



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

Trabajo de Fin de Grado
Grado en Ingeniería Mecánica

PROYECTO DE AUTOMATIZACIÓN DE UNA PLANTA EMBOTELLADORA CON AUTÓMATA SCHNEIDER M241

AUTOR: ANDRÉS SOLER ORTEGA

TUTOR: JOSÉ VICENTE SALCEDO ROMERO DE ÁVILA

CURSO ACADÉMICO 2018/2019

AGRADECIMIENTOS

A mi familia,
A mi tutor José Vicente Salcedo,
A mis amigos y profesores,
Y en especial, a ti, CONSTANCIA,
¡Muchas gracias!

RESUMEN

El proyecto consiste en automatizar una estación de embotellado, la IPC-202 de SMC Training, con el autómeta M241 de Schneider Electric. Se ha desarrollado la programación necesaria para su automatización con el software SoMachine V4.1. SP2.

La programación se ha realizado siguiendo una estructura jerarquizada de tres niveles. Dándole la máxima importancia a la seguridad, después a los modos de operación y finalmente, al funcionamiento de los modos.

En él se han diseñado dos modos de operación: manual y automático.

La supervisión de la planta se ha realizado con una aplicación SCADA en SoMachine, la cual permite supervisar, controlar y adquirir datos de la planta. Obteniendo así, tres visualizaciones desde las cuales se puede tener un registro de los eventos que van ocurriendo en la estación, observar la simulación de la producción o actuar sobre la maqueta con diferentes secuencias programadas en el modo manual.

Palabras clave: automatización, programación, GRAFCET, SCADA, PLC.

RESUM

El projecte consistix en automatitzar una estació d'embotellat, la IPC-202 de SMC Trainging, amb l'autòmat M241 de Schneider Electric. S'ha desenvolupat la programació necessària per a la seua automatització amb el software SoMachine V4.1. SP2.

La programació s'ha realitzant seguint una estructura jerarquizada de tres nivells. Donant-li la màxima importància a la seguretat, després als modes d'operació i finalment, al funcionament dels modes.

En ell s'ha dissenyat dos modes d'operació: manual i automàtic.

La supervisió de la planta s'ha realitzat amb l'aplicació SCADA en SoMachine, la qual permet supervisar, controlar i adquirir dades de la planta. Obtenint així, tres visualitzacions des de les quals es pot tindre un registre dels esdeveniments que van ocorrent en l'estació, observar la simulació de la producció o actuar sobre la maqueta amb diferents seqüències programades en el mode manual.

Paraules clau: automatització, programació, GRAFCET, SCADA, PLC

SUMMARY

The project consists of automating a bottling station, the IPC-202 of SMC Training, with the M241 automaton of Schneider Electric. It has developed the necessary programming for its automation with the software SoMachine V 4.1. SP2.

The programming has been carried out following a hierarchical structure of three levels. Giving the utmost importance to safety, then to modes of operation and finally to the operation of modes.

It has designed two modes of operation: manual and automatic.

The supervision of the plant has been carried out with a SCADA application in SoMachine, which allows to monitor, control and acquire data from the plant. Thus obtaining, three visualizations from which one can have a record of the events that are occurring in the station, observe the simulation of the production or act on the model with different sequences programmed in manual mode.

Key words: automation, programming, GRAFCET, SCADA, PLC.

ÍNDICE

ÍNDICE DE LA MEMORIA

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Antecedentes	1
1.2. Motivación.....	1
1.3. Objetivo.....	1
1.4. Desarrollo del proyecto.....	2
1.5. Definiciones	2
CAPÍTULO 2. PROYECTO.....	3
2.1. Descripción general de la planta embotelladora	3
2.2. Especificaciones del proyecto	6
2.3. Componentes y conexión.....	8
2.4. Diagrama de funcionamiento	11
2.5. Desarrollo de la programación.....	13
2.5.1. Seguridad	15
2.5.2. Modos de operación	16
2.5.3. Funcionamiento de los modos	17
2.5.4. SCADA.....	22
2.6. Conclusión.....	25
CAPÍTULO 3. BIBLIOGRAFÍA	27

ÍNDICE DEL PLIEGO DE CONDICIONES

CAPÍTULO 4. PLIEGO DE CONDICIONES	29
3.1. Condiciones Técnicas	29
3.1.1. Materiales.....	29
3.1.2. Ejecución del proyecto.....	30
3.1.3. Normativa general.....	30
3.2. Condiciones Facultativas	30
3.3. Condiciones Económicas.....	31
3.4. Condiciones Legales	31

ÍNDICE DEL PRESUPUESTO

CAPÍTULO 5. PRESUPUESTO	33
5.1. Equipos.....	33
5.2. Software.....	33
5.3. Coste recursos humanos	33
5.4. Coste total.....	34

ÍNDICE DEL ANEXO

ANEXOS	35
Anexo 1. Esquemas electroneumáticos	35
Anexo 2. Variables de entrada, salida y globales.	39
Anexo 3. Diagramas SFC (GRAFCET).....	42
Anexo 4. Diagramas LD.....	50
Anexo 5. Diagramas ST.....	59

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

Desde hace muchos años, el ser humano ha utilizado la inteligencia para crear instrumentos, máquinas, que ayudaran a realizar tareas. Es el caso de los cuchillos creados a partir de rocas, el descubrimiento de la rueda, la cual facilitó el transporte, o las palancas y las poleas que ayudaron a mover grandes pesos.

En el siglo XVIII se produjo la Primera Revolución Industrial. Esta modificó el aspecto de la vida cotidiana acabando con siglos de trabajo manual y el uso de la tracción animal, siendo sustituidos por maquinaria para la fabricación industrial y para el transporte de mercancías y pasajeros. Se buscaba aumentar la productividad de los recursos propios.

La automatización industrial consiste en aplicar diferentes tecnologías para controlar y monitorear procesos, máquinas, dispositivos o aparatos que cumplen una función o realizan tareas repetitivas, haciendo que operen automáticamente y minimizando la intervención humana.

El principal objetivo de la automatización se basa en aumentar la producción, mejorar la calidad y evitar riesgos para las personas. El uso de diferentes tecnologías como la electricidad y la electrónica industrial, la neumática, la oleohidráulica, los autómetas programables (PLC's) y la robótica industrial contribuyen a crear zonas automatizadas.

1.2. Motivación

Con el interés generado en los estudios de la asignatura Automatización de Máquinas y Procesos, en el Grado en Ingeniería Mecánica, y la falta de conocimientos relacionados con la automatización del resto de las asignaturas cursadas, se ha decidido profundizar en el tema de la automatización industrial. Tema de gran interés en la actualidad donde tiene vital importancia la Industria 4.0. la cual combina técnicas avanzadas de producción y operaciones con tecnologías inteligentes.

Un buen diseño y una buena implementación de un proceso en una empresa pueden mejorar enormemente la productividad de una empresa, obteniendo así mayores beneficios.

1.3. Objetivo

El objetivo del proyecto se basa en automatizar la maqueta IPC-202 (planta embotelladora) de la marca SMC con el autómeta Modicon M241 de la marca Schneider Electric.

1.4. Desarrollo del proyecto

Las tareas que se han llevado a cabo para la realización del proyecto son las siguientes:

- Obtención de información acerca de los sensores y actuadores de la estación IPC-202.
- Diseño del programa en lenguaje GRAFCET, LD y ST que cumpla con las especificaciones descritas en el punto 2.2. Especificaciones del proyecto. (Según la norma UNE-EN 60848:2013. Lenguaje de especificación GRAFCET para diagramas funcionales secuenciales.)
- Implementación del diseño creado en el programa SoMachine V4.1. SP2.
- Comprobación del correcto funcionamiento de la planta embotelladora.

1.5. Definiciones

- Automatización industrial: es el uso de tecnologías para el control y monitoreo de procesos industriales, aparatos, dispositivos o máquinas, que por regla general son funciones repetitivas haciendo que funcionen automáticamente reduciendo al máximo la intervención humana.

- GRAFCET (GRAphe Fonctionel de Commande Etape Transition): es un diagrama funcional que describe los procesos a automatizar, teniendo en cuenta las acciones a realizar, y los procesos intermedios que provocan estas acciones.

- Sensor: es un dispositivo diseñado para recibir información de una magnitud del exterior y transformarla en otra magnitud, normalmente eléctrica, para que seamos capaces de cuantificar y manipular.

- Actuador: es un dispositivo inherentemente mecánico cuya función es proporcionar fuerza para mover o actuar otro dispositivo mecánico mediante presión neumática, presión hidráulica o fuerza motriz eléctrica.

- Autómata o PLC (Programmable Logic Controller): equipo electrónico que da solución al control de circuitos complejos de automatización, trabaja en base a la información recibida por los sensores y el programa lógico interno, actuando sobre los accionadores de la instalación.

- SCADA: es un sistema de supervisión, control y adquisición de datos que ayuda a mejorar la toma de decisiones en remoto desde una cabina de mando.

- POU (Program Organization Unit): es cualquier bloque programable.

CAPÍTULO 2. PROYECTO

2.1. Descripción general de la planta embotelladora

La automatización se ha realizado sobre la estación IPC-202 disponible en el laboratorio Tabarca en el edificio 7E de la Universitat Politècnica de València.

IPC-202 emula una planta de embotellado de líquidos e integra las tecnologías utilizadas en la industria de proceso continuo, como neumática, motores eléctricos, sensores, procesos continuos, controladores programables, comunicaciones industriales, etc. El sistema está construido en su totalidad con materiales industriales favoreciendo la familiarización con los elementos industriales.

Las dimensiones totales del módulo son 800x762x555 mm. Está ensamblado sobre una base de perfil de aluminio. En este perfil existen ranuras de 8,5 mm que permiten el montaje de componentes sobre la base.

Esta estación se encarga de suministrar botes al sistema, rellenarlos, colocarles su tapa y extraerlos para su posterior paletización. Existen 2 versiones de la estación, una con alimentador de botes por gravedad y otra con alimentador con detección y corrección de posición. En la primera versión los botes se almacenan unos encima de otros en orientación vertical, de este modo se suministra a la estación el bote que se encuentra en la parte inferior. En esta versión, es importante que los botes se introduzcan en el sentido correcto para su correcto funcionamiento. En la segunda versión, los botes se encuentran apilados unos encima de otros en orientación horizontal. Dispone de un detector de orientación y corrección de la posición. En este diseño se ha automatizado la segunda versión con el alimentador completo.

Partes:

1. Inserción de botes



Ilustración 1. Inserción de botes.

El sistema de inserción de botes está formado por 4 subsistemas. El primero se encarga de dejar pasar los botes, el segundo de comprobar su orientación, el tercero de girar y empujar el bote para que el cuarto subsistema lo recoja y lo transporte al plato giratorio.

2. Arrastre del plato



Ilustración 2. Plato giratorio.

El sistema de arrastre de plato permite que los botes cambien de posición para realizar las diferentes operaciones de la planta. Este sistema está formado por un plato giratorio con 6 receptáculos en los cuales se van posicionando los botes.

3. Llenado de botes



Ilustración 3. Llenado de botes.

El sistema de llenado de botes se encarga de rellenar el bote de líquido. En este proyecto se ha sustituido el líquido por aire a presión.

4. Colocación de tapas



Ilustración 4. Colocación de tapas.

El sistema de colocación de tapas dispone de un tubo lleno de tapas apiladas y se ocupa de depositar una tapa encima del bote para su posterior presionado.

5. Presionado de tapas



Ilustración 5. Presionado de tapa.

El sistema presionado de tapa permite cerrar herméticamente el bote.

6. Extracción de botes



Ilustración 6. Extracción de botes.

El sistema extracción de botes es el encargado de transportar el bote terminado desde el plato giratorio hasta la estación IPC-203, encargada de la paletización.

7. Panel de control físico



Ilustración 7. Panel de control.

La planta se puede gobernar desde el panel de control instalado en ella, el cual admite las funciones de: marcha (pulsador *Start*), paro (pulsador *Stop*), reinicio (pulsador *Reset*), cambio de modo de operación (conmutador *Auto/Man*) y paralización de la planta (seta de emergencia *Emergency Stop*).

Los botes cilíndricos que se han utilizado para la estación de embotellado tienen un diámetro de 31 mm y una altura de 50mm, y las tapas un diámetro de 33 mm. Todos ellos fabricados con material plástico.

2.2. Especificaciones del proyecto

El proyecto requiere un diseño del programa automatizado que siga una estructura jerarquizada de 3 niveles, en los que se encuentran descritos de mayor a menor importancia: la seguridad, los modos de operación y el funcionamiento de cada modo. Además, se debe crear un SCADA desde el cual se visualice la situación en la que se encuentra la planta en cada momento y permita interactuar con ella.

- Nivel 0 (Seguridad)



Ilustración 8. Seta de emergencia virtual

La seguridad es fundamental cuando hablamos de operaciones industriales. Se tiene que diseñar un elemento que permita detener la producción por completo en una situación de peligro para la vida de un operario, en una situación irreversible en la planta, etc. y que la planta entre en el modo de operación manual para subsanar la incidencia. Esto debe conseguirse con una seta de emergencia virtual dado que la física no funciona correctamente.

- Nivel 1 (Modos de operación)



Ilustración 9.
Conmutador
Auto/Man

Cualquier proceso automatizado precisa de al menos dos modos de operación para poder intervenir en él y verificar su funcionamiento. En este caso, se debe programar el modo manual y el automático. El modo manual posibilita la comprobación por separado de cada uno de los procesos, pudiendo hacer revisiones para verificar el correcto funcionamiento de sus elementos. Además, debe permitir intervenir en la planta en caso de una parada de emergencia. El modo automático, en cambio, debe de trabajar produciendo botes automáticamente hasta un total de 25 botes.

- Nivel 2 (Funcionamiento de cada modo)

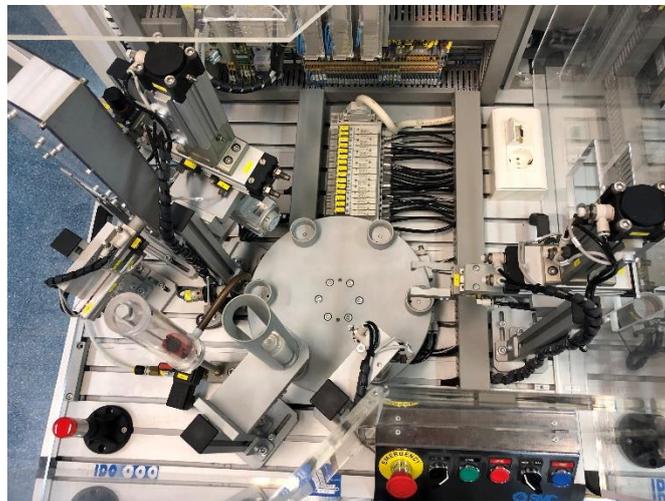


Ilustración 10. Vista aérea de la planta embotelladora.

El programa debe cumplir el correcto funcionamiento de todos los procesos de la planta embotelladora: Inserción de botes, Arrastre del plato, Llenado de botes, Colocación de tapas, Presionado de tapas y Extracción de botes cualquiera que sea el modo de operación

- SCADA

Un SCADA (*Supervisory Control And Data Acquisition*) es una aplicación software para PC que permite controlar y supervisar procesos industriales a distancia. En él se puede comunicar con dispositivos de campo (controladores, PLC's), monitorizar todo el proceso en pantalla, obtener y tratar los datos, etc.

En esta aplicación se deben crear 3 visualizaciones:

1. Registro de eventos: En ella se debe crear un registro de los eventos que se producen en la planta (cambios de modo de operación y parada de emergencia).

2. Automático: En esta se debe visualizar una simulación del proceso real. Además de crear un pulsador desde el cual se pueda terminar la producción de los botes que ya se estén procesando.

3. Manual: En ella deben aparecer varias secuencias que permitan realizar el proceso completo, corregir errores después de una parada de emergencia o verificar sensores y actuadores.

En las tres visualizaciones, debe de aparecer un panel de control virtual que cumpla los mismos requisitos que el panel físico y el cual tenga la misma importancia.

Se deja a disposición del programador el añadir más funciones a las ya mencionadas.

2.3. Componentes y conexión

- Estación IPC-202:

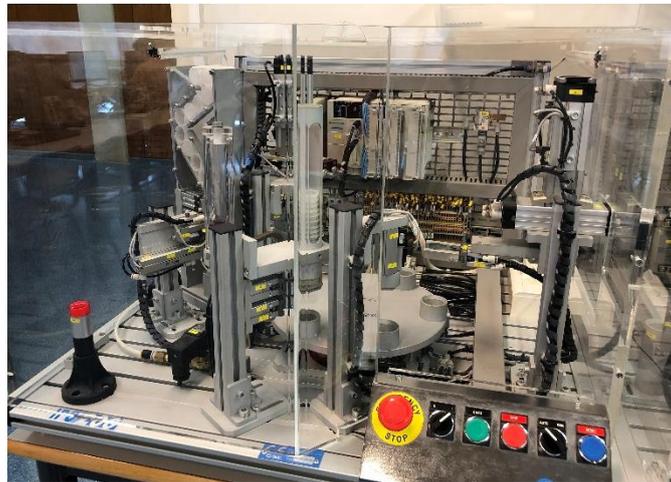


Ilustración 11. Estación IPC-202.

El sistema IPC-200 emula una planta de producción y embotellado de líquidos, y su posterior clasificación. En este proyecto se ha automatizado el sistema IPC-202 que reproduce la etapa de embotellado de un líquido. La estación dispone de fuente de alimentación, unidad de tratamiento del aire, baliza de señalización, estructura de aluminio anodizado, botonera de mando, bloque de electroválvulas, etiquetas e identificadores para los cables, borneros de conexión eléctrica, interruptor magnetotérmico, unidad para bus de comunicación, PLC de control y manual de usuario y manual de prácticas.

En la estación se utilizan tres tipos de sensores, entre los que se encuentran: sensores magnéticos *reed*, sensores magnéticos estado sólido PNP y sensor fotoeléctrico 3 hilos PNP.

- Controlador lógico Modicon M241 (TM241C40R)



Ilustración 12. Controlador TM241C40R y módulo TM3DQ16R.

El controlador pertenece a la marca Schneider Electric. Para la programación se ha utilizado el Software SoMachine 4.1. SP2.

A este controlador se le ha añadido un módulo de salidas digitales. Concretamente, el módulo TM3DQ16R, situado en la parte derecha de la ilustración 12.

Un PLC, también conocido como autómatas programables, es una computadora industrial 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.

Está compuesto por:

Fuente de alimentación: suministra la energía eléctrica a la CPU y demás tarjetas del PLC.

CPU: se encarga de consultar el estado de las entradas e interpretar cada una de las instrucciones que tiene programado el PLC

Módulos: a través de los módulos de entrada y salidas es posible hacer una conexión física entre el CPU y el sistema a controlar.

Memoria: se diferencian dos tipos de memoria. La memoria interna es la encargada de almacenar las variables internas y los datos de cálculos intermedios. La memoria programa comprende la secuencia de operaciones que deben de realizarse para obtener las señales de salida.

En el anexo 6 se detallan las principales características de ambos componentes.

- Ordenador de sobremesa

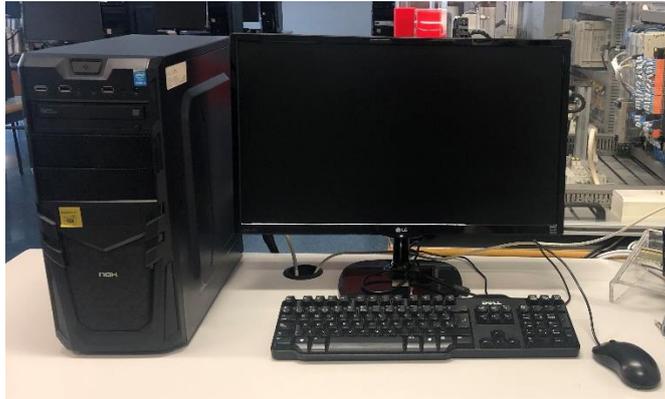


Ilustración 13. Ordenador de mesa

El ordenador tiene instalado el sistema operativo Windows 10 Pro de 64 bits. Posee un procesador i5-4590 y tiene una memoria de 8,00 GB de RAM.

El conexionado de la estación con el PLC y con el ordenador se ha hecho de la siguiente manera:

Estación-autómata → este ensamble se ha hecho mediante un conector tipo DB37. Este tipo de conexión permite conectar y desconectar fácilmente la maqueta a cualquier autómatas que haya en el laboratorio.

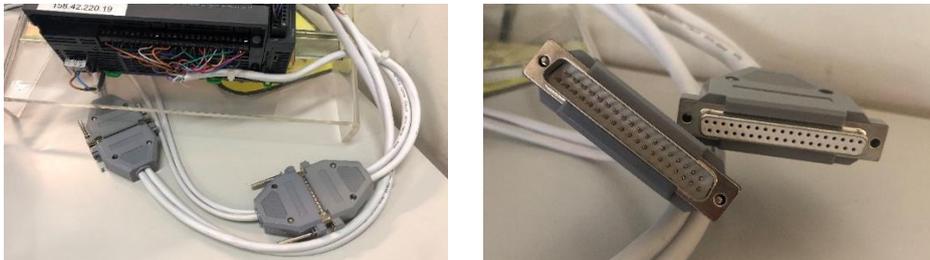


Ilustración 14. Conexión DB37.

Autómata-ordenador → se ha utilizado para su conexión la red Ethernet/IP. El ordenador se ha conectado a la red y el PLC a la toma de conexión Ethernet que dispone en el frontal.



Ilustración 15. Conexión del PLC mediante cable Ethernet.

2.4. Diagrama de funcionamiento

Seguidamente, se muestran dos diagramas para explicar globalmente el funcionamiento del automatismo y relacionar con los POU's del Anexo 3.

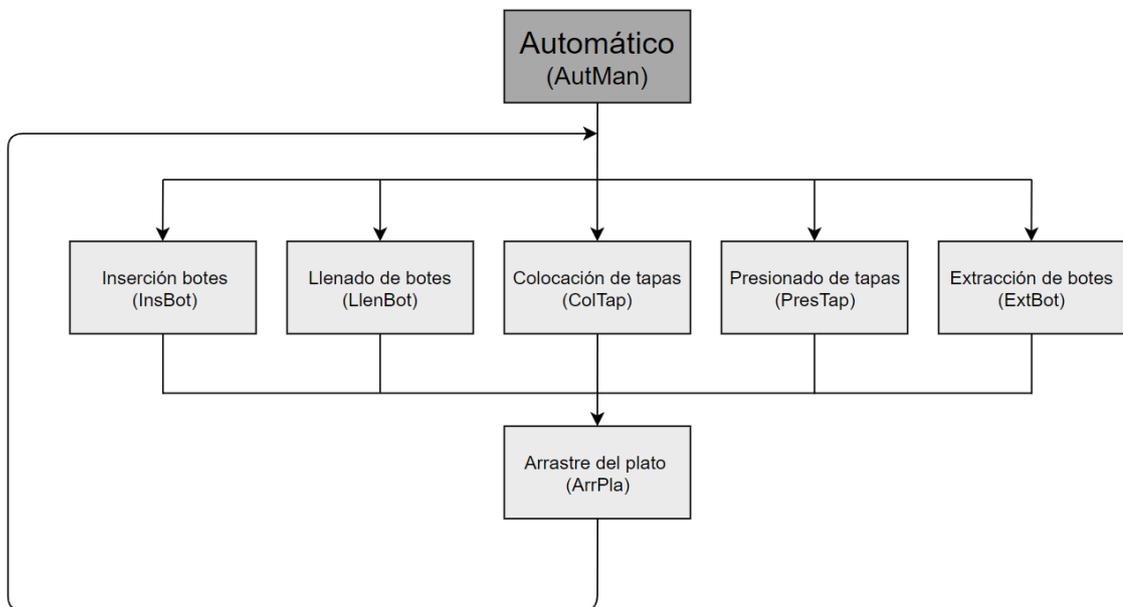


Ilustración 16. Diagrama modo de funcionamiento automático.

El primer diagrama corresponde al modo automático. En todos ellos se muestran los POU's que permiten su funcionamiento entre paréntesis. Como se puede observar en la ilustración 16, primero se llevan a cabo los procesos de Inserción de botes, Llenado de botes, Colocación de tapas, Presionado de tapas y Extracción de botes y finalmente, el proceso de Arrastre de plato. Tras este proceso, se vuelve a realizar la misma secuencia.

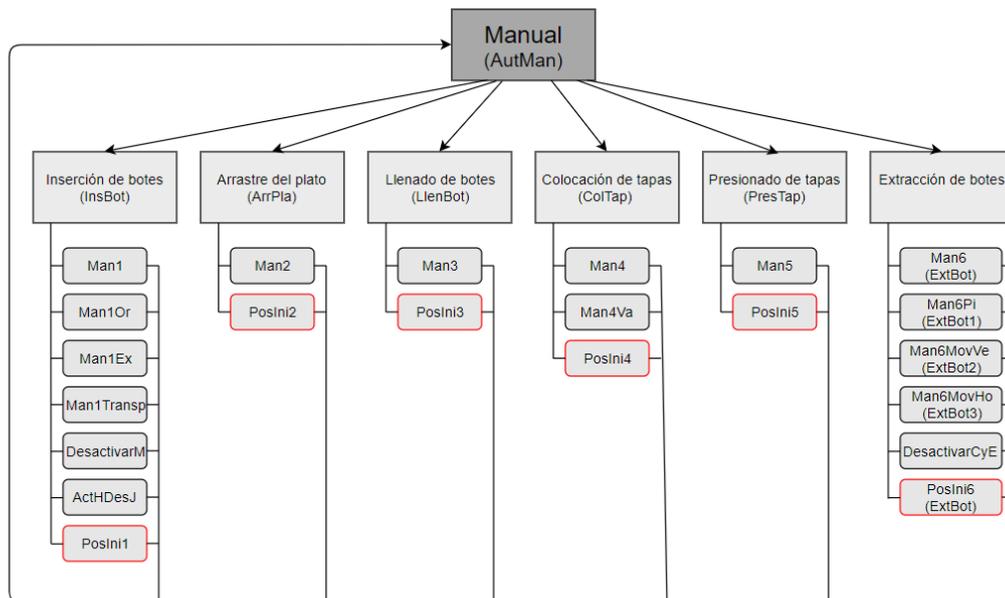


Ilustración 17. Diagrama modo de funcionamiento manual.

El segundo diagrama corresponde al modo manual. Como en el diagrama anterior, también aparecen entre paréntesis los POU's que permiten su funcionamiento. Como se puede observar en la ilustración 17, se puede seleccionar independientemente cualquiera de los procesos. Cada uno de ellos dispone de varias secuencias programadas que se van a explicar a continuación.

Las variables Man1, Man2, Man3, Man4, Man5 y Man6 realizan las secuencias completas de cada proceso correspondiente.

Inserción de botes:

Mediante Man1Or se puede alimentar un bote, comprobar su orientación y expulsarlo. Man1Ex permite expulsar el bote y Man1Transp, transporta el bote desde la parte de inserción de botes hasta el plato giratorio. Aparte, DesactivarM permite volver a su posición inicial el cilindro M, perteneciente a la expulsión del bote. Se ha habilitado la variable ActHDesJ para subir el brazo y abrir las pinzas.

Colocación de tapas:

Man6Va realiza la secuencia del proceso Colocación de tapas 2 veces.

Extracción de botes:

Man6Pi abre y cierra las pinzas, Man6MovVe permite mover verticalmente el brazo, Man6MovHo mueve horizontalmente el brazo y DesactivarCyE, sube el brazo y abre las pinzas.

Por otra parte, PosIni1, PosIni2, PosIni3, PosIni4, PosIni5 y PosIni6 devuelven el POU asociado a la etapa inicial.

Los POU's que no aparecen en las ilustraciones 16 y 17 son:

- StartStop: detiene o reanuda la estación.
- Emergencia: detiene y entra en el modo de operación manual.
- ParpTermProd: muestra una casilla parpadeando cuando se ha decidido finalizar la producción y no suministrar más botes.

- OriBot: permite determinar la orientación del bote.

2.5. Desarrollo de la programación

El desarrollo de la programación se ha hecho principalmente con lenguaje SFC. El lenguaje SFC (GRAFSET) es un diagrama funcional que describe los procesos a automatizar, teniendo en cuenta las acciones a realizar, y los procesos intermedios que provocan estas acciones. Este está compuesto de etapa, acción asociada y transición.

También se ha usado el lenguaje ST (texto estructurado) que se compone de una secuencia de estructuras de control separadas por el carácter “;” y el lenguaje LD (diagrama de contactos) el cual está basado en los esquemas eléctricos de control básicos.

Todos los POU's que se han utilizado se muestran en la parte izquierda de la ilustración 18. Aunque no se ve en la imagen, todos los POU's están incluidos dentro del MAST para el correcto funcionamiento del programa.

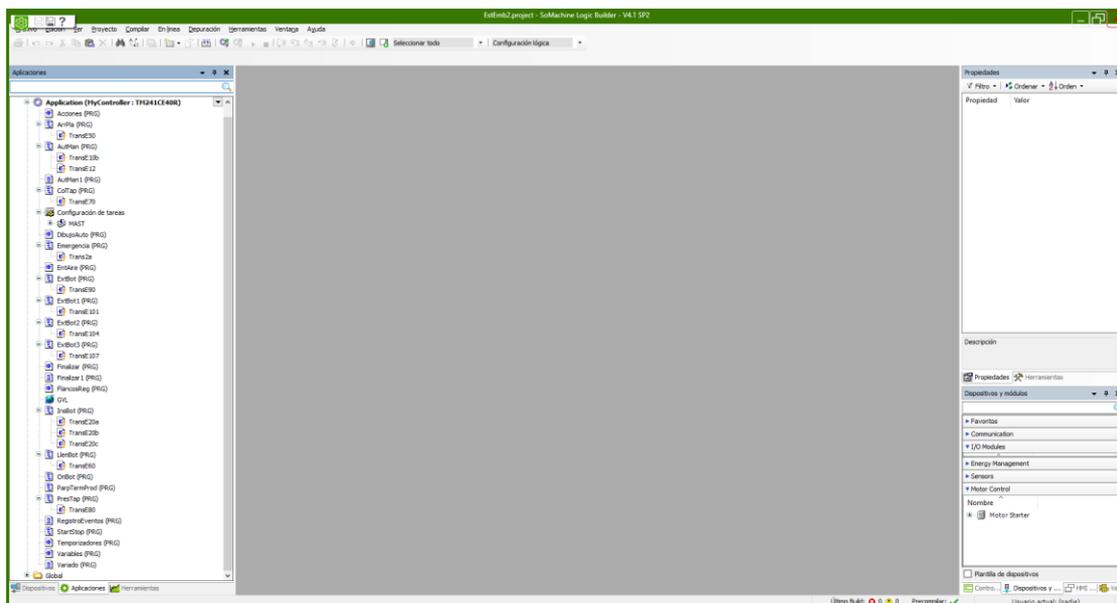


Ilustración 18. Captura de pantalla SoMachine.

El controlador se ha añadido al proyecto vacío del SoMachine siguiendo los siguientes pasos:

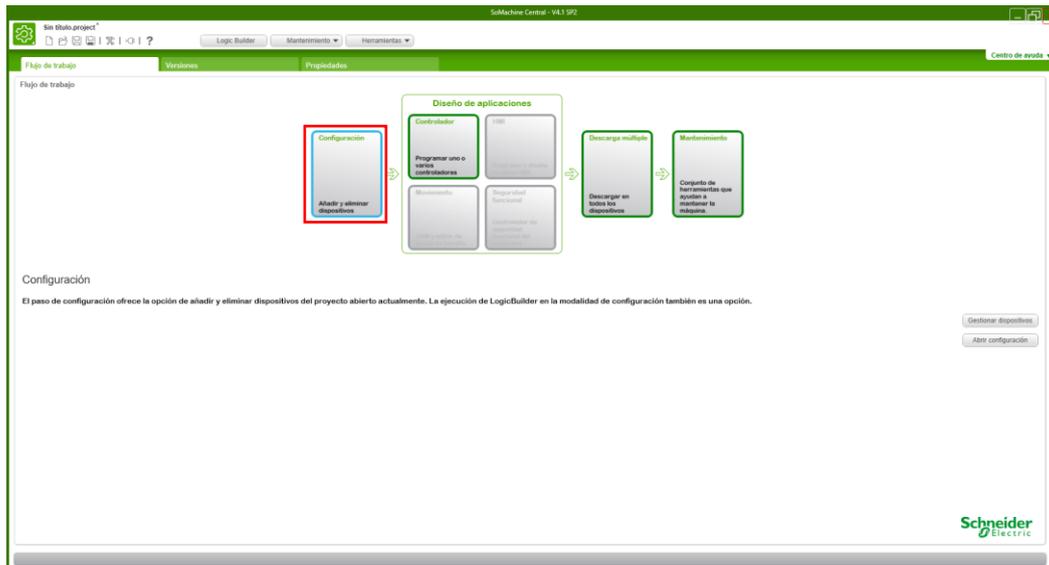


Ilustración 19. Primer paso para añadir el controlador.

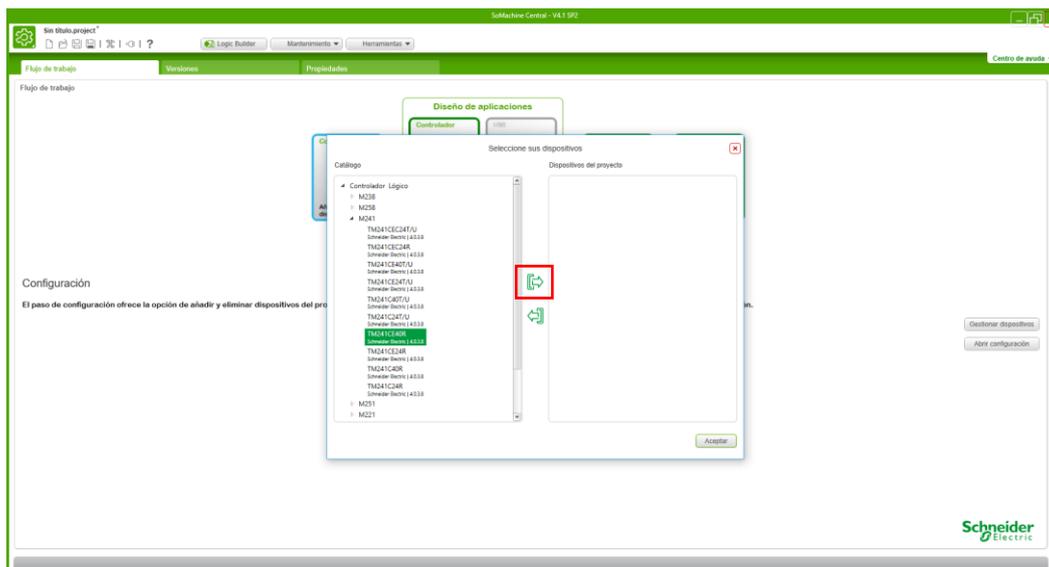
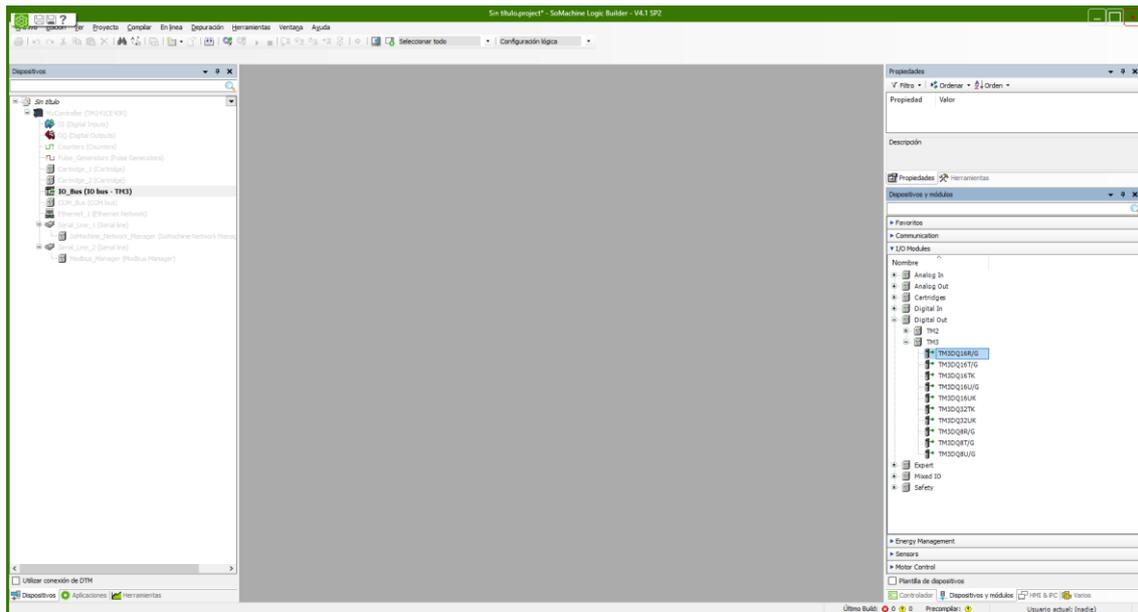


Ilustración 20. Segundo paso para añadir el controlador.

El módulo también se debe de incluir en el proyecto ya que no va incluido en el controlador. Se ha incluido arrastrándolo hasta la pestaña IO_Bus situada en la parte izquierda de la ilustración 21.



Variable	Descripción
EmergencyStop	Seta de emergencia panel virtual SCADA.
Start	Pulsador Start del panel de control físico.
StartVi	Pulsador Start del panel de control virtual.
Stop	Pulsador Stop del panel de control físico.
StopVi	Pulsador Stop del panel de control virtual.

Tabla 1. Variables nivel seguridad.

2.5.2. Modos de operación

Cuando se programa cualquier automatismo es fundamental tener al menos dos modos de operación. En este proyecto se han programado los modos de operación automático y manual.

El modo manual nos permite verificar la secuencia completa de todos los procesos de la planta, así como comprobar el funcionamiento de los actuadores y sensores de cada uno. En este modo se han programado las siguientes secuencias:

Proceso	Tarea	Descripción
<i>Inserción de botes</i>	1	Realiza la secuencia completa.
	2	Suministra bote, comprueba su orientación y lo expulsa.
	3	Expulsa el bote
	4	Traslada el bote desde el alimentador hasta el palto giratorio.
<i>Arrastre del plato</i>	1	Realiza la secuencia completa.
<i>Llenado de botes</i>	1	Realiza la secuencia completa.
<i>Colocación de tapas</i>	1	Realiza la secuencia completa.
	2	Realiza la secuencia completa dos veces.
<i>Presionado de la tapa</i>	1	Realiza la secuencia completa.
<i>Extracción del bote</i>	1	Realiza la secuencia completa.
	2	Abre y cierra la pinza.
	3	Movimiento vertical del brazo
	4	Movimiento horizontal del brazo

Tabla 2. Secuencias modo manual.

Asimismo, este modo también nos permite intervenir en la estación cuando se ha producido una parada de emergencia y se necesita subsanar la avería para poder seguir con la producción. Por lo tanto, después de activar la parada de emergencia, la instalación entra en el modo de operación manual.

Estando en este modo, el programa también permite devolver todos los SFC a su etapa inicial accionando el pulsador de *Reset*.

Por lo tanto, utilizando el modo automático la planta empezará su producción tras activar el pulsador *Start*. De este modo se producen un total de 25 botes con sus tapas correspondientes. Para continuar la producción hay que cerrar la ventana emergente pulsando Ok y volver a accionar el pulsador *Start*.

La producción se puede parar cambiando el conmutador de Auto a Man o mediante el pulsador disponible en la segunda visualización del SCADA.

Cabe decir que, si el conmutador Auto/Man del panel de control físico está en la posición de Auto prevalece el conmutador Auto/Man del SCADA permitiendo así, cambiar de modo de operación en el panel virtual. En caso de que el conmutador Auto/Man físico esté en la posición Man, se inhabilita la opción de poder cambiar el modo de operación desde el SCADA. Esto se ha conseguido mediante la siguiente programación:

```
IF AutoMan=TRUE THEN
  AutoManVi2:=TRUE;
  AutoManVi := AutoMan;
ELSE
  AutoManVi2:=AutoManVi;
END_IF

IF Emergencia.Etapal.x THEN
  AutoManVi:=TRUE;
END_IF
```

Ilustración 22. Código ST del POU AutMan1.

El SFC correspondiente a los modos de operación es el de AutMan en el Anexo 3 y el ST AutMan1 en el Anexo 5. Para la programación de este nivel se han usado las siguientes entradas:

Nombre	Descripción
AutoMan	Conmutador Auto/Man del panel físico.
AutomanVi	Conmutador Auto/Man del panel virtual.
AutoManVi2	Variable auxiliar.

Tabla 3. Entradas nivel seguridad.

2.5.3. Funcionamiento de los modos

La estación IPC-202, como ya se ha descrito, está compuesta de 6 procesos. Todos los procesos son dependientes entre sí de tal forma que obtenemos una planta automatizada eficiente. Por lo tanto, pueden evolucionar a la misma vez, excepto el de Arrastre del plato, que se activa únicamente cuando los otros 5 procesos han terminado. A continuación, se va a explicar cada proceso por separado.

1. Inserción de botes

El proceso de inserción de botes está compuesto por 4 subprocesos, entre los cuales se encuentra el alimentador de botes, el orientador de botes, el actuador de la expulsión del bote y su traslado al plato giratorio. Este proceso se activa cuando se acciona el pulsador *Start* o se gira el plato estando en modo automático.



Alimentador de botes: en estado de reposo el alimentador, compuesto por dos cilindros en contraposición, debe de estar desactivado para no dejar pasar ningún bote. Cuando se acciona el pulsador *Start* o se gira el plato, el alimentador deja pasar un bote.

(Actuador: K+)

Ilustración 23. Alimentador de botes



Orientador de botes: el sistema dispone de un cilindro que comprueba la orientación del bote, si llega a su posición final (activación del sensor I1) gira el bote 180°, si no, lo mantiene en la misma posición.

(Actuador: L+ y N+; Sensores: I1, n0, n1)

Ilustración 24. Actuador L+



Expulsión del bote: mediante un actuador lineal neumático se expulsa el bote.

(Actuador M+; Sensores: m1 y m0)

Ilustración 25. Actuador M+



Traslado al plato giratorio: se encarga de recoger el bote con unas pinzas y depositarlo en el receptáculo correspondiente del plato giratorio. Cuando las pinzas se cierran, se sube el brazo, se gira, girando también las pinzas 90° y baja. Cuando el bote está situado en el plato se realizan los movimientos anteriores pero en sentido inverso. Después de haberse desactivado el cierre de las pinzas.

(Actuadores: J+, H+ e I+; Sensores: h1, h0, i1 e i0)

Ilustración 26. Brazo inserción de botes

El SFC correspondiente al proceso Inserción de botes es el de InsBot del Anexo 3. Para la programación de este proceso se han usado las siguientes variables:

Nombre	Descripción
K +	Cuando se activa, se abre el alimentador y deja pasar un bote. Cuando se desactiva lo deja caer al girador.
L+	Cuando se activa, el cilindro sale, cuando se desactiva se recoge.
I1	Cuando se activa, el bote está en la posición incorrecta.
N +	Cuando se activa gira 180° el bote, cuando se desactiva vuelve a su posición inicial.
n0	Posición inicial girador de botes.
n1	Posición final girador de botes.
M +	Cuando se activa, expulsa el bote, cuando se desactiva vuelve a su posición inicial
m0	Posición inicial cilindro expulsado de botes.
m1	Posición final cilindro expulsado de botes.
J +	Cuando se activa, cierra las pinzas del brazo, cuando se desactiva las abre.
H +	Cuando se activa, sube el brazo, cuando se desactiva vuelve a su posición inicial.
h0	Posición brazo bajo.
h1	Posición brazo arriba.
I +	Cuando se activa, gira el brazo, cuando se desactiva vuelve a su posición inicial.
i0	Posición brazo en el alimentador de botes.
i1	Posición brazo en plato giratorio.
Man1	Variable para activar la tarea 1.
Man1Or	Variable para activar la tarea 2.
Man1Ex	Variable para activar la tarea 3.
Man1Transp	Variable para activar la tarea 4.

Tabla 4. Entradas y salidas del sistema Inserción de botes.

2. Arrastre del plato



Esta acción permite mover los botes a los diferentes procesos que se realizan en la estación. Para ello dispone de 6 receptáculos dispuestos en un plato giratorio, que va moviendo los botes mediante bloqueo y arrastre. Esto sucede cuando todos los otros procesos han terminado.

(Actuador: A+ y B+; Sensor: a0)

Ilustración 27.
Arrastre de plato

El SFC correspondiente al proceso de Arrastre de plato es el de ArrPla del Anexo 3. Para la programación de este proceso se han usado las siguientes variables:

Nombre	Descripción
A +	Cuando se activa, se produce el giro del plato.
a0	Giro plato hacia delante.
B+	Cuando se activa se produce el avance del bloqueo.
Man2	Variable para activar la tarea 1.

Tabla 5. Entradas y salidas del sistema Arrastre de plato.

3. Llenado de botes



El sensor fotoeléctrico es el que inicia este proceso. Cuando existe un bote en la posición de llenado de botes y está en modo automático, el bote se rellena con aire comprimido durante 3 segundos. También funciona en el modo manual en el caso que se active su secuencia.

(Actuador: A4+; Sensor: dp1)

Ilustración 28.
Llenado de botes

El SFC correspondiente al proceso Llenado de botes es el de LlenBot del Anexo 3. Para la programación de este proceso se han usado las siguientes variables:

Nombre	Descripción
A4+	Cuando se activa se rellena el bote.
Dp1	Sensor fotoeléctrico para la detección del bote.
Man3	Variable para activar la tarea 1.

Tabla 6. Entradas y salidas del sistema Llenado de botes.

4. Colocación de tapas



En este proceso se dispone de un alimentador de tapas por gravedad, del mismo modo que ocurre en el proceso de inserción de botes. Dispone de dos pinzas que permiten el paso de las tapas. En estado de reposo la pinza superior se encuentra abierta y la inferior cerrada. Cuando el plato gira se inicia el proceso, cerrando la pinza superior y abriendo la inferior para dejar caer una tapa.

(Actuador: O+ y F+; Sensor f1)

Ilustración 29.
Colocación de
tapas

El SFC correspondiente al proceso Colocación de tapas el de ColTap del Anexo 3. Para la programación de este proceso se han usado las siguientes variables:

Nombre	Descripción
O+	Cuando se activa cierra la pinza superior, cuando se desactiva la abre.
F+	Cuando se activa abre la pinza inferior, cuando se desactiva la cierra.
f1	Pinza inferior cerrada
ContColTap	Variable para activar el proceso de colocación de tapas.
Man4	Variable para activar la tarea 1.
Man4Va	Variable para activar la tarea 2.

Tabla 7. Entradas y salidas del sistema Colocación de tapas.

5. Presionado de tapas



Este proceso se encarga de cerrar herméticamente los botes. Se inicia cuando el plato giratorio se mueve. Está formado por un cilindro neumático que baja y presiona la tapa hasta que se cierra el bote.

(Actuador: G+; Sensores: g1 y g0)

Ilustración 30.
Presionado de tapas

El SFC correspondiente al proceso Presionado de tapas es el de PresTap del Anexo 3. Para la programación de este proceso se han usado las siguientes variables:

Nombre	Descripción
G+	Cuando se activa baja el cilindro, cuando se desactiva vuelva a su posición inicial.
g0	Posición inicial del cilindro (arriba).
g1	Posición final del cilindro (bajo).
ContPresTap	Variable para activar el proceso de presionado de tapas.
Man5	Variable para activar la tarea 1.

Tabla 8. Entradas y salidas del sistema Presionado de tapas.

6. Extracción de botes



El último proceso de la estación consiste en extraer el bote para su posterior paletización. Cuando el bote ha pasado por todas las demás operaciones, el brazo baja, cierra las pinzas para coger el bote, lo sube y lo gira. Una vez llega a la estación de paletizado lo baja y abre las pinzas para después realizar los mismos movimientos pero en sentido inverso. Cabe remarcar que en este proyecto no se ha incluido la estación de paletizado.

Ilustración 31. (Actuadores: C+, D+ y E+; Sensores: c0, c1, d0 y e1)
Extracción de botes

El SFC correspondiente al proceso Extracción de botes es el de ExtBot del Anexo 3. Las tareas pertenecientes a este proceso se han realizado con los GRAFCET's ExtBot1, ExtBot2 y ExtBot3, también representados en el Anexo 3. Para la programación de este proceso se han usado las siguientes variables:

Nombre	Descripción
C+	Cuando se activa, el brazo baja, cuando se desactiva sube.
c0	Posición del brazo arriba.
c1	Posición del brazo bajo.
D+	Cuando se activa, el brazo gira.
d0	Posición inicial del brazo sin girar.
E+	Cuando se activa, se cierran las pinzas, cuando se desactiva se abren.
e1	Pinzas cerradas.
ContExtBot	Variable para activar el proceso de extracción de botes.
BoteExtBot	Número actual de botes terminados.
Man6	Variable para activar la tarea 1.
Man6Pi	Variable para activar la tarea 2.
Man6MovVe	Variable para activar la tarea 3.
Man6MovHo	Variable para activar la tarea 4.

Tabla 9. Entradas y salidas del sistema Extracción de botes.

Ya que el plato giratorio no dispone de sensores de presencia que detecten los botes., se han añadido las variables ContColTap, ContPresTap y ContExtBot, para evitar que se accionen los procesos pertenecientes al arranque del sistema.

2.5.4. SCADA

Los programas de tipo SCADA se utilizan en automatización industrial para supervisar, controlar y adquirir datos. En este proyecto se han creado 3 visualizaciones como se pedía en las especificaciones del proyecto.

En todas las visualizaciones se ha diseñado un panel de control virtual para controlar la estación, de este modo, se puede controlar desde el panel físico instalado en la estación o desde el ordenador virtualmente. Todas las visualizaciones disponen de 3 opciones en la parte de arriba izquierda en la cual se indica en la visualización que se encuentra y permite moverse entre ellas. Además, en dos de ellas se puede visualizar el número real de botes terminados.

- Visualización 1: Registro de Eventos

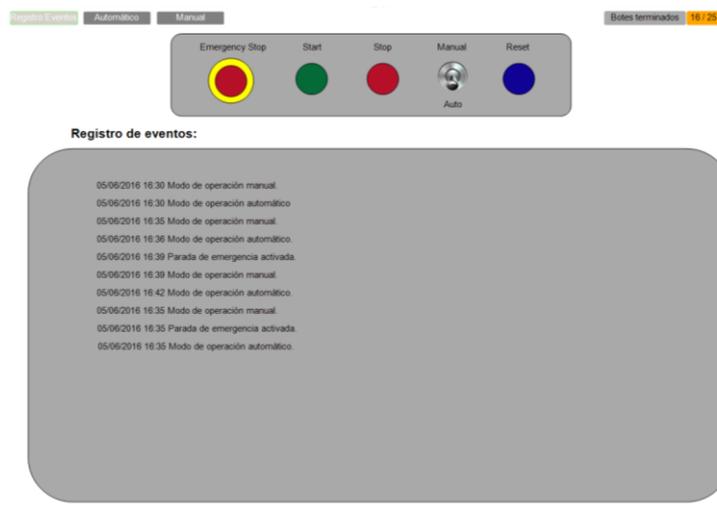


Ilustración 32. Visualización 1 SCADA.

Como se aprecia en la ilustración 32, en la primera visualización, se encuentra el registro de eventos. Este nos permite tener una lista de todos los eventos que ocurren en la estación, ya sea un cambio de modo de operación o una parada de emergencia. Los eventos además de mostrarse en pantalla también se registran en la memoria del autómeta.

El registro en la memoria del autómeta se ha llevado a cabo con ayuda de las librerías *SysTimeRtc* 3.5.1.0 y *SysFile23* 3.5.2.0. Para ello se han usado 4 comandos descritos a continuación:

SysTimeRtcGet: esta función devuelve el Real Time Clock (RTC del controlador) en un valor de marca de tiempo.

SysTimeRtcConvertUtcToDate: esta función convierte el valor Timestamp en datos del tipo de estructura *SYSTEMDATE* que indican los valores de año, mes, día, hora, minuto y segundo.

SysFileOpen: está función permite abrir un archivo. Se debe indicar en qué modo se quiere abrir. Se utiliza 'w' para escribir, 'r' para leer y 'wr' para leer y escribir.

SysFileWrite: está función permite escribir sobre un archivo.

Este registro de eventos se muestra en el Anexo 5 en el POU *RegistroEventos*.

- Visualización 2: Automático

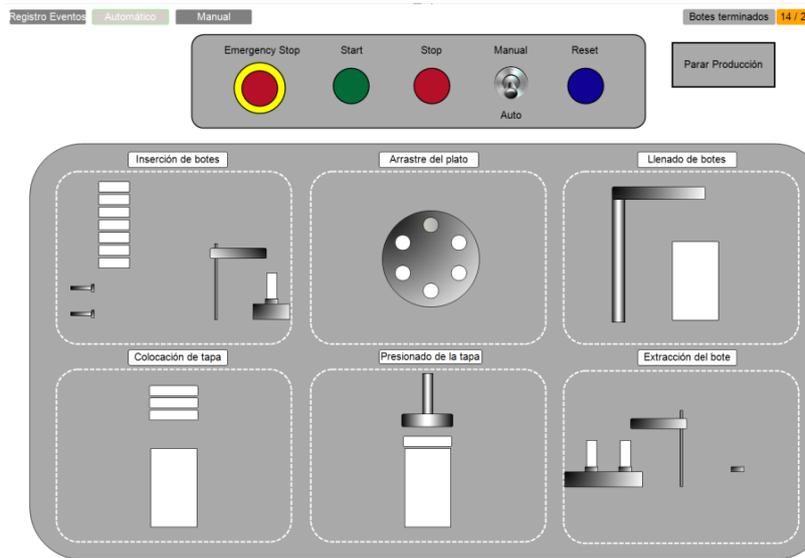


Ilustración 33. Visualización 2 SCADA.

La segunda visualización pertenece al modo automático. En ella se reproduce una simulación en tiempo real de las operaciones que se están realizando en la estación. De esta forma se tiene un control visual de las operaciones y permite encontrar la posible avería en una parada de emergencia.

Cuando se acciona el pulsador 'Parar Producción', la estación deja de alimentar botes y termina los que se estén procesando en ese momento. En la pantalla se muestra un rectángulo que parpadea hasta que ha finalizado la operación.

En caso de que se hayan terminado de producir 25 botes, se muestra una ventana emergente que le indica al operario: "La operación se ha realizado con éxito. Coloque 25 botes y 25 tapas. Pulse OK cuando los alimentadores se hayan rellenado."

- Visualización 3: Manual

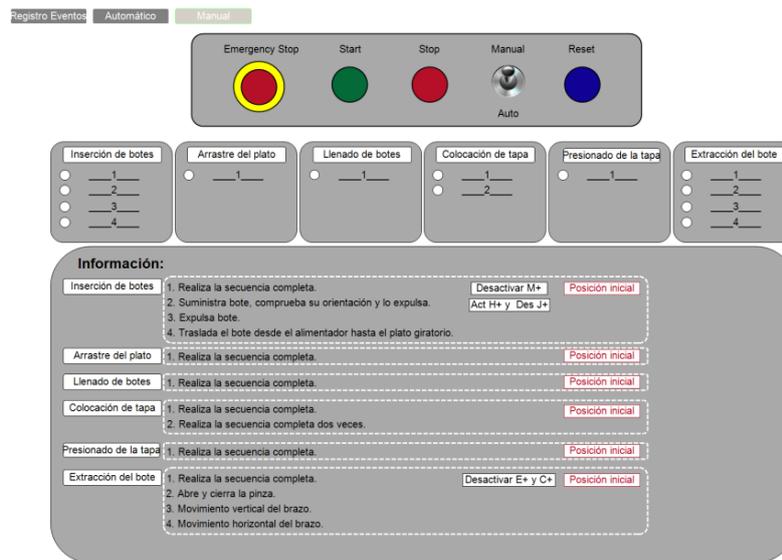


Ilustración 34. Visualización 3 SCADA.

La tercera visualización corresponde al modo manual. En ella existen un total de 13 secuencias programadas con su descripción. Todos los procesos permiten ser verificados. Aparte de estas secuencias, se han creado 3 pulsadores desde los cuales se puede desactivar o activar algunos actuadores para evitar caídas de los botes en suspensión. Todos los procesos disponen de un pulsador para devolver el diagrama SFC a su etapa inicial en caso de que se haya producido una parada de emergencia o se desee por parte del operario.

2.6. Conclusión

Tras la finalización de este proyecto se puede concluir que se ha cumplido el objetivo del proyecto, que era automatizar una estación de embotellado. Para una mayor comprensión de los procesos, se ha diseñado el programa cumpliendo todas las especificaciones, añadiendo algunas características más adecuadas a las necesidades de la estación.

La realización de un proyecto de estas características ha servido para afianzar y ampliar los conocimientos que se han aprendido en la asignatura de Automatización de Máquinas y Procesos. Así como aprender a realizar un SCADA en el programa SoMachine, realizar la programación de un autómeta con lenguaje ST y distinguir cuál es el lenguaje de programación más idóneo para cada situación.

El resultado del SCADA ha sido muy satisfactorio, ya que ha sido incluso mejor de lo que se esperaba, generando así visualizaciones sencillas y claras para la comprensión del operario.

Aunque se trata de una maqueta, el proyecto se ha elaborado de la misma forma que se realizaría un proyecto industrial. Ya que, la maqueta es una representación a pequeña escala de una estación de embotellado, pero los sensores y actuadores que

utiliza son los mismos que se utilizan en la industria real. Además, se ha creado un registro de eventos de la planta para su posterior análisis y se han ido corrigiendo las averías que se iban produciendo en ella.

Para finalizar, considero que este proyecto ha sido muy interesante y que será de gran utilidad en mi vida profesional.

CAPÍTULO 3. BIBLIOGRAFÍA

- William Crespo, W. C. (2011, 28 febrero). Historia de la Automatización Industrial. Recuperado 1 junio, 2019, de <https://automatizacionindustrial.wordpress.com/2011/02/17/historia-de-la-automatizacion-industrial/>
- Lorena, L. (2019, 17 mayo). La Revolución Industrial: causas, desarrollo y consecuencias. Recuperado 1 junio, 2019, de <https://sobrehistoria.com/todo-sobre-la-revolucion-industrial/>
- Aldakin. (2017, 10 noviembre). Automatización Industrial y Robótica. Qué son y las claves de su Éxito. Recuperado 1 junio, 2019, de <http://www.aldakin.com/automatizacion-industrial-robotica-claves-exito/>
- SMC Corporation. (s.f.). IPC-202 - Estación de embotellado. Recuperado 1 junio, 2019, de <https://www.smctraining.com/es/webpage/indexpage/86>
- SMC. (s.f.). IPC-200 - Control de procesos industriales. Recuperado 2 junio, 2019, de <https://www.smctraining.com/webpage/indexpage/77>
- DFreiberg. (2009, 19 agosto). How to extract datas from a file - CODESYS - the IEC 61131-3 automation software. Recuperado 3 junio, 2019, de <https://forum.codesys.com/viewtopic.php?t=2025>
- Webmaster. (2006, 2 marzo). Grafcet. Recuperado 3 junio, 2019, de <https://www.automatas.org/redes/grafcet.htm>
- Schneider Electric. (s.f.). SoMachine Central, Manual del usuario | Schneider Electric. Recuperado 4 junio, 2019, de <https://www.se.com/es/es/download/document/EIO0000001663/>
- Tohid Alizadeh, T. A. (2016, 18 marzo). CODESYS: Declaring Array type variables [Archivo de vídeo]. Recuperado 4 junio, 2019, de <https://www.youtube.com/watch?v=TyYtSf7IOtQ>
- EdutecnicaChile, E. (2016, 23 agosto). Programación en Ladder con Codesys - Ejemplo 1 [Archivo de vídeo]. Recuperado 4 junio, 2019, de <https://www.youtube.com/watch?v=sKWvqVK31Gg>
- Leo Zhou, L. Z. (2014, 16 abril). SoMachine Webvisualization (WebVisu) Part 1 [Archivo de vídeo]. Recuperado 4 junio, 2019, de https://www.youtube.com/watch?v=9eB5OE_feb4
- José Vicente Salcedo, J. V. S (Curso 2018-2019). Apuntes de la asignatura Automatización de Máquinas y Procesos.
- Iguenes, I. (2014, 11 noviembre). ¿Qué es un autómeta programable – PLC? Recuperado 4 junio, 2019, de <https://iguren.es/blog/que-es-un-automata-programable-plc/>
- Schneider Electric. (2012, abril). Guía de la biblioteca SysTime [PDF]. Recuperado 5 junio, 2019, de <https://iguren.es/blog/que-es-un-automata-programable-plc/>
- Frank Mecafenix, F. M. (2018, 12 junio). Que es y para que sirve un PLC? - Ingeniería Mecafenix. Recuperado 5 junio, 2019, de <https://www.ingmecafenix.com/automatizacion/que-es-un-plc/>
- Colaboradores de Wikipedia. (2019b, 11 mayo). Pliego de condiciones. Recuperado 10 junio, 2019, de https://es.wikipedia.org/wiki/Pliego_de_condiciones
- Universitat Politècnica de València - UPV. (2017, 19 octubre). Documentos de un proyecto de ingeniería: EL PLIEGO DE CONDICIONES. | UPV [Archivo de vídeo]. Recuperado 10 junio, 2019, de <https://www.youtube.com/watch?v=9wvjsrxIN4w>

CAPÍTULO 4. PLIEGO DE CONDICIONES

Este documento contractual, de carácter exhaustivo y obligatorio, establece las condiciones a cumplir entre las partes que intervienen en el desarrollo, para una correcta realización del proyecto.

Existen cuatro tipos de condiciones:

- Técnicas: reflejan las características de los materiales y la forma en la que se deben de ejecutar los diferentes trabajos.

- Facultativas: corresponde a los derechos y deberes de cada una de las partes que integran la ejecución de un proyecto. Las partes son, el promotor o titular del proyecto, el contratista y la dirección facultativa.

- Económicas: describen las condiciones económicas contractuales a la hora de ejecutarse el proyecto.

- Legales: detallan las condiciones legales que pueden servir fundamentalmente a la hora de realizar la contratación y la adjudicación de la ejecución del proyecto

En determinados supuestos se podrán adoptar soluciones diferentes a las exigidas en este documento, siempre que quede suficientemente justificada su necesidad y que no impliquen una disminución de las exigencias mínimas de calidad especificadas en el mismo.

3.1. Condiciones Técnicas

3.1.1. Materiales

Para la realización del proyecto se va a utilizar la maqueta IPC-202 de la marca SMC Training. Esta estación debe incluir todos los procesos descritos en el apartado 2.1.

El controlador lógico que se va a utilizar es el Modicon M241 de Schneider Electric compatible con SoMachine. Además, para el correcto funcionamiento de la planta se debe instalar el módulo digital TM3DQ16R. Sus características se describen en el Anexo 6.

El ordenador de sobremesa debe cumplir con unos requisitos mínimos tanto de hardware como de software. Las características mínimas de hardware son:

- Procesador Intel Core i5
- Memoria RAM de 2GB
- Disco duro de 128 GB
- Conexión Ethernet y USB
- Ratón y teclado

Las características mínimas de software son:

- Windows 8
- SoMachine V4.1. SP2

En el caso del software SoMachine se debe utilizar únicamente la versión mencionada anteriormente.

En caso de avería o fallo de alguno de los componentes del proyecto, no debería de ser ningún problema encontrar recambios ya que todos ellos pertenecen a marcas importantes en el sector de la automatización industrial.

3.1.2. Ejecución del proyecto

La ejecución del proyecto se debe hacer por un profesional cualificado con conocimientos en el sector de la automatización. Además, debe ser capaz de resolver los posibles imprevistos que vayan surgiendo, tanto de programación como pequeños fallos de la estación. El orden de ejecución del proyecto es el siguiente:

- Montaje del autómata con los módulos correspondientes.
- Montaje del ordenador.
- Conexión de la maqueta con el PLC.
- Conexión del PLC con el ordenador.
- Visualización de la correcta conexión de las entradas y salidas de la estación.
- Elaboración del código de programación.
- Implementación del código en el software SoMachine.
- Revisión del código y su implementación.
- Transferencia del código al autómata.
- Comprobación del correcto funcionamiento de la maqueta.

3.1.3. Normativa general

La mayoría de los componentes del proyecto son eléctricos y están conectados a la red de corriente alterna de 220 V y 50 Hz, por lo que se rigen por el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (RBT).

Además, es necesario tener en cuenta las siguientes normas:

- UNE 20 514 92 1M: Reglas de seguridad para los aparatos electrónicos y aparatos con ellos relacionados de uso doméstico o uso general análogo conectados a una red de energía.
 - ITC-BT-19: Instalaciones interiores o receptoras. Prescripciones generales.
 - ITC-BT-20: Instalaciones interiores o receptoras. Sistemas de instalación.
 - ITC-BT-23: Protección de instalaciones interiores. Protección contra sobretensiones.
 - ITC-BT-43 Instalación de receptores. Prescripciones generales.
 - ITC-BT-51: Instalaciones de sistemas de automatización, gestión técnica de la energía y seguridad para viviendas y edificios.

3.2. Condiciones Facultativas

El contratista debe conocer la normativa aplicable y el proyecto en todas sus partes, tener habilitado un local para la realización del proyecto, disponer de un documento donde se reflejen las indicaciones, aclaraciones o modificaciones del proyecto, cumplir los plazos especificados, notificar la inicialización, finalización, realización de pruebas, controles, recepciones o certificaciones del proyecto o de alguna de sus partes y tiene el derecho a recibir los pagos comprometidos en las fechas pactadas.

La dirección facultativa debe entregar por escrito las especificaciones del proyecto, supervisar todos los aspectos del proyecto que puedan afectar a la fiabilidad, calidad y seguridad durante su ejecución, encontrarse presente en los momentos del desarrollo del proyecto y asumir la responsabilidad derivada de ser la máxima autoridad técnica en materia de interpretación de las indicaciones dadas en el proyecto.

3.3. Condiciones Económicas

El contratista tiene derecho a recibir el pago del trabajo realizado siempre que haya seguido las pautas estipuladas del proyecto. El pago se divide en dos partes. La primera parte será del 30% a la inicialización del proyecto y el 70% tras haberse finalizado completamente.

En caso de producirse retrasos en el pago cargarán recargos del 5% del presupuesto del proyecto una vez superados los 15 días de impago.

3.4. Condiciones Legales

El perfil del contratista debe de ser un ingeniero electrónico, mecánico o eléctrico que tenga los suficientes conocimientos para la realización del proyecto.

El contrato debe recoger el precio final del proyecto, así como, el método de pago y los plazos en los que se deben de realizar los pagos. Este documento se tiene que realizar por escrito y debe ser firmado por las partes implicadas en él.

En caso de rescindir el contrato se debe cumplir al menos una de las condiciones siguientes:

- Acuerdo entre las partes para rescindir el contrato.
- Modificación de las especificaciones del proyecto sin haber informado al contratista.
- Impagos.

CAPÍTULO 5. PRESUPUESTO

En este capítulo se hace un estudio del impacto económico que tiene este proyecto.

Se ha considerado que el cliente proporciona la estación de embotellado IPC-202. Por lo tanto, se debe de tener en cuenta el precio de todos los otros componentes para la realización del proyecto.

Para ello se ha hecho un desglose del coste total, dividiéndolo en: equipos, software y recursos humanos.

5.1. Equipos

Descripción	Precio €	IVA 21%	Importe €
Controlador TM241CE40R	305,57	81,23	386,80
Módulo TM3DQ16R	101,52	26,99	128,50
Ordenador de sobremesa	604,53	160,70	765,23
		TOTAL	1.280,53 €

Tabla 10. Coste equipos.

5.2. Software

El software que se ha utilizado para el proyecto es el SoMachine V4.1. SP2. Este software tiene licencia gratuita, por lo tanto, su coste no queda reflejado en el presupuesto.

5.3. Coste recursos humanos

El coste de recursos humanos corresponde a la persona que ha diseñado el programa del autómeta y al técnico de laboratorio que ha hecho el montaje de la instalación completa. Se ha considerado que es un ingeniero junior que percibe un salario anual de 28.800 € y que el técnico de laboratorio cobra a 15€/h.

Descripción	Precio €/h	Cantidad h	Importe €
Técnico de laboratorio			
Montaje de la instalación	15	3	45,00
Ingeniero			
Análisis	14	20	280,00
Diseño	14	60	
Implementación	14	40	560,00
Evaluación	14	40	560,00
TOTAL			1.445,00 €

Tabla 11. Coste recursos humanos.

5.4. Coste total

Descripción	Importe (con IVA) €
Equipos	1280,53
Software	0,00
Recursos humanos	1445,00
TOTAL	2.725,53 €

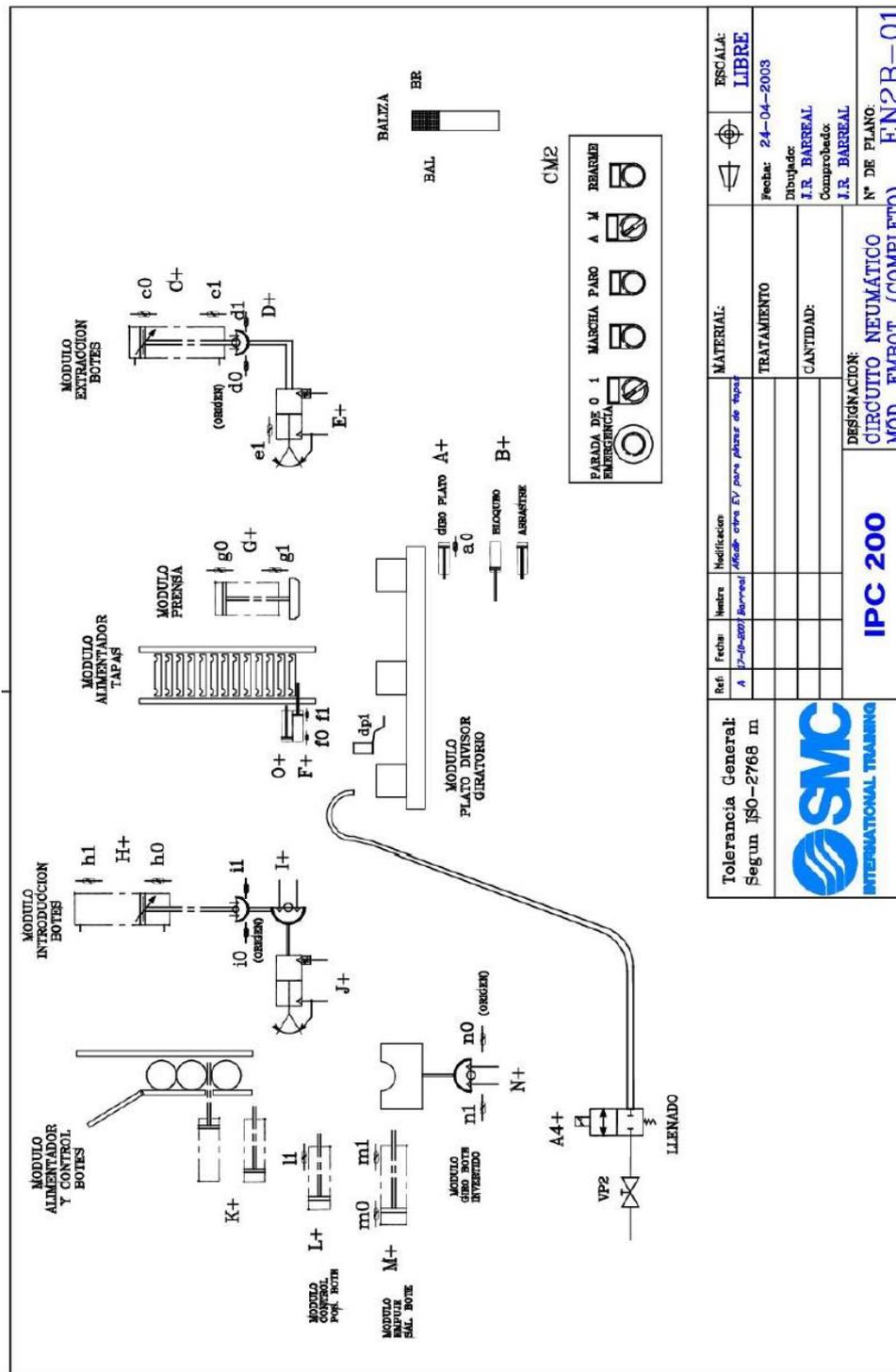
Tabla 12. Coste total del proyecto.

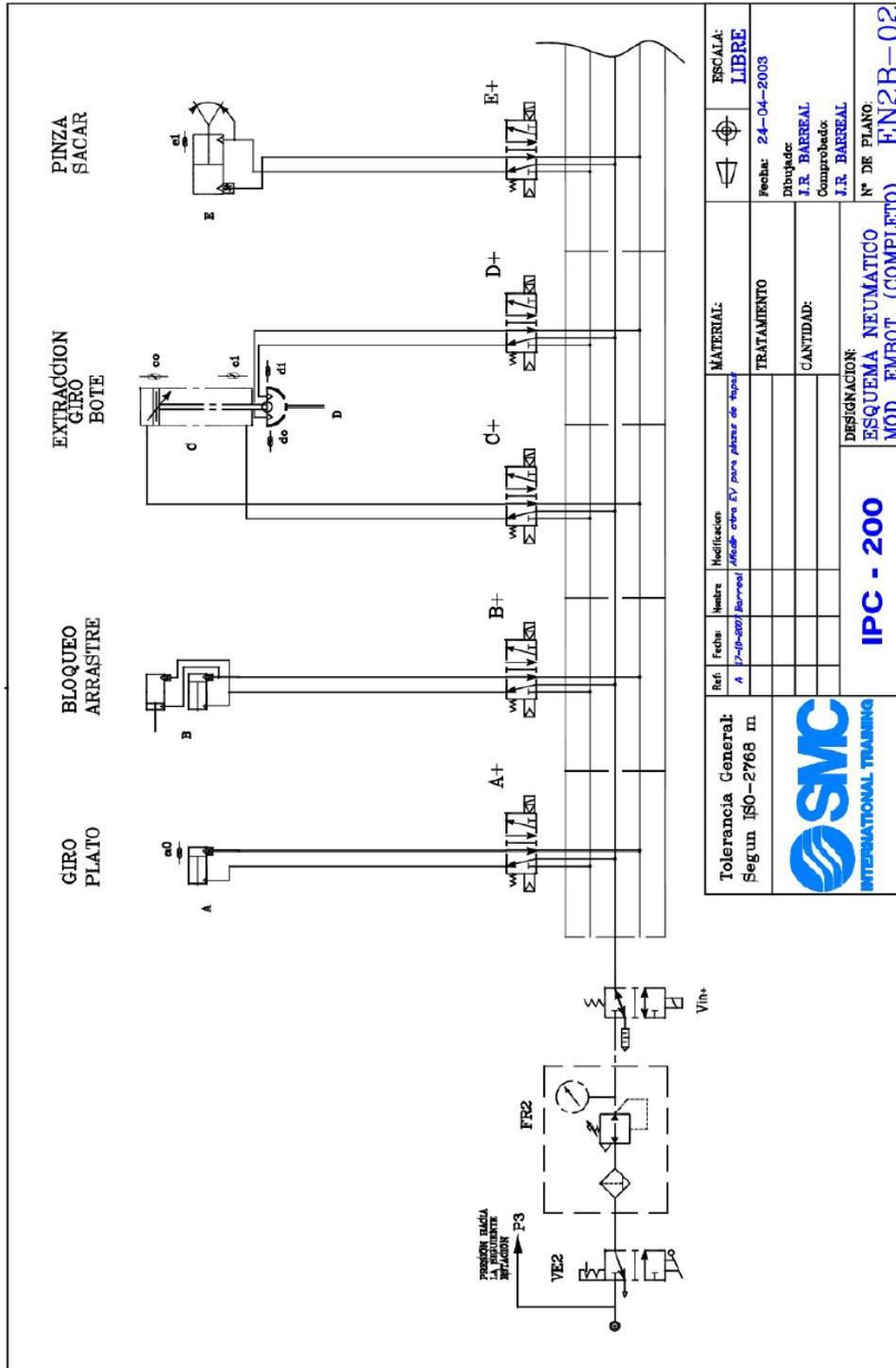
El coste final del proyecto: Automatización de una planta embotelladora con autómatas Schneider M241, asciende a la cantidad de 2.725,53 €.

ANEXOS

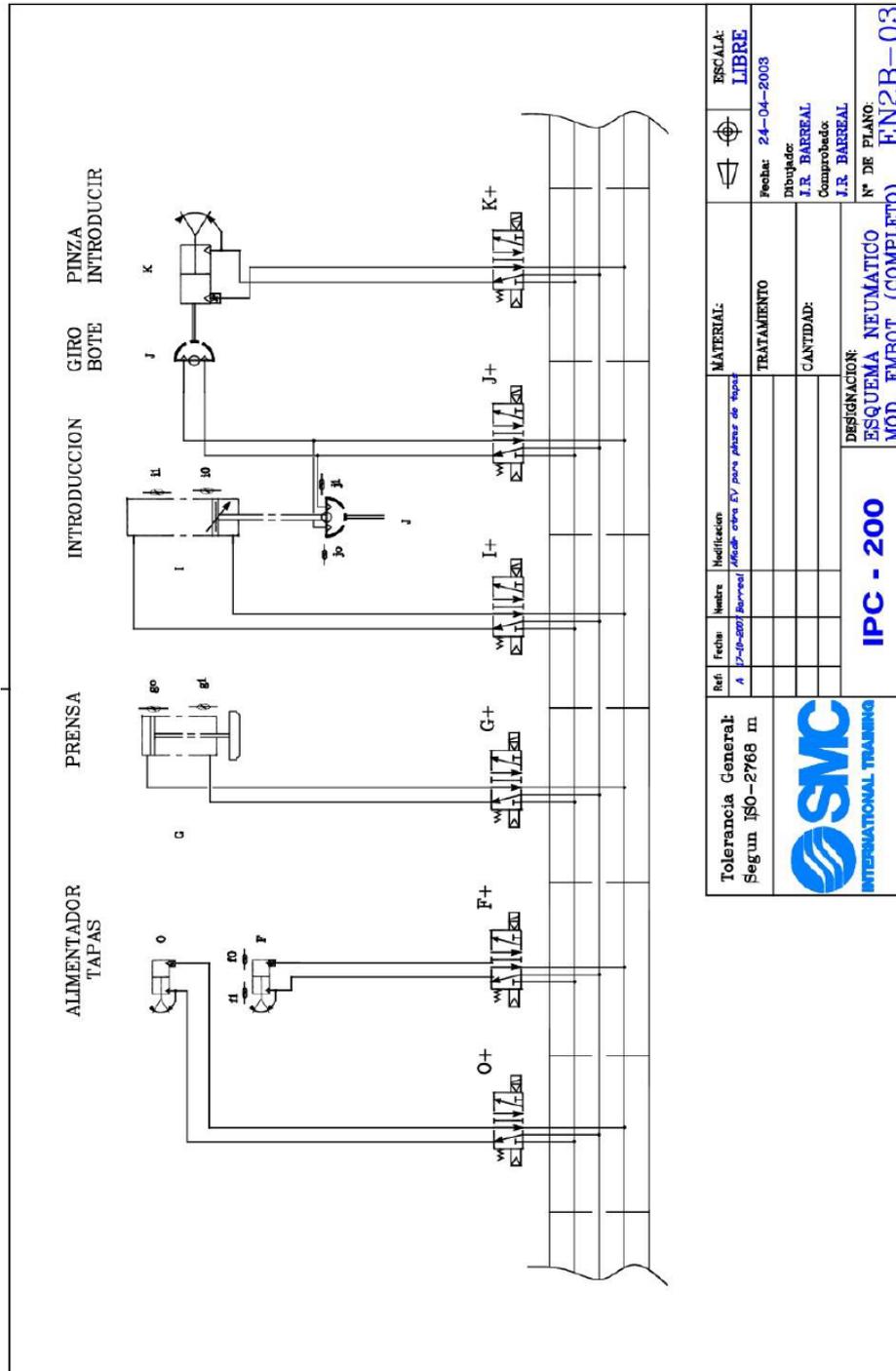
Anexo 1. Esquemas electroneumáticos

En este anexo se pueden consultar los esquemas electroneumáticos de la estación para su mayor comprensión. Estos esquemas han sido proporcionados por el fabricante.

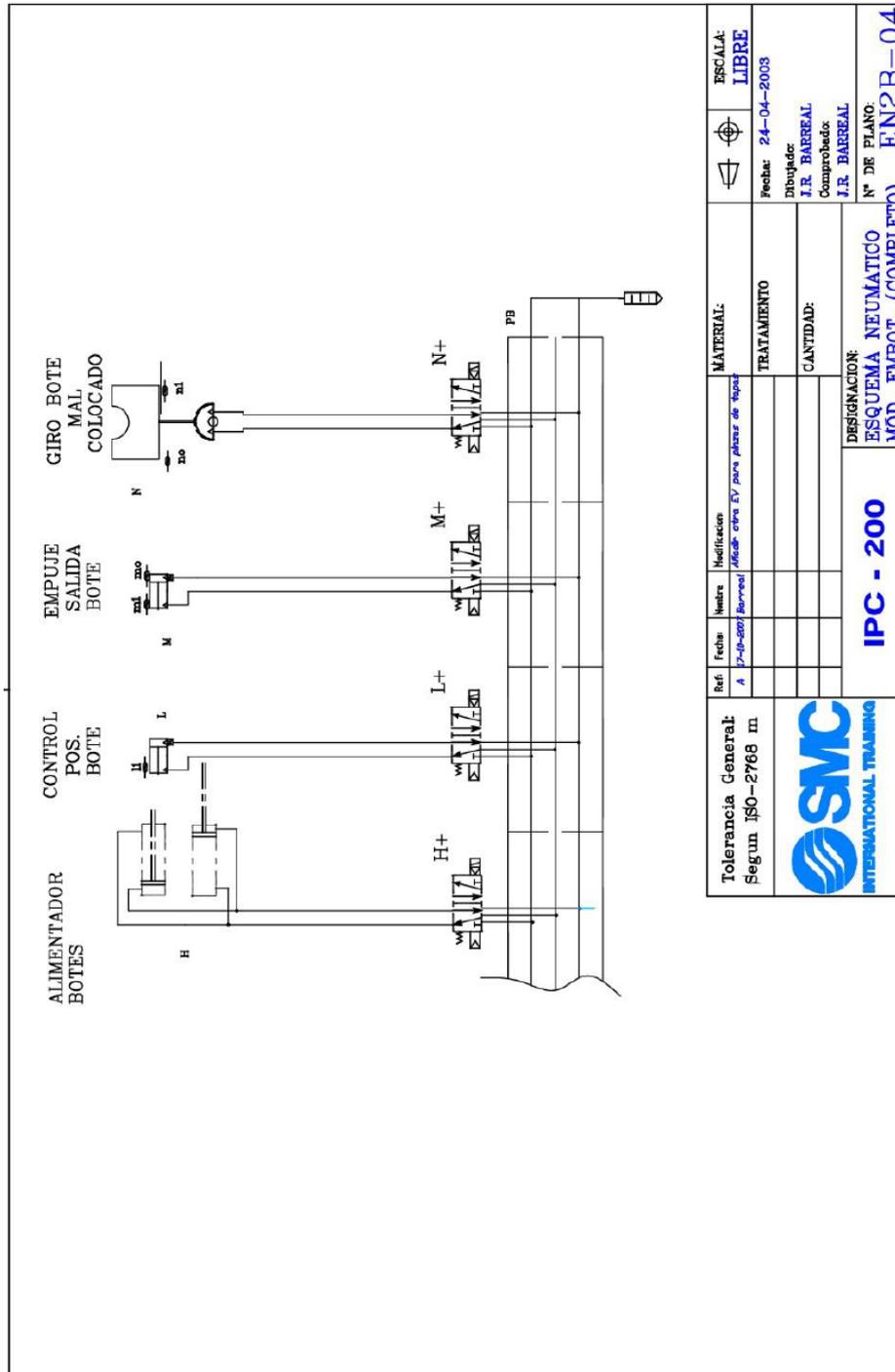




Tolerancia General: Segun ISO-2768 m		MATERIAL:		ESCALA:
 INTERNATIONAL TRAINING		TRATAMIENTO		LIBRE
Ref: A	Fecha: 27-04-2007	Modificación: Añadir cinta EV para platos de tipo	CANTIDAD:	Fecha: 24-04-2003
	Nombre: Barrera			Dibujado: J.R. BARREAL
				Comprobado: J.R. BARREAL
IPC - 200		DESIGNACION:		Nº DE PLANO:
		ESQUEMA NEUMATICO MOD. EMBOT. (COMPLETO)		E.N2B-02



Tolerancia General: Segun ISO-2768 m		MATERIA: TRATAMIENTO		ESCALA: LIBRE	
Ref: A	Fecha: 24-04-2003	Modificacion: Modific. extra EV para pinzas de tapa	CANTIDAD:	Fecha: 24-04-2003	DIBUJADOR: J.R. BARREAL COMPROBADO: J.R. BARREAL N° DE PLANO: EN2B-03
SMC INTERNATIONAL TRAINING IPC - 200		DESIGNACION: ESQUEMA NEUMATICO MOD. EMBOT. (COMPLETO)			



Anexo 2. Variables de entrada, salida y globales.

- Variables de entrada:

DI x					
Asignación E/S E/S de configuración					
Canales					
Variable	Asignación	Canal	Dirección	Tipo	Descripción
Entradas					
idwDI_IDW0		IDW0	%ID0	DWORD	
Start		I0	%IX0.0	BOOL	Pulsador Start panel físico
Stop		I1	%IX0.1	BOOL	Pulsador Stop panel físico
AutoMan		I2	%IX0.2	BOOL	Conmutador Auto/Man panel físico
Reset		I3	%IX0.3	BOOL	Pulsador Reset panel físico
a0		I4	%IX0.4	BOOL	Sensor giro plato hacia delante, proceso 2
c0		I5	%IX0.5	BOOL	Posición del brazo arriba, proceso 6
c1		I6	%IX0.6	BOOL	Posición del brazo, bajo, proceso 6
d0		I7	%IX0.7	BOOL	Posición inicial del brazo sin girar, proceso 6
d1		I8	%IX1.0	BOOL	Posición final del brazo, girado, proceso 6
e1		I9	%IX1.1	BOOL	Pinzas cerradas, proceso 6
f0		I10	%IX1.2	BOOL	Entrada normal, común positivo/negativo
f1		I11	%IX1.3	BOOL	Pinza inferior cerrada, proceso 4
g0		I12	%IX1.4	BOOL	Posición inicial del cilindro, arriba, proceso 5
g1		I13	%IX1.5	BOOL	Posición final del cilindro, bajo, proceso 5
h0		I14	%IX1.6	BOOL	Posición brazo bajo, proceso 1
h1		I15	%IX1.7	BOOL	Posición brazo arriba, proceso 1
i0		I16	%IX2.0	BOOL	Posición brazo en el alimentador de botes, proceso 1
i1		I17	%IX2.1	BOOL	Posición brazo en plato giratorio, proceso 1
l1		I18	%IX2.2	BOOL	Posición incorrecta del bote, proceso 1
m0		I19	%IX2.3	BOOL	Posición inicial cilindro recogido de botes, proceso 1
m1		I20	%IX2.4	BOOL	Posición final cilindro expulsado de botes, proceso 1
n0		I21	%IX2.5	BOOL	Posición inicial girador de botes, proceso 1
n1		I22	%IX2.6	BOOL	Posición final girador de botes, proceso 1
dp1		I23	%IX2.7	BOOL	Sensor fotoeléctrico, proceso 3
ibDI_IB1		IB1	%IB4	BYTE	

- Variables de salida:

DQ

DQ x							
Asignación E/S		E/S de configuración					
Canales							
Variable	Asignación	Canal	Dirección	Tipo	/...	U...	Descripción
Salidas							
		QW0	%QW0	WORD			
		Q0	%QX0.0	BOOL			
		Q1	%QX0.1	BOOL			
		Q2	%QX0.2	BOOL			
		Q3	%QX0.3	BOOL			
BR		Q4	%QX0.4	BOOL			Baliza roja
Amas		Q5	%QX0.5	BOOL			Giro del plato, proceso 2
Bmas		Q6	%QX0.6	BOOL			Avanze bloqueo, proceso 2
Cmas		Q7	%QX0.7	BOOL			Cuando se activa, el brazo baja, proceso 6
Dmas		Q8	%QX1.0	BOOL			Cuando se activa, el brazo gira, proceso 6
Emas		Q9	%QX1.1	BOOL			Cuando se activa, se cierran las pinzas, proceso 6
Fmas		Q10	%QX1.2	BOOL			Cuando se activa, se abre la pinza inferior, proceso 4
Gmas		Q11	%QX1.3	BOOL			Cuando se activa, baja el cilindro, proceso 5
Hmas		Q12	%QX1.4	BOOL			Cuando se activa, sube el brazo, proceso 1
Imas		Q13	%QX1.5	BOOL			Cuando se activa, gira el brazo, proceso 1
		Q14	%QX1.6	BOOL			
		Q15	%QX1.7	BOOL			
qbDQ_QB1		QB1	%QB2	BYTE			

TM3DQ16R

Module_1 x							
Asignación E/S		E/S de configuración Información					
Canales							
Variable	Asignación	Canal	Dirección	Tipo	..	U...	Descripción
Salidas							
		QW0	%QW2	WORD			
Jmas		Q0	%QX4.0	BOOL			Cuando se activa, cierra las pinzas, proceso 1
Kmas		Q1	%QX4.1	BOOL			Cuando se activa, se abre el alimentador, proceso 1
Lmas		Q2	%QX4.2	BOOL			Cilindro comprobación orientación, proceso 1
Mmas		Q3	%QX4.3	BOOL			Cuando se activa, expulsa el bote, proceso 1
Nmas		Q4	%QX4.4	BOOL			Cuando se activa, gira el bote 180°, proceso 1
A4mas		Q5	%QX4.5	BOOL			Rellena de líquido, proceso 3
Omas		Q6	%QX4.6	BOOL			Cuando se activa, cierra pinza superior, proceso 4
		Q7	%QX4.7	BOOL			
Vinmas		Q8	%QX5.0	BOOL			Entrada de aire comprimido
		Q9	%QX5.1	BOOL			
		Q10	%QX5.2	BOOL			
		Q11	%QX5.3	BOOL			
		Q12	%QX5.4	BOOL			
		Q13	%QX5.5	BOOL			
		Q14	%QX5.6	BOOL			
		Q15	%QX5.7	BOOL			

- Variables globales:

```

1  VAR_GLOBAL
2  (* Variables panel de control virtual *)
3  StartVi, StopVi, AutoManVi, AutoManVi2, ResetVi, EmergencyStop: BOOL;
4  (* Variable para desactivar el actuador M+ *)
5  DesactivarM: BOOL;
6  ContProdl: BOOL;
7  (* Variables para desactivar los actuadores de los brazos *)
8  ActDesJ, DesactivarCYE: BOOL;
9  (* Variable para completar secuencia Man1 *)
10 VarMan1: BOOL;
11 (* Variables 1. Inserción de botes. Modo MANUAL *)
12 Man1, Man1Or, Man1Ex, Man1Transp: BOOL;
13 (* Variable 2. Arrastre del plato. Modo MANUAL *)
14 Man2: BOOL;
15 (* Variable 3. Llenado de botes. Modo MANUAL *)
16 Man3: BOOL;
17 (* Variables 2. Colocación de tapas. Modo MANUAL *)
18 Man4, Man4Va: BOOL;
19 (* Variable 5. Presionado de tapas. Modo MANUAL *)
20 Man5: BOOL;
21 (* Variables 6. Extracción de botes. Modo MANUAL *)
22 Man6, Man6Pi, Man6MovVe, Man6MovHo: BOOL;
23 (* Variable ventana emergente *)
24 PaletVacio: BOOL;
25 (* Variable cambio de visualizaciones *)
26 iScreen: INT := 0;
27 (* Variables secuencia de movimientos en la visualización Automático *)
28 Ins1Di, Ins1Di1, Ins1Di2, Ins1Di3, Ins1Di4r, Ins1Di4b, Ins1Di5r, Ins1Di5b, Ins1Di6r, Ins1Di6b, Ins1Di7, Ins1Di8: BOOL;
29 Ins2Di, Ins2Di1: BOOL;
30 Ins3Di: BOOL;
31 Ins4Di, Ins4Di1: BOOL;
32 Ins5Di, Ins5Di1, Ins5Di2, Ins5Di3: BOOL;
33 Ins6Dir, Ins6Di1b, Ins6Di2r, Ins6Di2b, Ins6Di3r, Ins6Di3b, Ins6Di4r, Ins6Di4b: BOOL;
34 (* Variable pulsador Parar Producción *)
35 FinProd: BOOL;
36 ActivarFin: BOOL;
37 (* Variables para terminar la producción *)
38 Fin1, Fin2, Fin3, Fin4, Fin5, Fin5b, Fin6: BOOL;
39 VolverEmpezar: BOOL;
40 (* Variables para volver a la etapa inicial *)
41 PosIni1, PosIni2, PosIni3, PosIni4, PosIni5, PosIni6: BOOL;
42 (* Variables flancos de subida y registro de eventos *)
43 Manu, Auto, Emerg: BOOL;
44 RegistroEvento1, RegistroEvento2, RegistroEvento3, RegistroEvento4, RegistroEvento5, RegistroEvento6, RegistroEvento7: STRING;
45 RegistroEvento8, RegistroEvento9, RegistroEvento10: STRING;
46 (* Variable FOR Registro de Eventos *)
47 i: INT := 0;
48 END_VAR

```

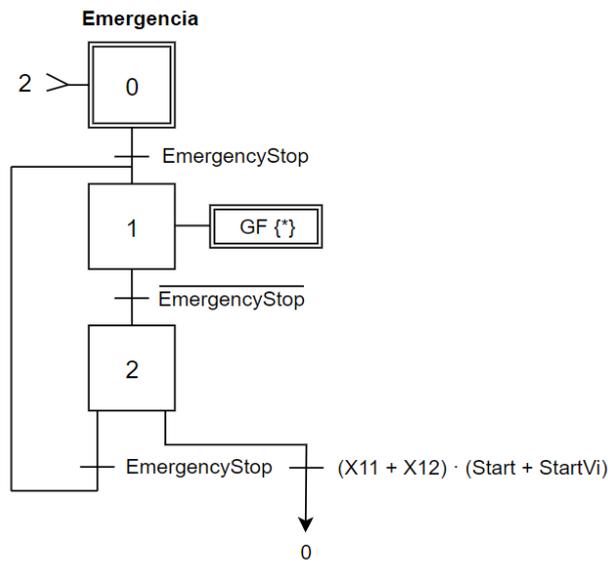
- Variables POU RegistroEventos:

```

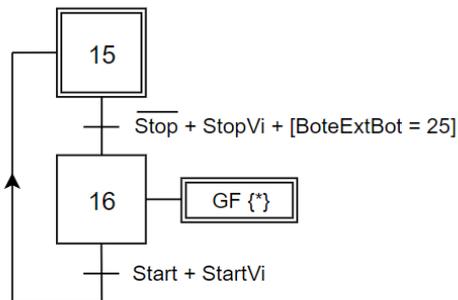
1  PROGRAM RegistroEventos
2  VAR
3  (* Obtención de la fecha y la hora del controlador. *)
4  Ctrl_DateTime: SYSTIME_DATE;
5  GetTimeResult: UDINT;
6  UTCToDate_diag: UDINT;
7  (* Evento ocurrido *)
8  hfile: DWORD;
9  dwWritten: DWORD;
10 szFilePath: STRING := '/UserData/p.dat';
11 szCurrent1, szCurrent2, szCurrent3: STRING;
12 wNewLine: WORD := 2573; (*16#0a0D*)
13 konkat1, konkat2, konkat3, konkat4, konkat5, konkat6, konkat7, konkat8, konkat9: STRING;
14 i: INT;
15 Registro: ARRAY[0..9] OF STRING;
16 Registrar: BOOL;
17 END_VAR

```

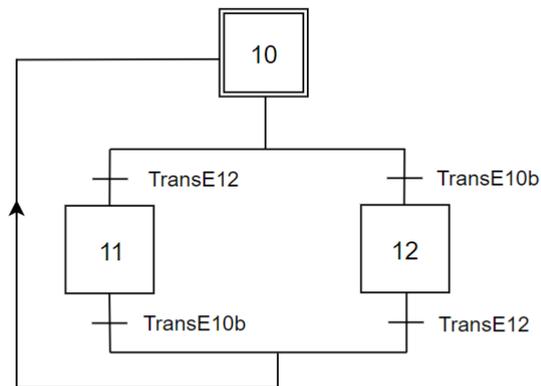
Anexo 3. Diagramas SFC (GRAFSET).



StartStop

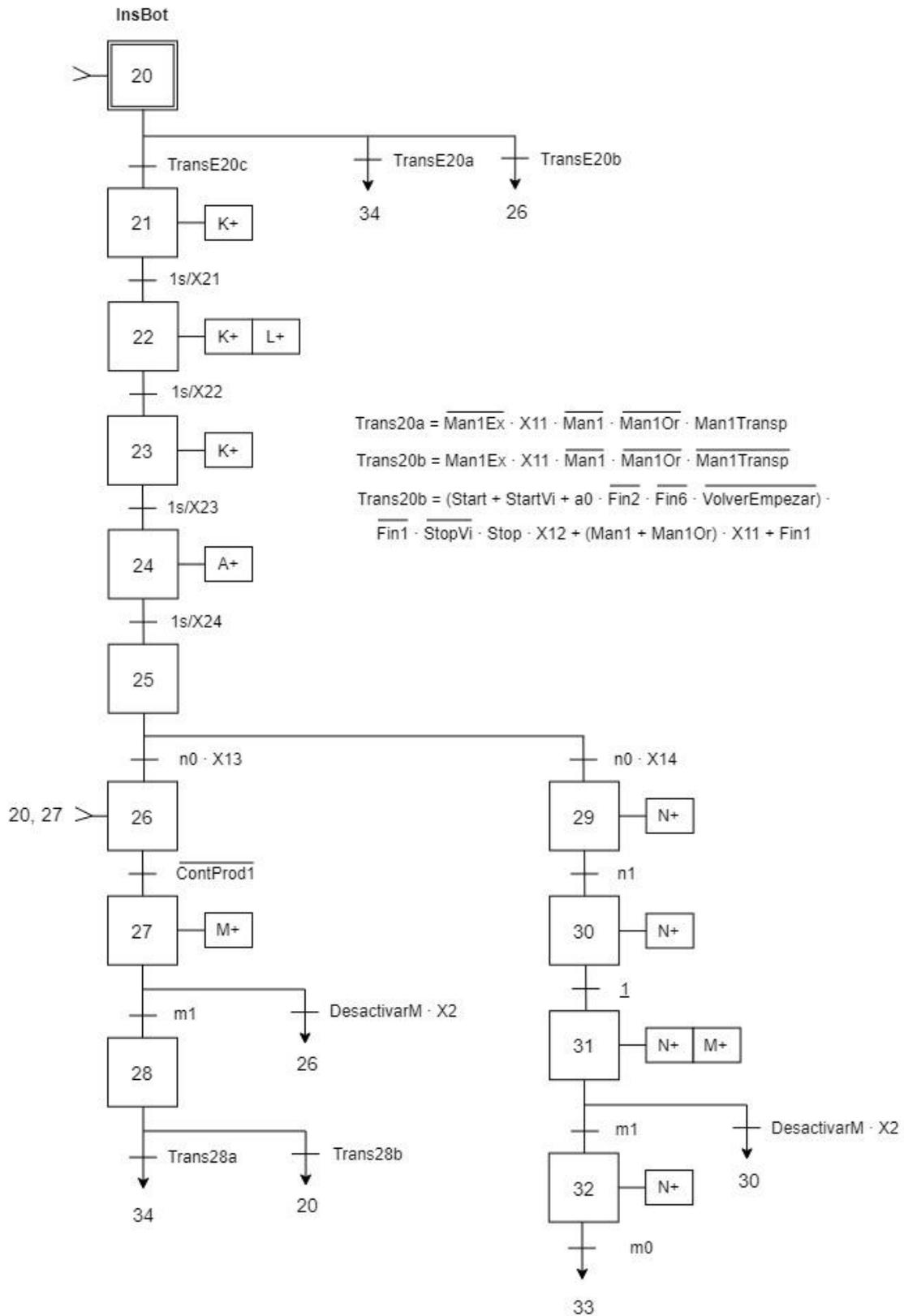


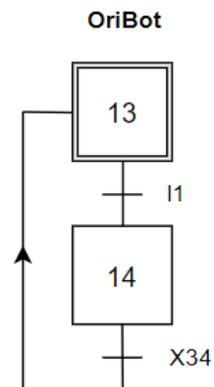
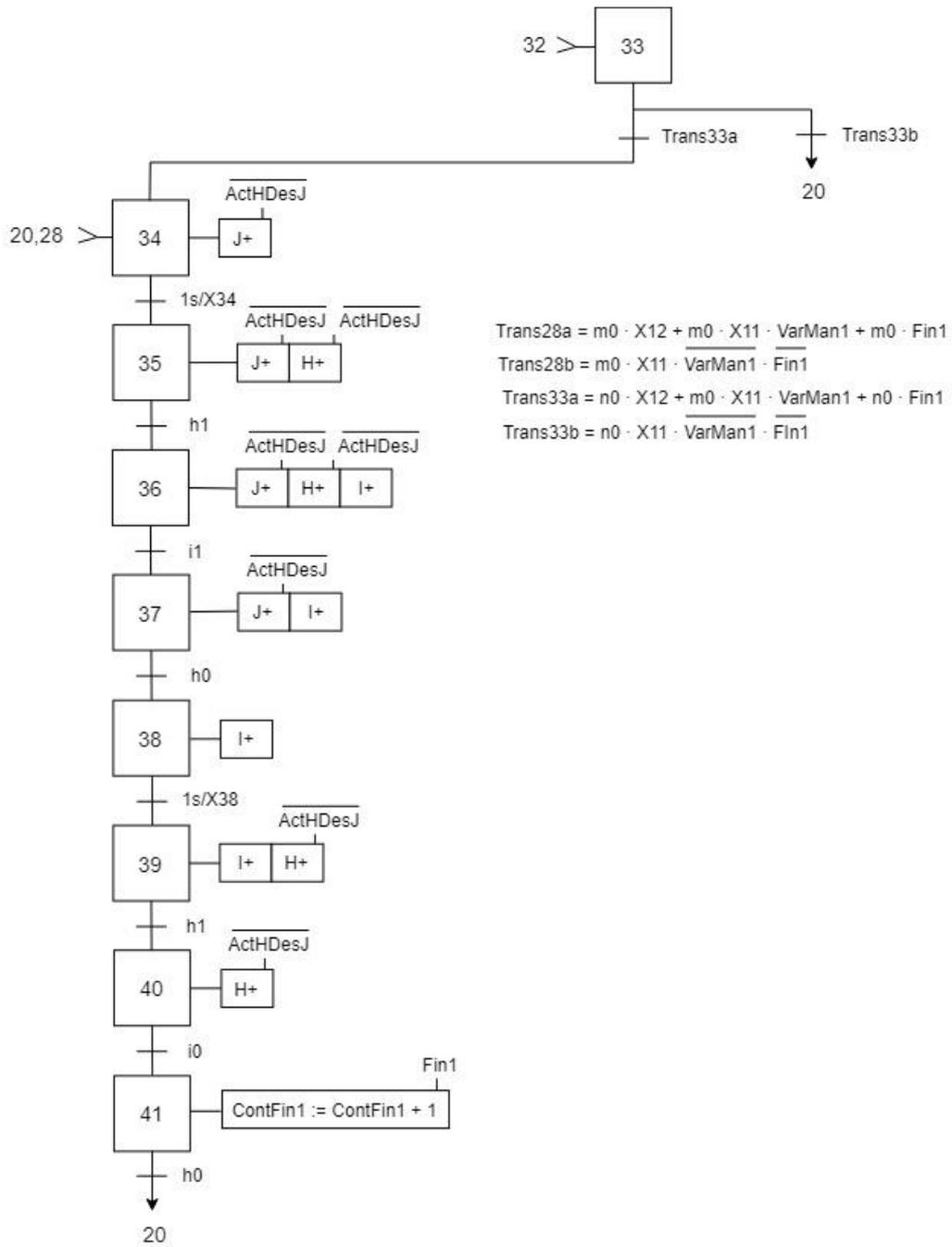
AutMan

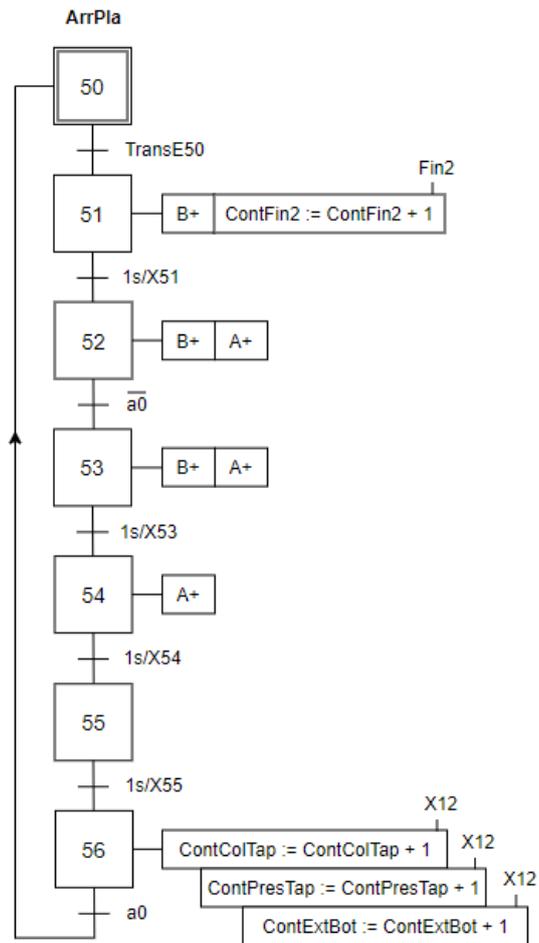


$$TransE10b = \overline{AutoMan} \cdot \overline{AutoManVi2} \cdot X1 \cdot X2$$

$$TransE12 = X1 + X2 + AutoManVi2 \cdot (AutoMan + \overline{AutoMan})$$

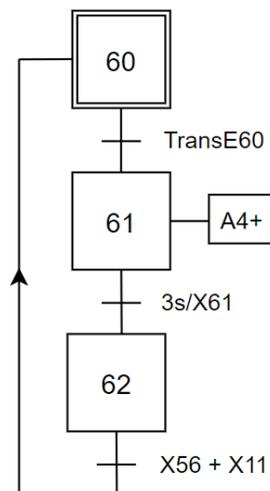




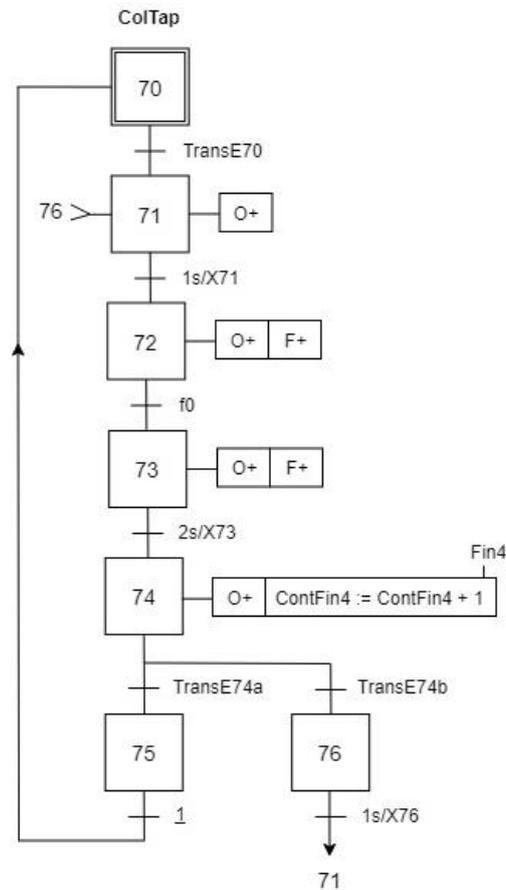


$$\text{TransE50} = \overline{\text{Fin2}} \cdot \text{X41} \cdot \text{X12} + \text{Man2} \cdot \text{X11} + \text{Fin2} \cdot \text{X20} \cdot \text{X80} \cdot \text{X90}$$

LienBot



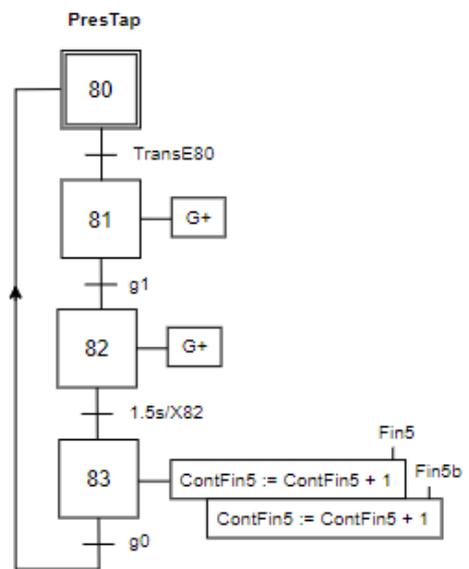
$$\text{TransE60} = \overline{\text{Fin3}} \cdot \text{dp1} \cdot \text{X12} + \text{dp1} \cdot \text{Man3} \cdot \text{X11} + \text{Fin3} \cdot \text{dp1}$$



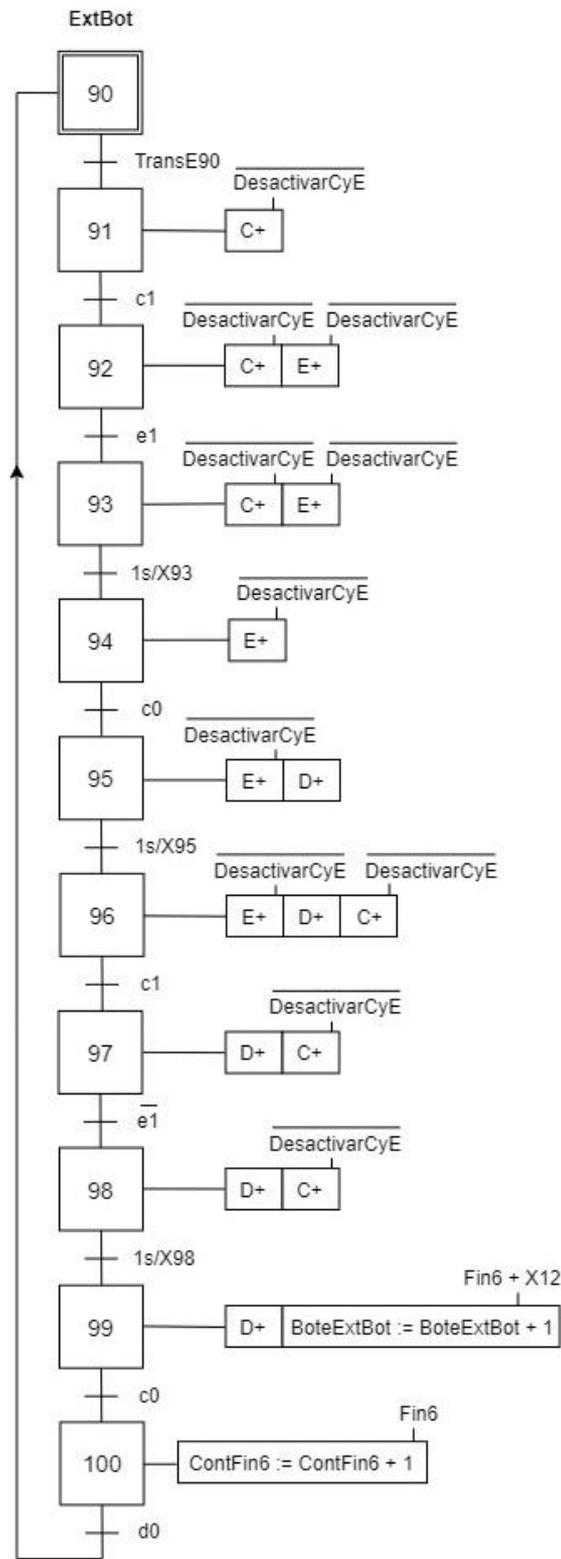
$$\text{TransE70} = \overline{\text{Fin4}} \cdot \overline{\text{Fin6}} \cdot \overline{\text{X56}} \cdot \overline{\text{X12}} \cdot [\text{ContColTap} = 2] + \text{Man4} \cdot \text{X11} \cdot \overline{\text{Man4Va}} + \text{Man4Va} \cdot \text{X11} \cdot \overline{\text{Man4}} + \text{Fin4} \cdot \text{X56}$$

$$\text{TransE74a} = \overline{\text{f1}} \cdot \text{X12} + \text{X11} \cdot (\text{ContMan4} + \text{ContMan4Va})$$

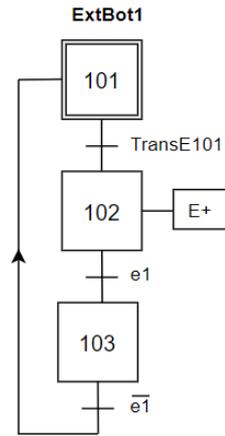
$$\text{TransE74b} = \overline{\text{f1}} \cdot \text{X11} \cdot \overline{\text{ContMan4Va}}$$



$$\text{TransE80} = \overline{\text{Fin6}} \cdot \overline{\text{X56}} \cdot \overline{\text{g0}} \cdot \overline{\text{X12}} \cdot [\text{ContPresTap} = 3] + \text{Man5} \cdot \text{X11} + (\text{Fin5} + \text{Fin5b}) \cdot \overline{\text{X56}} \cdot \overline{\text{g0}}$$

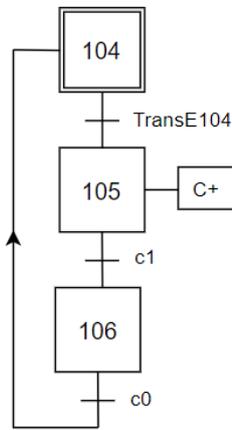


$$\text{TransE90} = \overline{\text{Fin6}} \cdot \text{c0} \cdot \overline{\text{e1}} \cdot \text{X56} \cdot [\text{ContExtBot} = 4] \cdot \text{X12} + \text{Man6} \cdot \text{X11} + \text{Fin6} \cdot \text{c0} \cdot \overline{\text{e1}} \cdot \text{X56}$$



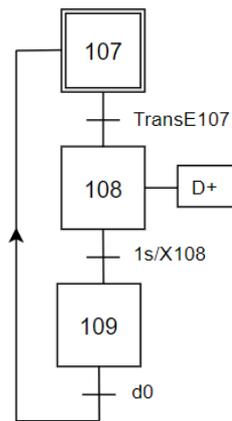
$$\text{TransE101} = \text{Man6Pi} \cdot \text{X11} \cdot \text{Man6} \cdot \text{Man6MovHo} \cdot \text{Man6MovVe}$$

ExtBot2

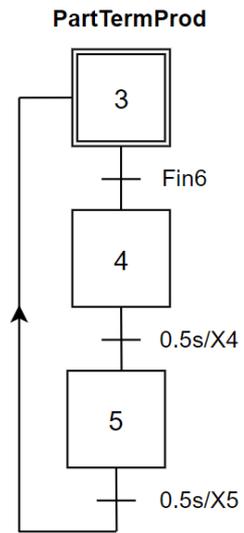


$$\text{TransE104} = \text{Man6Pi} \cdot \text{X11} \cdot \text{Man6} \cdot \text{Man6MovHo} \cdot \text{Man6MovVe}$$

ExtBot3



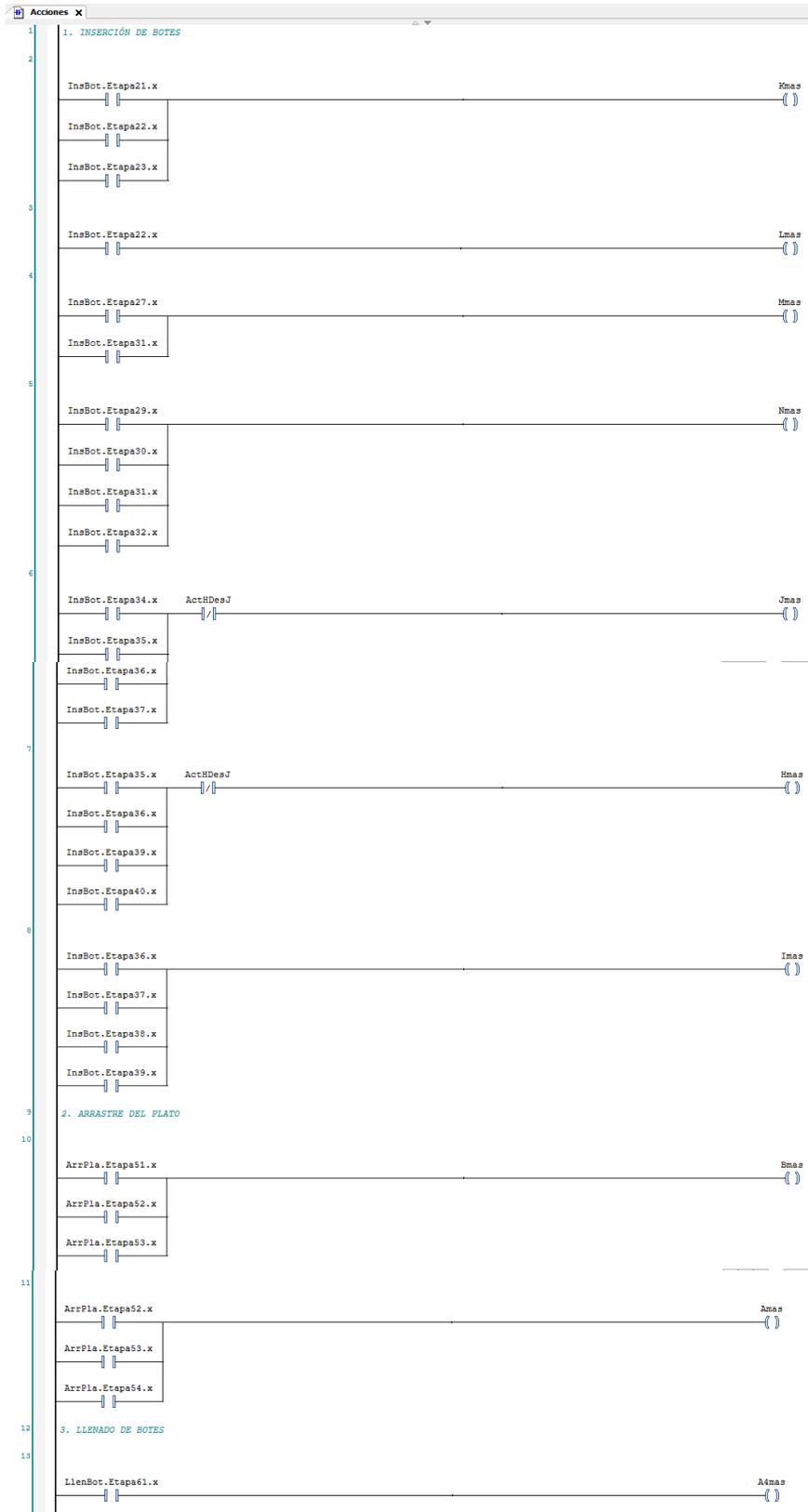
$$\text{TransE107} = \text{Man6Pi} \cdot \text{X11} \cdot \text{Man6} \cdot \text{Man6MovHo} \cdot \text{Man6MovVe}$$



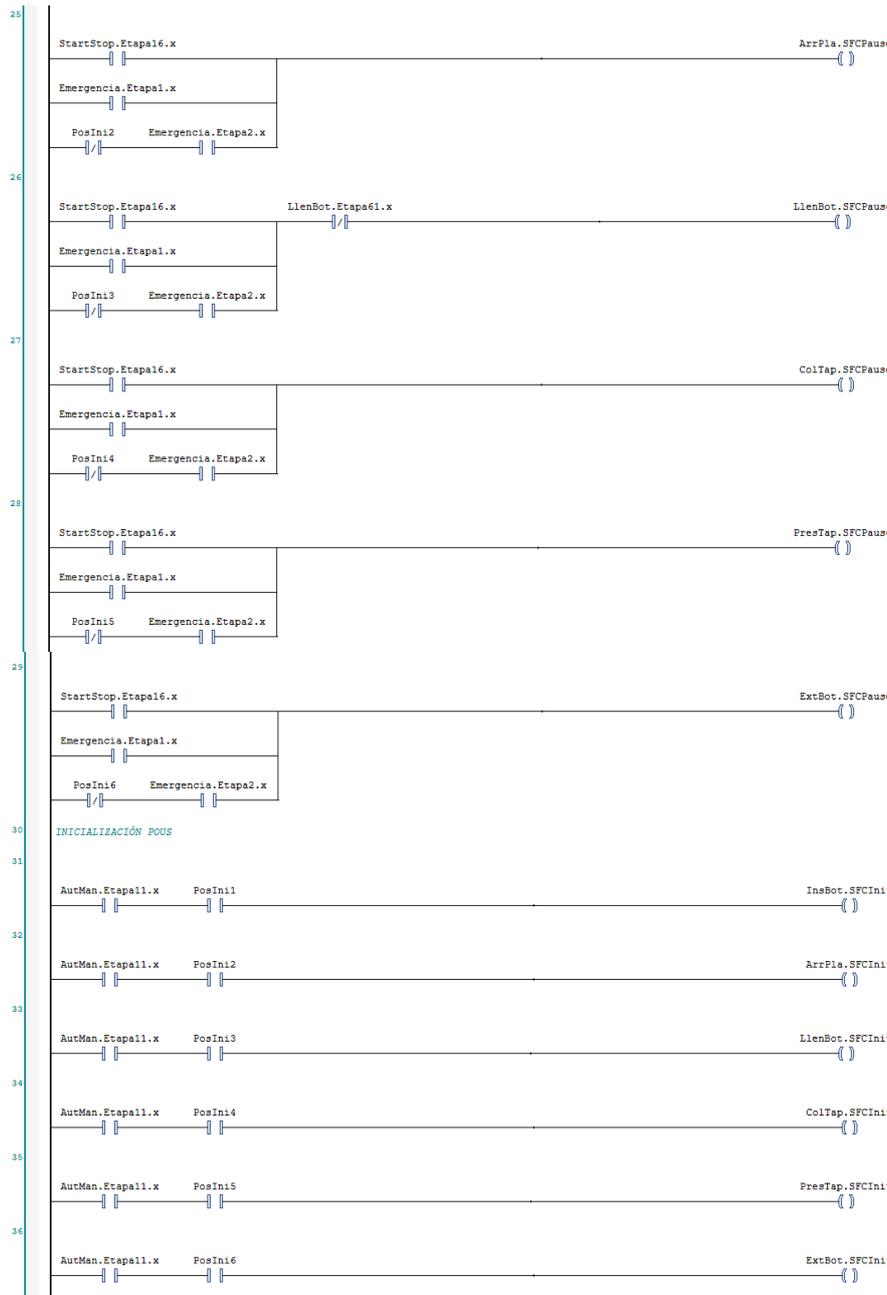
Anexo 4. Diagramas LD.

- Acciones

Este POU incluye todas las acciones que se llevan a cabo en la estación.

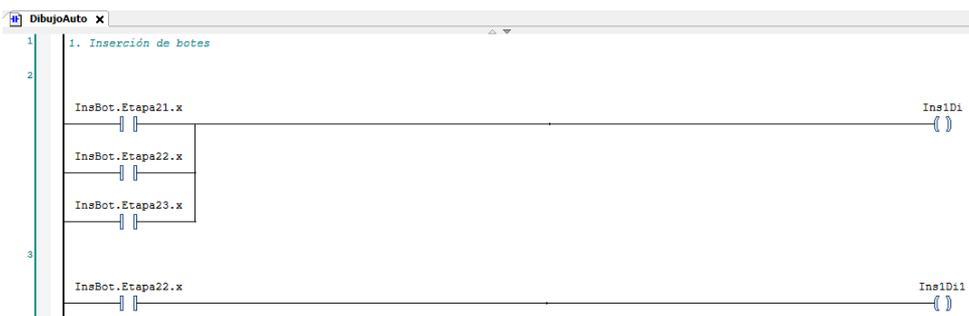


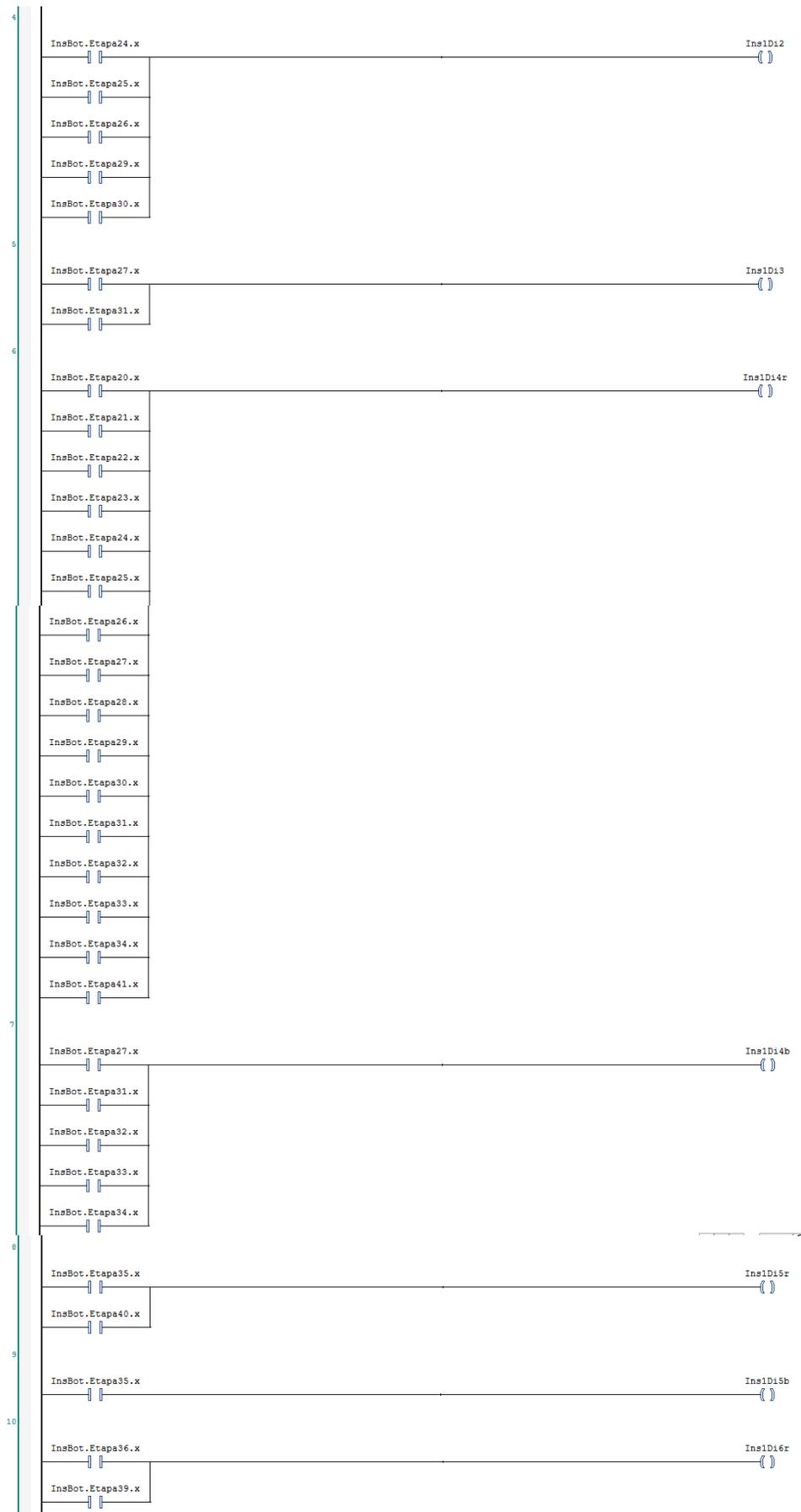




▪ **DibujoAuto**

Incluye toda la animación que se reproduce en la visualización 2 cuando la estación está en marcha.









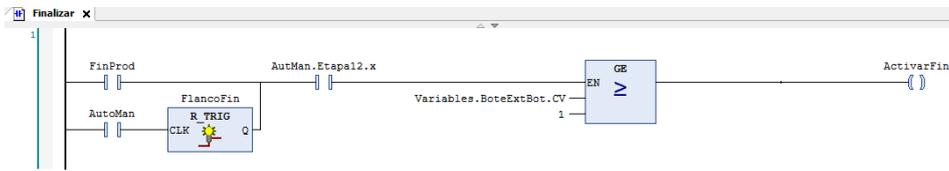
- EntAire

Activa la entrada de aire comprimido a toda la planta.



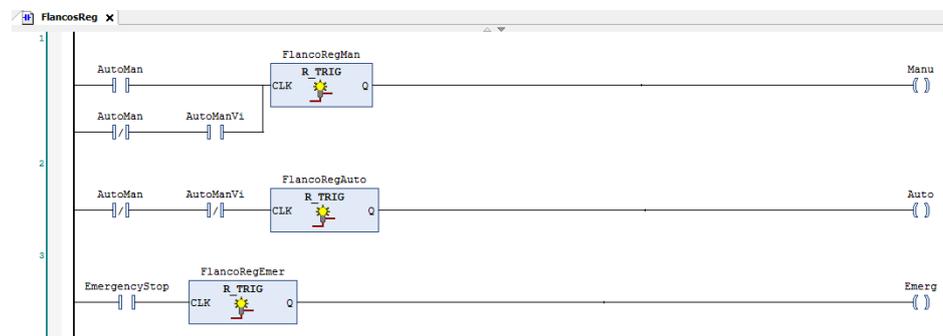
- Finalizar

Activa la señal de parada de producción, momento en el cual la planta no emite más botes y termina los que ya se están procesando.



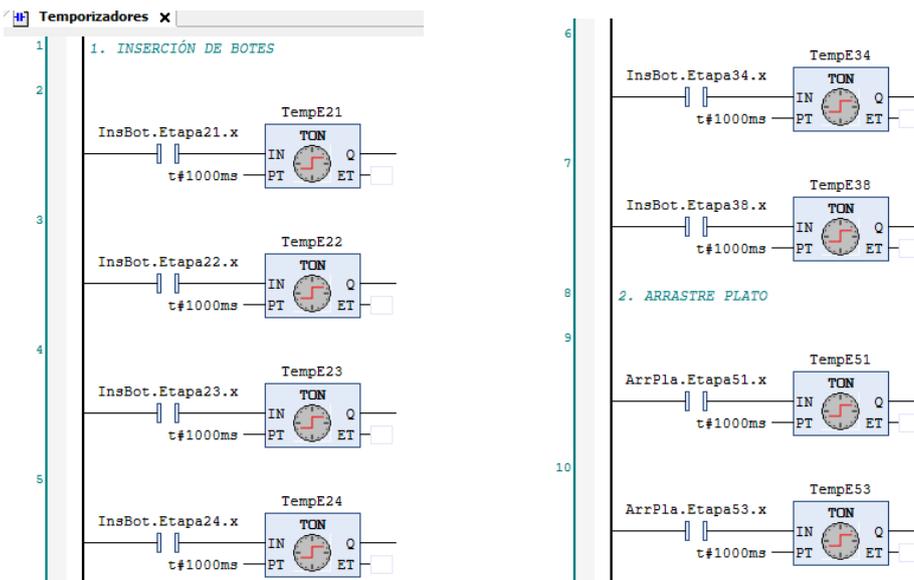
- FlancosReg

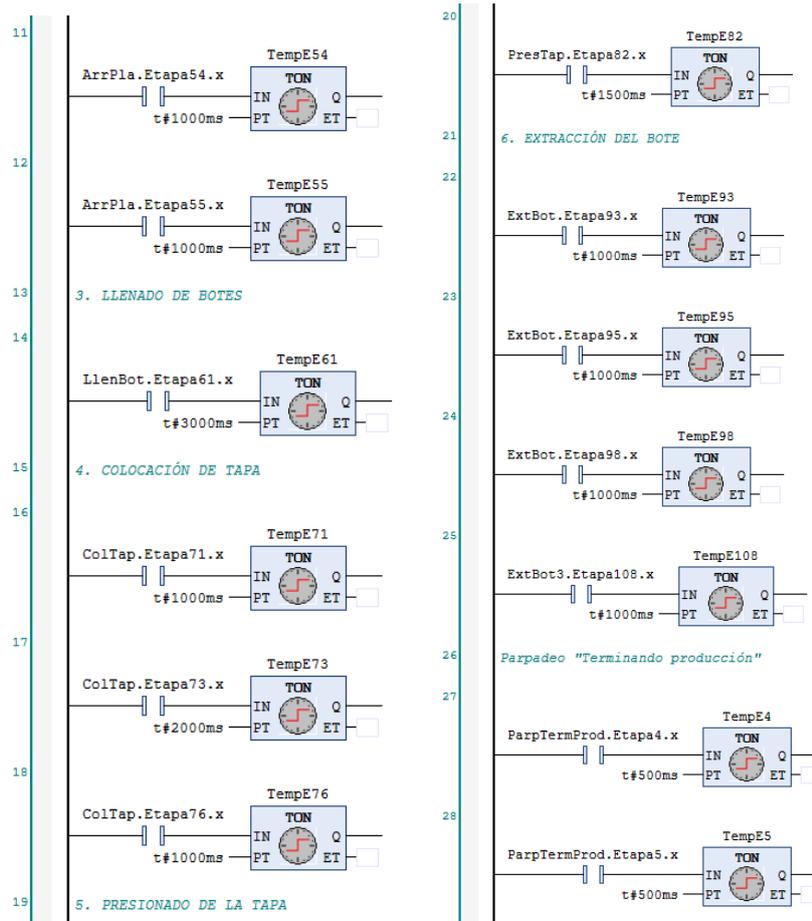
Activa el registro de eventos, cuando ocurre un flanco de los conmutadores o de la parada de emergencia.



- Temporizadores

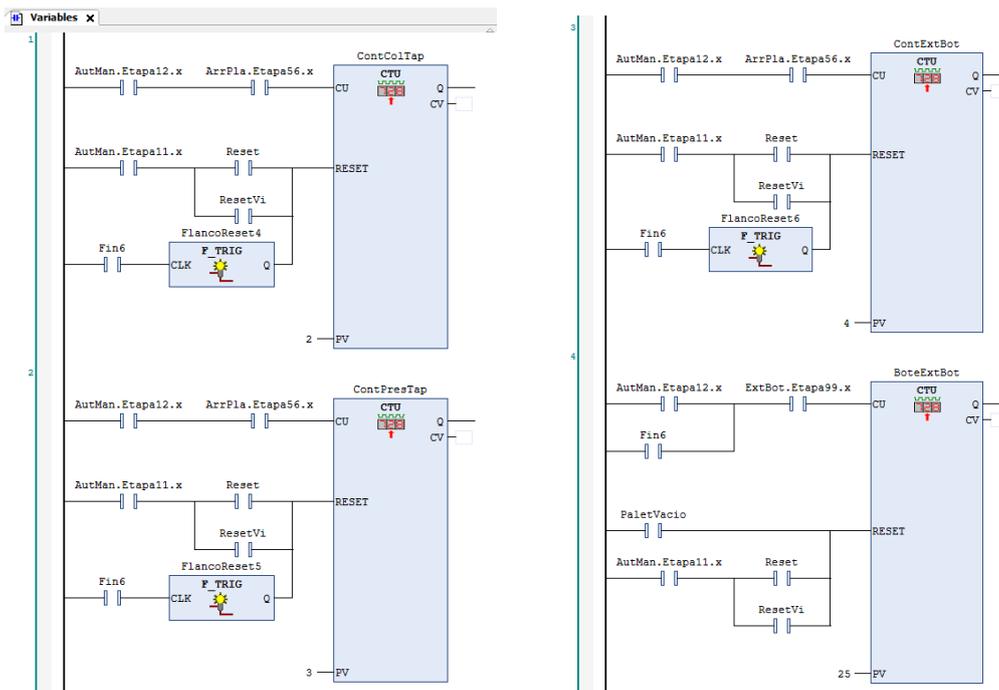
Incluye todos los temporizadores que se han usado para la programación de los demás POU's.

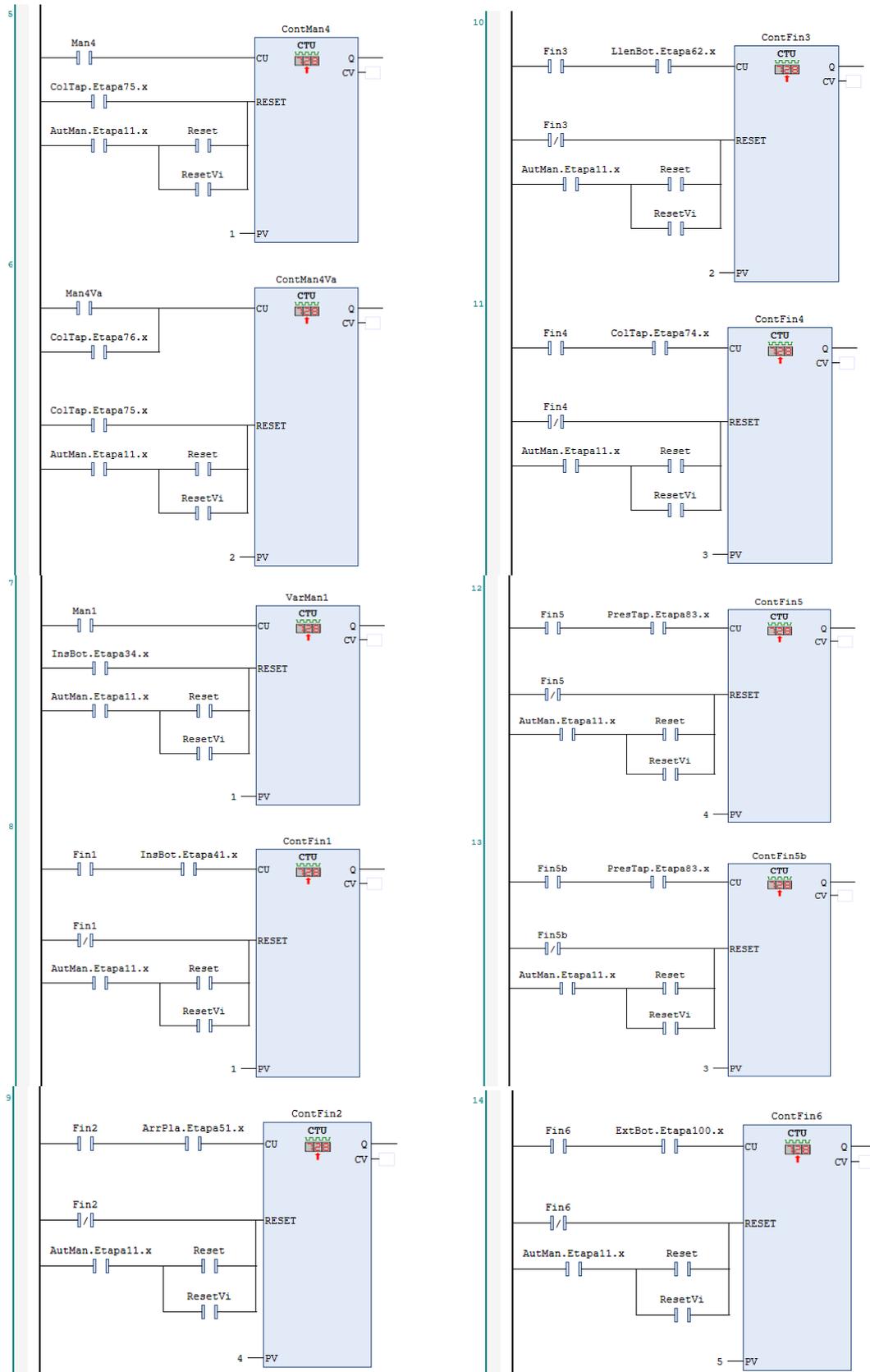




Variables

Incluye todas las variables tipo CTU que se han usado en la programación.





Anexo 5. Diagramas ST.

- AutMan1

Establece la relación entre los conmutadores físico y real.

```
AutMan1 x
1  IF AutoMan=TRUE THEN
2      AutoManVi2:=TRUE;
3      AutoManVi := AutoMan;
4  ELSE
5      AutoManVi2:=AutoManVi;
6  END_IF
7
8  IF Emergencia.Etapal.x THEN
9      AutoManVi:=TRUE;
10 END_IF
```

- Finalizar1

Activa los POU's correspondientes cuando se ha pulsado la parada de producción o se ha cambiado de Auto a Man con el conmutador físico.

```
Finalizar1 x
1  IF ActivarFin = TRUE THEN
2      Fin1 := TRUE;
3      Fin2 := TRUE;
4      Fin3 := TRUE;
5      Fin4 := TRUE;
6      IF PresTap.Etapa80.x OR PresTap.Etapa81.x OR PresTap.Etapa82.x THEN
7          Fin5 := TRUE;
8      ELSE Fin5b := TRUE;
9      END_IF
10     Fin6 := TRUE;
11 END_IF
12 IF Variables.ContFin1.CV = 1 THEN Fin1 := FALSE;
13 END_IF
14 IF Variables.ContFin2.CV = 4 THEN Fin2 := FALSE;
15 END_IF
16 IF Variables.ContFin3.CV = 3 THEN Fin3 := FALSE;
17 END_IF
18 IF Variables.ContFin4.CV = 3 THEN Fin4 := FALSE;
19 END_IF
20 IF Variables.ContFin5.CV = 4 THEN Fin5 := FALSE;
21 END_IF
22 IF Variables.ContFin5b.CV = 3 THEN Fin5b := FALSE;
23 END_IF
24 IF Variables.ContFin6.CV = 5 THEN
25     Fin6 := FALSE;
26     VolverEmpezar := TRUE;
27 END_IF
28
29 IF Start = TRUE OR StartVi = TRUE THEN VolverEmpezar := FALSE;
30 END_IF
```

- RegistroEventos

Registra los eventos que se producen en la planta en un archivo y los muestra en la visualización de Registro de eventos.

```

1  (* Obtención de la fecha y la hora del controlador. *)
2  UTCtoDate_diag := SysTimeRtcConvertUtcToDate(dwTimestampUtc:= SysTimeRtcGet(pResult:= GetTimeResult), pDate:= Ctrl_DateTime);
3
4  (* Concatenación de la fecha y la hora *)
5  konkat1:= CONCAT(INT_TO_STRING(Ctrl_DateTime.wDay),'/');
6  konkat2:= CONCAT(konkat1,INT_TO_STRING(Ctrl_DateTime.wMonth));
7  konkat3:= CONCAT(konkat2,'/');
8  konkat4:= CONCAT(konkat3,INT_TO_STRING(Ctrl_DateTime.wYear));
9  konkat5:= CONCAT(konkat4,' ');
10 konkat6:= CONCAT(konkat5,INT_TO_STRING(Ctrl_DateTime.wHour));
11 konkat7:= CONCAT(konkat6,':');
12 konkat8:= CONCAT(konkat7,INT_TO_STRING(Ctrl_DateTime.wMinute));
13
14 IF Emerg = TRUE THEN
15     konkat9:= CONCAT(konkat8, ' Parada de emergencia activada. ');
16     Registrar:= TRUE;
17 ELSEIF Manu = TRUE THEN
18     konkat9:= CONCAT(konkat8, ' Modo de operación manual. ');
19     Registrar:= TRUE;
20 ELSEIF Auto = TRUE THEN
21     konkat9:= CONCAT(konkat8, ' Modo de operación automático. ');
22     Registrar := TRUE;
23 END_IF
24
25 IF Registrar = TRUE THEN
26     IF i=9 THEN
27         FOR i:=0 TO 8 BY 1 DO
28             Registro[i]:= Registro[i+1];
29         END_FOR
30         Registro[9]:= konkat9;
31         hfile:= SysFileOpen(szFilePath,'w');
32         dwWritten:= SysFileWrite(hfile,ADR(Registro[9]),SIZEOF(wNewLine));
33         i:=9;
34     ELSE
35         Registro[i] := konkat9;
36         hfile:= SysFileOpen(szFilePath,'w');
37         dwWritten:= SysFileWrite(hfile,ADR(Registro[i]),SIZEOF(wNewLine));
38         i:=i+1;
39     END_IF
40     RegistroEvento1:= Registro[0];
41     RegistroEvento2:= Registro[1];
42     RegistroEvento3:= Registro[2];
43     RegistroEvento4:= Registro[3];
44     RegistroEvento5:= Registro[4];
45     RegistroEvento6:= Registro[5];
46     RegistroEvento7:= Registro[6];
47     RegistroEvento8:= Registro[7];
48     RegistroEvento9:= Registro[8];
49     RegistroEvento10:= Registro[9];
50     Registrar:= FALSE;
51 END_IF

```

- Variado

Permite corregir la colisión que se produce en ocasiones en el proceso de Inserción de botes.

```

1  (* Permite corregir el error de la colisión del bote en el alimentador de botes. *)
2
3  IF Emergencia.Etapa2.x THEN ContProd1 := TRUE;
4  END_IF
5
6  IF Emergencia.Etapa0.x THEN ContProd1 := FALSE;
7  END_IF

```

Anexo 6. Características Controlador TM241C40R y módulo TM3DQ16R.**TM241C40R**

Principal	
gama de producto	Modicon M241
tipo de producto o componente	Autómata programable
[Us] tensión de alimentación asignada	100...240 V AC
de pie conducto	24, entrada discreta 8 entrada rápida acorde a IEC 61131-2 tipo 1
tipo de salida digital	Relé Transistor
número de salidas discretas	4 transistor 4 salida rápida 12 relé
tensión de salida	5...125 V CC para salida del relé 5...250 V CA para salida del relé 24 V CC para salida transistor
montado en la pared del conducto	0.1 A para salida rápida (modo PTO) - tipo de cable: TR0...TR3) 2 A para salida del relé - tipo de cable: Q4...Q15) 0.5 A para salida transistor - tipo de cable: TR0...TR3)
Complementario	
número de E/S digitales	40
numero de E/S del módulo de expansión	7 - tipo de cable: local 14 - tipo de cable: remoto
límites tensión alimentación	85...264 V
frecuencia de red	50/60 Hz
entrada lógica	Fregadero o fuente
tensión de entrada digital	24 V
tipo de voltaje entrada discreto	CC
estado de tensión 1 garantizado	>= 15 V para entrada
estado de tensión 0 garantizado	<= 5 V para entrada
corriente de entrada discreta	7 mA para entrada
Tapa de conexiones trasero	4,7 kOhm para entrada
tiempo respuesta	50 µs turn-on, 10...115 terminales para entrada
tiempo filtro configurable	1 µs para entrada rápida
lógica de salida discreta	Lógica positiva (fuente)
límites de tensión de salida	125 V CC salida del relé 30 V CC salida transistor

	277 V CA salida del relé
maximum output frequency	1 kHz para salida transistor 20 kHz para salida rápida (modo PWM) 100 kHz para fast output (PLS mode) (**)
precisión	+/- 0.1 % en 0,02...0,1 kHz para salida rápida
Tipo de protección	Protección contra cortocircuitos para salida transistor Protección contra cortocircuito y sobrecarga con rearme automático para salida transistor Protección de polaridad inversa para salida transistor Sin protección para salida del relé
Tiempo de rearme	10 ms rearme automático salida 12 s rearme automático salida rápida
capacidad de memoria	8 MB para programa 64 MB para system memory (***) RAM
orejetas terminales de anillo	128 MB memoria flash integrada para backup of user programs (**)
mantenido Ti24	<= 16 GB Tarjeta SD - tipo de cable: opcional)
tipo de batería	BR2032 litio no-recargable, vida batería: 4 yr
tiempo de backup	2 años en 25 °C
tiempo de ejecución para 1 Kinstrucción	0,3 ms para evento y tarea periódica 0,7 ms para otra instrucción
estructura de aplicación	4 cyclic master tasks (**) 3 cyclic master tasks + 1 freewheeling task (**) 8 external event tasks (**)

https://www.se.com/es/es/product/TM241C40R/controller-m241-40-io-relay-%28%28*%29%29/

TM3DQ16R

Principal	
gama de producto	Modicon TM3
tipo de producto o componente	Módulo de salida discreta
Compatibilidad de gama	Modicon M241 Modicon M251 Modicon M221
tipo de salida digital	Relé normalmente abierto
número de salidas discretas	16
lógica de salida discreta	Lógica positiva (fuente)
tensión de salida	240 V CA para salida del relé 30 V CC para salida del relé
montado en la pared del conducto	2000 mA para salida del relé
Complementario	
número de E/S digitales	16
Consumo de corriente	0 mA en 24 V DC vía conector de bus - tipo de cable: do estado desligado) 75 mA en 24 V DC vía conector de bus - tipo de cable: en estado on)
tiempo respuesta	10 ms - tipo de cable: turn-on) 5 ms - tipo de cable: turn-off)
Durabilidad mecánica	20000000 ciclos
carga mínima	10 mA en 5 V DC para salida del relé
señalizaciones en local	Estado salida, estado 1 1 LED por canal - tipo de cable: verde)
Consecutivo, seguido, continuo, adosado	10 1,5 mm ² bornero de tornillo extraíble con capacidad de sujeción: campo 3.81 mm para salidas
maximum cable distance between devices	Cable sin apantallar, estado 1 <30 m para salida del relé
aislamiento	Entre la salida y la lógica interna en 2300 V AC Entre salidas en 750 V AC Entre los grupos de salida en 1500 V AC
marcado	CE
Soporte de montaje	Tipo de tapón TH35-15 carril acorde a IEC 60715 Tipo de tapón TH35-7.5 carril acorde a IEC 60715 placa o panel con juego de fijación
altura	90 mm
profundidad	84,6 mm
anchura	27,4 mm
peso del producto	0,145 kg

[https://www.se.com/es/es/product/TM3DQ16R/module-tm3---16-outputs-relays-\(\(*\)/](https://www.se.com/es/es/product/TM3DQ16R/module-tm3---16-outputs-relays-((*)/)