

CONTROL INDUSTRIAL DISTRIBUÍDO
Trabajo Práctico Final
“Automatización de planta envasadora de Fideos”

Cecilia Carbonaro
Hernán Corvalan
Juan Cruz Piñero

August 5, 2018

Contents

1	Introducción	3
2	Trabajo a realizar	4
2.1	Esquema de la planta	4
2.2	Descripción del proceso	4
2.3	Modos de operación	4
3	Diagrama Eléctrico	5
4	PLC: Info y Características	5
4.1	Generalidades	5
4.2	PLC Siemens S7-1200	6
5	Grafcet	7
6	Programación en LADDER	9
7	Conclusiones	12

1 Introducción

En un proceso de automatización, la planta no siempre se encuentra en modo automático, donde el proceso de producción se lleva a cabo según las instrucciones que se le ha dado en el momento de su programación, sino, que en caso de fallas o alguna contingencia es necesario poder operar el proceso manualmente para poder corregir éstos. En este trabajo, se automatiza una planta envasadora de fideos, la cual posee varios modos de operación, de forma tal, de poder realizar lo anteriormente dicho. Por lo tanto, podemos decir, que en este trabajo se sigue las condiciones impuestas por la guía GEMMA, habiéndose así implementado tres modos de operación: Manual, Semi automático y automático. El operador será quien elija el modo de trabajo los cuales son claramente identificables. En cada modo de operación, la planta operará de una manera diferente, que se detallará a lo largo de este trabajo.

Se presenta además, las características del autómatas programable (PLC) utilizado, como así el diagrama eléctrico de la planta. Además, se detalla el algoritmo, implementado en LADDER, que se realizó para automatizar la planta, con las características recién mencionadas.

2 Trabajo a realizar

2.1 Esquema de la planta

La planta consta de una cinta transportadora por la cual los envases son ingresados para ser llenados con fideos. Éstos fideos se encuentran en una tobera, la cual debe desagotarse en el momento en que tres de los envases ingresados se encuentren justo debajo de ella. En la Fig. 1 se puede observar además, que se dispone de tres sensores (S1, S2 y FC) y los actuadores (Motor cinta (M1), motor tobera (M2), barreras (B1 y B2)).

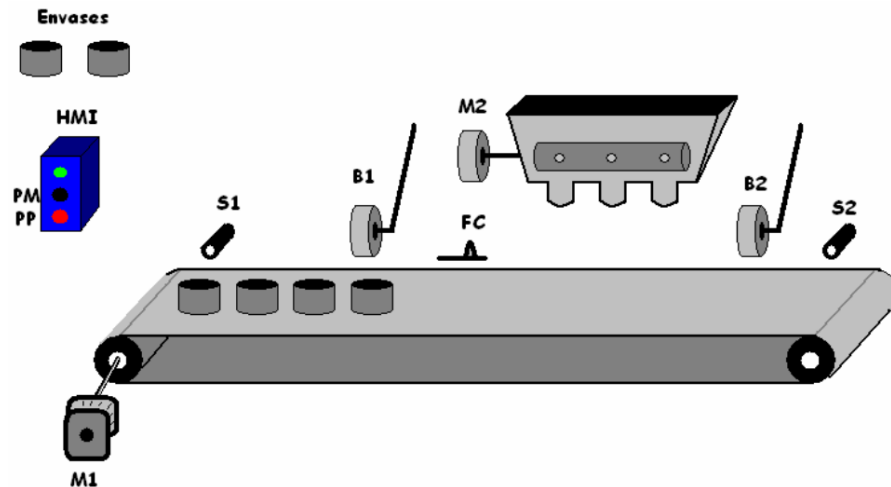


Figure 1: Esquema de la planta envasadora a automatizar.

Con respecto al HMI, el operador posó los pulsadores de marcha (PM), de parada (PP), de parada de emergencia (PE), y llaves seleccionadoras, las cuales permiten elegir el modo de trabajo, y además, para poder activar los actuadores en caso de que se trabaje en el modo manual. Éstos últimos HMI no se encuentran esquematizados en la figura.

2.2 Descripción del proceso

Al iniciarse el proceso, los envases pueden ingresar continuamente en cualquier momento y cualquier orden. La planta es capaz únicamente de llenar tres envases en forma simultánea. Cuando tres envases llegan al final de la cinta transportadora, debajo de la tobera, la cinta se detiene, la barrera B1 baja y se llenan los envases. Una vez que los envases están llenos, se abre la barrera B2 (la cual está cerrada desde el principio del proceso), luego de que egresen los 3 envases llenos la barrera B2 baja y la barrera B1 vuelve a subir. En el caso de que hayan ingresado más envases para ser llenados la cinta se pone en marcha y el sistema vuelve a llenar los siguientes tres envases.

2.3 Modos de operación

Los modos de operación que se realizaron fueron los modos: Manual, Semi automático y automático.

- En el MODO MANUAL, el operario puede activar de manera independiente cada actuador de la planta a través de las llaves seleccionadoras (se utilizaron dos de las tres llaves para el accionamiento debido a no tener más pulsadores disponibles para tal fin).
- En el MODO AUTOMÁTICO, una vez presionado el pulsador de marcha (PM), la planta esperará el ingreso de un envase para comenzar el proceso, el cual se describió anteriormente. Todo el proceso se realiza de forma automática, el operador podrá solamente pausar el proceso con el pulsador de parada (PP), usar el pulsador de emergencia (PE) el cual reiniciará el proceso, o cambiar el modo de funcionamiento si lo cree necesario.
- En el modo SEMI AUTOMÁTICO, una vez presionado el PM, una vez ingresado el envase el proceso arranca y se va pausando en cada nueva etapa (las cuales se detallan más adelante) del programa, volviendo a continuar cuando el operador presione nuevamente el PM. Así, se va realizando el proceso de forma pausada y de una manera más controlada.

El operador puede en cualquier momento cambiar el modo de operación y continuar el proceso desde donde se quedó en ese nuevo modo.

3 Diagrama Eléctrico

El diagrama eléctrico está conformado por la planta en toda su totalidad. Desde la alimentación, hasta cada conexión entre las diferentes partes, incluyendo las entradas y salidas del PLC. Se incluye un diagrama de conexión descriptivo de los actuadores, pre actuadores, sensores y HMI presentes en la planta.

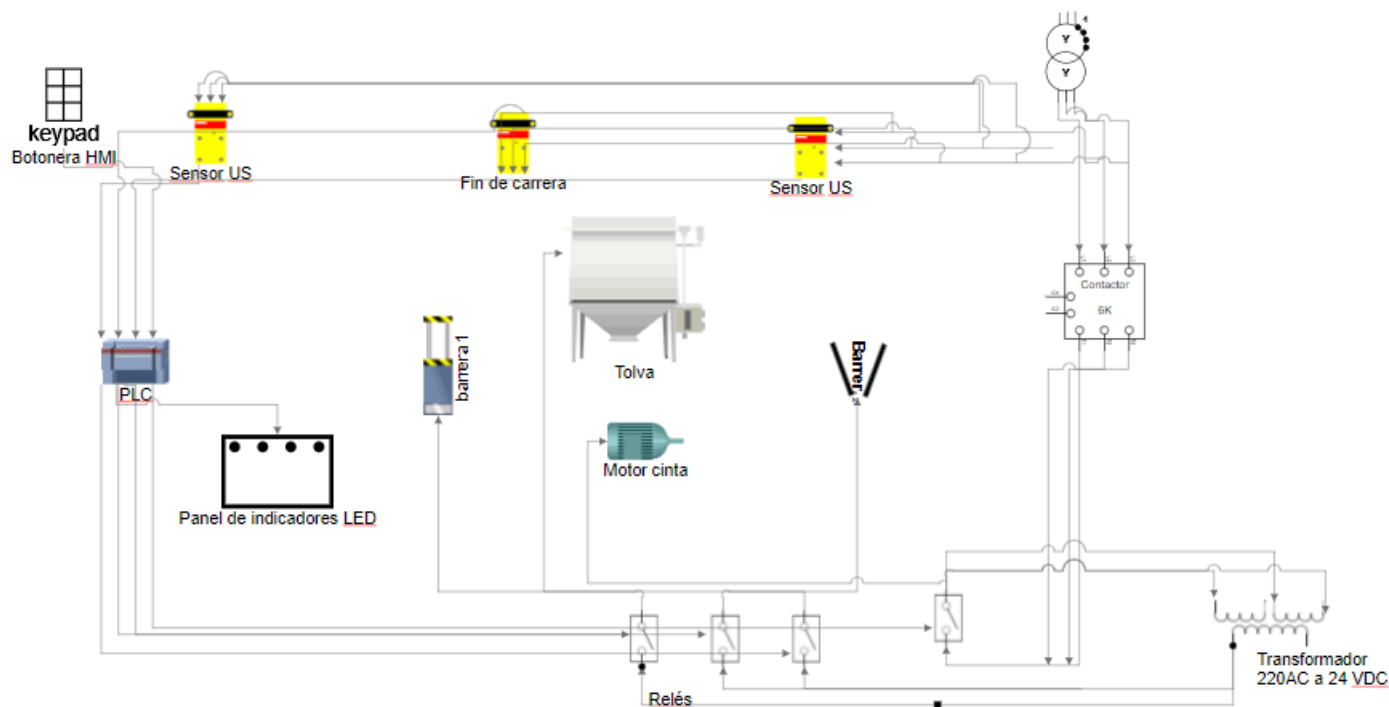


Figure 2: Esquemático descriptivo de la conexión eléctrica de la planta a escala.

Acabamos de esquematizar el diagrama de las conexiones entre sensores y actuadores, y entradas y salidas del PLC. Las características propias de éste, se darán en la sección siguiente.

4 PLC: Info y Características

4.1 Generalidades

Para el desarrollo de este trabajo, se hizo uso de un PLC. Éste es básicamente una computadora, la cual procesa todos los datos de una máquina como pueden ser sensores, botones, temporizadores y cualquier señal de entrada. Para posteriormente controlar los actuadores como pistones, motores, válvulas, etc. y así poder controlar cualquier proceso industrial de manera automática.

En la Fig. 3 podemos ver un esquema del PLC junto a sus entradas y salidas. En nuestro caso, las entradas están dadas por los sensores de la planta, los pulsadores PM, PP, PE y las llaves selectoras.

Los actuadores, como vimos en el esquema eléctrico, están dados por los motores de la cinta y tolva, y las barreras B1 y B2.

Internamente un PLC es como se visualiza en la Fig. 4. La forma en que opera un PLC es siguiendo un ciclo llamado **ciclo de SCAN**.

El ciclo de SCAN es una secuencia de operaciones que el PLC realiza una vez que comienza a correr. Estas operaciones se realizan de forma cíclica y son:

- **Lectura de las entradas:** El PLC comienza leyendo las entradas digitales y analógicas, y define así el valor de éstas.

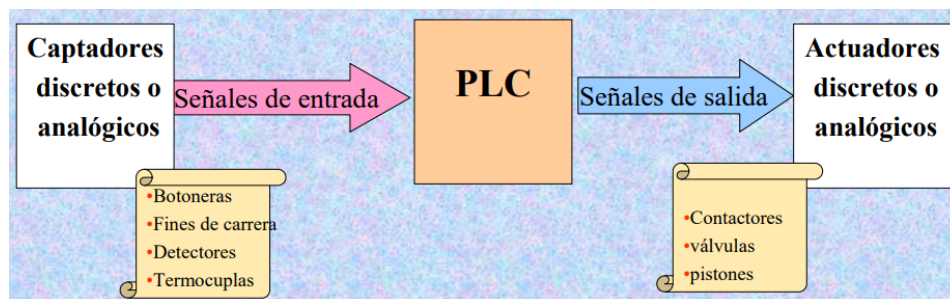


Figure 3: Esquema de entradas, salidas y PLC.

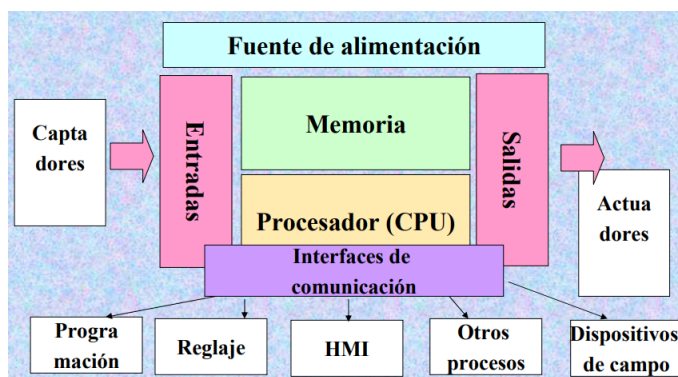


Figure 4: Esquema de partes de un PLC

- **Ejecución del programa:** Con los valores de entrada obtenidos, se ejecutan las operaciones programadas, de forma secuencial.
- **Actualización de las Salidas:** Se actualizan los valores de las salidas en función de los valores de entrada y de las operaciones realizadas en el paso anterior.

4.2 PLC Siemens S7-1200

Para el proceso de automatización se hizo uso del PLC: Siemens S7-1200. La CPU de éste autómata programable incorpora un microprocesador, una fuente de alimentación integrada, así como circuitos de entrada y salida en una carcasa compacta. Una vez cargado el programa en la CPU, ésta contiene la lógica necesaria para vigilar y controlar los dispositivos de la aplicación. La CPU vigila las entradas y cambia el estado de las salidas según la lógica del programa cargado, que puede incluir lógica, instrucciones de conteo y temporización, funciones matemáticas complejas, así como comunicación con otros dispositivos. En la Fig. 5 puede observarse la vista exterior del PLC.

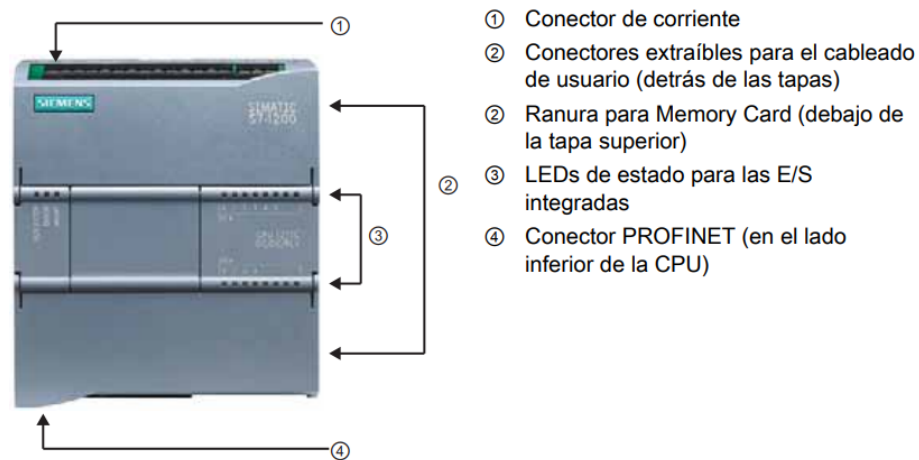


Figure 5: Esquema del PLC utilizado.

5 Grafcet

Para poder realizar una automatización, cualquiera sea esta, siempre se debe comenzar por un diagrama de estados. Así, se va construyendo la lógica, la cual indicará a nuestro proceso que hacer en cada etapa y con cada contingencia.

En la figura 6, se ilustra un esquema básico de funcionamiento para la planta.

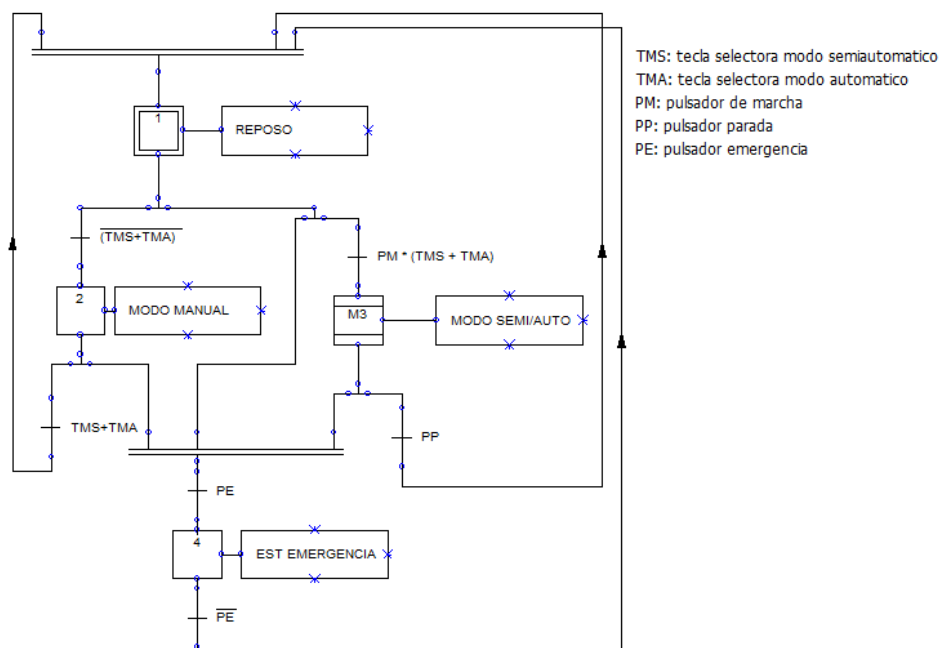


Figure 6: Esquema básico de funcionamiento de la planta de envasado.

En la figura 7 se ilustra en detalle el macroestado 3. El uso de los *macroestados* facilitó la comprensión y la forma de implementar el programa.

MACRO ESTADO 3

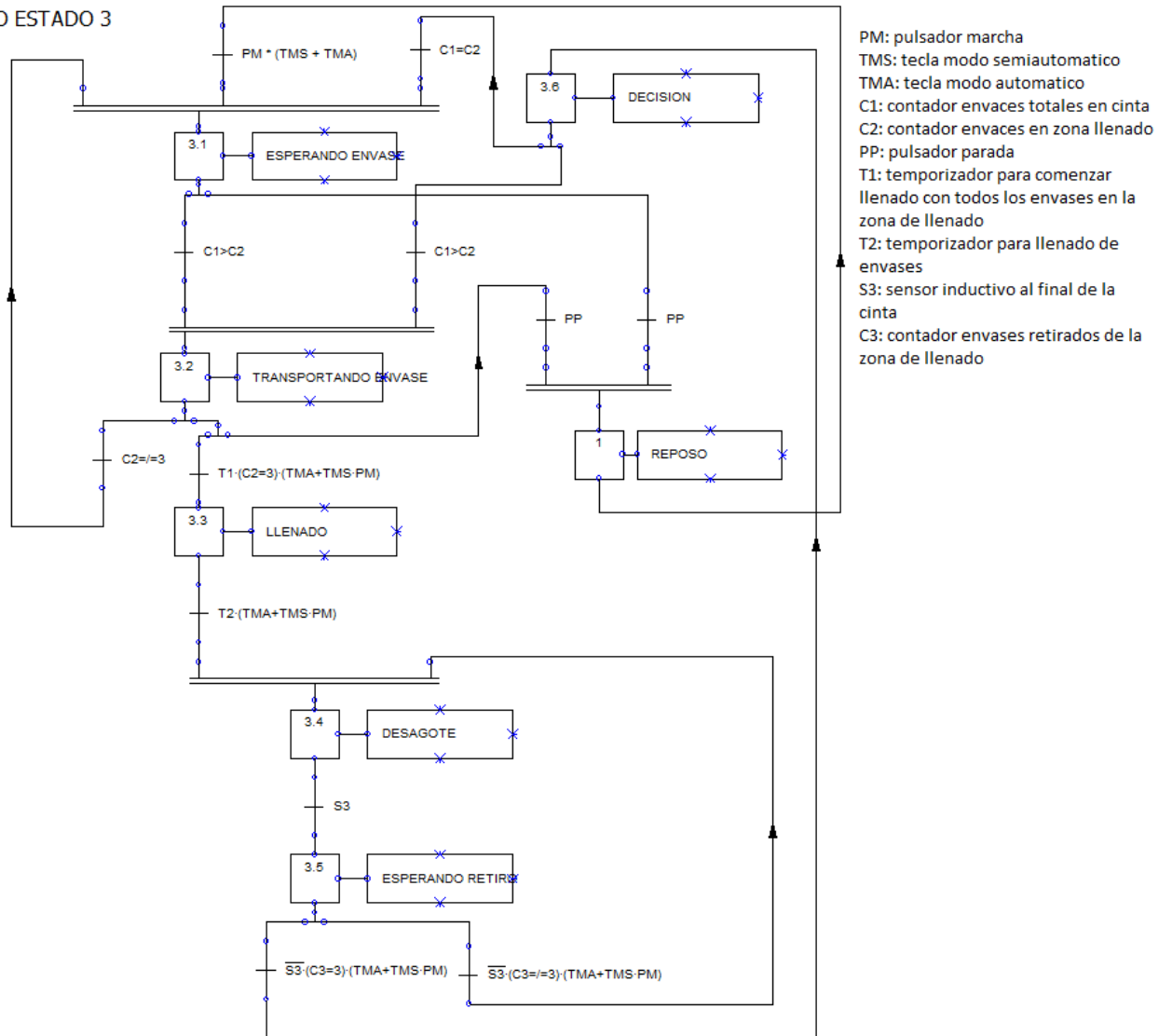


Figure 7: Esquema de funcionamiento del estado 3. Para no cargar mucho el diagrama no se graficaron las transiciones al estado de emergencia.

6 Programación en LADDER

En esta sección se explicará breve mente algunas de las líneas del programa, con el fin de que el lector tenga una mejor comprensión de éste.

Dado que el programa puede verse en su totalidad en el software Tia Portal V12, y también en el documento adjunto a este trabajo. Aquí daremos una breve descripción de lo que se hizo, con el fin de que el lector tenga una mejor comprensión de éste.

- Se separó al programa en **estados** o **etapas**, haciendo uso de marcas. Una marca para cada estado. Los estados se mencionan a continuación y se da una breve descripción de cada uno.
- **ESTADO DE PAUSA:** En este estado, como su nombre lo dice, el proceso se encuentra en pausa, queda en el lugar en que se estaba ejecutando, hasta que se salga de PAUSA. Además, mientras no se esté en ningún otro estado, el programa se encontrará aquí, por ende, al iniciarse el programa también estará aquí. Para poder entrar en este estado de forma manual, deber presionarse el pulsador PP.
- **ESTADO DE EMERGENCIA:** En este estado se detiene el proceso y se reinicia el programa, es decir, se reinician todas las variables y estados de las salidas. Se vuelve al punto de partida. Se entra en este estado presionando el pulsador PE.
- **ESTADO ESPERANDO CARGA** y **ESTADO TRANSPORTANDO CARGA:** Una vez presionado PM al iniciarse el proceso, el programa pasa al estado de espera. Donde se encuentra en la espera del ingreso de envases para comenzar a hacer andar la cinta.

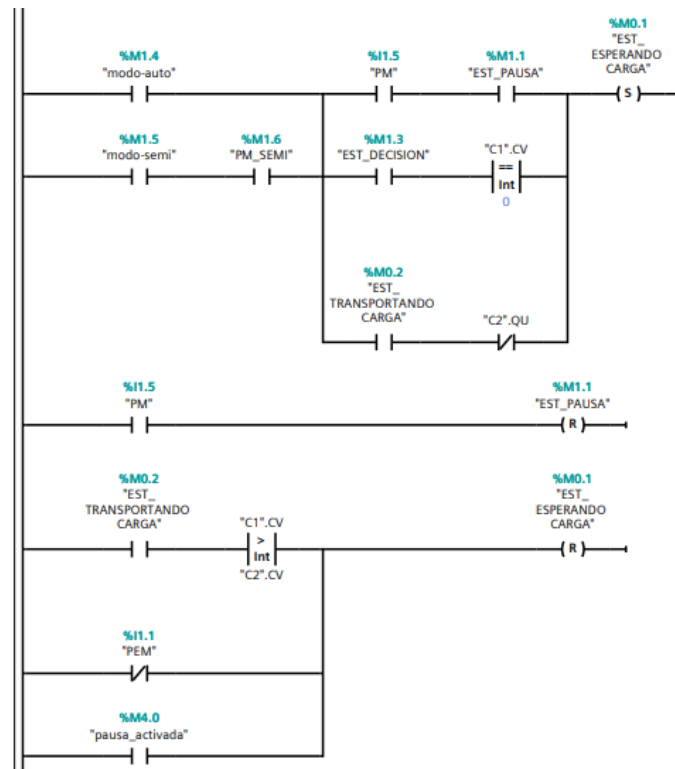


Figure 8: Ladder: Set y Reset del estado **Esperando Carga** y **Transportando Carga**

Acá hay algo a lo que se le debe prestar atención. Haciendo uso de los contadores **C1** (correspondiente al sensor S1 (Fig. 1)) y **C2**(Correspondiente a FC), se pasa desde un estado al otro (Fig. 8).

Cuando $C1 > C2$, se a ingresado un envase, entonces se pasa al estado de transporte. Cuando contea C2, la condición deja de cumplirse, dado un tiempo (definido por el Timer *TIMER_HACIA_LLENADO*), si C2 es menor a 3, se vuelve al estado de espera.¹

¹Las otras codiciones para set y reset de estos estados se detellan más adelante.

-
- The diagram illustrates a three-phase motor control system with three main operating modes: automatic, semi-automatic, and manual. Each mode is controlled by a specific input signal and includes safety and interlocking logic.
- modo-auto:** Initiated by %M1.4. It includes interlocking with %M1.5 and %M1.6, and safety logic involving %M0.3, %M0.4, and %M0.5. A timer TOLVA is used for timing, and a desagote timer is present.
 - modo-semi:** Initiated by %M1.5. It includes interlocking with %M1.4 and %M1.6, and safety logic involving %M0.3, %M0.4, and %M0.5. A PM signal is used for timing, and a desagote timer is present.
 - modo-manual:** Initiated by %M1.6. It includes interlocking with %M1.4 and %M1.5, and safety logic involving %M0.3, %M0.4, and %M0.5. A PEM signal is used for timing, and a decision timer is present.
- The output of the system is a common coil (R) that controls the motor. The diagram also shows various status signals and timers used throughout the control logic.

- **ESTADO ESPERANDO RETIRO:** Aquí, el programa se encuentra en espera a que el operador retire el envase. Una vez hecho esto, se vuelve al estado anterior (Desagote), ver Fig. 9. Una vez que se retira el tercer envase, se pasa al siguiente estado (Decisión). A medida que se va retirando un envase, se va descontando el contador C1.
- **ESTADO DE DECISIÓN:** Una vez que se retira el tercer pote en el estado anterior, es necesario saber si aún hay envases en la cinta. En este estado se verifica el valor de C1. Este contador fue aumentando a medida que se ingresaban envases a la cinta y fue disminuyendo a medida que se retiraban éstos al ser llenados. Por lo tanto, en este estado, si $C1 = 0$ entonces, se pasará al estado de *ESPERANDO CARGA*, para volver a iniciar el proceso. En caso de que $C1 > 0$, quiere decir que aún hay potes en la cinta, y se pasa al estado de *TRANSPORTANDO CARGA*.²

²Las condiciones de seteo de los estados de espera y transporte que no se explicaron al comienzo, son las condiciones que impone este estado.

Puede verse al comienzo de cada linea, que hay casos en que están impuestas las condiciones de modo automático o modo semi automático. Esto es así, dado que como dijimos anteriormente, el usuario elije en que modo trabajar, por lo tanto, el programa estará en una condición u otra según lo que se haya seleccionado.

En el documento adjunto a este informe, en donde se encuentra el ladder completo, puede verse la configuración de los contadores y timers usados, así como, algunas condiciones que impone el modo semi automático y el modo manual.

7 Conclusiones

Habiendo estudiado el esquema eléctrico de la planta e identificando las conexiones de los HMI, sensores y actuadores con las entradas y salidas del PLC. Se pudo realizar la programación y puesta en marcha del automatizado de la planta de una manera ordenada, en la cual se pudieron realizar varias pruebas, haciendo seguimiento de cada uno de los estados, identificando si se procedía de la manera prevista o no, y en caso de necesitar arreglos se los pudo ir realizando.

Vemos la importancia de realizar el Grafcet a la hora de programar. Esto nos permitió plasmar la lógica en LADDER de una manera más sencilla, logrando que podamos acortar tiempos durante todo el trabajo.