiento, y consumo eléctrico lo cual da como resultado un ahorro anual de Q85526.45, por lo que aun sin tomar en cuenta el aumento de eficiencia la inversión se recupera en menos de un año y medio después de la automatización

V. Recomendaciones

- ◆ Si se quiere reducir aún más el tiempo de respuesta de la línea sin cambiar o agregar componentes distintos de los que ya se tiene, se recomienda dividir por la mitad la red de variadores e instalar otro plc, para así tener la mitad de número de variadores por plc.
- ◆ En caso de querer instalar componentes adicionales para mejorar la velocidad de respuesta, se recomienda utilizar otro protocolo de comunicación ya que estos variadores en el protocolo actual tiene un tiempo de respuesta significativo a comparación del que tienen en otros protocolos.
- ◆ Se recomendó a la empresa actualizar sus programas de automatización pues actualmente el programa de scada CX-Supervisor ya está discontinuado y la compatibilidad con nuevos plcs ya no existe.
- ◆ Al realizar una Automatizacion se debe tener en cuenta los tiempos de entrega de los componentes pues muchas veces los proveedores sufren de contratiempos, lo cual también afecta el desarrollo del proyecto. Esto se recomienda ya que durante el desarrollo de este proyecto se tuvieron contratiempos en la conexión del bus ya que no había cable de comunicación en la región y se tuvo que detener un mes el proyecto por estos inconvenientes.

VI. Bibliografía

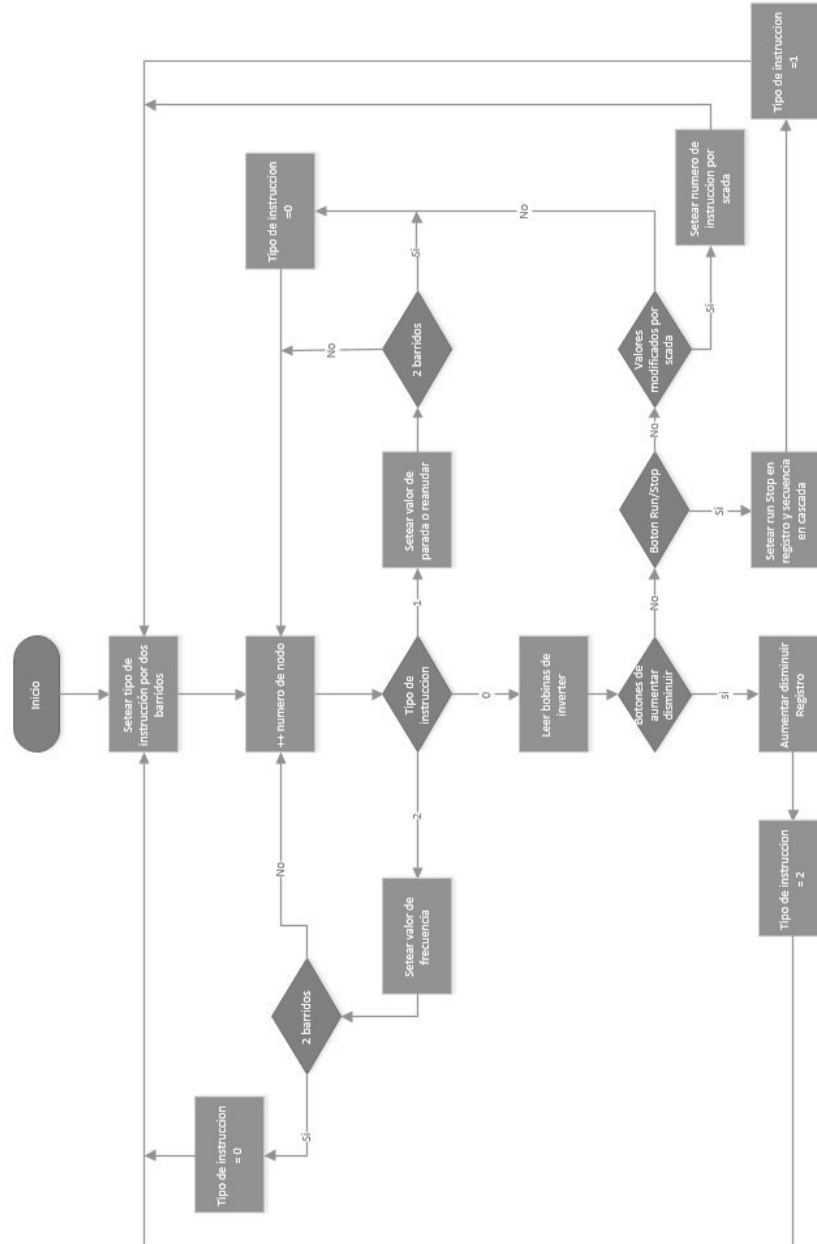
- ◆ Modbus, 2012, *"MODBUS APPLICATION PROTOCOL SPECIFICATION V1.1b3"*, 50 págs
- ◆ Omron, 2011, *Cat. No. W446-E1-14 "CX Programmer Operation Manual"*, Japón, 536 págs.
- ◆ _____, 2010, *GR_MX2_ES20100114 "Guía Rápida Mx-2"*, España, 77 págs.
- ◆ _____, 2010, *"Guía Rápida CP1I"*, España, 38 págs.
- ◆ _____, 2010, *Cat. No. I570-E2-01-X "MX-2 Manual de Usuario"*, España, 334 págs.
- ◆ _____, 2009, *Cat. No. P057-E1-06 "SYSMAC CP1H-CP1L"*, Japón, 65 págs.
- ◆ _____, 2007, *Cat. No. W462-E1-01 "CP1L operating Manual"*, Japón, 636 págs.
- ◆ _____, 2007, *Cat. No. W453-E1-05 "CX-Drive operating manual"*, Japón, 36 págs.
- ◆ _____, 2007, *Cat. No. R135-ES2-02 "CX-ONE Introduction Guide"*, Japón, 65 págs.
- ◆ _____, 2007, *Cat. No. R132-ES2-02 "CX-Programmer Guía de Introducción"*, 59 págs
- ◆ _____, 2007, *Cat. No. W451-E1-03 "CP1H/CP1I Programming Manual"*, 1140 págs.
- ◆ _____, 1999, *Manual de Formación "Autómatas Programables"*, España, 288 págs.
- ◆ _____, 1999, *"Tecnologías de Automatización al servicio de la sociedad"*, España, 58 págs.
- ◆ Euchner, 2011, *"Dispositivos de parada de emergencia/Interruptores de accionamiento por cable"*, Alemania, 27 págs.
- ◆ Pomares, Jorge, 2011, *"Práctica 2. Control de velocidad mediante el autómatas CP1L y el variador MX2 de Omron"*, España, Alicante, Universidad de Alicante, 5 págs.
- ◆ Cisco Press, 2008, *"CCENT/CCNA ICND1 Official Exam Certification Guide"*, Segunda Edición, Estados Unidos, Indianapolis, Indiana, 641 págs.
- ◆ Salvat Editores, 2004, *"la Enciclopedia"*, Madrid, España, Impreso por Printer Colombiana S.A.

VII. Anexos

1. Funcionamiento del programa

El Diagrama 13 representa el funcionamiento y atendimento de las instrucciones en el programa del PLC.

Diagrama 13: Funcionamiento programa PLC



2. Diagrama de estados

Variables: R (reset), BR (boton reanudar), BPP (boton paro parcial), BPG (boton paro general) y H (Hongo de emergencia).

Diagrama 14: Estados

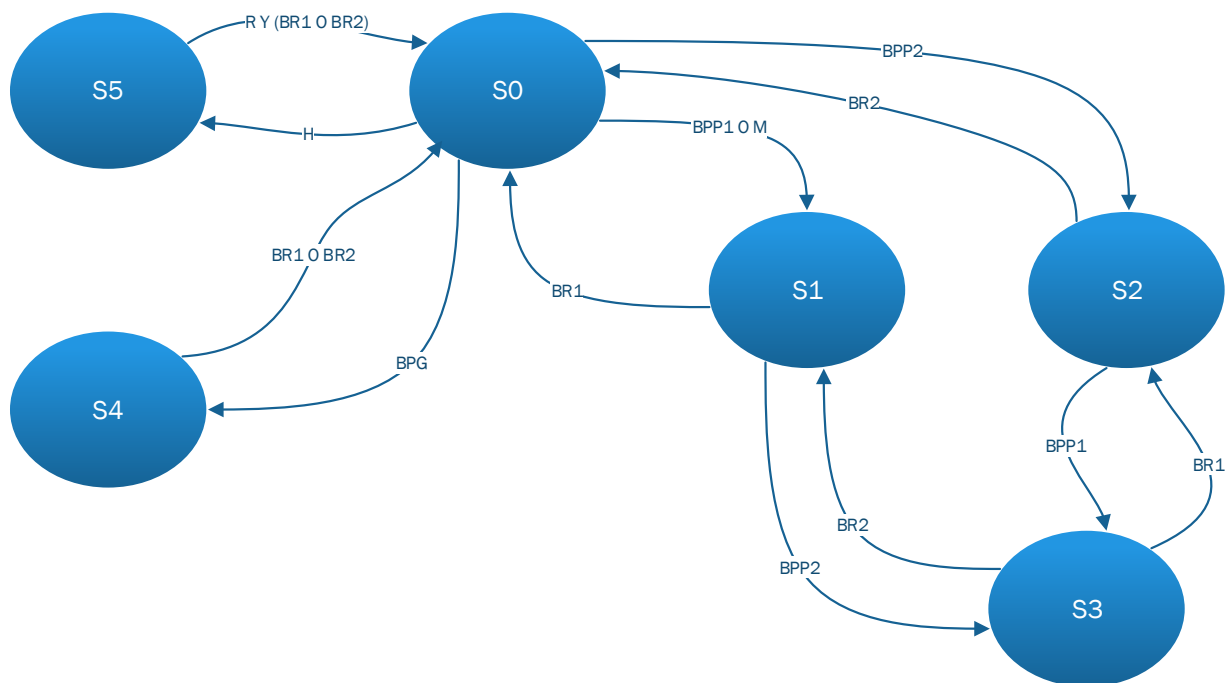


Tabla 16: Estados

Variables	S0	S1	S2	S3	S4	S5
variador 1	1	0	0	0	0	0
enclavamiento1	0	1	0	1	0	0
condición encender 1	1	1	0	0	0	0
estado maquina 1	1	0	0	0	0	0
variador 2	1	1	0	0	0	0
enclavamiento 2	0	0	1	1	0	0
condición encender 2	1	1	1	1	1	0
Reset	0	0	0	0	0	1

3. Costo automatización

Tabla 17: Costo automatización

DESCRIPCION	CANTIDAD	COSTO UNIT	COSTO
CINTA DE AISLAR SCOTCH #33	10.00	Q 24.29	Q242.85
SPRAY ELECTRO CLEAN NO FLAMAB	1.00	Q 207.42	Q207.42
PULSADOR TIPO HONGO NC+NA 3SB3	11.00	Q 266.15	Q2,927.65
RIEL DE SUJECCION 35MM DE METAL	11.00	Q 10.01	Q110.10
DISCO P/CORTE DE 41/2" X 1/8" X 7/8"	3.00	Q 5.68	Q17.04
ROLLO DE TEFLON 1"	1.00	Q 5.89	Q5.89
VENTILADOR DE ALUMINIO 5"	2.00	Q 125.30	Q250.59
GRASA ANTI-AFERRANTE NICKEL 1LB	1.00	Q 192.86	Q192.86
PINTURA GRIS LAGUNA ANTICORROSI	1.00	Q 214.29	Q214.29
CONECTOR PG 11	19.00	Q 7.14	Q135.72
CONECTOR PG16	49.00	Q 10.71	Q525.00
CONECTOR PG M-20X1.5	11.00	Q 17.86	Q196.43
FUSIBLE T/CARTUCHO 2A 500V 10X38	15.00	Q 10.06	Q150.91
PULSADOR LUMINOSO ROJO 24V 3SB	19.00	Q 169.64	Q3,223.16
TERMINAL T/PIN C/AMARILLO 34613 E	20.00	Q 0.89	Q17.86
ABRAZADERA KSB400ZF1 70204131	20.00	Q 41.39	Q827.85
ROLLO DE TEFLON 1/2"	4.00	Q 2.15	Q8.58
ROLLO DE TEFLON 3/4"	5.00	Q 3.00	Q15.01
BASES P/RELAY DE 8 ESPIGAS	2.00	Q 40.18	Q80.36
BLOQUE DE CONEXION SIEMEN 3RA 1	20.00	Q 133.93	Q2,678.60
BORNERA PLASTICA P/MOTOR 50X32	4.00	Q 81.64	Q326.57
CAJA CUADRADA DE 4"X4" T/PESADO	1.00	Q 10.97	Q10.97
CONECTOR RECTO P/LT 1"	10.00	Q 9.64	Q96.43
TRANSFORMADOR 100VA 480VPRIMA	1.00	Q 535.71	Q535.71
CONECTOR PG M-13.5	19.00	Q 8.93	Q169.65
MICROSWITCH AJUSTABLE ROLLER L	3.00	Q 419.64	Q1,258.92
RELAY 110V DC 8 ESPIGAS	2.00	Q 84.83	Q169.66
SELECTOR 2 POSICIONES NEGRO3SB	37.00	Q 89.28	Q3,303.36
TERMINAL CIERRE IP54 KSA400AF1 70	2.00	Q 333.77	Q667.54
TERMINAL TIPO TENEDOR 14	10.00	Q 0.46	Q4.64
TERMINAL TIPO TENEDOR 16	10.00	Q 0.46	Q4.64
TERMINAL TIPO TENEDOR 18-22	52.00	Q 0.43	Q22.29
TUBO POLIAMIDA GRIS PG29 DN29 70	50.00	Q 29.39	Q1,469.50
TUERCA POLIAMIDA PG 21 70200381	42.00	Q 5.19	Q217.91
FUSIBLE T-0 25A 10X38	60.00	Q 7.39	Q443.33
CINCHO PLASTICO C/SEGURO METAL	32.00	Q 1.83	Q58.66
CINCHO PLASTICO C/SEGURO METAL	14.00	Q 13.79	Q193.05
CINCHO PLASTICO C/SEGURO METAL	89.00	Q 6.99	Q621.87

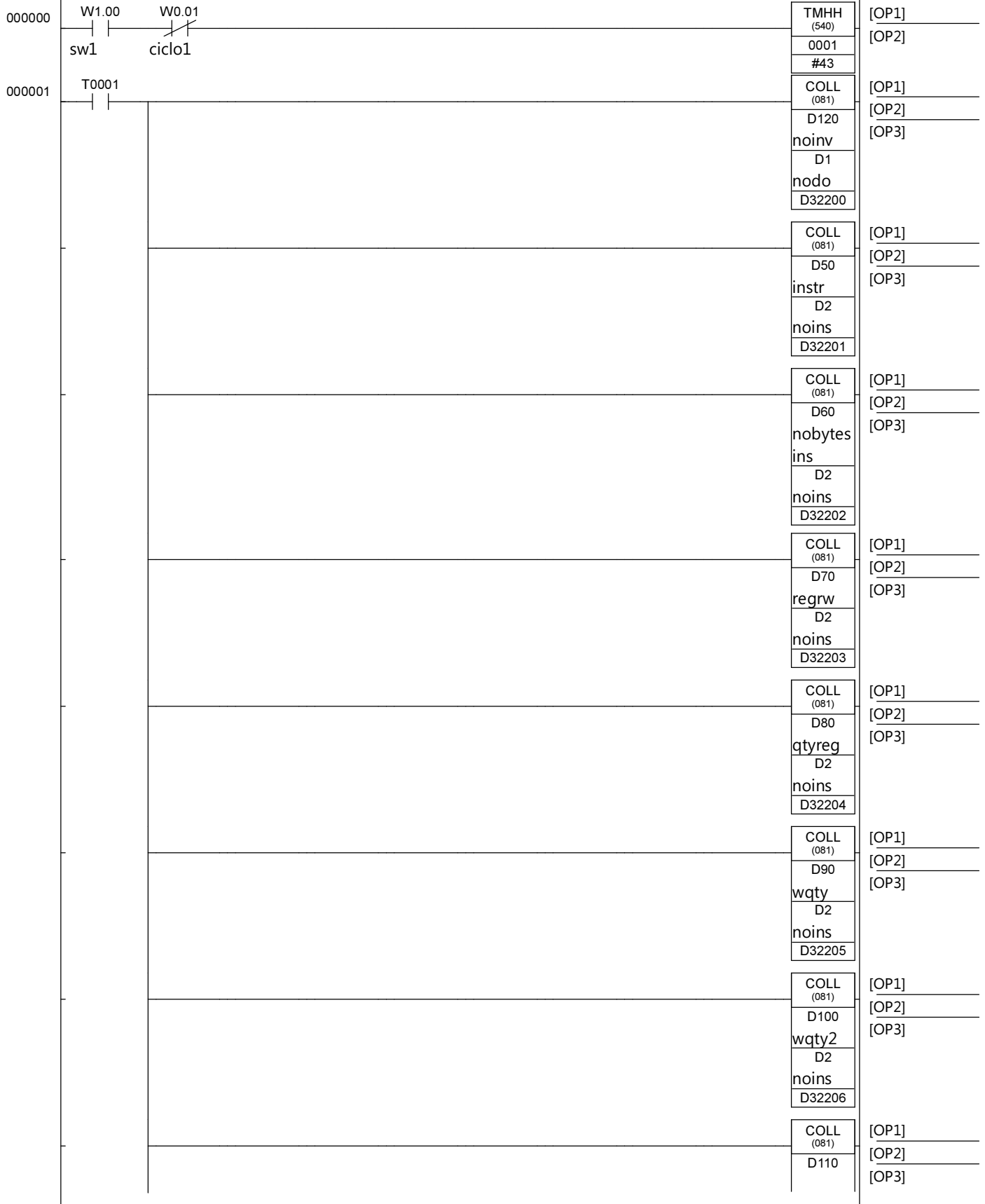
Tabla 18: Costo automatización continuación

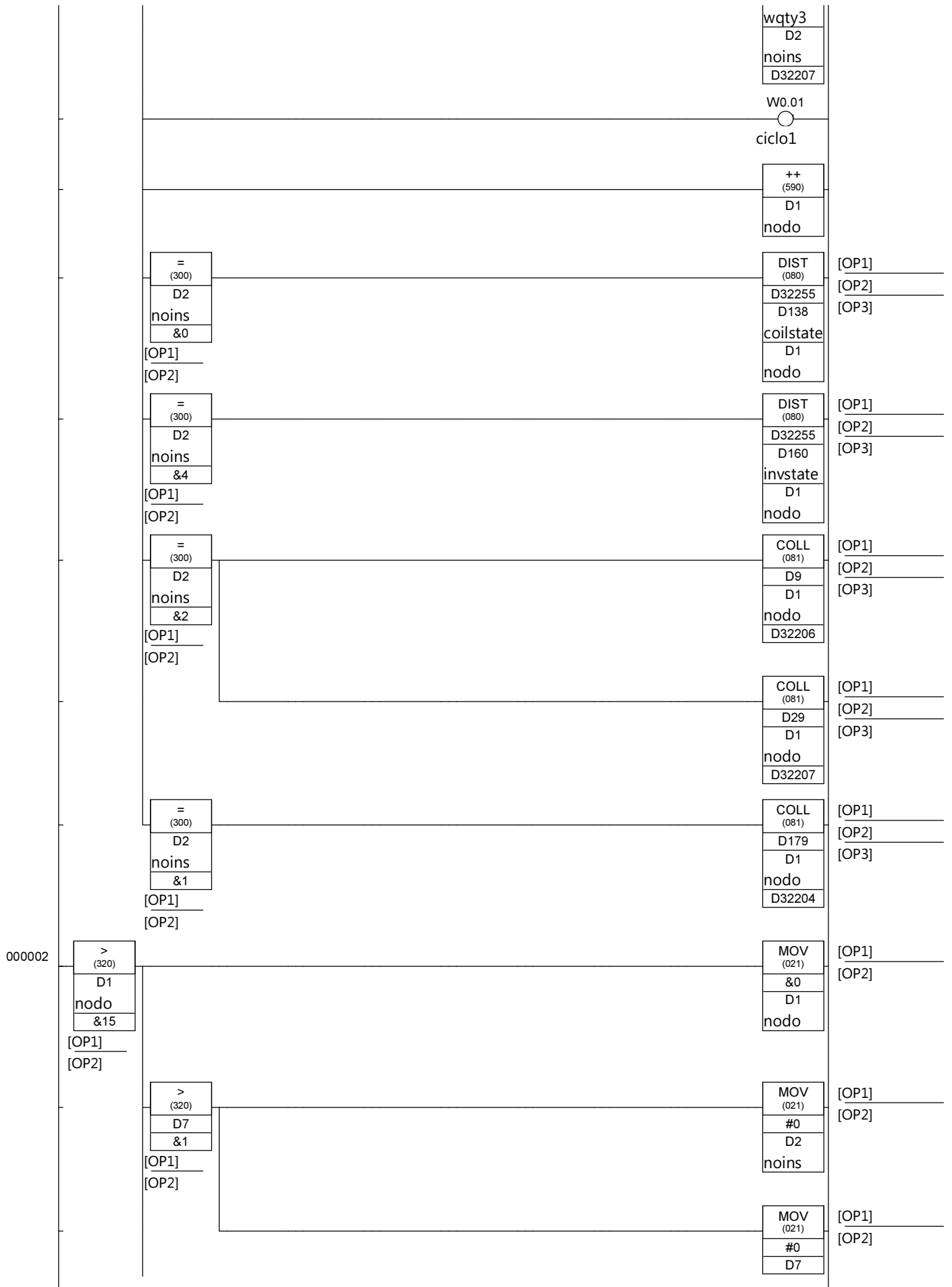
BASE P/MINI RELE 8 ESP OMRON OMP	26.00	Q	54.18	Q1,408.68
FUSIBLE T-0 25A 10X38 70201010	37.00	Q	10.14	Q375.29
TERMINAL T/PIN C/BLANCO REF34444	50.00	Q	8.04	Q401.80
TERMINAL T/PIN C/ROJO REF34616 E1	1400	Q	0.89	Q1,246.00
TERMINAL T/PIN C/AZUL REF34619 E2	707	Q	0.89	Q631.35
TERMINAL T/PIN 37666 WE901917	200	Q	1.70	Q340.00
TERMINAL T/PIN E2512 34444	39.00	Q	0.89	Q34.82
ARANDELA TEFLON PISTOLA AEROG	6.00	Q	27.49	Q164.95
CINCHO PLASTICO SEGURO METAL 1	25.00	Q	6.25	Q156.25
CINCHO PLASTICO C/SEGURO METAL	85.00	Q	6.34	Q538.84
CINCHO PLASTICO SEGURO METAL 1	63.00	Q	7.93	Q499.55
ELECTRODO 6011 1/8"	5.00	Q	10.27	Q51.34
ELECTRODO 6013 1/8"	5	Q	5.67	Q28.35
BORNE P/TIERRA RIEL 35MM	22.00	Q	31.25	Q687.50
CABLE INSTRUMENTACION 2X18AWG	200	Q	3.57	Q714.28
FUSIBLE T/CARTUCHO 1A 500V 10X38	11.00	Q	11.44	Q125.89
FUSIBLE T/CARTUCHO DE 4A 500V 10	2.00	Q	10.71	Q21.42
FUSIBLE T/CARTUCHO 8A 500V 10X38	2.00	Q	10.72	Q21.43
FUSIBLE DE VIDRIO 1AMP.250VOLT. 5	2.00	Q	2.68	Q5.36
LUZ PILOTO COLOR ROJO 120V SIEME	11.00	Q	119.94	Q1,319.34
MULETILLA 1-0-2 C/RETOR CENTRAL 7	28.00	Q	95.33	Q2,669.16
TERMINAL OJO 5MM CALIBRE 14 AZUL	01.00	Q	113.08	Q113.08
TERMINAL OJO 6MM CALIBRE 18-22 R	42.00	Q	0.53	Q22.12
PUERTO COMUNICACION SERIAL RS 4	1.00	Q	571.43	Q571.43
PULSADOR VERDE 3SB3202-0AA41 C/	7.00	Q	62.50	Q437.50
RELE AC 110 VOLTIOS 14 ESPIGAS	5.00	Q	84.82	Q424.11
BORNE ALIMENTACION TRIFASICO 3R	16.00	Q	84.82	Q1,357.12
CABLE TFF COLOR AZUL 18 AWG 600	169	Q	1.74	Q294.64
CABLE TFF COLOR ROJO 18 AWG 600	169	Q	1.74	Q294.64
GABINETE 600X400X200 SR6420	6.00	Q	558.03	Q3,348.18
GABINETE 600X400X250 SR6425 IP65	13.00	Q	1,142.28	Q14,849.64
CABLE BLINDADO DE 4X1.5 600V	100	Q	22.32	Q2,232.00
VARIADOR FRECUENCIA E/S TRIFAS 4	14.00	Q	2,316.60	Q32,432.40
CONTACTO P/ PULSADOR NO 3SB340	10.00	Q	35.99	Q359.88
Cable blindado 4x1.5 600V	100	Q	30.00	Q3,000.00
PLC CP1L	1	Q	4,500.00	Q4,500.00
VARIADOR FRECUENCIA TRIFAS 1.5K	7	Q	2,407.00	Q16,849.00
				Q114,130.21

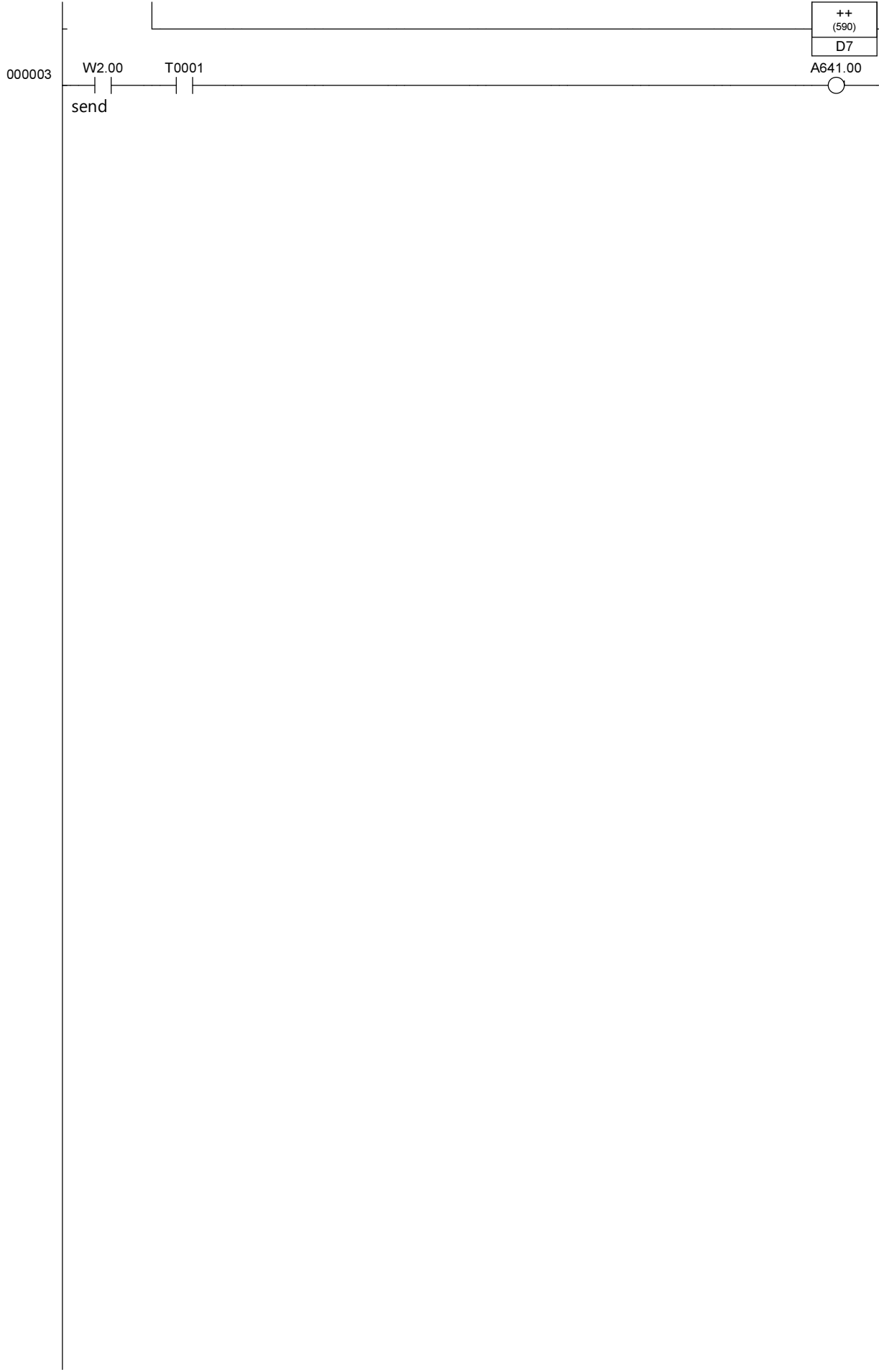
Adjunto al documento de tesis se tiene el programa en lenguaje de escalera que se utilizo para el control de motores en la línea.

[Program Name : NewProgram1]

[Section Name : secuenciasR_W]

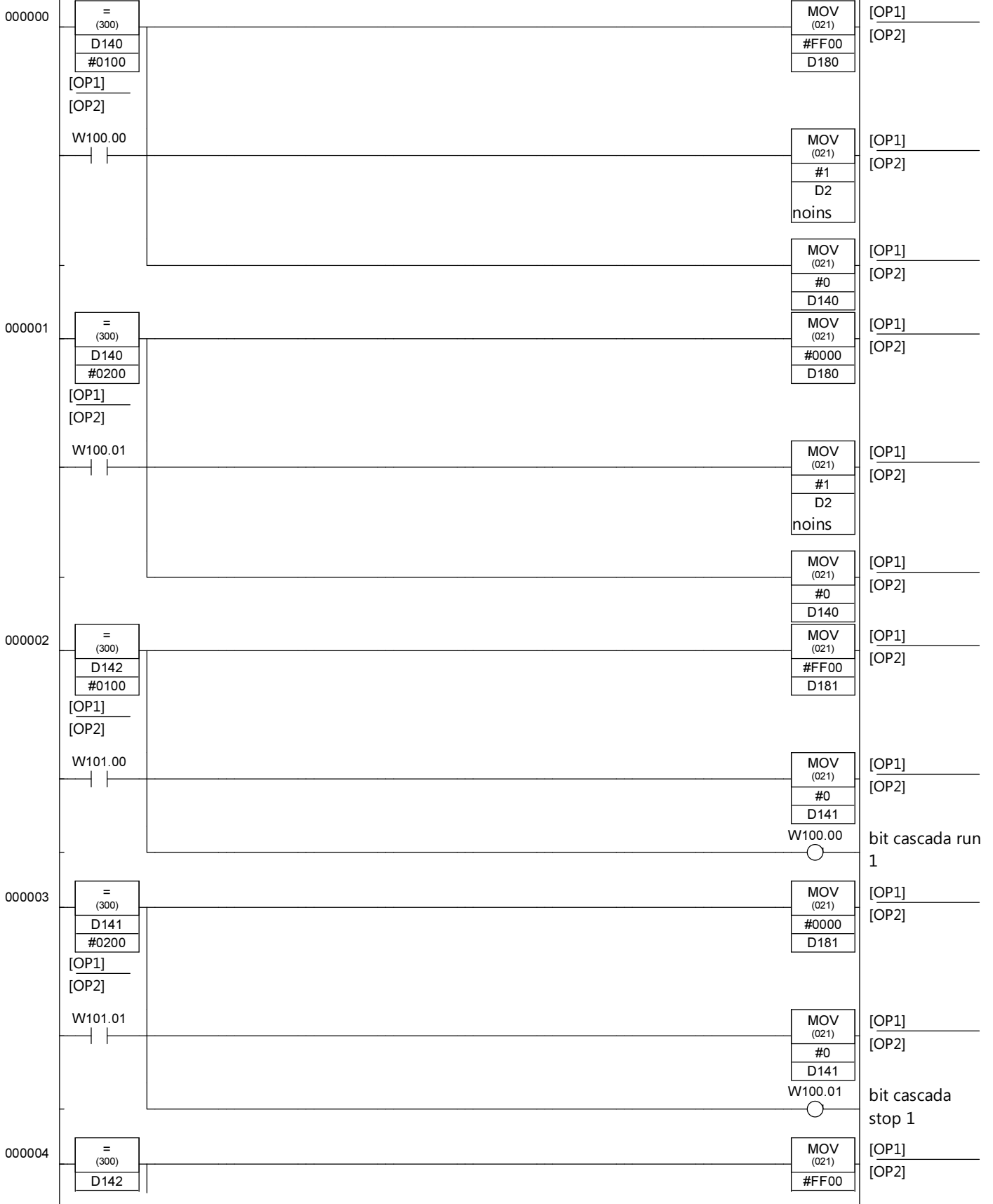


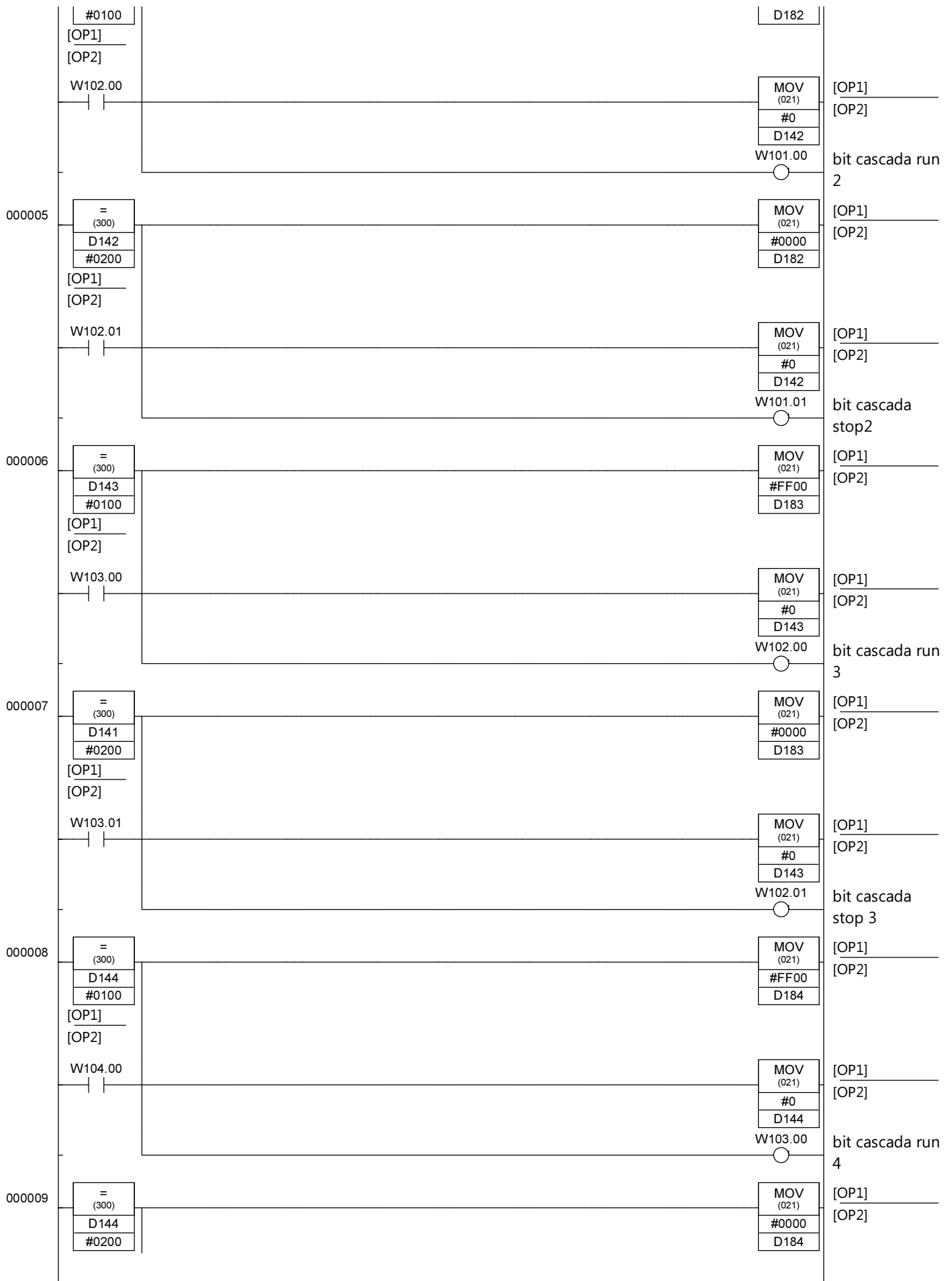


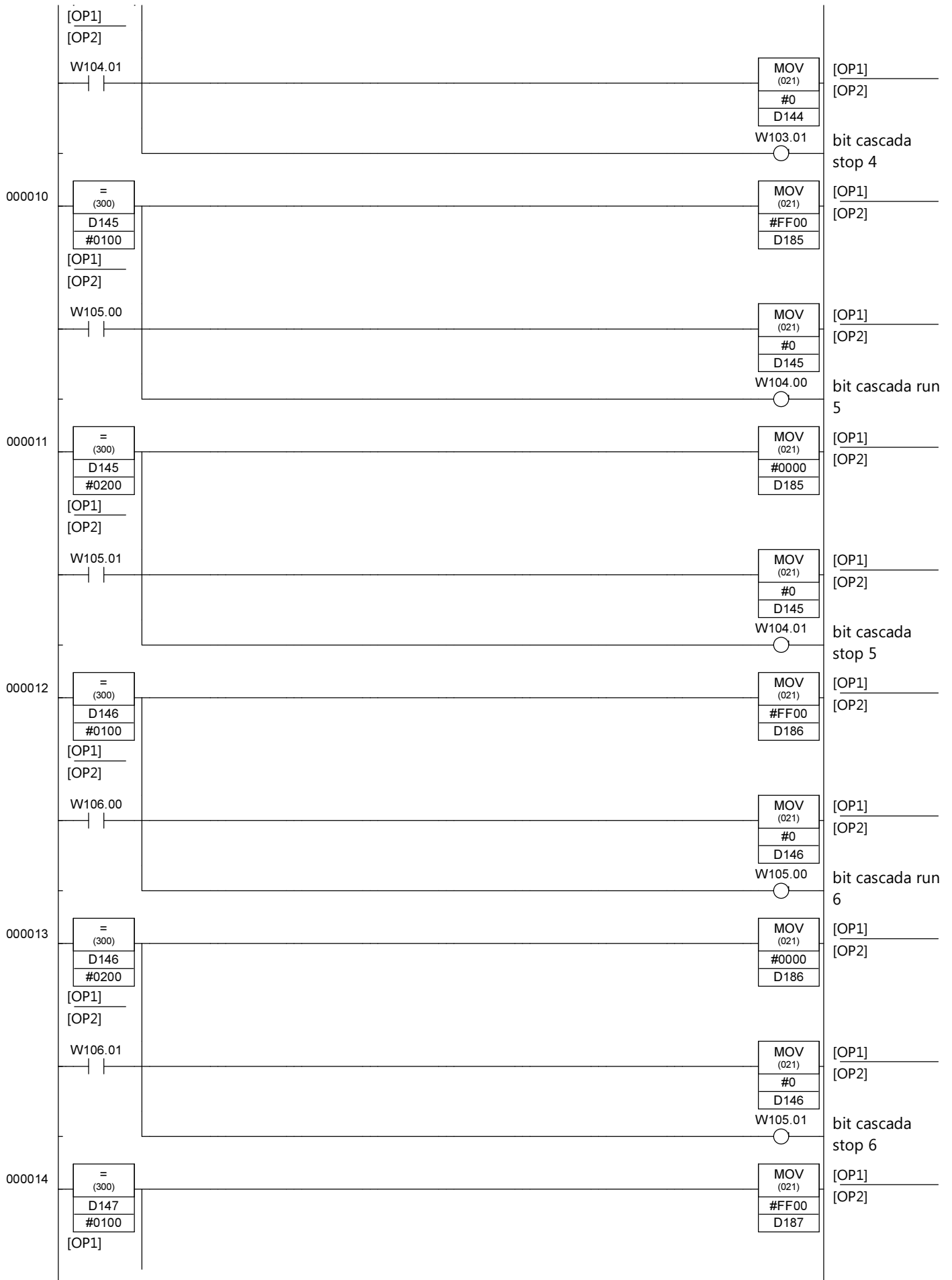


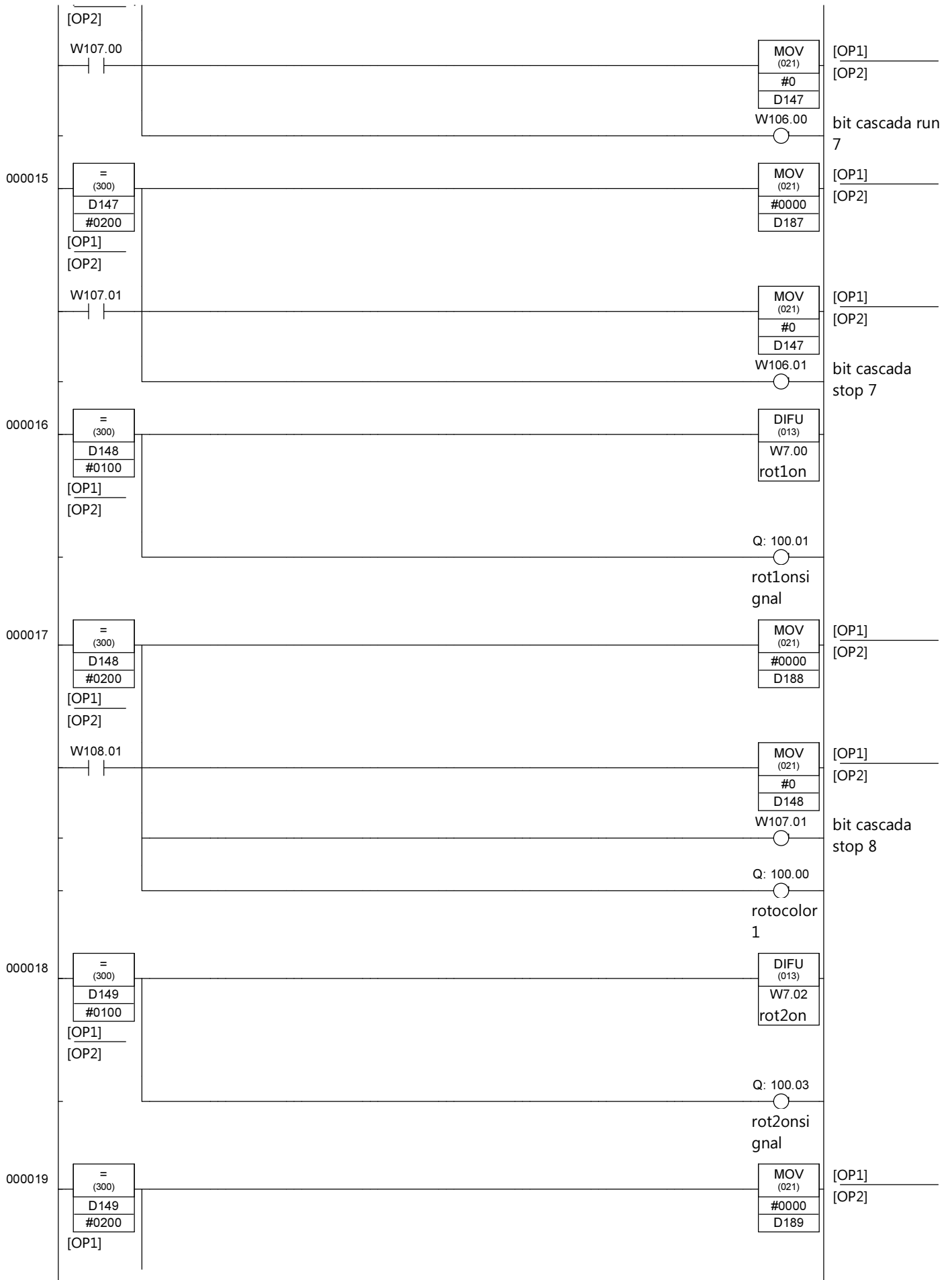
[Program Name : NewProgram1]

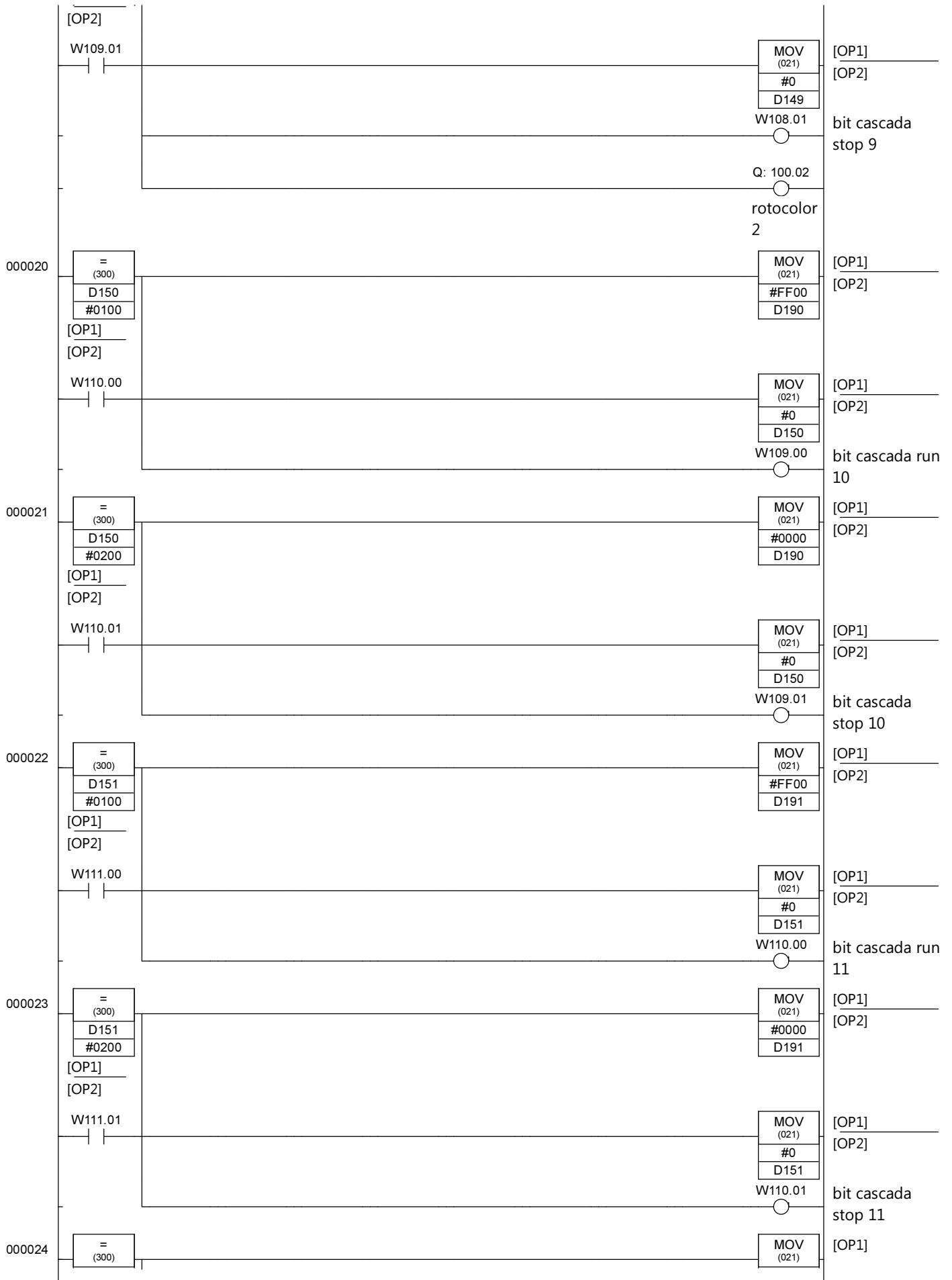
[Section Name : Paros_y_arranques]

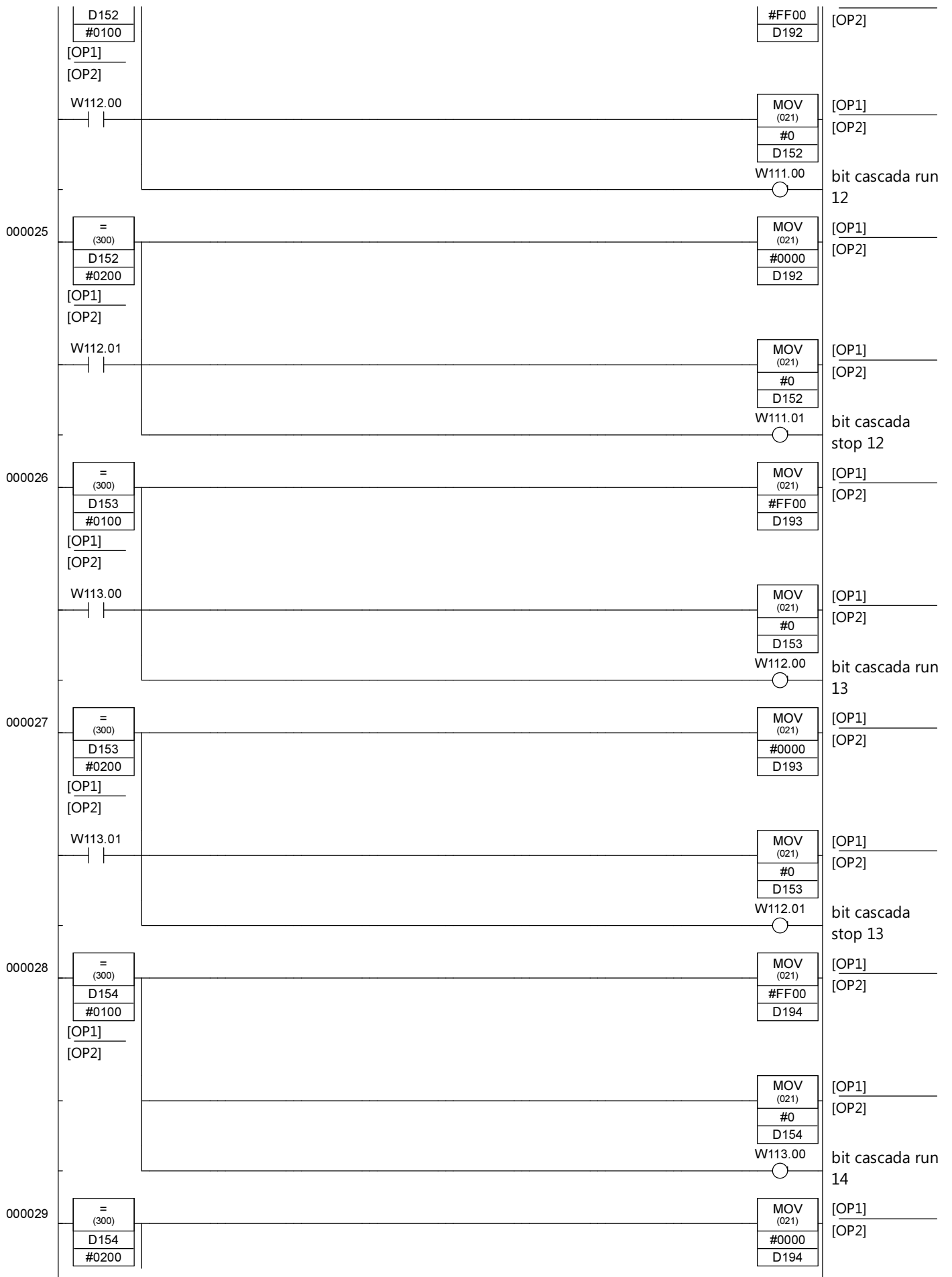


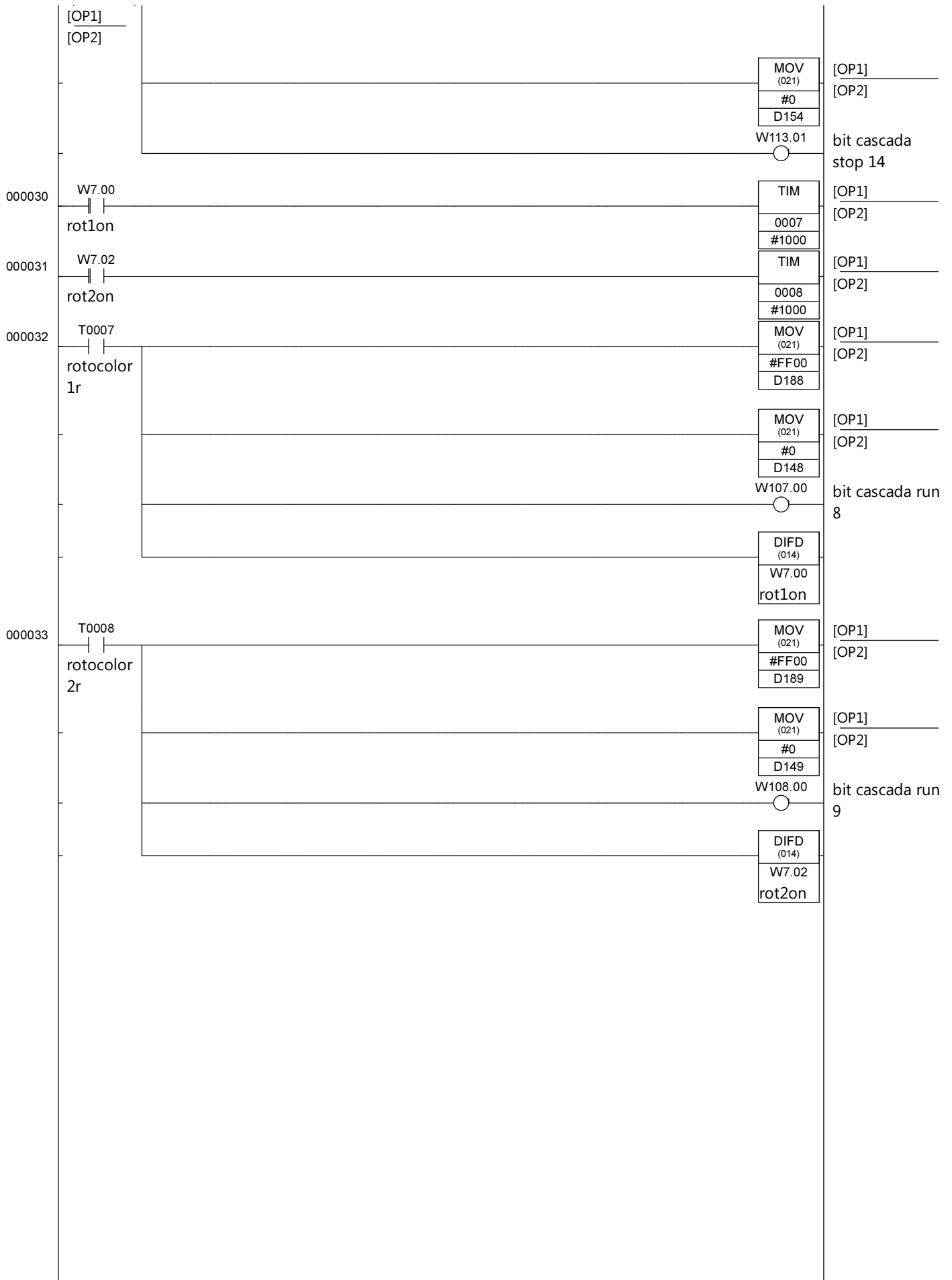






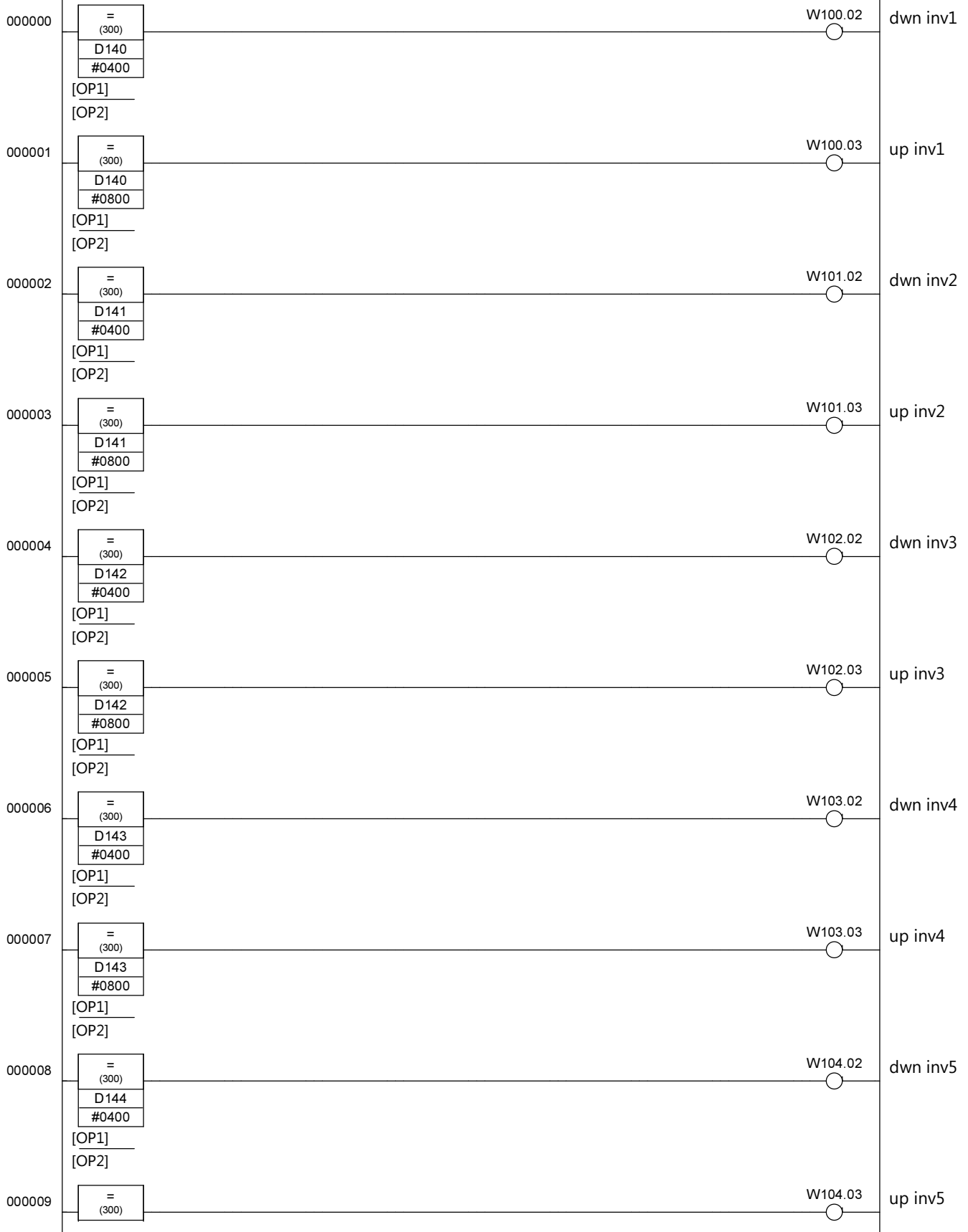


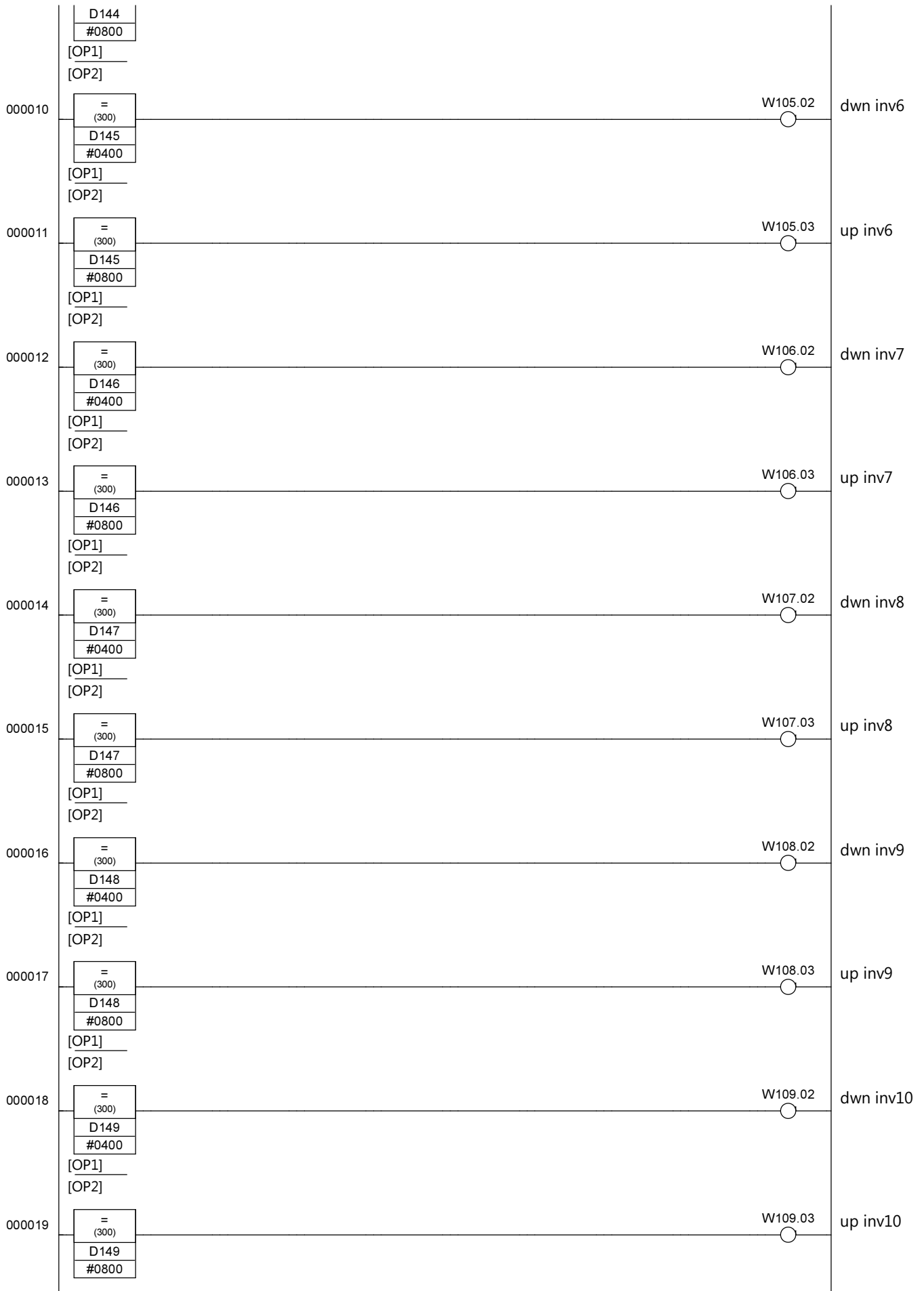


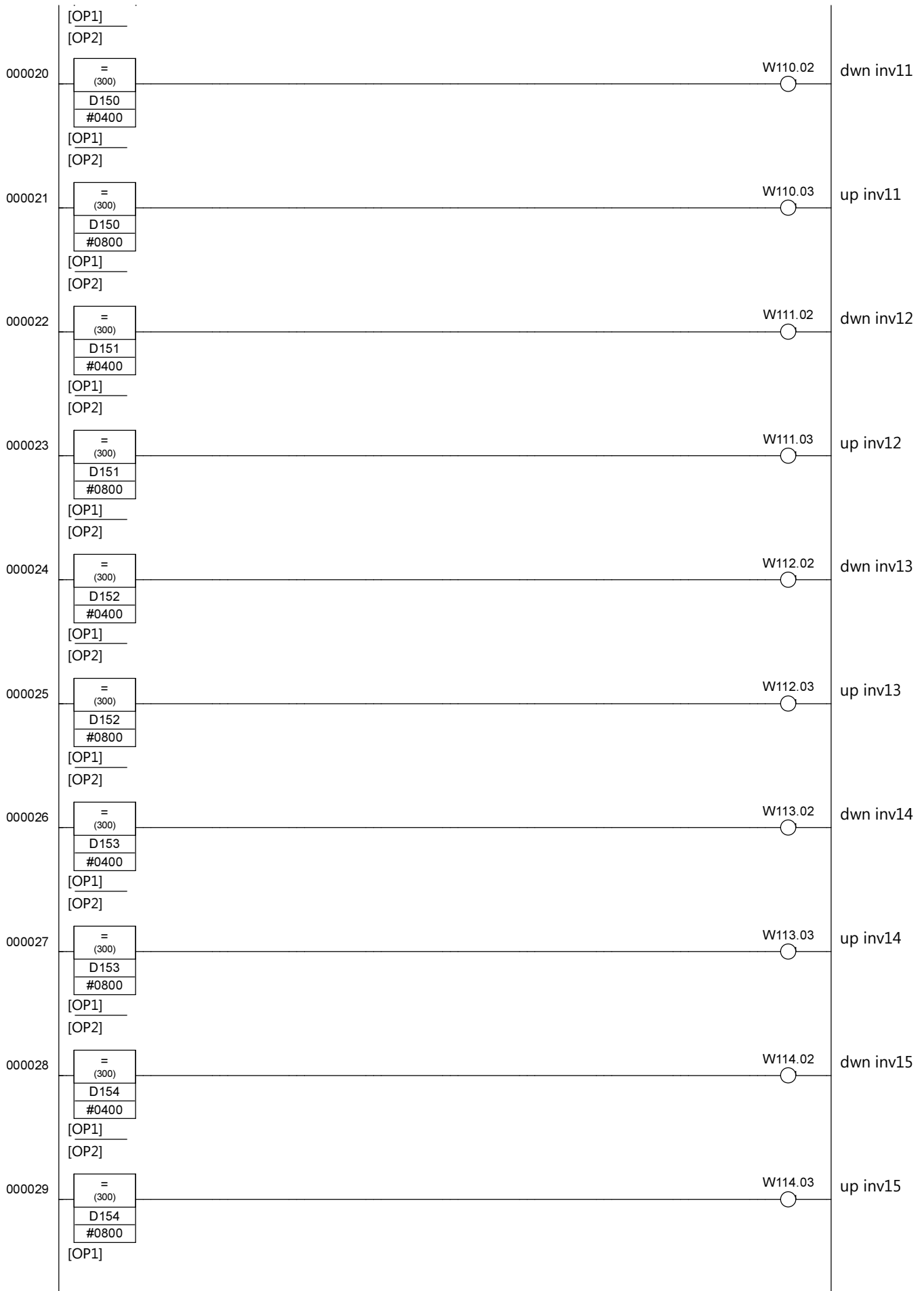


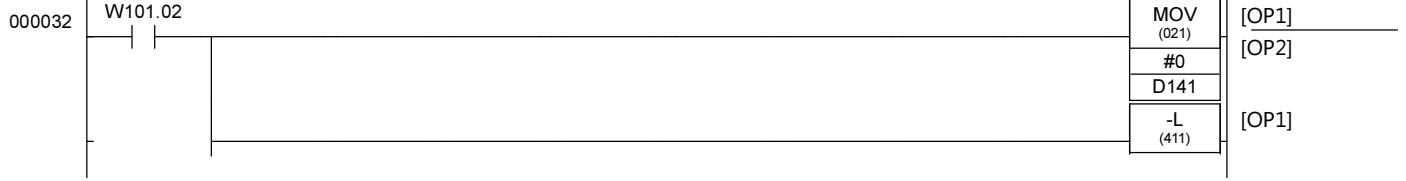
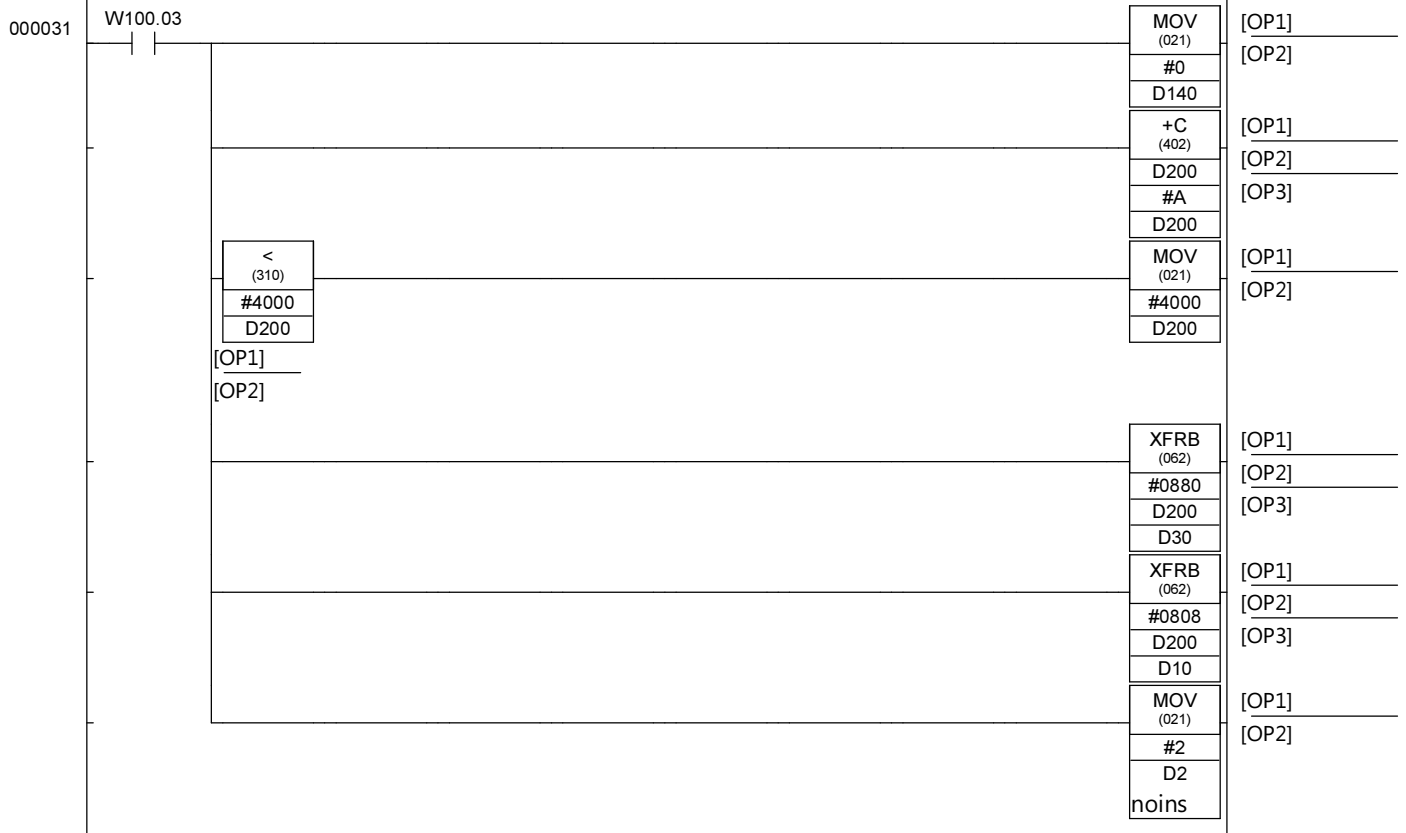
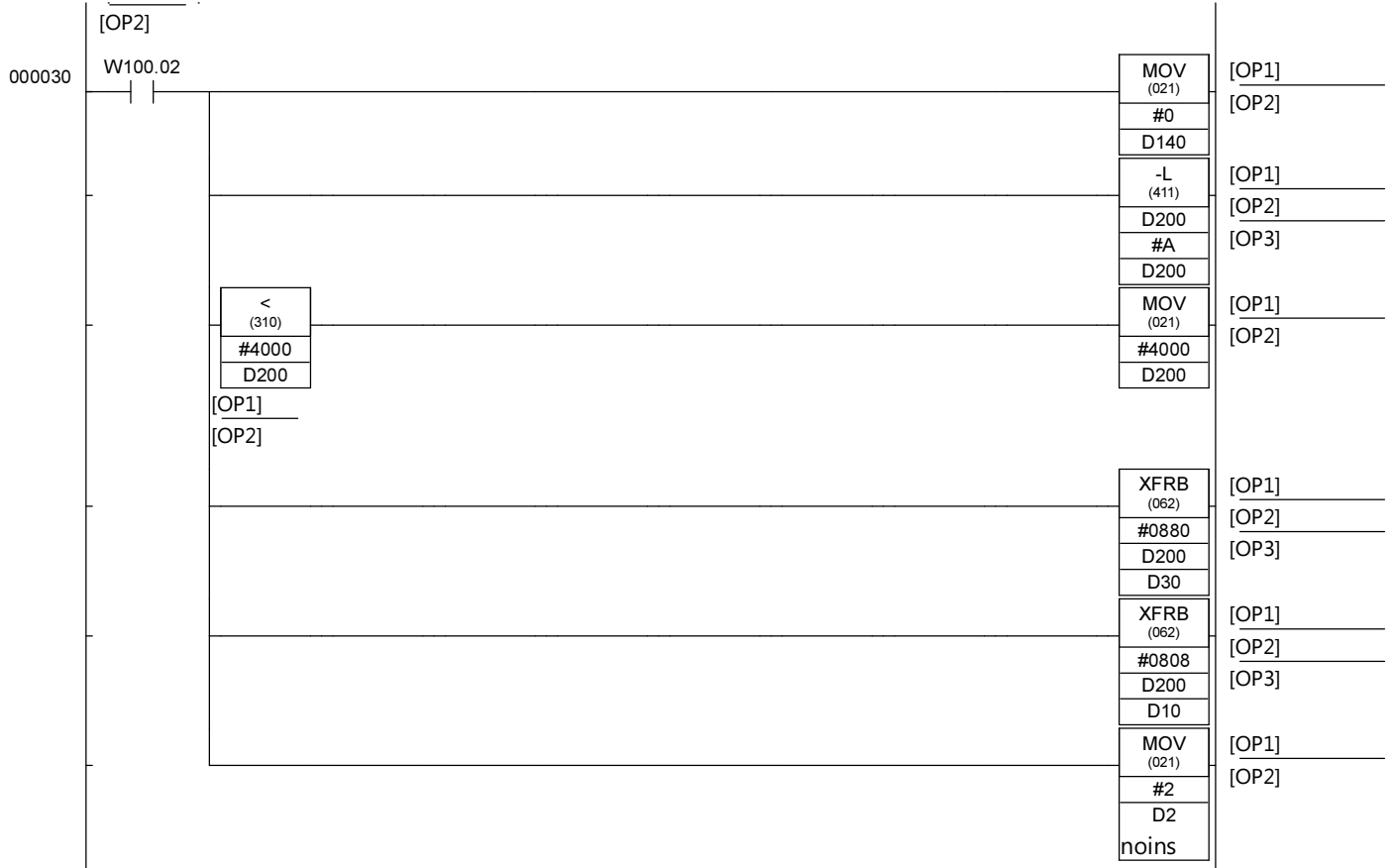
[Program Name : NewProgram1]

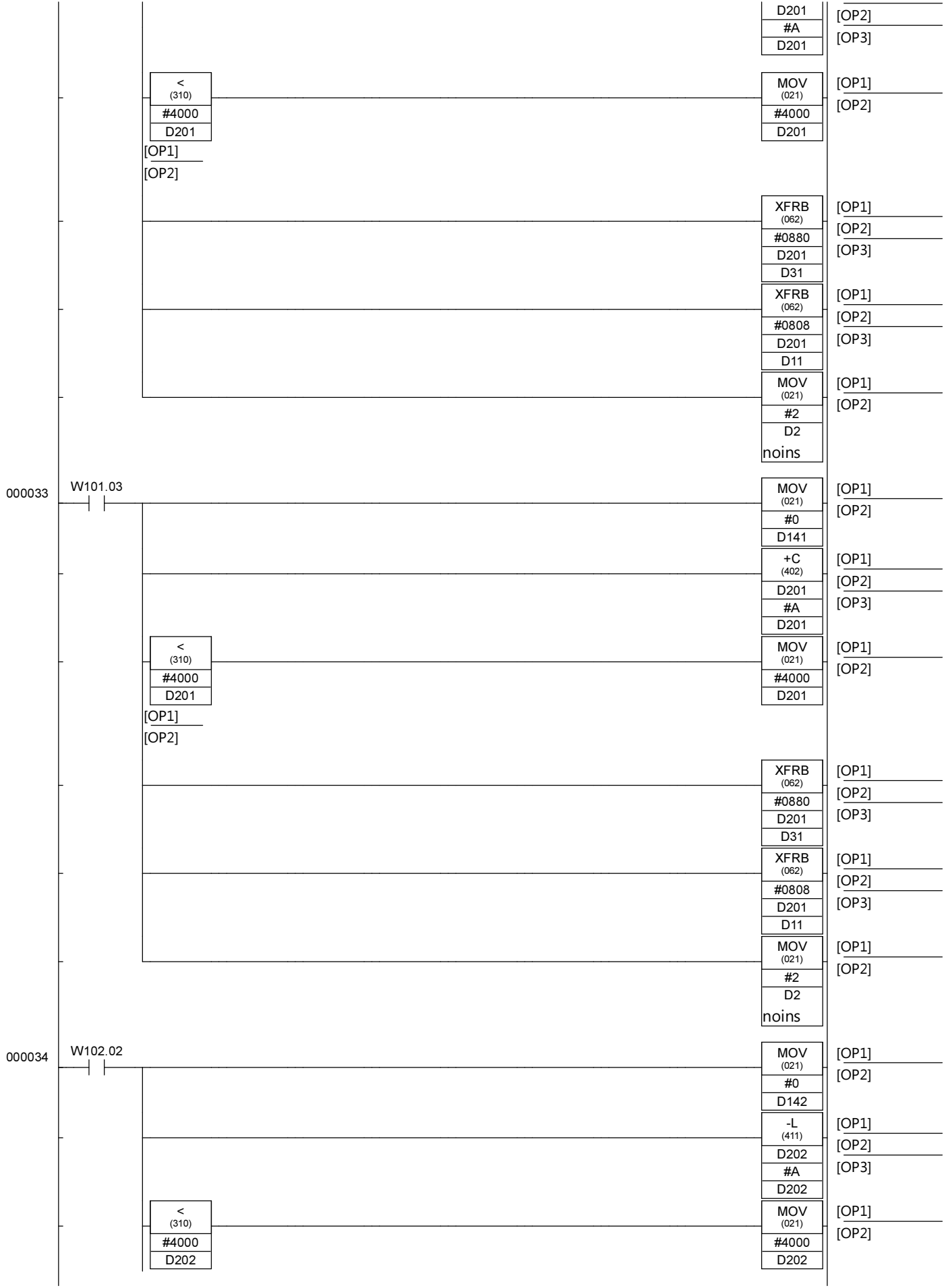
[Section Name : SeteoFreq]











[OP1]
[OP2]

XFRB (062)
#0880
D202
D32
XFRB (062)
#0808
D202
D12
MOV (021)
#2
D2
noins

[OP1]
[OP2]
[OP3]
[OP1]
[OP2]
[OP3]
[OP1]
[OP2]

000035

W102.03

< (310)
#4000
D202

[OP1]
[OP2]

MOV (021)
#0
D142
+C (402)
D202
#A
D202
MOV (021)
#4000
D202

[OP1]
[OP2]
[OP1]
[OP2]
[OP3]
[OP3]
[OP1]
[OP2]

XFRB (062)
#0880
D202
D32
XFRB (062)
#0808
D202
D12
MOV (021)
#2
D2
noins

[OP1]
[OP2]
[OP3]
[OP1]
[OP2]
[OP3]
[OP1]
[OP2]

000036

W103.02

< (310)
#4000
D203

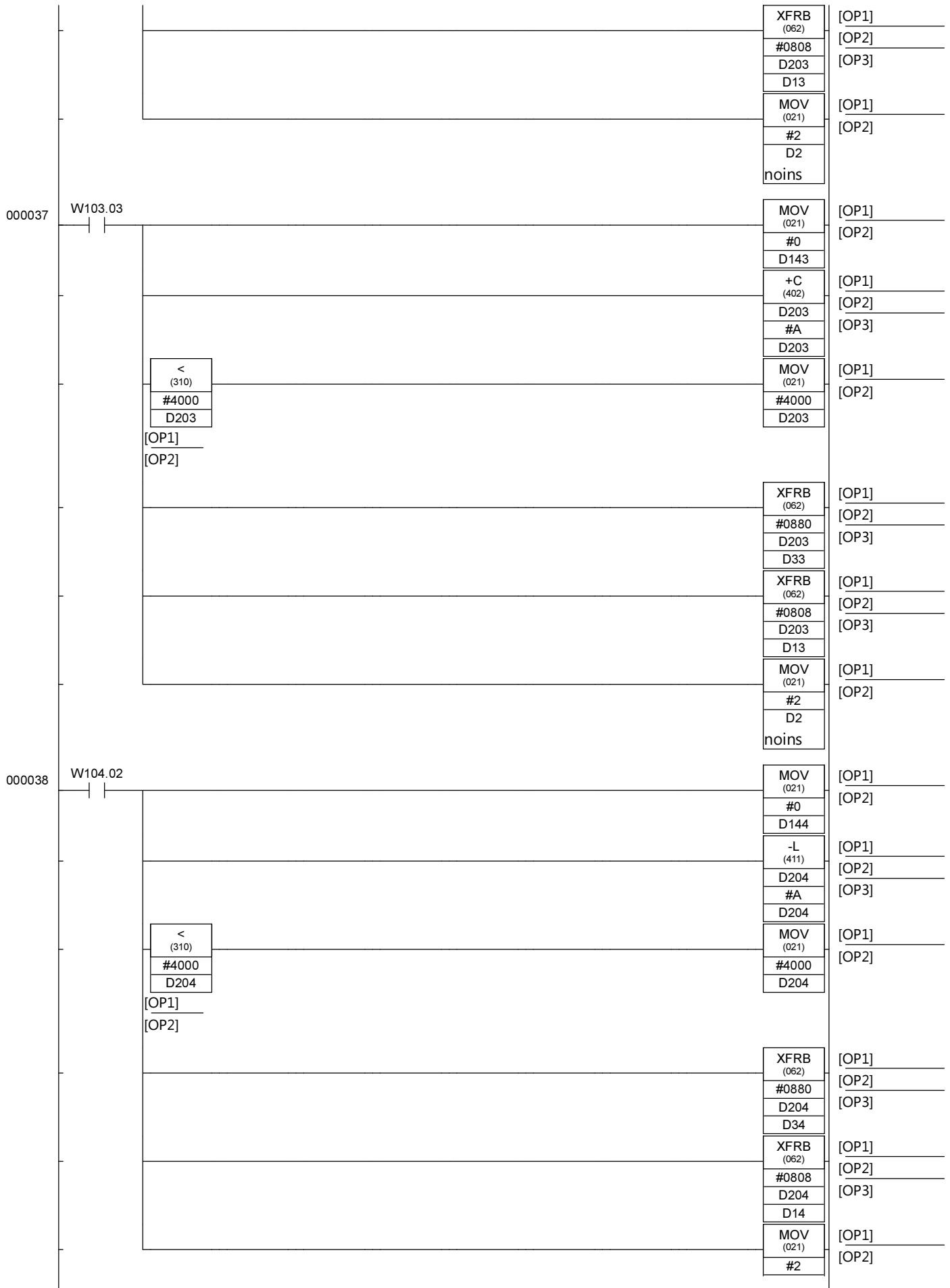
[OP1]
[OP2]

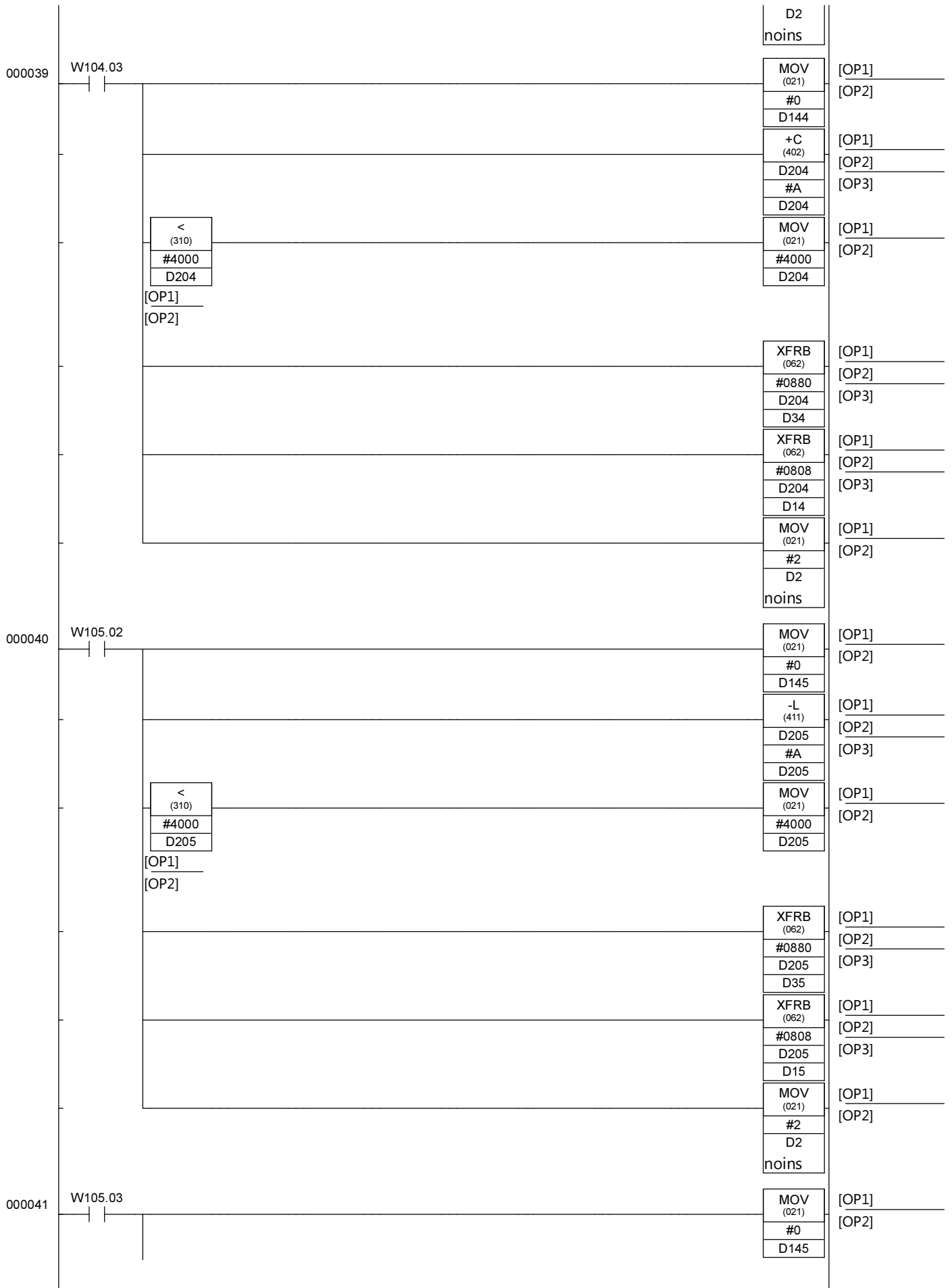
MOV (021)
#0
D143
-L (411)
D203
#A
D203
MOV (021)
#4000
D203

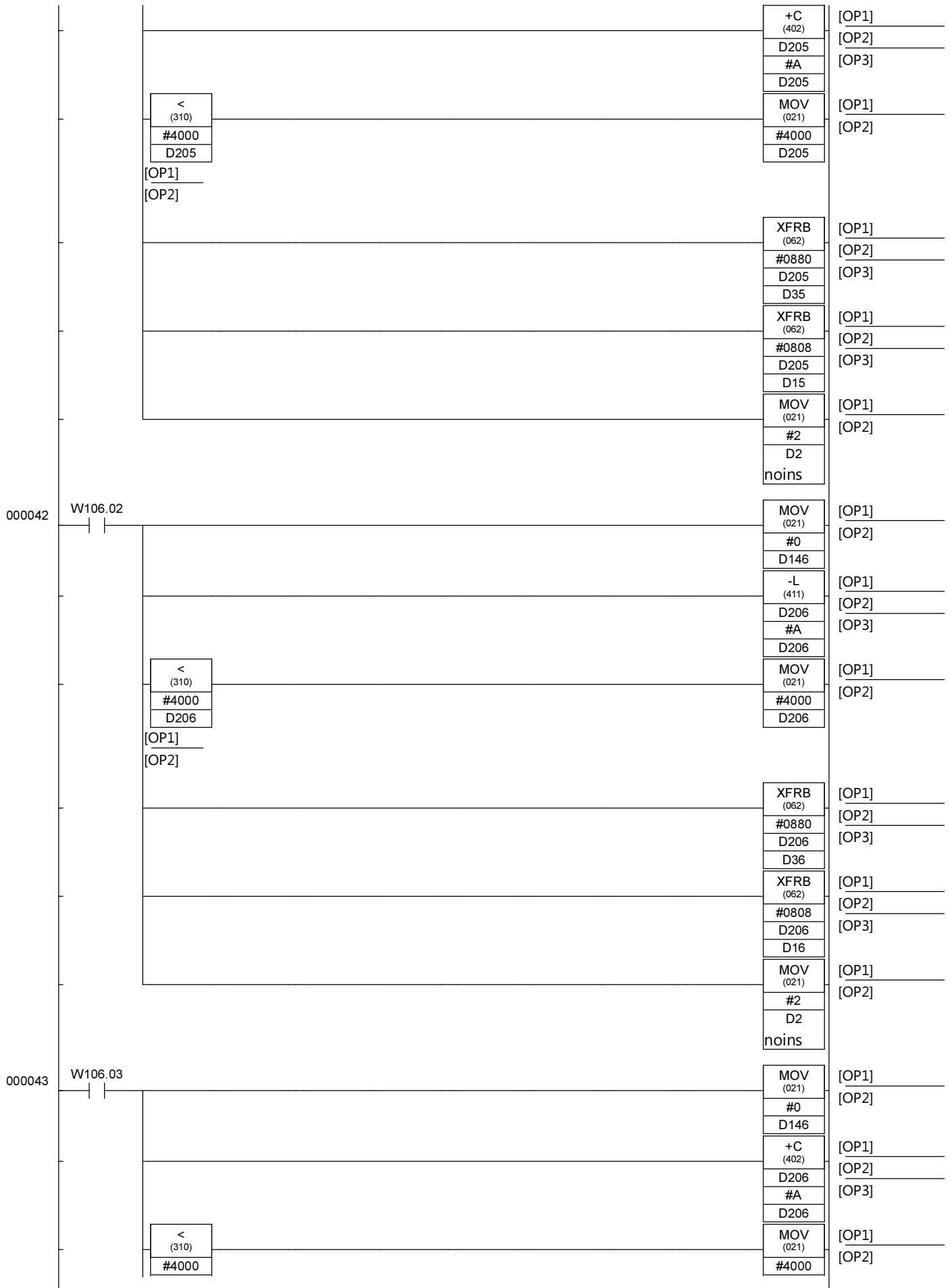
[OP1]
[OP2]
[OP1]
[OP2]
[OP3]
[OP3]
[OP1]
[OP2]

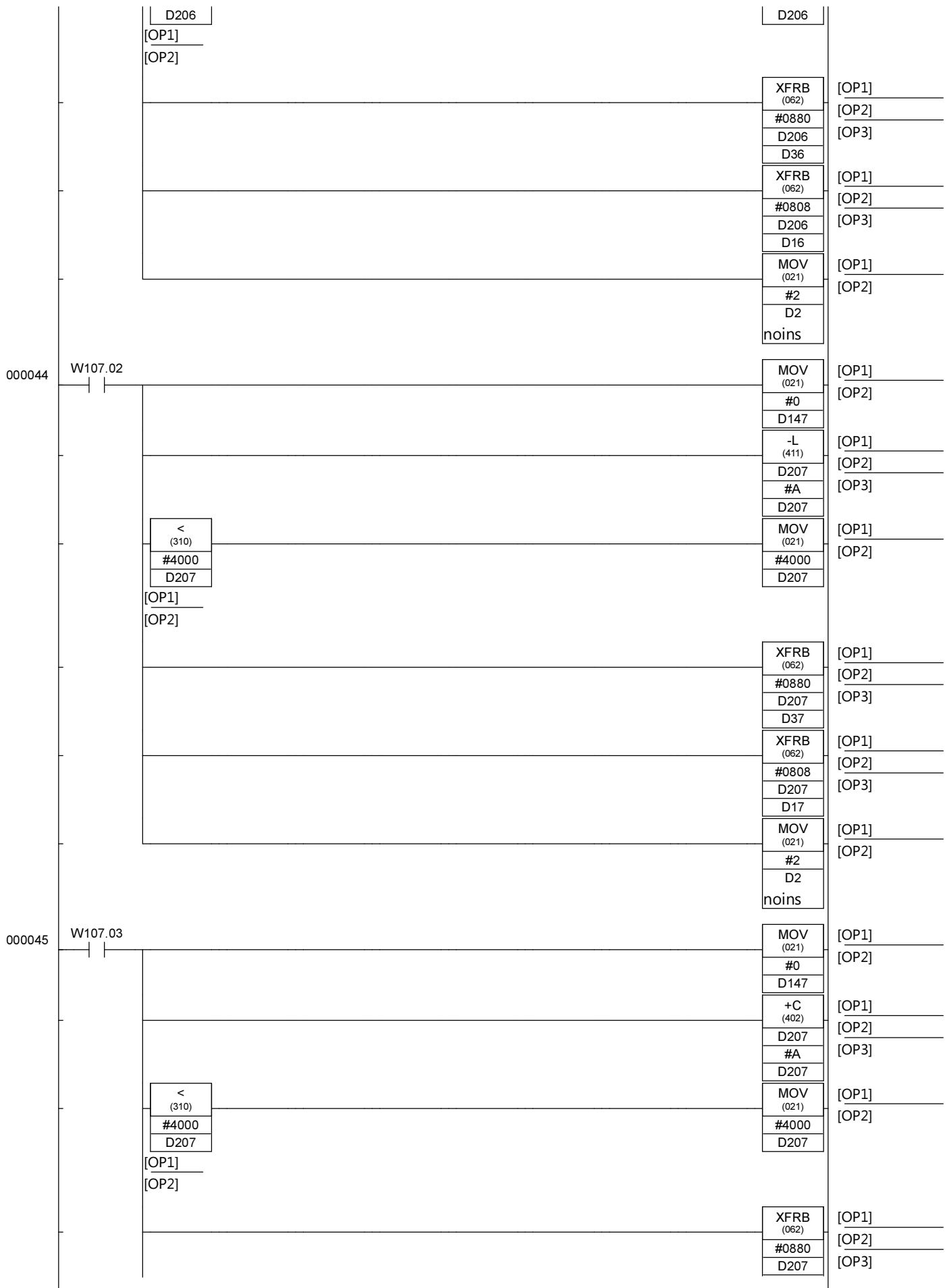
XFRB (062)
#0880
D203
D33

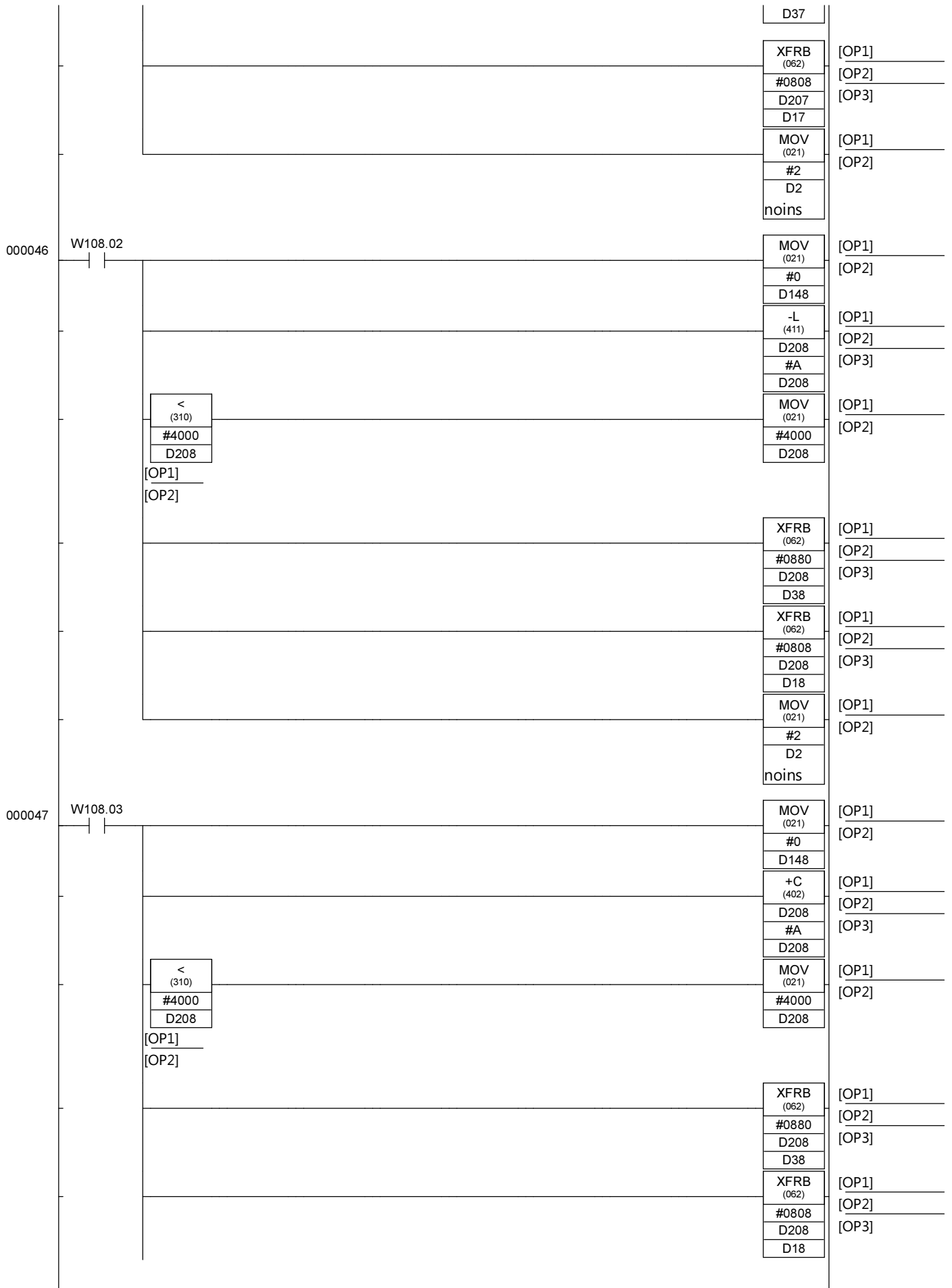
[OP1]
[OP2]
[OP3]

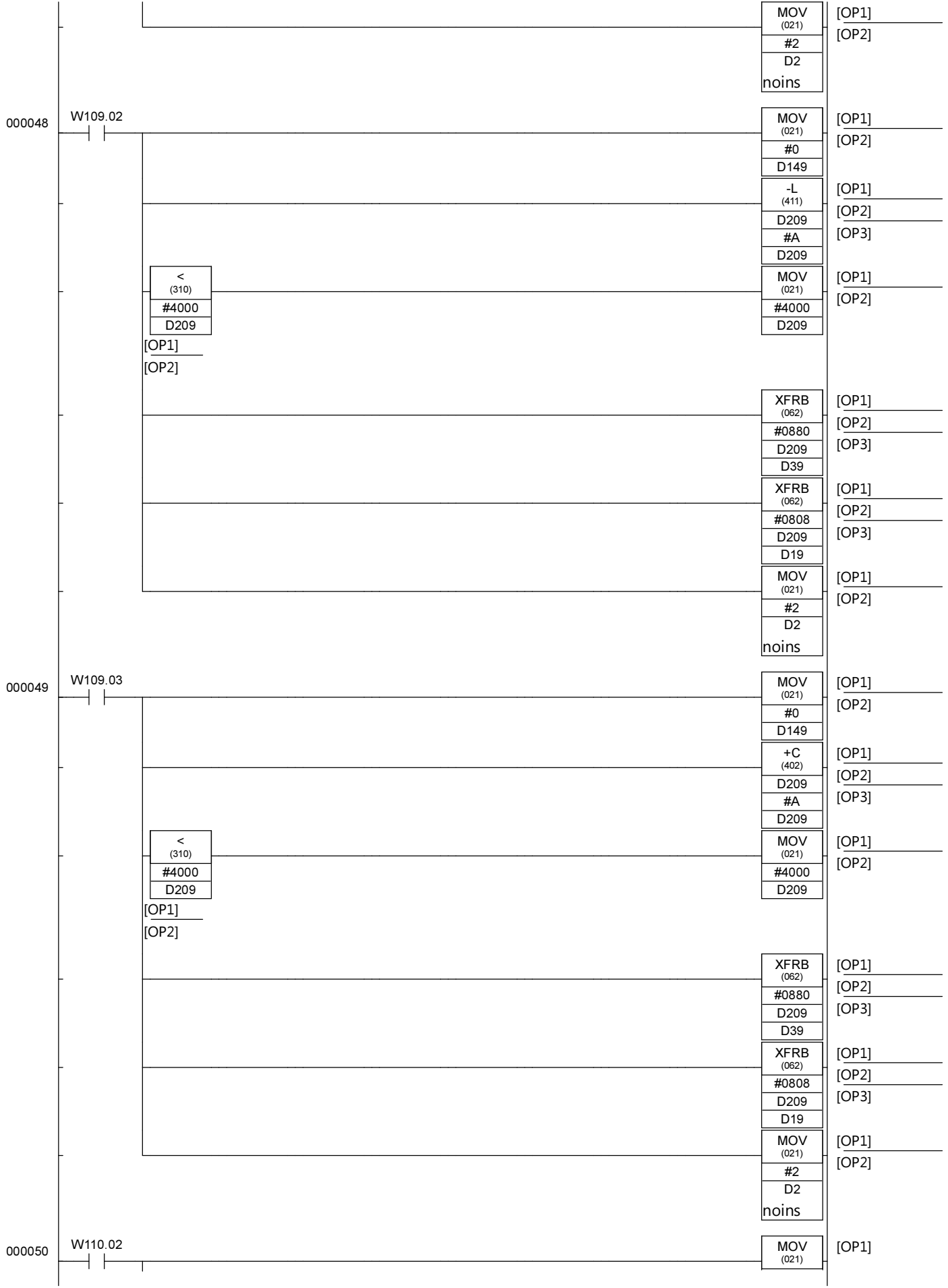


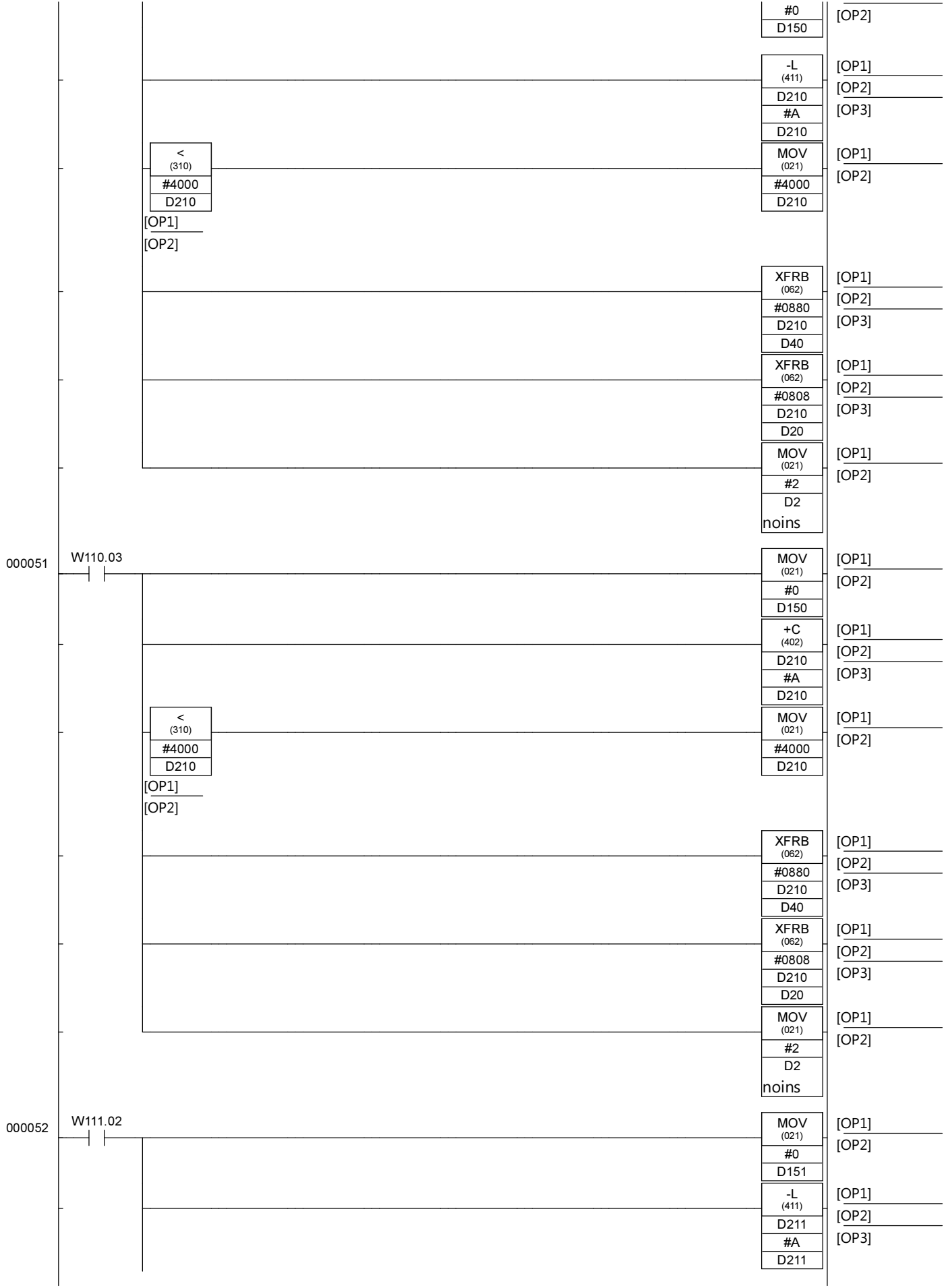


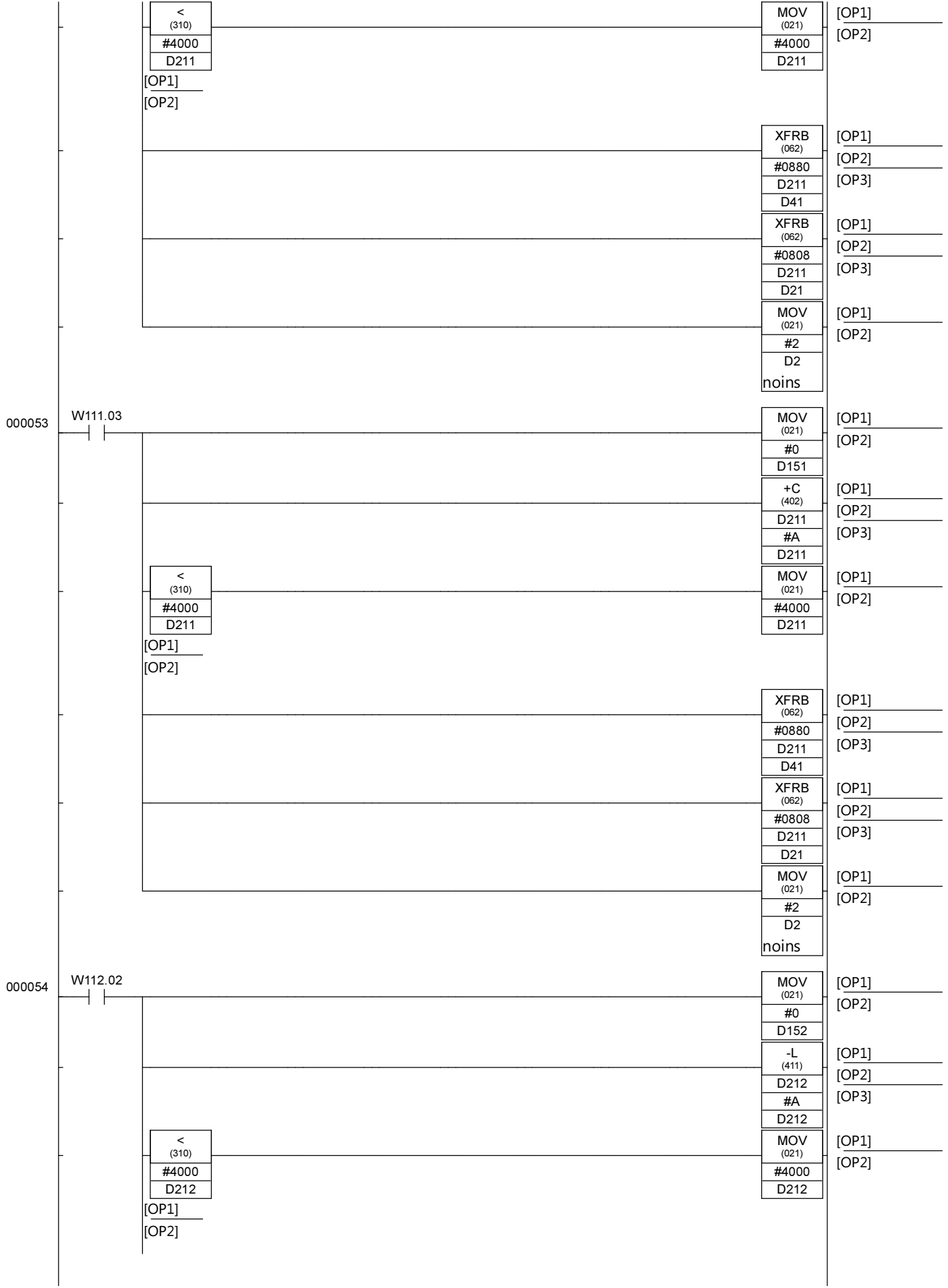












<
(310)
#4000
D211

[OP1]

[OP2]

MOV
(021)
#4000
D211

[OP1]

[OP2]

XFRB
(062)
#0880
D211
D41

[OP1]

[OP2]

[OP3]

XFRB
(062)
#0808
D211
D21

[OP1]

[OP2]

[OP3]

MOV
(021)
#2
D2
noins

[OP1]

[OP2]

000053

W111.03

MOV
(021)
#0
D151

[OP1]

[OP2]

+C
(402)
D211
#A
D211

[OP1]

[OP2]

[OP3]

<
(310)
#4000
D211

[OP1]

[OP2]

MOV
(021)
#4000
D211

[OP1]

[OP2]

XFRB
(062)
#0880
D211
D41

[OP1]

[OP2]

[OP3]

XFRB
(062)
#0808
D211
D21

[OP1]

[OP2]

[OP3]

MOV
(021)
#2
D2
noins

[OP1]

[OP2]

000054

W112.02

MOV
(021)
#0
D152

[OP1]

[OP2]

-L
(411)
D212
#A
D212

[OP1]

[OP2]

[OP3]

<
(310)
#4000
D212

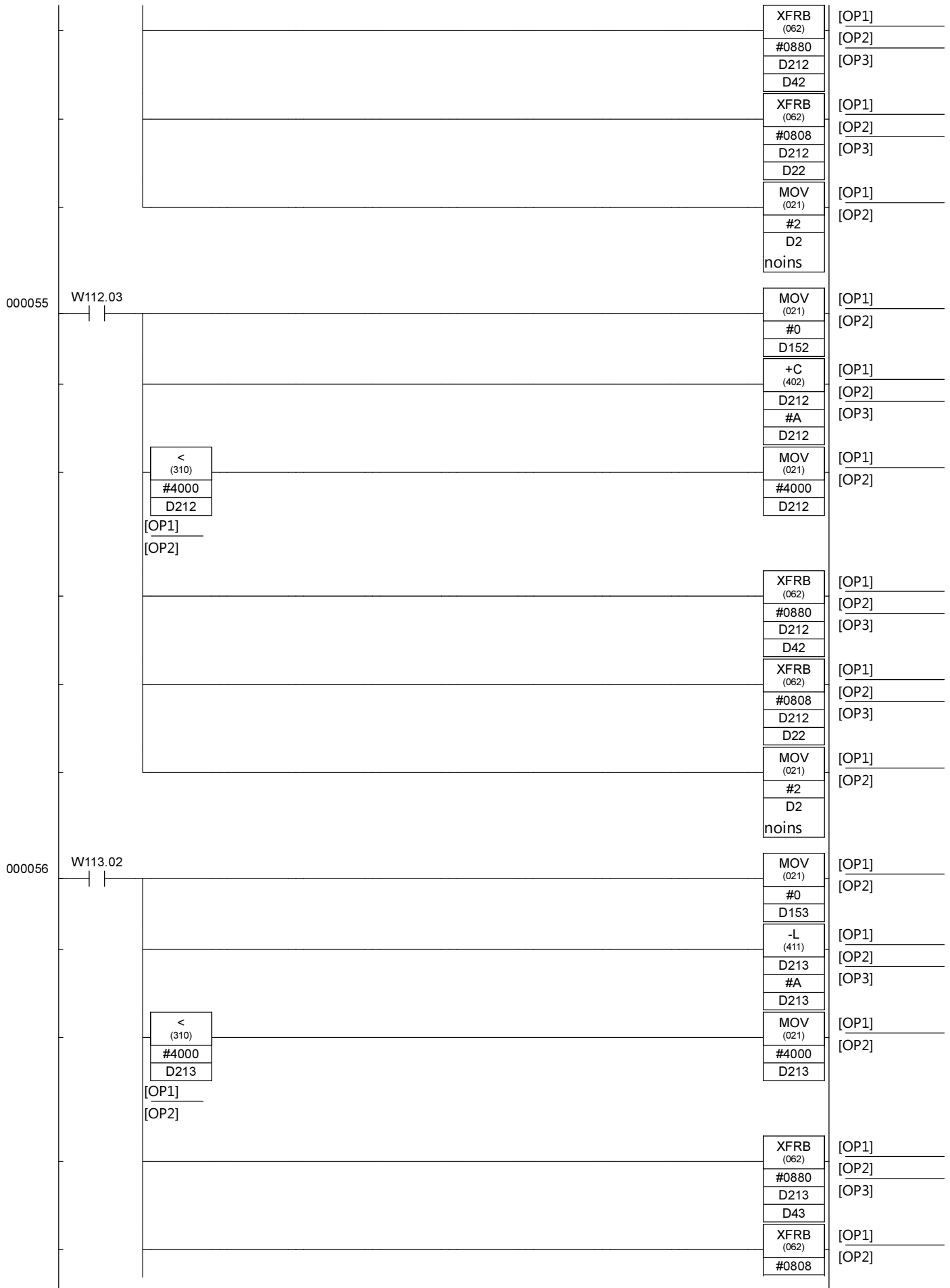
[OP1]

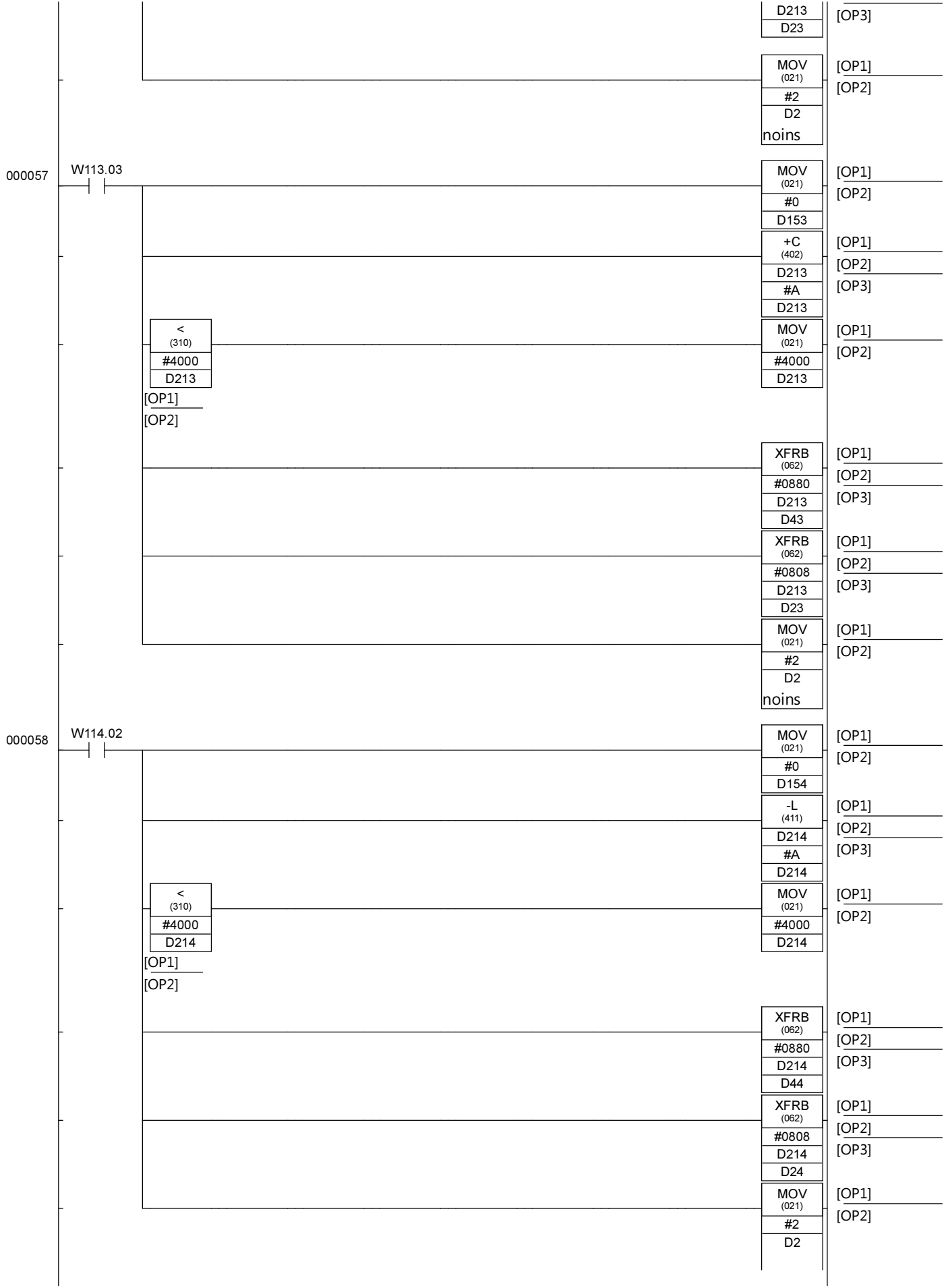
[OP2]

MOV
(021)
#4000
D212

[OP1]

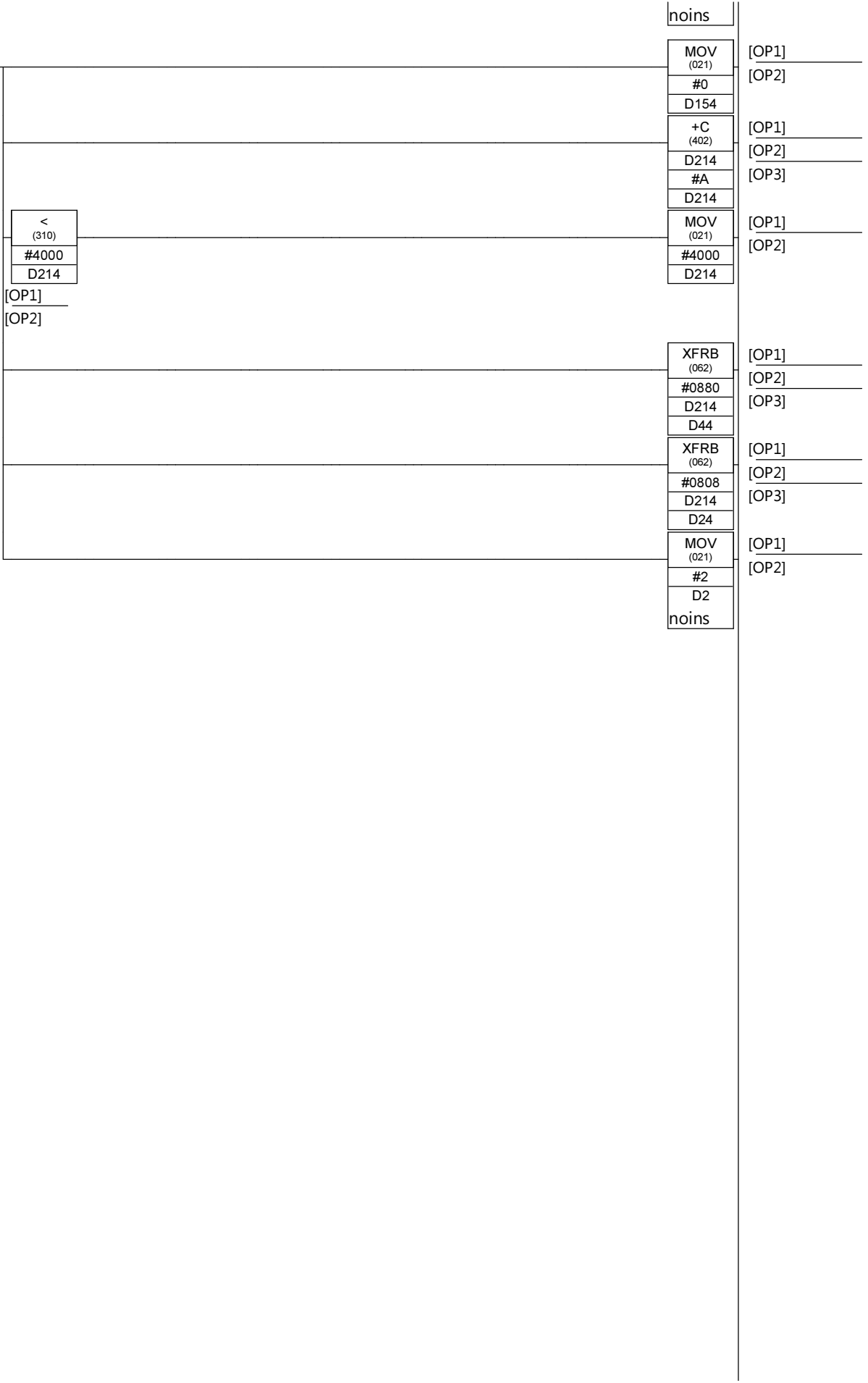
[OP2]





000059

W114.03



noins

MOV
(021)

#0

D154

+C
(402)

D214

#A

D214

MOV
(021)

#4000

D214

XFRB
(062)

#0880

D214

D44

XFRB
(062)

#0808

D214

D24

MOV
(021)

#2

D2

noins

[OP1]

[OP2]

[OP1]

[OP2]

[OP3]

[OP1]

[OP2]

[OP1]

[OP2]

[OP3]

[OP1]

[OP2]

[OP3]

[OP1]

[OP2]

[Program Name : NewProgram1]

[Section Name : END]

000000

END
(001)

100.00	rotocolor1
	Paros_y_arranques OUT: a17
100.01	rot1onsignal
	Paros_y_arranques OUT: a16
100.02	rotocolor2
	Paros_y_arranques OUT: a19
100.03	rot2onsignal
	Paros_y_arranques OUT: a18
W000.01	ciclo1
	secuenciasR_W OUT: a01 IN: b00
W001.00	sw1
	secuenciasR_W IN: a00
W002.00	send
	secuenciasR_W IN: a03
W007.00	rot1on
	Paros_y_arranques OUT: a16 a32 IN: a30
W007.02	rot2on
	Paros_y_arranques OUT: a18 a33 IN: a31
W100.00	bit cascada run 1
	Paros_y_arranques OUT: a02 IN: a00
W100.01	bit cascada stop 1
	Paros_y_arranques OUT: a03 IN: a01

W100.02	
	dwn inv1
	SeteoFreq OUT: a00 IN: a30
W100.03	
	up inv1
	SeteoFreq OUT: a01 IN: a31
W101.00	
	bit cascada run 2
	Paros_y_arranques OUT: a04 IN: a02
W101.01	
	bit cascada stop2
	Paros_y_arranques OUT: a05 IN: a03
W101.02	
	dwn inv2
	SeteoFreq OUT: a02 IN: a32
W101.03	
	up inv2
	SeteoFreq OUT: a03 IN: a33
W102.00	
	bit cascada run 3
	Paros_y_arranques OUT: a06 IN: a04
W102.01	
	bit cascada stop 3
	Paros_y_arranques OUT: a07 IN: a05
W102.02	
	dwn inv3
	SeteoFreq OUT: a04 IN: a34
W102.03	
	up inv3
	SeteoFreq OUT: a05 IN: a35

W103.00	 bit cascada run 4 Paros_y_arranques OUT: a08 IN: a06
W103.01	 bit cascada stop 4 Paros_y_arranques OUT: a09 IN: a07
W103.02	 dwn inv4 SeteoFreq OUT: a06 IN: a36
W103.03	 up inv4 SeteoFreq OUT: a07 IN: a37
W104.00	 bit cascada run 5 Paros_y_arranques OUT: a10 IN: a08
W104.01	 bit cascada stop 5 Paros_y_arranques OUT: a11 IN: a09
W104.02	 dwn inv5 SeteoFreq OUT: a08 IN: a38
W104.03	 up inv5 SeteoFreq OUT: a09 IN: a39
W105.00	 bit cascada run 6 Paros_y_arranques OUT: a12 IN: a10
W105.01	 bit cascada stop 6 Paros_y_arranques OUT: a13 IN: a11

W105.02	 dwn inv6 SeteoFreq OUT: a10 IN: a40
W105.03	 up inv6 SeteoFreq OUT: a11 IN: a41
W106.00	 bit cascada run 7 Paros_y_arranques OUT: a14 IN: a12
W106.01	 bit cascada stop 7 Paros_y_arranques OUT: a15 IN: a13
W106.02	 dwn inv7 SeteoFreq OUT: a12 IN: a42
W106.03	 up inv7 SeteoFreq OUT: a13 IN: a43
W107.00	 bit cascada run 8 Paros_y_arranques OUT: a32 IN: a14
W107.01	 bit cascada stop 8 Paros_y_arranques OUT: a17 IN: a15
W107.02	 dwn inv8 SeteoFreq OUT: a14 IN: a44
W107.03	 up inv8 SeteoFreq OUT: a15 IN: a45

W108.00	<p>bit cascada run 9</p> <p>Paros_y_arranques</p> <p>OUT: a33</p>
W108.01	<p>bit cascada stop 9</p> <p>Paros_y_arranques</p> <p>OUT: a19</p> <p>IN: a17</p>
W108.02	<p>dwn inv9</p> <p>SeteoFreq</p> <p>OUT: a16</p> <p>IN: a46</p>
W108.03	<p>up inv9</p> <p>SeteoFreq</p> <p>OUT: a17</p> <p>IN: a47</p>
W109.00	<p>bit cascada run 10</p> <p>Paros_y_arranques</p> <p>OUT: a20</p>
W109.01	<p>bit cascada stop 10</p> <p>Paros_y_arranques</p> <p>OUT: a21</p> <p>IN: a19</p>
W109.02	<p>dwn inv10</p> <p>SeteoFreq</p> <p>OUT: a18</p> <p>IN: a48</p>
W109.03	<p>up inv10</p> <p>SeteoFreq</p> <p>OUT: a19</p> <p>IN: a49</p>
W110.00	<p>bit cascada run 11</p> <p>Paros_y_arranques</p> <p>OUT: a22</p> <p>IN: a20</p>
W110.01	<p>bit cascada stop 11</p> <p>Paros_y_arranques</p> <p>OUT: a23</p> <p>IN: a21</p>

W110.02	
	dwn inv11
	SeteoFreq OUT: a20 IN: a50
W110.03	
	up inv11
	SeteoFreq OUT: a21 IN: a51
W111.00	
	bit cascada run 12
	Paros_y_arranques OUT: a24 IN: a22
W111.01	
	bit cascada stop 12
	Paros_y_arranques OUT: a25 IN: a23
W111.02	
	dwn inv12
	SeteoFreq OUT: a22 IN: a52
W111.03	
	up inv12
	SeteoFreq OUT: a23 IN: a53
W112.00	
	bit cascada run 13
	Paros_y_arranques OUT: a26 IN: a24
W112.01	
	bit cascada stop 13
	Paros_y_arranques OUT: a27 IN: a25
W112.02	
	dwn inv13
	SeteoFreq OUT: a24 IN: a54
W112.03	
	up inv13
	SeteoFreq OUT: a25 IN: a55

W113.00	 bit cascada run 14 Paros_y_arranques OUT: a28 IN: a26
W113.01	 bit cascada stop 14 Paros_y_arranques OUT: a29 IN: a27
W113.02	 dwn inv14 SeteoFreq OUT: a26 IN: a56
W113.03	 up inv14 SeteoFreq OUT: a27 IN: a57
W114.02	 dwn inv15 SeteoFreq OUT: a28 IN: a58
W114.03	 up inv15 SeteoFreq OUT: a29 IN: a59
A0641.00	 secuenciasR_W OUT: a03
T0001(bit)	 Timer ciclo escritura secuenciasR_W OUT: a00 IN: a01 a03
T0007(bit)	 Paros_y_arranques OUT: a30 IN: a32
T0008(bit)	 Paros_y_arranques OUT: a31 IN: a33

D00001	nodo
	cantidad de nodos
	secuenciasR_W 01 02
D00002	noins
	valor de 1-3 segun tipo de instruccion
	secuenciasR_W 01 02
	Paros_y_arranques 00 01
D00007	SeteoFreq 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59
	secuenciasR_W 02
D00009	secuenciasR_W 01
	secuenciasR_W 01
D00010	freq 1h
	SeteoFreq 30 31
D00011	freq 2h
	SeteoFreq 32 33
D00012	freq3h
	SeteoFreq 34 35
D00013	freq4h
	SeteoFreq 36 37
D00014	freq5h
	SeteoFreq 38 39
D00015	freq6h
	SeteoFreq 40 41
D00016	freq7h
	SeteoFreq 42 43

D00017	
	freq8h
	SeteoFreq 44 45
D00018	
	freq9h
	SeteoFreq 46 47
D00019	
	freq10h
	SeteoFreq 48 49
D00020	
	freq11h
	SeteoFreq 50 51
D00021	
	freq12h
	SeteoFreq 52 53
D00022	
	freq13h
	SeteoFreq 54 55
D00023	
	freq14h
	SeteoFreq 56 57
D00024	
	freq15h
	SeteoFreq 58 59
D00029	
	secuenciasR_W 01
D00030	
	freq 1l
	SeteoFreq 30 31
D00031	
	freq 2l
	SeteoFreq 32 33
D00032	
	freq3l
	SeteoFreq 34 35

D00033	 freq4l SeteoFreq 36 37
D00034	 freq5l SeteoFreq 38 39
D00035	 freq6l SeteoFreq 40 41
D00036	 freq7l SeteoFreq 42 43
D00037	 freq8l SeteoFreq 44 45
D00038	 freq9l SeteoFreq 46 47
D00039	 freq10l SeteoFreq 48 49
D00040	 freq11l SeteoFreq 50 51
D00041	 freq12l SeteoFreq 52 53
D00042	 freq13l SeteoFreq 54 55
D00043	 freq14l SeteoFreq 56 57
D00044	 freq15l SeteoFreq 58 59

D00050	instr
	secuenciasR_W 01
D00060	nobytesins
	numero de bytes que conforman la instruccion secuenciasR_W 01
D00070	regrw
	registro q modifica la instruccion secuenciasR_W 01
D00080	qtyreg
	secuenciasR_W 01
D00090	wqty
	cantidad de bytes a escribir secuenciasR_W 01
D00100	wqty2
	secuenciasR_W 01
D00110	wqty3
	secuenciasR_W 01
D00120	noinv
	d1 secuenciasR_W 01
D00138	coilstate
	estado de botones secuenciasR_W 01
D00140	Inverter 1 estado botones
	Paros_y arranques 00 01
	SeteoFreq 00 01 30 31
D00141	Inverter2 estado botones
	Paros_y arranques 02 03 07
	SeteoFreq 02 03 32 33

D00142	
	Inverter3 estado botones
	Paros_y arranques 02 04 05
D00143	SeteoFreq 04 05 34 35
	Inverter4 estado botones
D00144	Paros_y arranques 06 07
	SeteoFreq 06 07 36 37
D00145	Inverter5 estado botones
	Paros_y arranques 08 09
	SeteoFreq 08 09 38 39
D00146	
	Inverter6 estado botones
	Paros_y arranques 10 11
D00147	SeteoFreq 10 11 40 41
	Inverter7 estado botones
D00148	Paros_y arranques 12 13
	SeteoFreq 12 13 42 43
D00149	Inverter8 estado botones
	Paros_y arranques 14 15
	SeteoFreq 14 15 44 45
D00148	
	Inverter9 rotocolor 1 estado botones
	Paros_y arranques 16 17 32
D00149	SeteoFreq 16 17 46 47
	Inverter10 rotocolor 2 estado botones
D00149	Paros_y arranques 18 19 33
	SeteoFreq 18 19 48 49

D00150	
	Inverter11 estado botones
	Paros_y arranques 20 21
	SeteoFreq 20 21 50 51
D00151	
	Inverter12 estado botones
	Paros_y arranques 22 23
	SeteoFreq 22 23 52 53
D00152	
	Inverter13 estado botones
	Paros_y arranques 24 25
	SeteoFreq 24 25 54 55
D00153	
	Inverter14 estado botones
	Paros_y arranques 26 27
	SeteoFreq 26 27 56 57
D00154	
	Inverter15 estado botones
	Paros_y arranques 28 29
	SeteoFreq 28 29 58 59
D00160	invstate
	secuenciasR_W 01
D00179	
	secuenciasR_W 01
D00180	
	Inverter1 R/S
	Paros_y arranques 00 01
D00181	
	inverter2 R/S
	Paros_y arranques 02 03
D00182	
	inverter3 R/S
	Paros_y arranques 04 05

D00183	
	Inverter4 R/S
	Paros_y arranques 06 07
D00184	
	Inverter5 R/S
	Paros_y arranques 08 09
D00185	
	Inverter6 R/S
	Paros_y arranques 10 11
D00186	
	Inverter7 R/S
	Paros_y arranques 12 13
D00187	
	Inverter8 R/S
	Paros_y arranques 14 15
D00188	
	Inverter9 R/S
	Paros_y arranques 17 32
D00189	
	Inverter10 R/S
	Paros_y arranques 19 33
D00190	
	Inverter11 R/S
	Paros_y arranques 20 21
D00191	
	Inverter12 R/S
	Paros_y arranques 22 23
D00192	
	Inverter13 R/S
	Paros_y arranques 24 25
D00193	
	Inverter14R/S
	Paros_y arranques 26 27
D00194	
	Inverter15R/S
	Paros_y arranques 28 29

D00200	
	freq 1
	SeteoFreq 30 31
D00201	
	freq 2
	SeteoFreq 32 33
D00202	
	freq 3
	SeteoFreq 34 35
D00203	
	freq4
	SeteoFreq 36 37
D00204	
	freq5
	SeteoFreq 38 39
D00205	
	freq6
	SeteoFreq 40 41
D00206	
	freq7
	SeteoFreq 42 43
D00207	
	freq8
	SeteoFreq 44 45
D00208	
	freq9
	SeteoFreq 46 47
D00209	
	freq10
	SeteoFreq 48 49
D00210	
	freq11
	SeteoFreq 50 51
D00211	
	freq12
	SeteoFreq 52 53

D00212	
	freq13
	SeteoFreq 54 55
D00213	
	freq14
	SeteoFreq 56 57
D00214	
	freq15
	SeteoFreq 58 59
D32200	
	secuenciasR_W 01
D32201	
	secuenciasR_W 01
D32202	
	secuenciasR_W 01
D32203	
	secuenciasR_W 01
D32204	
	secuenciasR_W 01
D32205	
	secuenciasR_W 01
D32206	
	secuenciasR_W 01
D32207	
	secuenciasR_W 01
D32255	
	secuenciasR_W 01

PLC Name	Program Name	Section Name	Start Step Num.	End Step Num.	Pages
NewPLC1					28
	NewProgram1				28
		secuenciasR_W	0	37	3
		Paros_y arranques	39	198	7
		SeteoFreq	200	559	17
		END	561	561	1