



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DEL DISEÑO
GRADO EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA INDUSTRIAL Y AUTOMÁTICA

TRABAJO FIN DE GRADO

Configuración y arranque de una estación industrial para una línea de montaje y empaquetado

Autor:

Vicent Juanes Flordelís

Tutor:

Antonio González Sorribes

AGRADECIMIENTOS

Antes de empezar a desarrollar este proyecto me gustaría dar las gracias a varias personas que han influido en el desarrollo de este trabajo.

En primer lugar, agradecer a mi tutor de la universidad Antonio González Sorribes por sus consejos, por mostrarme en cada momento el procedimiento que debía seguir para un buen trabajo.

Es importante no olvidarse de mi tutor en la empresa donde desarrollé mis prácticas, ya que fue el que me enseñó todos los conceptos que no sabía para entender y comprender el funcionamiento de lo que es un sistema automatizado. Sin él no hubiera desarrollado este trabajo.

En segundo lugar, a mis compañeros y amigos de la carrera por ayudarme y motivarme a desarrollar este trabajo.

Por último, a mis familiares por el apoyo incondicional mostrado en los momentos más complicados ocurridos en el desarrollo de este proyecto. Sin estos no habría conseguido finalizar este proyecto en condiciones óptimas.

Resumen

Hoy en día, la automatización de procesos es bastante utilizada por empresas industriales. Esto es debido a que, gracias a este mecanismo, se pueden ejecutar procesos de producción de una forma más eficiente, necesitando menos presencia humana y realizando procesos repetitivos de manera más rápida con un margen de error bastante reducido. Es por esto por lo que muchas empresas han apostado por invertir recursos en automatizar gran parte de las tareas.

El presente trabajo muestra la configuración de una estación de una línea de producción industrial completa, desarrollada y construida en una empresa privada donde he desarrollado las prácticas. En conjunto, la línea de producción está pensada para que realice el montaje y el empaquetado de cajas de cartón. Dentro de esta, se pueden realizar diferentes formatos de caja, dependiendo de la necesidad del cliente en ese momento, como también se puede modificar la introducción del producto en las cajas. Concretamente, está basada en cuatro estaciones claramente diferenciadas. En la primera estación, se realiza el montaje de la caja donde va a ir el producto. Seguidamente, se introducen en la siguiente estación donde entrarán tanto las cajas como el producto. En esta, dependiendo del formato de la caja, se introducirá el producto de una forma u otra. A continuación, cuando esté el producto dentro de la caja, pasará a la siguiente estación donde se montará la tapa para cerrar la caja. Finalmente, pasará por la última estación, donde se le dará la vuelta a la caja, para un eficiente paletizado.

Especialmente en este trabajo se desarrollará la configuración de la tercera estación, concretamente de la que se encarga de montar la tapa para poder cerrar la caja. Estará compuesto por la programación en lenguaje Ladder de las diferentes partes que componen esta tercera estación, esta programación se desarrollará con el programa “Gx Works 3” para la marca de PLC Mitsubishi. Todo esto será controlado mediante el sistema SCADA que será implementado en una pantalla HMI a partir del programa “GT Designer 3”.

Índice

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----|
| AGRADECIMIENTOS | 3 |
| Resumen | 5 |
| 1. Introducción y objetivos | 16 |
| 2. Justificación del trabajo | 17 |
| 3. Antecedentes | 17 |
| 4. Memoria | 20 |
| 4.1. Hardware | 20 |
| 4.1.1. PLC Seguridad | 21 |
| 4.1.2. PLC Mitsubishi | 22 |
| 4.1.3. Servomotor y amplificador | 23 |
| 4.1.4. Variador | 24 |
| 4.1.5. Pantalla HMI | 25 |
| 4.2. Conexión entre dispositivos | 27 |
| 4.3. Software | 31 |
| 4.3.1. Software PLC seguridad | 31 |
| 4.3.1.1. Interfaz gráfica | 31 |
| 4.3.1.2. Esquema de cableado | 34 |
| 4.3.1.3. Esquema de funcionamiento | 35 |
| 4.3.1.3.1. Entradas | 35 |
| 4.3.1.3.2. Sistema automatizado | 36 |
| 4.3.1.3.3. Comunicaciones | 38 |
| 4.3.1.3.4. Salidas | 39 |
| 4.3.1.4. Comunicación con PLC seguridad | 40 |
| 4.3.2. Descripción del sistema automatizado | 43 |
| 4.3.3. Programación PLC Mitsubishi | 47 |
| 4.3.3.1. Introducción y configuración de GX Works 3 | 47 |
| 4.3.3.2. Herramientas de programación | 50 |
| 4.3.3.2.1. Bloques de función | 50 |
| 4.3.3.2.1.1. FB_ M+RJ71EIP91_ClassGetInputD y FB_ M+RJ71EIP91_ClassGetOutputD | 51 |
| 4.3.3.2.1.2. FB_Axis | 53 |
| 4.3.3.2.1.3. FB_Zonas | 54 |
| 4.3.3.2.1.4. FB_MC_Power_LD_RD77 | 55 |
| 4.3.3.2.1.5. FB_MCv_Jog_LD_RD77 | 55 |

| | | |
|---------------|------------------------------------------------------|-----|
| 4.3.3.2.1.6. | FB_MC_Stop_LD_RD77..... | 56 |
| 4.3.3.2.1.7. | FB_MC_MoveAbsolute_LD_RD77 | 57 |
| 4.3.3.2.1.8. | FB_MC_Reset_LD_RD77 | 58 |
| 4.3.3.2.1.9. | FB_MC_Home_LD_RD77 | 59 |
| 4.3.3.2.1.10. | FB_ZONASCOLA..... | 60 |
| 4.3.3.2.2. | Instrucciones empleadas..... | 61 |
| 4.3.3.3. | Programa PLC..... | 64 |
| 4.3.3.3.1. | Comunicación entradas dispositivos | 65 |
| 4.3.3.3.2. | Comunicación entradas servomotores..... | 67 |
| 4.3.3.3.3. | Modos de funcionamiento..... | 68 |
| 4.3.3.3.4. | Comunicación entre PLC y HMI..... | 69 |
| 4.3.3.3.5. | Modo manual..... | 70 |
| 4.3.3.3.6. | Modo automático..... | 72 |
| 4.3.3.3.6.1. | Programación Pick | 74 |
| 4.3.3.3.6.2. | Programación carro | 77 |
| 4.3.3.3.6.3. | Programación pisador..... | 79 |
| 4.3.3.3.6.4. | Programación cintas | 83 |
| 4.3.3.3.6.5. | Programación seguridad..... | 84 |
| 4.3.3.3.7. | Comunicación salidas variadores | 84 |
| 4.3.3.3.8. | Comunicación salidas servomotores | 85 |
| 4.3.3.3.8.1. | Salidas Pick | 85 |
| 4.3.3.3.8.2. | Salidas Carro | 86 |
| 4.3.3.3.8.3. | Salidas Pisador | 87 |
| 4.3.3.3.9. | Comunicación salidas módulo E/S..... | 88 |
| 4.3.3.3.10. | Programación iluminación estación | 89 |
| 4.3.3.4. | Configuración HMI..... | 89 |
| 4.3.3.4.1. | Introducción a GT Designer 3 | 90 |
| 4.3.3.4.2. | Configuración alarmas | 95 |
| 4.3.3.4.3. | Asociación direcciones memoria PLC – HMI..... | 96 |
| 5. | Conclusiones del trabajo | 99 |
| 6. | Pliego de condiciones..... | 101 |
| 6.1. | Definición y alcance del pliego de condiciones | 101 |
| 6.1.1. | Objeto del pliego | 101 |
| 6.1.2. | Descripción general del montaje | 101 |
| 6.2. | Condiciones y normas de carácter general | 101 |

| | | |
|----------|-------------------------------------------------|-----|
| 6.3. | Condiciones de los materiales | 102 |
| 6.3.1. | PLC Mitsubishi y PLC SCMERSAL (seguridad) | 102 |
| 6.3.2. | Ordenador personal | 102 |
| 6.4. | Estudios de legislación | 103 |
| 7. | Presupuesto | 106 |
| 7.1. | Software | 106 |
| 7.2. | Hardware | 106 |
| 7.3. | Mano de obra..... | 107 |
| 7.3.1. | Presupuesto ingenieros programación..... | 107 |
| 7.3.2. | Presupuesto ingenieros de taller..... | 107 |
| 7.3.3. | Presupuesto total mano de obra..... | 108 |
| 7.4. | Coste total del proyecto..... | 108 |
| 8. | Anexos..... | 110 |
| 8.1 | Direcciones de memoria utilizadas | 111 |
| 8.1.1 | Variables booleanas..... | 111 |
| 8.1.2. | Variables tipo float | 113 |
| 8.1.3. | Alarmas | 116 |
| 8.2. | MANUAL DE USUARIO | 119 |
| 8.2.1. | MANUAL DE FUNCIONAMIENTO | 119 |
| 8.2.2. | INICIAR Y DETENER EL CICLO | 120 |
| 8.2.3. | CONFIGURACIÓN DE PARÁMETROS..... | 121 |
| 8.2.3.1. | PICK..... | 121 |
| 8.2.3.2. | CARRO | 123 |
| 8.2.3.3. | PISADOR..... | 123 |
| 8.2.3.4. | CINTAS | 125 |
| 8.2.3.5. | COLA..... | 125 |
| 8.3. | MANUAL | 126 |
| 8.3.1. | PICK..... | 127 |
| 8.3.2. | CARRO | 128 |
| 8.3.3. | PISADOR..... | 128 |
| 8.3.4. | HERRAMIENTA..... | 130 |
| 8.3.5. | CINTAS | 130 |
| 8.4. | HISTÓRICO DE ALARMAS..... | 131 |
| 8.5. | REARME TRAS PARO DE EMERGENCIA | 132 |
| 9. | Referencias..... | 133 |

Índice de figuras

| | |
|----------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1: Botonera control funcionamiento | 20 |
| Figura 2: PLC Seguridad y expansores | 21 |
| Figura 3: PLC Mitsubishi | 23 |
| Figura 4: Servomotor y amplificador marca Mitsubishi | 24 |
| Figura 5: Variador de motor eléctrico marca Mitsubishi | 25 |
| Figura 6: Cara frontal pantalla HMI..... | 26 |
| Figura 7: Cara posterior pantalla HMI | 26 |
| Figura 8: Direcciones ID dispositivos en programa PLC..... | 28 |
| Figura 9: Direcciones ID Servomotores en programa PLC | 29 |
| Figura 10: Conexionado dispositivos con PLC..... | 29 |
| Figura 11: Conexionado Servomotores con PLC..... | 30 |
| Figura 12: Asociación direcciones IP e ID en módulo Ethernet IP..... | 30 |
| Figura 13: Vista principal programa seguridad..... | 32 |
| Figura 14: Esquema general conexionado PLC seguridad..... | 33 |
| Figura 15: Biblioteca componentes..... | 34 |
| Figura 16: Conexionado componentes con PLC seguridad | 35 |
| Figura 17: Entradas PLC seguridad | 36 |
| Figura 18: Programa automatizado PLC seguridad | 38 |
| Figura 19: Comunicaciones E/S PLC seguridad | 39 |
| Figura 20: Programación salidas PLC seguridad | 40 |
| Figura 21: Interfaz del dispositivo | 41 |
| Figura 22: Configuración dirección IP PLC seguridad | 41 |
| Figura 23: Envío de configuración al PLC seguridad | 41 |
| Figura 24: Conexión online con PLC seguridad | 42 |
| Figura 25: Clave de acceso a PLC seguridad | 42 |
| Figura 26: Visualización en tiempo real estado PLC seguridad..... | 42 |
| Figura 27: Vista general estación empaquetado..... | 43 |
| Figura 28: Herramienta Pick 1º etapa..... | 44 |
| Figura 29: Bandeja entrada tapas | 44 |
| Figura 30: Herramienta Carro 2º etapa..... | 45 |
| Figura 31: Herramienta Pisador 3º etapa..... | 45 |

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 32: Distribución solapas en herramienta..... | 46 |
| Figura 33: Cintas transporte cajas en estación | 46 |
| Figura 34: Desplegable crear nuevo proyecto..... | 47 |
| Figura 35: Elección PLC y tipo programación utilizado..... | 48 |
| Figura 36: Biblioteca componentes PLC | 48 |
| Figura 37: Estructura módulos del PLC..... | 49 |
| Figura 38: Configuración dirección IP PLC | 49 |
| Figura 39: Configuración dirección IP módulo Ethernet IP..... | 50 |
| Figura 40: Bloque de función comunicación entradas | 52 |
| Figura 41: Bloque de función comunicación salidas..... | 52 |
| Figura 42: Programación FB_Axis | 53 |
| Figura 43: Bloque de función en programa..... | 53 |
| Figura 44: Programacion FB_Zonas | 54 |
| Figura 45: Bloque de función en el programa..... | 54 |
| Figura 46: Bloque de función MC_Power | 55 |
| Figura 47: Bloque de función movimiento manual..... | 56 |
| Figura 48: Bloque función paro servomotor | 57 |
| Figura 49: Bloque de función de movimiento de servomotor..... | 58 |
| Figura 50: Bloque de función reinicio servomotor | 58 |
| Figura 51: Bloque de función posicionar origen..... | 59 |
| Figura 52: Variables utilizadas en bloque de función | 60 |
| Figura 53: Programación bloque de función de zona disparo cola | 60 |
| Figura 54: Bloque de función de zona de cola en programa..... | 60 |
| Figura 55: Distribución en secciones del programa desarrollado | 65 |
| Figura 56: Sección variables entrada módulo E/S..... | 66 |
| Figura 57: Sección variables entrada PLC seguridad..... | 66 |
| Figura 58: Sección variables entrada variadores..... | 67 |
| Figura 59: Sección variables entradas servomotores | 68 |
| Figura 60: Programación modos de funcionamiento de la estación..... | 69 |
| Figura 61: Sección asociación direcciones de memoria del PLC con HMI | 70 |
| Figura 62: Sección 1 Bloques de función encargados de movimiento servomotor..... | 71 |
| Figura 63: Sección 2 Bloques de función encargados de movimiento servomotor..... | 71 |
| Figura 64: Programación programa principal automático..... | 73 |
| Figura 65: Transiciones programa principal | 73 |
| Figura 66: Etapas cogida de tapa..... | 74 |

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 67: Etapas dejada de tapas | 75 |
| Figura 68: Etapas fin de ciclo..... | 75 |
| Figura 69: Transiciones programa automatizado herramienta Pick | 76 |
| Figura 70: Programación intento cogida y avance bandeja de tapas..... | 76 |
| Figura 71: Etapas transporte tapa | 77 |
| Figura 72: Etapas regreso a posición de inicio y fin de ciclo..... | 78 |
| Figura 73: Transiciones empleadas herramienta Carro | 78 |
| Figura 74: Etapas posicionamiento inicial | 80 |
| Figura 75: Etapas cogida de tapa..... | 80 |
| Figura 76: Etapas secuencia cierre tapa | 81 |
| Figura 77: Etapas fin de ciclo..... | 81 |
| Figura 78: Transiciones empleadas en el programa herramienta Pisador | 82 |
| Figura 79: Transiciones secuencia cierre de tapa..... | 82 |
| Figura 80: Etapas secuencia avance cajas en cintas | 83 |
| Figura 81: Transiciones empleadas programación cintas..... | 84 |
| Figura 82: Programación detención emergente de la estación | 84 |
| Figura 83: Sección comunicación salidas variadores | 85 |
| Figura 84: Salidas herramienta Pick..... | 85 |
| Figura 85: Salidas herramienta Carro..... | 86 |
| Figura 86: Salidas guía y vacío herramienta Pisador | 87 |
| Figura 87: Salidas Solapas Herramienta Pisador | 88 |
| Figura 88: Sección variables salida Módulo E/S..... | 88 |
| Figura 89: Programación iluminación interior estación | 89 |
| Figura 90: Creación de nuevo proyecto HMI..... | 90 |
| Figura 91: Elección modelo HMI..... | 90 |
| Figura 92: Configuración dirección IP HMI | 91 |
| Figura 93: Vista general Gt Designer 3..... | 92 |
| Figura 94: Objetos disponibles a utilizar..... | 92 |
| Figura 95: Configuración objeto pulsador | 93 |
| Figura 96: Configuración objeto entrada numérica..... | 94 |
| Figura 97: Configuración objeto display alarmas | 94 |
| Figura 98: Configuración listado de alarmas | 95 |
| Figura 99: Configuración de activación de las alarmas en programa PLC | 96 |
| Figura 100: Asociación direcciones de memoria PLC con HMI | 97 |
| Figura 101: Configuración dirección IP PLC en programa HMI..... | 98 |

| | |
|--------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 102: Pantalla táctil | 119 |
| Figura 103: Vista principal Pantalla..... | 120 |
| Figura 104: Menú Setup..... | 121 |
| Figura 105: Parámetros herramienta Pick | 122 |
| Figura 106: Ajuste posiciones Pick..... | 122 |
| Figura 107: Parámetros herramienta Carro | 123 |
| Figura 108: Parámetros herramienta Pisador | 124 |
| Figura 109: Ajuste posiciones Pisador..... | 124 |
| Figura 110: Ajuste velocidades Cintas..... | 125 |
| Figura 111: Ajuste zona disparo cola 1 | 125 |
| Figura 112: Ajuste zona disparo cola 2..... | 126 |
| Figura 113: Menú Manual..... | 127 |
| Figura 114: Posicionamiento manual herramienta Pick..... | 127 |
| Figura 115: Posicionamiento manual herramienta Carro..... | 128 |
| Figura 116: Posicionamiento manual herramienta Pisador | 129 |
| Figura 117: Posicionamiento manual solapas y guía | 129 |
| Figura 118: Movimiento manual cintas | 130 |
| Figura 119: Alarmas activas actuales..... | 131 |
| Figura 120: Histórico de alarmas | 132 |

Índice de tablas

| | |
|----------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabla 1: Direcciones IP e ID dispositivos | 28 |
| Tabla 2: Direcciones ID Servomotores | 28 |
| Tabla 3: Instrucciones de operaciones matemáticas..... | 61 |
| Tabla 4: Instrucciones de escritura..... | 62 |
| Tabla 5: Instrucciones de modificación valor variable y temporizador | 62 |
| Tabla 6: Instrucciones de comparación..... | 63 |
| Tabla 7: Contactos y bobinas empleadas | 63 |
| Tabla 8: Presupuesto Software..... | 106 |
| Tabla 9: Presupuesto Hardware..... | 106 |
| Tabla 10: Presupuesto mano de obra ingenieros de programación | 107 |
| Tabla 11: Presupuesto mano de obra ingenieros de taller | 107 |
| Tabla 12: Presupuesto coste mano de obra total trabajadores | 108 |
| Tabla 13: Presupuesto final proyecto | 108 |
| Tabla 14: Variables booleanas generales | 111 |
| Tabla 15: Variables booleanas herramienta Pick | 111 |
| Tabla 16: Variables booleanas herramienta Carro | 112 |
| Tabla 17: Variables booleanas herramienta Pisador | 112 |
| Tabla 18: Variables booleanas Cintas | 113 |
| Tabla 19: Variables float generales | 113 |
| Tabla 20: Variables float herramienta Pick..... | 114 |
| Tabla 21: Variables float herramienta Carro..... | 114 |
| Tabla 22: Variables float herramienta Pisador | 115 |
| Tabla 23: Variables float Cintas..... | 115 |
| Tabla 24: Variables booleanas alarmas..... | 118 |

1. Introducción y objetivos

El presente trabajo consiste en la configuración y puesta en marcha de una de las estaciones que configuran la línea de producción. Estas estaciones se están desarrollando en la empresa donde he desarrollado las prácticas, se trata de la empresa “Elecproy, Automatización y Robótica Industrial” localizada en Corbera, municipio de Valencia. También se mostrará la configuración del PLC de seguridad que se ha implantado para prevenir que los operarios puedan acceder al interior de la estación mientras la máquina esté en funcionamiento.

El planteamiento principal de este proyecto consiste en empaquetar, mediante una tapa de cartón, una caja que contiene paquetes de toallitas de limpieza. Para ello, se desarrollará la automatización aplicada a un PLC perteneciente a la marca Mitsubishi.

El primer objetivo que se plantea consiste en la programación de las diferentes seguridades que conforman la estación. Esta programación se realizará sobre las diferentes setas de emergencia y de las puertas de acceso al interior. Para ello, se utilizará el programa de la marca Schmersal “*Schmersal SafePLC2 1.7.1.7889_rev37*”. El programa realizado, se implementará en un PLC proporcionado por la marca.

El siguiente objetivo consiste en diseñar un control de procesos mediante el sistema SCADA. Este sistema será supervisado a partir de una pantalla HMI de la marca Mitsubishi. A través de esta pantalla, se consigue transferir las instrucciones que se quieren realizar al PLC para un control del funcionamiento del proceso a ejecutar de una forma más intuitiva y sencilla. Además, se han creado tres modos de funcionamiento, dependiendo de la necesidad del usuario en un momento determinado.

Este sistema servirá de gran ayuda ya que nos proporciona información del estado de la máquina en tiempo real y poder tomar decisiones de forma precisa sin tener que perder demasiado tiempo en investigar los posibles fallos de la máquina.

Los motivos principales de los 3 modos de funcionamiento de la máquina de la estación son los siguientes:

- **Modo automático:** Se le pedirá introducir unos determinados parámetros al usuario que tendrá que determinar dependiendo de las necesidades de la producción en cada situación, esto generará que el sistema automatizado realice el funcionamiento de una forma u otra.
- **Modo manual:** A través de este método el usuario tendrá un control total sobre la máquina y podrá configurar los parámetros necesarios para que realice los movimientos que han sido requeridos por el usuario.
- **Modo Off:** Cuando esté activado este método, las herramientas dejarán de funcionar y no será posible el movimiento de estas a través de la pantalla HMI. Servirá también para apagar la estación si no va a haber producción.

2. Justificación del trabajo

Es importante mencionar que este trabajo tiene la finalidad de cumplir con el último requisito necesario para la obtención del título para ser graduado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática, siendo este mismo documento dirigido y supervisado por un profesor de la Universitat Politècnica de València, perteneciente al DISA (Departamento de la Ingeniería de Sistemas Automatizados), en concreto Antonio González Sorribes.

Gracias a este trabajo, se han podido aplicar conceptos teóricos relacionados con la automatización y el control de procesos industriales a proyectos reales, pudiendo realizar pruebas en tiempo real y ejecutar cambios en el programa después de analizar comportamientos reales de la máquina. De esta forma, se afianzan mucho más los conceptos que se han obtenido en los estudios del grado realizado.

3. Antecedentes

Este proyecto se ha llevado a cabo en vista de la necesidad del cliente por querer optimizar el montaje y el empaquetado de cajas de cartón, ya que este trabajo es muy repetitivo y requiere de mucha agilidad para poder formar cuantas más cajas mejor en poco tiempo. El cliente pidió a la empresa que buscara una solución a esta falta de optimización. Por este motivo, la empresa llegó a la conclusión de que la forma más eficiente para realizar el trabajo debía ser utilizando maquinaria automatizada a través de PLC's. Para ello, se analizaron con el cliente sus necesidades concretas, como, por ejemplo, la cantidad de paquetes por caja o la dimensiones de esta, ya que esto será de gran importancia para poder desarrollar el programa automatizado.

Por otra parte, se estudió las dimensiones que podía abarcar la línea de producción para saber el espacio con el que se contaba, ya que se requiere de varias estaciones de un volumen considerable.

Cabe dejar constancia que antes de empezar a realizar el siguiente proyecto, que es la automatización de la tercera estación de la línea de producción, se han tenido en cuenta la estaciones previas para conocer el funcionamiento de las máquinas. Ya que por ejemplo, la primera estación tiene un sistema automatizado bastante similar. Esto ha agilizado y ayudado a configurar y automatizar la estación de una forma más rápida y efectiva.

MEMORIA

4. Memoria

4.1. Hardware

Al tratarse de una estación con varias etapas, va a requerir de varios dispositivos para que se lleve a cabo el correcto funcionamiento de la estación. Por lo que es importante mencionar que existen más dispositivos que completan el funcionamiento, pero para este trabajo se han escogido aquellos dispositivos que hagan posible el funcionamiento del sistema automatizado.

Como dispositivos principales se han utilizado 2 PLC's, uno es el PLC de la marca Mitsubishi y el otro es el PLC de seguridad de la marca Schmersal. Además, se han utilizado 3 servomotores y 3 variadores para 3 motores eléctricos, todos de la marca Mitsubishi. Para el control mediante sistema SCADA de los procesos producidos a través del PLC se ha utilizado un HMI de la marca Mitsubishi. Para manejar y controlar las fotocélulas que ayudan al control de posiciones de las herramientas y de las diferentes botoneras distribuidas por varias partes de la estación, se ha utilizado un dispositivo con varias tarjetas de E/S. Todos estos dispositivos están localizados en un armario eléctrico donde existen más componentes que hacen posible la alimentación y la distribución de toda la energía necesaria para que todos los elementos que conforman la estación funcionen correctamente.

Es importante mencionar que existen 3 conjuntos de botoneras, distribuidas por los laterales de la estación, donde se encuentran una seta de emergencia, un botón que rearma la máquina, un botón que finaliza el ciclo que se esté ejecutando y otro botón que inicia el ciclo. En la **figura 1**, se muestra un ejemplo de una de las botoneras.



Figura 1: Botonera control funcionamiento

A continuación, se mostrarán los dispositivos más relevantes para el funcionamiento de la estación.

4.1.1. PLC Seguridad

Este PLC se ha utilizado para el control de las seguridades de la estación, como son las habilitaciones para abrir las puertas que permiten el acceso al interior de la estación, las setas de emergencia que inhabilita el movimiento de las herramientas y del botón del rearme que habilita la vuelta al funcionamiento de la estación. El PLC es el modelo PSC1-C-100-FB1 de la marca SCHMERSAL formado por 2 relés, con una cantidad de entradas/salidas digitales seguras de 20, pudiendo esta cantidad ser ampliada mediante un módulo de ampliación.

Además, se han utilizado expansores que son los que habilitan o deshabilitan el funcionamiento de la apertura de las puertas o el movimiento de los servomotores y variadores de los motores eléctricos. Estos expansores son el modelo SRB402EM, se han utilizado 3 en esta estación, 2 para el control de las puertas y 1 para el control de los servomotores y variadores. En la **figura 2** se muestra el PLC de seguridad y los expansores montados en el cuadro eléctrico en pleno funcionamiento, junto al modelo de expansor utilizado. Para más información consulte la referencia [1].



Figura 2: PLC Seguridad y expansores

4.1.2. PLC Mitsubishi

Este PLC es el principal dispositivo para que el sistema automatizado se pueda realizar. Es el encargado de enviar las órdenes a las herramientas para que efectúen el movimiento que se desea, como también recibe información de las fotocélulas, servomotores y variadores para determinar unas órdenes u otras.

A continuación, se describen las ventajas y las desventajas más importantes del uso de un PLC en producciones industriales:

Ventajas:

- Controles más precisos y exactos.
- Respuestas rápidas
- Mantenimiento mínimo y menos costoso
- Capaz de controlar todas las estaciones de una misma línea de producción
- Fácil de programar
- Instalación sencilla

Desventajas:

- Proceso centralizado
- Personal altamente calificado
- Coste inicial de instalación elevado
- Coste elevado para tareas sencillas

El PLC que se ha utilizado para este trabajo es el modelo R61P de la marca Mitsubishi. Este modelo es la fuente de alimentación que alimenta a los diferentes módulos que se adhieran a continuación. En vista de las necesidades del proyecto, se han añadido 3 módulos, el primer módulo que es el modelo R16CPU es la CPU donde se almacenará todo el programa y todas las variables que se han utilizado, como también los bloques de funciones utilizados.

El segundo módulo es el modelo RD77GF16 que es el encargado de controlar los diferentes servomotores que conforman la línea de producción como también interpretar los parámetros recibidos por los servos y comunicarlos al programa para que tome las decisiones necesarias para cada momento. Este modelo en concreto alcanza a controlar 16 servomotores, con un ciclo de operación de 0.5 ms consumiendo 1.1 A. El protocolo que sigue este módulo para la comunicación con los servomotores es el CC-Link IE Field. A través de este módulo se reconocerá todos los servomotores que estén asociados y se identificará cada uno mediante una ID, estas ID se guardarán en variables para ser utilizadas más adelante.

El tercer módulo es el modelo RJ71EI91 que es el encargado de almacenar la configuración de las comunicaciones con todos los dispositivos. El protocolo de comunicación que se va a seguir es a través de Ethernet-IP, más adelante se detallará con mayor profundidad estas comunicaciones. En la **figura 3** se muestra el PLC utilizado montado en el cuadro eléctrico en pleno funcionamiento.

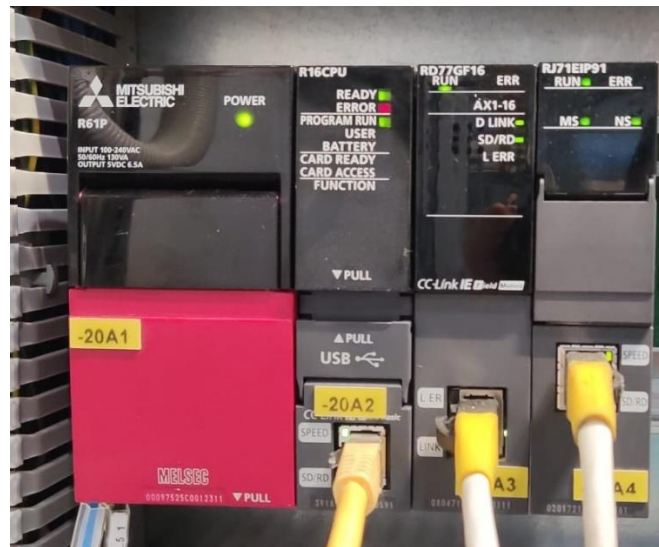


Figura 3: PLC Mitsubishi

4.1.3. Servomotor y amplificador

Para el funcionamiento de los servomotores se necesitan dos dispositivos, uno es el servomotor que para este proyecto se ha utilizado el modelo HG- SR con un consumo de 1000 W una tensión nominal de 400 V con freno de la marca Mitsubishi. El segundo dispositivo se trata del amplificador MR-J4-40GF-RJ. El amplificador es importante porque restaura y amplifica la señal de los servomotores para permitir una mayor longitud de conexión, como también proporcionar unos valores más precisos al PLC. En la **figura 4** se muestra el servomotor y los amplificadores escogidos y a los amplificadores en el cuadro eléctrico en pleno funcionamiento. Para más información de estos dispositivos consulte las referencias [2] y [3].



Figura 4: Servomotor y amplificador marca Mitsubishi

4.1.4. Variador

El modelo que se ha utilizado para el variador es el FR-E840-0026EPA-60 de la marca Mitsubishi. Este dispositivo es el encargado de regular la velocidad de giro de los motores eléctricos. Con este, además, se puede regular también el tiempo de aceleración y de deceleración provocando así arranques o frenadas de una forma más abrupta. Tiene un consumo de 750 W y trabaja con una corriente de 2.6 A. El modo de conectividad es a través de un cable de Ethernet RJ45 con el protocolo de Ethernet-IP. En la **figura 5** se muestra el modelo de variador que se ha utilizado y los 3 variadores utilizados dentro del cuadro eléctrico en funcionamiento. Para más información de este variador consulte la referencia [4].



Figura 5: Variador de motor eléctrico marca Mitsubishi

4.1.5. Pantalla HMI

El modelo que se ha utilizado de este dispositivo es GS-21 Series de la marca Mitsubishi de 10", 800 x 480 píxeles con un rango de 65526 colores, tiene panel táctil y no incluye botones físicos. Este dispositivo es el encargado de comunicar al PLC con el usuario y viceversa para que el usuario sepa en todo momento información necesaria para que la estación actúe como se desee y poder realizar cambios si en algún momento en concreto se desea modificar parámetros. Se ha utilizado el sistema SCADA para el control de procesos. Es importante mencionar que debe de estar alimentada a 24VDC, con un consumo de 7.6 W.

Tiene entrada USB RS-422, USB RS-232, USB y RJ45 para conexión Ethernet. El protocolo de conexión que se va a utilizar con esta pantalla es por Ethernet-IP. En la **figura 6** se muestra la cara frontal de la pantalla y en la **figura 7** se muestra la cara posterior.



Figura 6: Cara frontal pantalla HMI



Figura 7: Cara posterior pantalla HMI

4.2. Conexión entre dispositivos

Una vez descritos los dispositivos que se han utilizado, es importante explicar el procedimiento que se ha seguido para comunicarlos entre sí. En primer lugar, se establecieron los dispositivos que se iban a configurar por direcciones IP y qué no. Por una parte, los servomotores llevaban establecidos de serie un protocolo de comunicación que se asociaba directamente al módulo correspondiente al control de los servomotores anteriormente mencionados. Por otra parte, se estableció que el PLC principal, el PLC de seguridad, el módulo donde se insertan las tarjetas de E/S, los diferentes variadores que pertenecen a los motores eléctricos de las cintas y la pantalla HMI se controlasen por direcciones IP a través del protocolo Ethernet-IP.

En segundo lugar, se le pidió información al propietario de los dispositivos de la marca Mitsubishi para ver qué método era el más adecuado. Estos proporcionaron un software donde se introducía el listado de direcciones IP para cada dispositivo asociado a una ID diferente para cada una. Para la pantalla HMI no será necesario asociar una ID, ya que este dispositivo no va a ser controlado por el programa, sino que va a estar comunicado directamente con la CPU del PLC.

Además, proporcionaron las EDS para cada el PLC de seguridad, el módulo de E/S y los variadores. Es importante mencionar que una EDS es un archivo que describe las características importantes del dispositivo asociado, incluida la información de identidad, parámetros de comunicación e información de la estructura IO, entre otros. Este archivo nos permite interactuar con el dispositivo y establecer una comunicación.

Todos estos archivos junto a la red de direcciones IP creadas, se introducirán en el módulo RJ71EIP91. Este dispositivo es el encargado de reconocer la información de las EDS e identificar las ID para cada dirección IP, para que más adelante, el programa del PLC pueda comunicarse con los demás dispositivos.

Por otra parte, el proveedor de este dispositivo informó que el módulo de la CPU y el módulo de Ethernet IP son capaces de trabajar utilizando dos rangos de direcciones IP distintas, por lo que resultará más fácil estructurarlo. Realizando un estudio para ver como estructurarlo, se decidió utilizar el rango 3 para la CPU de Mitsubishi y la pantalla HMI y el rango 4 para el módulo RJ71EI91 donde irán asociados los demás dispositivos.

Después de asociar todas las direcciones IP junto con una ID a los dispositivos, se identificará cada ID, con una variable del programa del PLC, incluyendo también las ID de los servomotores anteriormente mencionado, para su comunicación con las entradas y salidas y actuar sobre ellas gracias al módulo anteriormente mencionado. Por último, es importante mostrar que la conexión entre los dispositivos es mediante cable RJ45 y todos estarán intercomunicados mediante un switch modelo FL SWITCH 1008N con 8 puertos de conexión.

A continuación, se mostrará en las **figuras 10 y 11** junto con las **tablas 1 y 2** todas las direcciones IP junto con su ID asociada:

| Dispositivo | ID | Dirección IP |
|----------------------------|-----------|--------------|
| PLC Principal | 1 | 192.168.3.1 |
| HMI | - | 192.168.3.30 |
| Módulo RJ71EI91 | - | 192.168.4.1 |
| PLC Seguridad | 20 | 192.168.4.42 |
| Dispositivo E/S | 21 | 192.168.4.43 |
| Variador Cinta Entrada | 22 | 192.168.4.44 |
| Variador Cinta Empaquetado | 23 | 192.168.4.45 |
| Variador Cinta Salida | 24 | 192.168.4.46 |

Tabla 1: Direcciones IP e ID dispositivos

```

24:
25: // Cerradora
26: AdrEip.Enc_Plc:=K1; //Nodo 02
27: AdrEip.Cerr_Plc:=K20; //Nodo 42
28: AdrEip.Cerr_IO:=K21; //Nodo 43
29: AdrEip.Cerr_Cinta1:=K22; //Nodo 44
30: AdrEip.Cerr_Cinta2:=K23; //Nodo 45
31: AdrEip.Cerr_CintaIn:=K24; //Nodo 46
32:

```

Figura 8: Direcciones ID dispositivos en programa PLC

| Dispositivo | ID |
|--------------------------|-----------|
| Servomotor Herramienta 1 | 9 |
| Servomotor Herramienta 2 | 10 |
| Servomotor Herramienta 3 | 11 |

Tabla 2: Direcciones ID Servomotores

```

//CERRADORA
Adr.CerrPick:=K9;
Adr.CerrCarro:=K10;
Adr.CerrPisa:=K11;

Adr_1.CerrPick:=K8;
Adr_1.CerrCarro:=K9;
Adr_1.CerrPisa:=K10;

//////////////////AXISNo//////////////////
//pick
Cerrpick.AxisNo:=Adr.CerrPick;
//pisador
CerrPisa.AxisNo:=Adr.CerrPisa;
//transporte
CerrCarro.AxisNo:=Adr.CerrCarro;

```

Figura 9: Direcciones ID Servomotores en programa PLC

En las **figuras 10 y 11** se mostrará de una forma más visual e intuitiva, el conexionado que se ha establecido entre los dispositivos y el PLC.

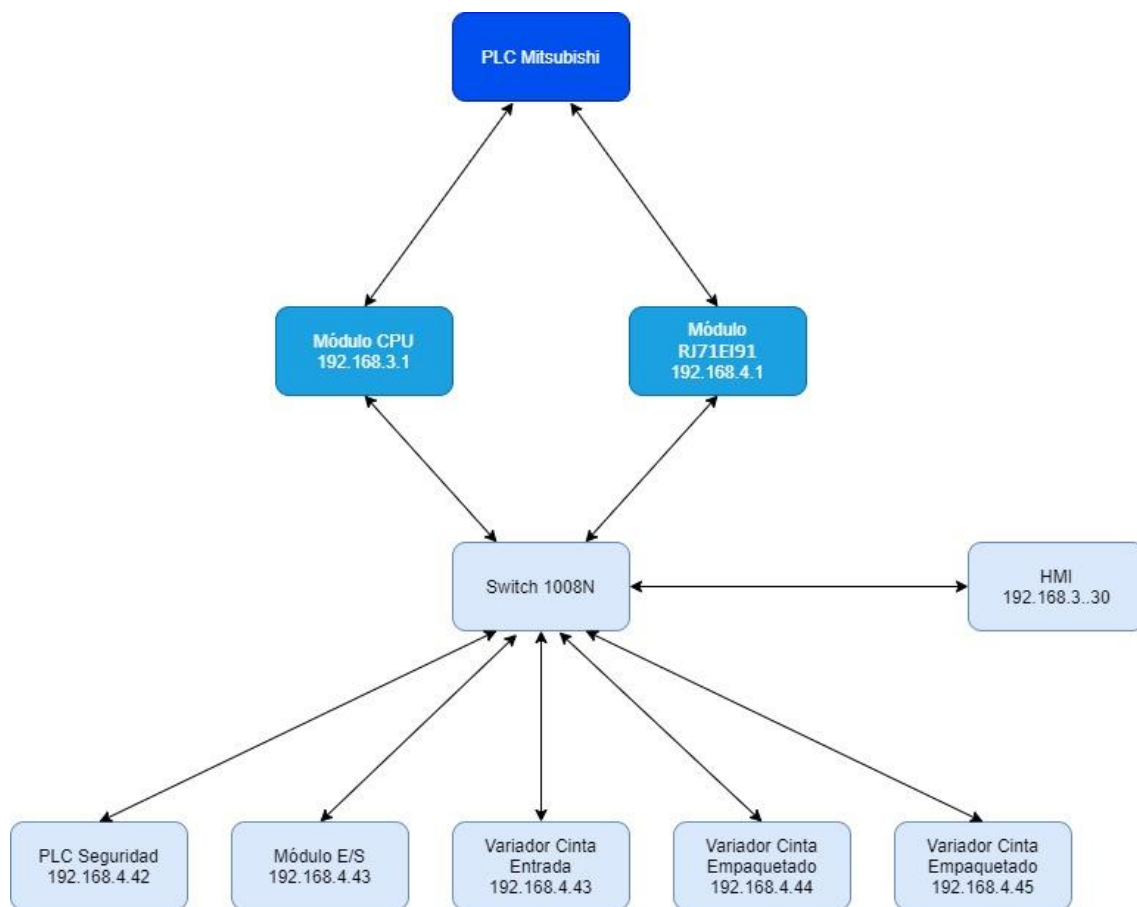


Figura 10: Conexionado dispositivos con PLC

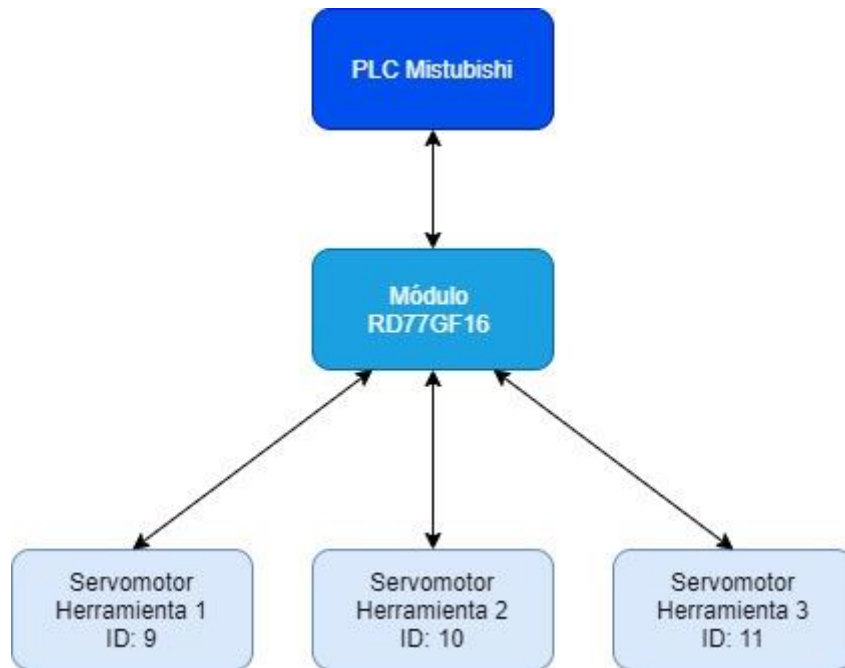


Figura 11: Conexión de Servomotores con PLC

A continuación, se mostrará en la **figura 12** la configuración que se ha seguido en la asociación de direcciones IP y las ID para cada dispositivo en el módulo de Ethernet IP.

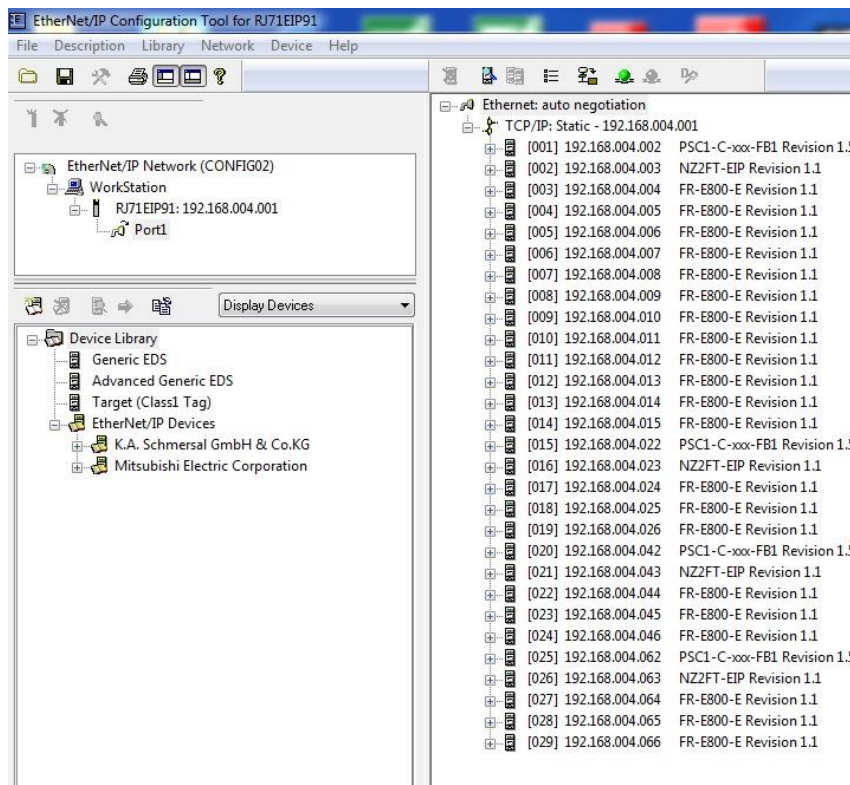


Figura 12: Asociación de direcciones IP e ID en el módulo Ethernet IP

4.3. Software

4.3.1. Software PLC seguridad

En primer lugar, es importante mencionar que, para poder utilizar el software proporcionado, el proveedor del PLC proporcionó un pendrive que habilita la autenticación mediante usuario, sin este pendrive no sería posible acceder al programa.

El PLC que se utilizó para cumplir con las seguridades de la estación es de la marca SCHMERSAL, la cual proporcionó el software necesario para poder programar la seguridad. El programa que proporcionó es el “Schmersal *SafePLC2 1.7.1.7889_rev37*”. Este programa es bastante intuitivo y visual gracias a disponer de una interfaz fácil de utilizar y simple. A continuación, se hará una breve descripción del programa, para que sea más fácil entender cómo se ha desarrollado la programación.

Es importante mencionar que, para poder comunicarse con este PLC, previamente se deberá haber configurado la red de direcciones IP y adjuntados los archivos EDS que requieren los dispositivos al módulo RJ71EIP91, para que cuando se proceda al envío del programa, éste reconozca el dispositivo correcto.

4.3.1.1. Interfaz gráfica

En primer lugar, se introduce el pendrive anteriormente citado y a continuación, se procede a abrir el programa. Cuando se abre por primera vez el programa, se despliega una ventana donde pide que se introduzca un usuario y una contraseña, esta información es suministrada por el proveedor junto con el pendrive.

Una vez se haya verificado el usuario, se visualizará la vista principal del programa (**figura 13**), donde en el lateral izquierdo se podrá visualizar un esquema jerarquizado de todos los componentes que se vayan añadiendo, en el lateral derecho se podrá visualizar las bibliotecas donde estarán todos los componentes disponibles del programa. En la parte superior como es de esperar, se encontrarán todas las herramientas necesarias para que el usuario desarrolle su programa con comodidad.

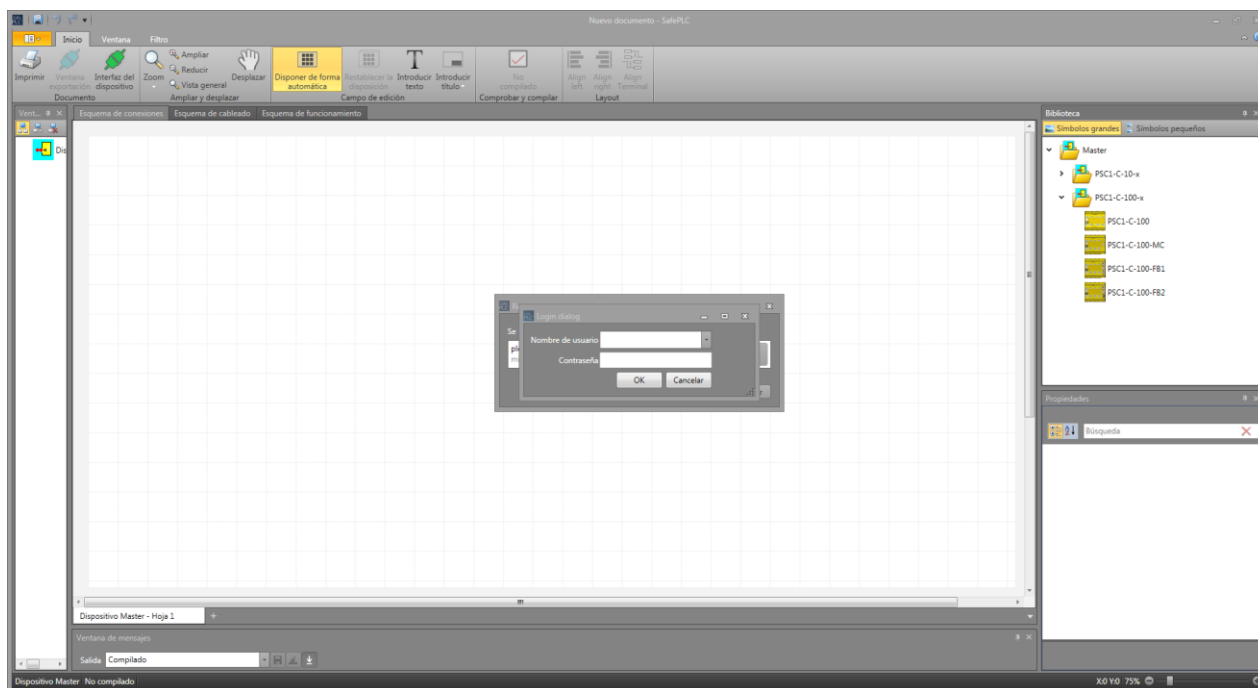


Figura 13: Vista principal programa seguridad

Para iniciar un nuevo proyecto, habrá que pulsar en la esquina superior izquierda el botón amarillo que está a la izquierda del desplegable de inicio, dentro de ahí, se le dará a nuevo proyecto y automáticamente se desplegarán 3 secciones del programa. La primera sección que aparece es el esquema de conexiones donde aparecerá la forma genérica y visual de cómo quedaría el “*conexionado de los componentes*” que se utilicen (**figura 14**).

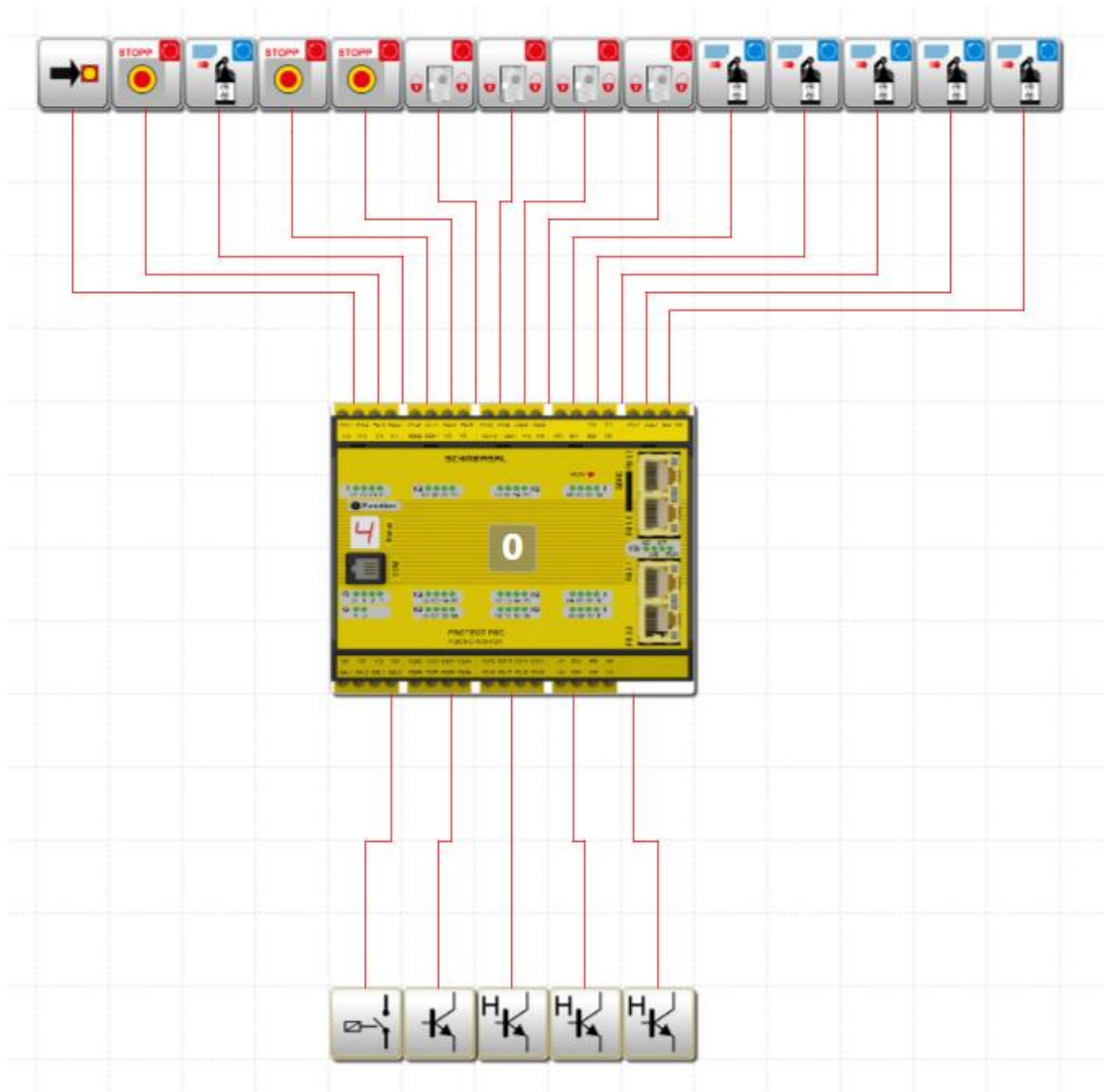


Figura 14: Esquema general conexionado PLC seguridad

La segunda sección que aparece es el “*esquema de cableado*”, en esta sección se seleccionarán los componentes que se vayan a utilizar, como también el modelo de PLC. Para ello, se necesitará hablar con el departamento de Eléctrica para ver como se ha conexionado el PLC para introducir en el mismo orden los componentes del programa. La tercera sección que aparece es el “*esquema de funcionamiento*”, donde se desarrollará la parte principal del programa. En esta, se diferenciarán 4 partes: entradas, sistema automatizado, comunicaciones y salidas.

4.3.1.2. Esquema de cableado

Para esta sección, el departamento eléctrico deberá de facilitar los planos de los esquemas eléctricos para poder ordenar de forma correcta el conexionado de los diferentes componentes. Una vez se haya visto el esquema eléctrico, se deberá de saber qué componentes hacen falta y cuáles no, por lo que se procederá a introducirlos buscándolos en la biblioteca que aparece en el lateral derecho (**figura 15**).

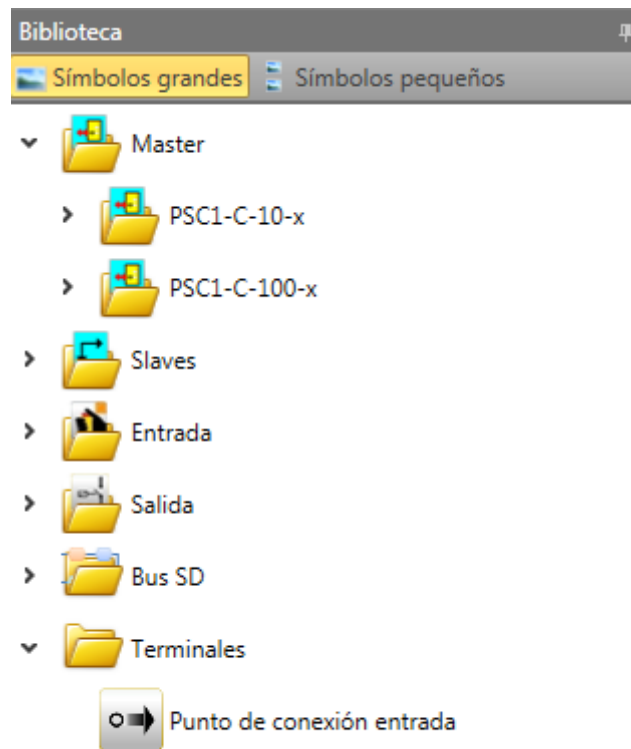


Figura 15: Biblioteca componentes

Para esta estación en concreto, se va a necesitar controlar el acceso al interior de la estación mediante puertas, estas van a estar controladas por unos dispositivos que permitirán la apertura o el cierre de la puerta y también habilitará o no la presión de aire que se necesitará para las herramientas. Es por esto, por lo que se controlará a estos dispositivos mediante el programa a realizar. Esta estación dispone de 4 puertas, 3 setas de emergencia y 3 botones de rearme, estos últimos servirán para bloquear de nuevo las puertas y habilitar a las herramientas para que puedan volver a trabajar. Para habilitar el cierre y la apertura de las puertas o el movimiento de los servomotores de las herramientas, se utilizarán expansores que recibirán del programa cuando tienen que habilitar y cuando no. Se dispone de 3 expansores, 2 se utilizarán para el control de las puertas y 1 para el control de los servomotores.

Una vez analizados los dispositivos que se necesitan, se irán buscando en la biblioteca y se irán introduciendo en la sección. En primer lugar, se buscará el modelo del PLC que se ha utilizado en esta ocasión y a continuación se irán conectando en las entradas correspondientes los componentes utilizados. Una vez conectado las entradas al PLC, se deberá conectar a la salida los expansores, los 2 del control de las puertas y el de control de los servomotores, como también la habilitación para rearmar la presión del aire. Los expansores actuarán tanto como entradas como salidas, ya que se deberá saber la situación de estos en todo momento y actuar sobre ellos. En la **figura 16** de a continuación se mostrará el resultado final en esta sección.

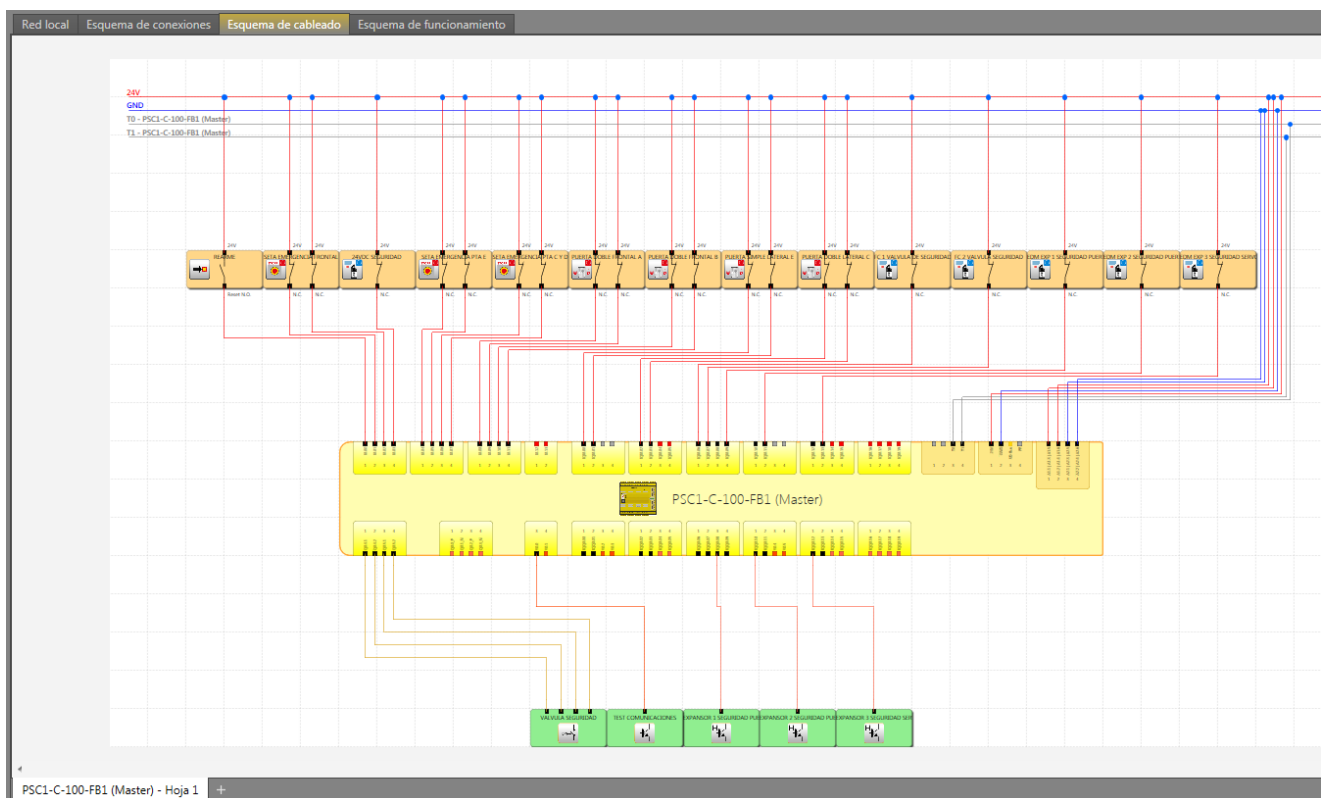


Figura 16: Conexión de componentes con PLC seguridad

4.3.1.3. Esquema de funcionamiento

En esta sección se definirá el sistema automatizado que se va a seguir para que la seguridad actúe adecuadamente. Para que visualmente queden claras las diferentes partes de esta sección, se crearán 4 partes para diferenciar 4 etapas, entradas, sistema automatizado, comunicaciones y salidas.

4.3.1.3.1. Entradas

En esta parte, se asociará cada componente anteriormente introducido en el esquema de cableado (los componentes que pertenecen a la parte de entradas del PLC) a puntos de conexión de entrada, que son unos elementos que sirven para asociar el componente tantas veces como se desee sin tener que introducirlo cada vez que se

necesite, con este punto de conexión será suficiente. En la **figura 17** de a continuación se muestra el esquema de la asociación de las entradas planteadas.

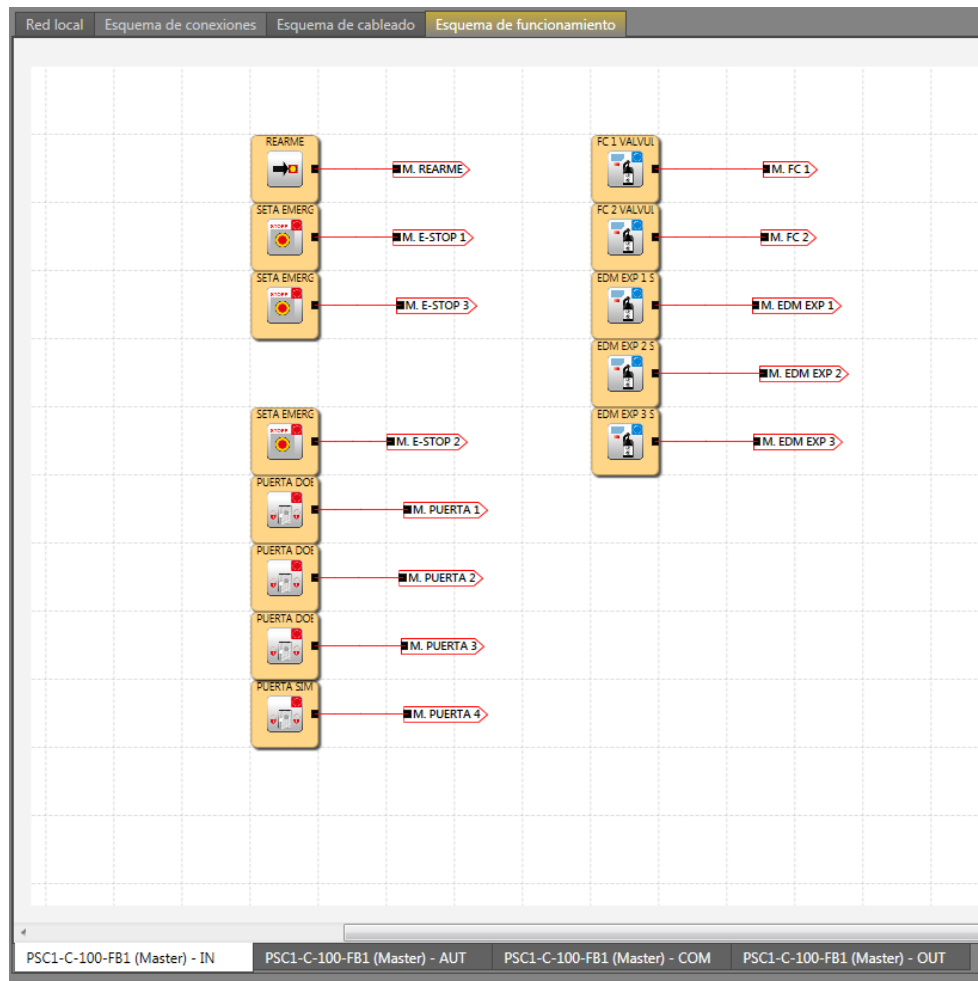


Figura 17: Entradas PLC seguridad

4.3.1.3.2. Sistema automatizado

En esta parte, se desarrollará el sistema automatizado que hará que dependiendo de la situación en que se encuentren las setas de emergencia y del botón de rearme, se podrán abrir o no las puertas y habilitar el movimiento de los servomotores o no.

Teniendo en cuenta las condiciones anteriores, el programa tiene la siguiente estructura:

- En primer lugar, cabe destacar que los dispositivos utilizados trabajarán como contacto normalmente cerrado, eso quiere decir, que cuando se activen, mostrarán en la entrada un 0, por lo que, para una programación más cómoda, se utilizará la función lógica NOT, para que, por ejemplo, se active una seta, de a la salida un 1.
- En segundo lugar, se utilizarán los puntos de conexión anteriormente creados, pero ahora se utilizarán como salidas, estando referenciados en la parte de entradas anterior.

- A continuación, se agruparán las setas de emergencia para que, si alguna de ellas estuviese activa, diese un 1 a la salida. Este 1 de la salida se bifurcará en 2 ramales. El primero irá a la entrada de un bloque de función llamado FLIP-FLOP. Este bloque tiene dos entradas, una de ellas pone a 0 la salida si recibe un 1 (Reset) y la otra entrada pone a 1 la salida cuando recibe un 1 (Set). En la segunda entrada se colocará el botón de rearme y en la salida se creará un punto de conexión nuevo que determinará que las setas no están activas. Por lo que, para determinar que las setas no están activas, se utilizará el bloque FLIP-FLOP que mostrará un 0 o un 1 dependiendo si recibe señal de las setas de emergencia o del botón de rearme.
- Posteriormente, se realizará el mismo procedimiento para las puertas y de las entradas que habilitan rearmar la presión de aire. Estos si está alguna puerta abierta o la presión de aire no está rearmada, dará a la salida un 1. Esta salida pondrá a 0 la salida de otro bloque de función FLIP-FLOP. Para poner un 1 en esta función se determinará si todos los expansores están activos y se ha pulsado el botón de rearmar. Si a la salida del bloque de función se encuentra un 1 significará que no hay ninguna seta activa, las puertas están cerradas y se ha pulsado el botón de rearmar, por lo que se habilitará la presión de aire y el movimiento de los servomotores mediante puntos de conexión que más adelante se utilizarán para referenciarse.

A continuación, en la **figura 18** se mostrará la programación que se ha desarrollado para el control de las seguridades automáticas.

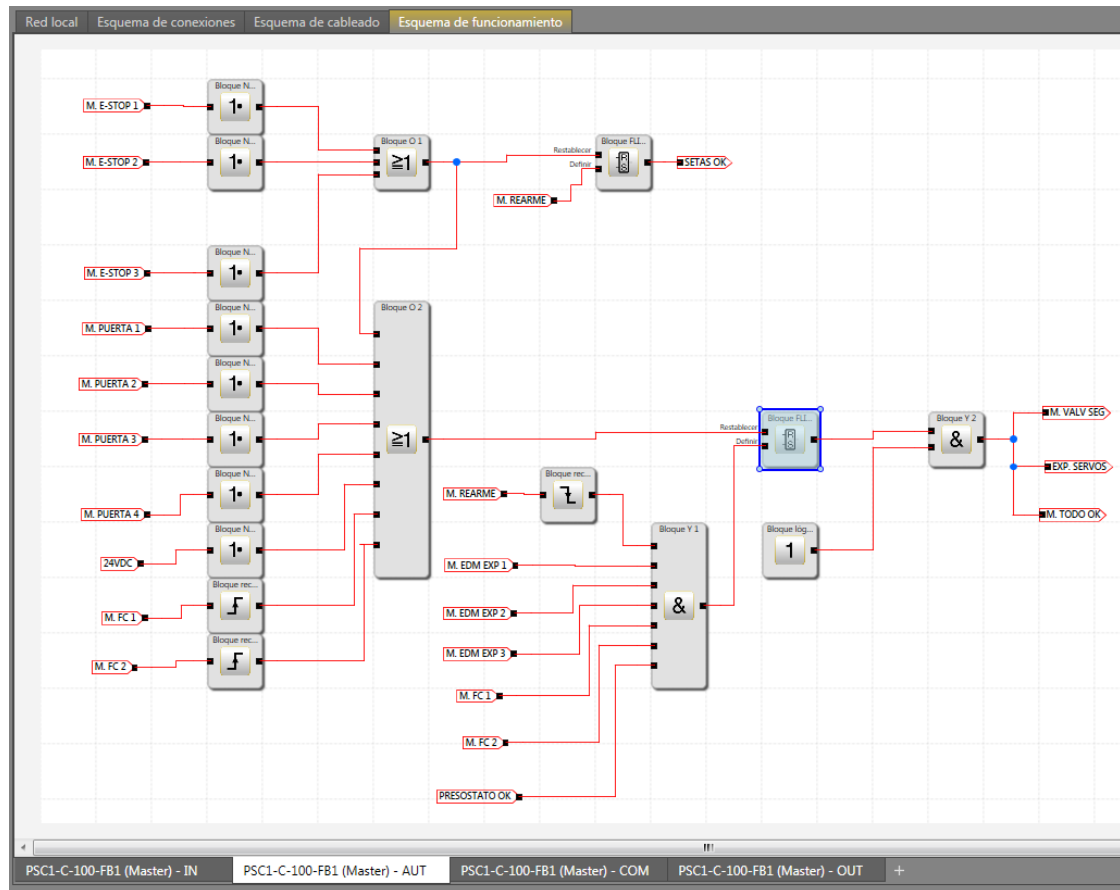


Figura 18: Programa automatizado PLC seguridad

4.3.1.3.3. Comunicaciones

En esta parte (**figura 19**) se referenciará cada componente como entradas y salidas del PLC de seguridad para que más adelante, el programa del PLC principal donde estará el programa del control de la estación pueda asociarse y comunicarse con estos componentes.

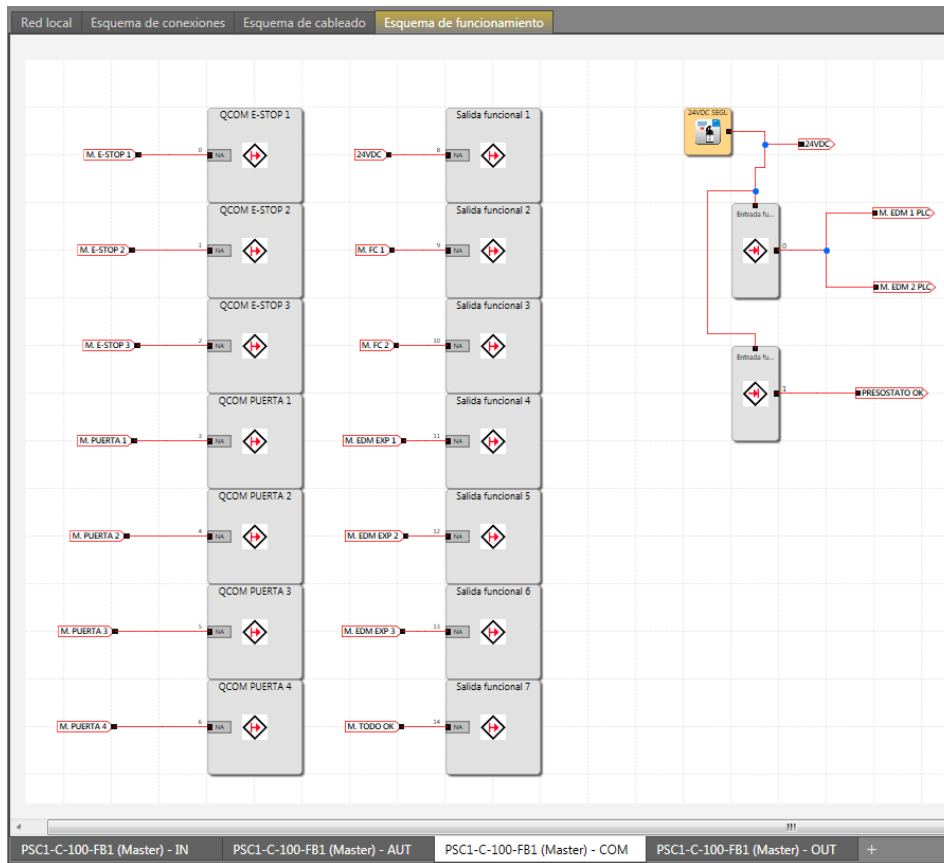


Figura 19: Comunicaciones E/S PLC seguridad

4.3.1.3.4. Salidas

En esta parte se referenciarán los estados de las puertas y de las setas de emergencia anteriormente programadas en la parte del sistema automatizado con el accionamiento de los expansores que habilitarán finalmente el movimiento de los servomotores, la habilitación para la apertura de las puertas y además también se le dará permiso a rearmar la presión del aire.

Para ello, se han desarrollado las siguientes condiciones:

- Para habilitar el expansor de las puertas y que estas se puedan abrir, deberá estar alguna de las setas de emergencia activada.
- Para habilitar el movimiento de los servomotores, las puertas han de estar cerradas, ninguna seta activa y se haya pulsado el botón de rearmar.
- Para rearmar la presión del aire, se deberán cumplir las mismas condiciones que para el movimiento de los servomotores.

Teniendo en cuenta estas condiciones se ha desarrollado la siguiente estructura:

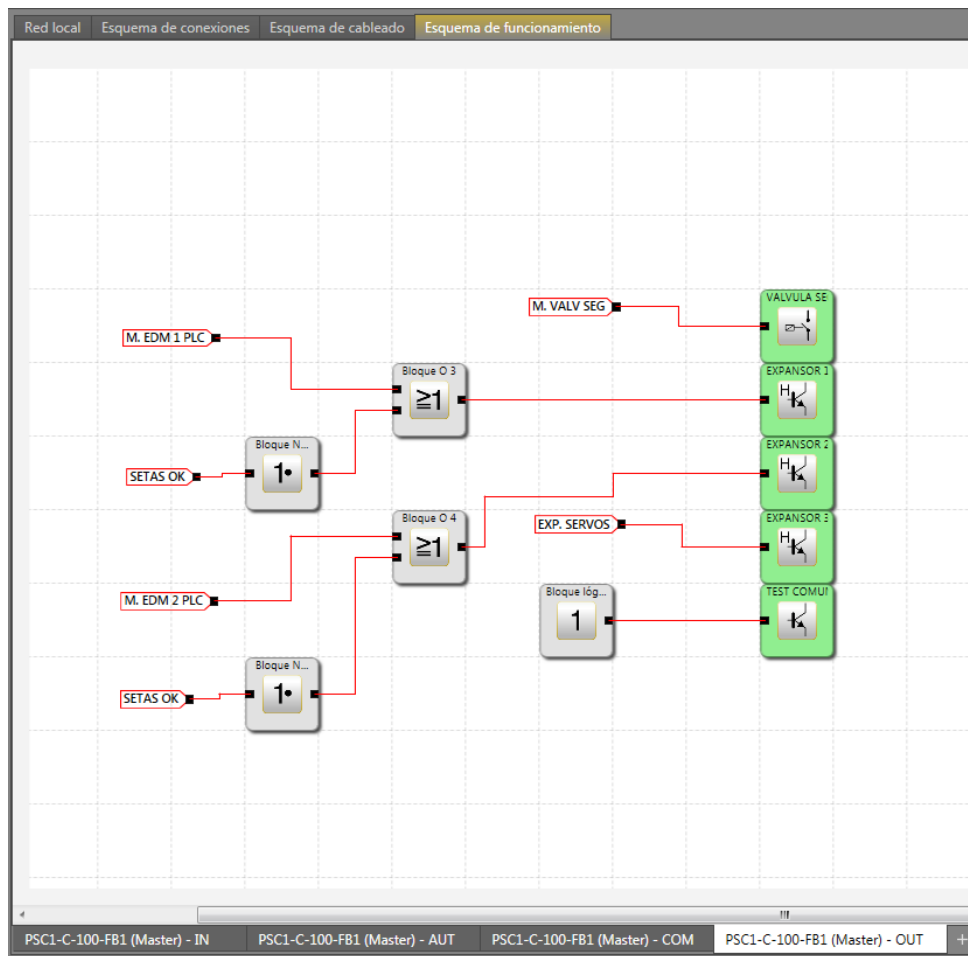


Figura 20: Programación salidas PLC seguridad

4.3.1.4. Comunicación con PLC seguridad

Una vez se ha configurado el programa, se procederá a establecer la conexión con el PLC de seguridad. Para ello, se deberá de compilar el programa previamente para verificar que no existe ninguna anomalía. Una vez esté compilado, se conectará el ordenador con el que se esté trabajando con la red de la estación mediante un cable RJ45 conectado al switch anteriormente descrito.

A continuación, se deberá de ir al menú de la parte superior y pulsar sobre *Interfaz del dispositivo* (**figura 21**) y se desplegará una nueva ventana donde se tendrá que introducir el modo de comunicación que se realizará para comunicarse con el PLC, se escogerá el método de Ethernet y se introducirá la dirección IP que se le atribuyó anteriormente (**figura 22**). Posteriormente, se le dará al botón de *Enviar configuración*, ya que es la primera vez que se establece conexión y se debe de enviar la configuración del programa junto con la dirección IP que se le quiere asociar (**figura 23**).

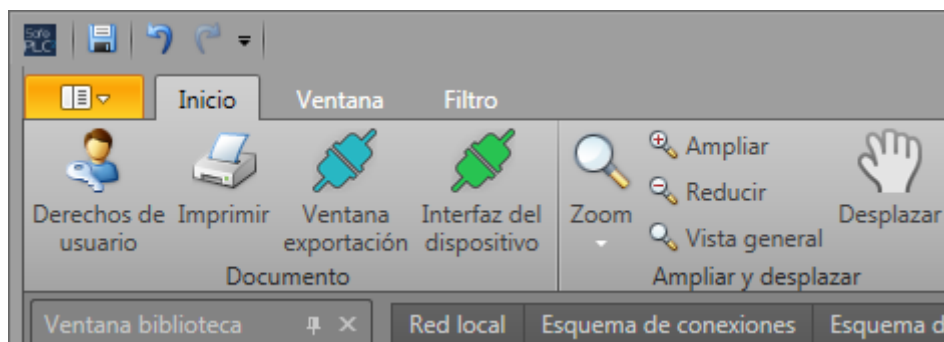


Figura 21: Interfaz del dispositivo

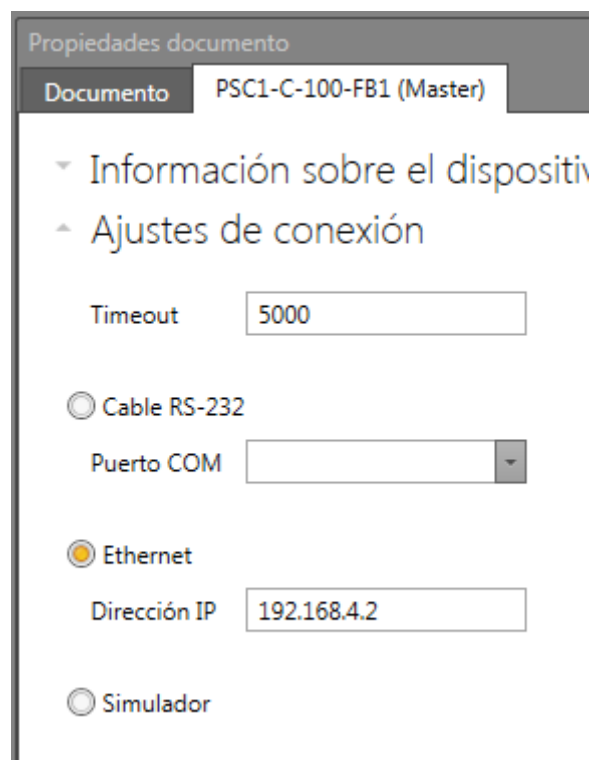


Figura 22: Configuración dirección IP PLC seguridad

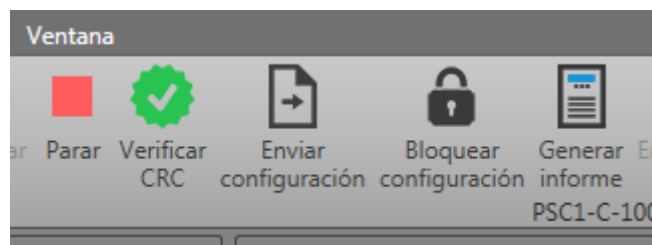


Figura 23: Envío de configuración al PLC seguridad

Cuando este proceso haya finalizado, se le dará al botón de *Conectar* (**figura 24**), si se le ha pasado bien la configuración, deberá de salir una ventana emergente donde se deberá de introducir una contraseña que consiste en introducir el número de serie del dispositivo (**figura 25**). Este número de serie se encuentra en el lateral izquierdo del dispositivo.

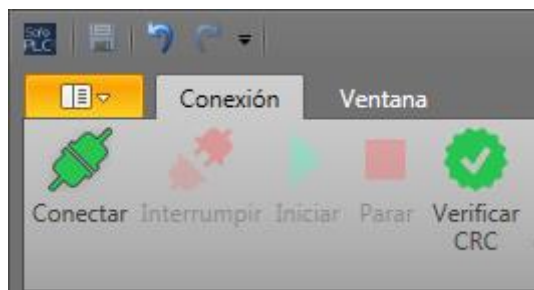


Figura 24: Conexión online con PLC seguridad

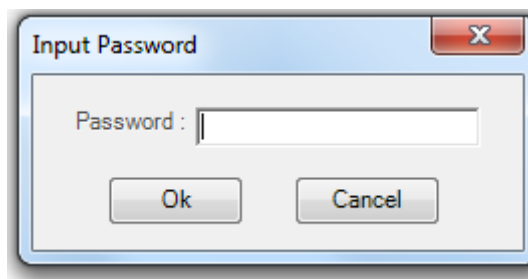


Figura 25: Clave de acceso a PLC seguridad

Si se ha introducido bien la contraseña, se habrá establecido la conexión con el PLC y se podrá visualizar en tiempo real el estado en el que se encuentra el programa y poder realizar cambios una vez visto lo que pasa en realidad. Para poder ver en tiempo real lo que sucede, se deberá de pulsar el botón de *Diagnóstico* (**figura 26**).



Figura 26: Visualización en tiempo real estado PLC seguridad

4.3.2. Descripción del sistema automatizado

Como ya se ha comentado anteriormente, este proyecto abarcará la tercera estación de las 5 que conforman la línea de producción en total. En la **figura 27** de a continuación se mostrará una vista general de la estación.

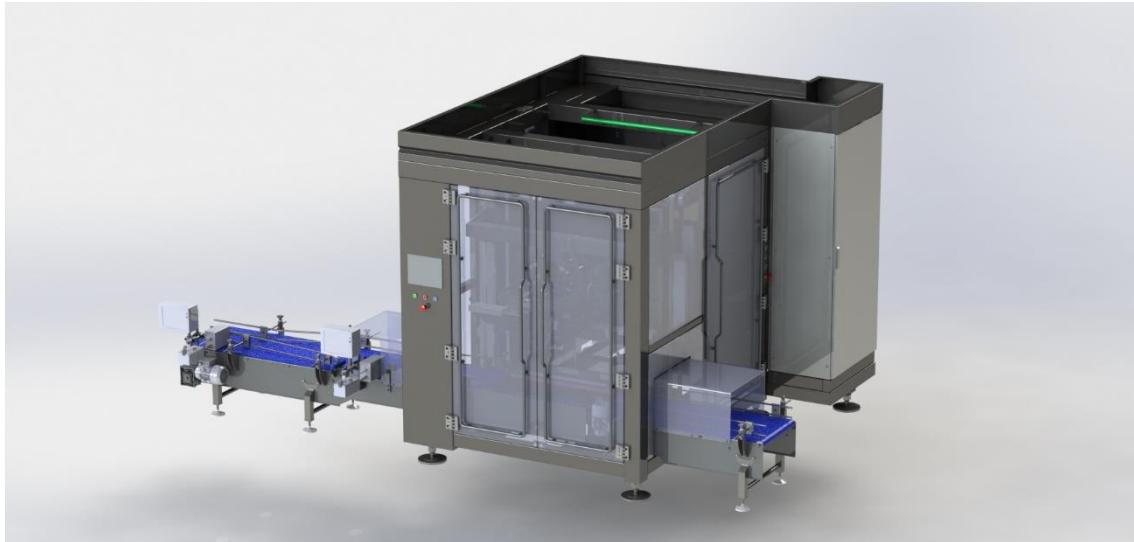


Figura 27: Vista general estación empaquetado

Esta estación está formada por 3 etapas principalmente:

- 1º etapa: Consiste en una herramienta controlada mediante uno de los servomotores, que realiza un movimiento de cogida y de dejada de una tapa de cartón. Estas tapas están situadas en el inicio de la estación, las cuales se van introduciendo a medida que la herramienta las va cogiendo y dejándolas en la siguiente etapa. La forma de coger la tapa es mediante la succión de aire y la tapa queda succionada. Una vez cogida la tapa, se desplaza la herramienta unos 90° aproximadamente para depositar la tapa en una superficie donde entraría en acción la segunda etapa. En la **figura 28** de a continuación se mostrará la herramienta de la primera etapa y en la **figura 29** la bandeja donde se introducen las tapas.



Figura 28: Herramienta Pick 1º etapa



Figura 29: Bandeja entrada tapas

- 2º etapa: Consiste en una herramienta controlada mediante uno de los servomotores que recoge la tapa depositada por la herramienta anterior y la desplaza por una superficie horizontal hasta llegar a la siguiente etapa. En este trayecto se le dispara cola para que la siguiente herramienta pegue la tapa a la caja. Véase en la **figura 30** de la segunda herramienta.

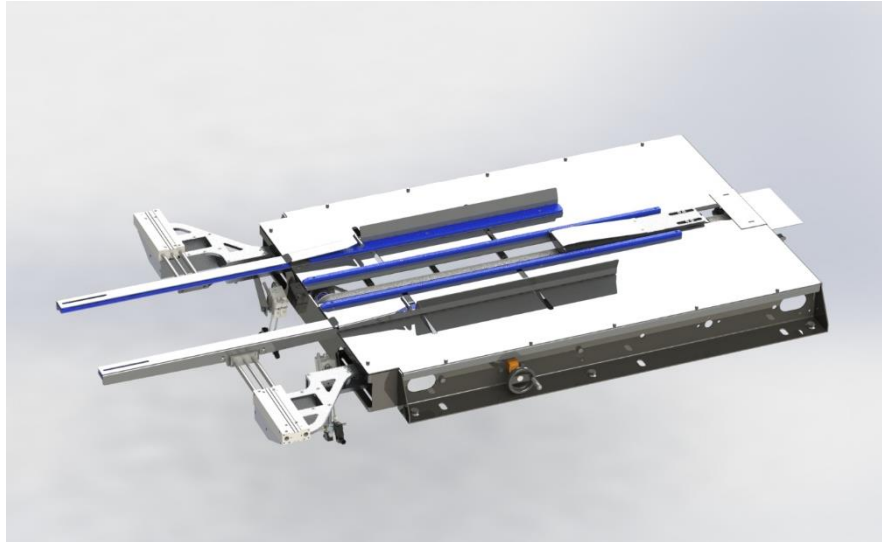


Figura 30: Herramienta Carro 2º etapa

- 3º etapa: Consiste en una herramienta controlada mediante uno de los servomotores que succiona la tapa traída por la herramienta anterior y la deposita verticalmente sobre la caja que pasa por debajo sobre unas cintas. Esta herramienta, como se ha mencionado anteriormente, cierra la tapa sobre la caja, a través de un conjunto de solapas que van accionadas mediante cilindros neumáticos, realizando una secuencia que más adelante se comentará para que la tapa se cierre correctamente y le dé tiempo a la cola a secarse. Consiste en 3 tipos de solapas:

- **Solapas interiores:** son las que cierran los laterales de la tapa.
- **Solapas exteriores:** son las que cierran las lengüetas de los laterales.
- **Solapas frontales:** son las que cierran las lengüetas de las caras frontales para finalizar el cierre de la tapa.

A continuación, se mostrará en la **figura 31** la herramienta de la tercera etapa y en la **figura 32** la distribución de estas solapas sobre la herramienta.



Figura 31: Herramienta Pisador 3º etapa

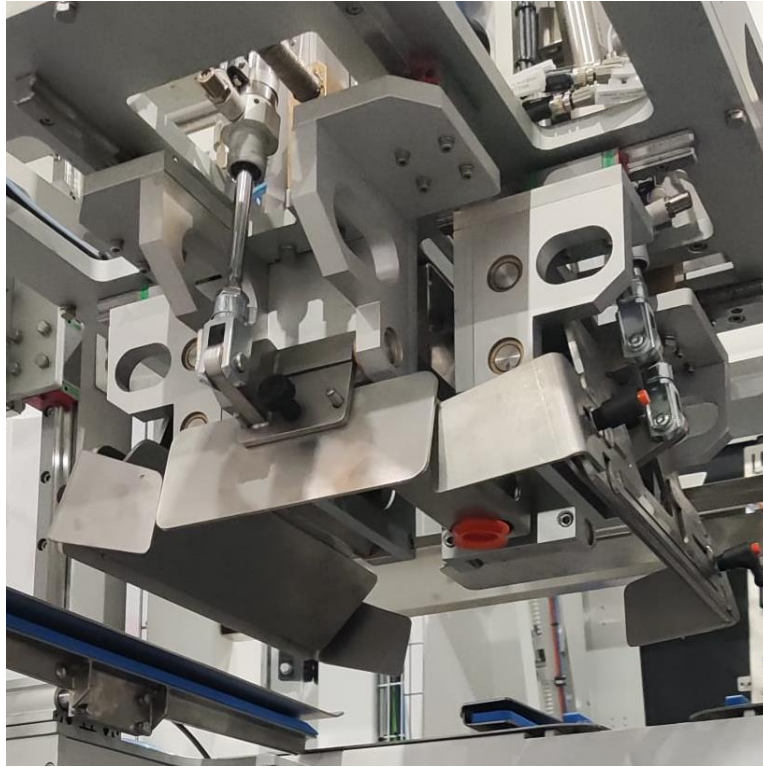


Figura 32: Distribución solapas en herramienta

Para un mejor entendimiento, es importante mencionar que la caja que llega a esta estación para su cerrado con la tapa viene a partir de unas cintas de la estación anterior donde se introduce el producto en la caja. Una vez se ha cerrada la caja, esta es transportada mediante cintas a la siguiente estación. A continuación, se mostrará en la **figura 33** la distribución de las cintas que se han utilizado.

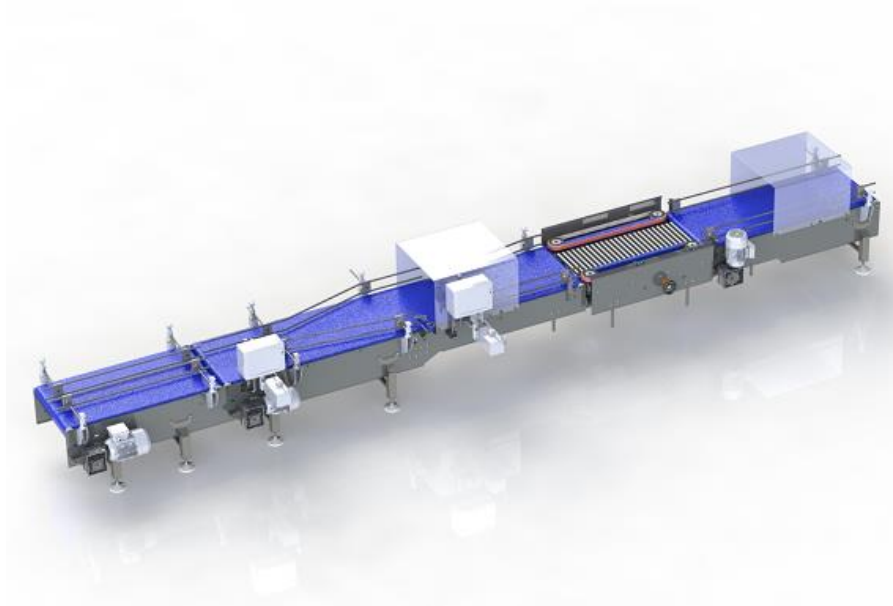


Figura 33: Cintas transporte cajas en estación

4.3.3. Programación PLC Mitsubishi

En esta sección se desarrollará el contenido completo del programa que se encargará del sistema automatizado. Para ello se plantearán todas las variables utilizadas, se realizará una estructuración de estas y de describirán todos los bloques de función que se han utilizado. A continuación, se procederá a explicar detalladamente todas las partes que conforman el programa.

En primer lugar, es importante realizar una breve introducción al funcionamiento del programa, junto con su posterior configuración de las comunicaciones con los demás dispositivos para facilitar el entendimiento del desarrollo seguido.

El programa que se ha utilizado es el “GX Works 3” con la versión 1.065T de la marca Mitsubishi. Para más información de este programa consulte la referencia [5].

4.3.3.1. Introducción y configuración de GX Works 3

Una vez se ha abierto el programa, se podrá apreciar que el programa consta de 4 partes principales. En el lateral izquierdo se encuentra el esquema jerarquizado de lo que contiene el programa, para que para el usuario sea más fácil organizarse y ser más eficiente. A la parte derecha se encuentran la biblioteca de los diferentes componentes que se podrán añadir al PLC dependiendo de las características de los dispositivos que se vayan a utilizar. Por último, como es habitual en la mayoría de los programas, en la parte superior se encuentran todas las herramientas que facilitan al usuario trabajar de una forma más eficiente y rápida.

Lo primero que se deberá de hacer es crear un nuevo proyecto. Para ello, se deberá de pulsar en la opción “Project” de la barra superior del programa y seleccionaremos *new*, como se muestra en la **figura 34**. A continuación, se desplegará una ventana emergente donde se elegirá el modelo de CPU que se ha utilizado como también el tipo de lenguaje de programación (**figura 35**).

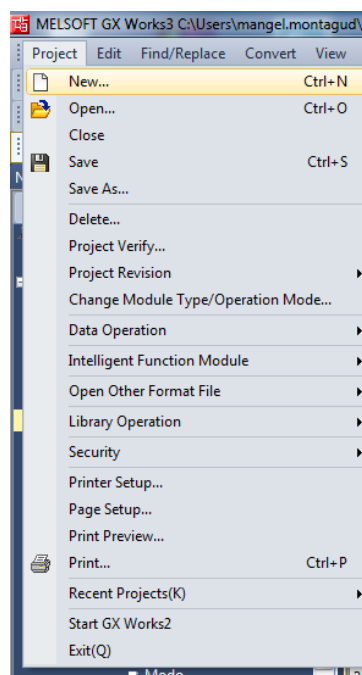


Figura 34: Desplegable crear nuevo proyecto

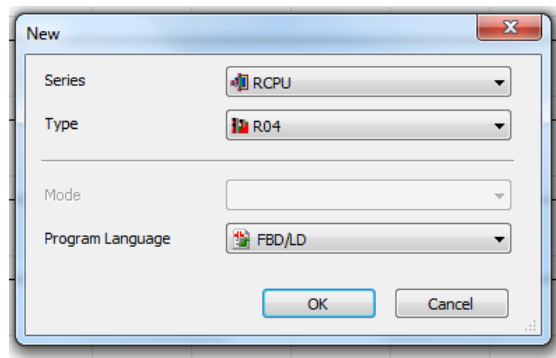


Figura 35: Elección PLC y tipo programación utilizado

Después de haber confirmado el tipo de CPU del PLC, se habrá creado la estructura del programa (ver en **figura 37**). Seguidamente, se deberá de añadir el módulo del control de los servomotores y el módulo de la Ethernet- IP. Para ello, se buscarán los elementos en la biblioteca que aparece en el lateral derecho del programa (**figura 36**).

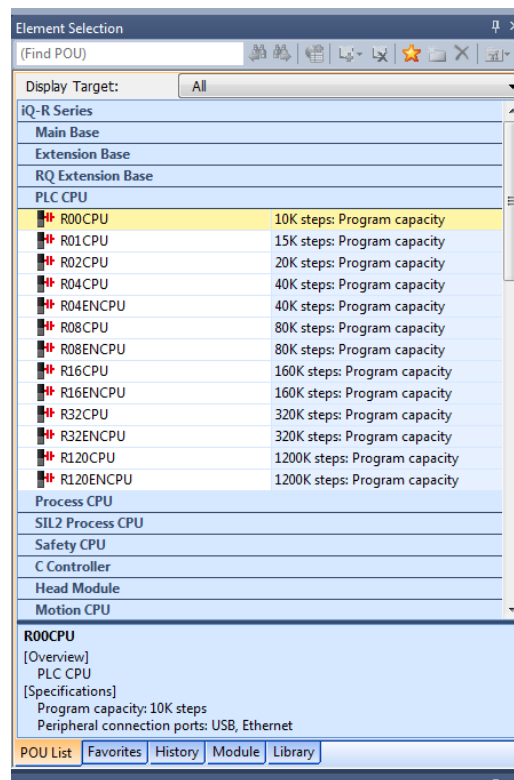


Figura 36: Biblioteca componentes PLC

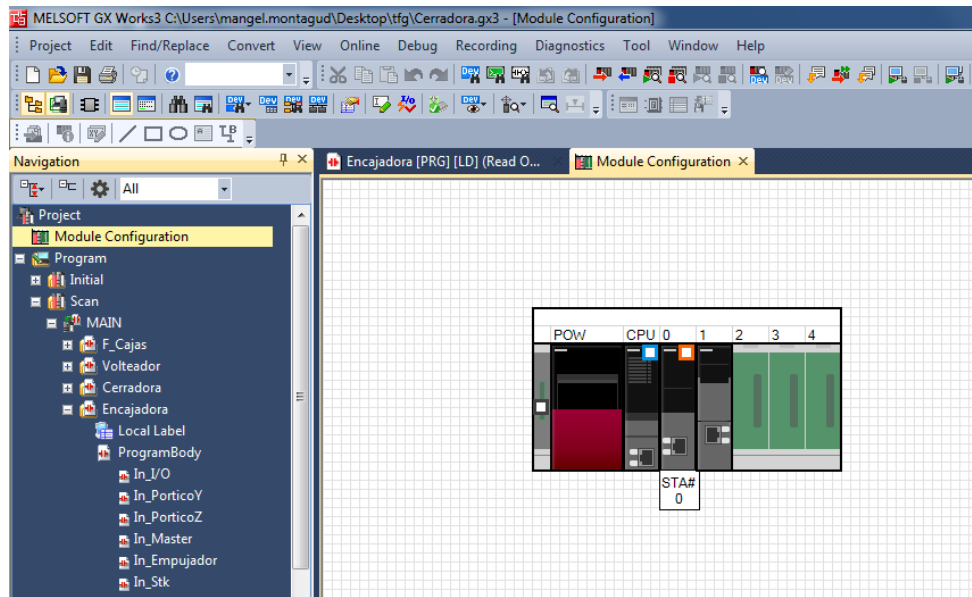


Figura 37: Estructura módulos del PLC

Una vez asociados los módulos al PLC, se habrá creado una sección donde se podrán configurar las IP tanto de la CPU como del módulo de Ethernet IP. Para ello, dirigirse a la sección *Parameters* y al desplegarla, aparecerán los módulos que se han introducido que deberían de coincidir con los modelos que se disponen.

Para configurar la IP de la CPU, se pulsará sobre la sección *R16CPU*. Una vez desplegada, se pulsará en *Module Parameter*. Aparecerá una ventana donde en el apartado de *IP Address* se introducirá la dirección IP que se le había establecido a este módulo que era 192.168.3.1 junto a la máscara que siempre será la misma 255.255.255.0. Ver **figura 38**.

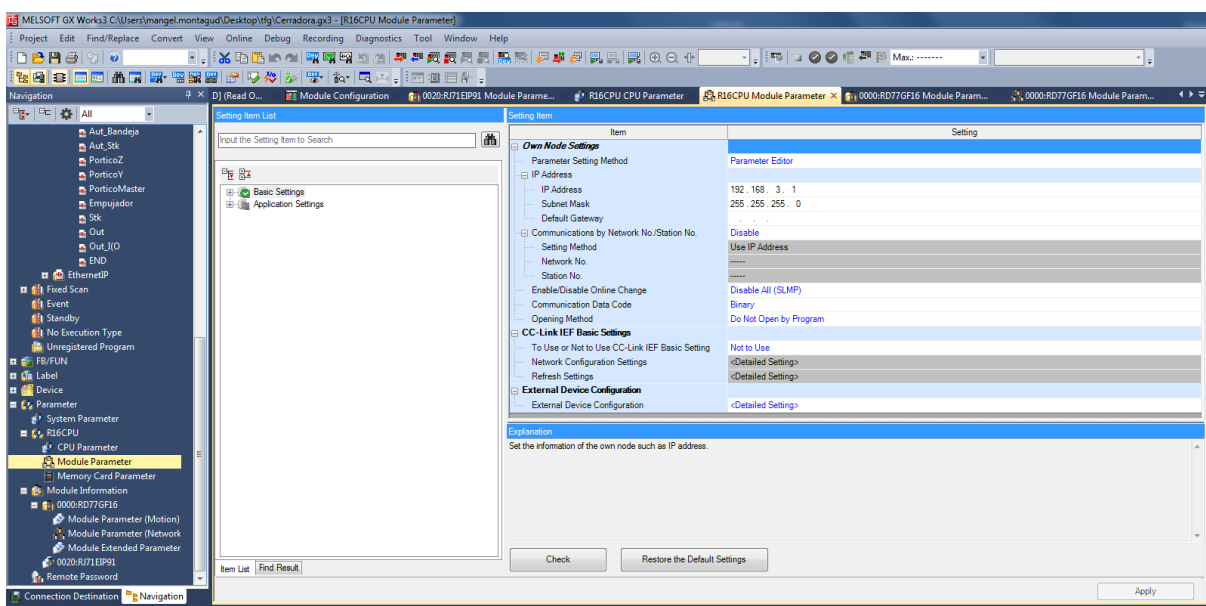


Figura 38: Configuración dirección IP PLC

Para configurar la IP del módulo de la Ethernet IP, se realizará el mismo procedimiento que el anterior. Se pulsará sobre la sección *Module Information*, seguidamente sobre **0020:RJ71EIP91** y se introducirá en *IP Address* la dirección IP 192.168.4.1 con la misma máscara 255.255.255.0. Ver en **figura 39**.

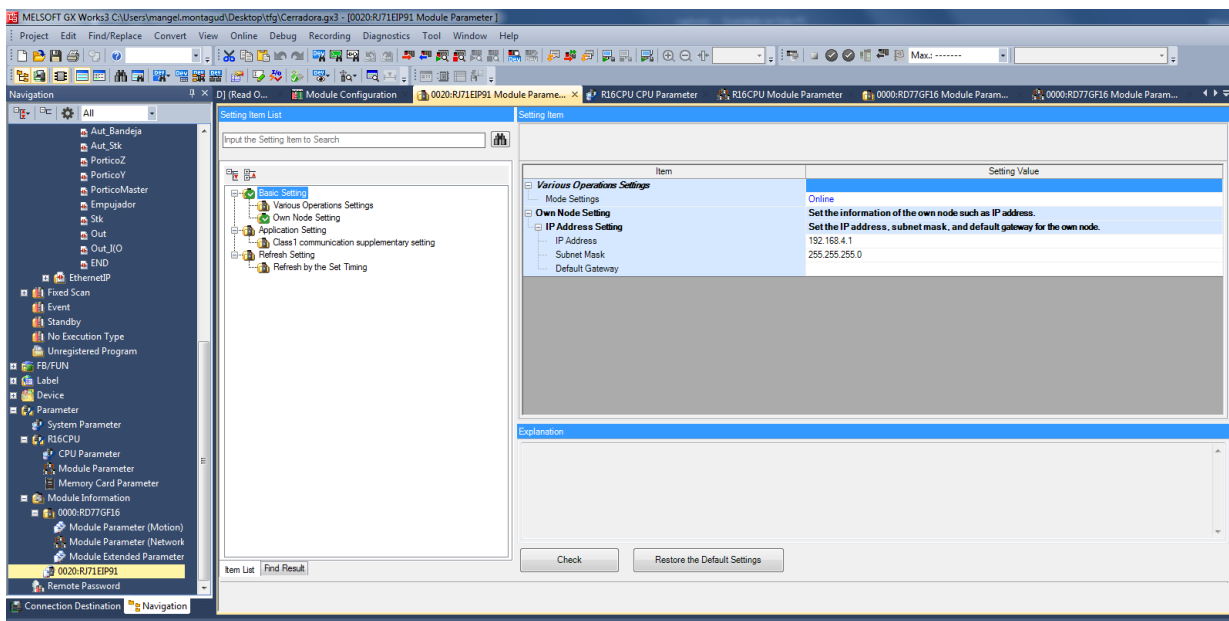


Figura 39: Configuración dirección IP módulo Ethernet IP

4.3.3.2. Herramientas de programación

Una vez se han configurado todos los módulos que conforman el PLC, se procederá a describir las diferentes herramientas que se han utilizado para poder realizar el programa principal de una forma más cómoda y eficiente.

4.3.3.2.1. Bloques de función

Aunque la programación del PLC se realice en lenguaje de contactos, también permite utilizar funciones programadas en lenguaje tipo C como son los bloques de función. Para este proyecto se han utilizado bloques de función proporcionados por la marca del PLC que sirven para facilitar la comunicación del PLC con el programa, con un nivel bastante complejo de programación interna. Mitsubishi las facilitó y explicó detalladamente las más útiles y las que se debían de usar para poder tener una comunicación con el PLC efectiva.

Además de estos bloques de función, se crearon bloques más sencillos para realizar funciones para situaciones determinadas que se mencionarán más adelante. Cuando se crea un nuevo bloque de función, se añade como una sección nueva dentro del apartado de *FB/FUN*.

Estos bloques de función están estructurados por dos partes:

- *Local Label*: En esta ventana se introducirán las variables locales que estarán diferenciadas en 3 tipos: Variables de entrada, internas y de salida.
 - Variables de entrada, que son las encargadas de recoger el dato que recibe en la entrada.
 - Variables internas, que son las encargadas de recoger los datos recogidos en la entrada del bloque, procesarlos y mostrar un resultado.
 - Variables de salida, que son las encargadas de mostrar en la salida el resultado de la operación ejecutada por la función del bloque.

- *Program Body*: En esta ventana es donde se realiza la programación deseada. Puede realizarse en lenguaje tipo C o estructurado o también en lenguaje Ladder, dependiendo de la necesidad del usuario. Esta función recoge los datos que se introducen en la entrada mediante las variables de entrada que se han creado anteriormente, los almacena en las variables internas para que posteriormente se procesen con el programa realizado y muestra mediante las variables de salida, el resultado obtenido.

A continuación, se describirán los diferentes bloques de función que se han utilizado durante la realización del programa.

4.3.3.2.1.1. FB_M+RJ71EIP91_ClassGetInputD y FB_M+RJ71EIP91_ClassGetOutputD

Estos bloques de función son los encargados de comunicarse con los dispositivos con los que esté establecida una comunicación de entradas y salidas, como son el PLC de seguridad, el módulo de E/S y los variadores de los motores eléctricos. Estos establecen una comunicación y codifican las señales que reciben de cada dispositivo y las convierte en variables que el usuario pueda interpretar de forma correcta. Como también convierten las señales emitidas por el programa en señales interpretables por los dispositivos para que actúen de la forma que se desea.

Estos bloques son de los que la marca ofreció y la programación interna de estas es bastante compleja y no es necesario desarrollar su contenido.

Los bloques que se encargan de obtener información de los dispositivos están formados por 3 entradas y 6 salidas. A la entrada se colocará un contacto de habilitación del bloque, el módulo donde se produce la comunicación y la dirección IP del dispositivo. Como salida mostrará: si se está ejecutando, si tiene algún error interno, el código del error, el estado y la variable que asociará el usuario para leer cada parámetro del dispositivo.

Los bloques que se encargan de enviar instrucciones de los dispositivos están formados por 4 entradas y 5 salidas. A la entrada se colocará un contacto de habilitación del bloque, el módulo donde se produce la comunicación, la dirección IP del dispositivo y la variable

del parámetro sobre el que se quiere escribir. Como salida mostrará: si se está ejecutando, si tiene algún error interno, el código del error y el estado.

Para ver estructura de los bloques de función ver las **figuras 40 y 41** de a continuación.

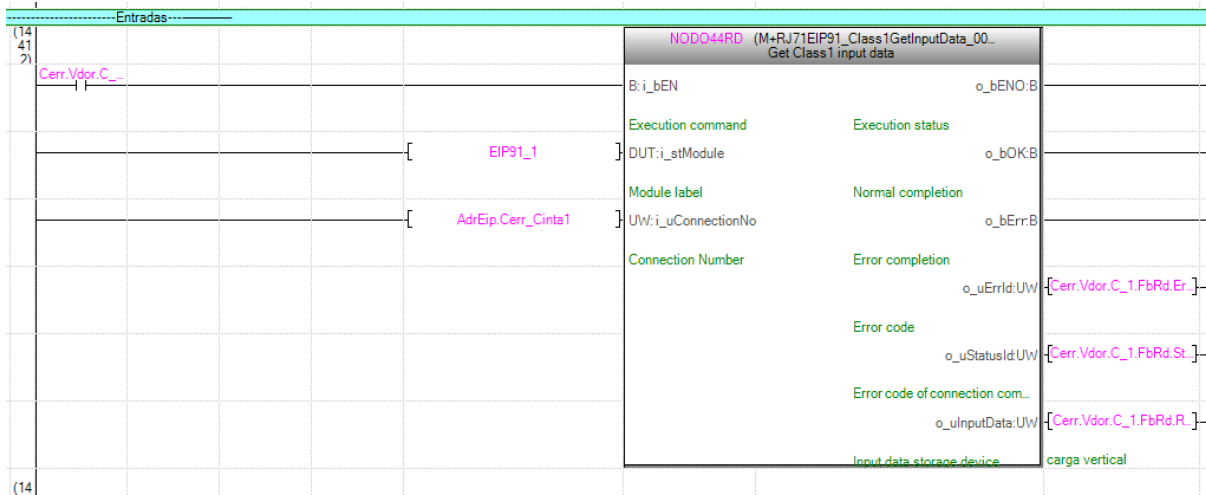


Figura 40: Bloque de función comunicación entradas

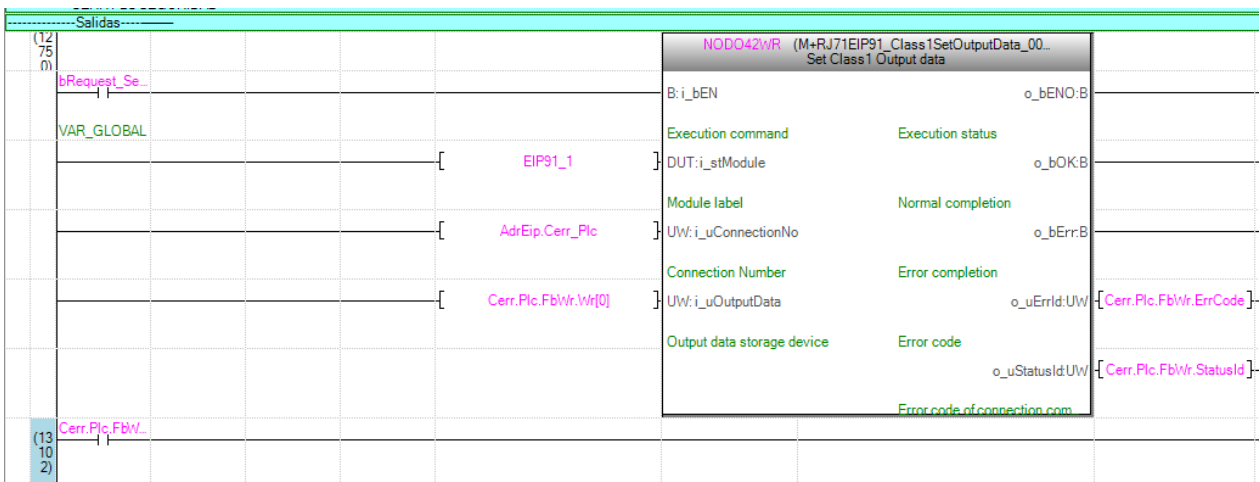


Figura 41: Bloque de función comunicación salidas

4.3.3.2.1.2. FB_Axis

Este bloque de función es el encargado de relacionar los parámetros de cada servomotor con variables con las que el usuario vaya a poder trabajar. Se trata de un programa con lenguaje tipo C (ver **figura 42**) donde se utiliza la instrucción MOV para asociar los parámetros de los servomotores a variables del programa.

Este bloque está formado por 2 entradas y 2 salidas. Las entradas consisten en un bit que habilita el funcionamiento y la dirección que es asociada mediante el protocolo del módulo de los servomotores para cada servomotor. Como salidas se muestra como que está en funcionamiento y la variable donde se asociará cada parámetro del servomotor.

Para ver estructura del bloque de función ver **figura 43**.

```

1  DINT2FLT(P_On,Axis_in.dActualPosition,Servo_out.Pos);
2  DINT2FLT(P_On,Axis_in.dCommandPosition,Servo_out.PosCmd);
3  DMOV(P_On,Axis_in.udCurrentSpeed,Servo_out.Vel);
4  DMOV(P_On,Axis_in.udCurrentCommandSpeed,Servo_out.VelCmd);
5  MOV(P_On,Axis_in.wTorqueDuringCommand,Servo_out.Trq);
6  MOV(P_On,Axis_in.uForwardTorqueLimit,Servo_out.TrqCmd);
7  MOV(P_On,Axis_in.uAxisErrorNo,Servo_out.Error);
8  MOV(P_On,Axis_in.uM_Code,Servo_out.ErrorCode);
9  DINT2FLT(P_On,Axis_in.dDeviationCounter,Servo_out.FollowingErr);
10 MOV(P_On,Axis_in.uHomingOpreationStatus,Servo_out.HomeCode);
11 MOV(P_On,Axis_in.uStatus,Servo_out.Status);

```

Figura 42: Programación FB_Axis



Figura 43: Bloque de función en programa

4.3.3.2.1.3. FB_Zonas

Este bloque de función es el encargado de establecer un rango para las posiciones que se establezcan para cada herramienta, ya que puede haber imprecisión en el movimiento de los servos y no siempre parará en el mismo sitio. Es por este motivo que se ha establecido un margen de error para asegurarse de que se alcance esa posición, aunque no sea exacta.

Este bloque está formado por 4 entradas y 2 salidas. Las entradas consisten en un bit que habilita el bloque esté en funcionamiento, en la posición actual del servomotor, en la posición a la que se desea alcanzar y el margen de error. Como salida se muestra como que está en funcionamiento y un bit que determina si ha llegado a la posición o está dentro del margen de error.

Dará un 1 a la salida si la diferencia entre la posición actual y la posición a la que se desea llegar es menor al margen de error.

A continuación, en la **figura 44** se muestra la programación del bloque de función y en la **figura 45** se muestra este en el programa.

```

1 | EMINUS(P_On,P_Act,P_Cmd,Err);
2 | Err:=ABS_E(P_On,Fb_Eno,Err);
3 | IF (Err < Err_min) THEN
4 |     Fb_OUT:= TRUE;
5 |     ELSE
6 |     Fb_Out:= FALSE;
7 | END_IF;

```

Figura 44: Programacion FB_Zonas

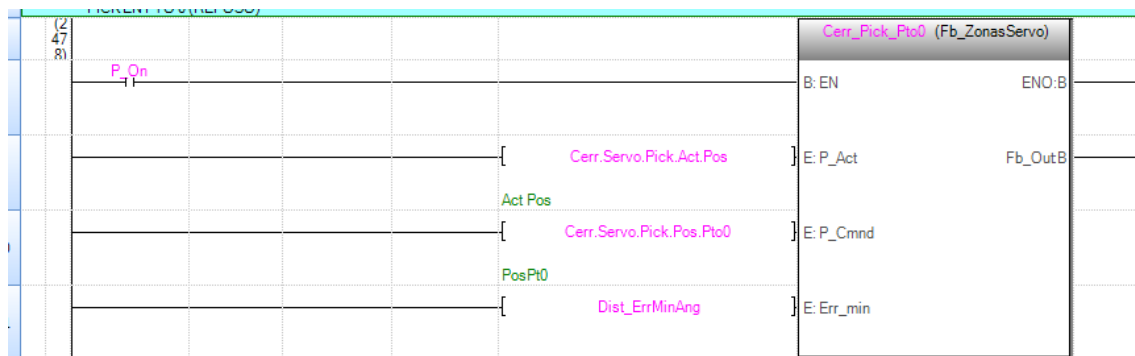


Figura 45: Bloque de función en el programa

4.3.3.2.1.4. FB_MC_Power_LD_RD77

Este bloque de función es el encargado de habilitar el movimiento de los servomotores (**figura 46**). Está formado por 2 entradas y 3 salidas. Las dos entradas consisten en asociar el servomotor que se desea habilitar y el bit que hará que se habilite este bloque. Como salida se muestra el servomotor asociado, un bit de que se ha habilitado y otro bit si mostrase algún tipo de error.

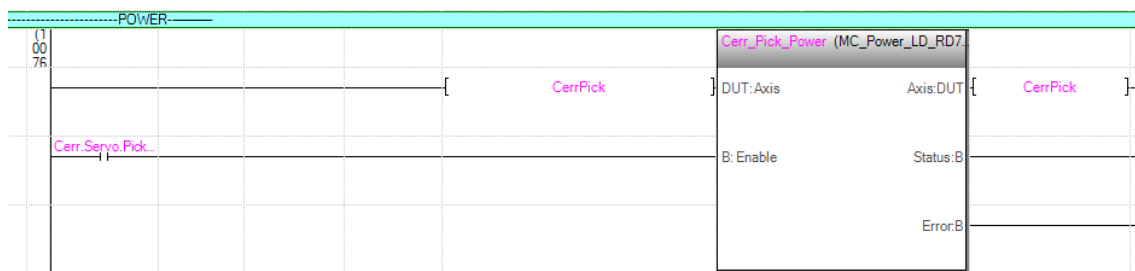


Figura 46: Bloque de función MC_Power

4.3.3.2.1.5. FB_MCv_Jog_LD_RD77

Este bloque de función es el encargado de mover el servo punto a punto, es decir, moverá el servo tanto tiempo como este bloque reciba señal de que se ejecute, si deja de recibir señal, dejará de ejecutarse.

Este bloque se utiliza para cuando se desea mover los servomotores de forma manual sobre todo al inicio cuando se desea localizar las posiciones de trabajo.

Está formado por 6 entradas y 7 salidas. Las entradas consisten en: asociar el servomotor a desplazar, bit que habilita el bloque, la velocidad, aceleración, deceleración y dirección a la que se desea mover el servomotor. Como salidas se encuentran: el servomotor asociado, que está en funcionamiento, que está ocupado realizando el movimiento, por si hay algún problema y se aborta el movimiento y si hay algún error.

Este bloque (**figura 47**) se puede utilizar tanto en un sentido del servomotor como en el otro.

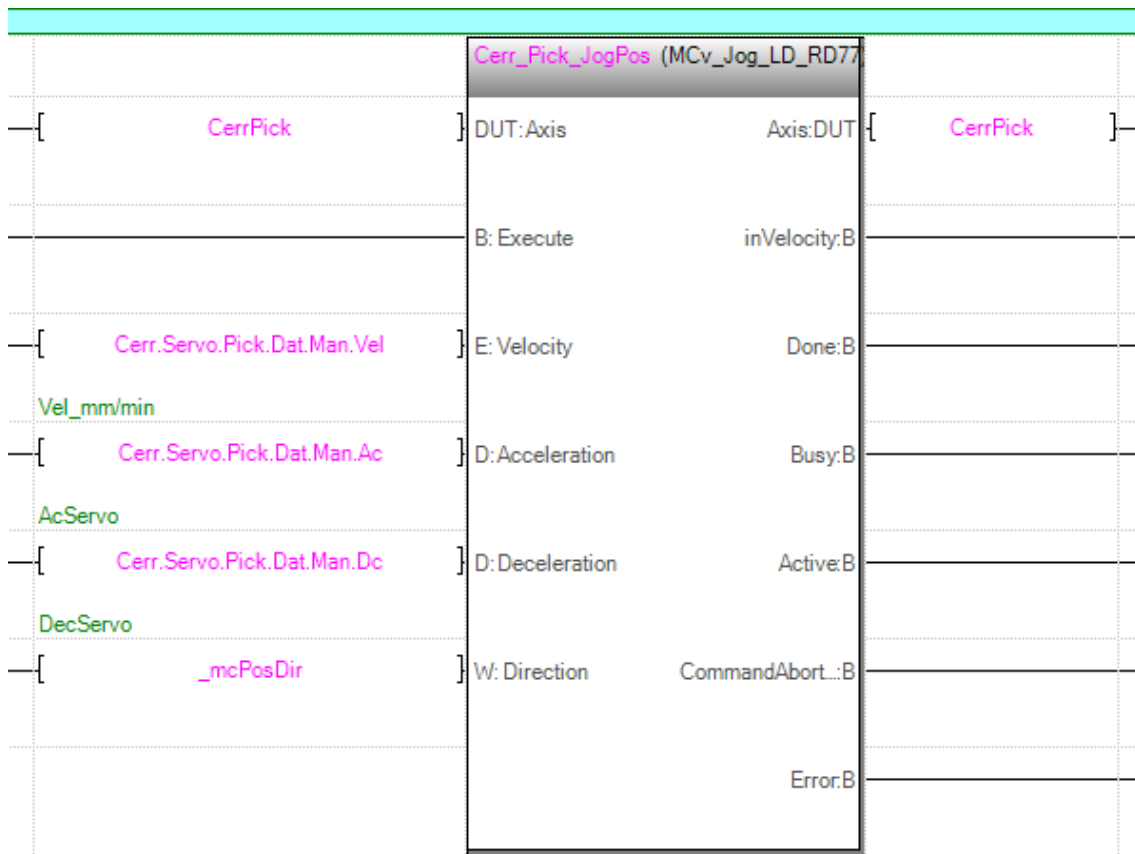


Figura 47: Bloque de función movimiento manual

4.3.3.2.1.6. FB_MC_Stop_LD_RD77

Este bloque de función (**figura 48**) es el encargado de deshabilitar los servomotores por si en alguna ocasión los bloques que accionan los servomotores se quedan en funcionamiento, aunque haya acabado su ejecución, de este modo se asegurará movimientos de los servos no deseados.

Está formado por 3 entradas y 4 salidas. Las entradas consisten en asociar el servomotor correspondiente, el bit que habilita el bloque y la deceleración necesaria para que frene. Como salidas se encuentra el servomotor asociado, el bit como que ha finalizado la función, el bit que determina que está realizando la función y por si existiese un error.

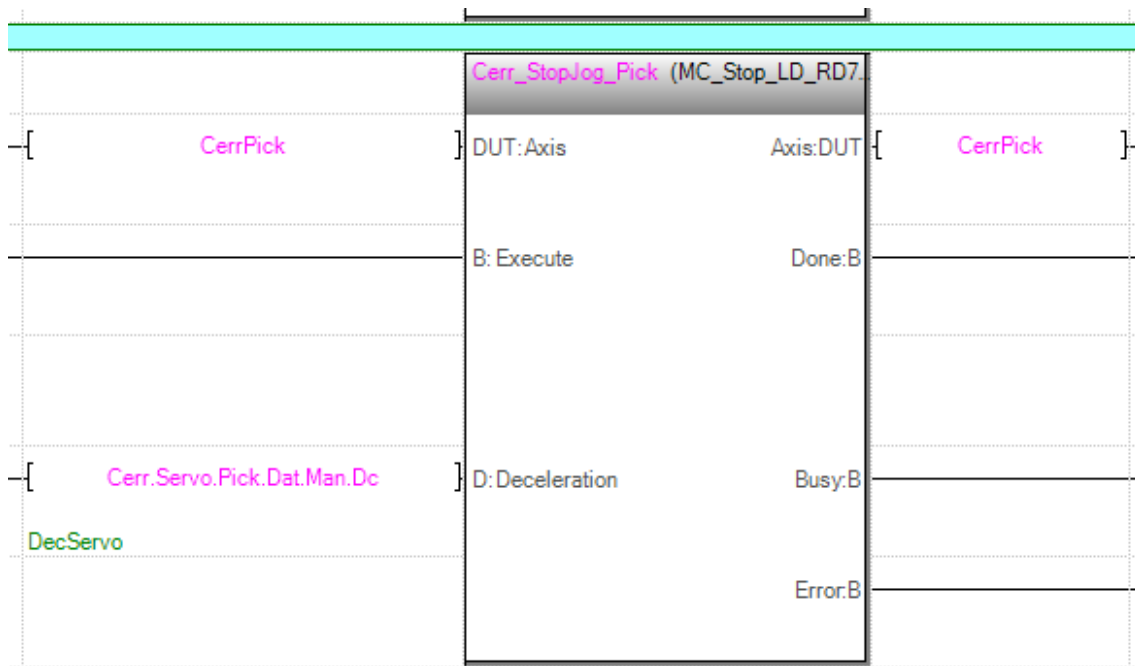


Figura 48: Bloque función paro servomotor

4.3.3.2.1.7. FB_MC_MoveAbsolute_LD_RD77

Este bloque de función (**figura 49**) es el encargado de mover el servomotor hasta una posición determinada, sin detenerse hasta que llegue a esa posición.

Tiene la mismas entradas y salidas que *FB_MCv_Jog_LD_RD77* ya que se trata del mismo tipo de movimiento.

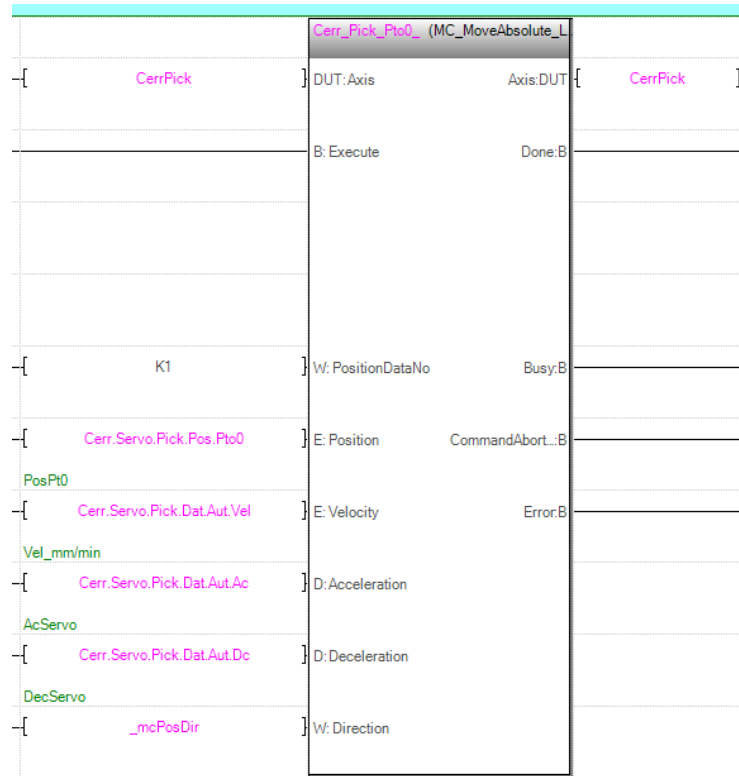


Figura 49: Bloque de función de movimiento de servomotor

4.3.3.2.1.8. FB_MC_Reset_LD_RD77

Este bloque de función es el encargado de reiniciar los servomotores cuando se realiza una parada de emergencia o se detiene el sistema cuando se ha acabado la producción.

Está formado por 2 entradas y 4 salidas. Las entradas consisten en un bit de habilitación del bloque de función y en asociar el servomotor que se desea. Como salidas se encuentra el bit que indica el funcionamiento del bloque, el servomotor asociado, un bit que indica que se está ejecutando y un bit que indica si hay algún error.

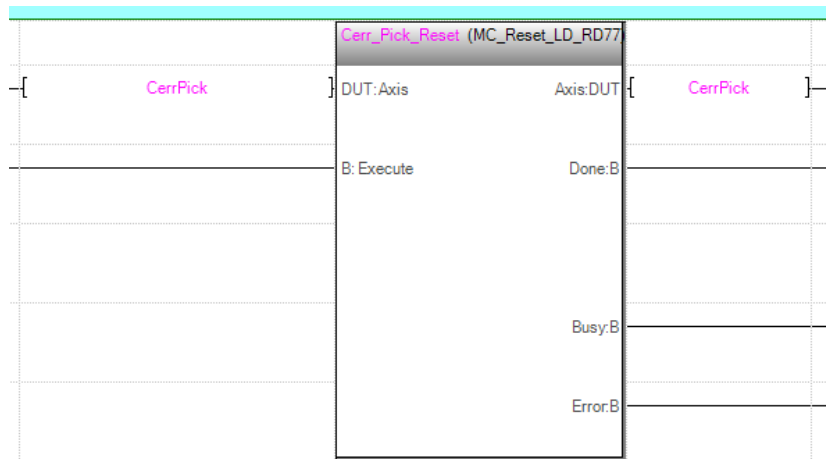


Figura 50: Bloque de función reinicio servomotor

4.3.3.2.1.9. FB_MC_Home_LD_RD77

Este bloque de función (**figura 51**) es el encargado de posicionar el servomotor cuando se ha perdido su referencia de su posición. Este reposiciona el servomotor siempre en la misma posición.

Está formado por 2 entradas y 5 salidas. Las 2 entradas consisten en asociar el servomotor que se desea y un bit que habilite este bloque. Como salidas se encuentran: el servomotor asociado, un bit que indica que ha realizado la función, un bit que indica que la está realizando, un bit que indica si se ha interrumpido y un bit que indica si existe algún error.

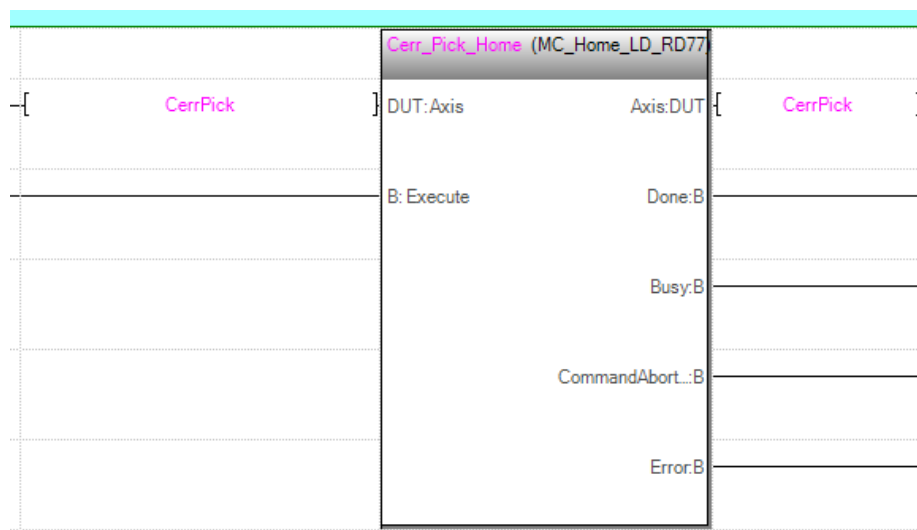


Figura 51: Bloque de función posicionar origen

4.3.3.2.1.10. FB_ZONASCOLA

Este bloque de función es el encargado de comprobar que la posición del servomotor está comprendida entre dos límites establecidos, para que cuando el servomotor esté dentro de estos límites, muestre señal en la salida y se efectúe el disparo de la cola. Una vez la posición del servomotor sea inferior o superior a los límites, dejará de mostrar señal en la salida y el disparo de la cola se deshabilitará.

Está formado por 4 entradas y 2 salidas (ver **figura 52**). Las entradas consisten en un bit de habilitación del bloque de función, introducir la posición actual del servomotor y los límites inferior y superior que se deseen. Como salidas se encuentran el bit que indica que el bloque está funcionando y un bit que indica que el servomotor se encuentra en ese rango de posiciones.

| | Label Name | Data Type | | Class |
|---|------------|--------------------------|-----|------------|
| 1 | P_Act | FLOAT [Single Precision] | ... | VAR_INPUT |
| 2 | P_LimitSup | FLOAT [Single Precision] | ... | VAR_INPUT |
| 3 | P_LimitInf | FLOAT [Single Precision] | ... | VAR_INPUT |
| 4 | Fb_Out | Bit | ... | VAR_OUTPUT |
| 5 | Fb_Eno | Bit | ... | VAR |

Figura 52: Variables utilizadas en bloque de función

A continuación, en la **figura 53** se mostrará la programación del bloque de función y en la **figura 54** la estructura que tiene en el programa.

```

1 IF (P_Act>P_LimitInf) AND (P_Act<P_LimitSup) THEN
2     Fb_OUT := TRUE;
3 ELSE
4     Fb_Out := FALSE;
5 END_IF;

```

Figura 53: Programación bloque de función de zona disparo cola

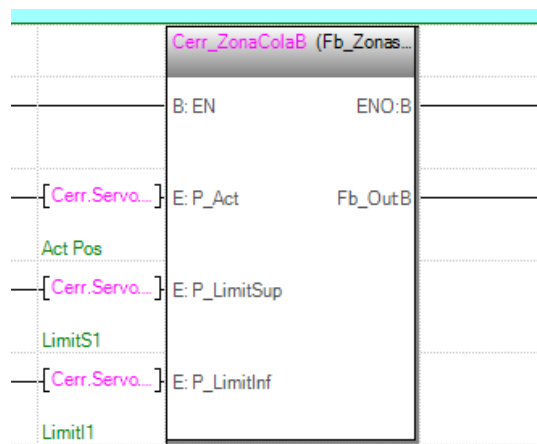


Figura 54: Bloque de función de zona de cola en programa

4.3.3.2.2. Instrucciones empleadas

El programa que se ha utilizado además de disponer de bloques de función dispone de instrucciones que facilitan al usuario desarrollar el programa como se desee.

A continuación, las siguientes tablas (**tabla 3, 4, 5, 6 y 7**) mostrarán las instrucciones que se han desarrollado en concreto para este proyecto junto con una breve descripción de estas.

| INSTRUCCIÓN | DESCRIPCIÓN |
|--------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <p>Divide el valor de una variable por un valor constante y almacena el resultado en otra variable</p> |
|  | <p>Multiplica el valor de una variable por un valor constante y almacena el resultado en otra variable</p> |
|  | <p>Resta el valor de una variable por un valor constante y almacena el resultado en otra variable</p> |

Tabla 3: Instrucciones de operaciones matemáticas

| INSTRUCCIÓN | DESCRIPCIÓN |
|-------------|--------------------------------------------------------------------------|
| | <p>Escribe el contenido que contiene una variable en otra variable</p> |
| | <p>Escribe el contenido de una variable tipo double en otra variable</p> |
| | <p>Escribe el contenido de una variable tipo entero en otra variable</p> |

Tabla 4: Instrucciones de escritura

| INSTRUCCIÓN | DESCRIPCIÓN |
|-------------|---------------------------------------------------------|
| | <p>Activa el bit de la variable asociada</p> |
| | <p>Desactiva el bit de la variable asociada</p> |
| | <p>Activa el temporizador con el tiempo asociado</p> |
| | <p>Incrementa en una unidad el valor de la variable</p> |

Tabla 5: Instrucciones de modificación valor variable y temporizador

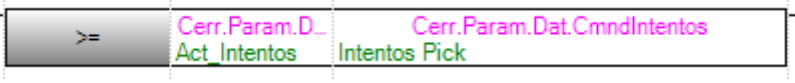
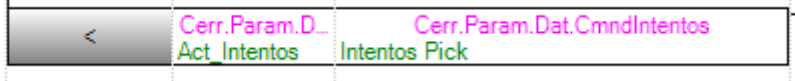
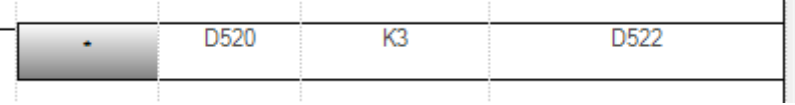
| INSTRUCCIÓN | DESCRIPCIÓN |
|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | Comparación de mayor o igual que |
|  | Comparación de menor que |
|  | Multiplicación de un valor de una variable con un valor constante y se guarda en otra variable |

Tabla 6: Instrucciones de comparación







| INSTRUCCIÓN | DESCRIPCIÓN |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
|  | Contacto normalmente abierto |
|  | Contacto normalmente cerrado |
|  | Bobina de salida |
|  | Asignar instrucciones |
|  | Contacto con señal del flanco ascendente |
|  | Contacto con señal del flanco descendente |

Tabla 7: Contactos y bobinas empleadas

4.3.3.3. Programa PLC

Como anteriormente se ha comentado, esta estación dispone de 3 modos de funcionamiento: modo manual, automático o en modo Off (deshabilitación de los servomotores o cualquier movimiento dentro de la estación). Para ello, se han establecido diferentes secciones del programa (ver en la **figura 55**), donde se programará el modo automático de todas las etapas de la estación y otra parte donde se establecerá una comunicación con la pantalla HMI, donde estará programado el sistema SCADA para realizar movimientos mediante pulsadores de esta.

Además, es necesario establecer comunicación con el PLC de seguridad, con el módulo de E/S y con los variadores de los motores eléctricos. Es por esto por lo que, se ha establecido una sección de entradas y salidas que relacionará los parámetros de estos dispositivos con variables internas establecidas en el programa.

Por otro lado, para poder realizar un programa estructurado e intuitivo, se realizó un mapeado de todas las variables que se iban a utilizar, jerarquizando, dependiendo de la sección de la estación que se utilice, como también los parámetros que influyen en cada sección. De esta forma, al ver el programa realizado se sabrá sobre qué parte de la estación se está ejecutando.

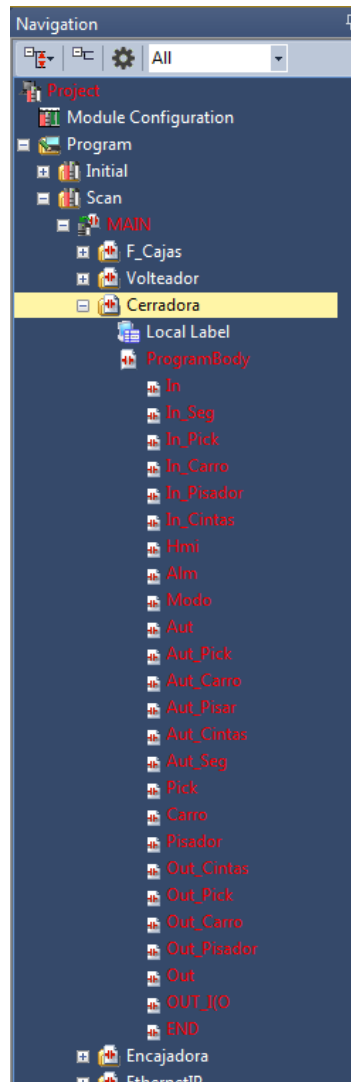


Figura 55: Distribución en secciones del programa desarrollado

4.3.3.3.1. Comunicación entradas dispositivos

En estas secciones del programa, se han asociado a los parámetros obtenidos de los dispositivos (módulo E/S, PLC seguridad y variadores), variables tipo string que se encargarán de guardar estos parámetros en cada una de sus posiciones. De esta forma se guardarán todos los parámetros en una misma variable y solo será necesario localizar la posición de cada uno.

Para ello, se ha utilizado el bloque de función **FB_M+RJ71EIP91_ClassGetInputD** que anteriormente se ha explicado su funcionamiento.

Para que sea más intuitivo identificar los parámetros, seguidamente se han asociado estas posiciones de la variable a variables que se han insertado en el mapeado de variables anteriormente mencionado, esto facilitará visualmente al usuario a leer el programa de una forma más rápida y cómoda. Ver a continuación en la **figura 56** una sección de todas las variables que se han asociado para el módulo de E/S.

Para finalizar, se mostrarán a continuación en la **figura 58** las variables que se han asociado para los variadores.

| TitleIn Cintas | | ENTRADAS CINTAINI | |
|----------------|----------------------------------------------|-------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| (4978) | Cerr.Vdor.C_1.FbRd.Rd_I0.0 | | Cerr.Vdor.C_1.In.Fault |
| (5088) | carga vertical Cerr.Vdor.C_1.FbRd.Rd_I0.1 | | Vdor Error Cerr.Vdor.C_1.In.Warn |
| (5090) | carga vertical Cerr.Vdor.C_1.FbRd.Rd_I0.2 | | Vdor Aviso Cerr.Vdor.C_1.In.Fwding |
| (5092) | carga vertical Cerr.Vdor.C_1.FbRd.Rd_I0.3 | | Vdor Forward Cerr.Vdor.C_1.In.Reving |
| (5094) | carga vertical Cerr.Vdor.C_1.FbRd.Rd_I0.4 | | Vdor Reverse Cerr.Vdor.C_1.In.Ready |
| (5096) | carga vertical Cerr.Vdor.C_1.FbRd.Rd_I0.7 | | Vdor Ready Cerr.Vdor.C_1.In.Speed |
| (5098) | carga vertical P_On | MOV | Cerr.Vdor.C_1.F.carga vertical Vdor Velocidad Cerr.Vdor.C_1.In.Speed |

Figura 58: Sección variables entrada variadores

4.3.3.3.2. Comunicación entradas servomotores

Para la comunicación con los servomotores se ha establecido el mismo procedimiento en los 3 pertenecientes a cada una de las herramientas. Se destinará una sección para cada una.

En estas secciones del programa se identificarán las posiciones de los servomotores mediante bloques de función. Mediante estos bloques de funciones se podrá saber en todo momento en que posición se encuentra el servomotor, ya que cada bloque de función establece unas zonas de posiciones que dependen de la posición actual en la que se encuentre.

Los bloques de funciones que se han utilizado son **FB_Axis** y **FB_ZonasServos** anteriormente explicado su funcionamiento.

Véase en la **figura 59** una sección de la programación de las entradas de los servomotores, en concreto se trata del servomotor de la primera herramienta.

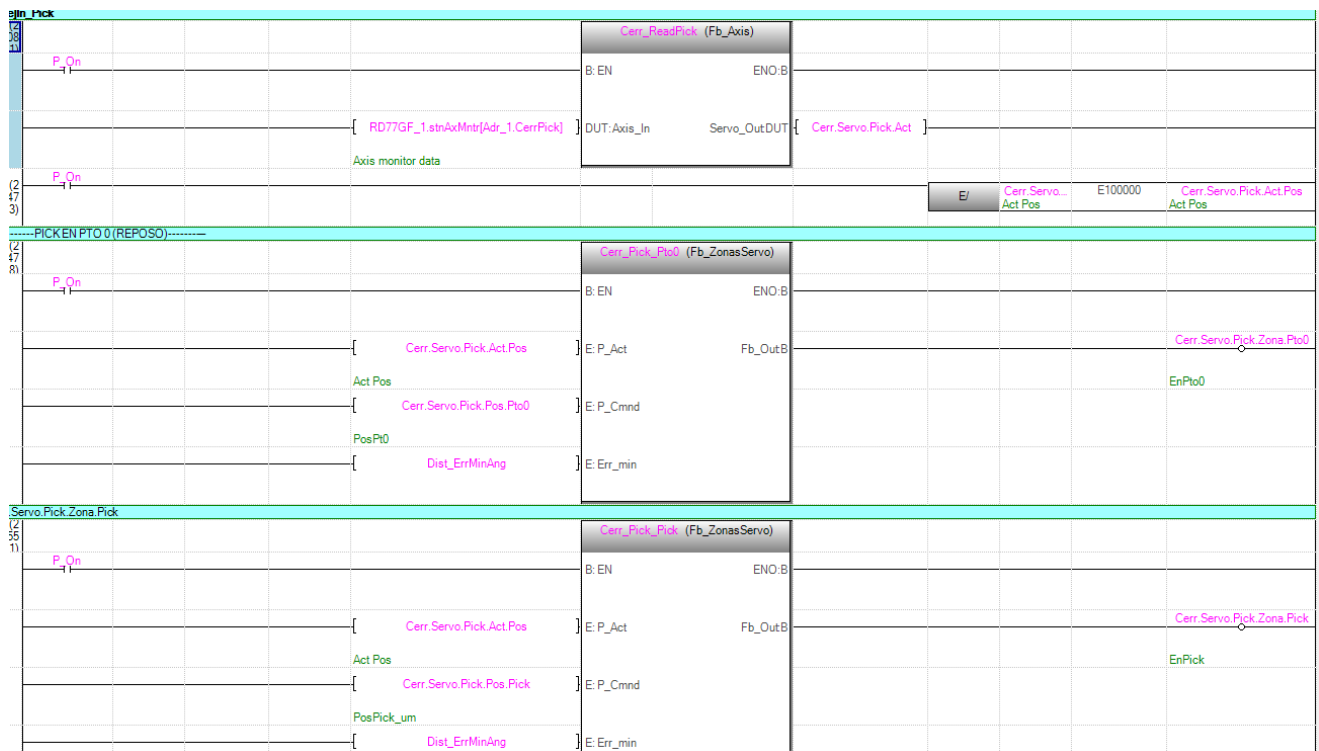


Figura 59: Sección variables entradas servomotores

4.3.3.3.3. Modos de funcionamiento

En esta sección del programa se determinará el modo de funcionamiento de la estación. Para ello, se decidirá a través de pulsadores asociados mediante direcciones de memoria al programa de la pantalla HMI.

Cabe destacar que, si se desea cambiar de modo de funcionamiento, el modo actual se deshabilitará y pasará a trabajar en el modo seleccionado.

Véase en la **figura 60** se mostrará la programación de esta sección donde se diferenciarán las condiciones para habilitar cada modo de funcionamiento.

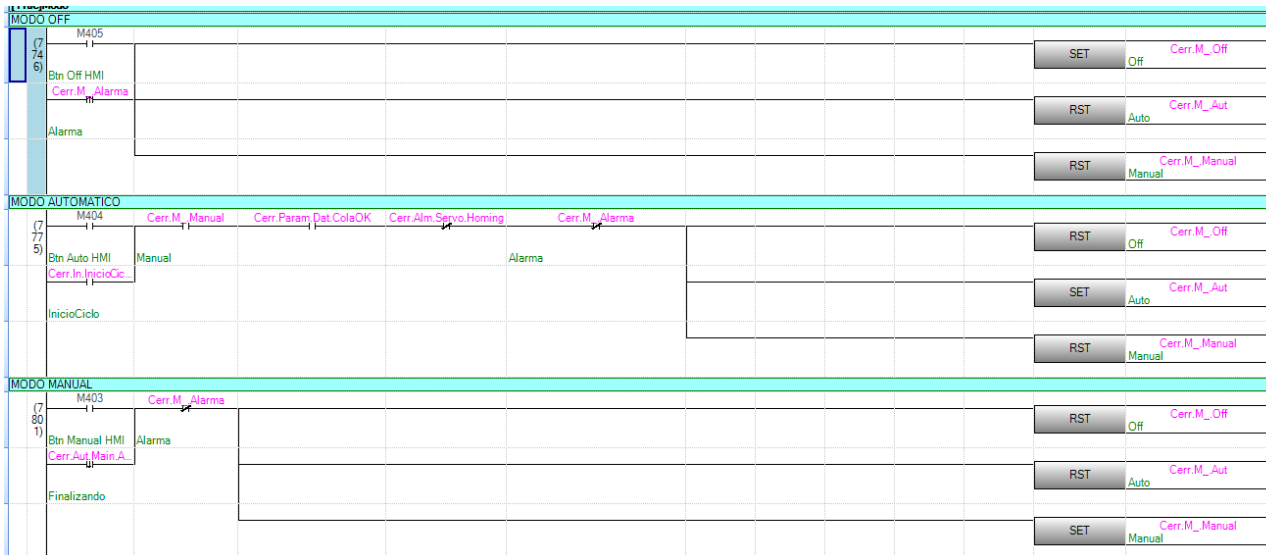


Figura 60: Programación modos de funcionamiento de la estación

4.3.3.3.4. Comunicación entre PLC y HMI

Para poder establecer una comunicación entre el PLC y el HMI debe existir una conexión entre ellos. Para ello, como se ha comentado anteriormente, la CPU donde se almacenará el programa y la pantalla HMI estarán comunicadas mediante el mismo rango de dirección IP, siendo este el rango 3.

Además, cuando se configure el programa del HMI, se deberá añadir correctamente el modelo tanto del PLC utilizado como del HMI, como también las direcciones IP que se han asociado para cada uno. Una mala introducción de estas dos direcciones IP supondría una mala comunicación entre ambos. Esta configuración del programa HMI se desarrollará más adelante.

Una vez se haya establecido correctamente la comunicación entre ambos dispositivos, se deberán de asociar direcciones de memoria del PLC para introducir parámetros que se deseen configurar mediante la pantalla HMI. Para ello, serán necesarios dos tipos de variables, variables numéricas o variables booleanas.

Analizando todas las etapas que componen esta estación, se han desarrollado una serie de tablas que recogen todas las variables que se van a utilizar. Para visualizar el contenido de estas tablas, dirigirse al **ANEXO X**.

Estas direcciones de memoria se utilizarán para la programación de los modos de funcionamiento, automático y manual, ya que necesitan estos parámetros para realizar unas acciones u otras.

A continuación, en la **figura 61** se mostrará una sección de la asociación de las direcciones de memoria con variables internas para realizar acciones en el programa.

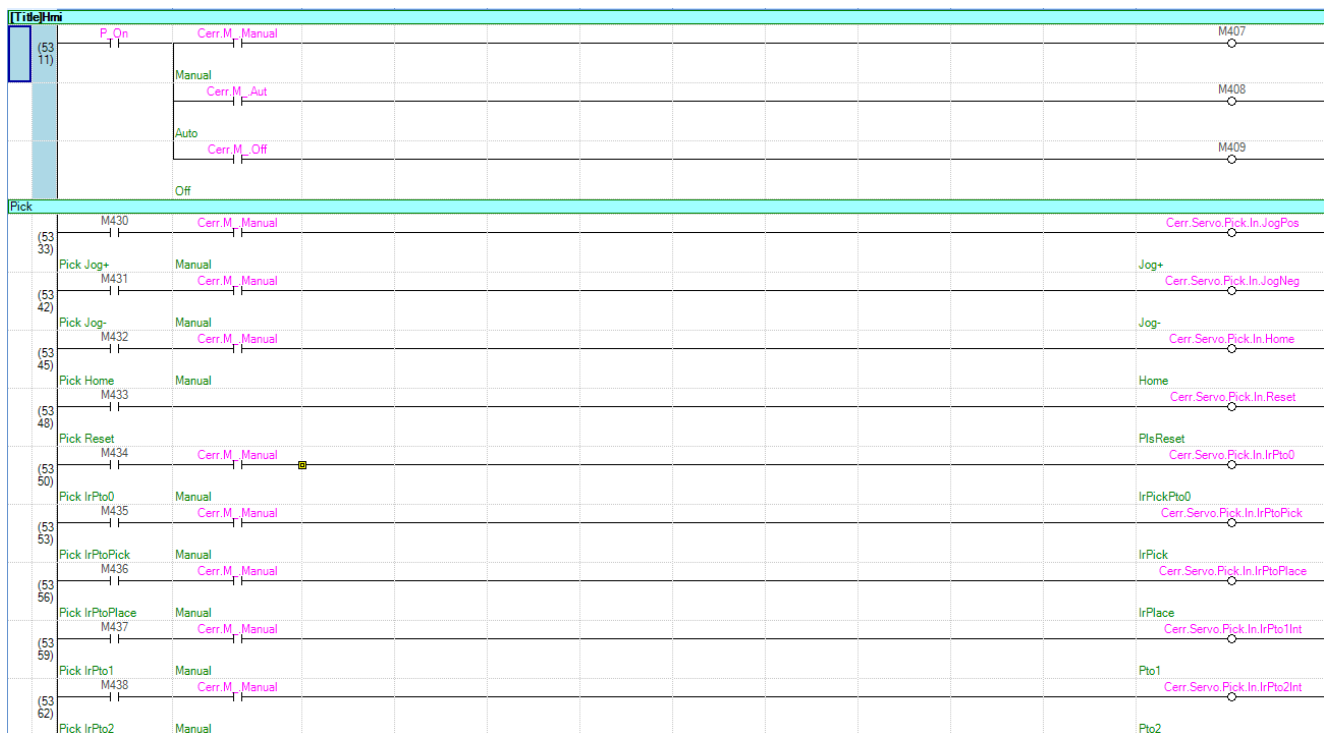


Figura 61: Sección asociación direcciones de memoria del PLC con HMI

4.3.3.3.5. Modo manual

En esta sección del programa se desarrollará el modo manual de funcionamiento de la estación. Como se ha desarrollado en el apartado anterior, se han asociado una serie de direcciones de memoria con el HMI. En estas se introducirán los parámetros que se utilizarán para el desarrollo de esta sección de la programación.

En este modo de funcionamiento, el movimiento de las diferentes herramientas se controlará mediante acciones intencionadas del usuario a través de la pantalla HMI. Estos movimientos se realizarán cumpliendo con los parámetros introducidos.

Para la programación de este modo de funcionamiento se han utilizado los siguientes bloques de función: **FB_MC_POWER_LD_RD77**, **FB_MCv_JOG_LD_RD77**, **FB_MC_STOP_LD_RD77**, **FB_MC_MOVEABSOLUTE_LD_RD77**, **FB_MC_RESET_LD_RD77** y **FB_MC_HOME_LD_RD77**. Para estos bloques de función se les han introducido los parámetros que el usuario ha introducido en el HMI.

A continuación, se mostrará en la **figura 62 y 63** una sección de la programación de los movimientos que podrá realizar cada servomotor. Se ha utilizado el mismo procedimiento para los 3 servomotores.

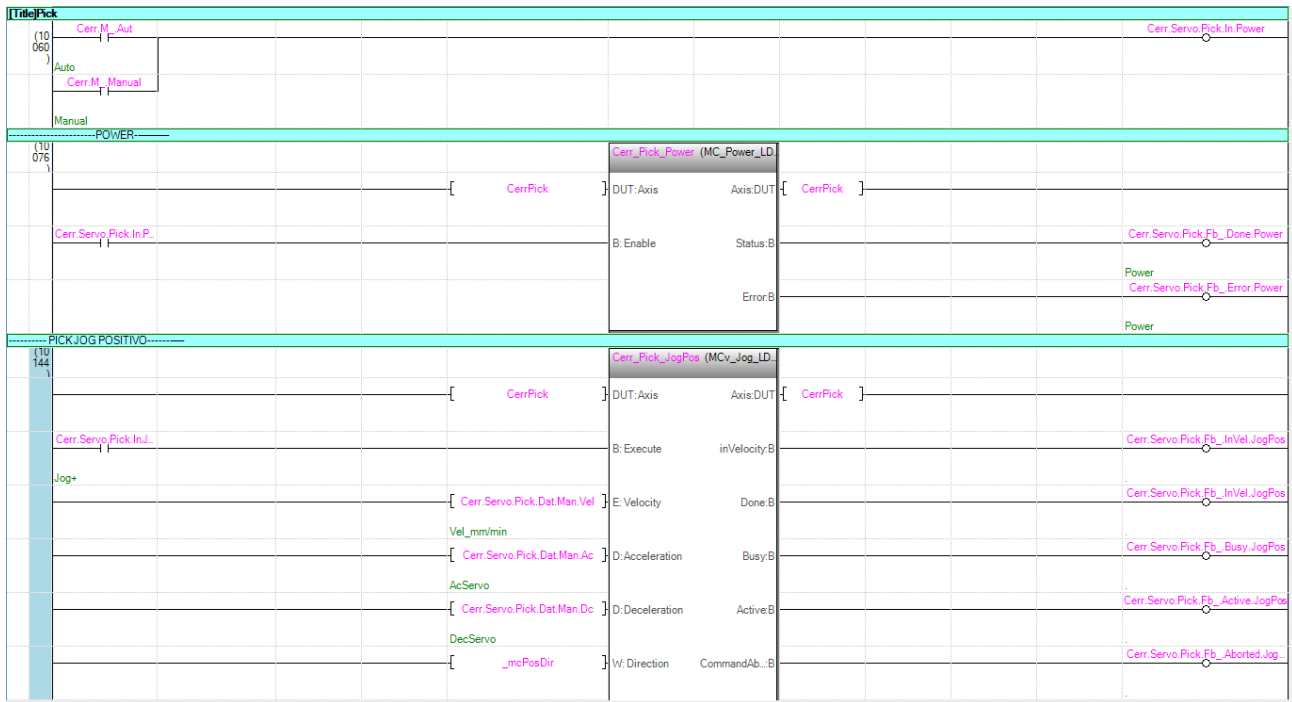


Figura 62: Sección 1 Bloques de función encargados de movimiento servomotor

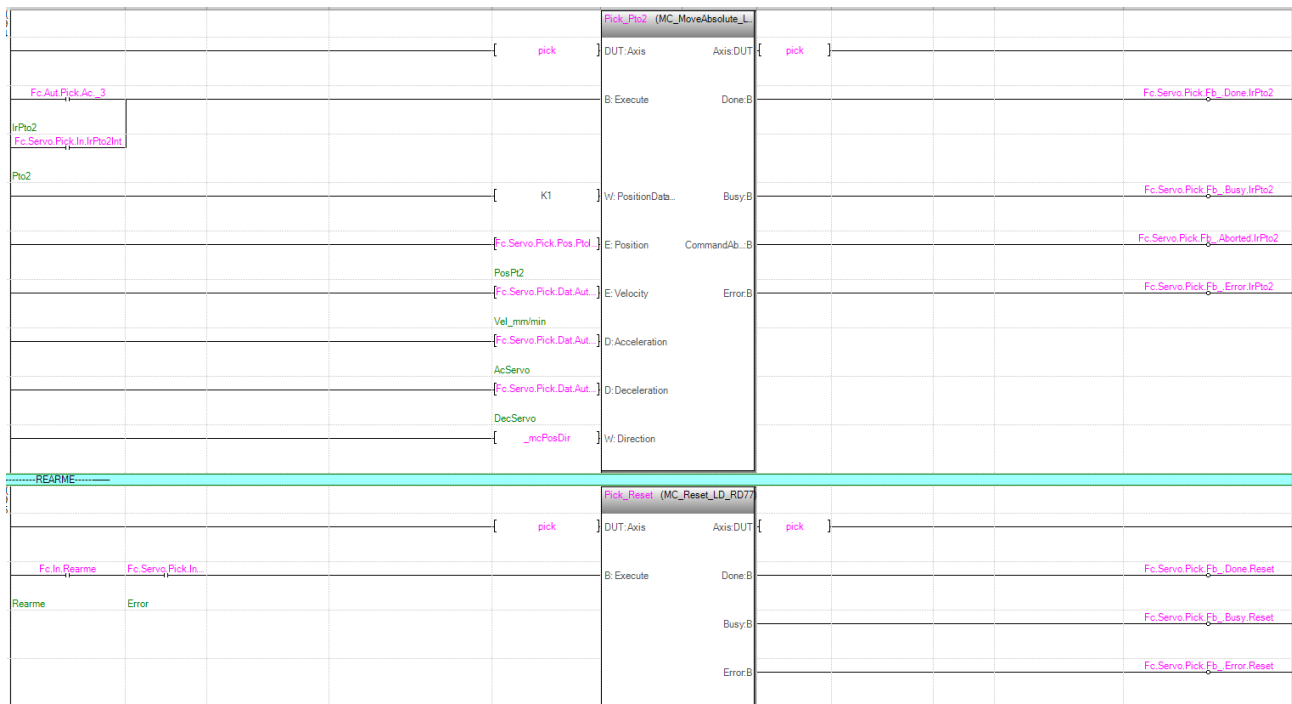


Figura 63: Sección 2 Bloques de función encargados de movimiento servomotor

Como se puede apreciar, el bloque de función **MC_POWER_LD_RD77** recibe en la entrada de habilitación un bit que es activado si se ejecuta el modo de funcionamiento manual o automático. Una vez habilitada, dará permiso a cada servomotor a que se ponga en movimiento.

Además, a cada bloque de función que realiza desplazamientos, se les han introducido los parámetros que el usuario ha asignado por pantalla.

4.3.3.3.6. *Modo automático*

En esta sección del programa se desarrollará la programación que permitirá a las herramientas desplazarse de una forma automática. En primer lugar, se ha seguido el modelo de programación GRAFCET, con sus respectivas etapas, que activan salidas y transiciones, que habilitan el paso entre etapas. Para poder tener una estructura clara y fácil de interpretar, se han creado dos niveles de programación.

Por un lado, se ha diseñado un programa principal donde se controlará el estado de la estación y los subprogramas pertenecientes a cada herramienta y a las cintas. La estructura de funcionamiento del programa principal es la siguiente:

1. Si se pulsa el botón de cambio de estado a automático y las herramientas no están en posición de inicio de ciclo, se posicionarán automáticamente en esa posición
2. Una vez posicionados en posición de inicio, se deberá de pulsar el botón de inicio ciclo durante 1 segundo. Pasado este tiempo se iniciará el ciclo de empaquetado.
3. Cuando las herramientas finalicen sus ciclos respectivamente y no se haya pulsado el botón de fin de ciclo, las herramientas seguirán realizando su ciclo.
4. Si se pulsa el botón de fin de ciclo, las herramientas finalizarán el ciclo que estén ejecutando y se detendrán.
5. Una vez hayan finalizado cada una su ciclo, el programa principal entrará en su última etapa y se detendrá a la espera de un nuevo inicio de ciclo.

A continuación, en la **figura 64** se mostrará la estructura que se ha realizado para la programación del GRAFCET del programa principal, junto con la **figura 65** donde se mostrarán las transiciones que habilitan el cambio de etapa.

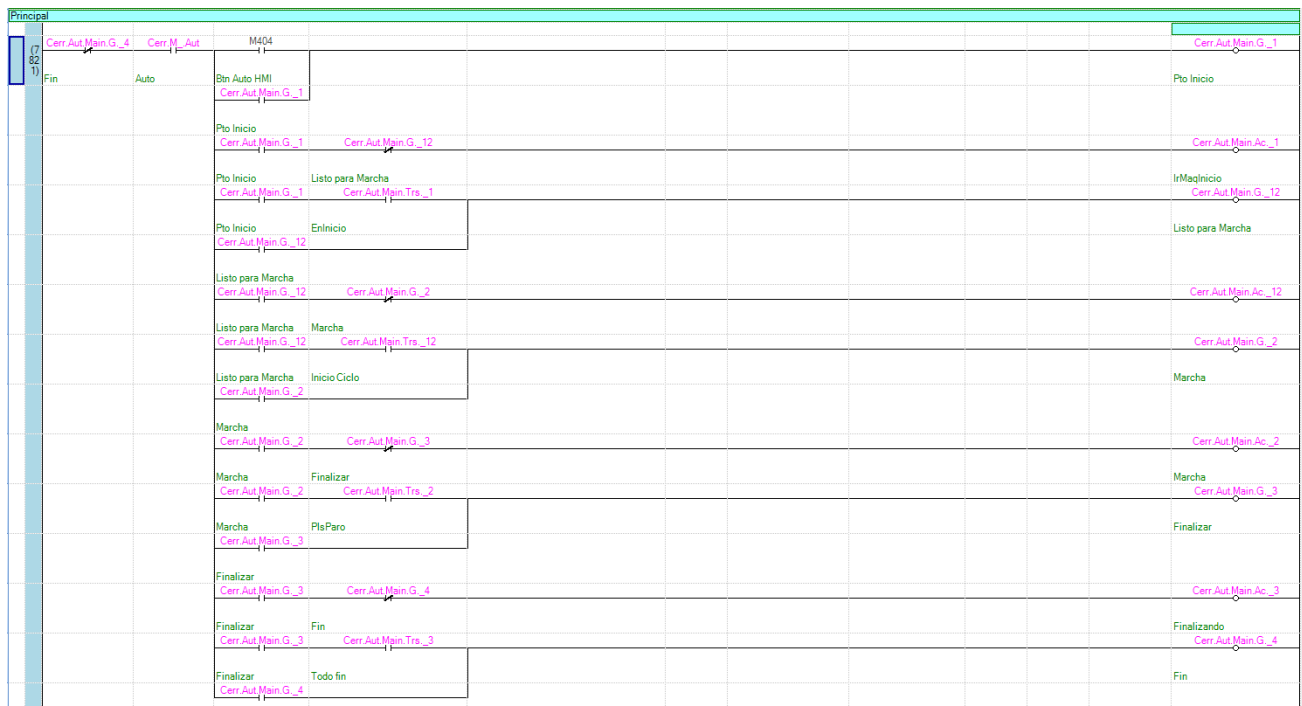


Figura 64: Programación programa principal automático

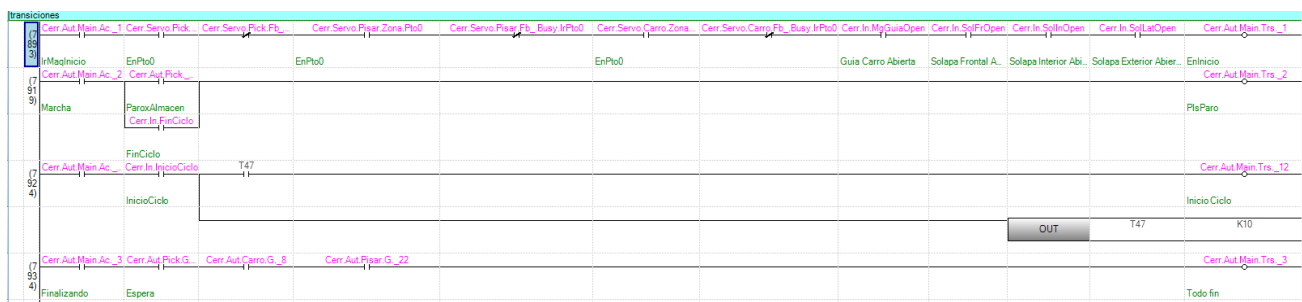


Figura 65: Transiciones programa principal

Por otro lado, se encuentran los 3 subprogramas que corresponden a las 3 herramientas que corresponden a cada una de las 3 etapas de la estación. Se han creado 3 GRAFCET diferentes para independizar los ciclos de cada uno y de esta forma optimizar el tiempo de programación. Es importante mencionar que de esta forma la programación de cada una requiere de un cierto grado de complejidad, ya que para que no colisionen entre ellas, se necesita que los programas se comuniquen entre ellos mediante permisos.

A continuación, se desarrollará la programación de las 3 herramientas. Para que sea más intuitivo, a la primera herramienta se le llamará Pick, a la segunda herramienta se le llamará carro, y a la tercera herramienta se le llamará pisador.

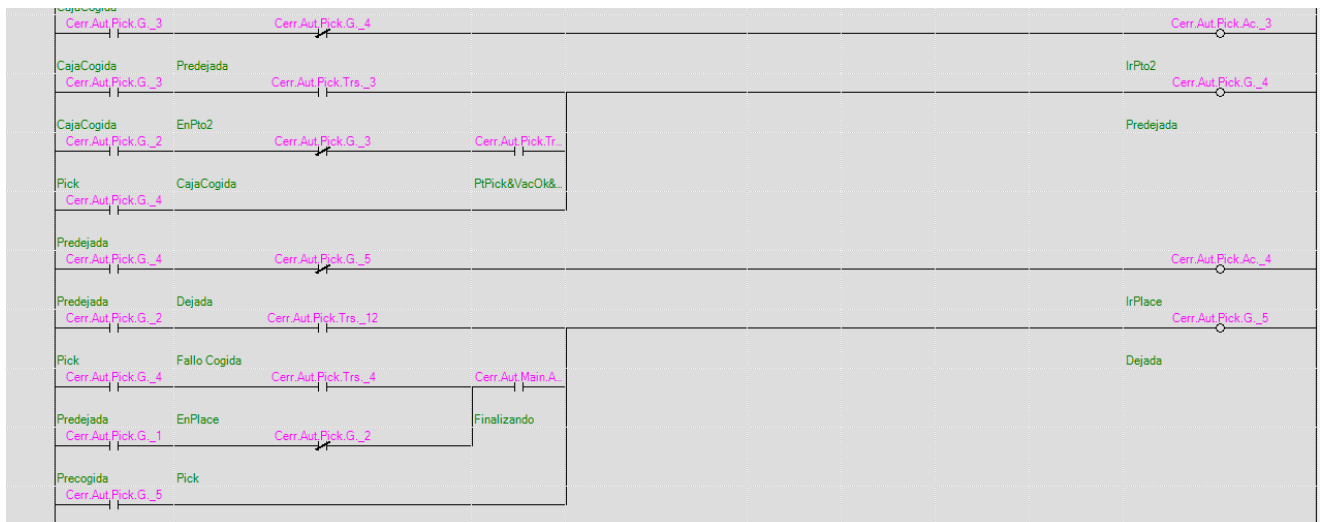


Figura 67: Etapas dejada de tapas

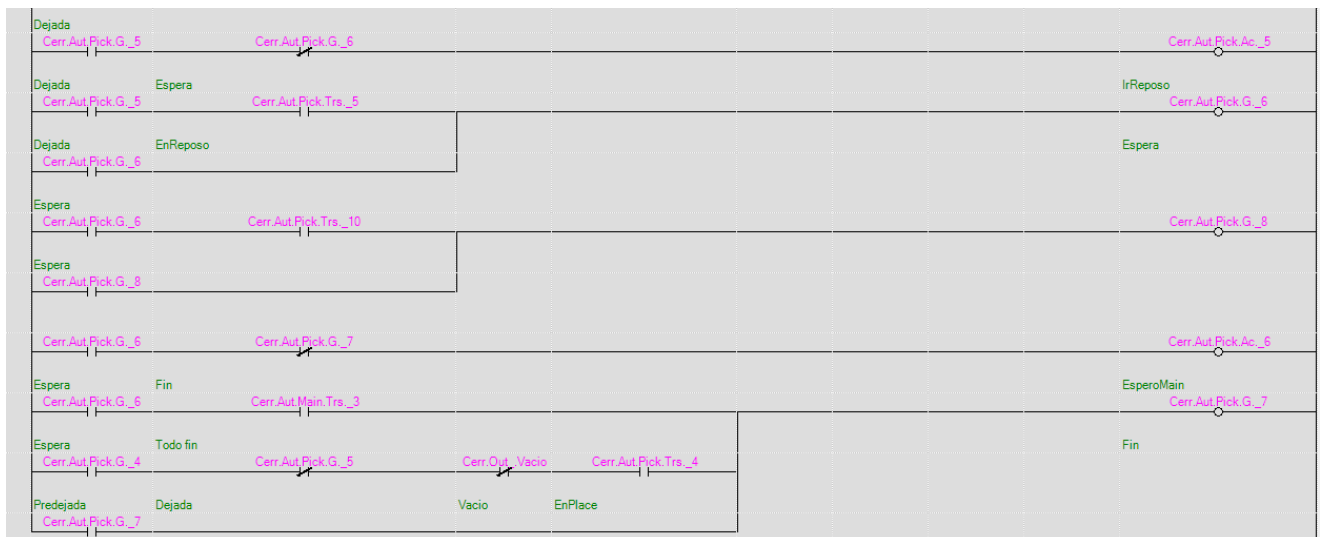


Figura 68: Etapas fin de ciclo

A continuación, en la **figura 69**, se mostrarán todas las condiciones que se deben de cumplir para cada transición.



Figura 69: Transiciones programa automatizado herramienta Pick

En la **figura 70** se muestra la programación que se ha llevado a cabo para cuando la herramienta no consigue coger la tapa y lo vuelve a intentar. Para ello, se desplaza hasta donde está la caja, intenta succionarla, si no lo consigue, vuelve a la posición de inicio. Cuando ha llegado a la posición, vuelve a la posición de coger la caja e intenta de nuevo.

Además, la bandeja que lleva las tapas deberá avanzar también a medida que se vayan cogiendo las tapas, para que la herramienta pueda coger la tapa de forma correcta.

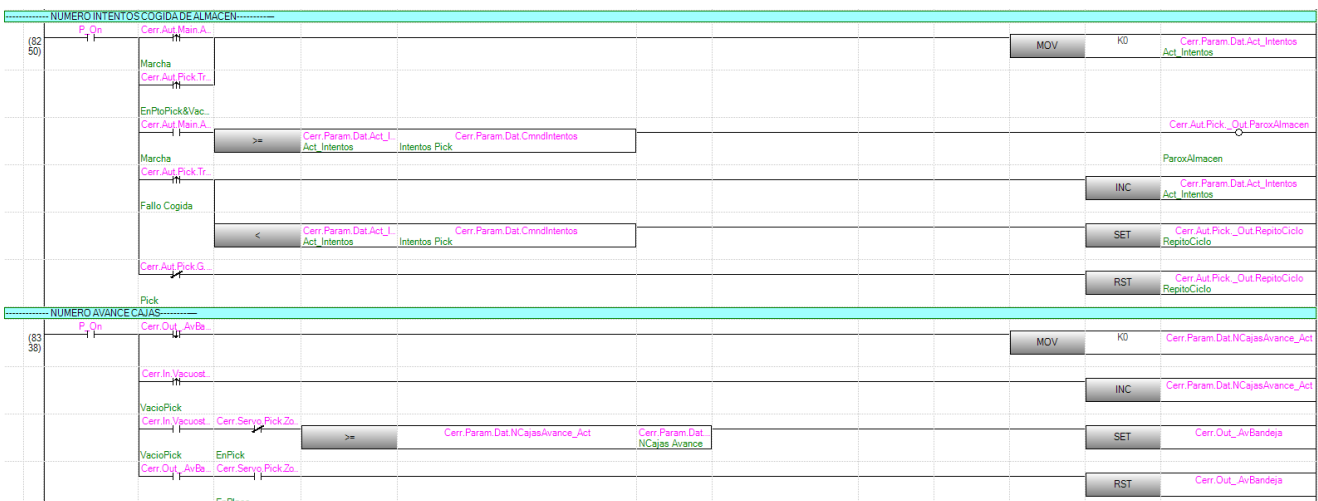


Figura 70: Programación intento cogida y avance bandeja de tapas

4.3.3.3.6.2. Programación carro

En esta sección se desarrollará la programación de la segunda herramienta. Esta es la encargada de recoger la tapa de la primera herramienta y transportarla sobre una superficie horizontal hasta llegar al pisador.

El procedimiento que debe seguir es el siguiente:

1. Al cambiar al modo automático, si no está en posición de inicio, se posicionará.
2. Si está ya posicionado y se pulsa el botón de inicio ciclo durante un segundo, le dará permiso al pick para que descargue la tapa. Una vez se detecte que se ha descargado y el pisador le da permiso para avanzar, esta herramienta avanzará hasta la posición donde se encuentra el pisador. Durante el trayecto, se le aplicará cola para su posterior empaquetado. Véase estas etapas en la **figura 71**.
3. Una vez se ha dejado la tapa, le dará permiso al pisador para que recoja la tapa mientras que esta herramienta vuelve a posición de inicio.
4. Una vez haya llegado a la posición de inicio, le volverá a dar permiso al pick para que descargue la tapa. Si no se ha pulsado el botón de fin de ciclo, volverá a realizar el ciclo. Véase estas etapas en la **figura 72**.

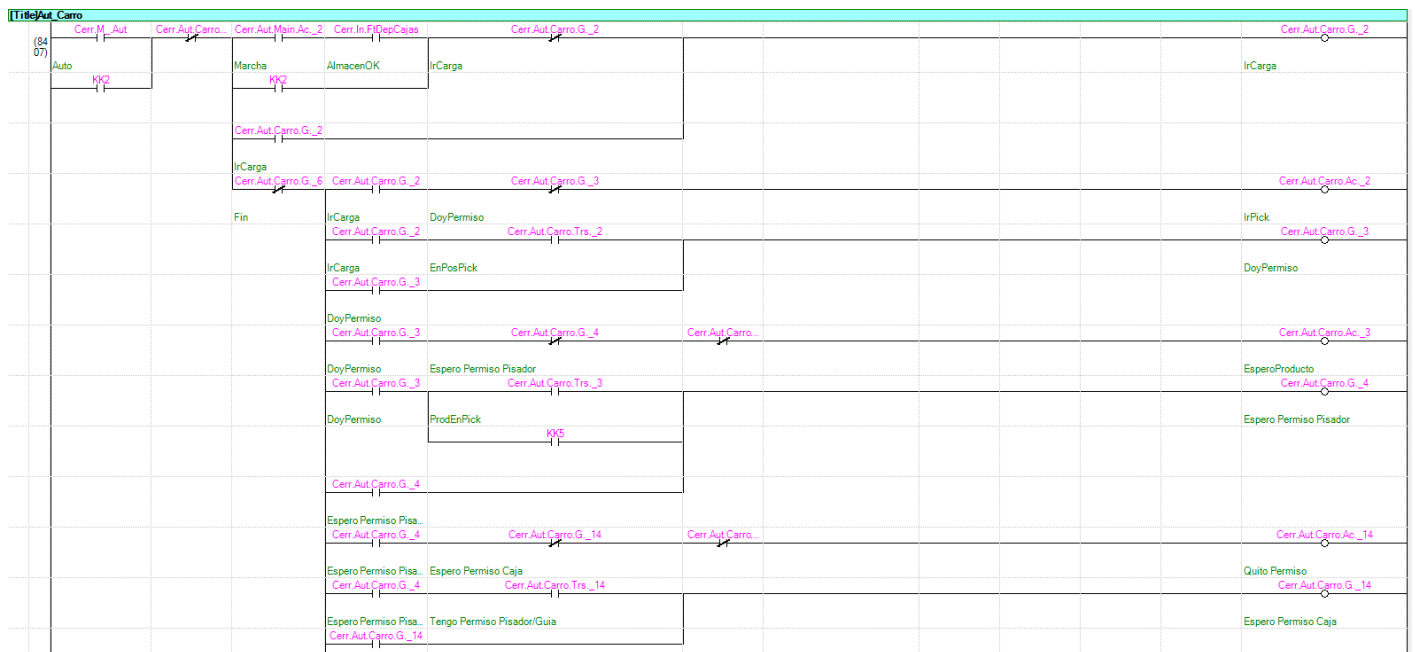


Figura 71: Etapas transporte tapa

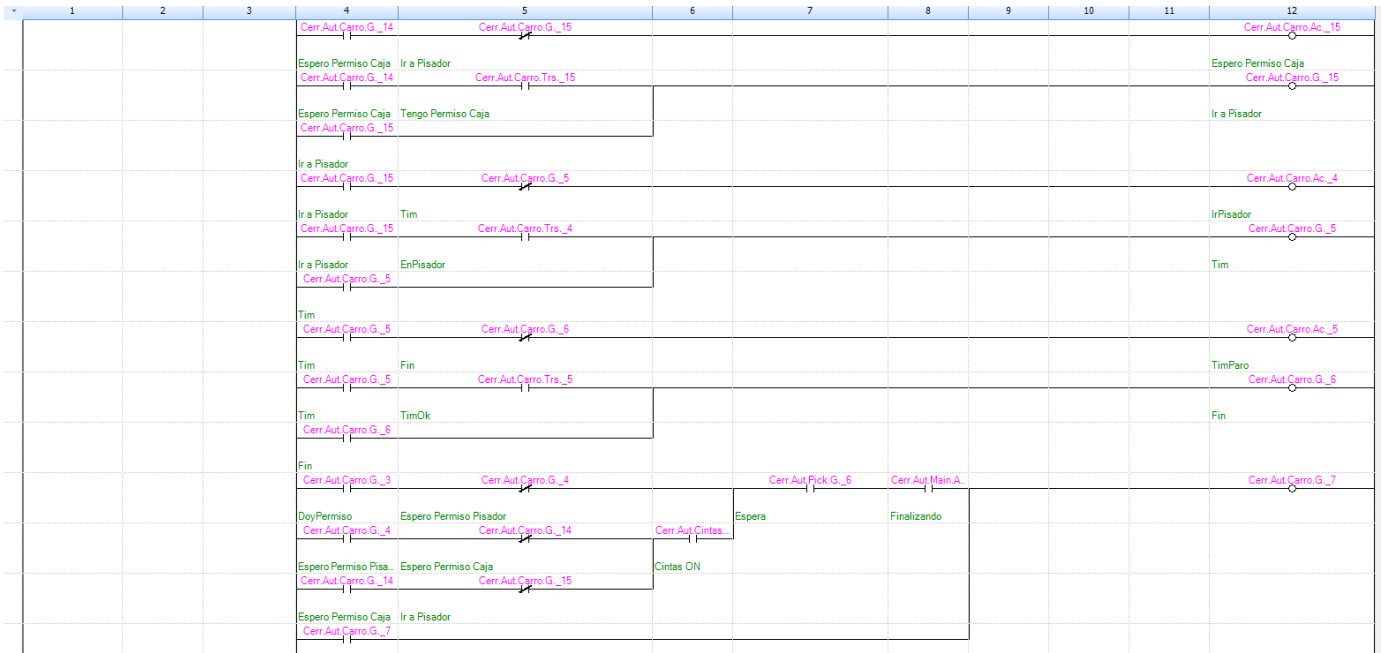


Figura 72: Etapas regreso a posición de inicio y fin de ciclo

A continuación, en la **figura 73**, se mostrarán todas las condiciones que se deben de cumplir para cada transición.



Figura 73: Transiciones empleadas herramienta Carro

4.3.3.3.6.3. Programación pisador

En esta sección se desarrollará la programación de la tercera herramienta. Esta es la encargada de recoger la tapa de la segunda herramienta e introducirla sobre la caja que pasa por debajo, montando la tapa mediante solapas.

El procedimiento que debe seguir es el siguiente:

1. Al cambiar al modo automático, si no está en posición de inicio, se posicionará.
2. Si está ya posicionado y se pulsa el botón de inicio ciclo durante un segundo, le dará permiso al carro para que transporte la tapa. Una vez se detecte que ha llegado la tapa, esta herramienta bajará para coger la caja mediante succión de aire. Véase estas etapas en la **figura 74**.
3. Si esta ha sido cogida, la guía por donde se ha introducido se abrirá para que la herramienta baje hasta donde está la caja. En este momento se le quitará el permiso de desplazarse a la guía y al carro para no colisionar con esta herramienta. Véase estas etapas en la **figura 75**.
4. Cuando llegue la herramienta a la posición donde está la caja, se procederá a realizar la secuencia de las solapas para su empaquetado. En primer lugar, se cerrarán las solapas interiores, cuando se detecte el cierre de los laterales, se cerrarán las solapas exteriores. En el momento en el que se le dé a cerrar, se esperará un breve periodo de tiempo para que las solapas frontales se cierren mientras están acabando de cerrar las exteriores. Esto se realiza para evitar que las lengüetas se salgan y se produzca un mal cierre. En el mismo momento que se le dé a cerrar a las solapas frontales, se le dará a abrir a las exteriores, para que acabe de realizar el cerrado de la tapa correctamente. Véase esta secuencia de etapas en la **figura 76**.
5. Cuando se haya realizado el cierre, se esperará un corto periodo de tiempo para el secado de la cola. Seguidamente, se abrirán las solapas frontales e interiores y se procederá a desplazar a posición de inicio a la herramienta. Una vez se ha alcanzado el punto de inicio, se le dará permiso a la guía que se cierre y al carro para que pueda transportar otra tapa. Si no se ha pulsado el botón de fin de ciclo, volverá a ejecutarse el ciclo. Véase estas etapas en la **figura 77**.



Figura 74: Etapas posicionamiento inicial



Figura 75: Etapas cogida de tapa



Figura 78: Transiciones empleadas en el programa herramienta Pisador



Figura 79: Transiciones secuencia cierre de tapa

4.3.3.3.6.4. Programación cintas

En esta sección del programa se programará la parte perteneciente al funcionamiento de las cintas que transportan las cajas para empaquetar. Se trata de 3 cintas, la primera es la encargada de transportar la caja desde la anterior estación. La segunda es la encargada de colocar la caja en posición de empaquetado. La tercera cinta es la encargada de transportar la tapa hacia la otra estación.

El procedimiento que debe seguir es el siguiente:

1. Al cambiar al modo automático, se esperarán a que se pulse el botón de inicio ciclo para arrancar el movimiento de las cintas.
2. Si se le ha pulsado al inicio ciclo, la primera cinta empezará a transportar cajas hasta la segunda cinta. Cuando la segunda cinta detecte que tiene caja, la primera se detendrá para que no entren más cajas.
3. Cuando se detecte en la posición de empaquetado de la caja, que hay caja, la segunda cinta se detendrá y dará permiso al pisador a bajar para empaquetarla.
4. Una vez el pisador termine de realizar el empaquetado, la primera y la segunda cinta volverán a estar en marcha y la caja se transportará mediante la tercera cinta a la siguiente estación. Véase estas etapas en la **figura 80**.

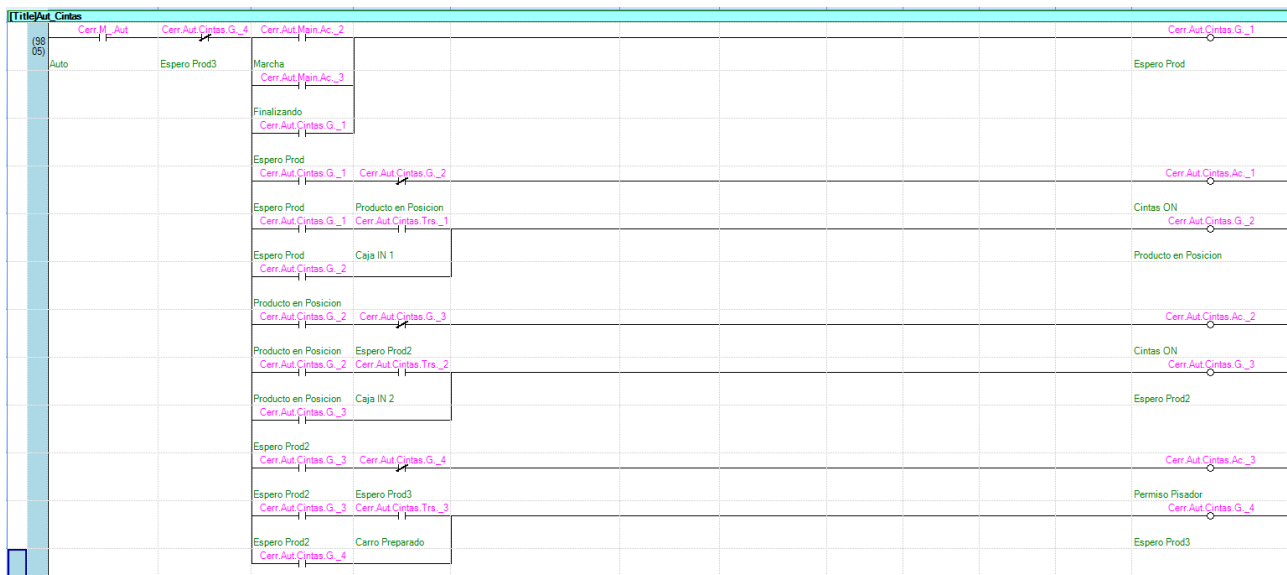


Figura 80: Etapas secuencia avance cajas en cintas

A continuación, en la **figura 81**, se mostrarán las condiciones que se deben de cumplir para que se efectúen las transiciones entre etapas.

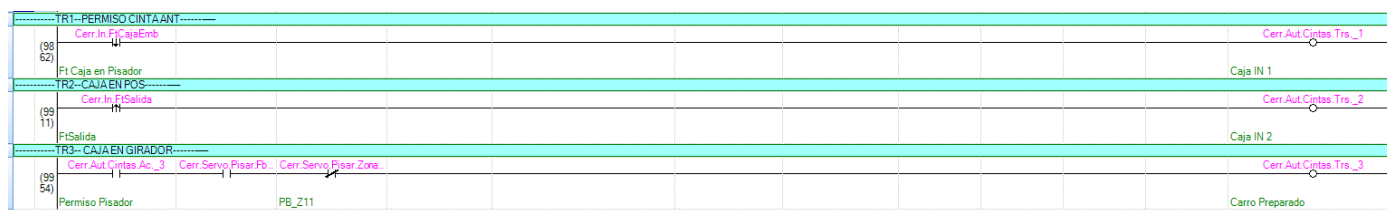


Figura 81: Transiciones empleadas programación cintas

4.3.3.3.6.5. Programación seguridad

Esta sección del programa se ha realizado para cuando se desea detener la estación sin tener la necesidad de pulsar una seta de emergencia. Consiste en pulsar durante 2 segundos el botón de fin de ciclo. Esto deshabilitará el movimiento de los servomotores y habilitará la apertura de las puertas para acceder al interior de la estación. Para reanudar el funcionamiento de la estación, bastaría con pulsar el botón de rearme. Véase la **figura 82** para ver la programación de esta sección.

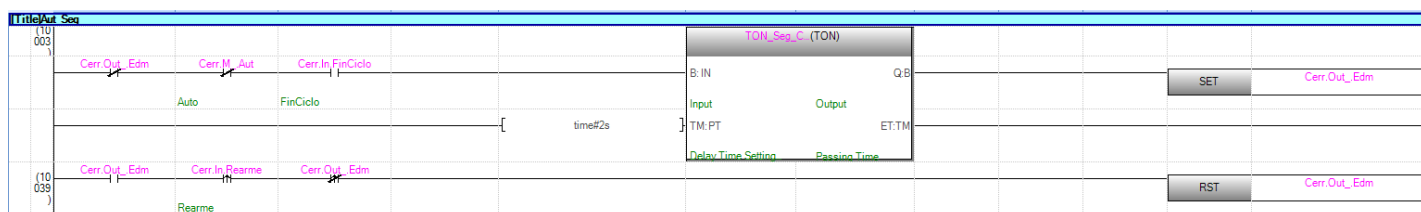


Figura 82: Programación detención emergente de la estación

4.3.3.3.7. Comunicación salidas variadores

En esta sección del programa se establecerá conexión con los variadores de los motores eléctricos. Para ello, se escribirá sobre las posiciones de las variables tipo string anteriormente creadas para asociar a cada posición de la variable, un parámetro diferente de los dispositivos. Véase en la **figura 83** de a continuación donde se mostrarán las variables internas que escribirán sobre cada parámetro del dispositivo.

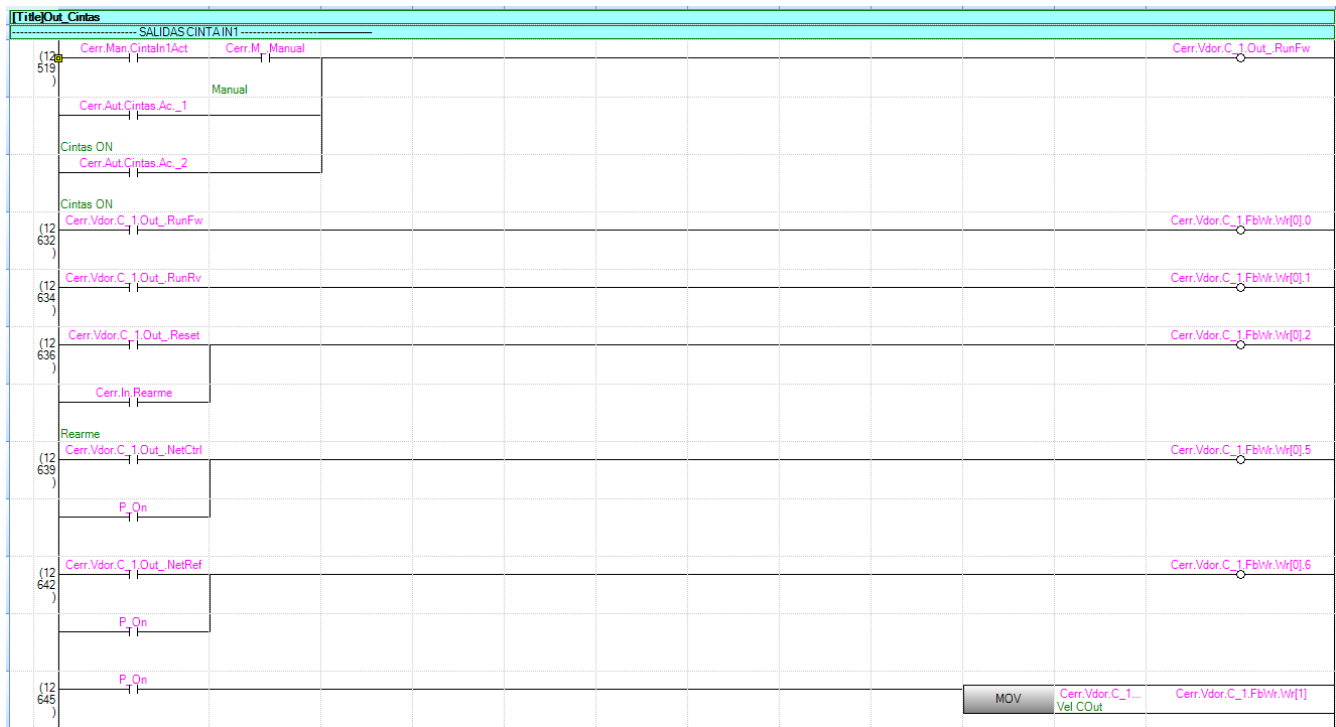


Figura 83: Sección comunicación salidas variadores

4.3.3.3.8. Comunicación salidas servomotores

En esta sección se desarrollarán las condiciones que activarán los diferentes cilindros neumáticos o la succión de aire de cada herramienta.

4.3.3.3.8.1. Salidas Pick

En esta herramienta se dispone de un mecanismo de succión de aire que es el encargado de coger la tapa. Para poder accionar esta succión de aire, se deberá estar en modo automático o manual. En el modo automático se habilitará esta succión en la etapa donde se intenta coger la caja, se deshabilitará en la etapa donde descarga la herramienta en el carro. En el modo manual bastará accionar un bit desde la pantalla para habilitar/deshabilitar. Esta programación se muestra en la **figura 84** de a continuación.

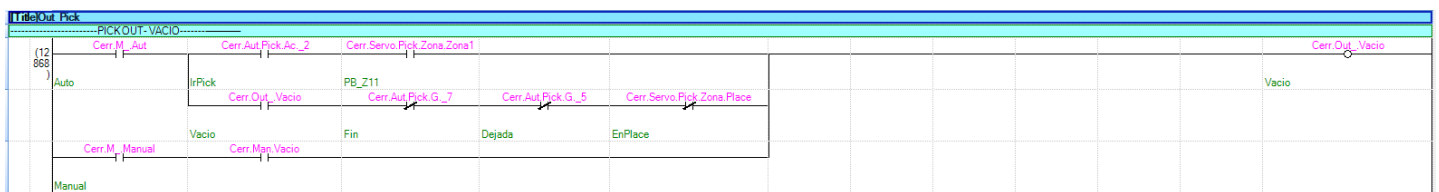


Figura 84: Salidas herramienta Pick

4.3.3.3.8.2. Salidas Carro

En esta herramienta se producirá el disparo de la cola sobre la tapa. Este disparo se produce con cola calentada expulsada gracias a aire con presión. Son controlados en modo automático o manual. En modo automático se accionarán cuando el carro pase por las posiciones establecidas por el usuario para que se dispare la cola. En modo manual bastará con accionar un bit desde pantalla para accionar el disparo. Esta programación se muestra en la **figura 85** de a continuación.



Figura 85: Salidas herramienta Carro

4.3.3.3.8.3. Salidas Pisador

Esta herramienta dispone de 8 cilindros neumáticos y un mecanismo de succión de aire. Los cilindros están distribuidos de la siguiente manera:

- 2 cilindros para las 2 solapas interiores
- 2 cilindros para las 2 solapas exteriores
- 2 cilindros para las 2 solapas frontales
- 2 cilindros para las 2 guías

Estos cilindros junto con el mecanismo de succión de aire se podrán accionar en modo automático y en manual. En modo automático se activarán en las etapas correspondientes a la cogida de la tapa y en la secuencia de cierre de la tapa. En modo manual bastará con pulsar un bit de la pantalla para abrir o cerrar las solapas y la guía o activar o desactivar la succión de aire. En la **figura 86** y **figura 87** se mostrará la programación de estas salidas de la herramienta.

Cabe destacar que las solapas interiores y exteriores se encuentran en el mismo lateral de la caja, se deberá de introducir la condición de que, si la solapa interior está abierta, no pueda cerrarse la exterior y viceversa.

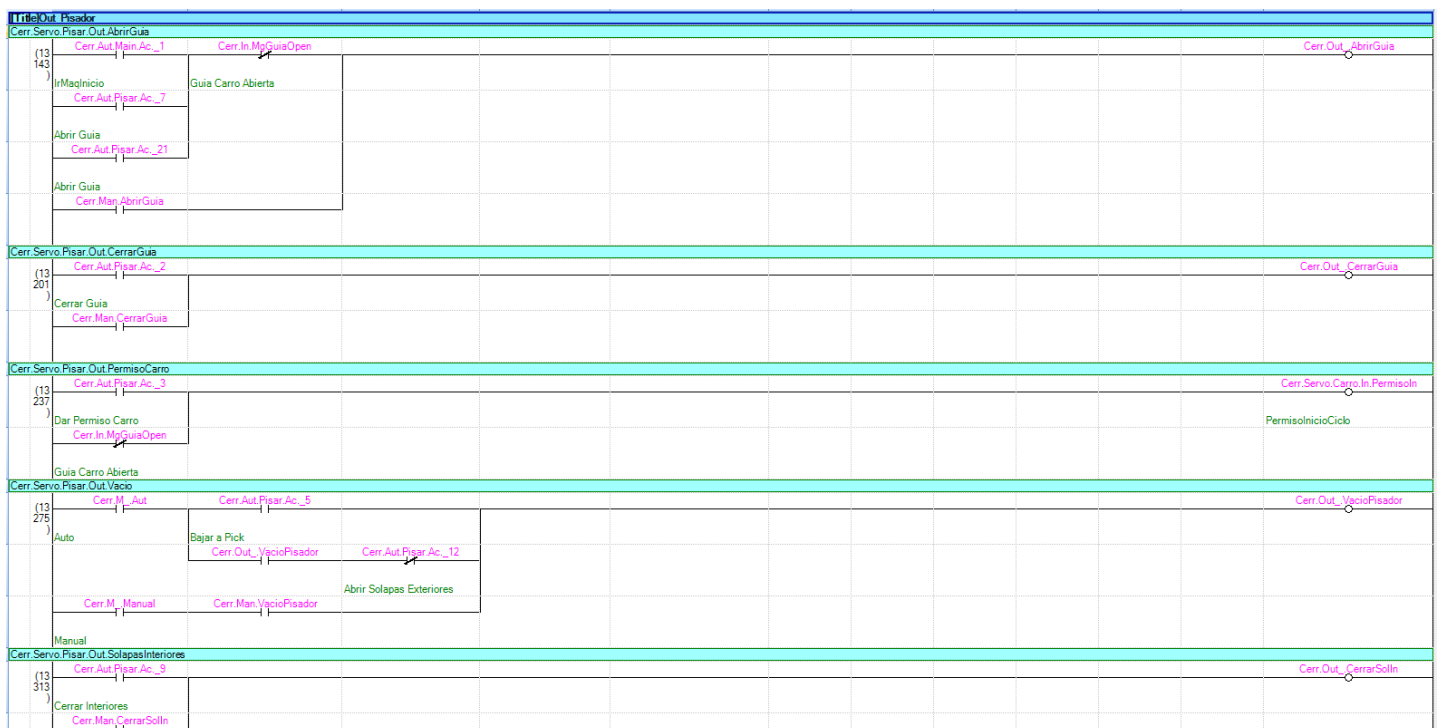


Figura 86: Salidas guía y vacío herramienta Pisador



Figura 87: Salidas Solapas Herramienta Pisador

4.3.3.3.9. Comunicación salidas módulo E/S

En esta sección del programa se establecerá conexión con el módulo de E/S. Para ello, se escribirá sobre las posiciones de las variables tipo string anteriormente creadas para asociar a cada posición de la variable, un dispositivo diferente. Véase en la **figura 88** de a continuación donde se mostrará una sección de las variables internas que escribirán sobre cada salida del dispositivo.

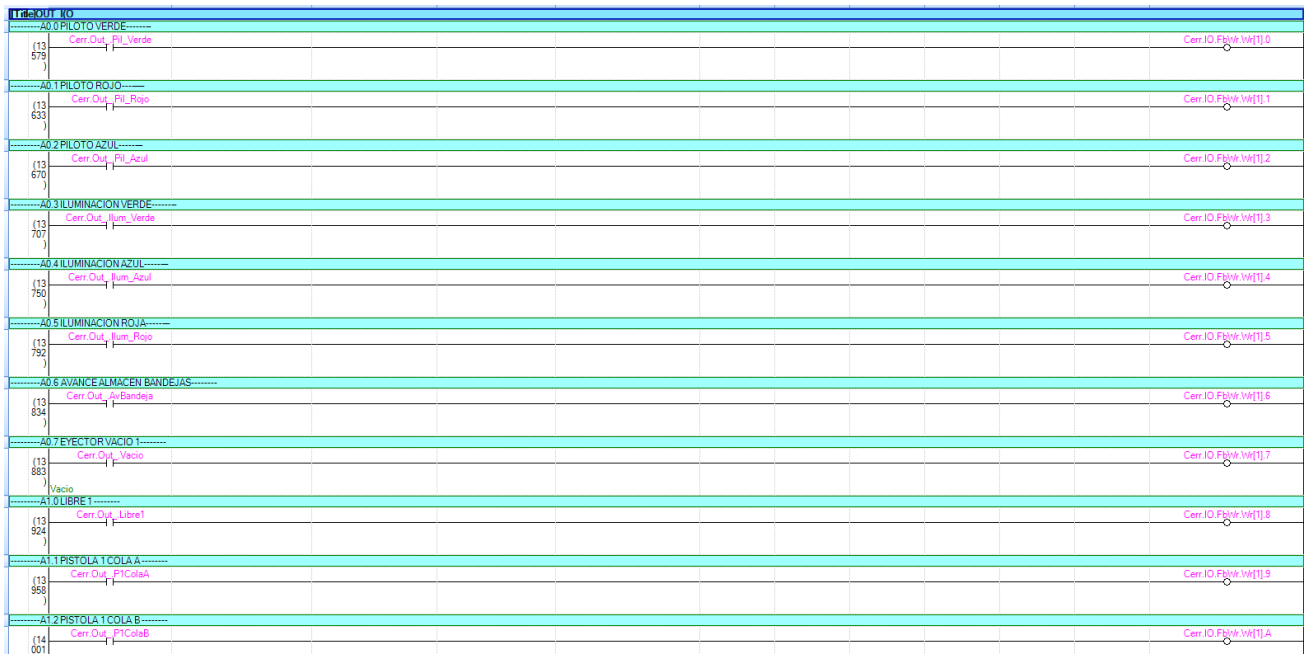


Figura 88: Sección variables salida Módulo E/S

4.3.3.3.10. Programación iluminación estación

Para que el usuario sepa de forma visual y rápido el estado de la estación, se han habilitado unas luces LEDS que cambian de color en función de la entrada que se le sea activada. De este modo, se ha habilitado una programación que iluminará la estación por dentro dependiendo en qué modo de funcionamiento se encuentre:

- Color verde: Se iluminará de este color cuando se habilite el modo automático.
- Color rojo: Se iluminará de este color cuando se produzca una alarma.
- Color azul: Se iluminará de este color cuando se habilite el modo manual.

Por otro lado, se apagará la iluminación cuando se habilite el modo OFF de funcionamiento. A continuación, se mostrará en la **figura 89** la programación que se ha desarrollado para esta iluminación de la estación.

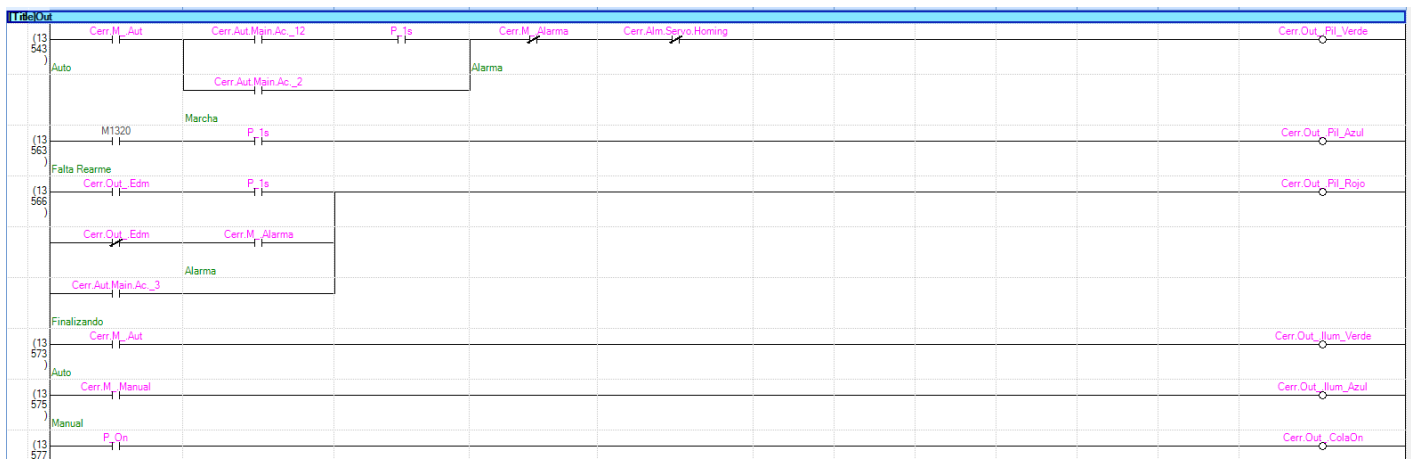


Figura 89: Programación iluminación interior estación

4.3.3.4. Configuración HMI

En esa sección del programa se desarrollará la programación de la pantalla HMI que será la encargada de comunicar el usuario con el funcionamiento de la estación. Para ello, se plantearán una serie de pantallas para clasificar los diferentes parámetros que se desean aplicar. A través de las pantallas, se podrá además desplazar de forma manual todas las herramientas donde desee el usuario, ajustando también el valor de las posiciones que se utilizarán para la programación automática.

En primer lugar, es importante realizar una breve introducción al funcionamiento del programa, junto con su previa configuración del modelo de HMI utilizado y la dirección IP utilizado tanto en el HMI como en el PLC.

El programa que se ha utilizado es el “GT Designer 3” de la marca Mitsubishi. Para más información del dispositivo y de la configuración del programa consulte la referencia [6].

4.3.3.4.1. Introducción a GT Designer 3

Una vez se ha abierto el programa, se desplegará una ventana emergente (véase la **figura 90**) donde se deberá escoger si se desea abrir un programa nuevo o uno ya creado, como no se ha creado nada aún, se pulsará sobre *New*.



Figura 90: Creación de nuevo proyecto HMI

A continuación, se mostrará una ventana emergente (**figura 91**) donde se deberá de escoger el modelo de pantalla que se disponga.

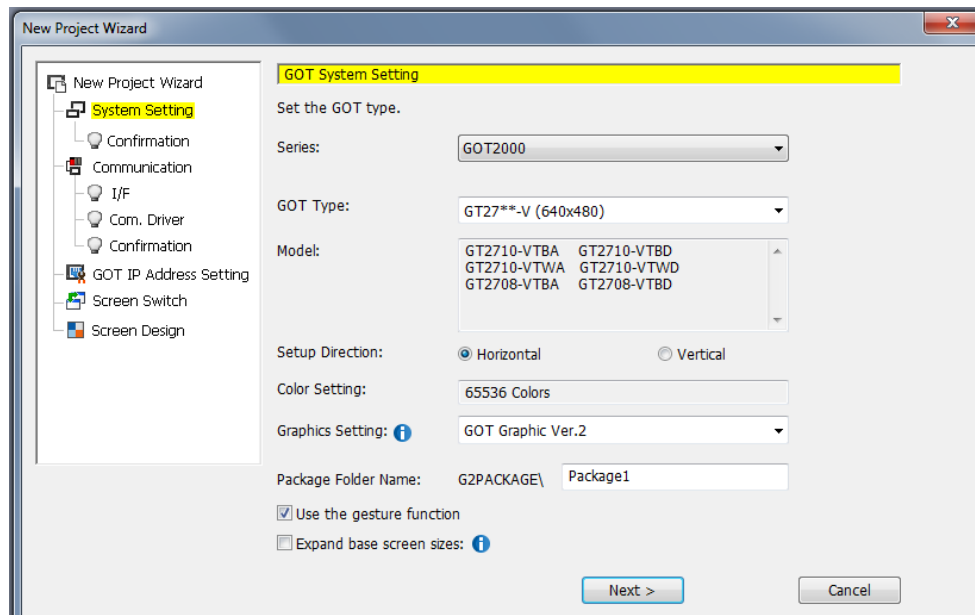


Figura 91: Elección modelo HMI

Varios pasos más adelante, se deberá de configurar la dirección IP que irá asociada a la pantalla, en la cual se introducirá la que previamente se le ha establecido. Véase la **figura 92** de a continuación.

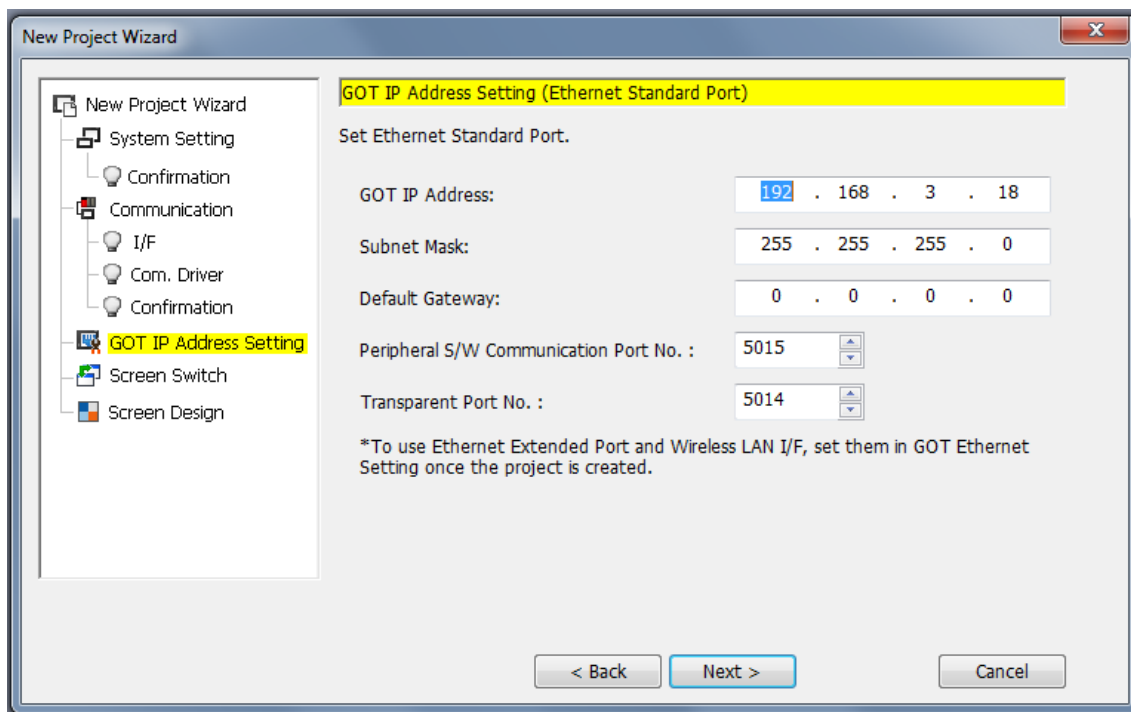


Figura 92: Configuración dirección IP HMI

Una vez realizada la configuración, se desplegará la ventana principal del programa (**figura 93**). En el lateral izquierdo se podrá apreciar las diferentes opciones del programa que se pueden configurar. En la parte central se muestra por defecto la ventana de la primera pantalla a diseñar. En el lateral derecho se muestra una serie de herramientas que serán de utilidad para desarrollar el diseño de la pantalla que se desee. Por último, en la parte superior, se muestra el menú de las herramientas que suelen ser habituales en este tipo de programas.

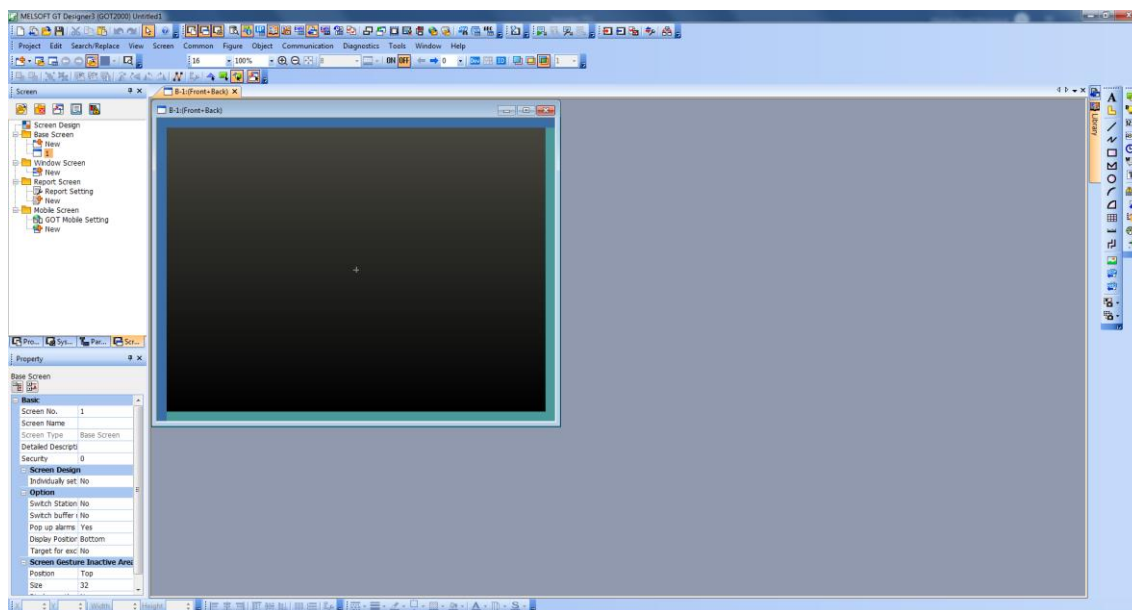


Figura 93: Vista general Gt Designer 3

Para introducir objetos dentro de la pantalla, será necesario dirigirse al menú de la parte superior y pulsar sobre *Object*. A continuación, se mostrará un desplegable con todos los objetos disponibles que se pueden utilizar. Para este proyecto se han utilizado los 3 más importantes. Véase en la **figura 95** la lista de objetos disponibles.

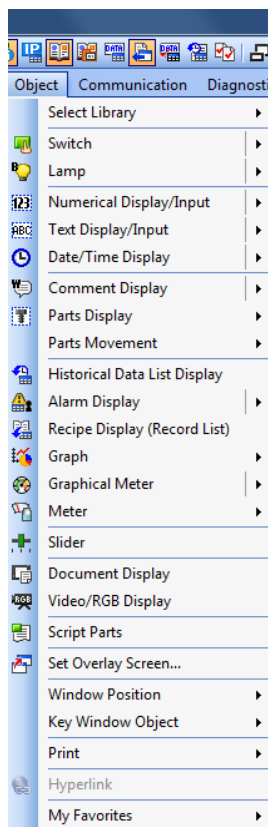


Figura 94: Objetos disponibles a utilizar

En primer lugar, se han utilizado pulsadores y lámparas que actúan sobre una variable booleana. Estas variables booleanas serán las que se asociarán con las direcciones de memoria tipo M del PLC. A continuación, se mostrará en la **figura 95** la configuración de este tipo de objeto.

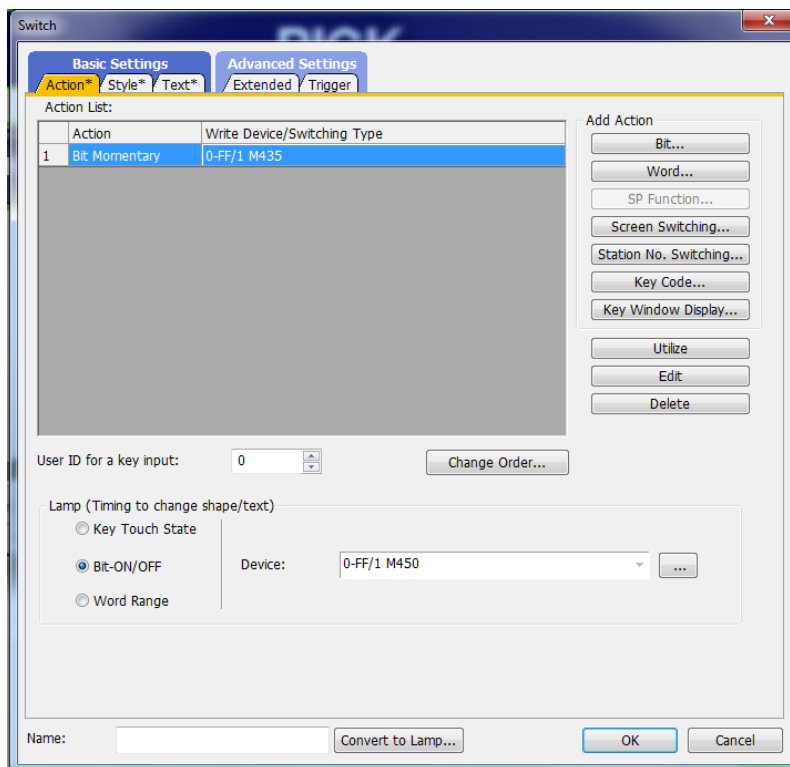


Figura 95: Configuración objeto pulsador

En segundo lugar, se han utilizado entradas numéricas que actuarán sobre una variable tipo float. Estas variables tipo float se asociarán con las direcciones de memoria tipo D del PLC. A continuación, se mostrará en la **figura 96** la configuración de este tipo de objeto.

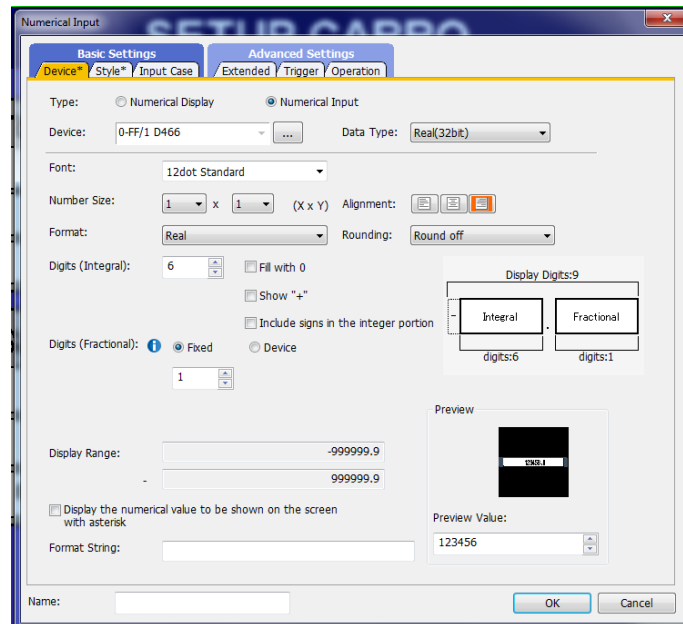


Figura 96: Configuración objeto entrada numérica

Por último, se ha utilizado un display para visualizar las alarmas que pueden ir surgiendo durante el funcionamiento de la máquina. Estas alarmas se mostrarán a partir de variables booleanas que serán activadas/desactivadas a través del PLC mediante direcciones de memoria tipo M. A continuación, se mostrará en la **figura 97** la configuración de este tipo de objeto.

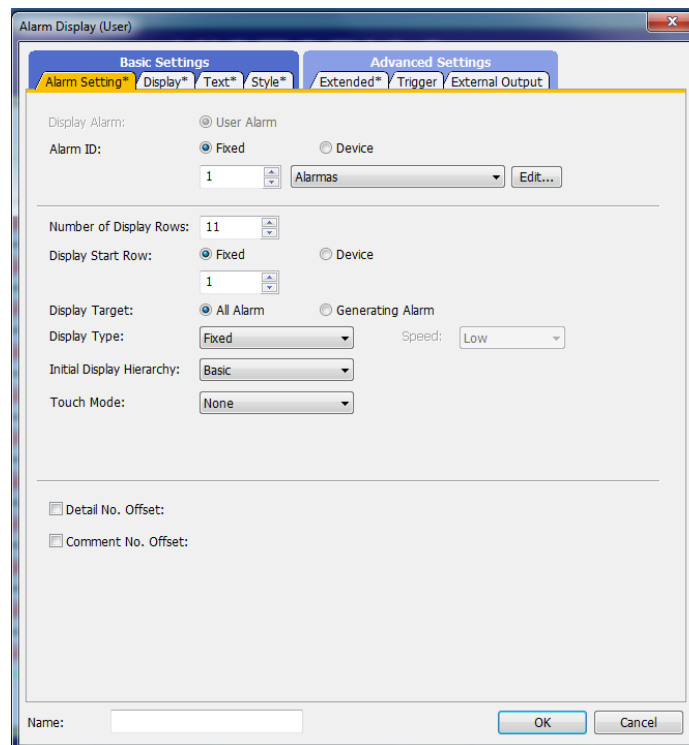


Figura 97: Configuración objeto display alarmas

Este tipo último de objeto se desarrollará en el siguiente apartado.

4.3.3.4.2. Configuración alarmas

En este apartado se configurarán todas las alarmas que se han establecido para estación. En primer lugar, se deberá de crear un nuevo listado de alarmas. Para ello, dentro de la configuración, se pulsará sobre el botón *Edit*, se confirmará que se desea crear uno nuevo y se desplegará una nueva ventana de configuración.

Dentro de esta pantalla, se pulsará sobre la pestaña *Device* y aparecerá el listado donde se irán introduciendo todas las alarmas. En la sección de *Device* se asociará la dirección de memoria que habilitará/deshabilitará cada alarma, en la sección de *Comment no.* Véase en la **figura 98** la ventana donde aparece el listado con todas las alarmas.

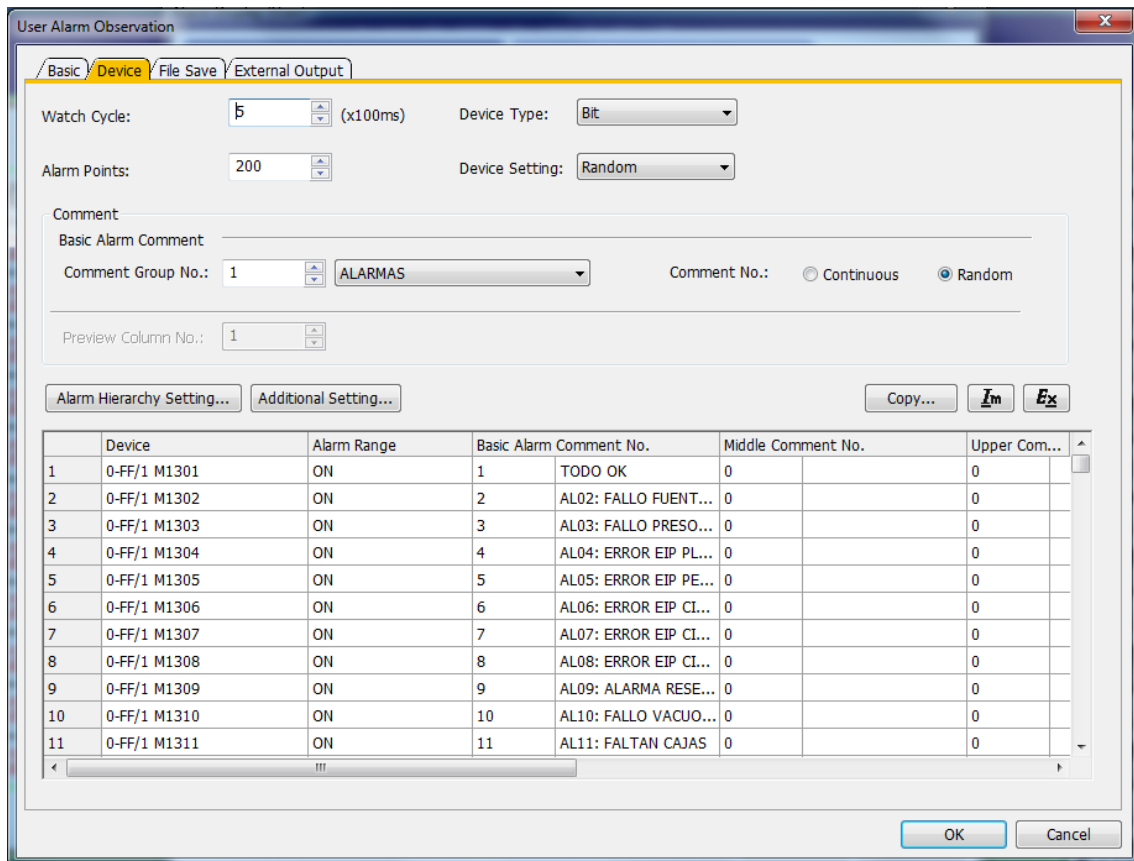


Figura 98: Configuración listado de alarmas

Una vez creada el listado de todas las alarmas, se deberá de asociar estas direcciones de memoria al PLC. Para ello, se creará una nueva sección del programa donde se programarán las condiciones que se deberán cumplir para que se habilite cada alarma. En la **figura 99** se mostrará una sección de la programación realizada.

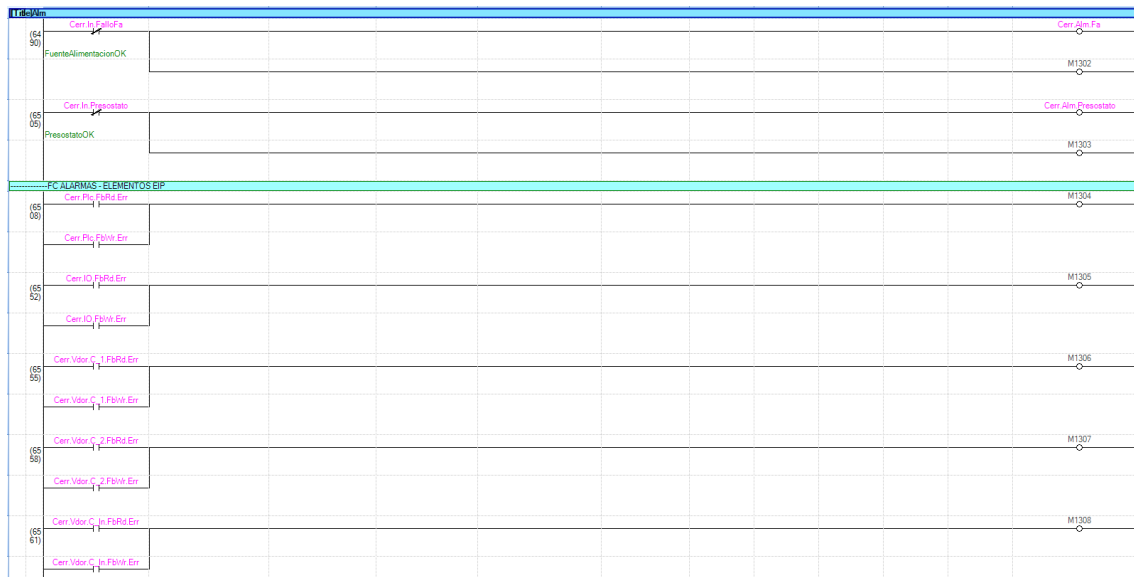


Figura 99: Configuración de activación de las alarmas en programa PLC

Para saber todas las alarmas creadas, consultar el **ANEXO direcciones de memoria utilizadas**.

4.3.3.4.3. Asociación direcciones memoria PLC – HMI

Una vez creadas todas las pantallas que sean necesarias, se deberá asociar al programa del PLC todas las direcciones de memoria que se han utilizado. Para ello, se creará una nueva sección del programa donde se vinculará cada dirección de memoria con una variable establecida dentro del bloque de datos de variables. De esta forma, se guardarán los valores de los parámetros introducidos por pantalla en variables que se utilizarán más adelante en la programación.

A continuación, en la **figura 100**, se mostrará una sección del programa donde se asocian las direcciones de memoria anteriormente mencionadas.

| I/O | | HMI | | PLC | |
|-------------|-----------------|---------------|--|-----|-------------------------------|
| (53 11) | P_On | Cerr.M_Manual | | | M407 |
| | Manual | Cerr.M_Aut | | | M408 |
| | Auto | Cerr.M_Off | | | M409 |
| | Off | | | | |
| Pick | | | | | |
| (53 33) | M430 | Cerr.M_Manual | | | Cerr.Servo.Pick.In.JogPos |
| | Pick Jog+ | Manual | | | Jog+ |
| (53 42) | M431 | Cerr.M_Manual | | | Cerr.Servo.Pick.In.JogNeg |
| | Pick Jog- | Manual | | | Jog- |
| (53 45) | M432 | Cerr.M_Manual | | | Cerr.Servo.Pick.In.Home |
| | Pick Home | Manual | | | Home |
| (53 48) | M433 | | | | Cerr.Servo.Pick.In.Reset |
| | Pick Reset | Manual | | | PlsReset |
| (53 50) | M434 | Cerr.M_Manual | | | Cerr.Servo.Pick.In.IrPto0 |
| | Pick IrPto0 | Manual | | | IrPickPto0 |
| (53 53) | M435 | Cerr.M_Manual | | | Cerr.Servo.Pick.In.IrPtoPick |
| | Pick IrPtoPick | Manual | | | IrPick |
| (53 56) | M436 | Cerr.M_Manual | | | Cerr.Servo.Pick.In.IrPtoPlace |
| | Pick IrPtoPlace | Manual | | | IrPlace |
| (53 59) | M437 | Cerr.M_Manual | | | Cerr.Servo.Pick.In.IrPtoInt |
| | Pick IrPto1 | Manual | | | Pto1 |
| (53 62) | M438 | Cerr.M_Manual | | | Cerr.Servo.Pick.In.IrPto2Int |
| | Pick IrPto2 | Manual | | | Pto2 |
| (53 65) | M455 | Cerr.M_Manual | | | Cerr.Man.Vacio |
| | Pick Vacio | Manual | | | |
| (53 68) | M456 | Cerr.M_Manual | | | Cerr.Out_ArBandeja |

Figura 100: Asociación direcciones de memoria PLC con HMI

Para saber todas las direcciones de memoria utilizadas, consultar en **ANEXO direcciones de memoria utilizadas**.

Si se desea consultar la función de cada una de las pantallas empleadas, consultar el manual de usuario en el **ANEXO Manual de usuario HMI**.

Por último, se deberá establecer conexión con el PLC a través del programa del HMI. Para ello, será necesario dirigirse al menú de *System* al apartado de *Controller Setting*. Dentro de este, se deberá de añadir un nuevo PLC. Seguidamente, se desplegará una ventana donde aparecerá el PLC añadido, en esta ventana se añadirá la dirección IP que se le ha establecido al PLC. En la **figura 101** de a continuación se mostrará la ventana donde se introduce la dirección IP.

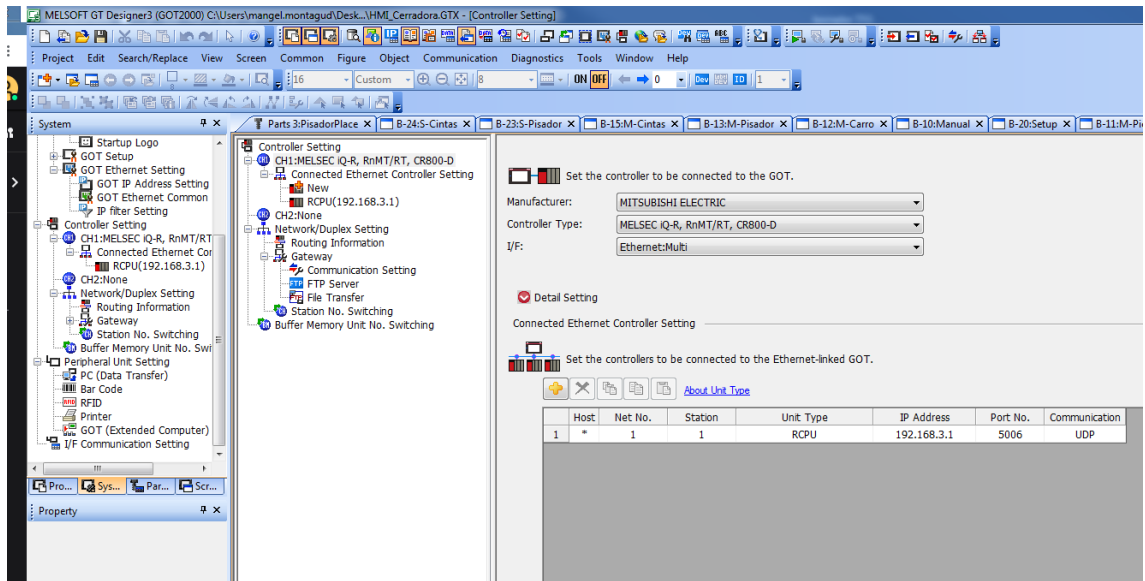


Figura 101: Configuración dirección IP PLC en programa HMI

5. Conclusiones del trabajo

Una vez concluido este trabajo de final de grado, puedo sentirme orgulloso de haber desarrollado un trabajo donde se han establecido todos los conocimientos que he ido adquiriendo a lo largo de todo el grado.

Gracias a este trabajo, he podido aumentar mis conocimientos relacionados en la automatización industrial, así como por ejemplo a la implementación de un sistema automatizado mediante PLC, diagnosticar fallos en casos de avería y elaboración de manuales de usuario.

Además, he aprendido a realizar comunicaciones entre dispositivos mediante conexión Ethernet y a asociar parámetros de unos con otros.

Es importante mencionar también que este proyecto se ha realizado durante mi estancia en la empresa ELECPROY AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA INDUSTRIAL, donde he aprendido a trabajar en equipo, a tomar decisiones por mí mismo en momentos donde se me exigía responder de forma inmediata y a entender cómo funciona una empresa relacionada con la producción de sistemas automatizados.

PLIEGO DE CONDICIONES

6. Pliego de condiciones

6.1. Definición y alcance del pliego de condiciones

6.1.1. Objeto del pliego

El presente pliego de condiciones tiene como objetivo agrupar las diferentes condiciones técnicas que se deben seguir para una correcta realización del proyecto mostrado en este documento.

El objetivo del trabajo final de grado aquí presente en este documento es la implementación y la puesta en marcha de una estación de una línea de producción encargada de formar, llenar y empaquetar una caja de cartón con paquetes de toallitas de limpieza.

En momentos puntuales se poder decidir alternativas a las desarrolladas en este documento, por la naturaleza de esta, y la tecnología empleada, siempre y cuando se reflejen dichas soluciones y no afecten en el funcionamiento inicialmente planteado.

6.1.2. Descripción general del montaje

El orden que se ha realizado en este proyecto queda estructurado de la siguiente manera:

1. Diseño y análisis de la estructura a montar.
2. Montaje de la estructura de la estación y de las herramientas empleadas.
3. Cableado de todos los dispositivos eléctricos empleados.
4. Cableado del cuadro eléctrico con los componentes de automatización.
5. Configuración de las direcciones IP de los dispositivos a emplear.
6. Programación del PLC de seguridad.
7. Configuración del PLC principal.
8. Desarrollo de la programación del PLC de seguridad.
9. Configuración de la pantalla HMI empleada.
10. Desarrollo de las diferentes pantallas del HMI.

Cabe destacar que, para el desarrollo de este proyecto, la persona encargada deber de ser un profesional cualificado que sea capaz de resolver cualquier problema en la sección de programación del PLC, fallos de comunicación con los servomotores o errores de movimientos erróneos de las herramientas.

6.2. Condiciones y normas de carácter general

En el caso de que durante el empleo de la línea de producción en la empresa destino en algún material y se tuviera que reemplazar por alguna rotura, se tendría que sustituir

por una de las mismas especificaciones y siempre mediante la supervisión del encargado del proyecto. Si se produce algún error grave la responsabilidad caería sobre la persona que lo haya realizado sin ninguna autorización.

El proyecto tendrá que cumplir la normativa vigente impuesta para este tipo de proyectos de programación de sistemas automatizados.

6.3. Condiciones de los materiales

Para el desarrollo de este proyecto se han utilizado materiales normalizados, por lo que no ha supuesto ningún problema para que el responsable del proyecto haya tenido ningún problema para su obtención.

Como se ha mencionado anteriormente, estos materiales no se podrán cambiar por otros de diferentes marcas o características, por motivos de falta de compatibilidad de los programas que se han utilizado. En caso de no tener otra opción que utilizar dispositivos de otras marcas, se deberán de desarrollar una serie de modificaciones y adaptar los programas empleados para que la estación cumpla con su correcto funcionamiento. Si el cliente decide cambiar componentes sin realizar posteriores modificaciones necesarias, el responsable del proyecto no se hace responsable de posibles fallos en el funcionamiento de la estación.

6.3.1. PLC Mitsubishi y PLC SCMERSAL (seguridad)

Las características del PLC de seguridad y del PLC de Mitsubishi se han desarrollado anteriormente en los apartados 4.1.1 y 4.1.2 respectivamente.

Estos dispositivos deberán cumplir con las leyes de seguridad eléctrica certificadas, como por ejemplo las de protección:

- Sobretensiones.
- Cortocircuitos.
- Interferencias en la red.
- Deficiente conexión por mal estado cableado.

6.3.2. Ordenador personal

Como cabe esperar, este dispositivo debe de tener unos requisitos mínimos tanto como de software como de hardware para la realización correcta del proyecto.

Este aspecto es importante ya que el estado del ordenador decidirá la calidad y la eficiencia de la conexión entre el PLC y el ordenador o el ordenador y el HMI.

Para este proyecto en concreto se utilizará un ordenador portátil el cual ha sido proporcionado por la empresa para desarrollar este proyecto. Con este ordenador se

desarrollará la programación del PLC y del HMI y su posterior comunicación con estos para realizar mantenimiento o cambios puntuales.

A continuación, se presentarán las características mínimas necesarias para garantizar un buen funcionamiento:

Características Software:

- Sistema operativo Windows 7 o superior.
- Programa GX Works 3.
- Programa GT Designer.
- Programa Schmersal *SafePLC2 1.7.1.7889_rev37*.

Características Hardware:

- Mínimo 1 GB RAM
- Unidad DVD-ROM
- Disco duro con 1 GB de espacio libre como mínimo
- Puerto RJ-45
- Puerto USB

6.4. Estudios de legislación

A continuación, se detallará toda la legislación que se ha seguido para el desarrollo de este proyecto:

- EN ISO 16484:2003: Automatización de edificios y sistemas de control
- EN 62061:2005: Seguridad de las máquinas. Seguridad funcional de sistemas de mando eléctricos, electrónicos, y programables relativos a la seguridad.
- RD 7/1988, de 8 de enero, relativo a las exigencias de seguridad del material eléctrico (y posteriores modificaciones por RD 154/95).
- RD 1580/2006, de 22 de diciembre, por el que se regula la compatibilidad electromagnética de los equipos eléctricos y electrónicos.
- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT)

- Manual de funcionamiento del software que se ha utilizado en el PLC de Mitsubishi y Schmersal.
- Manual de funcionamiento del software que se ha utilizado en la pantalla HMI de Mitsubishi.

PRESUPUESTO

7. Presupuesto

En este apartado del proyecto se desarrollará el presupuesto que estimará el coste total que supondría este proyecto.

Este presupuesto se ha desarrollado mediante el método de costes según naturaleza, dividiéndose en 3 partes, software, hardware y mano de obra, como también el coste total de todas las partes.

7.1. Software

En la **tabla 8** de a continuación se detallarán todos los gastos que componen los programas empleados:

| Material | Uds | €/Ud | Precio total (€) |
|----------------------------------------------|-----|------|------------------|
| GX Works 3 | 1 | 1505 | 1505 |
| GT Designer 3 | 1 | 850 | 850 |
| Schmersal <i>SafePLC2 1.7.1.7889_rev37</i> | 1 | 1230 | 1230 |
| Ethernet/IP Configuration Tool for RJ71EIP91 | 1 | 1300 | 1300 |
| TOTAL | | | 4885 |

Tabla 8: Presupuesto Software

7.2. Hardware

En la **tabla 9** de a continuación se detallarán todos los gastos que componen los dispositivos y materiales utilizados:

| Material | Uds | €/Ud | Precio total (€) |
|-------------------------------------|-----|------|------------------|
| Ordenador Portátil) | 1 | 750 | 750 |
| Ratón | 1 | 10 | 10 |
| PLC MITSUBISHI R35B | 1 | 150 | 150 |
| Módulo CPU R016 | 1 | 650 | 650 |
| Módulo RJ71EIP91 | 1 | 2322 | 2322 |
| Módulo RD77GF16 | 1 | 3150 | 3150 |
| PLC SCHMERSAL | 1 | 1750 | 1750 |
| Expansores Schmersal | 3 | 300 | 900 |
| Switch 1008N | 1 | 170 | 170 |
| Variadores FR-E840-0026EPA-60 | 3 | 650 | 1950 |
| Servomotor HG-RJ | 3 | 4100 | 12300 |
| Amplificador MR-J4-40GF-RJ | 3 | 1150 | 3450 |
| HMI GS-21 10" | 1 | 750 | 750 |
| Materiales de construcción estación | / | / | 15000 |
| Componentes eléctricos | / | / | 2230 |
| Componentes electrónicos | / | / | 500 |
| TOTAL | | | 46032 |

Tabla 9: Presupuesto Hardware

7.3. Mano de obra

Para realizar el presupuesto relacionado con la mano de obra de los trabajadores, se ha diferenciado el coste de la mano de obra de los ingenieros de diseño y programación de la estación con los ingenieros de taller. Los ingenieros de programación tienen un salario de 20€/h y los ingenieros de taller tienen un salario de 15 €/h.

7.3.1. Presupuesto ingenieros programación

En la **tabla 10** de a continuación se mostrará el coste de la mano de obra perteneciente a los ingenieros de programación:

| Trabajo | h | €/h | Precio total (€) |
|------------------------------------------------------|-----|-----|------------------|
| Análisis | 400 | 20 | 8000 |
| Configuración comunicaciones Ethernet IP | 30 | 20 | 600 |
| Diseño de los GRAFCET | 450 | 20 | 9000 |
| Implementación sistema SCADA | 380 | 20 | 7600 |
| Configuración sistema seguridad | 200 | 20 | 4000 |
| Modificaciones programa en máquina en funcionamiento | 250 | 20 | 5000 |
| Comprobación final | 150 | 20 | 3000 |
| TOTAL | | | 37200 |

Tabla 10: Presupuesto mano de obra ingenieros de programación

7.3.2. Presupuesto ingenieros de taller

En la **tabla 11** de a continuación se mostrará el coste de la mano de obra perteneciente a los ingenieros de taller:

| Trabajo | h | €/h | Precio total (€) |
|--------------|-----|-----|------------------|
| Instalación | 200 | 15 | 3000 |
| Montaje | 250 | 15 | 3750 |
| Comprobación | 120 | 15 | 1800 |
| TOTAL | | | 8550 |

Tabla 11: Presupuesto mano de obra ingenieros de taller

7.3.3. Presupuesto total mano de obra

En la **tabla 12** de a continuación se mostrará el coste total de la mano de obra de los trabajadores:

| Personal | h | €/h | Precio total (€) |
|-------------------------------------|------|-----|------------------|
| Ingenieros de diseño y programación | 1380 | 20 | 37200 |
| Ingenieros de taller | 570 | 10 | 5700 |
| TOTAL | | | 42900 |

Tabla 12: Presupuesto coste mano de obra total trabajadores

7.4. Coste total del proyecto

En la **tabla 12** de a continuación se mostrará el coste total de proyecto:

| Apartados | Coste (€) |
|--------------|---------------|
| Software | 27600 |
| Hardware | 46032 |
| Mano de obra | 42900 |
| TOTAL | 116532 |

Tabla 13: Presupuesto final proyecto

ANEXOS Y REFERENCIAS

8. Anexos

Se encuentran como Anexos los siguientes documentos:

- Direcciones de memoria utilizadas
- Manual de usuario HMI

8.1 Direcciones de memoria utilizadas

8.1.1 Variables booleanas

| General | | | | | | |
|---------|---------|--|------|-------------|------|--------------|
| M400 | Marcha | | M410 | SolInOpen | M420 | AbrirSolIn |
| M401 | Paro | | M411 | SolInClose | M421 | CerrarSolIn |
| M402 | Reset | | M412 | SolLatOpen | M422 | AbrirSolLat |
| M403 | Man | | M413 | SolLatClose | M423 | CerrarSolLat |
| M404 | Aut | | M414 | SolFrOpen | M424 | AbrirSolFr |
| M405 | Off | | M415 | SolFrClose | M425 | CerrarSolFr |
| M406 | | | M416 | GuiaOpen | M426 | AbrirGuia |
| M407 | LampMan | | M417 | GuiaClose | M427 | CerrarGuia |
| M408 | LampAut | | M418 | | M428 | |
| M409 | LampOff | | M419 | | M429 | |

Tabla 14: Variables booleanas generales

| Cerr_Pick | | | | | | |
|-----------|---------|--|------|-----------|------|-----------|
| M430 | Jog+ | | M440 | | M450 | PosPick |
| M431 | Jog- | | M441 | | M451 | PosPlace |
| M432 | Home | | M442 | | M452 | PosPto0 |
| M433 | Reset | | M443 | | M453 | PosPto1 |
| M434 | IrPt0 | | M444 | | M454 | PosPto2 |
| M435 | IrPick | | M445 | Run | M455 | Vacio |
| M436 | IrPlace | | M446 | LampFault | M456 | AvBandeja |
| M437 | IrPt1 | | M447 | LampHome | M457 | |
| M438 | IrPt2 | | M448 | | M458 | |
| M439 | | | M449 | | M459 | |

Tabla 15: Variables booleanas herramienta Pick

| Cerr_Carro | | | | | |
|------------|---------|------|-----------|------|----------|
| M460 | Jog- | M470 | ExpCola1A | M480 | PosPick |
| M461 | Jog+ | M471 | ExpCola1B | M481 | PosPlace |
| M462 | Home | M472 | ExpCola2A | M482 | PosPto0 |
| M463 | Reset | M473 | ExpCola2B | M483 | PosPto1 |
| M464 | IrPt0 | M474 | | M484 | PosPto2 |
| M465 | IrPick | M475 | Run | M485 | |
| M466 | IrPlace | M476 | LampFault | M486 | |
| M467 | IrPt1 | M477 | LampHome | M487 | |
| M468 | IrPt2 | M478 | | M488 | |
| M469 | | M479 | | M489 | |

Tabla 16: Variables booleanas herramienta Carro

| Cerr_Pisador | | | | | |
|--------------|---------|------|-----------|------|----------|
| M490 | Jog+ | M500 | | M510 | PosPick |
| M491 | Jog- | M501 | | M511 | PosPlace |
| M492 | Home | M502 | | M512 | PosPto0 |
| M493 | Reset | M503 | | M513 | PosPto1 |
| M494 | IrPt0 | M504 | | M514 | |
| M495 | IrPick | M505 | Run | M515 | |
| M496 | IrPlace | M506 | LampFault | M516 | |
| M497 | IrPt1 | M507 | LampHome | M517 | |
| M498 | IrPt2 | M508 | | M518 | Vacio |
| M499 | | M509 | | M519 | |

Tabla 17: Variables booleanas herramienta Pisador

| Cerr_Cintas | C_1 | | C_2 | | C_3 |
|-------------|-------|------|-------|------|-------|
| M520 | Fwd+ | M530 | Fwd+ | M540 | Fwd+ |
| M521 | Rev- | M531 | Rev- | M541 | Rev- |
| M522 | Reset | M532 | Reset | M542 | Reset |
| M523 | | M533 | | M543 | |
| M524 | | M534 | | M544 | |
| M525 | Run | M535 | Run | M545 | Run |
| M526 | Fault | M536 | Fault | M546 | Fault |
| M527 | Off | M537 | Off | M547 | |
| M528 | RunFw | M538 | RunFw | M548 | |
| M529 | RunRv | M539 | RunRv | M549 | |

Tabla 18: Variables booleanas Cintas

8.1.2. Variables tipo float

| General | | | | | |
|---------|--|------|---------------|------|-----------------|
| D400 | | D410 | TimEsperaPisa | D420 | Reintentos Pick |
| D401 | | D411 | | D421 | |
| D402 | | D412 | TimRetPisa | D422 | Cajas Avance |
| D403 | | D413 | | D423 | |
| D404 | | D414 | TimCarroDeja | D424 | Tim Vacio |
| D405 | | D415 | | D425 | |
| D406 | | D416 | TimSolFrPisa | D426 | AuxCola |
| D407 | | D417 | | D427 | |
| D408 | | D418 | P_B Zona_21_S | D428 | P_B Zona_21_I |
| D409 | | D419 | | D429 | |

Tabla 19: Variables float generales

| Cerr_Pick | | | | | |
|-----------|---------|------|----------|------|-------------|
| D430 | PosPick | D440 | PosPlace | D450 | TimDejaCaja |
| D431 | | D441 | | D451 | |
| D432 | PosPt0 | D442 | PosPt2 | D452 | |
| D433 | | D443 | | D453 | |
| D434 | PosPt1 | D444 | ActPos | D454 | ActVel |
| D435 | | D445 | | D455 | |
| D436 | VelAut | D446 | VelMan | D456 | DecAut |
| D437 | | D447 | | D457 | |
| D438 | AcAut | D448 | AcMan | D458 | DecMan |
| D439 | | D449 | | D459 | |

Tabla 20: Variables float herramienta Pick

| Cerr_Carro | | | | | |
|------------|---------|------|----------|------|-------------|
| D460 | PosPick | D470 | PosPlace | D480 | TimDejaCaja |
| D461 | | D471 | | D481 | |
| D462 | PosPt0 | D472 | PosPt2 | D482 | AtascoCarro |
| D463 | | D473 | | D483 | |
| D464 | PosPt1 | D474 | ActPos | D484 | ActVel |
| D465 | | D475 | | D485 | |
| D466 | VelAut | D476 | VelMan | D486 | DecAut |
| D467 | | D477 | | D487 | |
| D468 | AcAut | D478 | AcMan | D488 | DecMan |
| D469 | | D479 | | D489 | |

Tabla 21: Variables float herramienta Carro

| Cerr_Pisador | | | | | |
|--------------|---------|------|----------|------|-------------|
| D490 | PosPick | D500 | PosPlace | D510 | TimDejaCaja |
| D491 | | D501 | | D511 | |
| D492 | PosPt0 | D502 | PosPt2 | D512 | |
| D493 | | D503 | | D513 | |
| D494 | PosPt1 | D504 | ActPos | D514 | ActVel |
| D495 | | D505 | | D515 | |
| D496 | VelAut | D506 | VelMan | D516 | DecAut |
| D497 | | D507 | | D517 | |
| D498 | AcAut | D508 | AcMan | D518 | DecMan |
| D499 | | D509 | | D519 | |

Tabla 22: Variables float herramienta Pisador

| Cerr_Cintas | C_Entrada | | C_2 | | C_Salida |
|-------------|---------------|------|---------------|------|------------------|
| D520 | Vel | D530 | Vel | D540 | |
| D521 | | D531 | | D541 | |
| D522 | AuxVel | D532 | AuxVel | D542 | CarroColision1 |
| D523 | | D533 | | D543 | |
| D524 | P_A Zona_11_S | D534 | P_A Zona_11_I | D544 | CarroColision2 |
| D525 | | D535 | | D545 | |
| D526 | P_A Zona_21_S | D536 | P_A Zona_21_I | D546 | pisadorColision1 |
| D527 | | D537 | | D547 | |
| D528 | P_B Zona_11_S | D538 | P_B Zona_11_I | D548 | pisadorColision2 |
| D529 | | D539 | | D549 | |

Tabla 23: Variables float Cintas

8.1.3. Alarmas

| CERR | |
|-------|------------------------------------------------|
| M1300 | AL00: |
| M1301 | TODO OK |
| M1302 | AL02: FALLO FUENTE ALIMENTACIÓN |
| M1303 | AL03: FALLO PRESOSTATO GENERAL |
| M1304 | AL04: ERROR EIP PLC SEGURIDAD |
| M1305 | AL05: ERROR EIP PERIFERIA |
| M1306 | AL06: ERROR EIP CINTA SALIDA |
| M1307 | AL07: ERROR EIP CINTA ENLACE |
| M1308 | AL08 |
| M1309 | AL09 |
| M1310 | AL10: FALLO VACUOSTATO PICK |
| M1311 | AL11: FALTAN CAJAS |
| M1312 | AL12: ATASCO EN CARRO |
| M1313 | AL13: ATASCO EN PISADOR |
| M1314 | AL14: ATASCO EN EMBUDO |
| M1315 | AL15: ATASCO EN GIRADOR |
| M1316 | AL16: NIVEL DE COLA NOK |
| M1317 | AL17: TEMPERATURA COLA NOK |
| M1318 | AL18 |
| M1319 | AL19 |
| M1320 | AL20: SEGURIDAD NO REARMADA |
| M1321 | AL21: SETA EMERGENCIA FRONTAL ACTIVA |
| M1322 | AL22: SETA EMERGENCIA LATERAL IZQUIERDA ACTIVA |
| M1323 | AL23: SETA EMERGENCIA LATERAL DERECHA ACTIVA |
| M1324 | AL24 |
| M1325 | AL25 |
| M1326 | AL26 |
| M1327 | AL27 |
| M1328 | AL28 |
| M1329 | AL29 |

| | |
|-------|-----------------------------------------------|
| M1330 | AL30: ALARMA PUERTA A |
| M1331 | AL31: ALARMA PUERTA B |
| M1332 | AL32: ALARMA PUERTA C |
| M1333 | AL33: ALARMA PUERTA D |
| M1334 | AL34: ALARMA PUERTA E |
| M1335 | AL35 |
| M1336 | AL36 |
| M1337 | AL37 |
| M1338 | AL38 |
| M1339 | AL39 |
| M1340 | AL40 |
| M1341 | AL41 |
| M1342 | AL42 |
| M1343 | AL43 |
| M1344 | AL44 |
| M1345 | AL45 |
| M1346 | AL46 |
| M1347 | AL47 |
| M1348 | AL48 |
| M1349 | AL49 |
| M1350 | AL50: SERVO PICK HOMING |
| M1351 | AL51: SERVO PICK - LIMITE POSITIVO ALCANZADO |
| M1352 | AL52: SERVO PICK - LIMITE NEGATIVO ALCANZADO |
| M1353 | AL53: SERVO PICK - PARADA EMERGENCIA |
| M1354 | AL54: SERVO PICK - PAR MÁXIMO |
| M1355 | AL55 |
| M1356 | AL56 |
| M1357 | AL57 |
| M1358 | AL58 |
| M1359 | AL59: COLISION PISADOR CON GUIA |
| M1360 | AL60: SERVO CARRO HOMING |
| M1361 | AL61: SERVO CARRO - LIMITE POSITIVO ALCANZADO |
| M1362 | AL62: SERVO CARRO - LIMITE NEGATIVO ALCANZADO |

| | |
|-------|-------------------------------------------------|
| M1363 | AL63: SERVO CARRO - PARADA EMERGENCIA |
| M1364 | AL64: SERVO CARRO - PAR MÁXIMO |
| M1365 | AL65 |
| M1366 | AL66 |
| M1367 | AL67 |
| M1368 | AL68 |
| M1369 | AL69 |
| M1370 | AL70: SERVO PISADOR HOMING |
| M1371 | AL71: SERVO PISADOR - LIMITE POSITIVO ALCANZADO |
| M1372 | AL72: SERVO PISADOR - LIMITE NEGATIVO ALCANZADO |
| M1373 | AL73: SERVO PISADOR - PARADA EMERGENCIA |
| M1374 | AL74: SERVO PISADOR - PAR MÁXIMO |
| M1375 | AL75 |
| M1376 | AL76 |
| M1377 | AL77 |
| M1378 | AL78 |
| M1379 | AL79: |
| M1380 | AL80: ATASCO CIERRE SOLAPA INTERIOR |
| M1381 | AL81: ATASCO CIERRE SOLAPA EXTERIOR |
| M1382 | AL82: ATASCO CIERRE SOLAPA FRONTAL |
| M1383 | AL83: ATASCO APERTURA SOLAPA INTERIOR |
| M1384 | AL84: ATASCO APERTURA SOLAPA EXTERIOR |
| M1385 | AL85: ATASCO APERTURA SOLAPA FRONTAL |
| M1386 | AL86: ATASCO APERTURA GUIA |
| M1387 | AL87: ATASCO CIERRE GUIA |

Tabla 24: Variables booleanas alarmas

8.2. MANUAL DE USUARIO

8.2.1. MANUAL DE FUNCIONAMIENTO

Procedimiento a seguir para la puesta en marcha de la máquina:

- Dar tensión al sistema, girando el interruptor general situado en el armario eléctrico.
- Cargar el almacén con el formato de bandeja que se vaya a producir, cada formato tiene su conjunto de elementos dedicados y su ubicación, (ver sección “cambio de formato”)
- Con el almacén lleno, cerciorarse que no hay ningún elemento o cuerpo extraño en el conjunto de la máquina que pueda producir interferencias.
- Ir a pantalla, pulsar en el botón **MAIN** para visualizar el menú principal y seleccionar modo automático de funcionamiento.
- Con el modo automático de funcionamiento, se podrá apreciar el interior del sistema de color verde, efecto que verificará el cambio de estado de la máquina.
- Cabe destacar que a ambos laterales de la pantalla se facilita información del estado de las diferentes herramientas y de las cintas empleadas en el sistema.



Figura 102: Pantalla táctil

8.2.2. INICIAR Y DETENER EL CICLO

Para iniciar el ciclo de empaquetado se deberá visualizar el menú principal en el panel

táctil pulsando el botón **MAIN**:

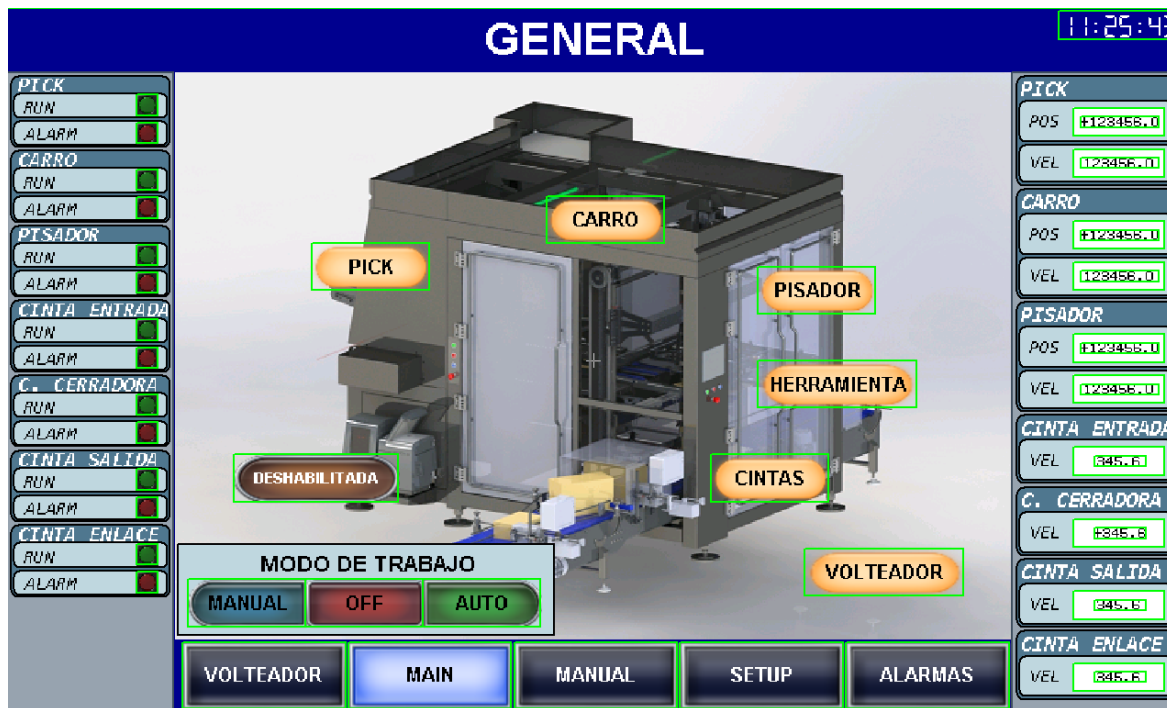


Figura 103: Vista principal Pantalla

- Asegurarse de que las condiciones iniciales para el arranque de la máquina se cumplan. La cola ha de estar habilitada mediante el botón **DESHABILITADA**.
- Pulsar el botón físico **INICIO CICLO** durante 2 segundos.
- El sistema estará realizando empaquetados en función del programa cargado.

Para detener el ciclo de empaquetado se deberá de estar cerca de alguno de los botones físicos de **FIN CICLO**:

- Pulsar el botón físico **FIN CICLO**.
- El sistema terminará de realizar el ciclo actual y se detendrá.

8.2.3. CONFIGURACIÓN DE PARÁMETROS

Existen varias secciones dentro del sistema donde se deberán de configurar parámetros antes de poner en marcha el ciclo. Los parámetros variarán dependiendo de la herramienta que se vaya a configurar, si se trata de las zonas donde se debe de depositar la cola o si se desea modificar las velocidades de las cintas. En esta ocasión, el sistema desarrollado tiene 4 herramientas. Para introducir los parámetros de cada una, se deberá de pulsar sobre el botón **SETUP** y se desplegará una nueva pantalla donde se podrá elegir sobre qué parte del sistema se desea modificar los parámetros.



Figura 104: Menú Setup

8.2.3.1. PICK

Por una parte, se deberán de configurar la velocidad junto con su aceleración y deceleración tanto si se quiere configurar el movimiento en el sistema automático o mediante movimientos que han sido ordenados manualmente a través de la pantalla.

Por otra parte, se deberán de configurar parámetros como el tiempo que la herramienta intenta coger la caja, el número de intentos para cogerla y el número de cajas que se han cogido para que deba avanzar la bandeja. Si se desea avanzar la bandeja manualmente, se deberá de pulsar el botón **Av Bandeja**. De igual forma, si se perdiese la referencia de la posición de la herramienta, se deberá de pulsar el botón **ORIGEN** para reposicionarla y volver a saber la posición en la que se encuentra.



Figura 105: Parámetros herramienta Pick

Además, si se pulsa en **AJUSTE POSICIONES PICK** se abrirá otra pantalla donde se ajustarán los valores de las posiciones de trabajo de la herramienta.



Figura 106: Ajuste posiciones Pick

8.2.3.2. CARRO

Por una parte, se deberán de configurar la velocidad junto con su aceleración y deceleración tanto si se quiere configurar el movimiento en el sistema automático o mediante movimientos que han sido ordenados manualmente a través de la pantalla.

Por otra parte, se ajustarán los valores de las posiciones en las que la herramienta va a trabajar. De igual forma, si se perdiese la referencia de la posición de la herramienta, se deberá de pulsar el botón **ORIGEN** para reposicionarla y volver a saber la posición en la que se encuentra.



Figura 107: Parámetros herramienta Carro

8.2.3.3. PISADOR

Por una parte, se deberán de configurar la velocidad junto con su aceleración y deceleración tanto si se quiere configurar el movimiento en el sistema automático o mediante movimientos que han sido ordenados manualmente a través de la pantalla.

Por otra parte, si se perdiese la referencia de la posición de la herramienta, se deberá de pulsar el botón **ORIGEN** para reposicionarla y volver a saber la posición en la que se encuentra.



Figura 108: Parámetros herramienta Pisador

Además, si se pulsa en **AJUSTE POSICIONES PICK** se abrirá otra pantalla donde se ajustarán los valores de las posiciones de trabajo de la herramienta.



Figura 109: Ajuste posiciones Pisador

8.2.3.4. CINTAS

En esta pantalla se podrán configurar las velocidades con las que trabajarán las cintas:

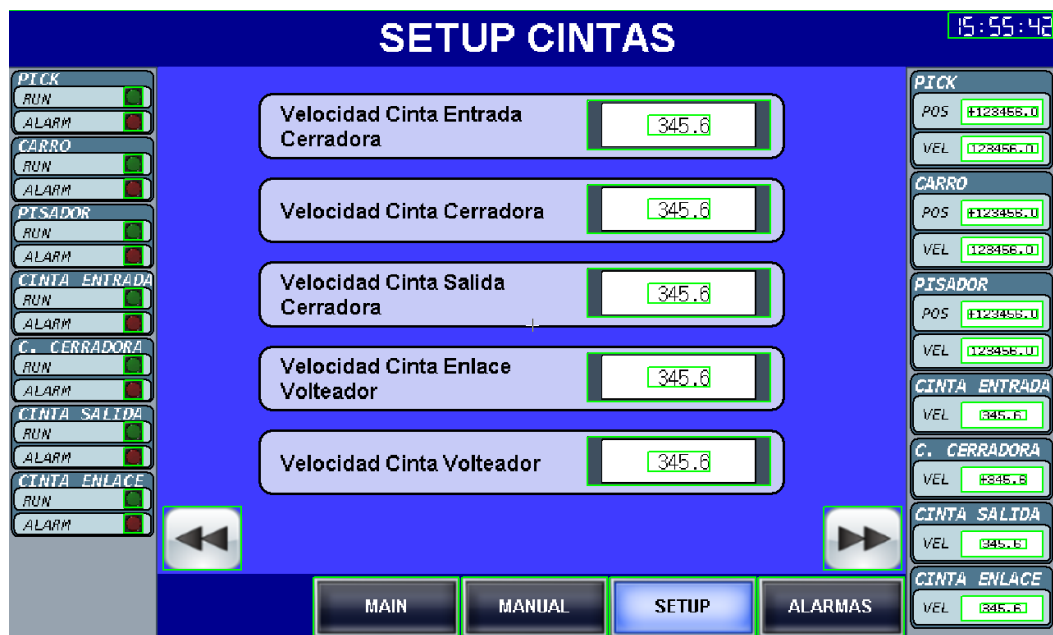


Figura 110: Ajuste velocidades Cintas

8.2.3.5. COLA



En esta pantalla se configuran las zonas que abarcará el disparo de la cola, se ha habilitado un esquema gráfico para que de una forma más visual se sepa en que parámetro se introduce cada límite. Pulsando en  o  se podrá intercambiar entre 2 zonas diferentes de disparo.



Figura 111: Ajuste zona disparo cola 1

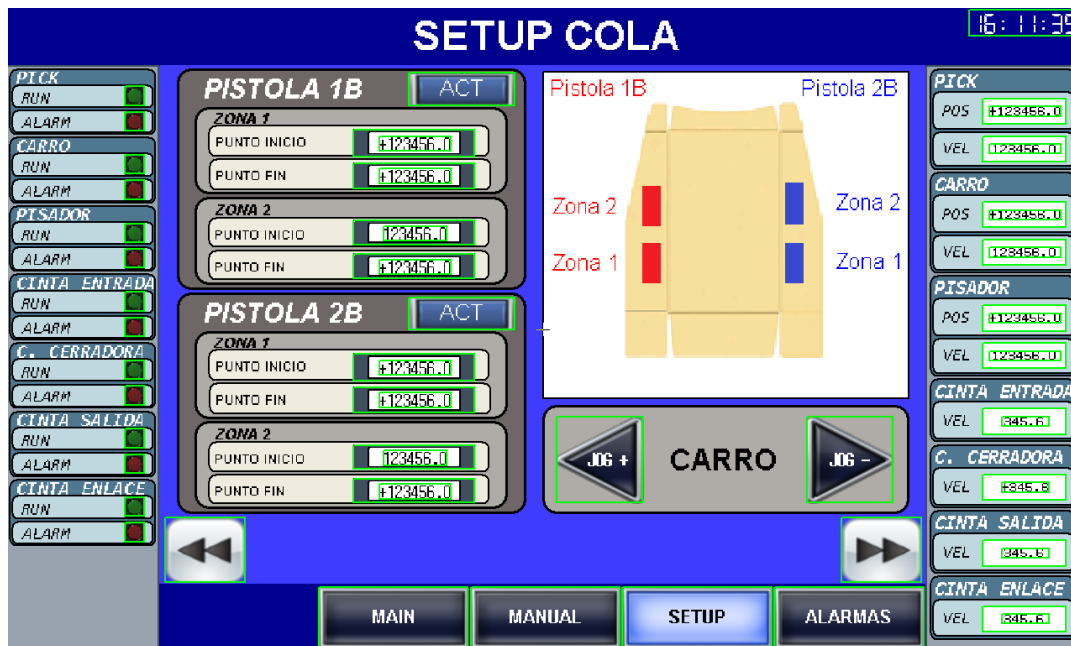


Figura 112: Ajuste zona disparo cola 2

8.3. MANUAL

Para comprobar el funcionamiento de cada elemento, existe el modo manual, desde se podrán mover todas las herramientas y las cintas y accionar las pistolas de cola. Para ello la máquina no deberá estar en marcha y se deberá de haber pulsado el botón **MANUAL**.

Una vez pulsado este botón podrá apreciarse en el interior del sistema que ha pasado a estar iluminado de color azul.

Para poder elegir sobre qué elemento actuar, se ha creado un menú donde aparecerán todas las herramientas junto a las cintas, la forma de acceder es pulsando el botón **MANUAL**.



Figura 113: Menú Manual

8.3.1. PICK

En esta pantalla se podrá desplazar la herramienta manualmente. Pulsando en el botón **PICK**, se posiciona la herramienta en posición de cogida de la caja, pulsando en el botón **PLACE** se posiciona la herramienta en posición de dejada de la caja. Por otra parte, pulsando en **JOG +** o en **JOG -** se podrá desplazar la herramienta a la posición que se desee.

Además, el botón **VACIO** sirve para activar la succión de aire por si se desea coger cajas manualmente.

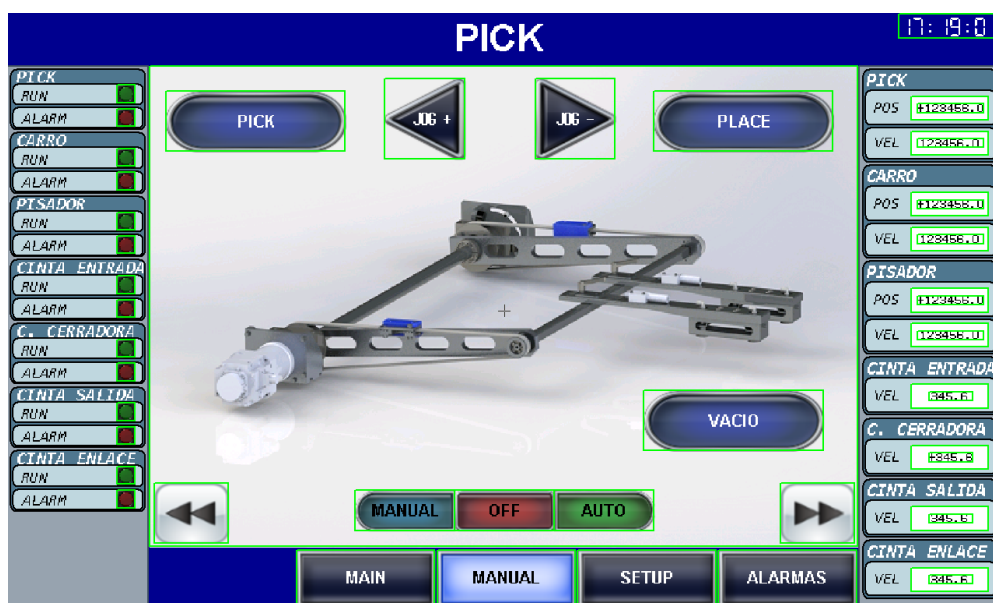


Figura 114: Posicionamiento manual herramienta Pick

8.3.2. CARRO

En esta pantalla se podrá desplazar la herramienta manualmente. Pulsando en el botón **PICK**, se posiciona la herramienta en posición de cogida de la caja, pulsando en el botón **PLACE** se posiciona la herramienta en posición de dejada de la caja. Por otra parte, pulsando en **JOG +** o en **JOG -** se podrá desplazar la herramienta a la posición que se desee.



Figura 115: Posicionamiento manual herramienta Carro

8.3.3. PISADOR

En esta pantalla se podrá desplazar la herramienta de dos formas, pulsando un botón y que la herramienta vaya directamente a esa posición o manteniendo pulsado un botón y que la herramienta se desplace el mismo tiempo que se esté pulsando. Si se desea posicionar la herramienta en posición de cogida de caja, se deberá pulsar el botón **UP**, si se desea posicionarla en posición de empaquetar la caja, pulsar el botón **DOWN**. De igual forma, si se desea desplazar manualmente a una posición determinada, se deberá utilizar **JOG -** o **JOG +** dependiendo de la dirección a la que se quiera mover.

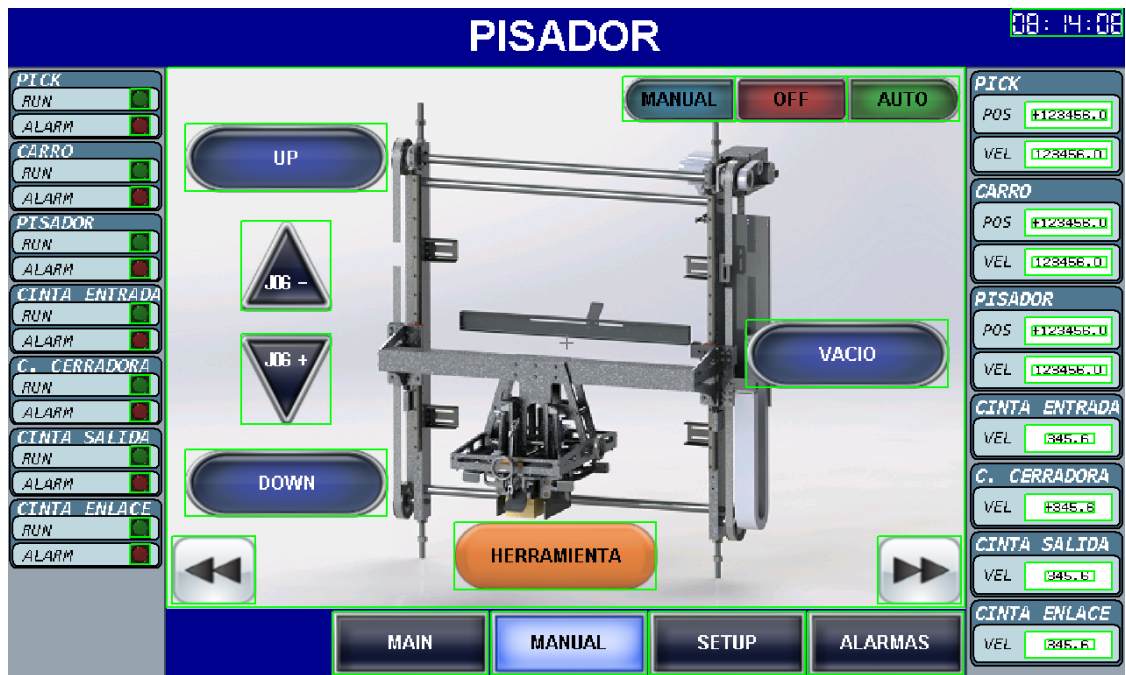


Figura 116: Posicionamiento manual herramienta Pisador

Por otra parte, si se pulsa el botón **HERRAMIENTA**, se desplegará una pantalla donde se podrán abrir o cerrar las solapas que permiten el cierre de la caja como también abrir o cerrar la guía que transporta la caja hasta esta herramienta.



Figura 117: Posicionamiento manual solapas y guía

8.3.4. HERRAMIENTA

A través de esta pantalla (Figura 24) se podrá manipular la posición de las solapas que son las encargadas de cerrar la tapa, como también se podrá manipular la posición de la guía que transporta la caja hasta esta herramienta. Para abrir las solapas o la guía se deberá pulsar el botón **Abrir** o si se desea cerrar se deberá pulsar **Cerrar**.

8.3.5. CINTAS

A través de esta pantalla se podrán poner de forma manual las cintas en movimiento, pulsando el botón **Cinta Entrada** asociado para cada cinta. Además, se podrá modificar la velocidad a la que trabajará cada cinta.



Figura 118: Movimiento manual cintas

8.4. HISTÓRICO DE ALARMAS

Desde esta pantalla se visualiza una lista de todas las alarmas que se han ido produciendo durante el funcionamiento del empaquetado de la cajas.

Se accede pulsando sobre la pestaña **ALARMAS**. La primera visualización mostrará las alarmas actuales que estén activas en ese momento.



Figura 119: Alarmas activas actuales

Si se desea visualizar todas las alarmas que se han producido durante un periodo largo de


tiempo, se deberá pulsar sobre el botón .



Figura 120: Histórico de alarmas

8.5. REARME TRAS PARO DE EMERGENCIA

Existen varios motivos por los que el sistema puede cambiar al estado de parada de emergencia:

- Haber pulsado cualquier seta de emergencia.
- Apertura de la puerta de acceso.
- Alcance de la zona mundo definida por los ejes del robot.
- Cualquier tipo de error del sistema o sobrecarga.

Para conseguir rearmar la estación de trabajo, lo primero que hay que hacer es liberar el elemento que causó la parada:

- Desbloquear la seta de emergencia.
- Cerrar la puerta de acceso.
- Eliminar posible atasco de producto.

Si se quiere continuar trabajando en AUTOMATICO, pulsar INICIO CICLO durante 1 segundo.

Si se quiere pasar por el modo MANUAL, seleccionar en pantalla y buscar el elemento correspondiente que se desea operar, mediante los diferentes submenús.

Para continuar trabajando en automático proceder según el capítulo 1.0 Puesta en marcha.

9. Referencias

[1] Schmersal Ibérica, S.L.U.: “Manual Instrucciones PLC Schmersal”:
<https://www.schmersal.es/productos/portafolio-de-productos/procesamiento-de-senales-de-seguridad/plc-de-seguridad-programable-protect-psc1/>

[2] Mitsubishi Electronic Corporation: “Manual Instrucciones Servomotor Mitsubishi”:
<https://dl.mitsubishielectric.com/dl/fa/document/manual/servo/sh030113/sh030113engp.pdf>

[3] Mitsubishi Electronic Corporation: “Manual Instrucciones Amplificador Mitsubishi”:
<http://dl.mitsubishielectric.com/dl/fa/document/manual/servo/sh030218/sh030218c.pdf>

[4] Mitsubishi Electric Europe: “Manual Instrucciones Variador Mitsubishi”:
https://pbmautomatizacion.com/docs/mit/FRF800_MI.pdf

[5] Mitsubishi Electric Europe: “Manual Instrucciones Programa GX Works 3”:
<https://ru3a.mitsubishielectric.com/fa/ru/dl/10994/sh081215.pdf>

[6] Mitsubishi Electric Europe: “Manual Instrucciones Programa GT Designer 3”:
https://www.west-l.ru/uploads/tdpdf/gt_designer3_eng_man.pdf