



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**Programación y puesta en  
marcha de cinco proyectos  
de control y automatización  
industrial**

**INFORME DE ACTIVIDADES PROFESIONALES**

Que para obtener el título de

**Ingeniero Mecatrónico**

**P R E S E N T A**

Eder González Aguilar

**ASESOR DE INFORME**

M.F. Gabriel Hurtado Chong



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2024

# INDICE

<b>Introducción</b> .....	1
<b>Objetivo</b> .....	1
<b>I. Proyecto: Integración de fixtures y robot Panasonic TA-1400 esclavo en Celda robótica de soldadura</b> .....	2
<b>1.1 Antecedentes</b> .....	2
<b>1.2 Objetivo</b> .....	2
<b>1.3 Desarrollo</b> .....	3
<b>a) Estructura Mecánica de celda robótica.</b> .....	3
<b>b) Red Profibus DP</b> .....	5
<b>c) Programación de Red Profibus DP en PLC</b> .....	6
<b>d) Cableado Red Profibus DP</b> .....	9
<b>e) Programación PLC: Lógica robot esclavo</b> .....	9
<b>f) Programación PLC: Fixtures</b> .....	16
<b>g) Diseño HMI: Fixtures</b> .....	17
<b>1.4 Resultados</b> .....	20
<b>II. Proyecto: Integración de fixtures para soldar componentes de convertidor catalítico.</b> .....	21
<b>2.1 Antecedentes</b> .....	21
<b>2.2 Objetivo</b> .....	21
<b>2.3 Desarrollo</b> .....	21
<b>a) Estructura Mecánica de celda robótica.</b> .....	21
<b>b) Red Profibus DP</b> .....	23
<b>c) Configuración Hardware GRT1-PRT</b> .....	24
<b>d) Cableado Red Profibus</b> .....	25
<b>e) Programación de Red Profibus DP en PLC</b> .....	25
<b>f) Programación PLC</b> .....	33
<b>g) Diseño HMI</b> .....	41
<b>2.4 Resultados</b> .....	55

<b>III.</b>	<b>Proyecto: Integración de sistema de seguridad para bobinadora de papel cartón.....</b>	<b>56</b>
	<b>3.1 Antecedentes .....</b>	<b>56</b>
	<b>3.2 Objetivo .....</b>	<b>56</b>
	<b>3.3 Desarrollo .....</b>	<b>57</b>
	<b>a) Máquina bobinadora antes de sistema de seguridad.....</b>	<b>57</b>
	<b>b) Máquina bobinadora con sistema de seguridad .....</b>	<b>61</b>
	<b>c) Instalación mecánica y eléctrica de sistema de seguridad .....</b>	<b>66</b>
	<b>d) Instalación mecánica y eléctrica tableros de control.....</b>	<b>71</b>
	<b>e) Principio funcionamiento Paro de emergencia.....</b>	<b>72</b>
	<b>f) Principio funcionamiento Caja acceso multifuncional.....</b>	<b>73</b>
	<b>g) Principio funcionamiento Interlock de seguridad .....</b>	<b>73</b>
	<b>h) Principio de funcionamiento escáner de seguridad.....</b>	<b>74</b>
	<b>i) Principio de funcionamiento: Contactores de seguridad .....</b>	<b>74</b>
	<b>j) Filosofía de control de seguridad .....</b>	<b>75</b>
	<b>k) Programación PLC Seguridad zona 1 .....</b>	<b>75</b>
	<b>l) Programación PLC Seguridad zona 2 .....</b>	<b>78</b>
	<b>m) Programación PLC Seguridad zona 3 .....</b>	<b>80</b>
	<b>n) Programación PLC Seguridad zona 4-1 .....</b>	<b>82</b>
	<b>o) Programación PLC Seguridad zona 4-2 .....</b>	<b>84</b>
	<b>p) Configuración comunicación Ethernet/Ip en PLC de seguridad Omron.....</b>	<b>85</b>
	<b>q) Integración de PLC Seguridad por Ethernet/IP en Studio 5000.....</b>	<b>86</b>
	<b>3.4 Resultados .....</b>	<b>93</b>
<b>IV.</b>	<b>Proyecto: Control de dosificación de harina para conteo de masas para tortillinas .....</b>	<b>94</b>
	<b>4.1 Antecedentes .....</b>	<b>94</b>
	<b>4.2 Objetivo .....</b>	<b>94</b>
	<b>4.3 Desarrollo.....</b>	<b>95</b>
	<b>a) Estructura mecánica tolva, mezcladora, jirafa y divisora .....</b>	<b>95</b>
	<b>b) Respaldo de PLC Fluinox .....</b>	<b>97</b>
	<b>c) Revisión de HMI de descarga de harina .....</b>	<b>103</b>
	<b>d) Modificación en programa PLC para control de descargas y cargas de harina.....</b>	<b>107</b>
	<b>e) Modificación en pantalla HMI para control de descargas y cargas de harina .....</b>	<b>110</b>
	<b>4.4 Resultados .....</b>	<b>114</b>

V. <b>Proyecto: Integración de tren de alimentación de Roles de canela en una envolvedora ...</b>	115
<b>5.1 Antecedentes .....</b>	115
<b>5.2 Objetivo .....</b>	115
<b>5.3 Desarrollo .....</b>	116
a) <b>Estructura mecánica tren alimentación-envolvedora .....</b>	116
b) <b>Programación PLC: Integración Kinetix 5500 .....</b>	121
c) <b>Programación PLC: Sincronización tren alimentación con cadena de envolvedora ...</b>	137
d) <b>Diseño HMI .....</b>	141
<b>5.4 Resultados .....</b>	143
<b>Conclusión.....</b>	144
<b>Glosario .....</b>	145
<b>Bibliografía.....</b>	147



## **Introducción**

El presente informe tiene como propósito mostrar y explicar los proyectos que desarrollé en la empresa SINCI GDL como ingeniero de proyectos en sistemas de control. Consta de cinco proyectos, en el primero es una compañía automotriz donde se integró un nuevo robot Panasonic en una celda robótica de soldadura. El segundo en la misma compañía se integraron dos fixtures para nuevo modelo de sistema de escape. El tercero en una compañía cartonera se implementó un sistema de seguridad industrial en una bobinadora de papel-cartón. El cuarto en una compañía de alimentos se integró un nuevo control de número de masas de harina con agua programadas y en el último se integraron cinco servodrives que conforman el tren de alimentación de producto en una envolvedora.

## **Objetivo**

Mostrar y aplicar los conocimientos adquiridos durante mi ejercicio profesional desempeñándome como ingeniero de proyectos en sistemas de control y automatización durante 6 meses en la compañía donde laboro actualmente, cuyo nombre es SINCI GDL S. de R.L de C.

# I. Proyecto: Integración de fixtures y robot Panasonic TA-1400 esclavo en Celda robótica de soldadura.

## 1.1 Antecedentes

La primera parte del proyecto consistió en agregar un robot esclavo en una celda robótica de soldadura, donde el robot maestro por medio de comunicación de fibra óptica le da instrucciones de movimiento con respecto a la programación del controlador del robot al esclavo. Originalmente la celda contaba con un robot debido al tiempo ciclo de la máquina para soldar una pieza con un robot era de aproximadamente casi 3 minutos. Para reducir tiempo en el ciclo de soldadura por pieza, y poder producir más piezas optaron por integrar otro robot buscando un tiempo ciclo de 1 minuto aproximadamente.

La segunda parte del proyecto consistió en integrar 2 fixtures (se le llama **fixture** a un mecanismo utilizado en el ámbito industrial para la manufactura de artículos donde su función principal es sujetar la pieza de trabajo con firmeza para colocarla en otro sitio específico), debido a que las piezas que se van a soldar en esa celda robótica son para producir el sistema completo de escape para un nuevo modelo de camioneta.

Para los 2 fixtures, se nombró mesa 1 al fixture 1 y mesa 2 al fixture 2.

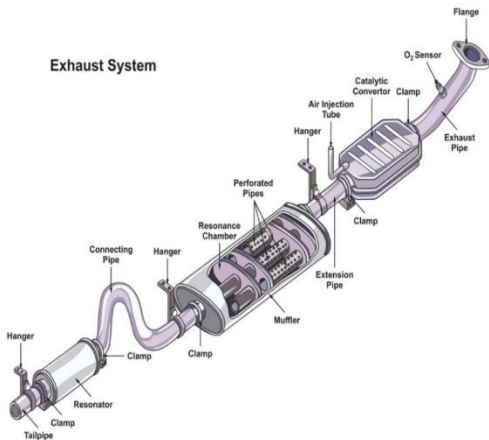


Imagen 1.1. Sistema de escape [1]

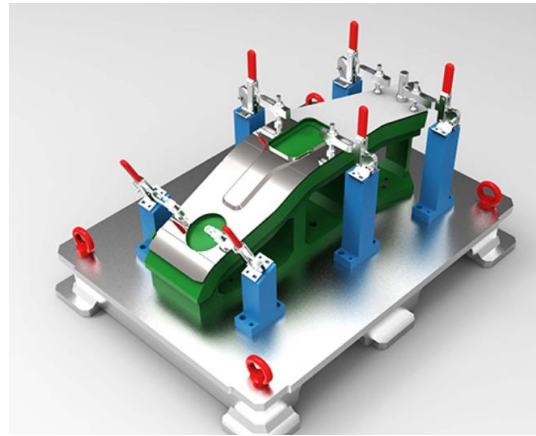


Imagen 1.2 Ejemplo fixture [2]

## 1.2 Objetivo

Integrar dos fixtures y un robot Panasonic TA 1400 en celda robótica para producir nuevas piezas del convertidor catalítico de un sistema de escape.

### 1.3 Desarrollo

Se presentan a continuación imágenes pertenecientes a la celda robótica, donde en la vista frontal de operación es donde el operador coloca las piezas en el fixture, se guía de la pantalla HMI para poder visualizar alguna alarma, piezas presentes.

La parte interior es donde se encuentran los dos robots, y en la parte de atrás se encuentra el tablero de control y el controlador de ambos robots.

#### a) Estructura Mecánica de celda robótica.

La celda robótica consta de un tablero de control, el controlador del robot, los dos fixtures, robot Panasonic y el tablero de operación. (Ver imágenes 1.1-1.9)



Imagen 1.3. Vista frontal celda. Fuente. elaboración propia

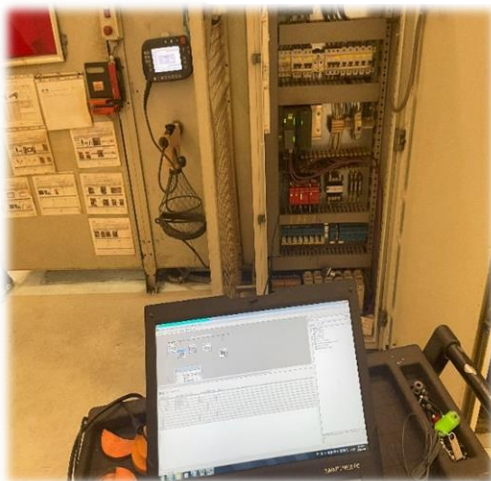


Imagen 1.4. Tablero de control. Fuente. elaboración propia



Imagen 1.5. Controlador de robot. Fuente. elaboración propia





Imagen 1.6. Vista Interior celda 1. Fuente. elaboración propia



Imagen 1.7. Vista Interior celda. Fuente. elaboración propia



Imagen 1.8. Fixture. Fuente. elaboración propia



Imagen 1.9. Tablero fixture. Fuente. elaboración propia.

## b) Red Profibus DP

Para la primera parte del proyecto, se realizó el layout de la Red Profibus DP de la celda antes y después de la integración.

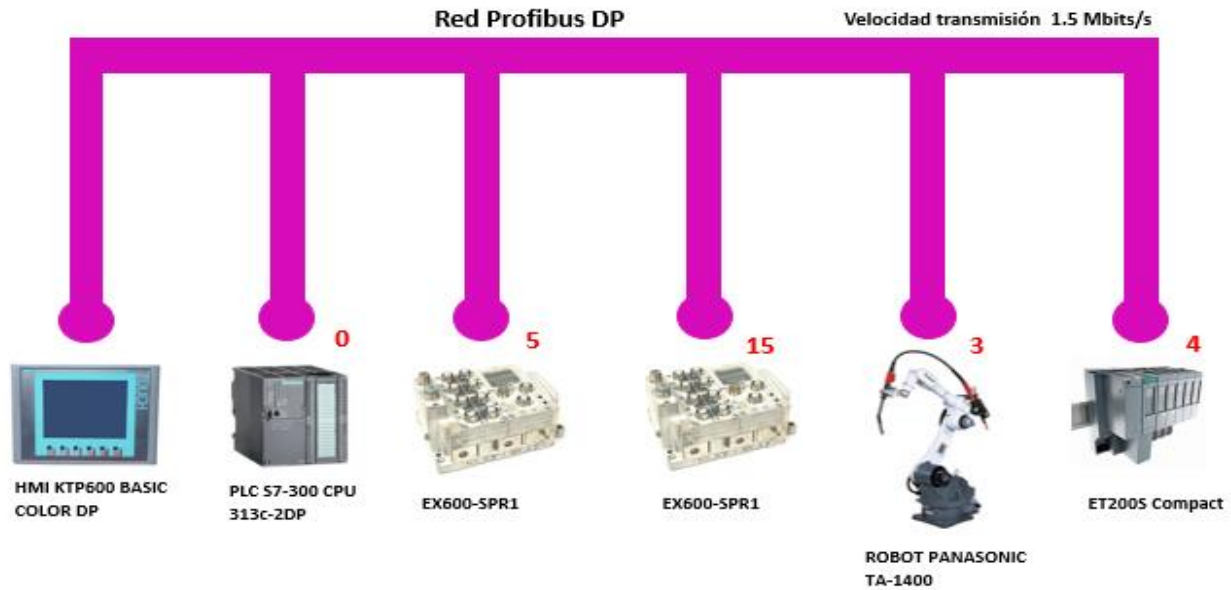


Imagen 1.10. Red profibus anterior Fuente. elaboración propia

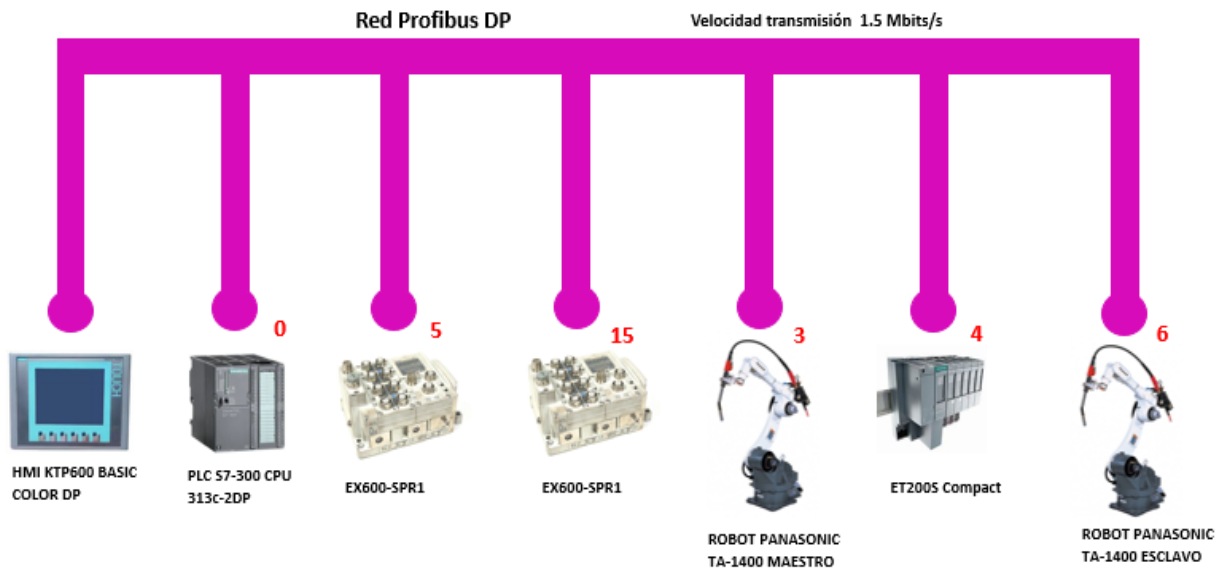


Imagen 1.11. Red profibus nueva. Fuente. elaboración propia

### c) Programación de Red Profibus DP en PLC

El software con el que se realizó la integración del robot y los 2 fixtures fue en STEP7 SIMATIC Manager v 5.6, en el respaldo del programa original de la máquina, se abre la sección donde está la red profibus.

Se consultó la referencia bibliográfica [3] para el manejo de la red profibus en Siemens.

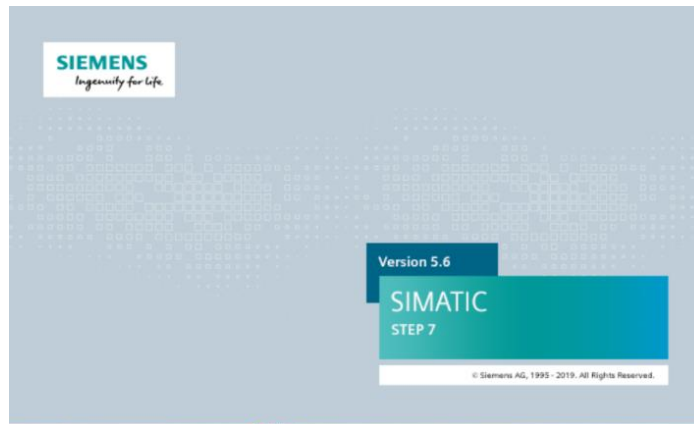


Imagen 1.12. Software STEP 7 Simatic Manager. [4]

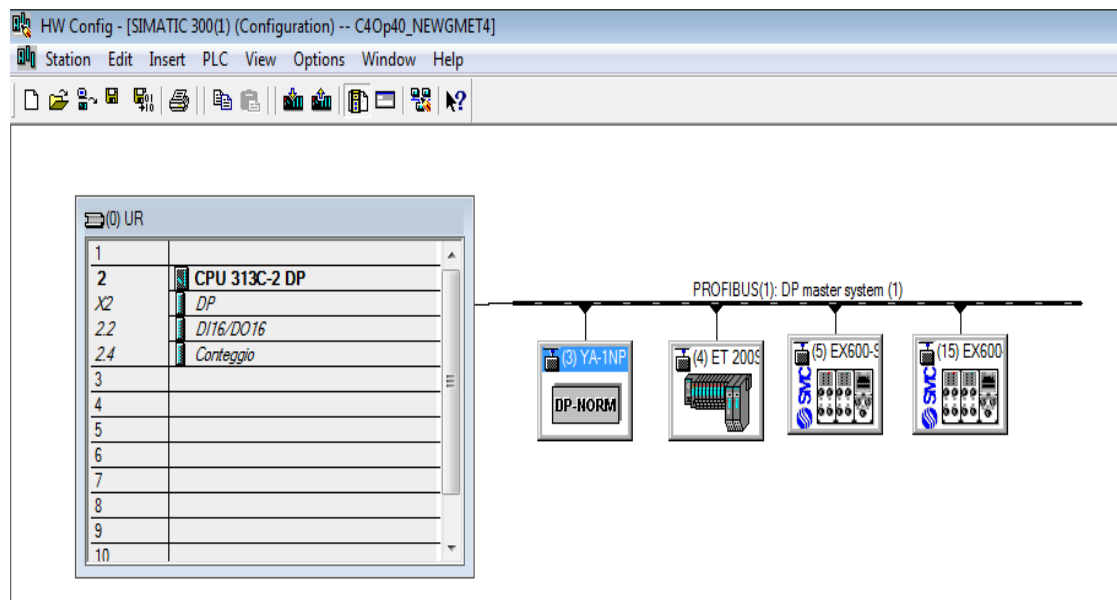


Imagen 1.13. Red profibus Simatic Manager. Fuente. elaboración propia

Se instala el archivo GSD del robot Panasonic para dar de alta el nodo en la red profibus DP.

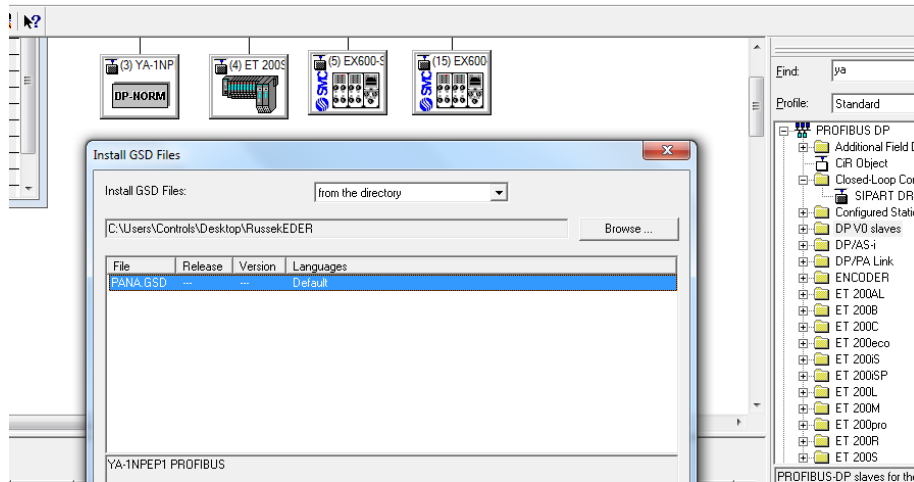


Imagen 1.14. Instalación GSD de robot Panasonic. Fuente. elaboración propia

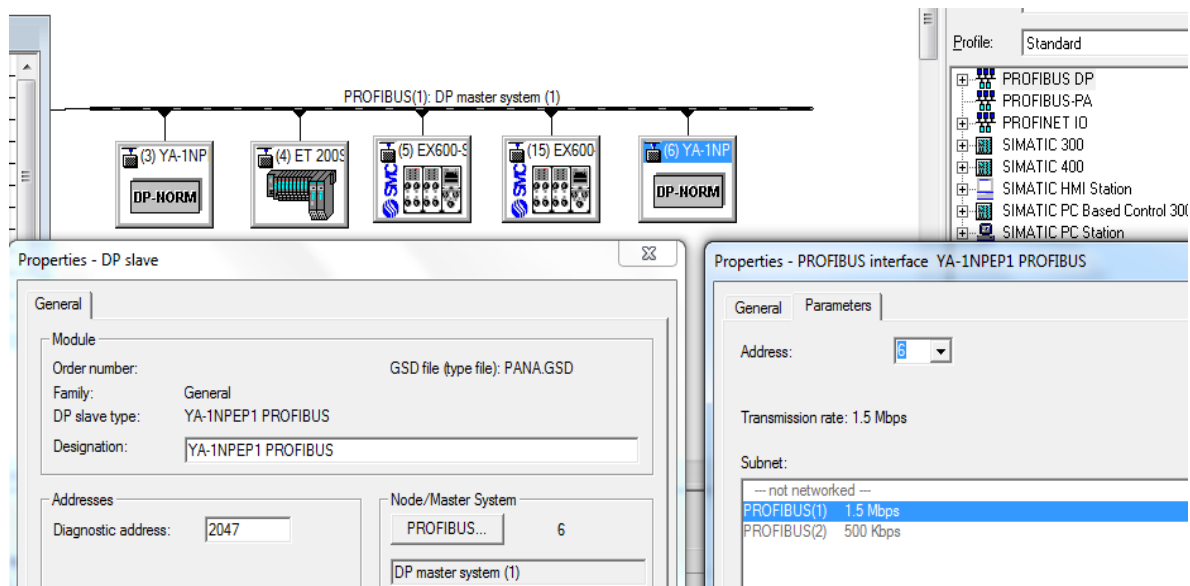


Imagen 1.15. Nueva Red Profibus DP Manager. Fuente. elaboración propia

Ya que se agregó el nodo del robot con el número 6 y una velocidad de transmisión de 1.5 Mbits/s, se configuró la asignación de bytes de entradas y salidas del nodo en el PLC.

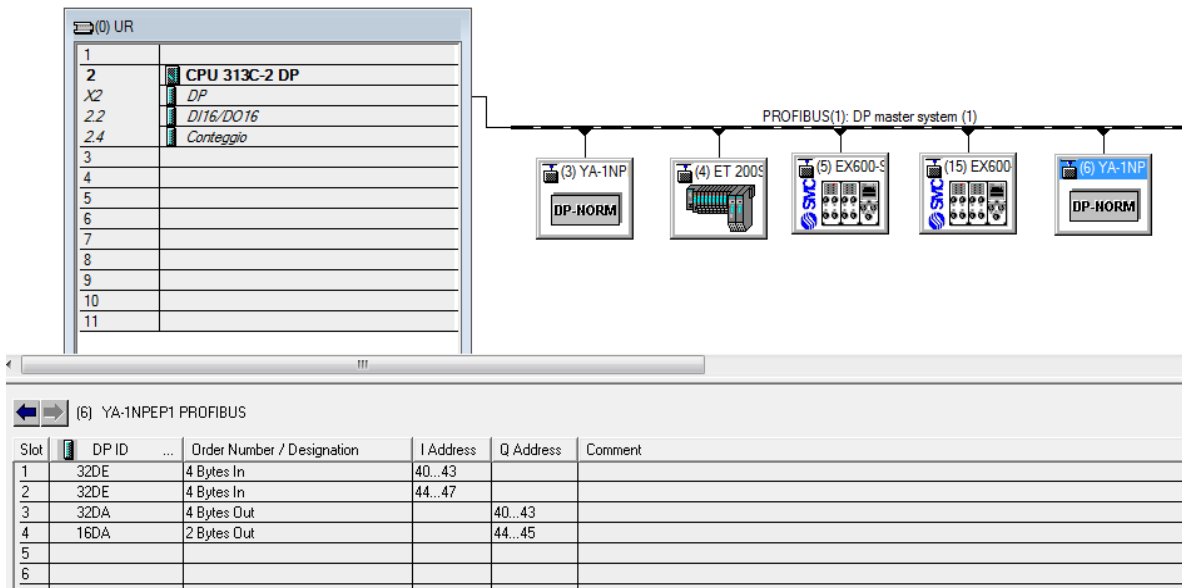


Imagen 1.16. Asignación Bytes E/S Nodo 6. Fuente. elaboración propia

El GSD del robot ocupó 64 bits (8 bytes repartidos en 2 slots), donde en el slot 1 los 4 bytes desde el byte 40 hasta el 43 del PLC, en el slot 2 los otros 4 bytes del GSD ocuparon desde el byte 44 al 47 del PLC, y para las salidas se ocuparon también 48 bits repartidos en 6 bytes, desde el byte 40 hasta el 45 del PLC. Al terminar de asignar las direcciones de entradas y salidas al GSD del nuevo nodo, se procede a descargar la nueva red profibus al PLC.

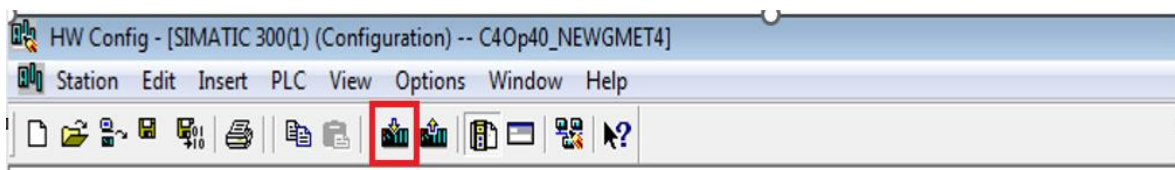


Imagen 1.17. Descarga de nueva red profibus al PLC. Fuente. elaboración propia



#### d) Cableado Red Profibus DP

Para configurar físicamente la red Profibus, se posicionan los interruptores ON/OFF del conector.

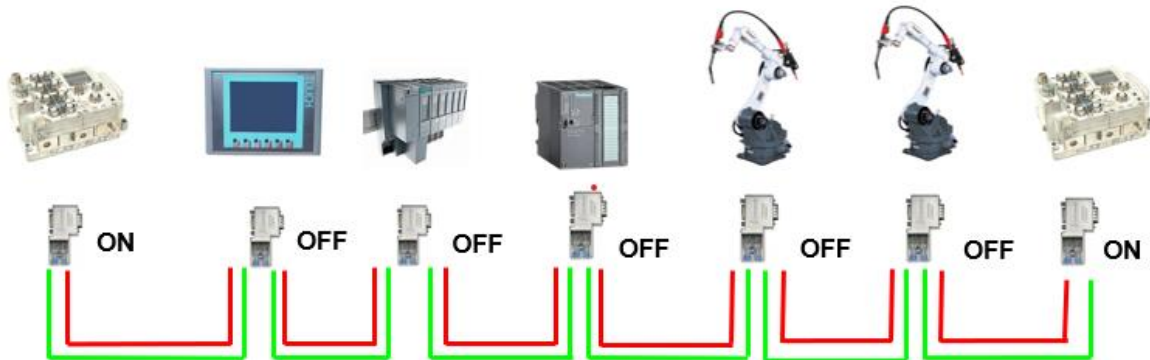


Imagen 1.18. Configuración de interruptores ON/OFF en conectores profibus. Fuente. elaboración propia

En la red profibus, el conector donde empieza la red y el conector donde termina deben tener el interruptor ON, para que cierre el circuito, y los demás conectores que están en medio de la red deben estar en OFF.



Imagen 1.19. Conector Profibus DP. Fuente. elaboración propia

#### e) Programación PLC: Lógica robot esclavo

En el programa del PLC original de la celda, las señales E/S del robot maestro están ordenadas en un DB (Data Block), en este caso en el DB10. Se realizó lo mismo para las señales E/S del robot esclavo creando otro DB (DB13), con el nombre de Robot Slave y copiando la misma estructura de variables del DB10.

Se consultó la referencia bibliográfica [5] para la programación en STEP 7.

Object name	Symbolic name	Created in language	Size in the work me...	Type
Dati di sistema	...	...	...	SDB
OB1		LAD	320	Organization Block
OB82	I/O_FLT1	LAD	38	Organization Block
OB85	DBNL_FLT	LAD	38	Organization Block
OB86	RACK_FLT	LAD	38	Organization Block
FB1		STL	38	Function Block
FB2	TIMING	LAD	536	Function Block
FC3	TIP CHANGE	LAD	188	Function
FC5	GEST PRODUCTION	LAD	1640	Function
FC6	LOOP GENERALI	LAD	884	Function
FC8	Address	LAD	2310	Function
FC9	Gestione RBT	LAD	1242	Function
FC10	Loop TABLE ROTATION	LAD	250	Function
FC11	Loop J1	LAD	238	Function
FC12	Loop J2	LAD	238	Function
FC13	Clamp Jig 1	LAD	2254	Function
FC14	Clamp Jig 2	LAD	2214	Function
FC17	ALARM JIG 1	LAD	1008	Function
FC18	ALARM JIG 2	LAD	1014	Function
FC30	DATE and TOD to DT	STL	672	Function
FC31	DT to DATE	STL	448	Function
FC32	DT to TOD	STL	242	Function
FC35	GE_DT	STL	338	Function
FC36	LE_DT	STL	338	Function
DB1	TIME	DB	68	Data Block
DB2	ISTANZA FB2	DB	50	Instance data block ...

Imagen 1.20. Proyecto STEP 7 Simatic. Fuente. elaboración propia

Object name	Symbolic name	Created in language	Size in the work me...
FC6	LOOP GENERALI	LAD	884
FC8	Address	LAD	2310
FC9	Gestione RBT	LAD	1242
FC10	Loop TABLE ROTATION	LAD	250
FC11	Loop J1	LAD	238
FC12	Loop J2	LAD	238
FC13	Clamp Jig 1	LAD	2254
FC14	Clamp Jig 2	LAD	2214
FC17	ALARM JIG 1	LAD	1008
FC18	ALARM JIG 2	LAD	1014
FC30	DATE and TOD to DT	STL	672
FC31	DT to DATE	STL	448
FC32	DT to TOD	STL	242
FC35	GE_DT	STL	338
FC36	LE_DT	STL	338
DB1	TIME	DB	68
DB2	ISTANZA FB2	DB	50
DB3	L_O PLC	DB	42
DB5	PRODUCTION	DB	86
DB10	L_O ROBOT	DB	50
DB11	Jig 1	DB	72
DB12	Jig 2	DB	72
DB13	ROBOT ESCLAVO SINCI	DB	50
VAT_1	VAT_1	...	...
SFB0		STL	...
SFB1		STL	...

Imagen 1.21. Proyecto STEP 7 Simatic Manager. Fuente. elaboración propia

Address	Name	Type	Initial value	C
0.0		STRUCT		
+0.0	CMD_SERVO_ON	BOOL	FALSE	
+0.1	CMD_AUTO_MODE	BOOL	FALSE	
+0.2	CMD_OP_MODE	BOOL	FALSE	
+0.3	CMD_TEACH_MODE	BOOL	FALSE	
+0.4	CMD_NOT_USED	BOOL	FALSE	
+0.5	CMD_ERROR_RELEASE	BOOL	FALSE	
+0.6	CMD_START	BOOL	FALSE	
+0.7	CMD_HOLD	BOOL	FALSE	
+1.0	CMD_GAS_KO	BOOL	FALSE	
+1.1	CMD_SPARE1	BOOL	FALSE	
+1.2	CMD_SPARE2	BOOL	FALSE	
+1.3	CMD_SPARE3	BOOL	FALSE	
+1.4	CMD_SPARE4	BOOL	FALSE	
+1.5	CMD_REAMER_OK	BOOL	FALSE	
+1.6	CMD_SPARE6	BOOL	FALSE	
+1.7	CMD_H2O_KO	BOOL	FALSE	
+2.0	CMD_UGE_ON	BOOL	FALSE	

Imagen 1.22. DB10- I/O Robot Master. Fuente. elaboración propia

Address	Name	Type	Initial value	C
0.0		STRUCT		
+0.0	CMD_SERVO_ON	BOOL	FALSE	
+0.1	CMD_AUTO_MODE	BOOL	FALSE	
+0.2	CMD_OP_MODE	BOOL	FALSE	
+0.3	CMD_TEACH_MODE	BOOL	FALSE	
+0.4	CMD_NOT_USED	BOOL	FALSE	
+0.5	CMD_ERROR_RELEASE	BOOL	FALSE	
+0.6	CMD_START	BOOL	FALSE	
+0.7	CMD_HOLD	BOOL	FALSE	
+1.0	CMD_GAS_KO	BOOL	FALSE	
+1.1	CMD_SPARE1	BOOL	FALSE	
+1.2	CMD_SPARE2	BOOL	FALSE	
+1.3	CMD_SPARE3	BOOL	FALSE	
+1.4	CMD_SPARE4	BOOL	FALSE	
+1.5	CMD_REAMER_OK	BOOL	FALSE	
+1.6	CMD_SPARE6	BOOL	FALSE	
+1.7	CMD_H2O_KO	BOOL	FALSE	
+2.0	CMD_UGE_ON	BOOL	FALSE	

Imagen 1.23. DB13-I-O Robot Slave SINCI. Fuente. elaboración propia

Después de haber creado el DB13 con los mismos datos que el DB10, debido a que son las mismas señales para ambos robots, Luego se direccionan los bytes E/S del robot esclavo al DB13.

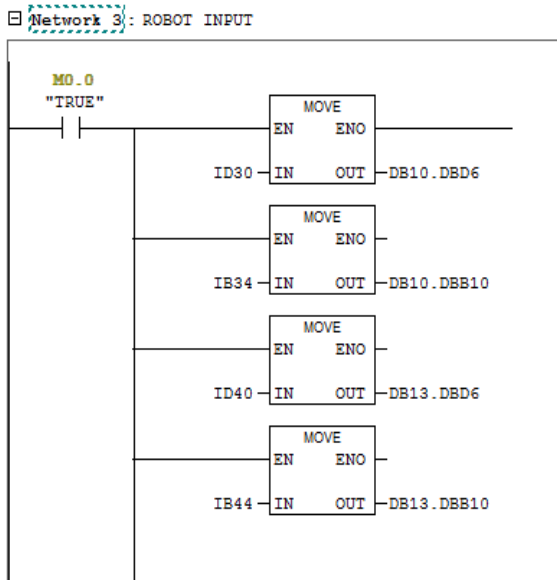


Imagen 1.24. Direccionamiento Entradas. DB13. Fuente. elaboración propia

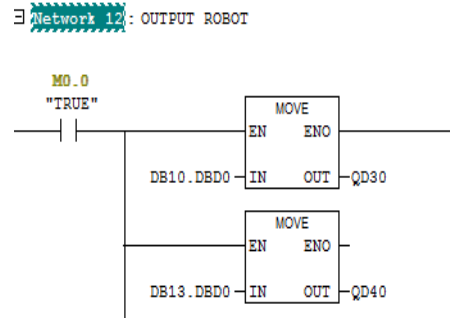


Imagen 1.25. Direccionamiento Salidas DB13. Fuente. elaboración propia



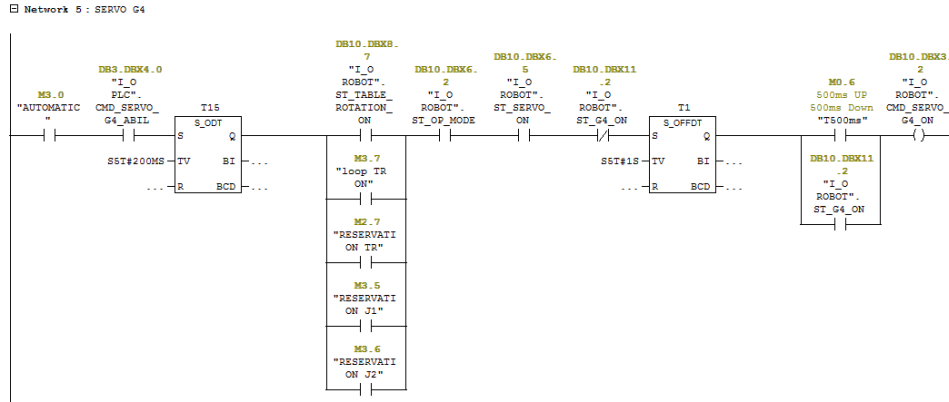


Imagen 1.28. Encender eje G4 Robot Maestro y esclavo. Fuente. elaboración propia

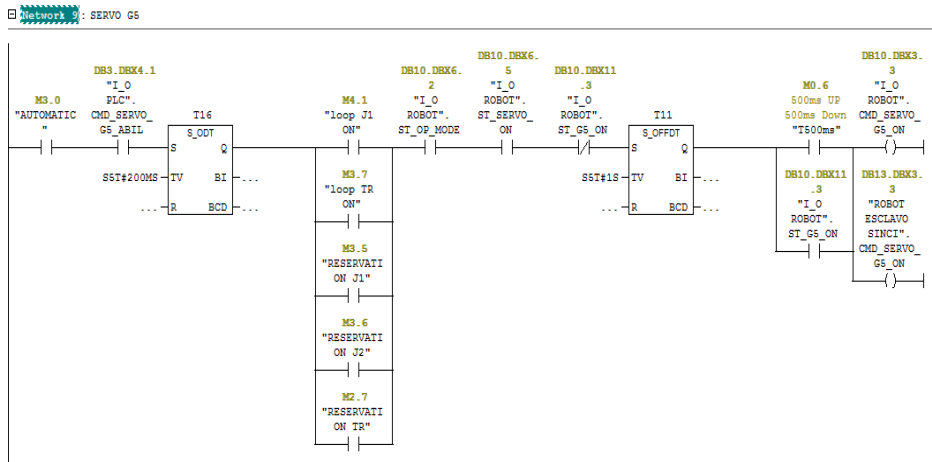


Imagen 1.29. Encender eje G5 Robot Maestro y esclavo. Fuente. elaboración propia

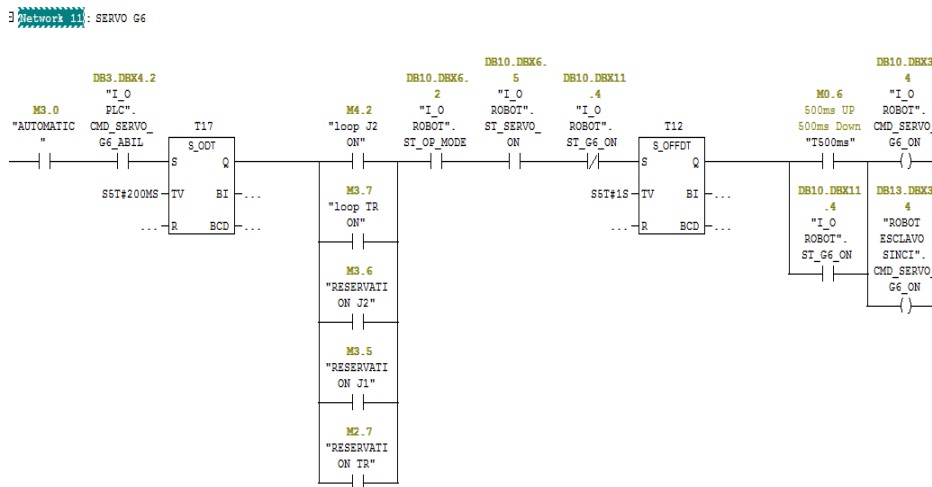


Imagen 1.30. Encender eje G6 maestro y esclavo. Fuente. elaboración propia

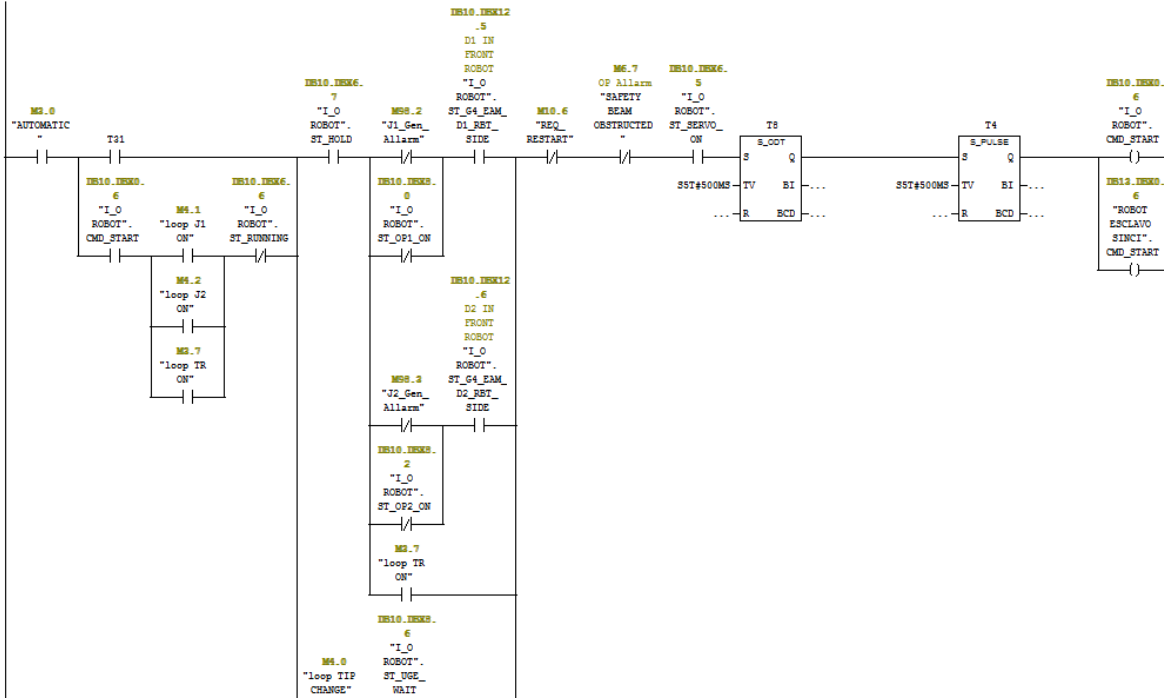


Imagen 1.31. Inicio de secuencia de movimiento de robots. Fuente. elaboración propia

Network 17: OP Allarm

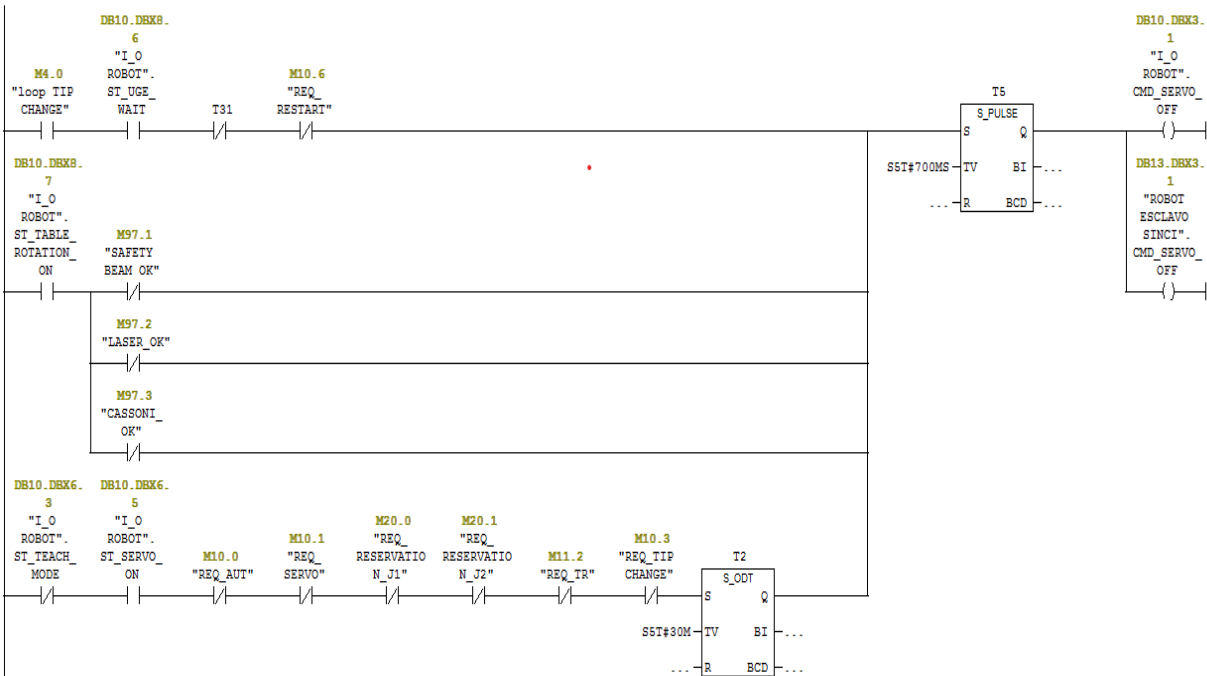


Imagen 1.32. Apagado de servos de robots por alarma o paro de emergencia. Fuente. elaboración propia

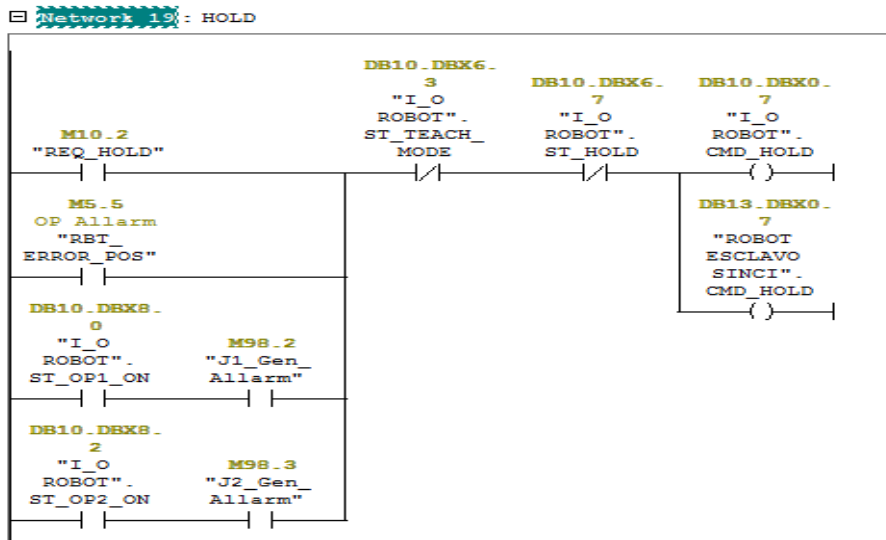


Imagen 1.33. Hold de Robots. Fuente. elaboración propia

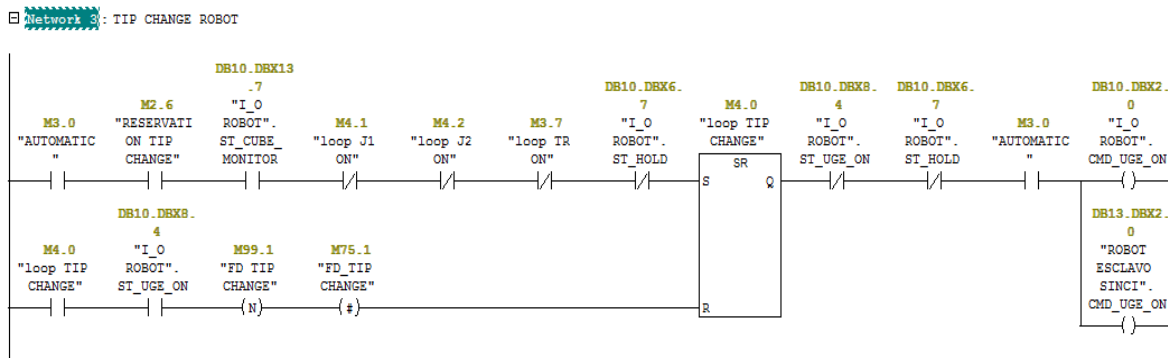


Imagen 1.34. Cambio de punta Robot. Fuente. elaboración propia

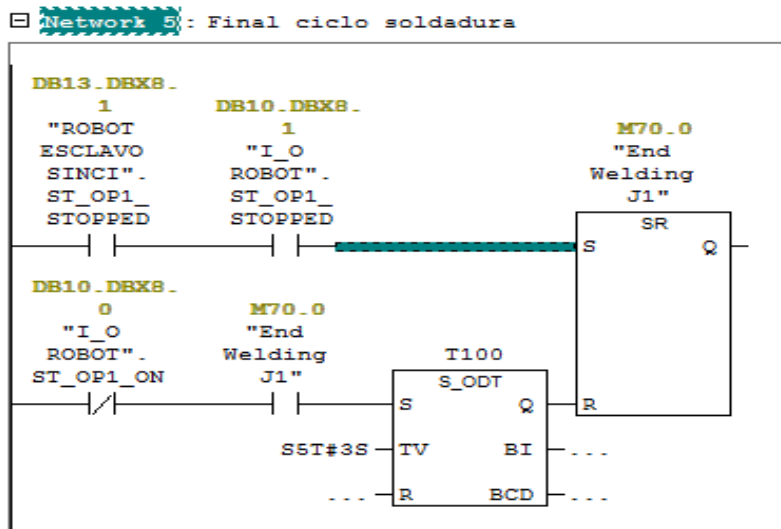


Imagen 1.35. Final ciclo de soldadura. Fuente. elaboración propia

## f) Programación PLC: Fixtures

Para que la mesa 1 o 2 gire y entre a soldar el robot, necesita detectar las partes presentes y que los clamps que son los que sujetan la pieza estén cerrados, como anteriormente la máquina trabajaba con fixtures de modelos obsoletos, las condiciones de ciclo ya están programadas en el PLC, solo se depuraron señales ya que el nuevo fixture tiene menos señales de entrada y salida.

Se cambia el nombre de las variables de sensores de presencia, y se depura en la lógica para la condiciones de pieza presente y el clampeo de ambas mesas.

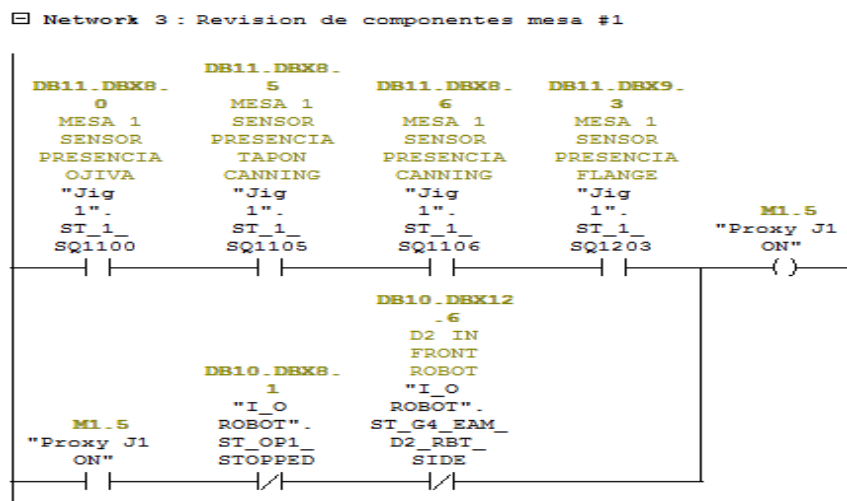


Imagen 1.36. Condición sensores presencia mesa 1. Fuente. elaboración propia

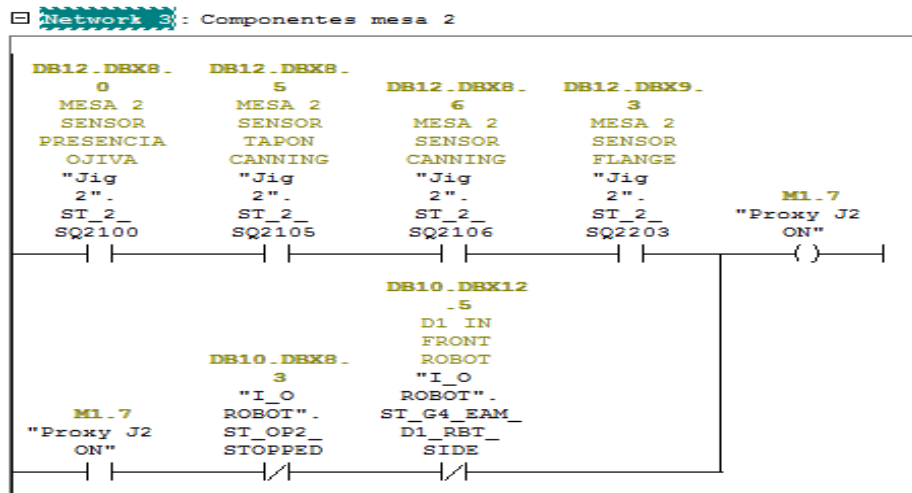


Imagen 1.37. Condición sensores presencia mesa 2. Fuente. elaboración propia



Finalmente se descargan las modificaciones al PLC de la nueva lógica del robot y los fixtures.

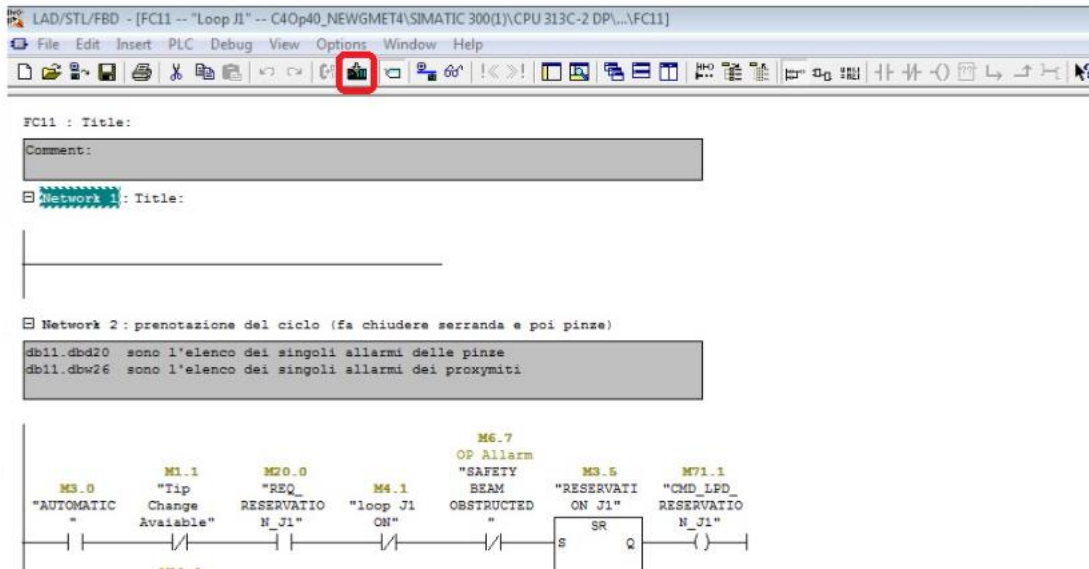


Imagen 1.38. Cargar de programa a PLC (icono redondeado en rojo). Fuente. elaboración propia

### g) Diseño HMI: Fixtures

Para ayuda visual del operador se realizaron pantallas , una para cada mesa en la HMI de la máquina. El modelo de la HMI es una KTP 600 Basic Color DP, para esto se me proporcionó por parte del equipo de Mantenimiento de planta, el proyecto fuente de la pantalla para poder realizar el diseño de las pantallas con el software WinCC Flexible 2008.



Imagen 1.39. Software WinCC Flexible 2008 para diseño HMI Simatic. [6]

Se consultó la referencia bibliográfica [7] para el diseño de la HMI.

En el árbol del proyecto de la HMI se agregan los nuevos displays para la mesa 1 y 2, y se carga la imagen del fixture para el layout de la pantalla.

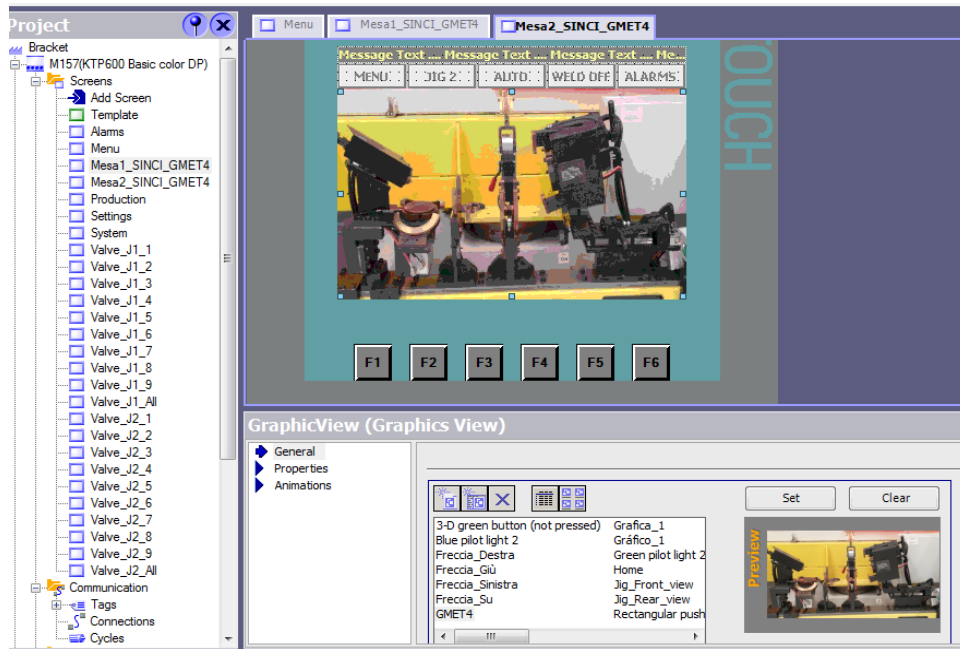


Imagen 1.40. Foto Fixture en pantalla HMI. Fuente. elaboración propia

Se agregaron los indicadores de cambio de estado de color para los sensores de presencia y magnéticos de los cilindros neumáticos, para los sensores neumáticos se colocaron indicadores en color amarillo.

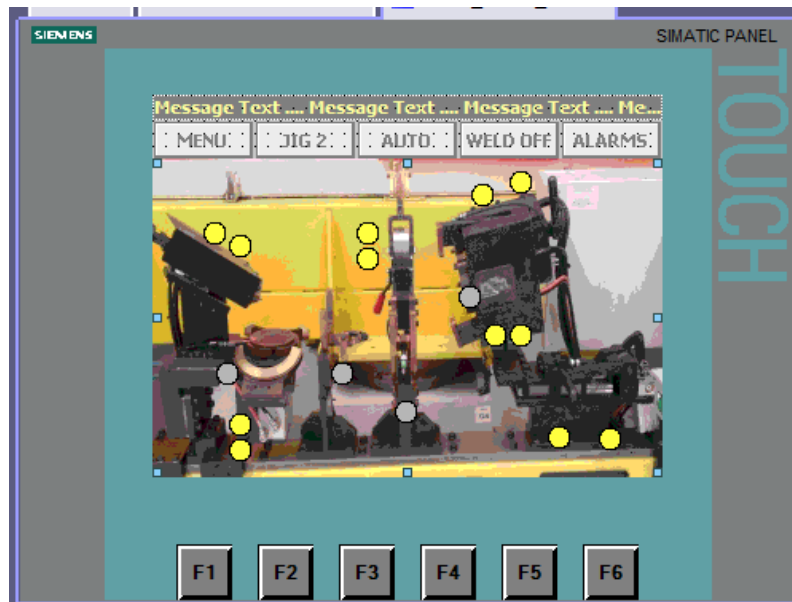


Imagen 1.41. Foto Fixture con indicadores. Fuente. elaboración propia

En la sección de tags del árbol de proyecto se buscan las direcciones de los sensores de presencia y los sensores magnéticos para direccionarlos a los indicadores de estado.

Name	Connection	Data type	Address
SQ1100	Connection	Bool	DB 11 DBX 8.0
SQ1101	Connection	Bool	DB 11 DBX 8.1
SQ1102	Connection	Bool	DB 11 DBX 8.2
SQ1103	Connection	Bool	DB 11 DBX 8.3
SQ1104	Connection	Bool	DB 11 DBX 8.4
SQ1105	Connection	Bool	DB 11 DBX 8.5
SQ1106	Connection	Bool	DB 11 DBX 8.6
SQ1200	Connection	Bool	DB 11 DBX 9.0
SQ1201	Connection	Bool	DB 11 DBX 9.1
SQ1203	Connection	Bool	DB 11 DBX 9.3
SQ1204	Connection	Bool	DB 11 DBX 9.4
SQ1205	Connection	Bool	DB 11 DBX 9.5
SO1206	Connection	Bool	DB 11 DBX 9.6

Imagen 1.42. Tags HMI. Fuente. elaboración propia

+8.0	ST_1_SQ1100	BOOL	FALSE	MESA 1 SENSOR PRESENCIA OJIVA
+8.1	ST_1_SQ1101	BOOL	FALSE	MESA 1 SENSOR PINZA OJIVA ABIERTA
+8.2	ST_1_SQ1102	BOOL	FALSE	MESA 1 SENSOR PINZA OJIVA CERRADA
+8.3	ST_1_SQ1103	BOOL	FALSE	MESA 1 SENSOR POSICION FLANGE ADENTRO
+8.4	ST_1_SQ1104	BOOL	FALSE	MESA 1 SENSOR POSICION FLANGE ATRAS
+8.5	ST_1_SQ1105	BOOL	FALSE	MESA 1 SENSOR PRESENCIA TAPON CANNING
+8.6	ST_1_SQ1106	BOOL	FALSE	MESA 1 SENSOR PRESENCIA CANNING

Imagen 1.43. Variables en DB11. Fuente. elaboración propia

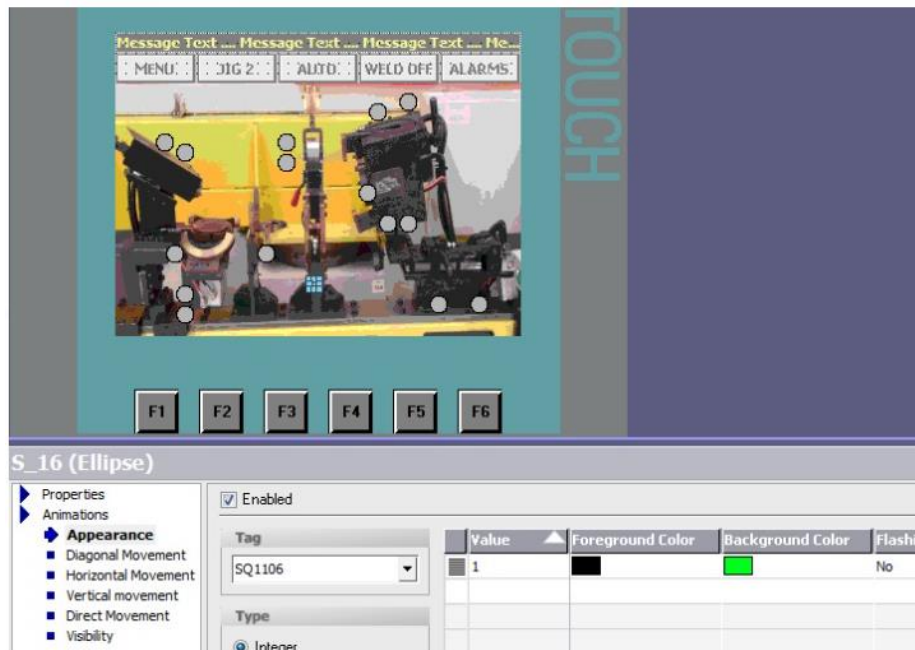


Imagen 1.44. Direccionamiento Tag SQ1106 a Indicador. Fuente. elaboración propia

## 1.4 Resultados

La integración del robot esclavo a la red Profibus DP de la máquina, la depuración de señales de ambos fixtures al PLC, y el desarrollo de las pantallas en el HMI se concluyó satisfactoriamente. El tiempo de ciclo de soldadura antes de integrar el robot esclavo era de 2 minutos con 54 segundos. Con la integración el tiempo ciclo de soldadura fue 1 minuto con 2 segundos.

Así la línea de producción del ensamble del convertidor catalítico producirá más piezas por hora, cumpliendo con el objetivo de tiempo de producción por hora que se pretendía.

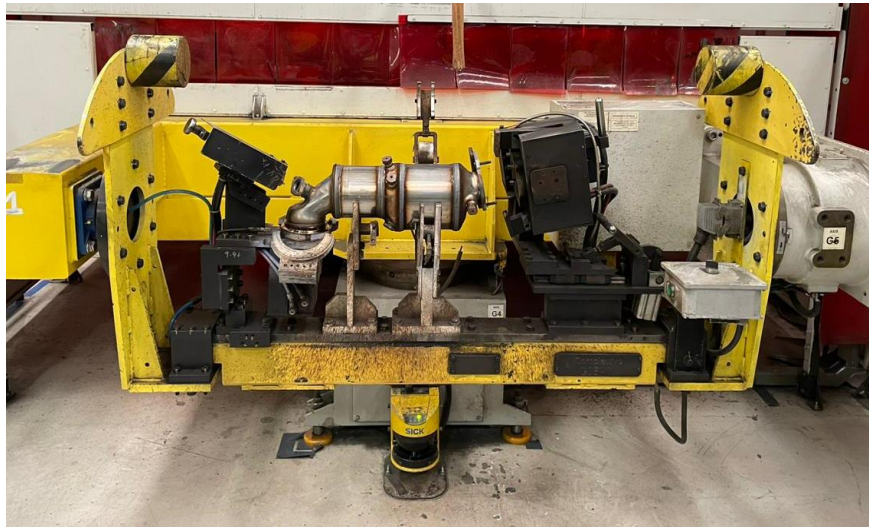


Imagen 1.45. Pieza soldada terminando ciclo de soldadura. Fuente. elaboración propia

## II. Proyecto: Integración de fixtures para soldar componentes de convertidor catalítico.

### 2.1 Antecedentes

El proyecto consistió en integrar dos nuevos fixtures para soldar componentes del convertidor catalítico, en una celda robótica de soldadura donde producían otros modelos de piezas (fixtures antiguos).

### 2.2 Objetivo

Integrar dos fixtures en celda robótica para componentes piezas del nuevo modelo de convertidor catalítico.

### 2.3 Desarrollo

En la vista frontal de la celda hay dos estaciones llamadas Operación 10 y operación 20, donde el operador coloca las piezas en el fixture de cada estación. La pantalla HMI está en el centro de la celda, para ayuda visual del operador y alarmas. Y en la parte de atrás se encuentra el tablero de control y el controlador del robot.

#### a) Estructura Mecánica de celda robótica.

La celda consta de dos zonas donde esta situados el fixture 1 y el fixture 2, contiene un tablero de control, controlador del robot, y el panel donde el operador interactúa con la máquina. (Ver imagen 2.1 - 2.7)

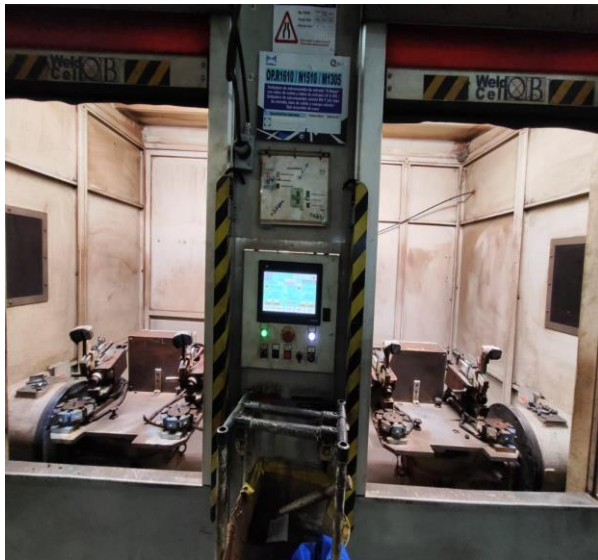


Imagen 2.1. Vista Frontal celda robótica. Fuente. elaboración propia



Imagen 2.2. Vista lateral derecha celda robótica. Fuente. elaboración propia





Imagen 2.3. Vista lateral izquierda. Fuente. elaboración propia



Imagen 2.4. Vista trasera (Controlador de robot). Fuente. elaboración propia

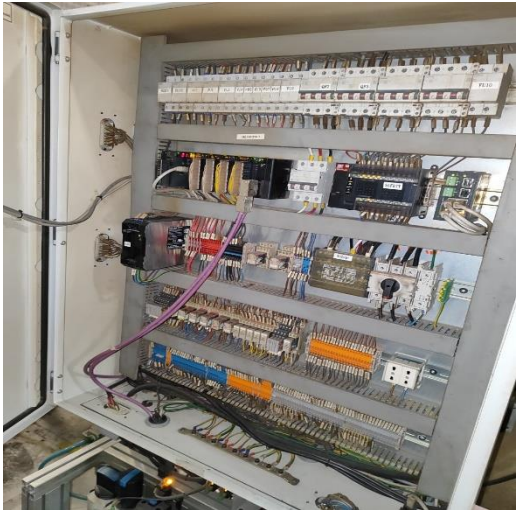


Imagen 2.5. Vista trasera (tablero de control). Fuente. elaboración propia



Imagen 2.6. Fixture 1. Fuente. elaboración propia



Imagen 2.7. Fixture 2. Fuente. elaboración propia

## b) Red Profibus DP

Se realizó el levantamiento de la Red Profibus DP y Ethernet/IP de la celda, antes de integrar los fixtures.

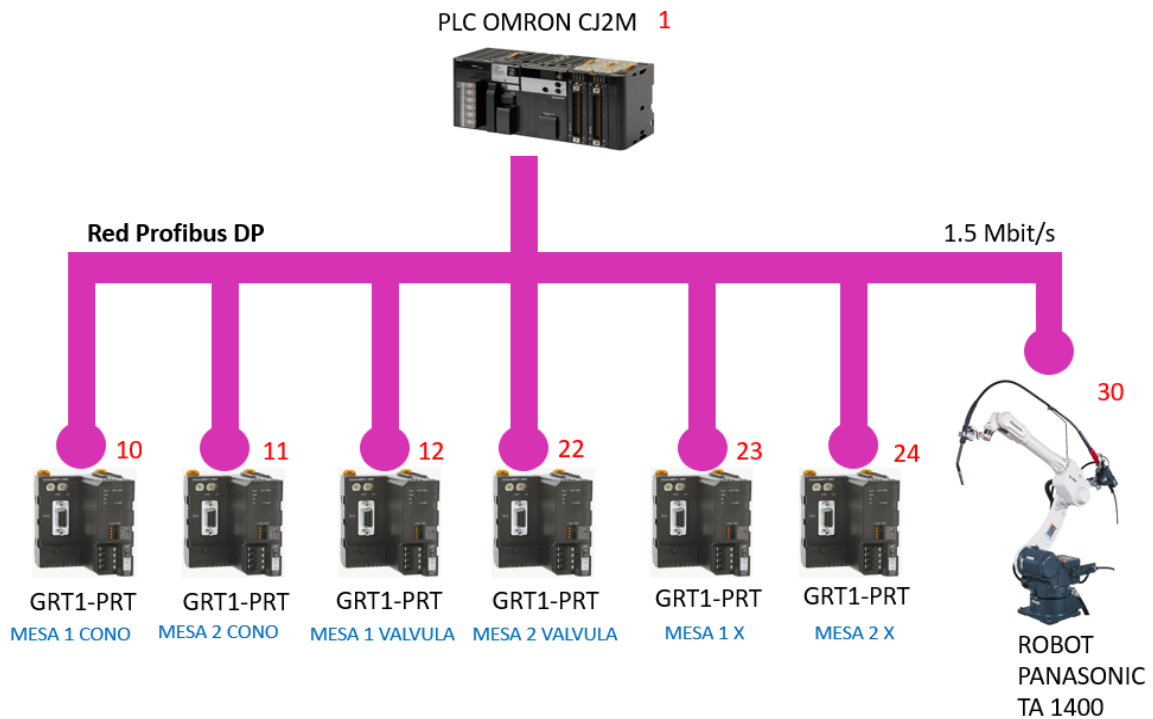


Imagen 2.8. Red Profibus antes. Fuente. elaboración propia

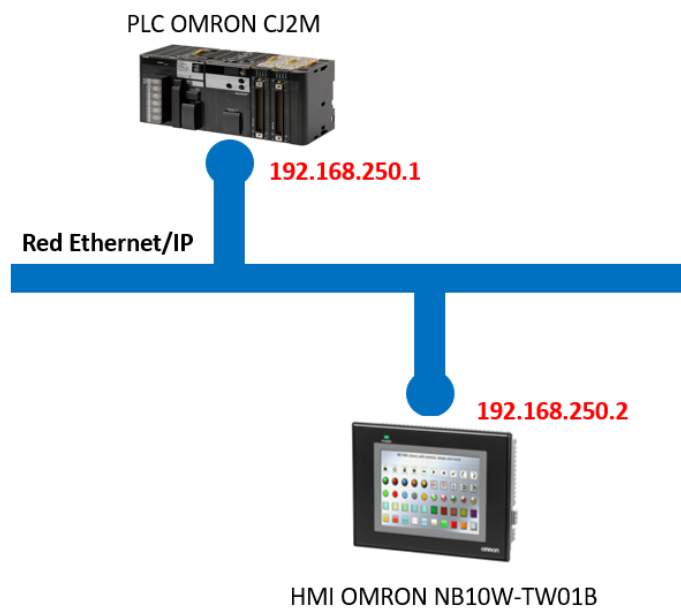


Imagen 2.9. Red Ethernet/IP. Fuente. elaboración propia

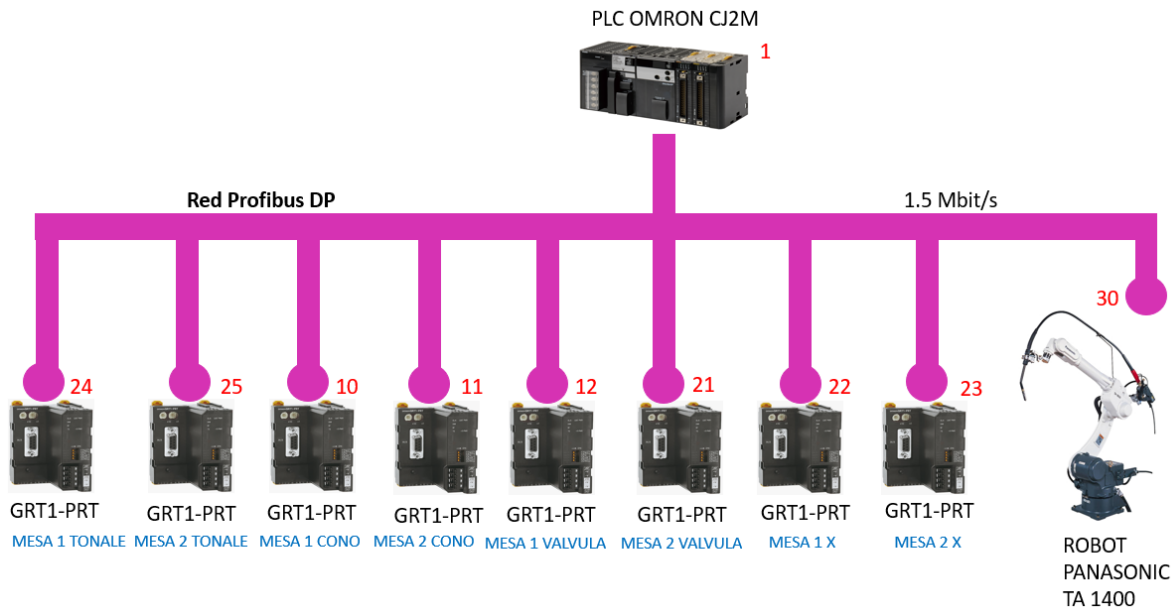


Imagen 2.10. Red profibus DP con nuevos fixtures tonale. Fuente. elaboración propia

### c) Configuración Hardware GRT1-PRT

El módulo GRT1-PRT es un módulo Omron remoto de entradas y salidas ya sean digitales o analógicas, que envía la información por la red profibus DP al PLC. Donde el número de nodo se configura con los dos potenciómetros que tiene incorporados en la parte de arriba del conector DB9. Donde cada módulo de las mesas tiene 2 tarjetas de 8 entradas digitales y 2 tarjetas de 8 salidas digitales.

Para la mesa 1 se le asignara el nodo número 24 y para la mesa 2 el número 25.



Imagen 2.11. Modulo remoto GRT1-PRT. [8]



Imagen 2.12. Modulo remote fixture mesa 1 Tonale. Fuente. elaboración propia



#### d) Cableado Red Profibus

Con ayuda de los mecánicos se desmontaron de la celda las mesas de otro modelo (cono) y se montaron las nuevas mesas. La posición de los switches de los conectores profibus terminales se mantienen en ON debido a que uno empieza y otro termina la red como en la imagen.

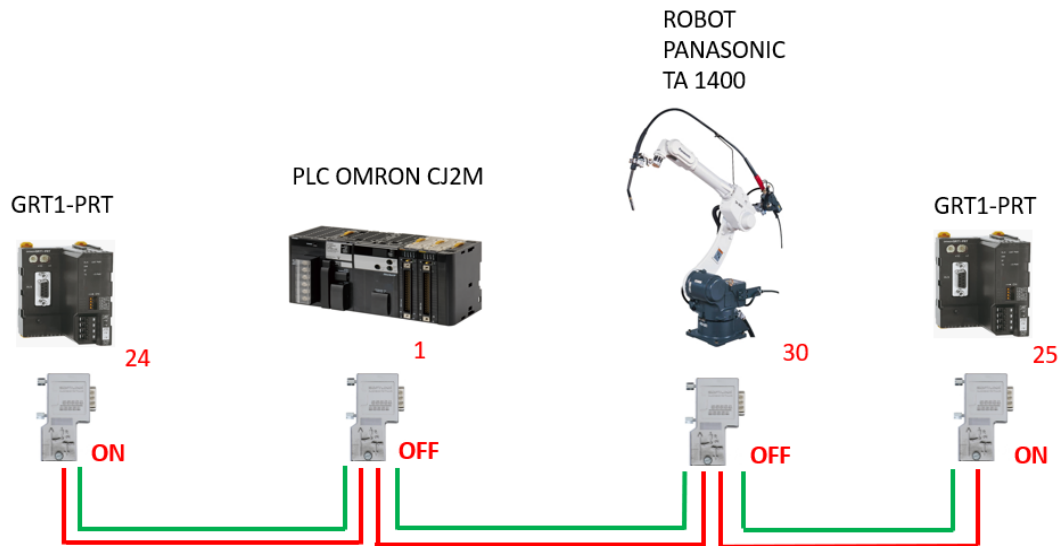


Imagen 2.13. Red profibus cableado. Fuente. elaboración propia

#### e) Programación de Red Profibus DP en PLC

Se integraron las 2 mesas con el software CX-Configurator FDT de Omron, que es un software para crear redes ethernet/ip, profibus DP y CAN Bus. El departamento de mantenimiento de planta proporcionó el respaldo de la red profibus DP de la máquina.

Se consultó la referencia bibliográfica [9] para el manejo de la red profibus en Omron.



Imagen 2.14. Software CX-ConfiguratorFDT. [10]

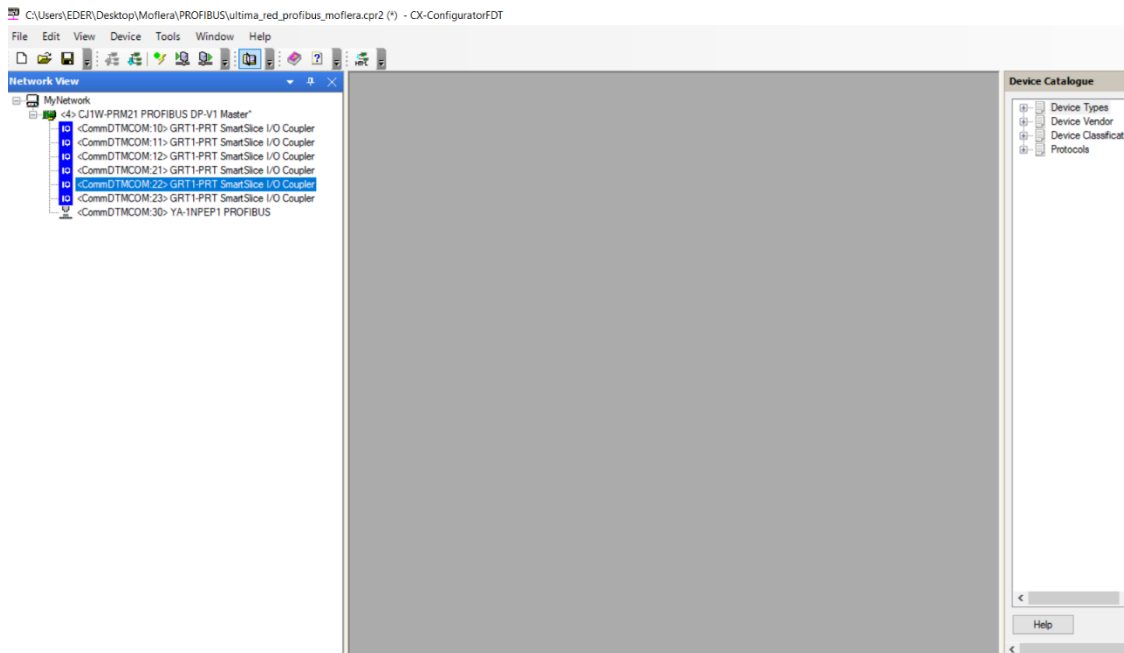


Imagen 2.15. Vista principal CX-Configurator. Fuente. elaboración propia

Para transferir la red Profibus al PLC es necesario tener los archivos GSD de los periféricos, tanto los remotos de entradas y salidas y el robot Panasonic e instalarlos en el software, debido a que si no se tienen instalados no dejará transferir la Red. Como los remotos GRT1 son Omron, el archivo GSD ya está previamente instalado en el software. Solo se instaló el archivo GSD del Robot Panasonic TA-1400.

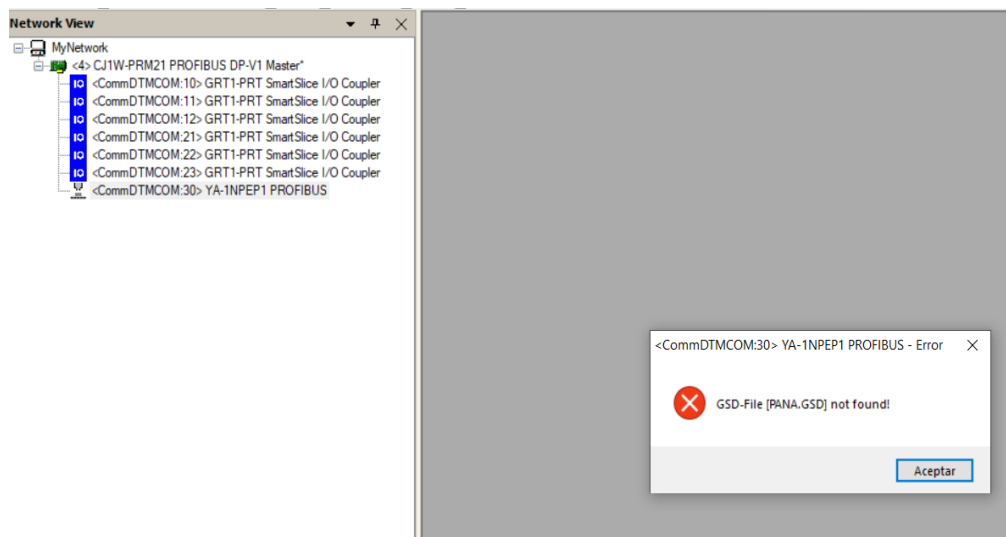


Imagen 2.16. Mensaje de error debido a que no encontró el GSD del robot. Fuente. elaboración propia

En el catálogo de dispositivo, se encuentran todos los archivos GSD, se agregó el GSD del robot Panasonic.

Se le dio clic en Install Device Description Files, y se elige el archivo GSD que se va a instalar.

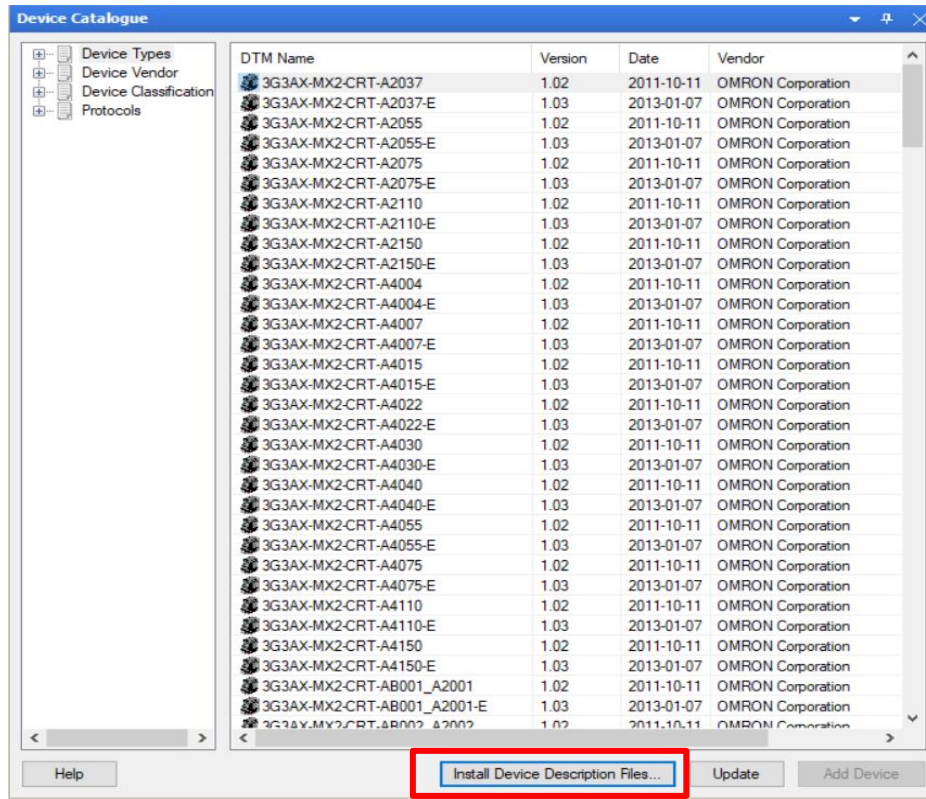


Imagen 2.17. Catálogo de archivos GSD (Icono en recuadro rojo). Fuente. elaboración propia

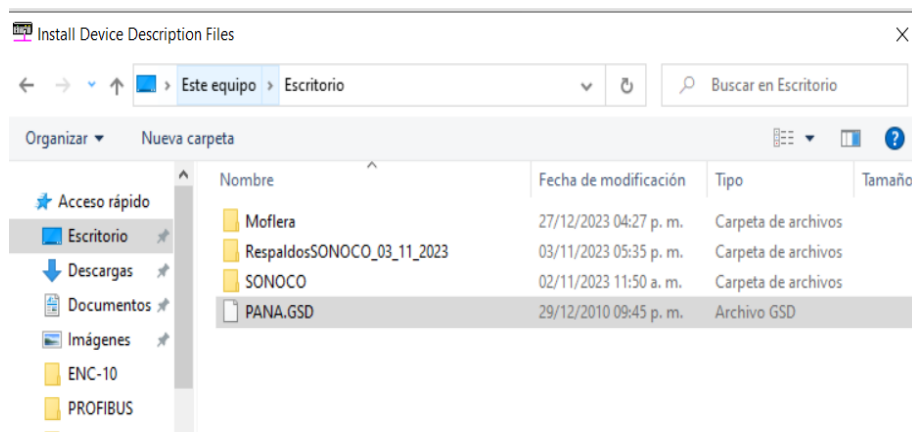


Imagen 2.18. Archivo GSD Robot Panasonic. Fuente. elaboración propia

Ya que se instaló el GSD del Robot, se agregaron después los 2 nodos, de las mesas.

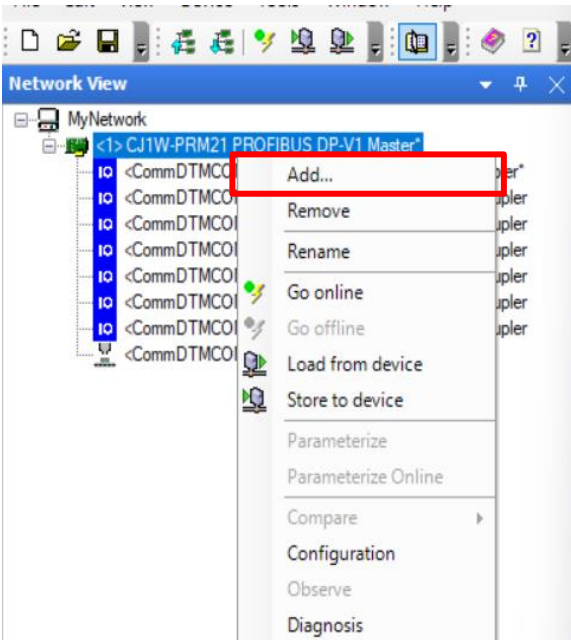


Imagen 2.19. Agregar esclavo en red (icono en recuadro rojo). Fuente. elaboración propia

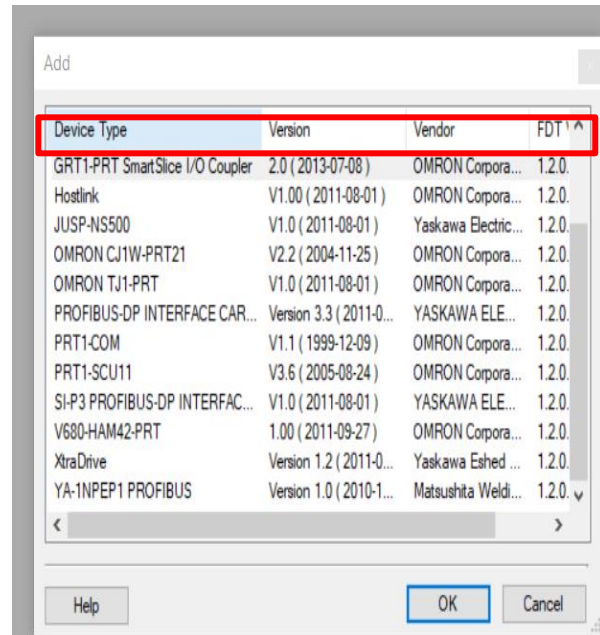


Imagen 2.20. Archivo GSD Modulo GRT1-PRT (Icono en recuadro rojo). Fuente. elaboración propia

Se configuró el nuevo nodo asignándole el número 24 en la opción de Station Address.

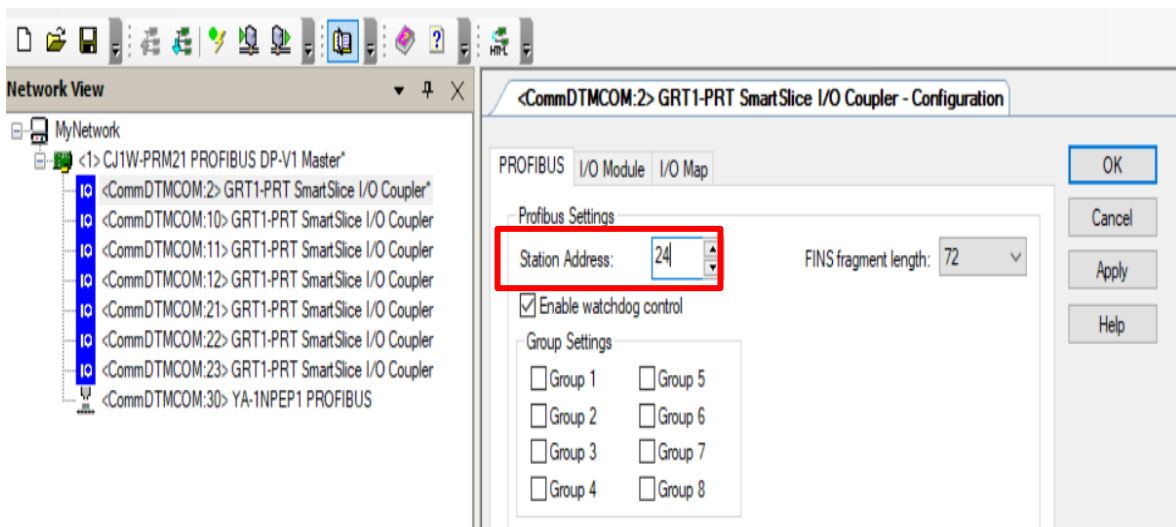


Imagen 2.21. Asignación de numero de nodo en nuevo esclavo (icono en recuadro rojo). Fuente. elaboración propia

Después se le asignaron el número de tarjetas de entradas y salidas al nodo 24.

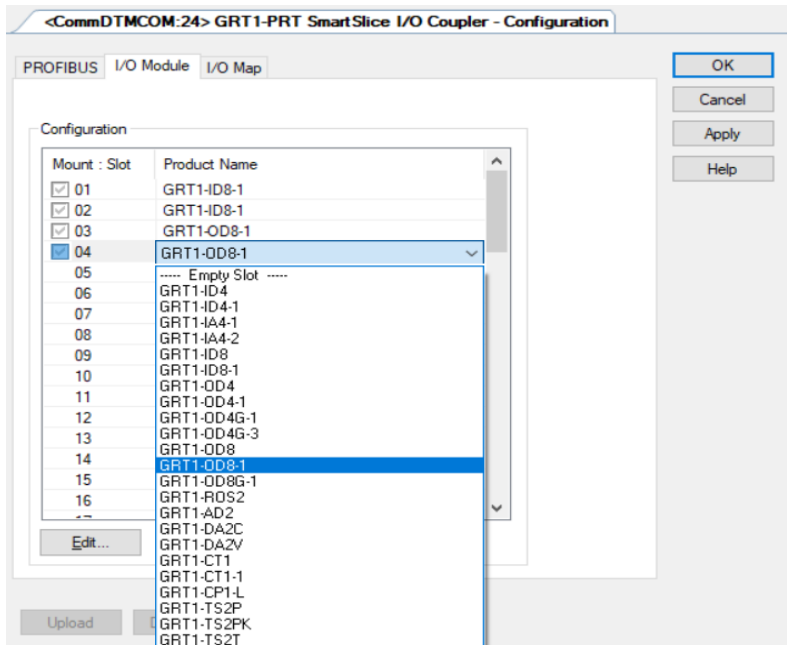


Imagen 2.22. Declaración de tarjetas en Slots. Fuente. elaboración propia



Imagen 2.23. Tarjeta GRT1 ID8-1. [11]

Una vez creados los nodos, se dan de alta las tarjetas E/S en los módulos, se realiza el mapeo de direcciones de los nodos en la memoria de la CPU del PLC. Se tienen dos recuadros las localidades de memoria CIO de entradas y salidas, donde se asignan las direcciones de memoria para cada nodo.



Imagen 2.24. Tarjetas E/S remotas (1 y 2). Fuente. elaboración propia



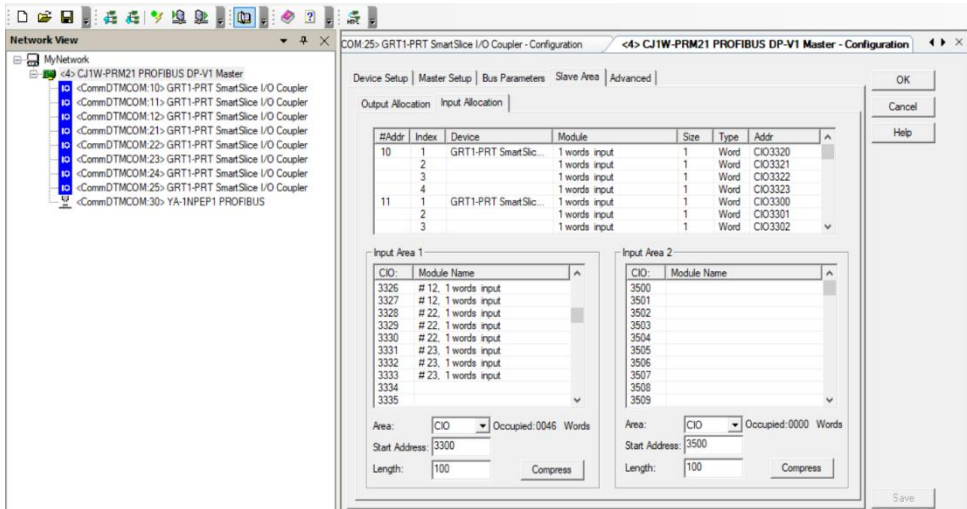


Imagen 2.25. Área de memoria de nodos esclavos. Fuente. elaboración propia

Para el nodo 24 (mesa 1) las direcciones de entradas se mapearon las direcciones de la CIO 3340 hasta CIO 3342 y para las salidas de la CIO 3217 y CIO 3218.

Para el nodo 25 (mesa 2) las direcciones de entradas se mapearon las direcciones de la CIO 3343 hasta CIO 3345 y para las salidas de la CIO 3219 y CIO 3220.

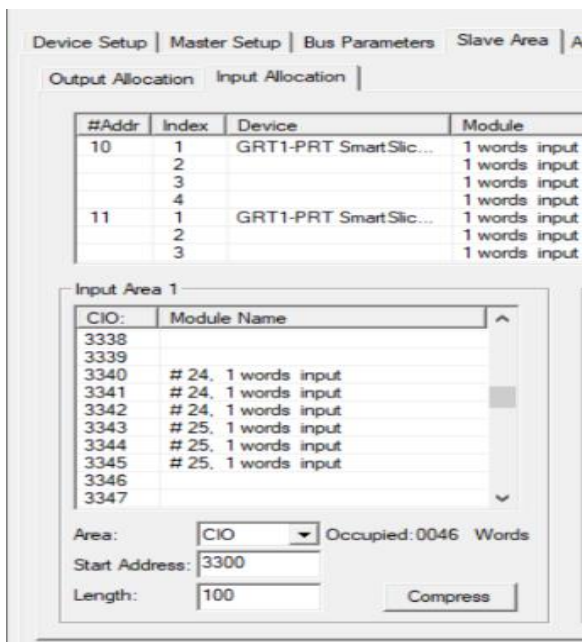


Imagen 2.26. Direccionamiento entradas. Fuente. elaboración propia

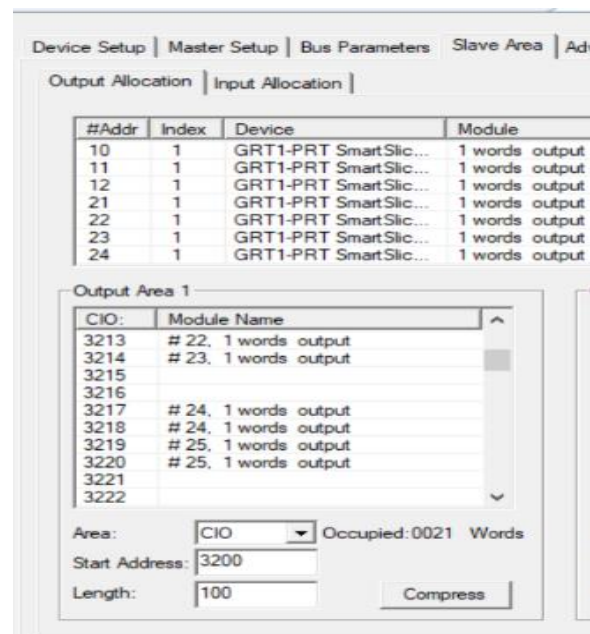


Imagen 2.27. Direccionamiento salidas. Fuente. elaboración propia

Se configuró la comunicación con el PLC desde el software CX-Configurator FDT.

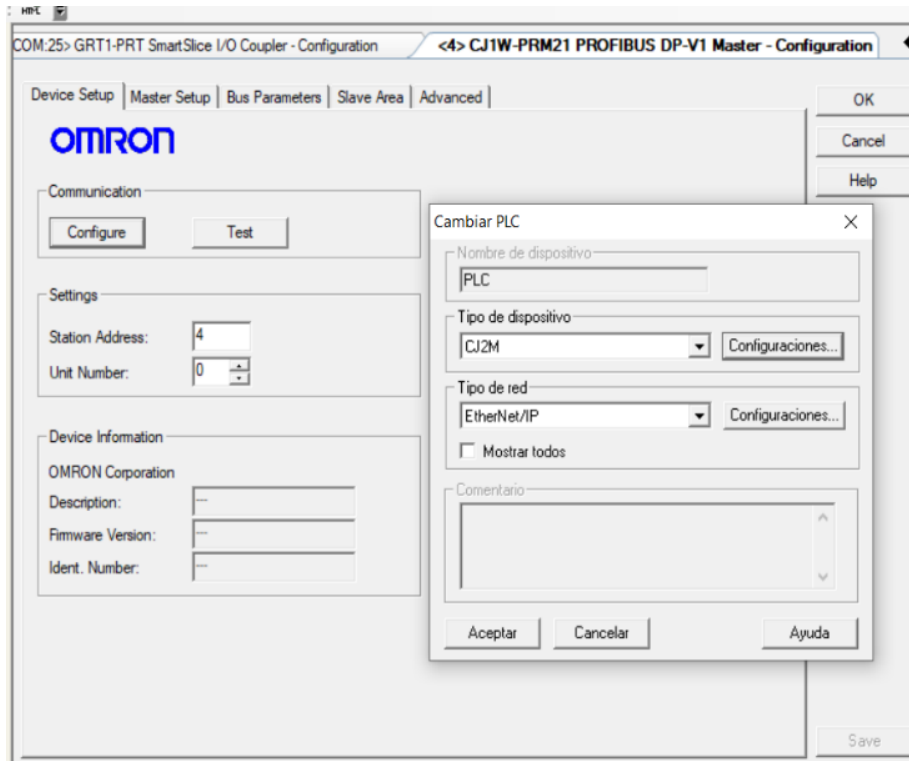


Imagen 2.28. Paso 1 Comunicación PLC. Fuente. elaboración propia

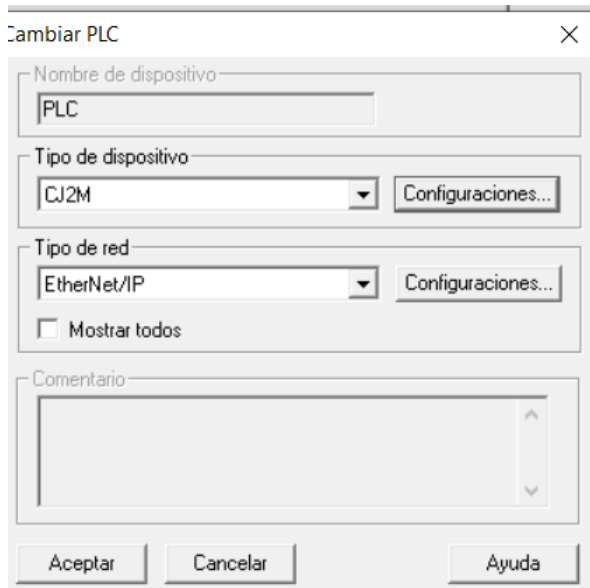


Imagen 2.29. Paso 2. Se selecciona modelo PLC. Fuente. elaboración propia

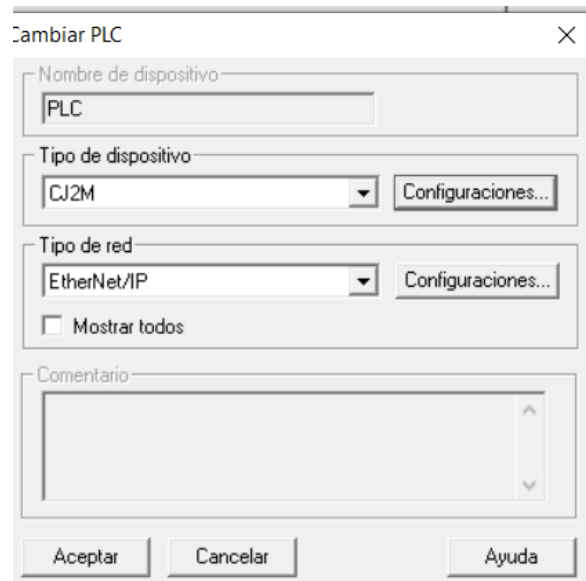


Imagen 2.30. Paso 3. Se selecciona tipo de comunicación. Fuente. elaboración propia

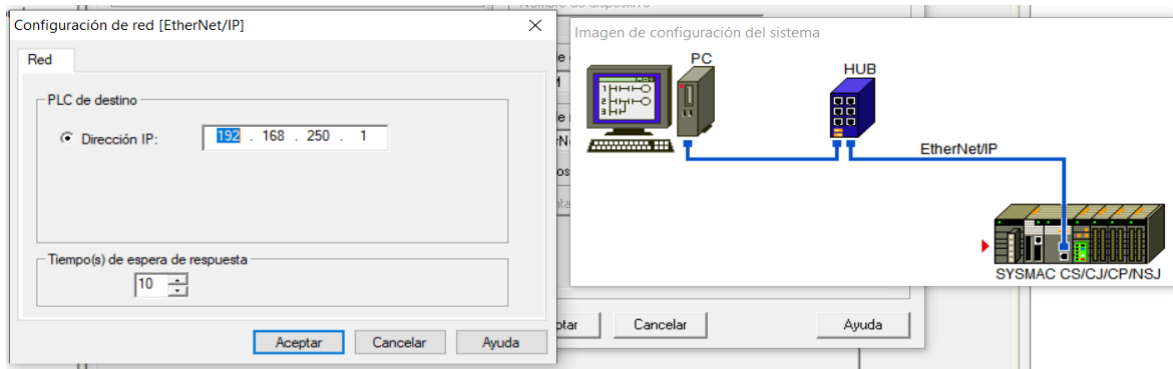


Imagen 2.31. Paso 4 Se ingresa dirección IP del PLC. Fuente. elaboración propia

Después se procedió a transferir la red Profibus al PLC.

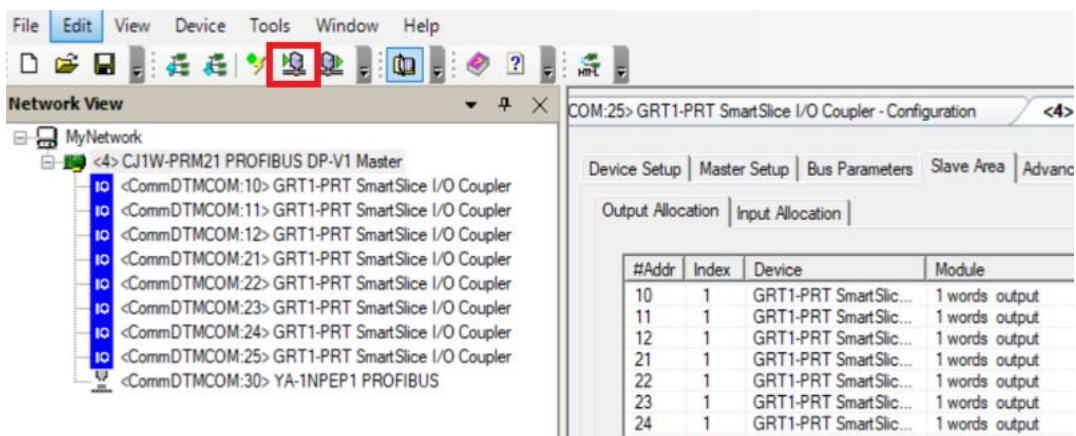


Imagen 2.32. Paso 5 Descarga de nueva red profibus a PLC (icono en recuadro rojo). Fuente. elaboración propia



## f) Programación PLC

Para la programación se usó el software CX-Programmer de Omron.

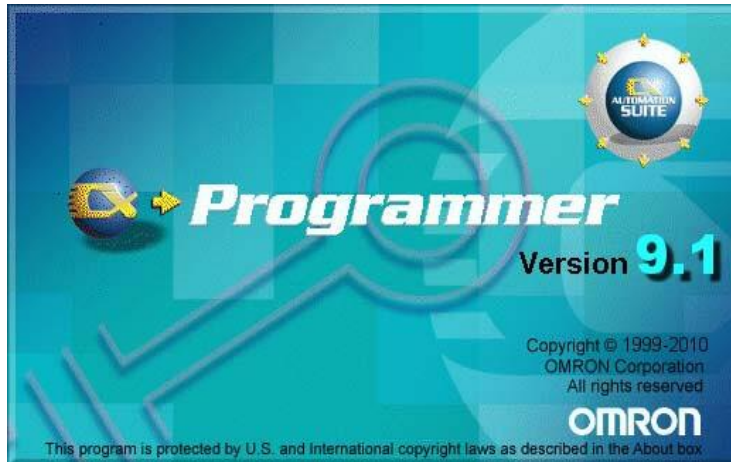


Imagen 2.33. Software Programación PLC Omron series C]/CP/CQ. [12]

Se realizó la programación de PLC en 3 partes.

La **primera parte** para las condiciones de pieza presente para que la máquina entre en ciclo de secuencia automática.

La **segunda parte** para la activación de salidas digitales, las cuales activarán válvulas 5/2 para el movimiento de los cilindros neumáticos del fixture.

La **tercera parte** integrar la lógica de la primera y segunda parte en la secuencia de la máquina.

La secuencia de la máquina consta de 7 pasos los cuales son:

- Paso 0. Armado de piezas en mesa.
- Paso 1. Detecta piezas presentes y se oprime el botón de ciclo.
- Paso 2. Clampea la mesa y detecta que los sensores magnéticos de los cilindros estén en posición.
- Paso 3. Cierra la cortina de seguridad.
- Paso 4. Comienza el robot a soldar.
- Paso 5 Termina el robot de soldar.
- Paso 6. Le manda señal el Robot a PLC que ha concluido el ciclo de soldado
- Paso 7. Desclampea la mesa,
- Paso 8. Sube cortina y se retiran piezas soldadas y vuelve al paso 0.

El equipo de mantenimiento de planta proporcionó el respaldo de PLC de la máquina.

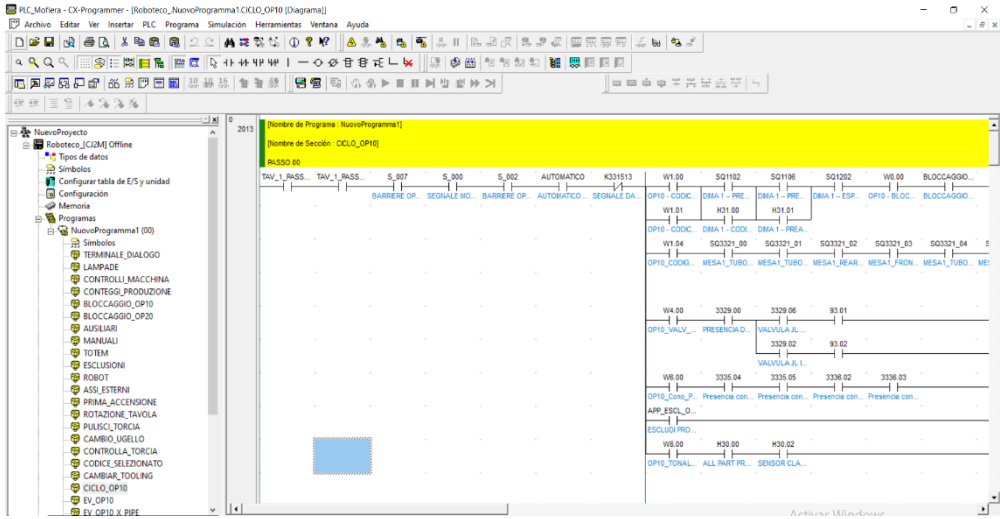


Imagen 2.34. Vista principal proyecto en CX-Programmer. Fuente. elaboración propia

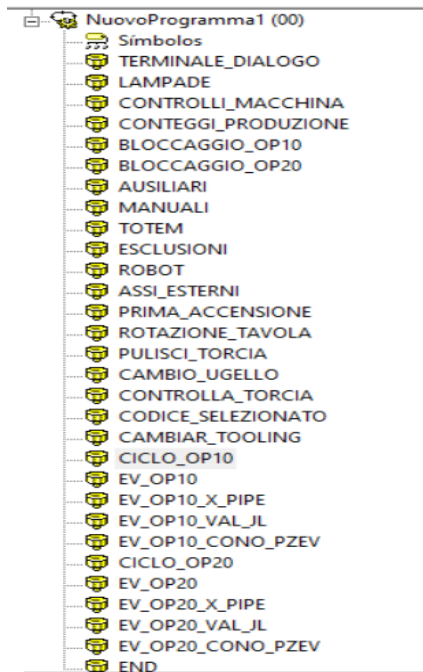


Imagen 2.35. Árbol proyecto. Fuente. elaboración propia

Para la **primera parte** se creó una nueva subrutina llamada SETUP SINCI donde se las condiciones de sensores de presencia y sensores magnéticos de los cilindros neumáticos permitan el ciclo automático de la pieza.

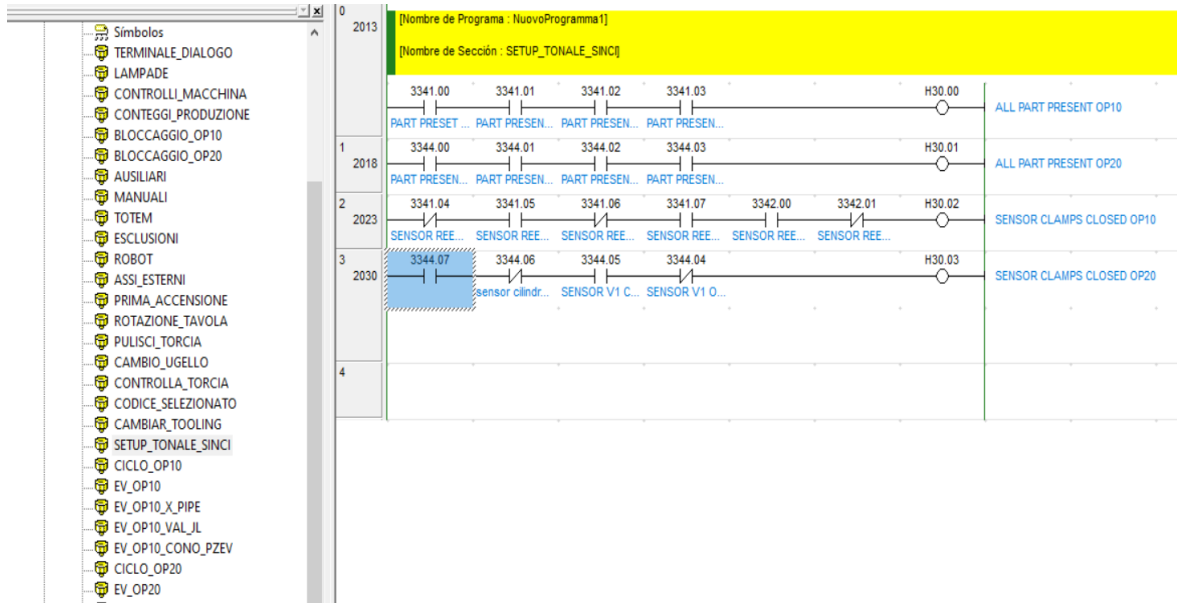


Imagen 2.36. Subrutina SETUP SINCI. Fuente. elaboración propia

Si los sensores de presencia de la mesa 1 están presentes activan una memoria H30.00 y los sensores de presencia de la mesa 2 activan la memoria H30.01.

Si Los sensores magnéticos cuando detectan que los cilindros neumáticos están en posición de trabajo, activan una memoria H30.02 en la mesa 1 y H30.03 en la mesa 2.

Para la **segunda parte** en la sección del árbol, las subrutinas con el nombre que principia con EV, es la sección de control de las salidas de los módulos remotos para la activación de las electroválvulas de cada fixture.

- CICLO\_OP10
- EV\_OP10
- EV\_OP10\_X\_PIPE
- EV\_OP10\_VAL\_JL
- EV\_OP10\_CONO\_PZEV
- CICLO\_OP20
- EV\_OP20
- EV\_OP20\_X\_PIPE
- EV\_OP20\_VAL\_JL
- EV\_OP20\_CONO\_PZEV
- END

Imagen 2.37 Subrutinas control electroválvulas fixtures. Fuente. elaboración propia

Se crearon 2 nuevas subrutinas para las 2 mesas, llamado EV\_OP10 y EV\_OP20.



Imagen 2.38. Subrutinas nuevas EV (iconos en recuadro rojo). Fuente. elaboración propia

En la celda robótica hay 2 estaciones de soldadora la operación 10 (OP10) donde se montó la mesa 1 y la operación 20 (OP20) donde se montó la mesa 2.

Para la programación de la subrutina EV OP10, se tienen 3 cilindros de doble efecto, en el cual cada cilindro controlado por una electroválvula 5/2 con doble pilotaje por bobina de 24VDC.

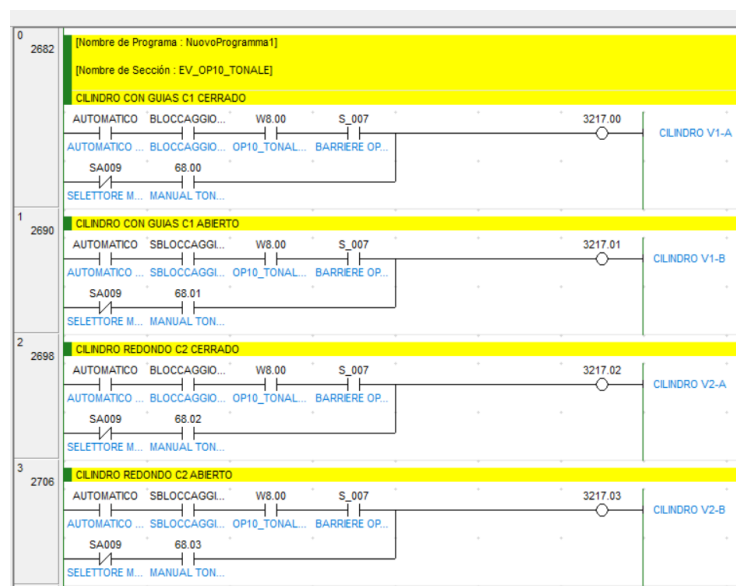


Imagen 2.39. Subrutina EV OP10. Fuente. elaboración propia

Para la programación de la subrutina EV OP20, se tienen 2 cilindros de doble efecto, en el cual cada cilindro controlado por una electroválvula 5/2 con doble pilotaje de bobina de 24VDC.

En ambas subrutinas EV OP10 y EV OP20 tienen un contacto N.A con un alias BLOCCAGGIO que es permisivo para activar las salidas de cada electroválvula.

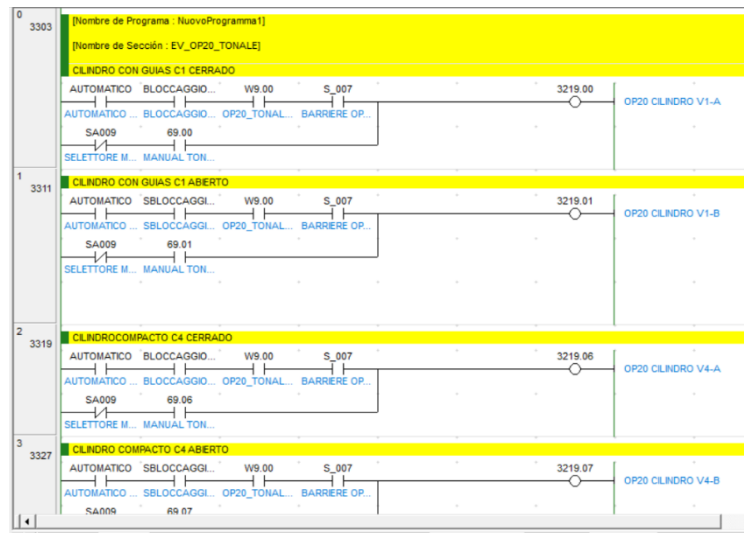


Imagen 2.40. Subrutina EV OP20. Fuente. elaboración propia

Para la **tercera parte**, se creó la lógica para integrar el control de las mesas al control de la celda robótica. En la subrutina AUSILIARI, tiene una lógica para activar marcas de memoria para indicar que el nodo de cada mesa está en comunicación con el PLC

En el renglón 17 de la subrutina AUSILIARI hay un contacto N.A con la dirección W8.0, donde esa memoria indica que hay comunicación entre la mesa 1 con el PLC. De igual manera en la imagen hay un contacto N.A con la dirección W9.0 que corresponde a la comunicación entre la mesa 2 con el PLC

Se activan W8.0 y W9.0, donde la dirección CIO 1610.10 activa W8.0 y la CIO 1610.11 activa W9.0. Donde en el área memoria CIO del PLC la dirección 1609.00 a la 1616.15 son los bits de comunicación con los nodos en la red Profibus DP.

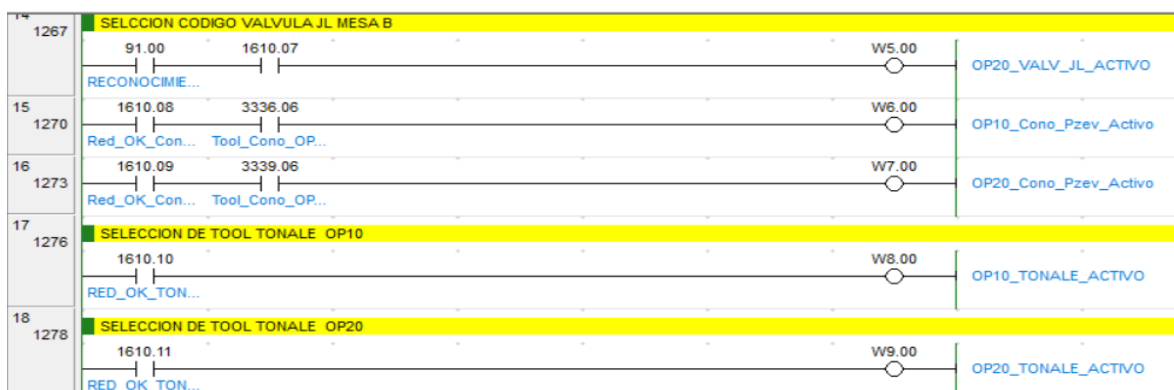


Imagen 2.41. Subrutina AUSILIARI. Fuente. elaboración propia

En el programa hay 2 subrutinas llamadas BLOCCAGGIO OP10 y OP20 donde su función es activar y desactivar las electroválvulas para que accionen los cilindros de los fixtures para que sujeten o suelten las piezas colocadas en las mesas.

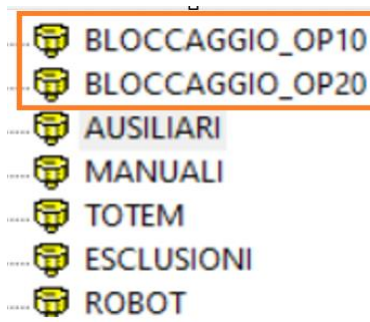


Imagen 2.42. Subrutinas BLOCCAGGIO OP10 y OP20 (iconos en recuadro rojo). Fuente. elaboración propia

En la subrutina BLOCCAGGIO OP10 en el renglón 0, para que se active ese enclavamiento de BLOCCAGGIO, pide las partes presentes, que la secuencia de la máquina esté en paso 0 y el operador oprima el botón de ciclo. Una vez presionado el botón de ciclo, la secuencia de la máquina pasa a 1 donde se activa el BLOCCAGGIO, activará las electroválvulas, donde se accionan los cilindros de los clamps de los fixtures, sujetando la pieza para que después la cortina de seguridad se cierre y entre el robot a soldar la pieza.

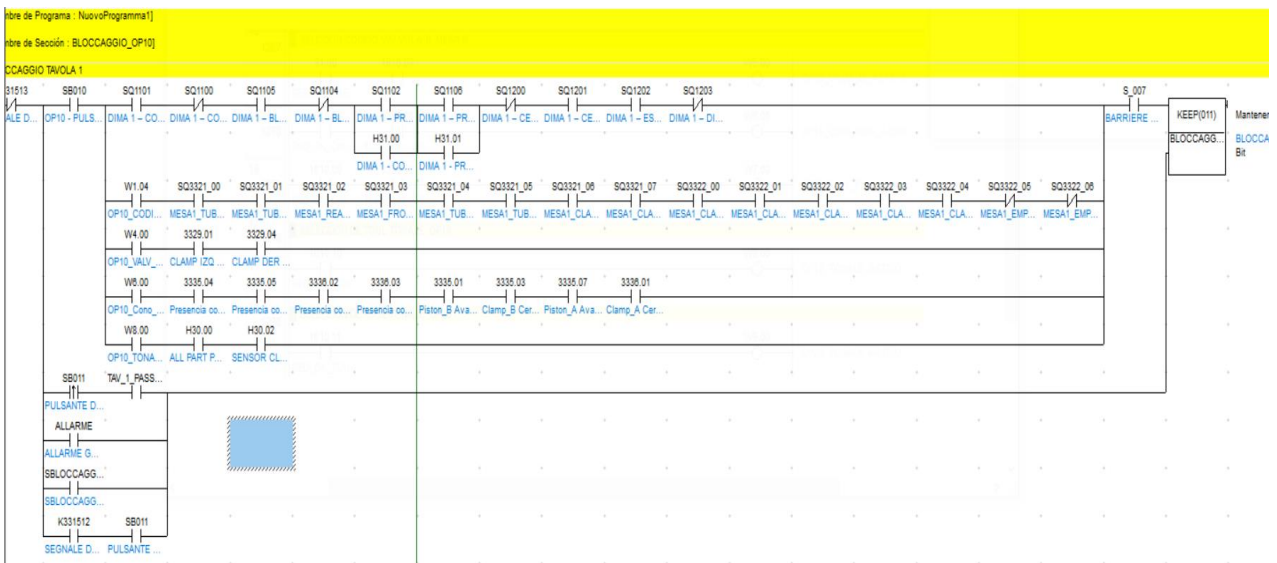


Imagen 2.43. Subrutina BLOCCAGGIO OP10. Fuente. elaboración propia

Para la mesa 1 de la OP10 en la subrutina BLOGCAGGIO OP10 en el renglón 1 se agrega un nuevo renglón en el Ladder donde están 3 contactos N.A en serie donde sus direcciones son W8.0, H30.00 y H30.02.

Para la mesa 2 de la OP20 en la subrutina BLOGCAGGIO OP20 en el renglón 1 se agrega un nuevo renglón en el Ladder donde están 3 contactos N.A en serie donde sus direcciones son W9.0, H3.01 y H30.03.

En el árbol del proyecto hay 2 subrutinas llamadas Ciclo OP10 y Ciclo OP20, donde realiza la secuencia de los pasos de ambas mesas de la celda.



Imagen 2.44. Subrutinas ciclo op10 y op20 (iconos en recuadro rojo). Fuente. elaboración propia

En la subrutina de Ciclo OP10 en el renglón 0, tiene la descripción de Paso 00, se realizo un nuevo renglon donde se colocan los contactos N.A con la direccion W8.00,H30.00 y H30.02.

De igual manera en la subrutina Ciclo OP20 en el renglon 0, se realizó un nuevo renglón donde se colocan los contactos N.A con la dirección W9.00, H30.01 y H30.03.

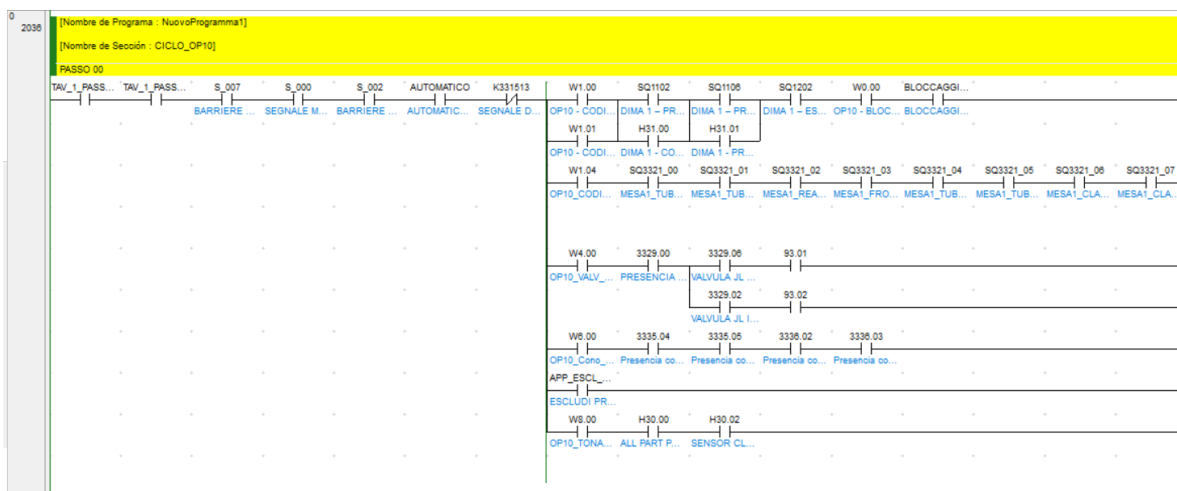


Imagen 2.45. Subrutinas Ciclo op10. Fuente. elaboración propia

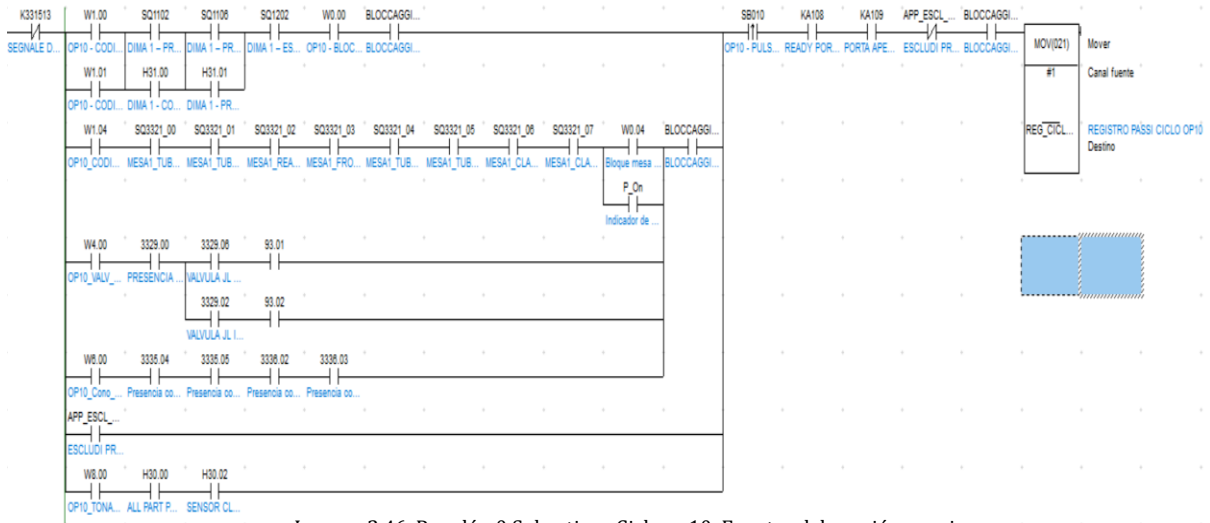


Imagen 2.46. Renglón 0 Subrutinas Ciclo op10. Fuente. elaboración propia

Para la parte de desbloquear las piezas en la subrutina BLOCCAGGIO OP10 y OP20, renglón 1, está la activación de la memoria con alias SBLOCCAGGIO, el cual activa todas las electroválvulas para que los cilindros liberen la pieza y así el operador pueda recogerla.

Para que se active el SBLOCCAGGIO de la OP10 requiere que el paso de la secuencia del ciclo automático esté en 7. Y Para que desactive SBLOCCAGGIO la secuencia de la máquina debe de estar en el paso 8.

Donde la memoria de la variable SBLOCCAGGIO TAVOLA 1 es 45.03.

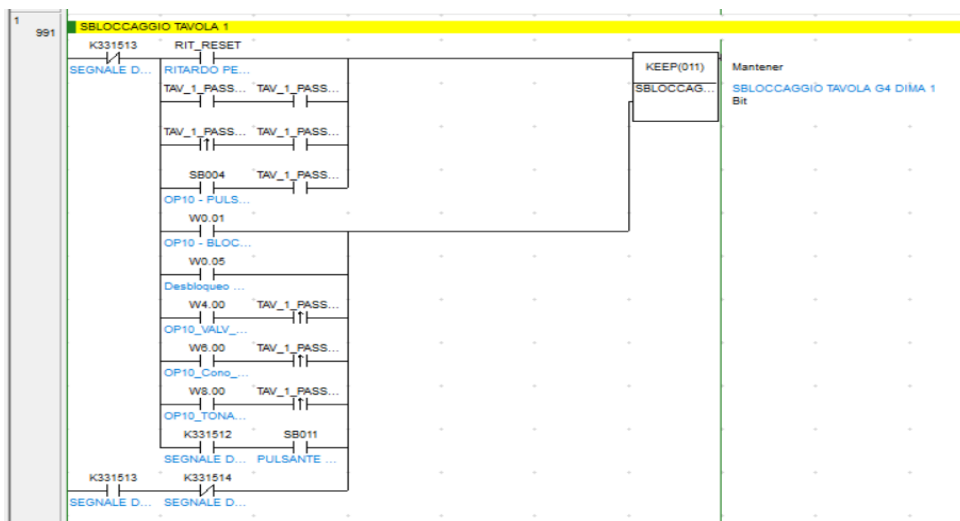


Imagen 2.47. Memoria SBLOCCAGGIO. Fuente. elaboración propia



En la subrutina EV OP10 donde activan las salidas para que se accionen los cilindros, se realiza la lógica para que cuando esté activo el SBLOCCAGGIO accione el cilindro que permita soltar la pieza.

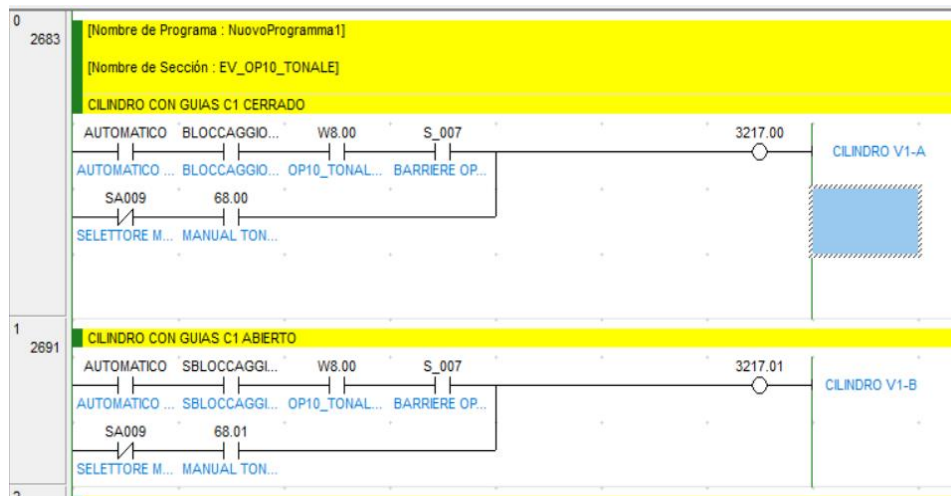


Imagen 2.48. Subrutina EV\_OP10. Fuente. elaboración propia

Una vez realizo todas las modificaciones en la lógica del PLC, se descarga el programa al PLC.

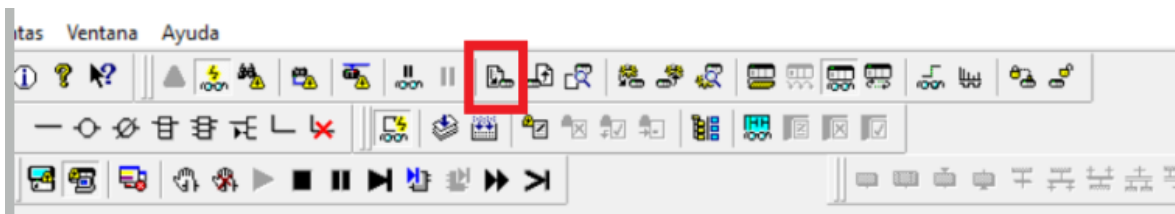


Imagen 2.49. Descarga programa al PLC. (Icono en recuadro rojo). Fuente. elaboración propia

### g) Diseño HMI

Para el diseño de la HMI se realizaron 2 pantallas, Layout de Mesa 1, Mesa 2. Para ayuda visual del operador cuando una vez que esté cargando de componentes en cada mesa para iniciar el ciclo automático, pueda revisar si algún componente le faltó colocar, si un sensor se dañó. o que haya colocado mal el componente y un sensor de presencia no detectó.

Se consultó la referencia bibliográfica [13] para el diseño de la HMI.

Para el diseño de HMI se usó el software de Omron NB Designer.



Imagen 2.50. Software diseño pantallas HMI Series NB. [14]

Donde el equipo de mantenimiento de planta proporcionó el respaldo de la HMI de la máquina.

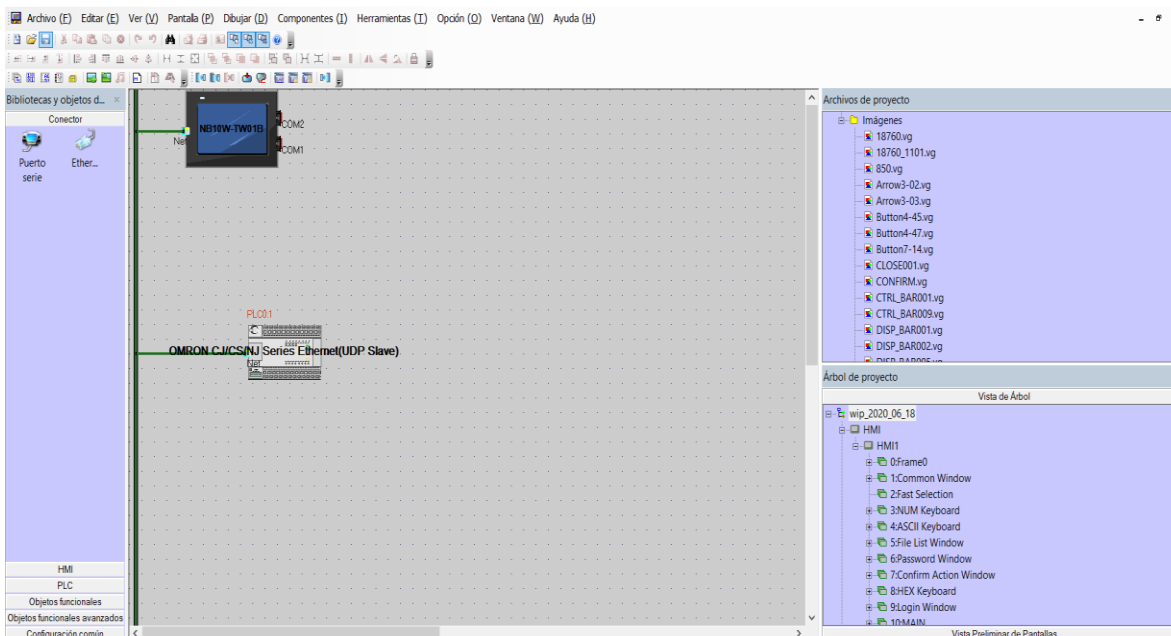


Imagen 2.51. Vista inicial NB Designer. Fuente. elaboración propia

Para el Layout de cada mesa, se utilizaron los dibujos CAD que proporcionó el departamento de proyectos de planta.

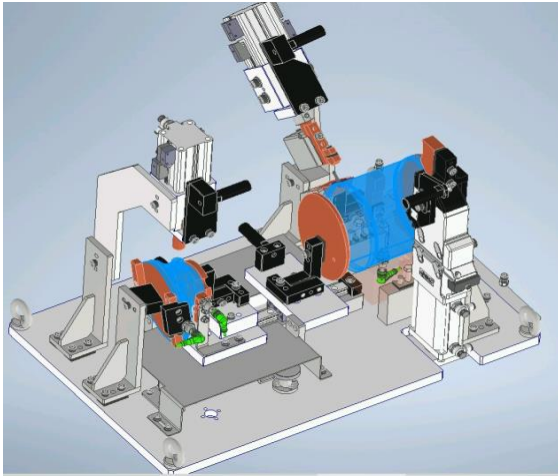


Imagen 2.52. Dibujo Fixture Mesa 1 Fuente. elaboración propia

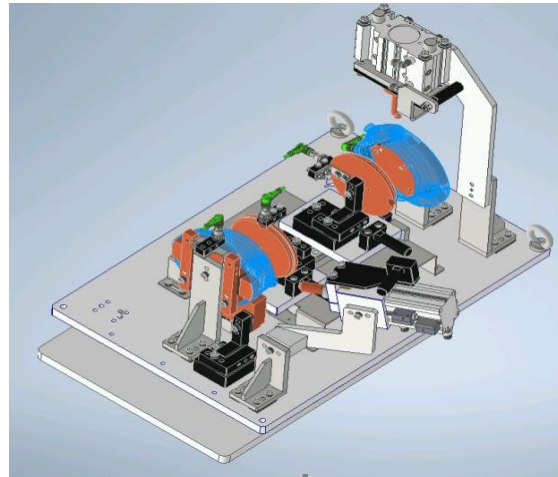


Imagen 2.53. Dibujo Fixture Mesa 2. Fuente. elaboración propia

Se creó la primera pantalla para la mesa 1, donde en la parte del árbol de proyecto, están todas las pantallas del proyecto.



Imagen 2.54. Árbol de proyecto NB Designer. Fuente. elaboración propia

En el ícono que dice HMI en el árbol de proyecto se da clic derecho , y sale la opción de añadir pantalla.

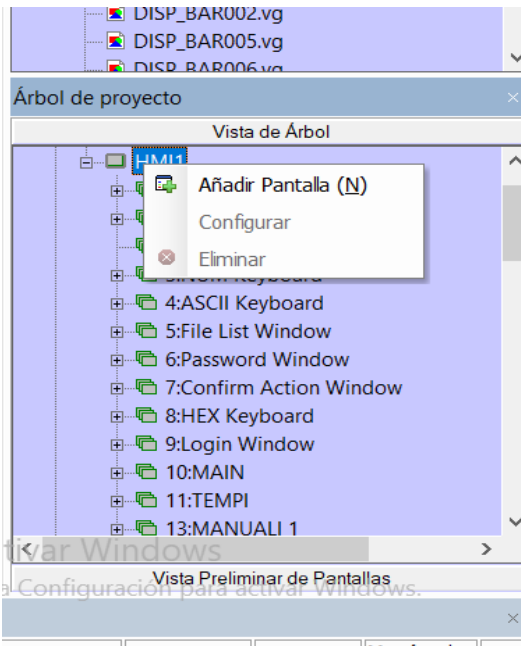


Imagen 2.55. Árbol de proyecto.  
Fuente. elaboración propia



Imagen 2.56. Agregar pantalla nueva. Fuente. elaboración propia

Se crea la imagen vacía, y en el árbol de proyecto se agrega la nueva pantalla.

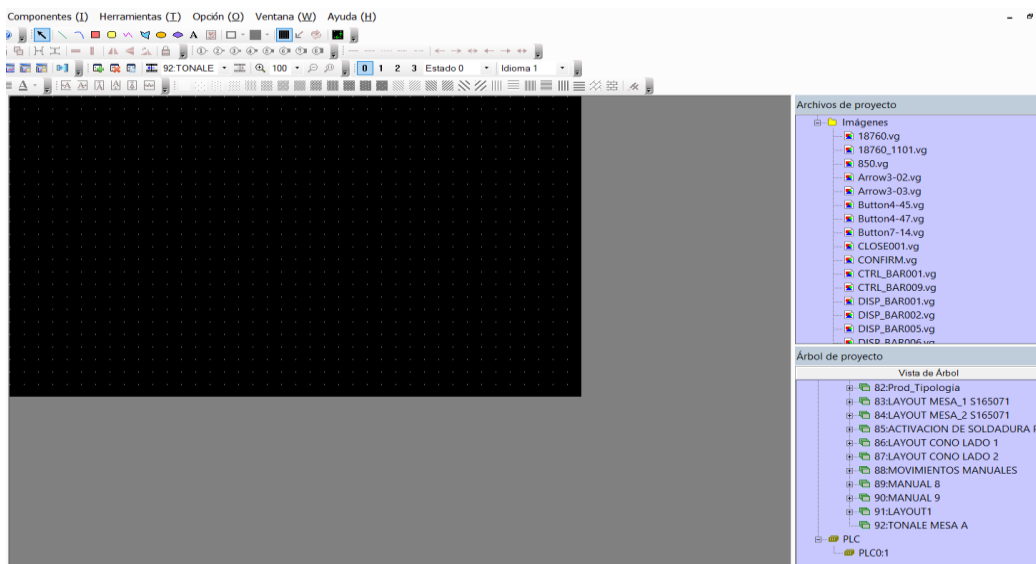


Imagen 2.57. Pantalla nueva mesa 1. Fuente. elaboración propia

Una vez creado la pantalla, se importa la imagen de la mesa 1.

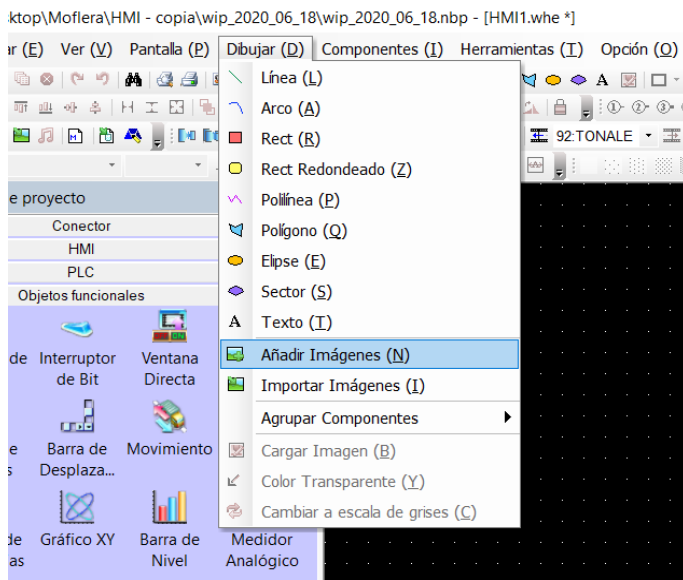


Imagen 2.58. Añadir imagen. Fuente. elaboración propia

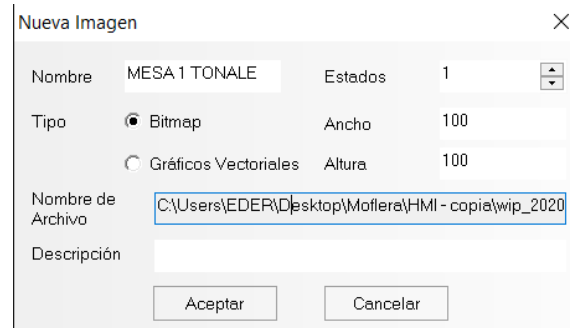


Imagen 2.59. Nombre de imagen. Fuente. elaboración propia

Una vez creada la imagen en formato Bitmap, nos manda a una pantalla, donde creó el formato bitmap, en la opción de carga imagen se da clic para importar la imagen.

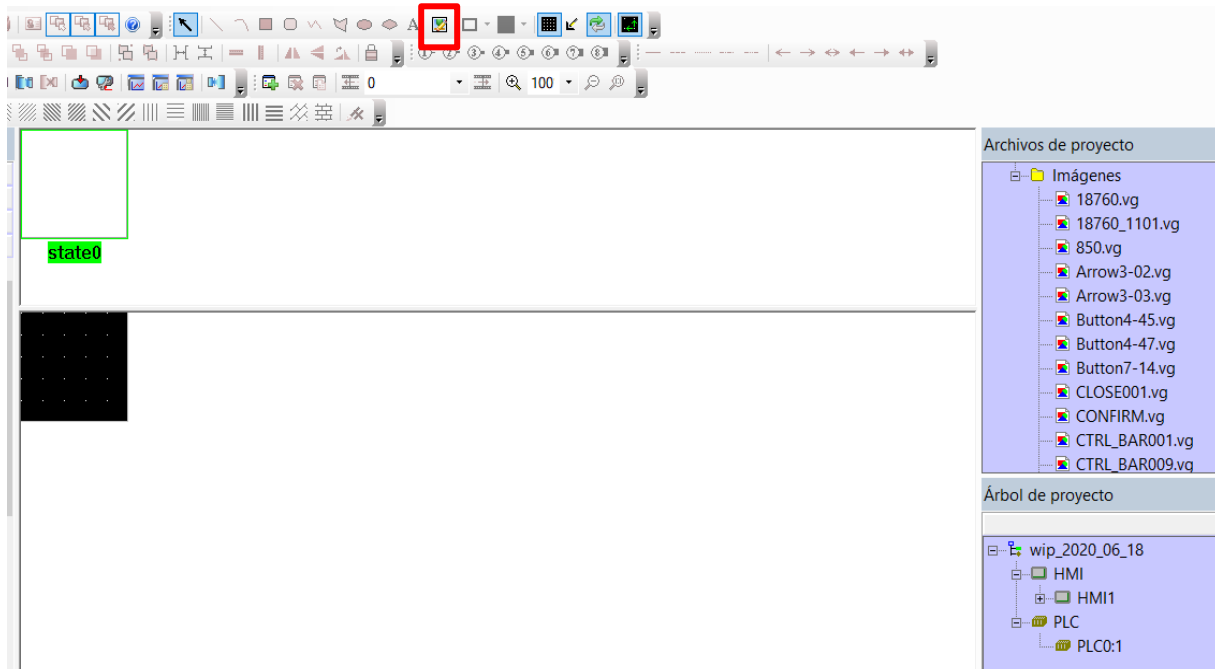


Imagen 2.60. Importar imagen fuente Bitmap (icono en recuadro rojo). Fuente. elaboración propia

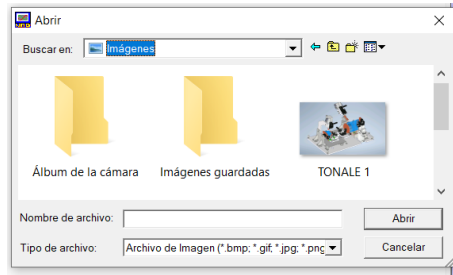


Imagen 2.61. Nueva imagen. Fuente. elaboración propia

Una vez seleccionada la imagen, quedó almacenado la nueva imagen, para agregarla a la pantalla, en la parte izquierda en objetos funcionales avanzados en bibliotecas y objetos de proyecto, se selecciona la opción de Bitmap y se arrastra hacia la pantalla vacía.

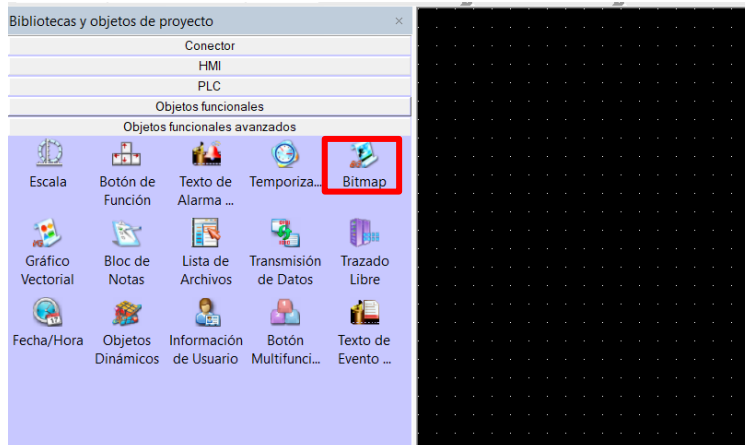


Imagen 2.62. Parte izquierda biblioteca y objetos (icono en recuadro rojo). Fuente. elaboración propia

Se selecciona la imagen que se importó y se ajusta el tamaño.

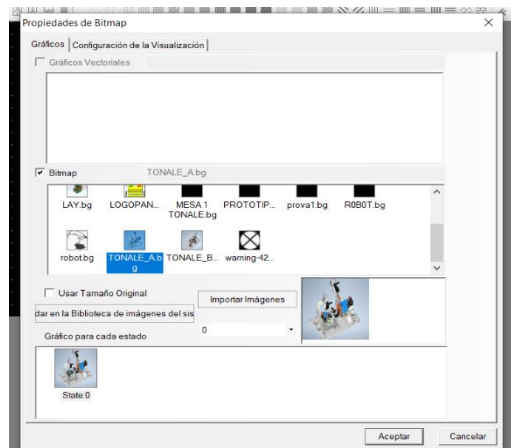


Imagen 2.63. Seleccionar bitmap. Fuente. elaboración propia



Ya que la imagen aparezca en la pantalla ajustamos de tal manera que abarque toda la pantalla.

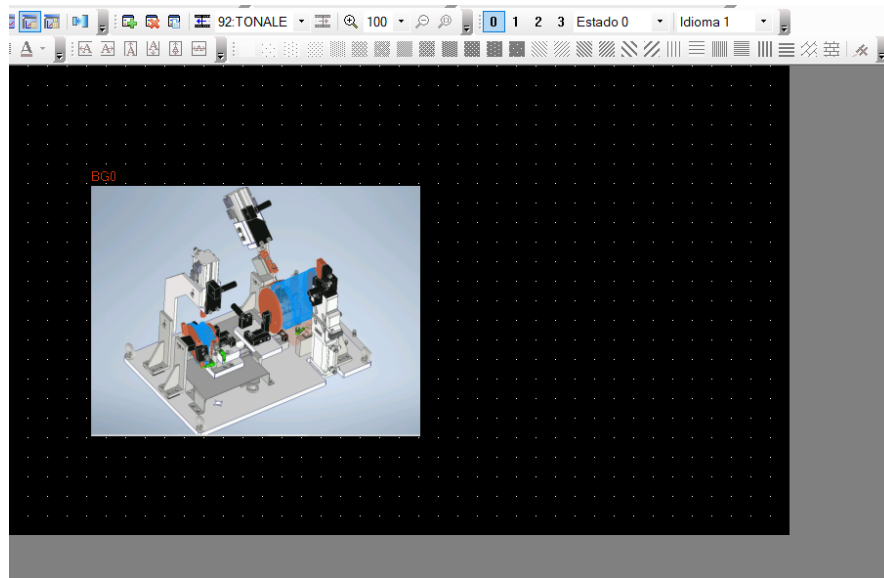


Imagen 2.64. Imagen en pantalla sin ajustar tamaño. Fuente. elaboración propia

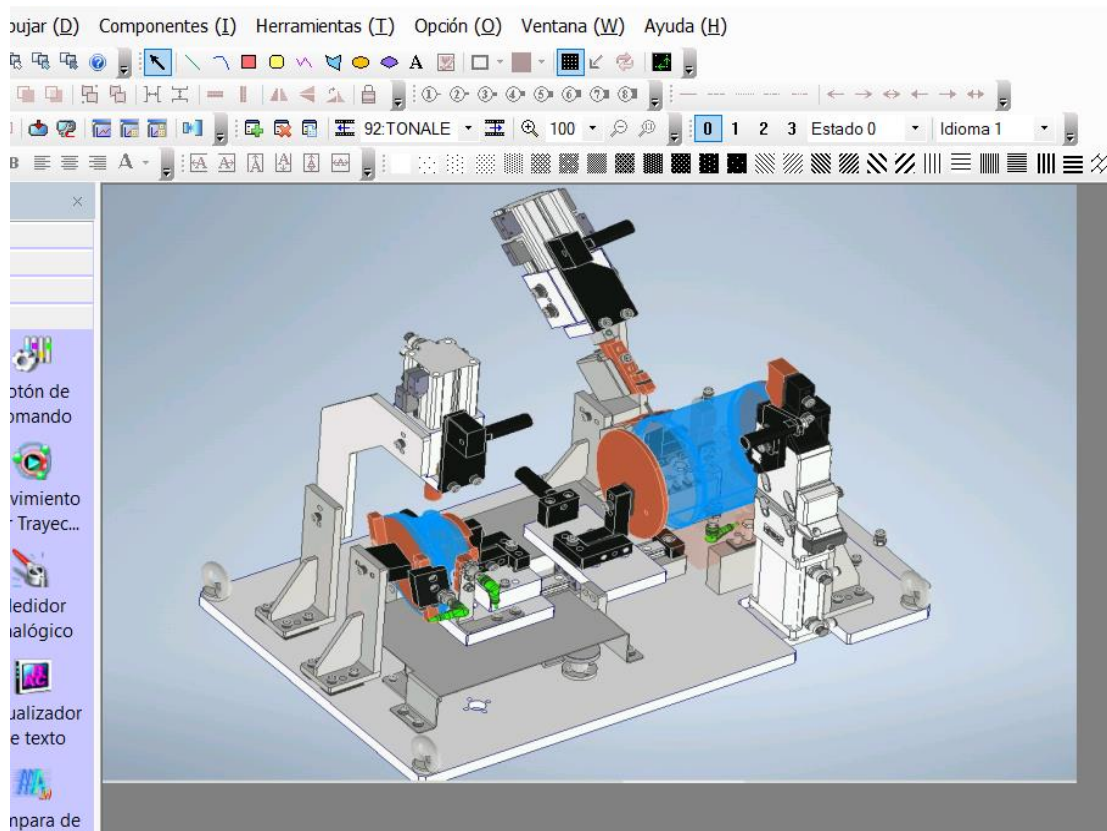


Imagen 2.65. Imagen 1 fondo de pantalla. Fuente. elaboración propia

Para el layout de la mesa 1 se colocó título y se copian y pegan de una pantalla los botones de navegación donde manden al operador a la pantalla principal o a la pantalla del layout de la mesa 2.

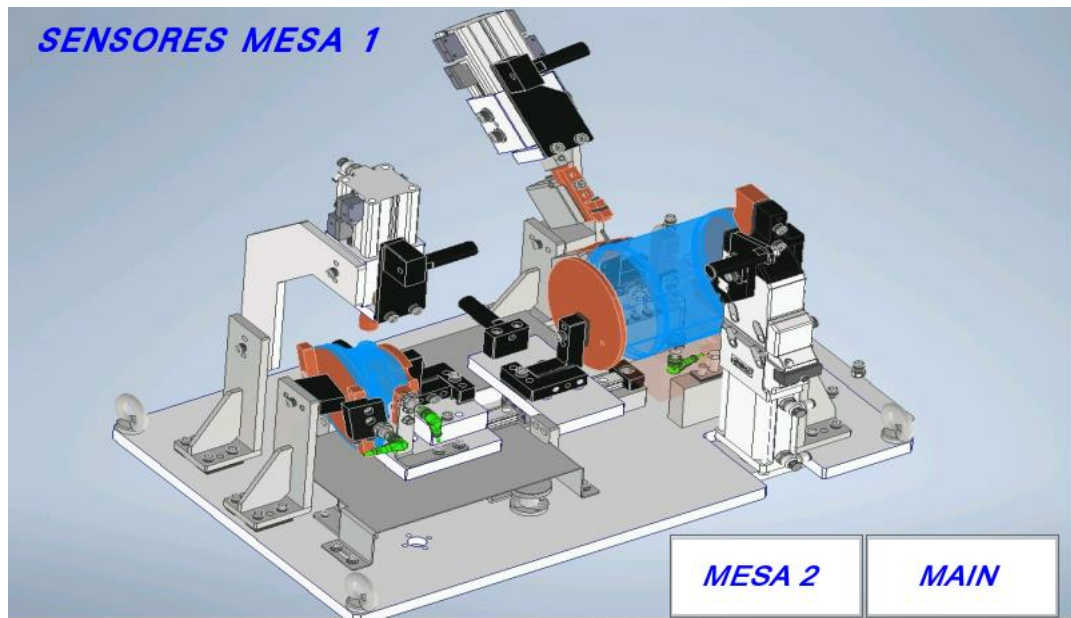


Imagen 2.66. Layout mesa 1 sin indicadores de sensores. Fuente. elaboración propia

Después se coloca el primer indicador con la dirección del PLC que esté asignado a un sensor de presencia. En la barra de herramientas de la parte de superior del proyecto, en la opción de componentes se selecciona Botón/Interruptor, y se selecciona interruptor de bit.

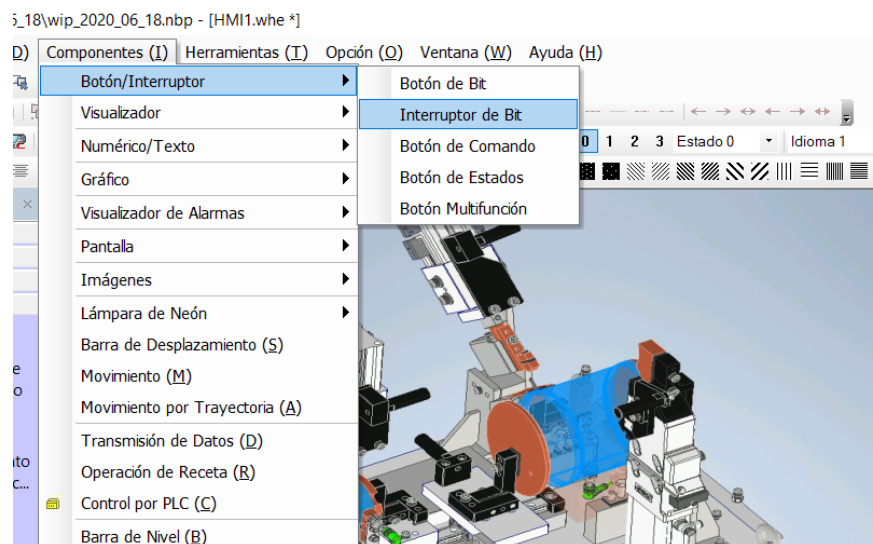


Imagen 2.67. Seleccionar interruptor de bit. Fuente. elaboración propia

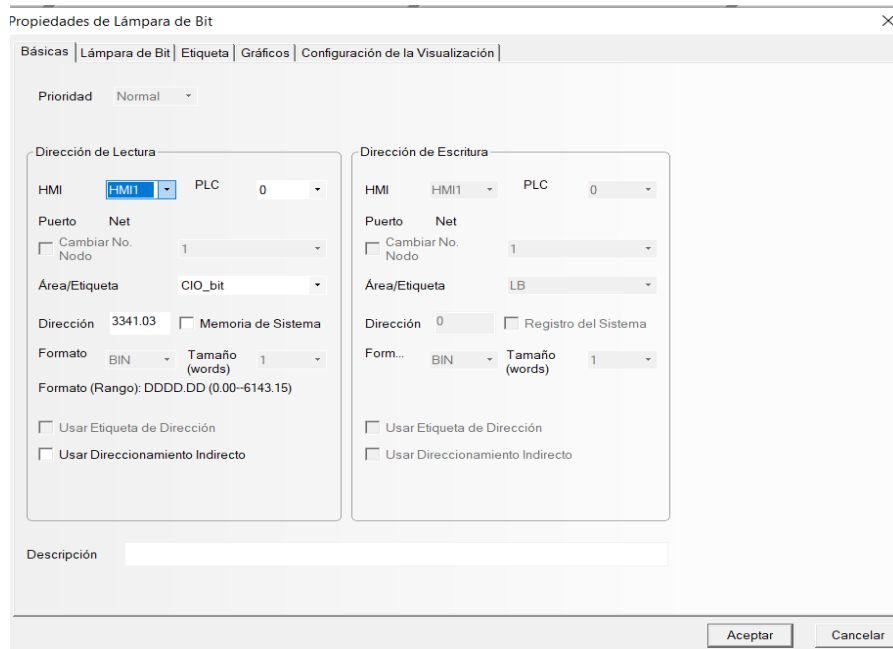


Imagen 2.68. Propiedades de la lámpara de bit. Fuente. elaboración propia

En las propiedades básicas de lámpara de bit, en la parte de área/etiqueta se selecciona la opción CIO\_Bit ya que la memoria llamada CIO, se refiere a todas las señales de entradas y salidas del PLC. En la parte de dirección se coloca la dirección de la señal del sensor asignada a la memoria del PLC que en este caso es la 3341.03.

En la parte de gráficos de las propiedades de lámpara de bit, se configura la parte visual del indicador, en este caso se selecciona lámpara roja cuando el estado esté en 0 y lámpara verde cuando esté en verde.

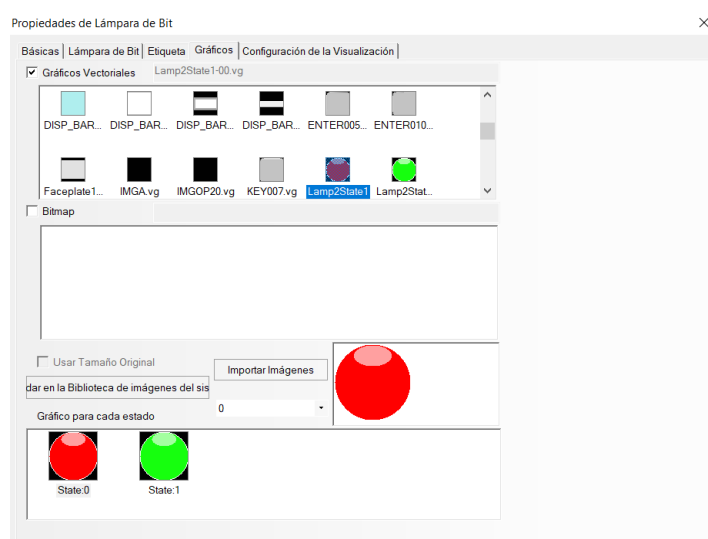


Imagen 2.69. Propiedades de la lámpara de bit cambio de 0 a 1. Fuente. elaboración propia

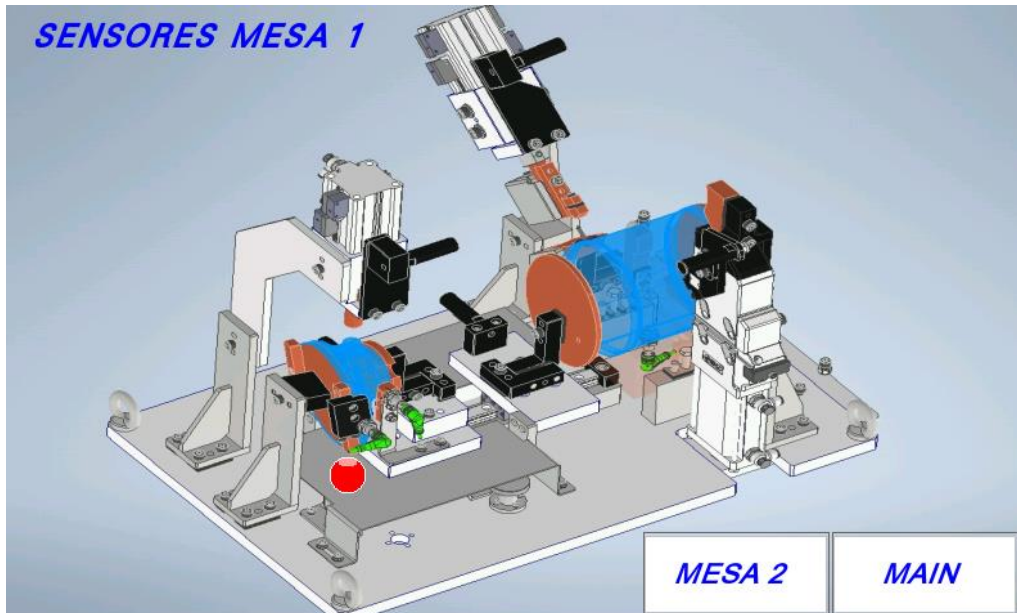


Imagen 2.70. Primer indicador de lámpara de bit. Fuente. elaboración propia

Se realiza el mismo procedimiento de lámpara de bit para todas las señales involucradas en la mesa 1 y se acomodan los indicadores en las partes donde están físicamente los sensores.

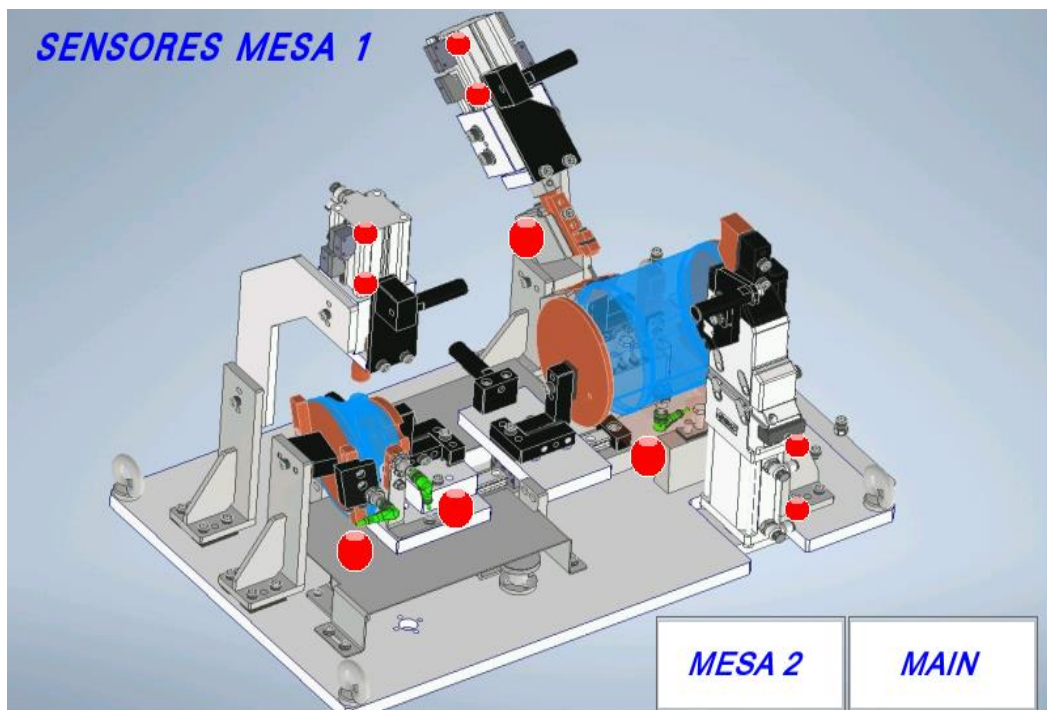


Imagen 2.71. Layout con indicadores de sensores. Fuente. elaboración propia



Para finalizar se colocan leyendas en cada indicador, con su respectivo nombre.

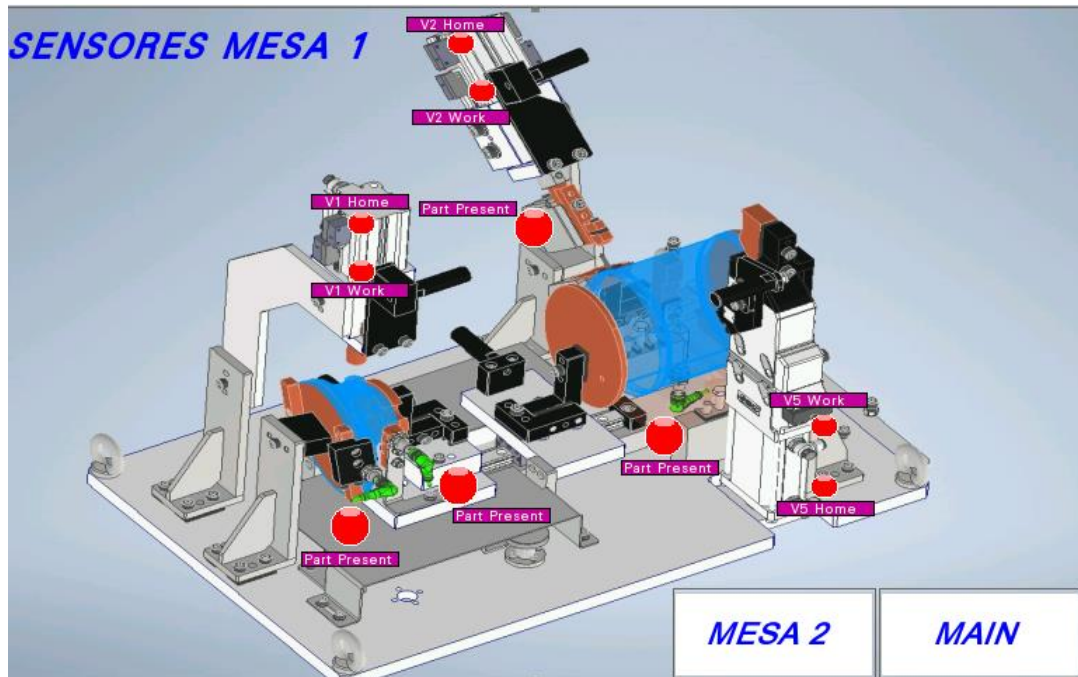


Imagen 2.72. Layout completo mesa 1. Fuente. elaboración propia

Para la mesa 2 se repite lo mismo, desde crear la nueva pantalla y agregar los indicadores de sensores con sus leyendas.

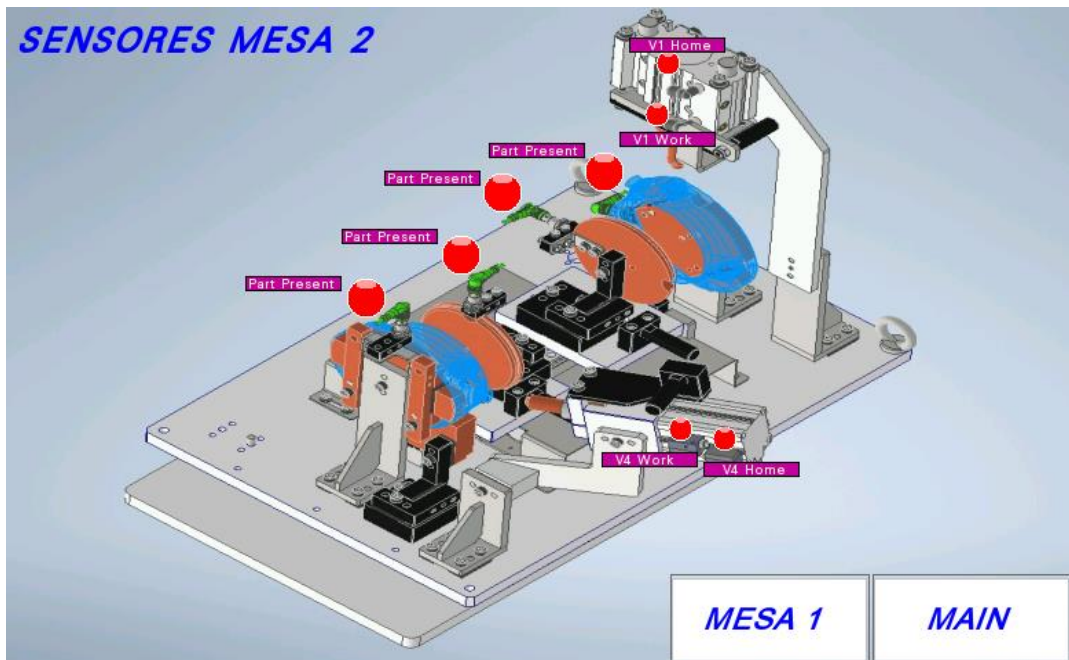


Imagen 2.73. Layout completo mesa 2. Fuente. elaboración propia

Por último, se agregaron indicadores de cada nodo Profibus de la mesa 1 y 2 del Tonale, para que sea más rápido ver si la red Profibus está en falla crítica, así monitoreando cada nodo de la red de la máquina.

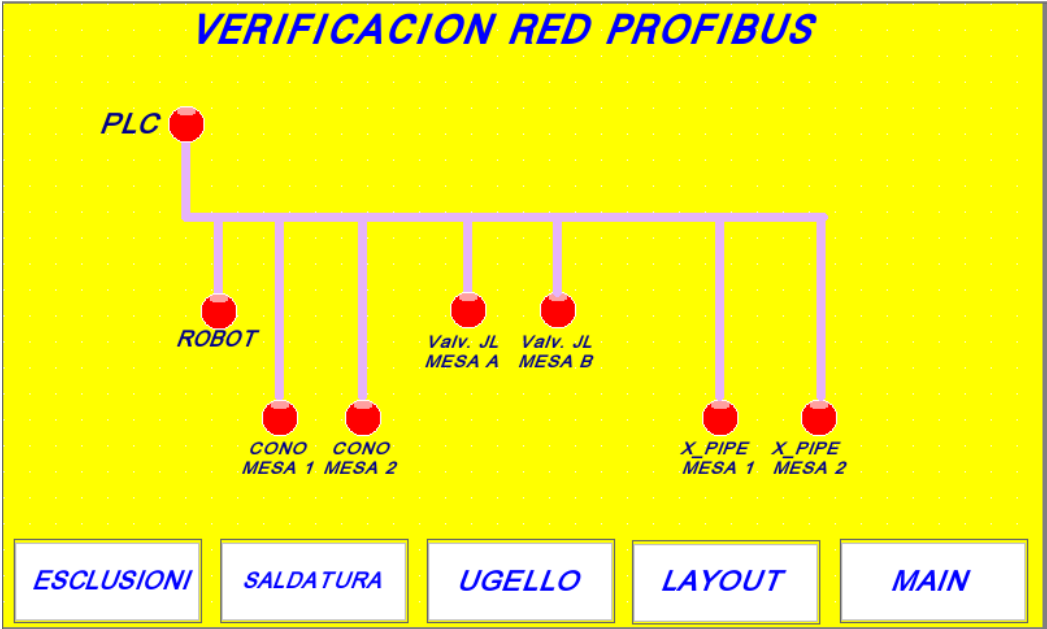


Imagen 2.74. Pantalla 30 verificación de red profibus antes. Fuente. elaboración propia

Para la mesa 1 la dirección es la W8.0 y para la mesa 2 la W9.0. Se agregan dos lámparas de bit por cada dirección con el procedimiento anterior.

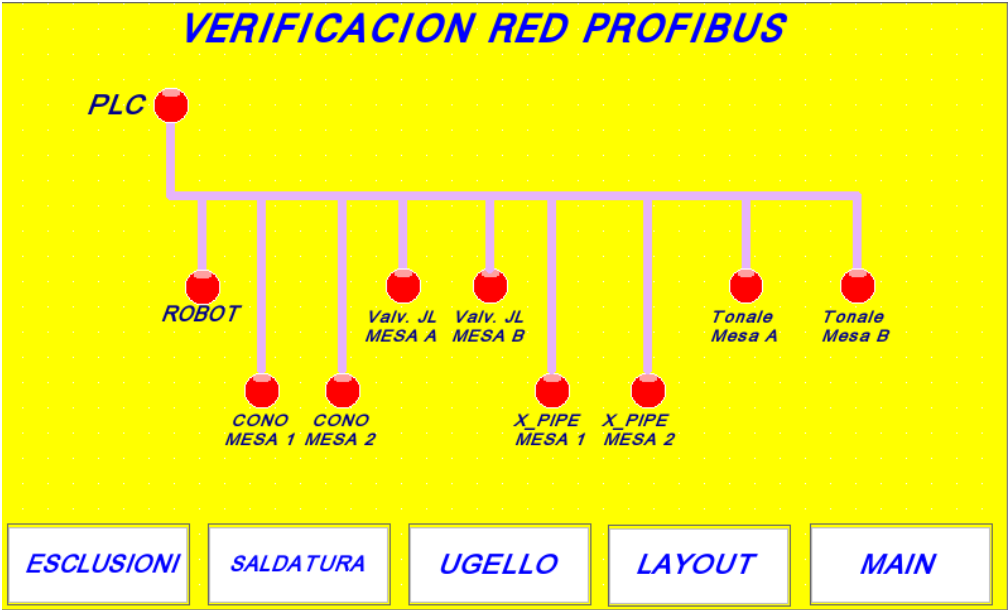


Imagen 2.75. Pantalla 30 verificación de red profibus con tonale. Fuente. elaboración propia



Se procede a compilar y transferir el proyecto con las nuevas pantallas a la HMI.

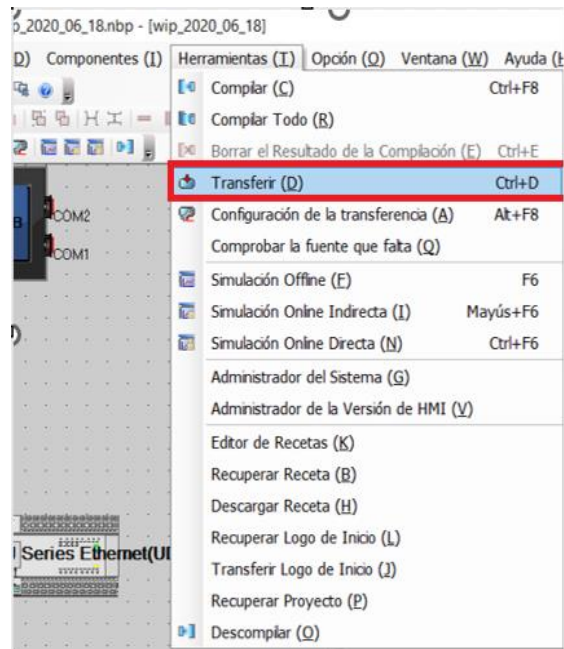


Imagen 2.76. Transferir proyecto a HMI (icono en recuadro rojo). Fuente. elaboración propia

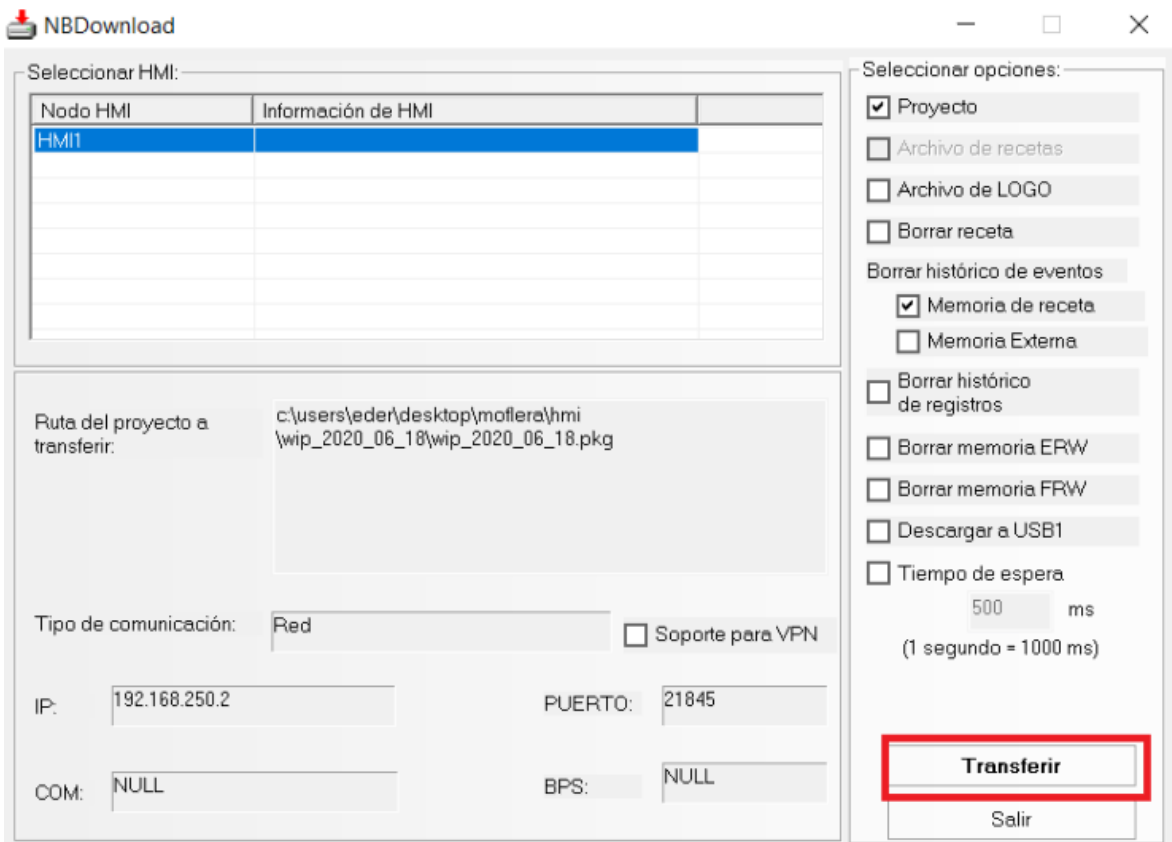


Imagen 2.77. Transferir proyecto a HMI con su dirección IP (icono en recuadro rojo). Fuente. elaboración propia

Se finaliza la carga del proyecto al HMI. (Ver imagen 2.78 y 2.79)



Imagen 2.78. Layout Mesa 1. Fuente. elaboración propia



Imagen 2.79. Layout Mesa 2. Fuente. elaboración propia

## **2.4 Resultados**

La integración de los fixtures fue todo un éxito, con el fin de que planta no gaste más capital manufacturando las piezas con un tercero, así ahorrándoles 400 USD por pieza soldada.

### **III. Proyecto: Integración de sistema de seguridad para bobinadora de papel cartón**

#### **3.1 Antecedentes**

Una empresa dedicada a fabricar papel cartón donde reprocesa todo el papel reciclado, la máquina para terminar este proceso de bobinado no tiene un sistema de seguridad que proteja al operador u operadores en caso de algún atrapamiento on cualquier rodillo y provoque un fatal accidente. El departamento EHS (Environment Health Safety) de la empresa, propuso emplear un sistema de seguridad para poder certificarse en la norma IEC 13849 y NOM-004.

#### **3.2 Objetivo**

Integrar sistema de seguridad para bobinadora de papel cartón que proteja al operador cuando quiera ingresar al interior de la máquina por algún ajuste que requiera el proceso deteniendo los motores.

### 3.3 Desarrollo

La secuencia de trabajo de la máquina es por dos etapas, la primera etapa se llama REEL donde el operador u operadores colocan el cartón en el rodillo del REEL y después lo colocan en el rodillo loco, para que se vaya embobinando el rodillo loco del papel cartón que viene del alimentador.

La segunda etapa se llama bobinadora, donde el operador u operadores, desmontan el rodillo loco con papel cartón embobinado a cierta cantidad de metros y con ayuda de una grúa viajera colocan el rodillo en la entrada de la etapa de la bobinadora, donde el papel cartón pasa por un mecanismo de cuchillas, cuya función es cortar los extremos del papel cartón y dejar los extremos finos como una hoja blanca. Después de bobinar y alcance cierto tamaño, descarguen la bobina de papel cartón a un cucharón donde colocará en el suelo la bobina y así emplear y transportar a almacén las bobinas.

#### a) Máquina bobinadora antes de sistema de seguridad

Se tiene el layout de la máquina de la siguiente forma. (Ver imagen 3.1)

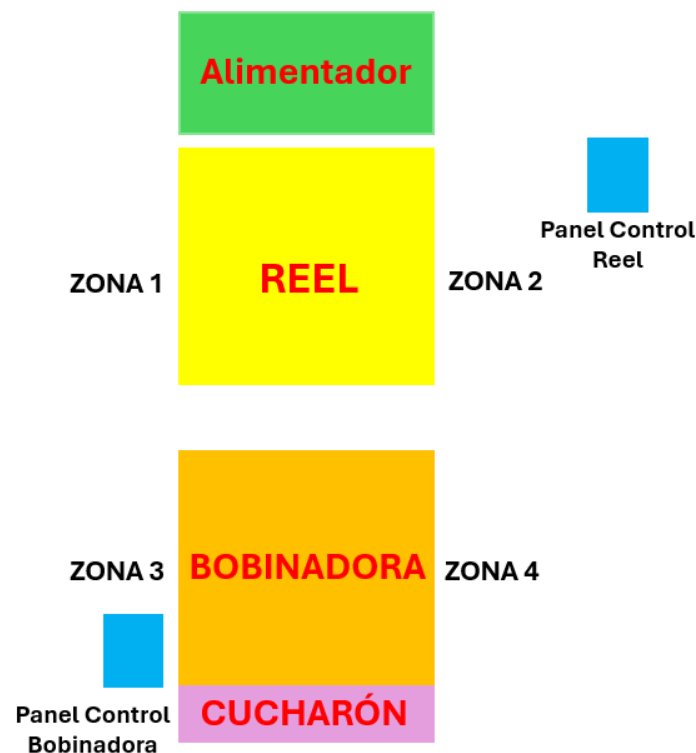


Imagen. 3.1. Layout REEL y BOBINADORA. Fuente. elaboración propia

En la zona 3 y 4 se encuentra el sistema de bobinadora, contiene un cucharón accionado por un sistema hidráulico, su función es bajar o subir la bobina de papel cartón, en la parte trasera del bobinador se encuentran las cuchillas que seccionan el papel cartón para eliminar imperfecciones y que las bobinas salgan de calidad aceptable. (Ver imagen 3.2-3.6, 3.11-3.12).



Imagen 3.2 Zona 4 – Cucharón. Fuente. elaboración propia



Imagen 3.3. Zona 4 Bobinadora. Fuente. elaboración propia



Imagen 3.4. Zona 4 -Cuchillas. Fuente. elaboración propia



Imagen 3.5. Zona 4 -Rodillo Loco. Fuente. elaboración propia



En la zona 1 y 2 se encuentra el sistema REEL su función enrollar el papel cartón virgen, que sale del alimentador. (Ver imagen 3.7-3.10)



Imagen 3.6. Zona 4 -Rodillo Loco. Fuente. elaboración propia

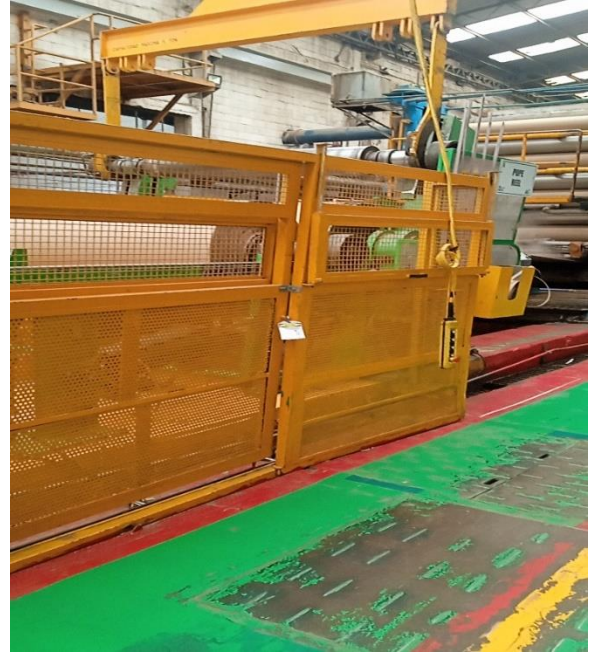


Imagen 3.7. Zona 2 -Rodillo Loco-REEL. Fuente. elaboración propia



Imagen 3.8. Zona 2 -Rodillo Loco-Reel. Fuente. elaboración propia



Imagen 3.9. Zona 2 Alimentador Papel Cartón. Fuente. elaboración propia





Imagen 3.10 Zona 1. Fuente. elaboración propia



Imagen 3.11 Zona 3. Fuente. elaboración propia



Imagen 3.12. Zona 3- Panel Control Bobinadora. Fuente. elaboración propia

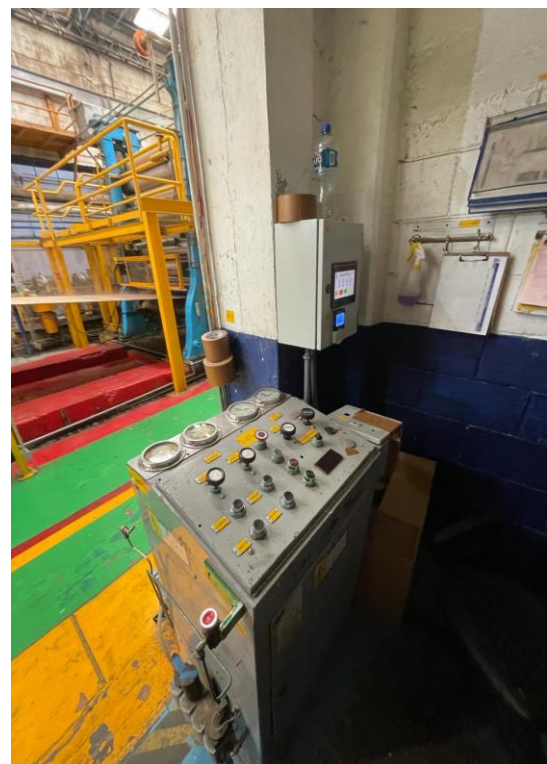


Imagen 3.13 Panel Control Reel -Fuente. elaboración propia

### b) Máquina bobinadora con sistema de seguridad

Se realiza el layout con el sistema de seguridad que se propuso a planta. (Ver imagen 3.14 y 3.15).

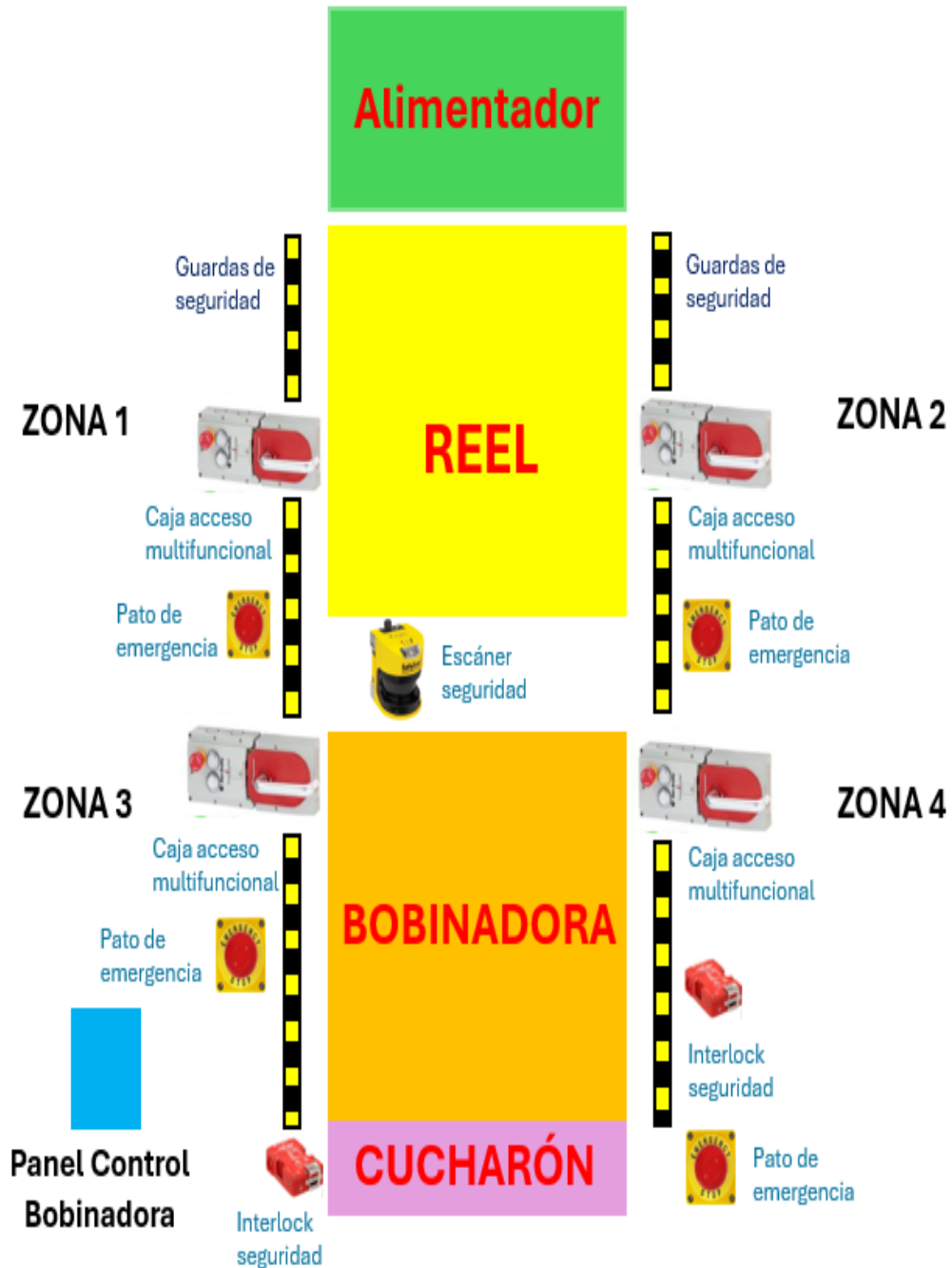


Imagen 3.14. Layout REEL-Bobinadora con sistema de seguridad. Fuente. elaboración propia

Para la integración del sistema de seguridad, se instalaron 3 gabinetes de control, uno para la seguridad de zona 1 y zona 2, el segundo para la zona 3, y el último para la zona 4.

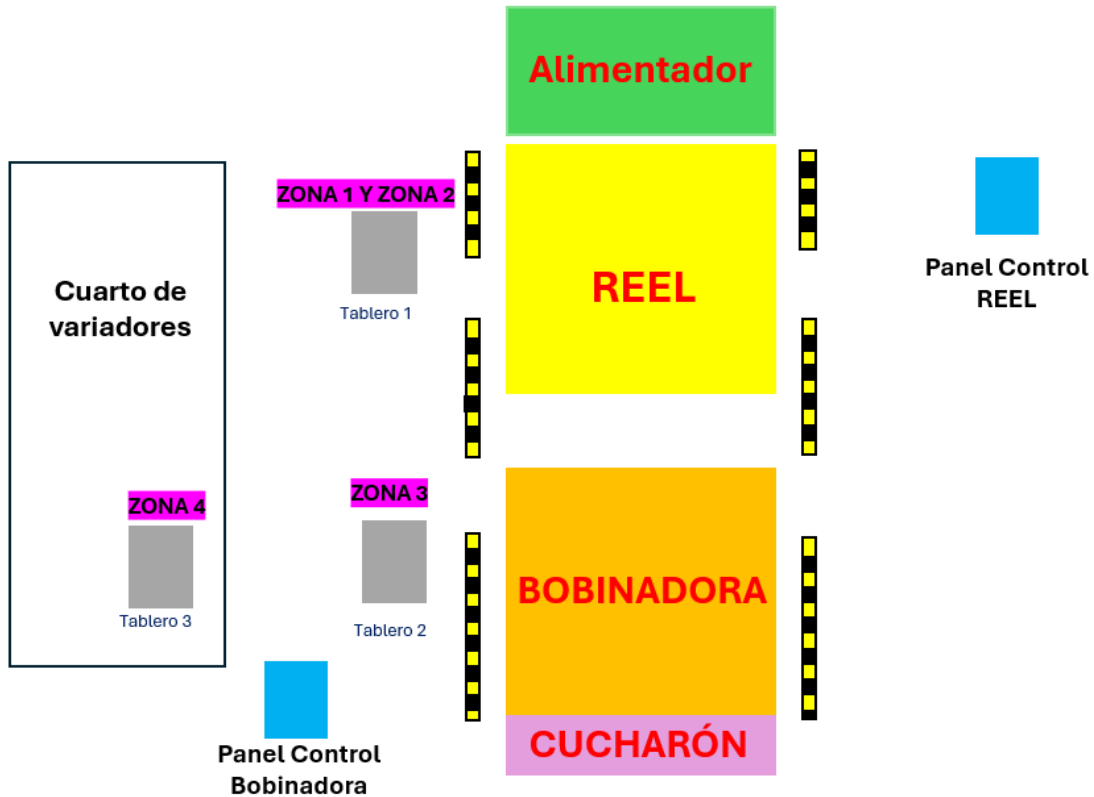


Imagen 3.15. Ubicación de tableros de control de seguridad por zonas. Fuente. elaboración propia

Se realiza el layout de los PLC de seguridad de la marca Omron que ocupará cada tablero de control de seguridad.

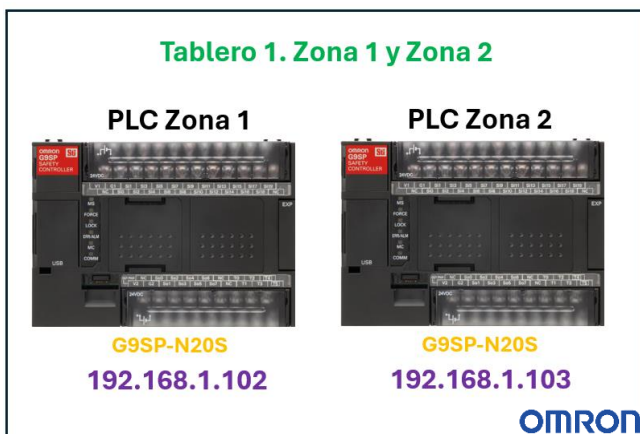


Imagen 3.16. Controladores de Seguridad Tablero 1. Fuente. elaboración propia



Imagen 3.17. Controladores de Seguridad Tablero 2. Fuente. elaboración propia



Imagen 3.18. Controladores de Seguridad Tablero 3. Fuente. elaboración propia

El propósito de que cada controlador de seguridad tenga una dirección IP es porque se creó una red Ethernet/IP con el PLC que controla REEL-Embobinadora, para que envíe cada controlador de seguridad señales por comunicación ethernet, el estado de cada controlador, estados de los interlocks, paros de emergencia, escáner de seguridad y cajas de acceso al PLC principal.

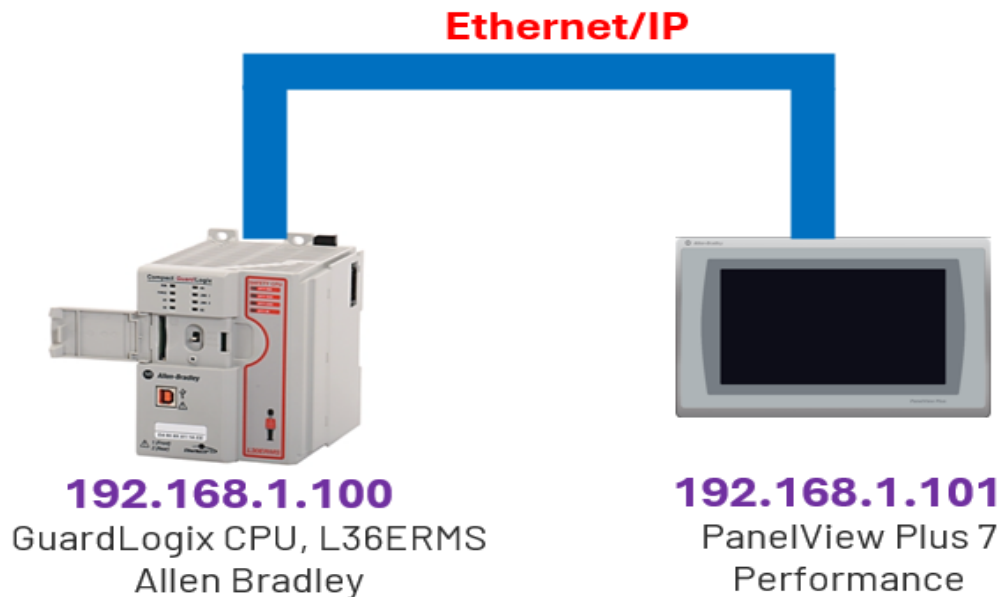


Imagen 3.19. Red Ethernet/ IP antes. Fuente. elaboración propia



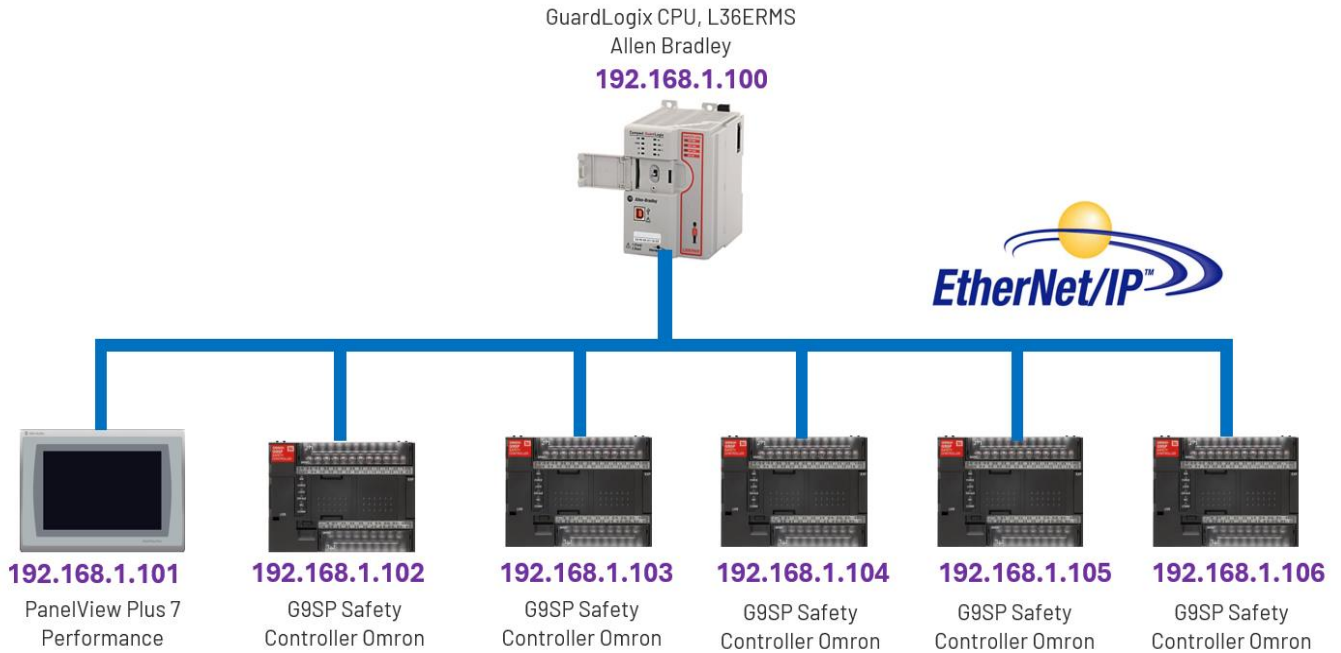


Imagen 3.20. Red Ethernet/ IP con controladores de seguridad Omron. Fuente. elaboración propia

La tarea principal de cada controlador de seguridad es activar y desactivar a través de las salidas digitales los contactores de seguridad, que son los que controlarán la alimentación de los variadores de velocidad de los motores de toda la máquina por zonas.

El tablero 1 que corresponde a la zona 1 y 2 controlarán la conmutación de los contactores de los variadores y motores correspondientes a la zona de Reel.



Imagen 3.21. Motores en REEL (Zona 1 y 2). Fuente. elaboración propia

Se identificaron los motores de Zona 1 y 2. (Ver imagen 3.22 y 3.23).

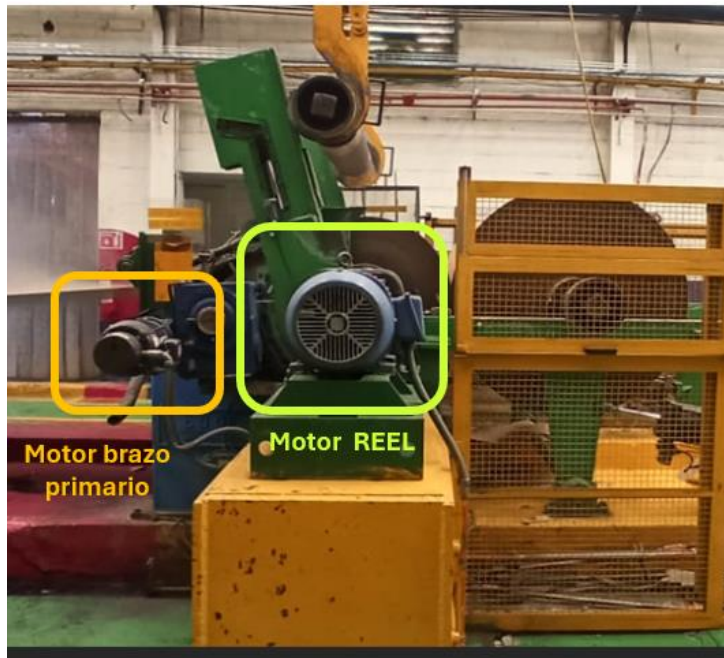


Imagen 3.22. Motores REEL y Brazos primarios Vista Zona 1. Fuente. elaboración propia

El tablero 2 que corresponde a la zona 3, y el tablero 3 que corresponde a la zona 4 controlarán la conmutación de los contactores de los variadores y motores de la zona de embobinado.



Imagen 3.23. Motores en embobinadora (Zona 3 y 4). Fuente. elaboración propia

Se identifican los motores de Zona 3 y 4. (Ver imagen 3.24 y 3.25)



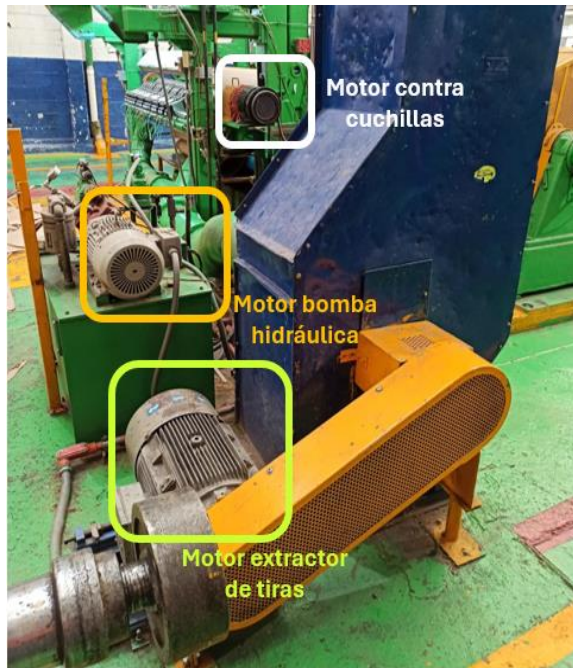


Imagen 3.24. Motores en embobinadora (Zona 3 y 4). Fuente: elaboración propia

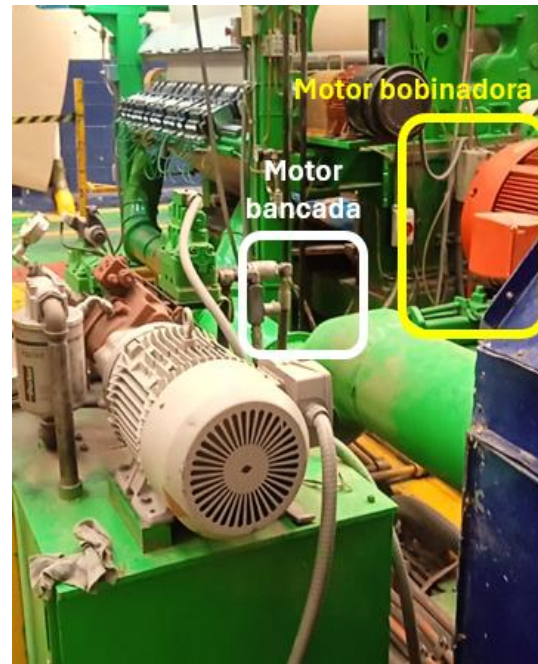


Imagen 3.25. Motores en embobinadora (Zona 3 y 4). Fuente: elaboración propia

### c) Instalación mecánica y eléctrica de sistema de seguridad

Luego se realizó la instalación de las guardas de seguridad, interlocks, paros de emergencia, contactores de seguridad, escáner de seguridad y cajas de acceso multifuncional. (Ver imagen 3.26-3.33)



Imagen 3.26. Guardas de seguridad, interlock, caja de acceso, botonera Interlock de zona 3. Fuente: elaboración propia





Imagen 3.27. Guarda de seguridades, paro de emergencia zona 3.  
Fuente. elaboración propia

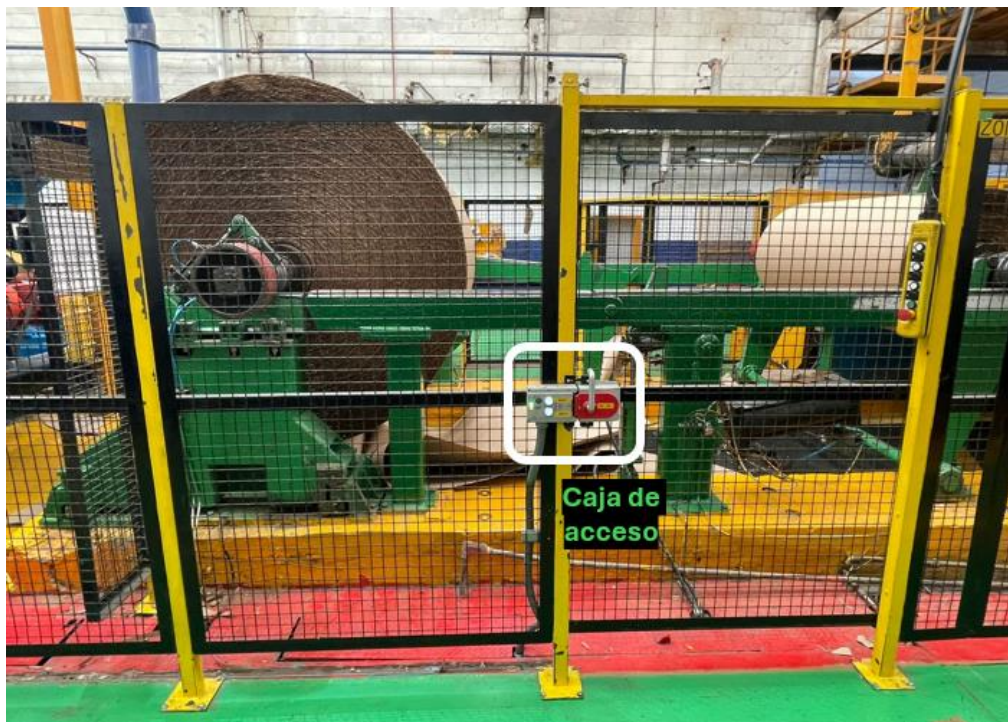


Imagen 3.28. Guarda de seguridades, caja de acceso zona 2. Fuente. elaboración propia





Imagen 3.29. Guarda de seguridades, paro de emergencia alimentador zona 2. Fuente. elaboración propia

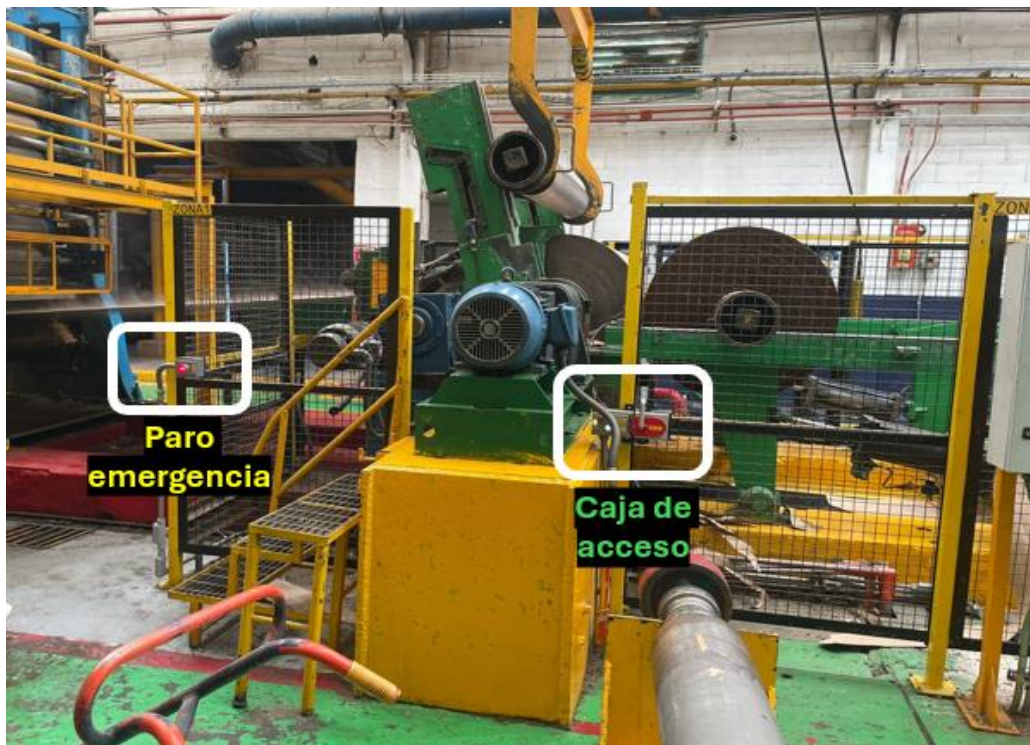


Imagen 3.30. Guarda de seguridades, paro de emergencia, caja de acceso en zona 1. Fuente. elaboración propia



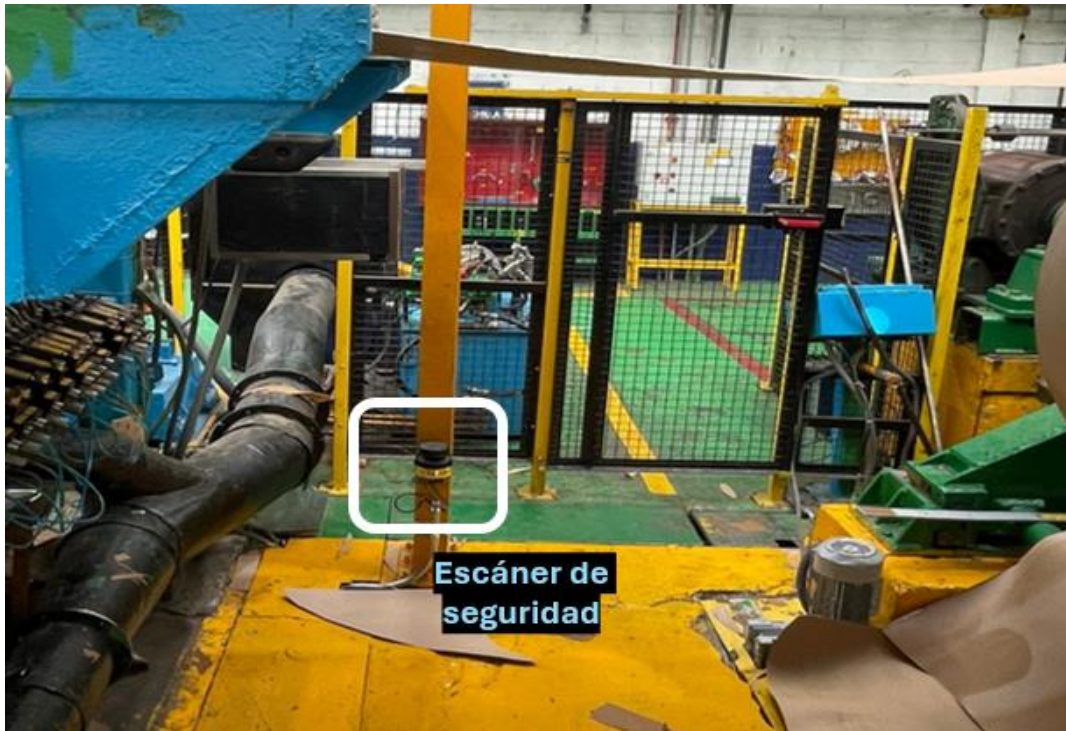


Imagen 3.31. Escáner de seguridad adentro de zona bobinadora (3 y 4). Fuente. elaboración propia

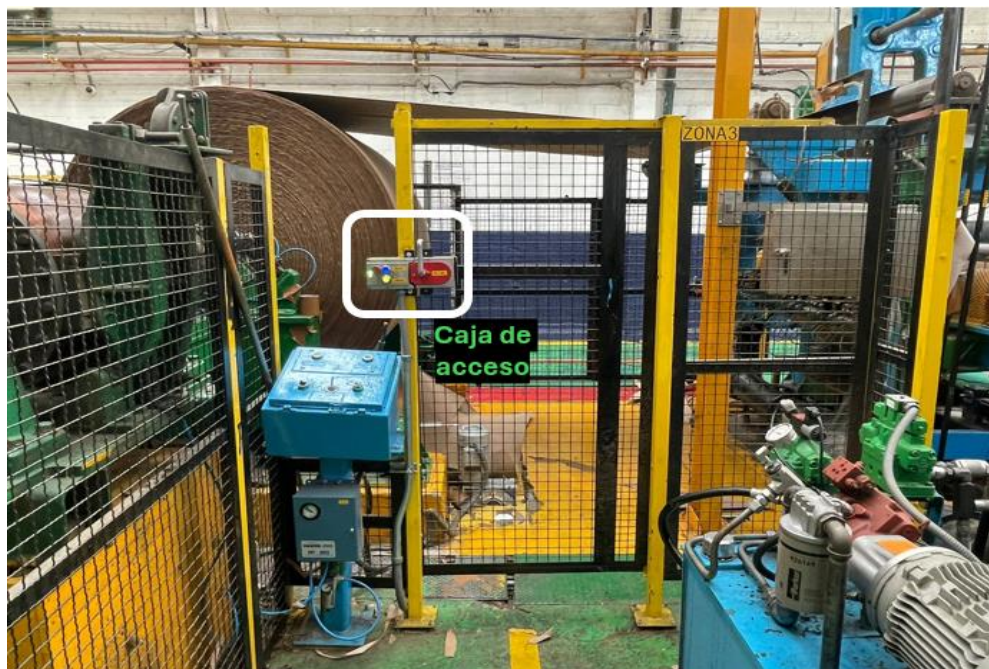


Imagen 3.32. Guarda de seguridades, paro de emergencia, caja de acceso en zona 3. Fuente. elaboración propia



Imagen 3.33. Guarda de seguridades, interlock en zona 3. Fuente. elaboración propia

Se realiza la instalación de los contactores de seguridad. (Ver imagen 3.34- 3.37)



Imagen 3.34. Interruptor Extractor tiras y bomba hidráulica. Fuente. elaboración propia



Imagen 3.35. Variador de velocidad bobinador. Fuente. elaboración propia





Imagen 3.36. Variador velocidad contra cuchillas y extractor de tiras. Fuente. elaboración propia



Imagen 3.37. Variador velocidad contra cuchillas y extractor de tiras. Fuente. elaboración propia

#### d) Instalación mecánica y eléctrica tableros de control

Se realiza la instalación mecánica y eléctrica de los tableros de control de zonas 1, 2, 3 y 4. (Ver imagen 3.38-3.40)



Imagen 3.38. Tablero Zona 1 y 2. Fuente. elaboración propia



Imagen. 3.39. Tablero Zona 3. Fuente. elaboración propia

Se consultó la referencia bibliográfica [15] y [16] para comisionar la caja de acceso multifuncional y el interlock de seguridad.

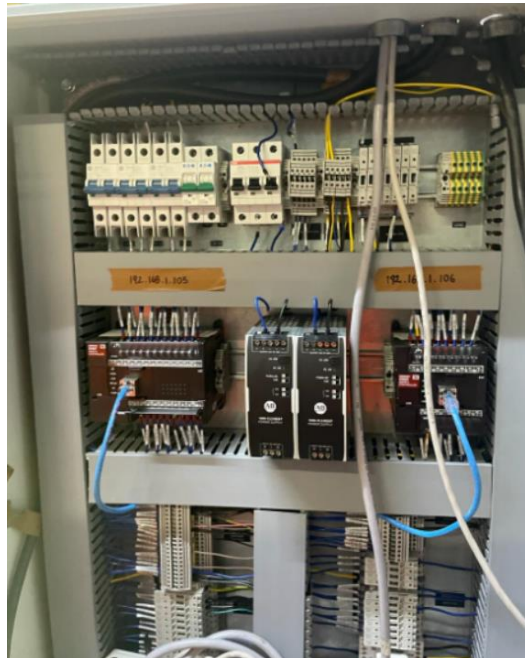


Imagen 3.40. Tablero Zona 4. Fuente. elaboración propia

### e) Principio funcionamiento Paro de emergencia

Los dispositivos de paro de emergencia se utilizan para permitir a cualquier persona detener la máquina si hay alguien en peligro. Consta de un botón forma de hongo tipo interruptor con 1 o 2 contacto(s) normalmente cerrado (N.C). Donde por el contacto N.C circula la corriente eléctrica ya sea alterna o directa, y al oprimir el botón corta la circulación de la corriente.



Imagen 3.41. Cuerpo paro de emergencia. [17]



Imagen 3.42. Paro de emergencia. Fuente. elaboración propia [17]



### f) Principio funcionamiento Caja acceso multifuncional

Consta de 2 partes, el controlador de acceso y la manija, la primera donde está el controlador de la caja de acceso, contiene un paro de emergencia y dos botones pulsadores iluminados, el botón de arriba es el **request** cuya función es hacerle la petición al controlador para que suelte el seguro donde sujeta el cerrojo de la manija, y pueda liberarse una vez que se le da vuelta a la manija, el botón de abajo es el **reset**, cuya función es que una vez que el cerrojo de la manija haya entrado en la abertura del controlador de acceso, activa el seguro para que el cerrojo cierre y al confirmar que el cerrojo está adentro se restablece el controlador y activa 2 señales OSSD1 y OSSD2.



Imagen 3.43. Manija. Fuente. elaboración propia [18]



Imagen 3.44. Controlador de caja acceso. Fuente. elaboración propia [18]

### g) Principio funcionamiento Interlock de seguridad

Funciona similar como la caja de acceso multifuncional, en este caso se necesita de una botonera externa, para el **request** y **reset**. El target y el seguro deben estar acoplados en el mismo mecanismo de cierre. Si el seguro está sujeto en el interlock y se oprime el request, desactivará el seguro del interlock, liberando el seguro para poder abrir el mecanismo con el que está acoplado el seguro con el target. El botón reset sirve para activar las señales OSSD1 Y OSSD2, una vez que el mecanismo donde está acoplado el target y el seguro, el interlock detecta el target y al momento de oprimir el reset, activará el mecanismo interior para bloquear el seguro.



Imagen 3.45. Interlock -Target-Seguro. Fuente. elaboración propia [19]



Imagen 3.46. Botonera. [20]

## h) Principio de funcionamiento escáner de seguridad

El escáner es un sensor optoelectrónico que utiliza un láser infrarrojo para detectar intrusiones dentro de un área definida. Se configura la zona de detección desde el software del escáner, mientras el escáner no detecta objetos dentro de la zona de detección, activará las señales OSSD1 y OSSD2.



Imagen 3.47. Escáner SafeZone. [21]

## i) Principio de funcionamiento: Contactores de seguridad

Es un dispositivo electromecánico donde en las terminales A1 y A2 se activa la bobina de excitación y de inmediato se cierran los contactos N.A de L1, L2 y L3. Y los contactos auxiliares N.C o N.A se accionan.



Imagen 3.48. Contactor de seguridad. [22]

## j) Filosofía de control de seguridad

Cualquier dispositivo de seguridad que sea interrumpido por alguna situación de emergencia, los contactores de seguridad están cableados en serie se desactivarán evitando el paso de corriente al variador para así detener el movimiento del motor.

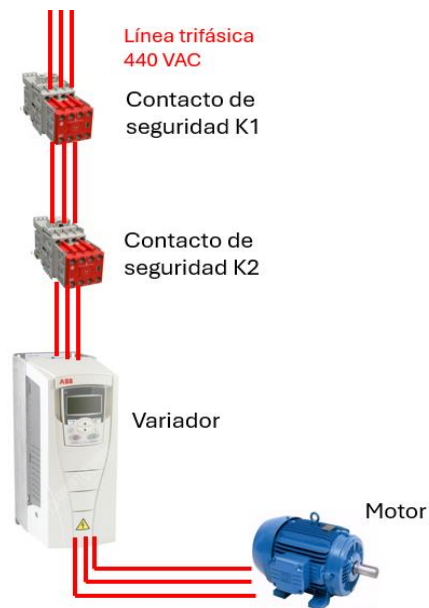


Imagen 3.49. Contactor de seguridad. Fuente. elaboración propia

## k) Programación PLC Seguridad zona 1

Se consultó la referencia bibliográfica [23] para la programación de los PLC de seguridad Omron.

Para la programación del PLC de zona 1 de seguridad se utilizó el software G9SP Configurator.

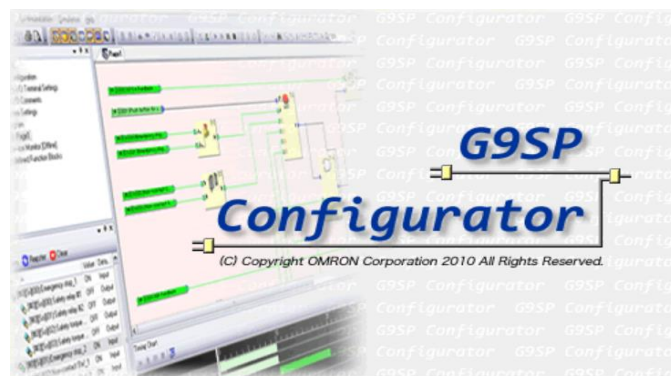


Imagen 3.50. Software G9SP Configurator. [24]

Se realiza un nuevo proyecto, se agrega el modelo del PLC en Unit Configuration.

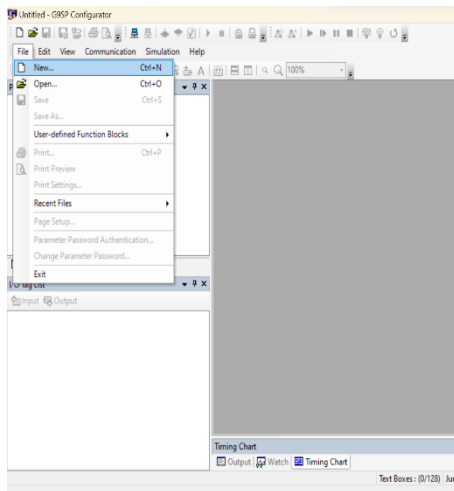


Imagen 3.51. Vista principal G92SP Configurator. Fuente: elaboración propia

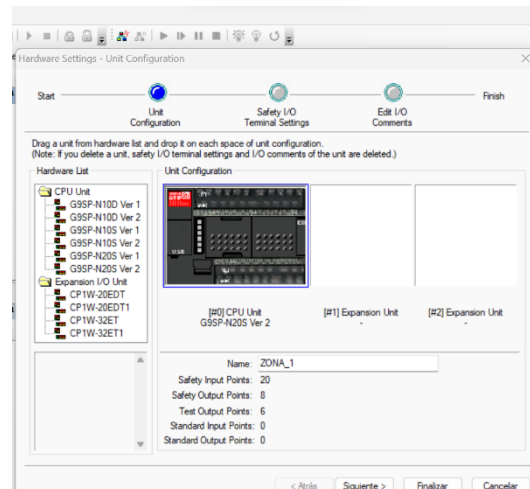


Imagen 3.52. Unit Configuration. Fuente: elaboración propia

En la siguiente ventana en Safety I/O Terminals Settings se agregan las entradas y salidas de seguridad con su respectivo nombre.

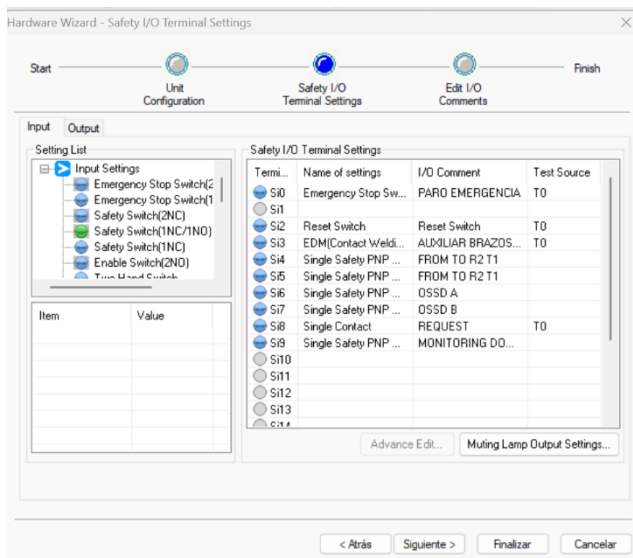


Imagen 3.53. Entradas seguridad zona 1. Fuente: elaboración propia

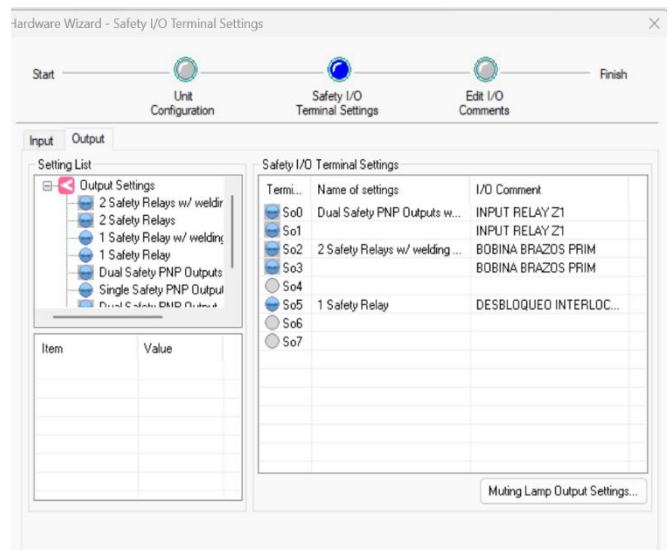


Imagen 3.54. Salidas seguridad zona 1. Fuente: elaboración propia

Después de renombrar el proyecto, se crearon dos páginas para el desarrollo del programa, donde en la página 1 se realizó el control de seguridad y en la página 2, el envío de señales por ethernet/ip al PLC principal de la bobinadora Compactlogix.

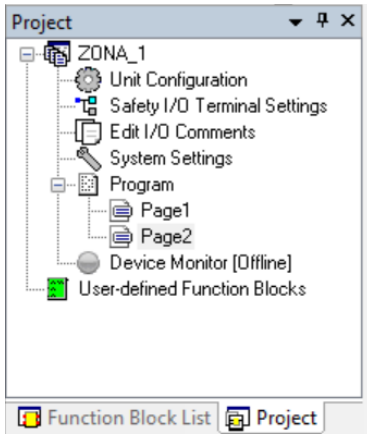


Imagen 3.55. Salidas seguridad zona 1. Fuente. elaboración propia

Para el PLC de la zona 1, en las entradas se tiene un paro de emergencia de un canal, las dos OSSD del interlock de seguridad que ese ya no se implementó por decisión de producción de planta, y señal del PLC de Zona 2 donde los dispositivos de seguridad están OK, debido a que PLC zona 1 y zona 2 se comparten señales de elementos de seguridad, y en las salidas se tienen las señales que activarán los contactores de seguridad k1 y k2 del motor de brazo primario y una señal que va para el PLC de zona 2 confirmando seguridad en zona 1.

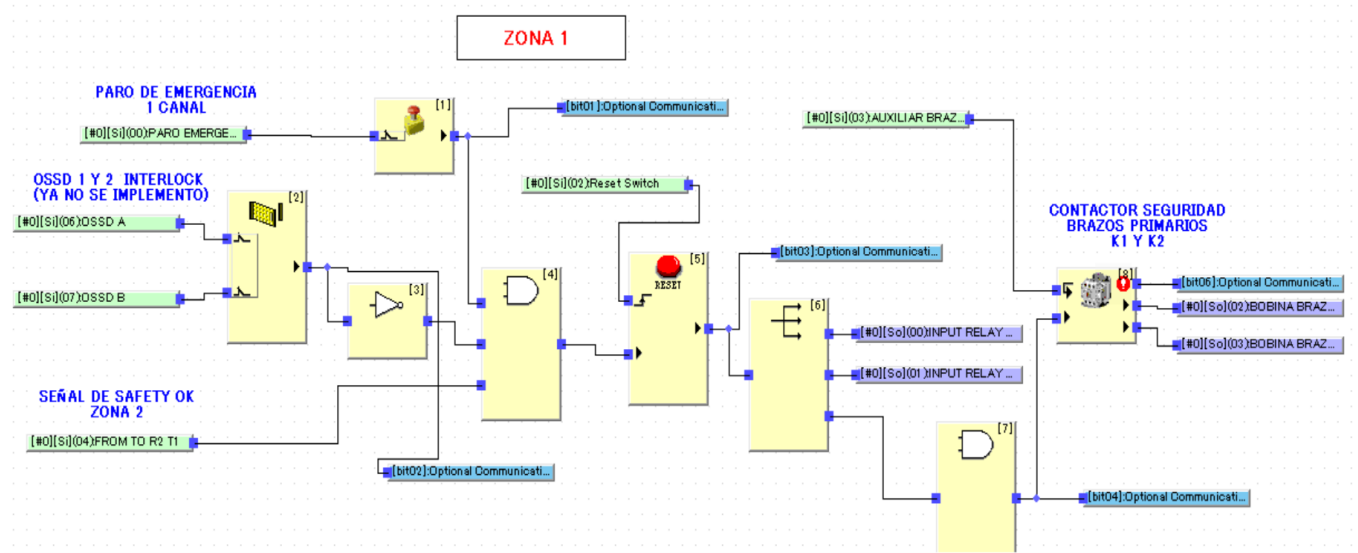


Imagen 3.56. Programa Pagina 1 zona 1. Fuente. elaboración propia

En la página 2, se programó el envío de señales por Ethernet al PLC de la bobinadora, para que sea visualización y alarmas en el HMI.

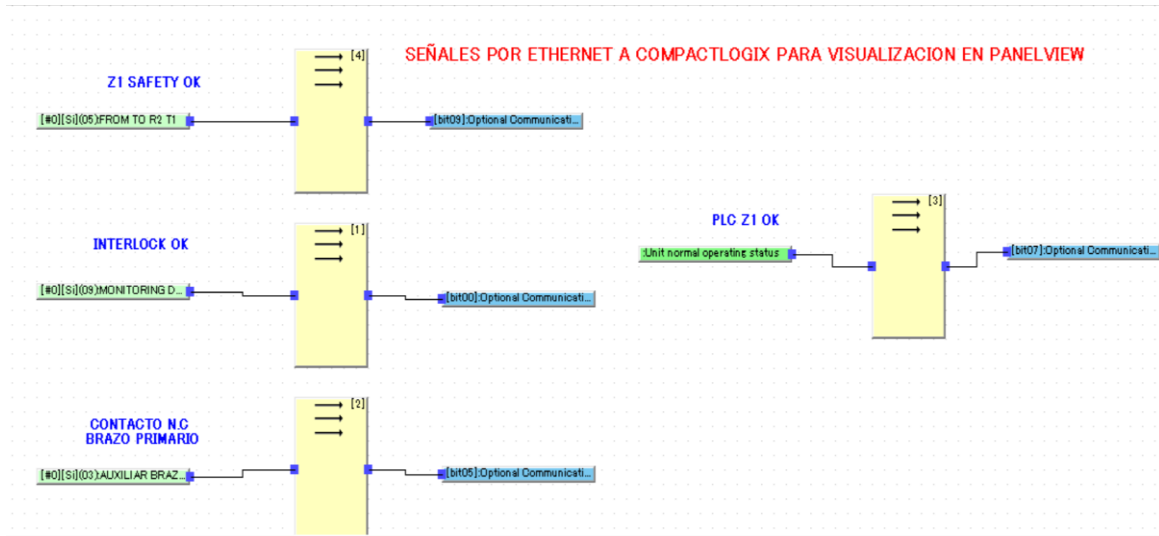


Imagen 3.57. Programa Pagina 2 zona 1. Fuente. elaboración propia

## 1) Programación PLC Seguridad zona 2

Se realiza el mismo procedimiento se crea un nuevo proyecto con nombre zona 2, se da de alta el PLC con el modelo y se dan de alta las entradas y salidas de seguridad.

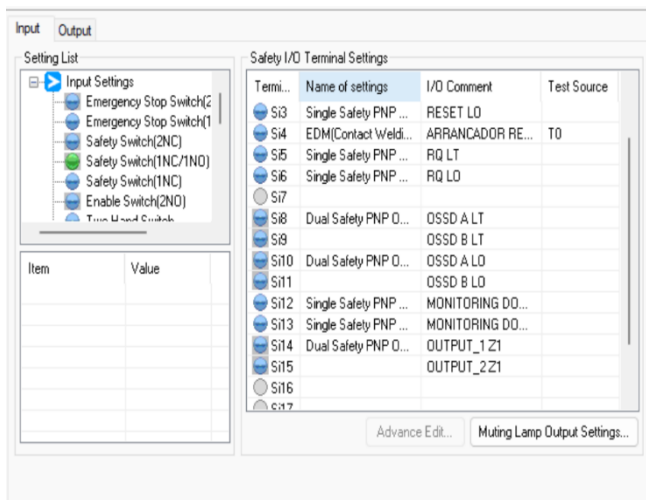


Imagen 3.58. Entradas seguridad zona 2. Fuente. elaboración propia

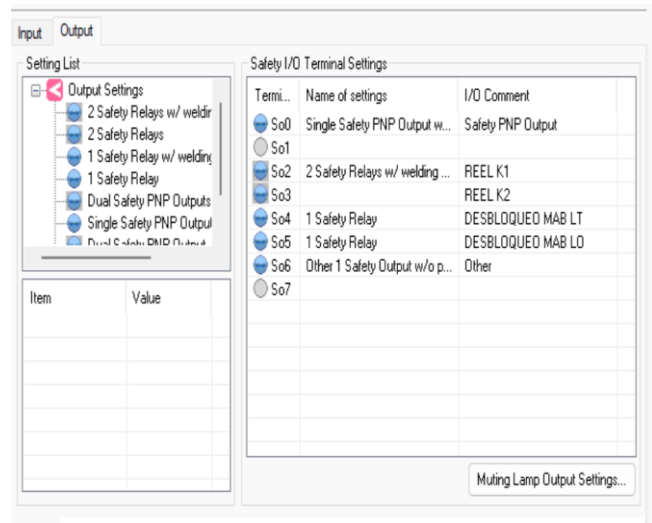


Imagen 3.59. Salidas seguridad zona 2. Fuente. elaboración propia



Para el PLC zona 2, de entradas se tiene el paro de emergencia de la caja de acceso zona 1 y zona 2, las dos señales de seguridad que vienen del PLC Zona 1, las OSSD 1 y 2 de las cajas de acceso de zona 1 y 2, y como salidas se tienen las dos salidas del contactor del variador Reel k1 y k2, y la señal de seguridad que va al PLC Zona 1.

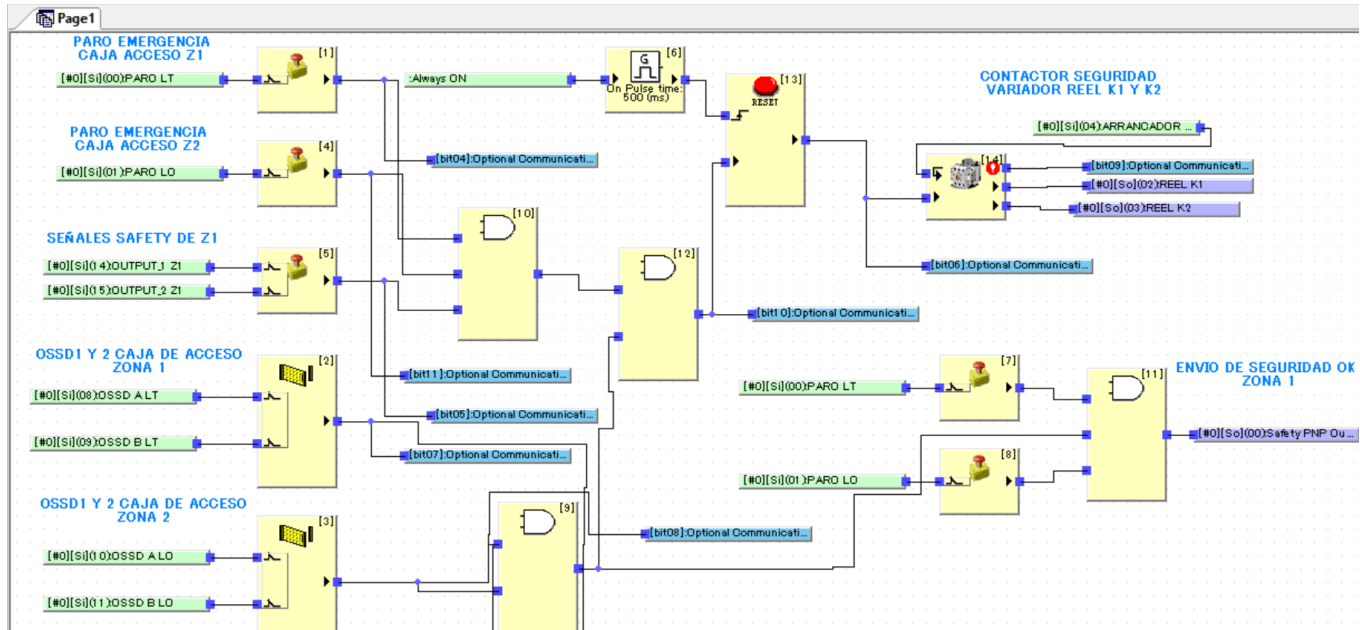


Imagen 3.60. Programa Pagina 1 zona 2. Fuente. elaboración propia

En la página 2 de la zona 2, se programó el envío de señales por Ethernet al PLC de la bobinadora, para que sea visualización y alarmas en el HMI.

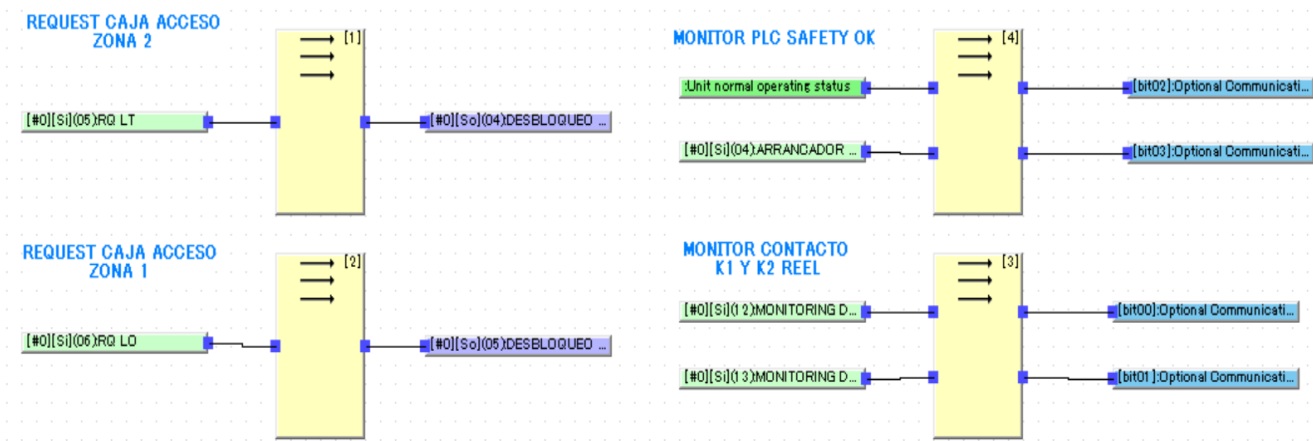


Imagen 3.61. Programa Pagina 2 zona 2. Fuente. elaboración propia

### m) Programación PLC Seguridad zona 3

Se realiza el mismo procedimiento se crea un nuevo proyecto con nombre zona 3, se da de alta el PLC con el modelo y se dan de alta las entradas y salidas de seguridad.

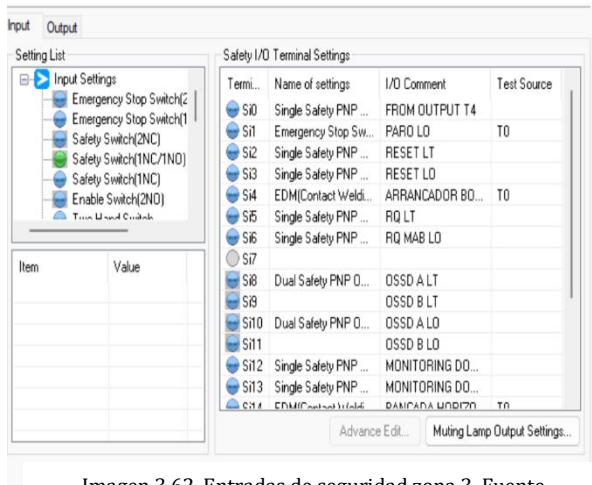


Imagen 3.62. Entradas de seguridad zona 3. Fuente. elaboración propia

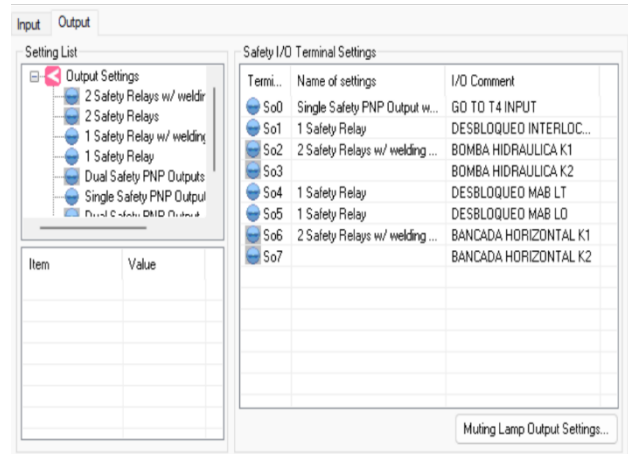


Imagen 3.63. Salidas de seguridad zona 3. Fuente. elaboración propia

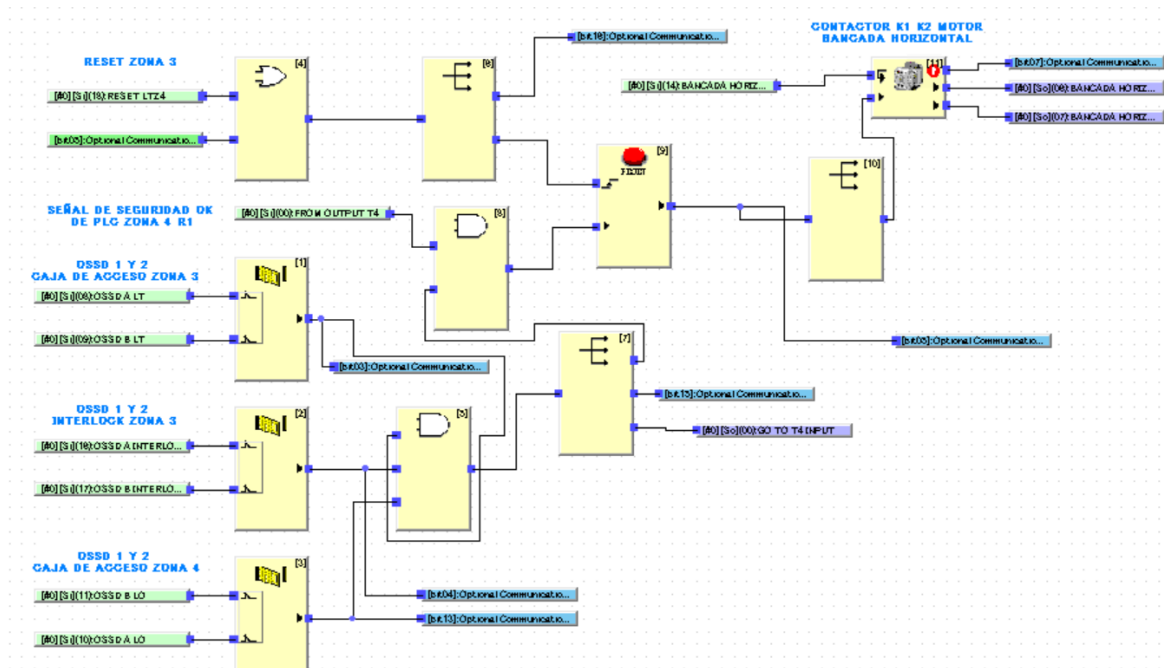


Imagen 3.64. Programa Pagina 1 zona 3. Fuente. elaboración propia

Para el PLC zona 3 se tienen las entradas de reset de zona 3, las dos OSSD de caja de acceso zona 3 y zona 4, las dos OSSD del interlock de seguridad, y como salidas los contactores de motor de bancada horizontal y de la bomba hidráulica.

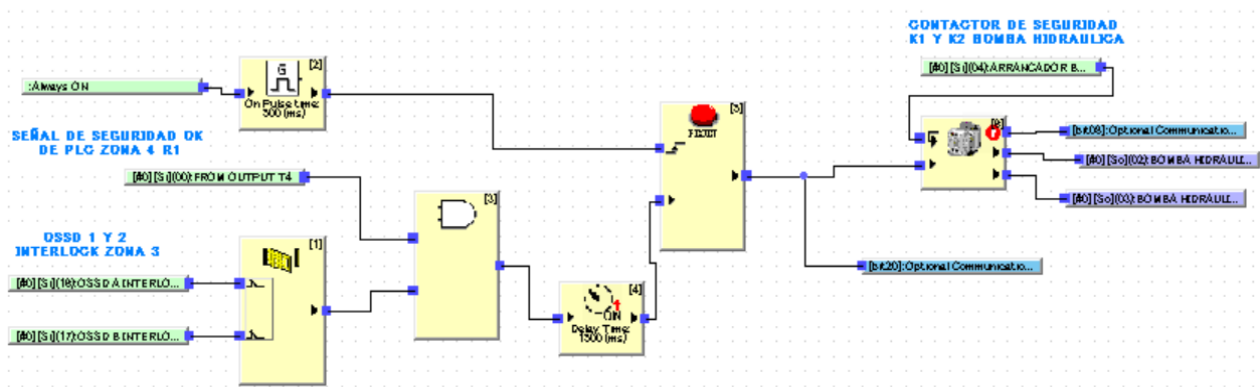


Imagen 3.65. Programa Pagina 2 zona 3. Fuente. elaboración propia

En la página 2, se programó el control de activación del contactor de seguridad de la bomba hidráulica.

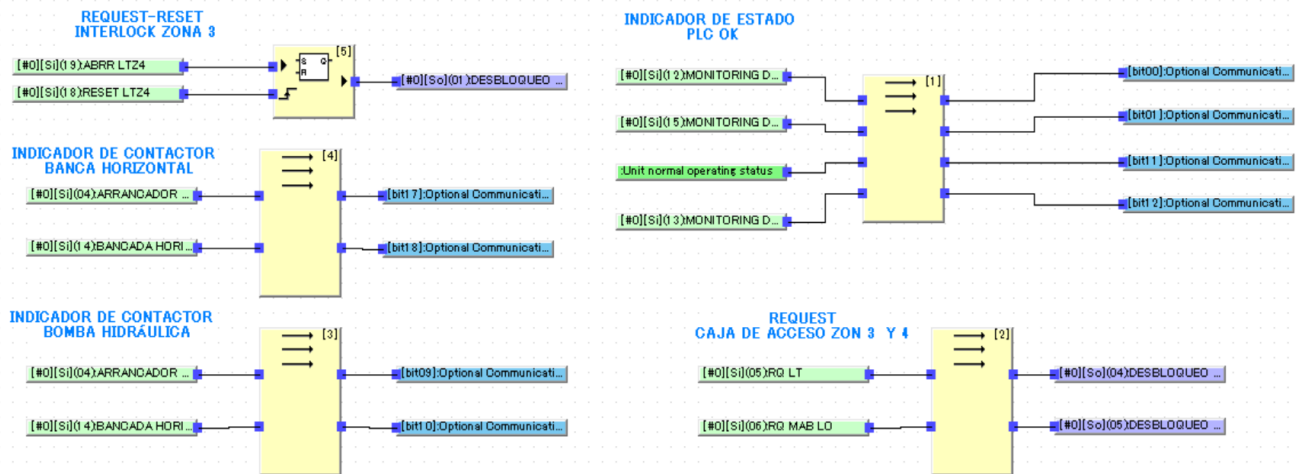


Imagen 3.66. Programa Pagina 3 zona 3. Fuente. elaboración propia

En la página 3 se programaron los indicadores de estado de los contactos de los contactores de seguridad, el request de las cajas de accesos de zona 3 y 4 y el estado del PLC de seguridad, para alarmas y visualización en el HMI.

## n) Programación PLC Seguridad zona 4-1

Se realiza el mismo procedimiento se crea un nuevo proyecto con nombre zona 4\_1, se da de alta el PLC con el modelo y se dan de alta las entradas y salidas de seguridad.

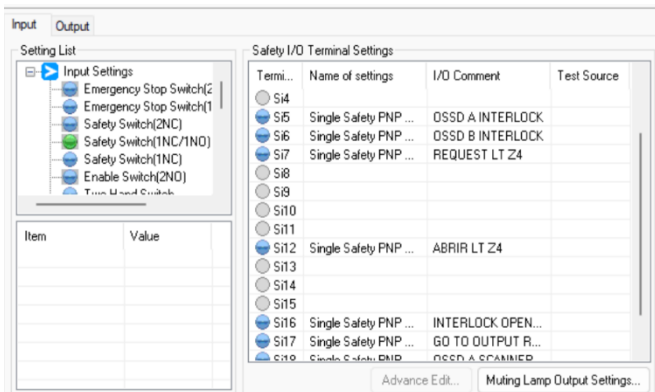


Imagen 3.67. Entradas de seguridad zona 4\_1. Fuente. elaboración propia

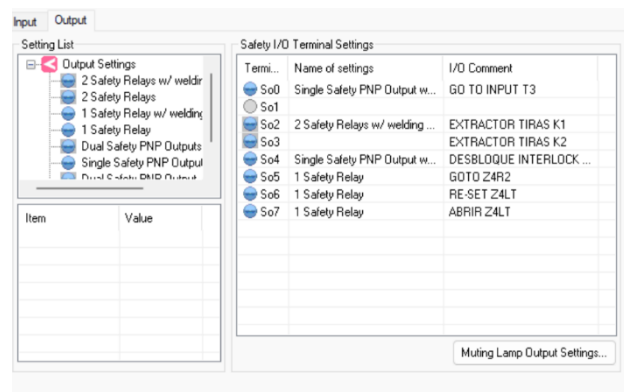


Imagen 3.68. Salidas de seguridad zona 4\_1. Fuente. elaboración propia

Para la zona 4 se programaron dos PLC de seguridad, debido a la cantidad de entradas y salidas de seguridad. Para el PLC de la zona 4-1 en la página de entradas se tienen el paro de emergencia, los OSSD 1 y 2 del interlock y del escáner de seguridad y para las salidas se tiene el contactor de seguridad del variador del extractor de tiras, la señal de seguridad que va para el PLC zona 4-2.

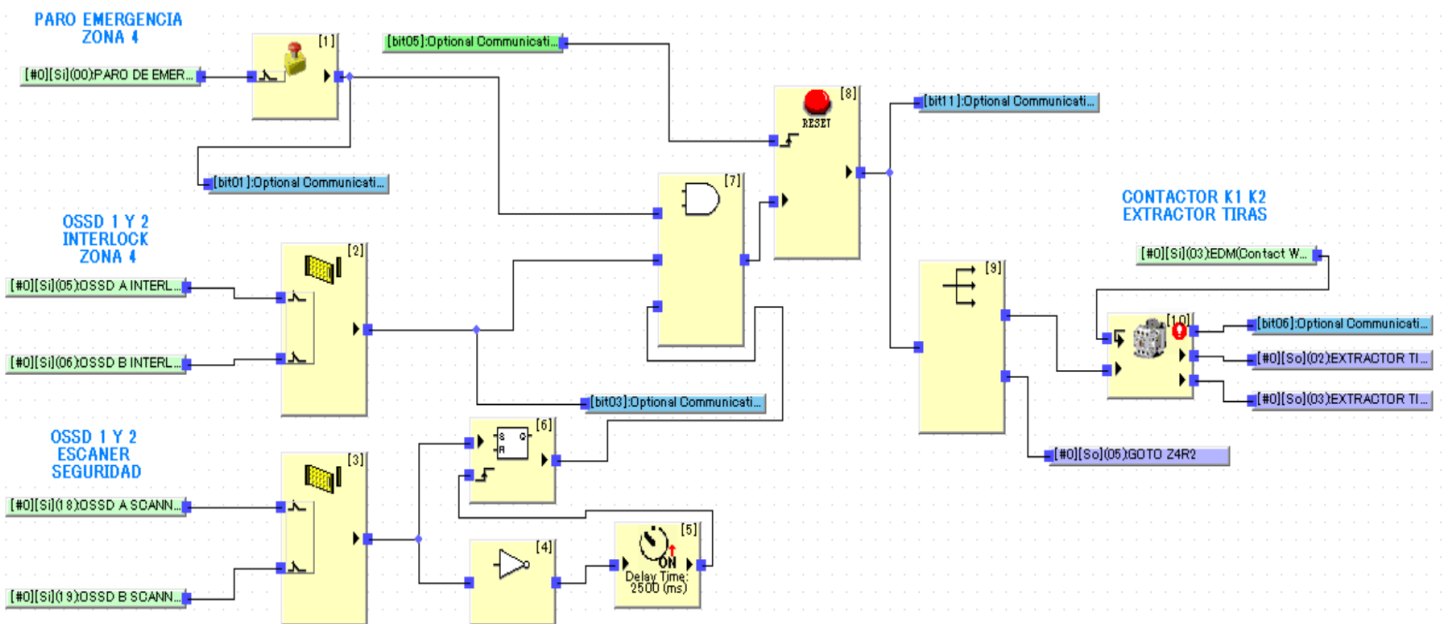


Imagen 3.69. Programa Pagina 1 zona 4-1. Fuente. elaboración propia

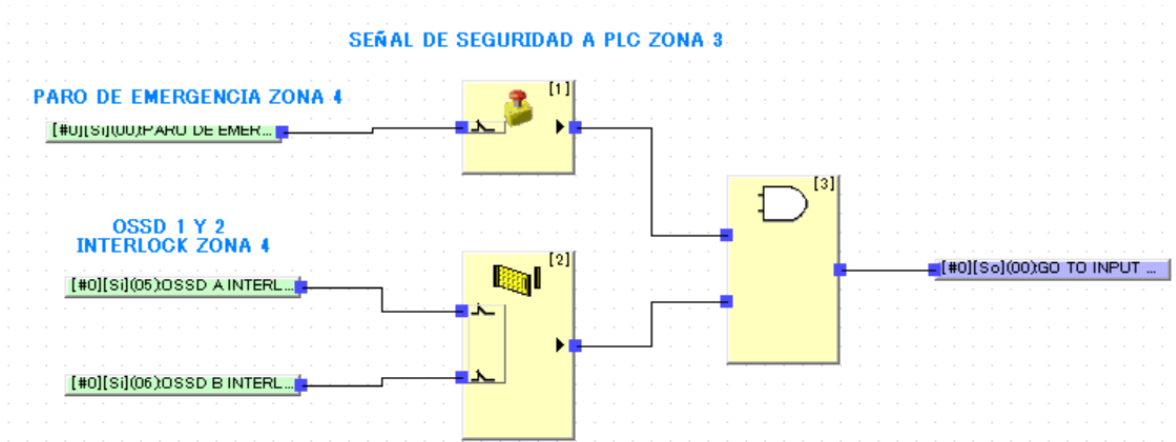


Imagen 3.70. Programa Pagina 2 zona 4-1. Fuente. elaboración propia

En la página 2 se programó el envío de señal de seguridad a PLC zona 3.

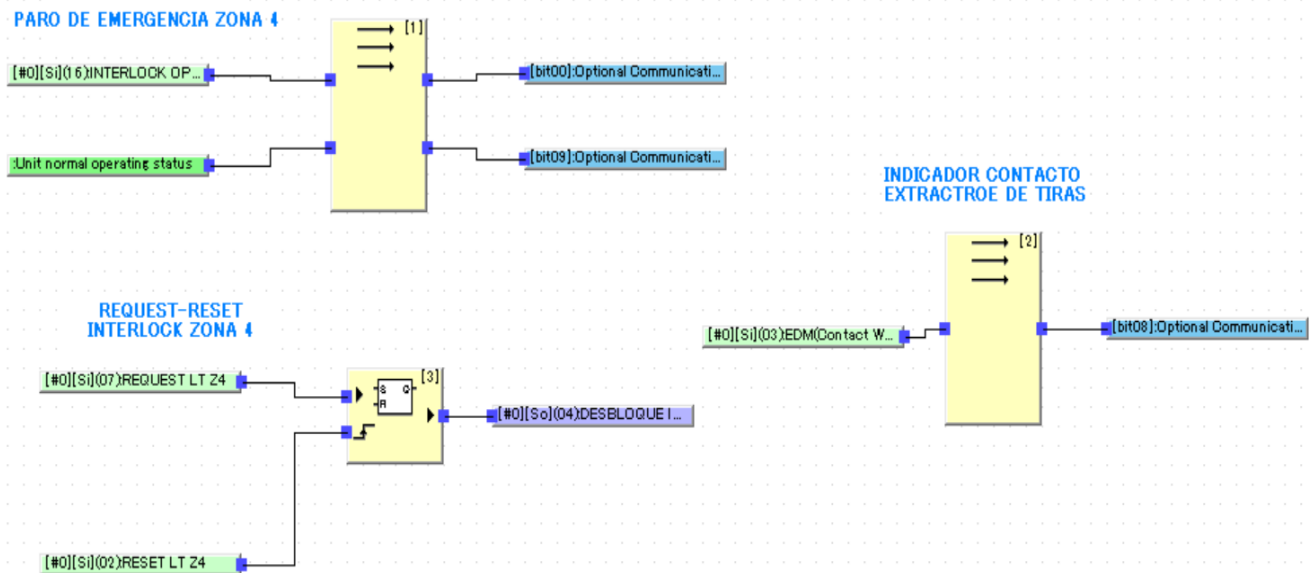


Imagen 3.71. Programa Pagina 3 zona 4-1. Fuente. elaboración propia

En la página 3 se programó el request del interlock y él envío de señales de estado del PLC zona 3 y contactos del contactor de seguridad para la visualización y alarmas del HMI.

## o) Programación PLC Seguridad zona 4-2

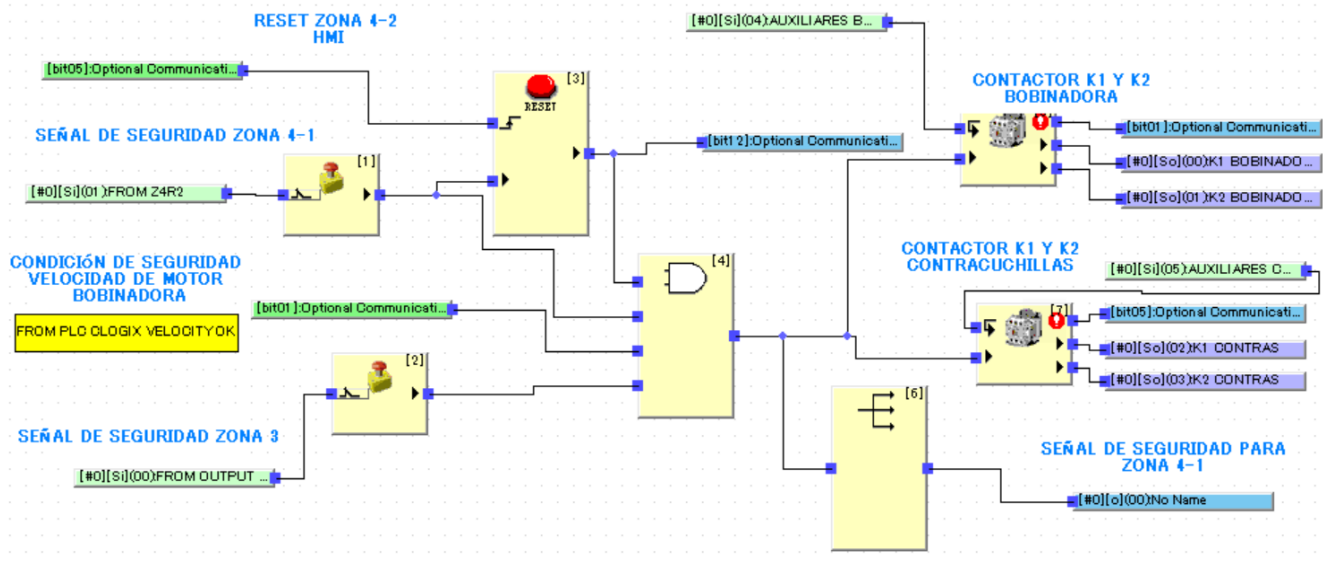


Imagen 3.72. Programa Pagina 1 zona 4-2. Fuente. elaboración propia

Para el PLC zona 4-2 en la página 1 de entradas se tiene la señal de seguridad que viene de PLC zona 4-1, otra señal de seguridad de PLC zona 3, y dos señales por ethernet/ip del PLC Compact Logix, uno para el reset de la seguridad y el último la condición de velocidad de la bobinadora.

De salidas se tienen los contactores k1 y k2 del variador de la bobinadora y el variador de contra cuchillas, y la señal de seguridad que va para el PLC zona 4-1.

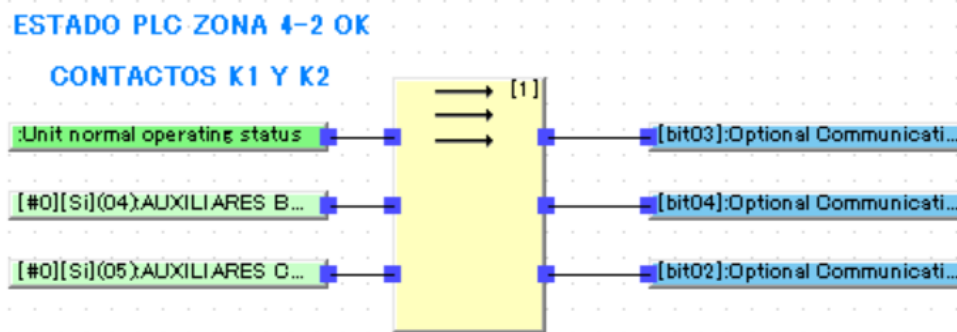


Imagen 3.73. Programa Pagina 2 zona 4-2. Fuente. elaboración propia

En la página 2 se programó el estado del PLC zona 4-2 y el estado de los contactos k1 y k2 del variador de la bobinadora y el de la contra cuchillas.



Ya que se hayan programado todos los PLC de seguridad se procede a descargar la programación a éstos.

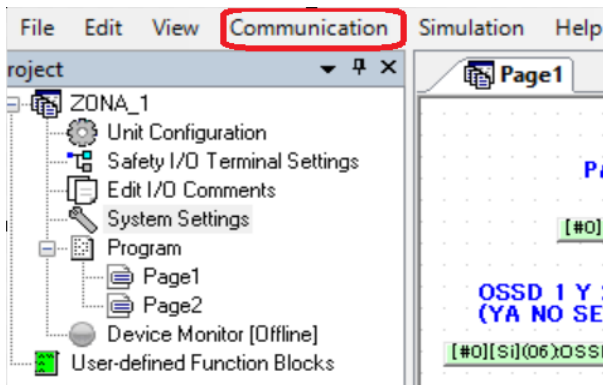


Imagen 3.74. System Settings Zona 1. Fuente. elaboración propia

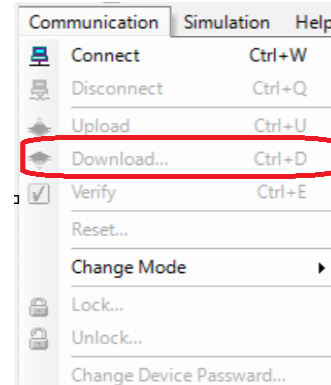


Imagen 3.75. System Settings Zona 1. Fuente. elaboración propia

### p) Configuración comunicación Ethernet/Ip en PLC de seguridad Omron

En el árbol del proyecto del PLC, en la opción **System Settings** se da clic  
Y en la pestaña **Ethernet Option Board** se introduce la dirección IP y la máscara subred.

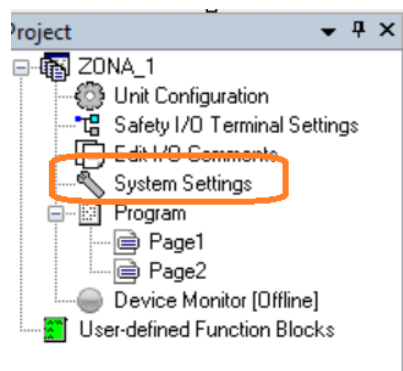


Imagen 3.76. System Settings Zona 1. Fuente. elaboración propia

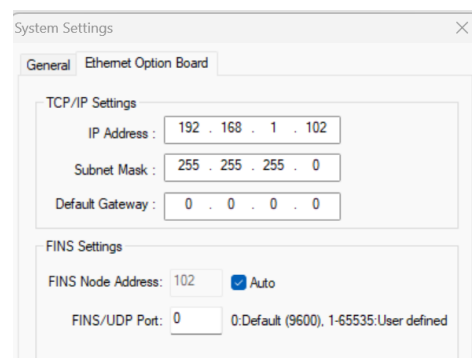


Imagen 3.77. Ethernet Option Board. Fuente. elaboración propia

Se realiza el mismo procedimiento para los demás PLC de seguridad, cuya asignación de direcciones fue:

PLC zona 1 **192.168.1.102**

PLC zona 2 **192.168.1.103**

PLC zona 3 **192.168.1.104**

PLC zona 4-1 **192.168.1.105**    PLC zona 4-2 **192.168.1.106**

### q) Integración de PLC Seguridad por Ethernet/IP en Studio 5000

Se consultó la referencia bibliográfica [25] y [26] para la creación de red ethernet/ip y programación de instrucciones en Studio 5000.

El departamento de proyectos de planta proporcionó el respaldo actual de la bobinadora. Para realizar la integración de la red ethernet/ ip se utilizó el software Studio 5000.



Imagen 3.78. Studio 5000 Logix Designer. [27]

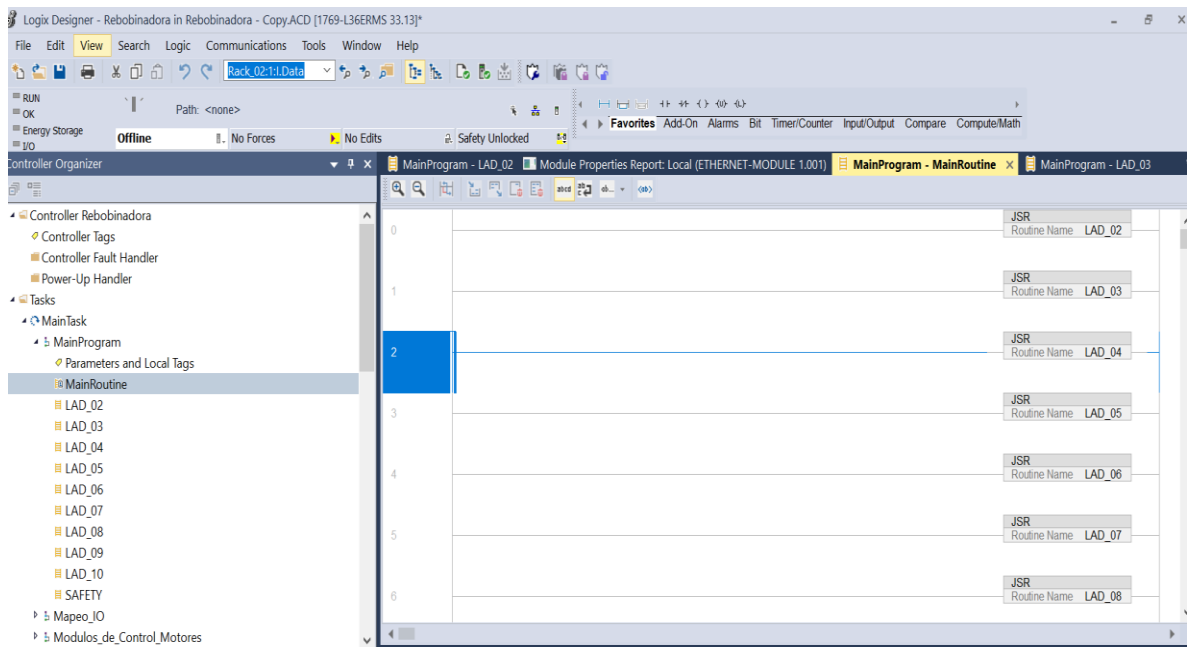


Imagen 3.79. Vista principal proyecto rebobinadora Studio 5000 v32. Fuente. elaboración propia.

El sistema bobinadora contienen un PLC Compactlogix L36ERM y una HMI Panelview Plus 7 Estándar. (Ver imagen 3.80 y 3.81)

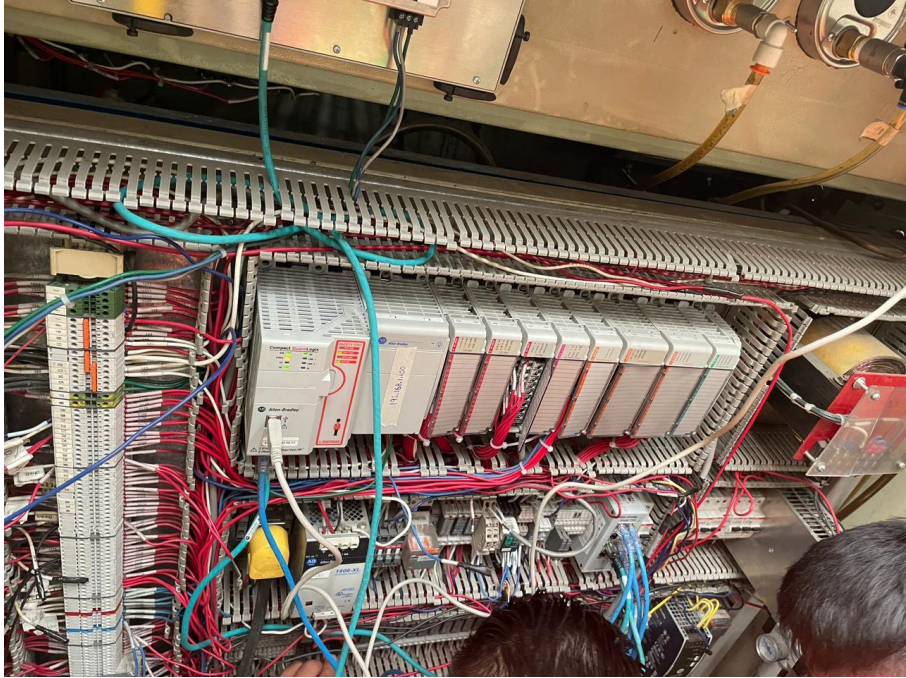


Imagen 3.80. PLC bobinadora-Reel. Fuente. elaboración propia



Imagen 3.81. HMI Bobinadora-Reel. Fuente. elaboración propia

En la sección del árbol del proyecto, en el símbolo de ethernet, es donde se crea la red ethernet/ip.

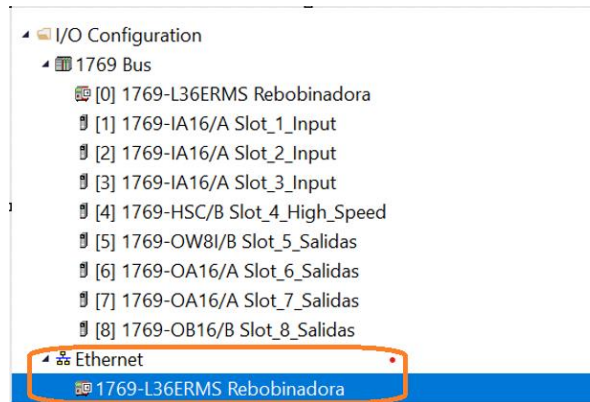


Imagen 3.82. Vista principal proyecto rebobinadora Studio 5000 v.32. Fuente. elaboración propia

Se agrega un nuevo módulo,

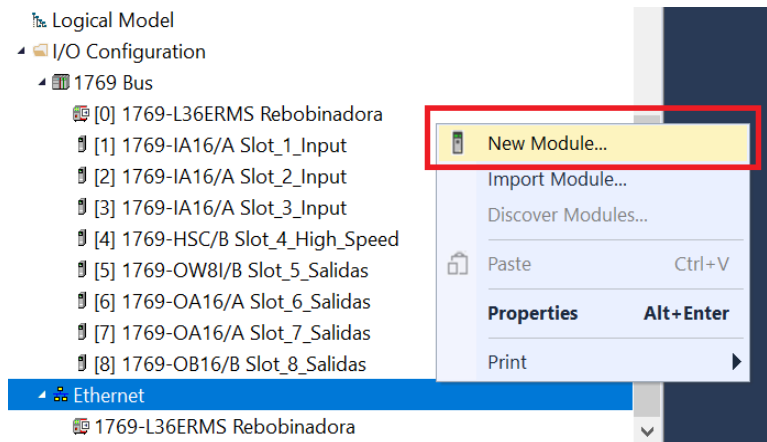


Imagen 3.83. Vista principal proyecto rebobinadora Studio 5000 v.32. Fuente. elaboración propia

Se crea un módulo genérico ethernet.

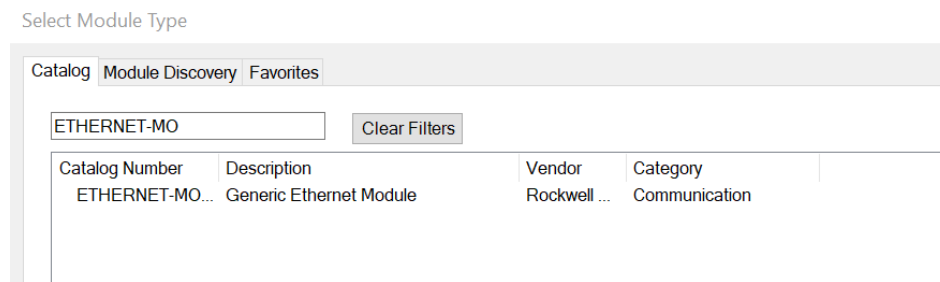


Imagen 3.84. Vista principal proyecto rebobinadora Studio 5000 v.32. Fuente. elaboración propia

Se configura el nombre, la dirección IP y la cantidad de palabras de entradas y salidas que ocupará en la memoria del PLC de la bobinadora.

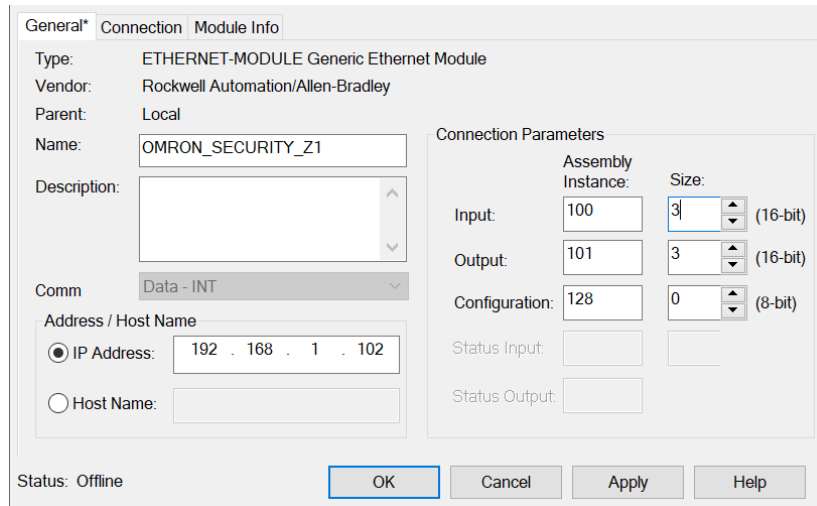


Imagen 3.85. Vista principal proyecto rebobinadora Studio 5000 v.32. Fuente. elaboración propia

Una vez creado el nodo, se hace el mismo procedimiento para los demás PLC de seguridad.

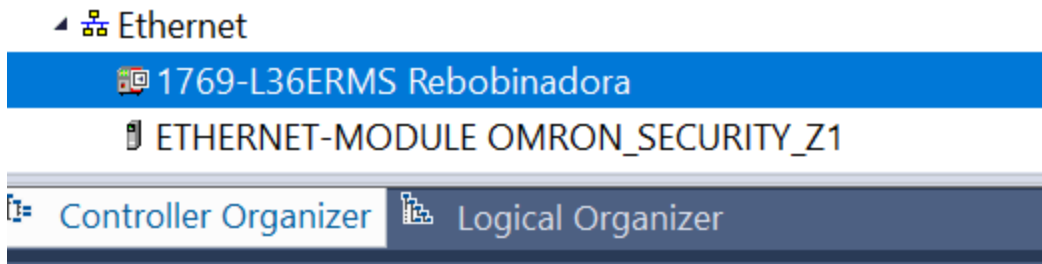


Imagen 3.86. Vista principal proyecto rebobinadora Studio 5000 v.32. Fuente. elaboración propia

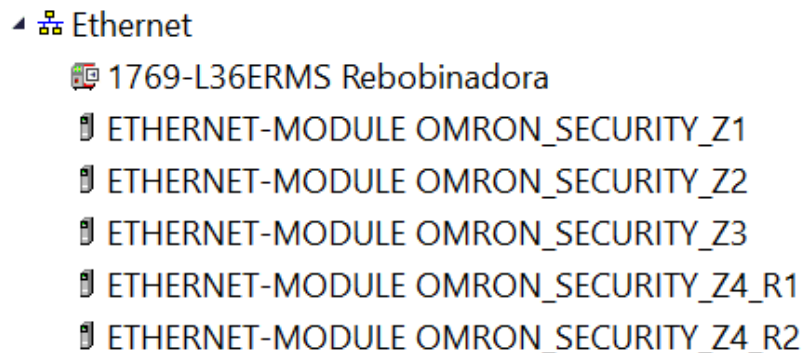


Imagen 3.87. Vista principal proyecto rebobinadora Studio 5000 v.32. Fuente. elaboración propia

Al momento de dar de alta todos los módulos a la red ethernet/ip automáticamente Studio 5000 agrega los tags de control, entradas y salidas.

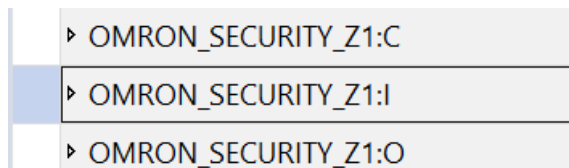


Imagen 3.88. Tags PLC zona 1. Fuente. elaboración propia

Se realizó una rutina cíclica de 10 ms debido a que son señales de seguridad Rockwell Automation recomienda vigilar las rutinas 10 ms. Donde en la rutina principal Main se mandan a llamar las subrutinas de los PLC de seguridad.

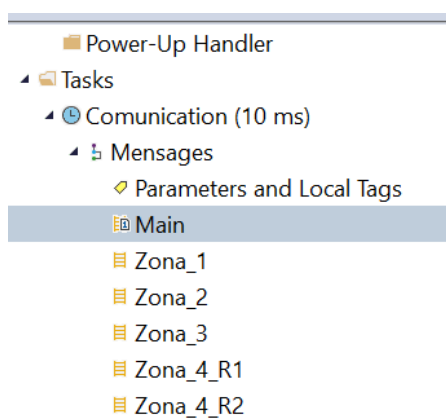


Imagen 3.89. Task Communication. Fuente. elaboración propia

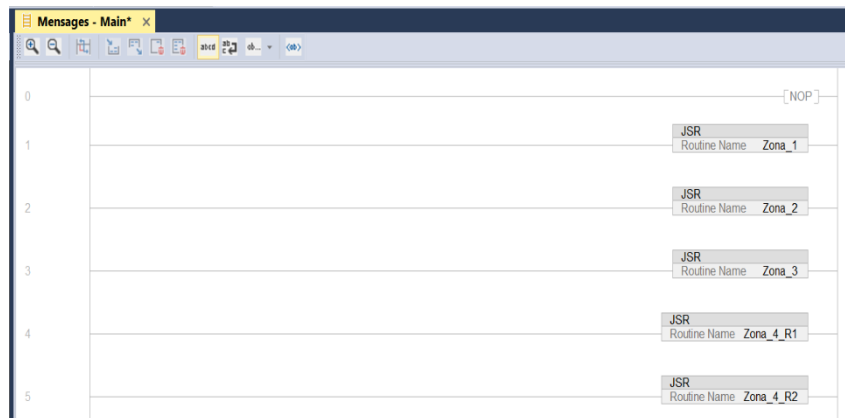


Imagen 3.90. Rutina Main. Fuente. elaboración propia



El propósito de crear una subrutina para cada PLC de cada zona es para el envío de señales por ethernet cuando un interlock de seguridad, un paro de emergencia o una caja de acceso ha sido activado y a través de la HMI lea los tags que se programen para la visualización y así el operador pueda detectar que sistema de seguridad se ha interrumpido en la máquina.



Imagen 3.91. Layout Sistema seguridad visualización. Fuente. elaboración propia

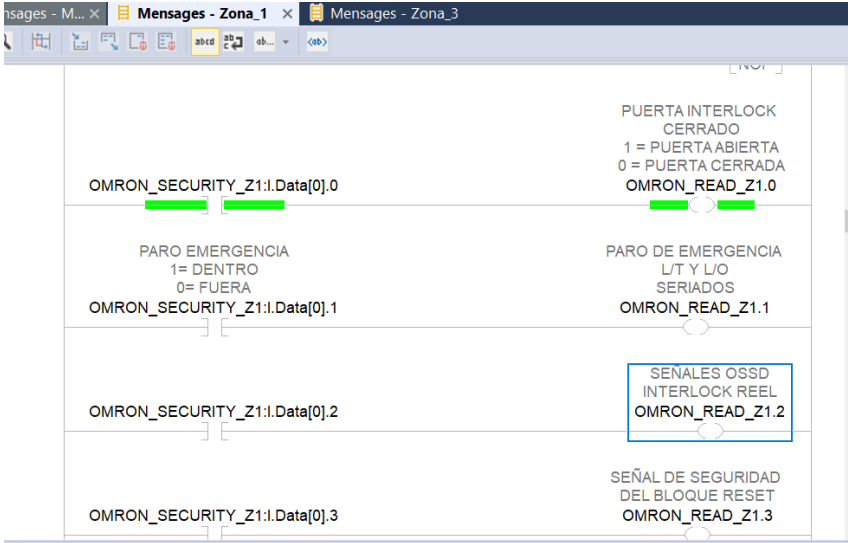


Imagen 3.92. Señales de PLC seguridad a PLC Compactlogix zona 1. Fuente. elaboración propia

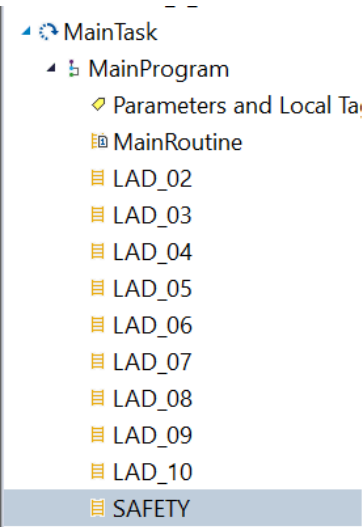


Imagen 3.93. Subrutina Safety. Fuente. elaboración propia



Se realizó una nueva subrutina en **MainTask**, con el nombre de Safety donde se realizó la lógica para detectar si algún módulo se va a falla, que active una memoria que no permita arrancar el bobinador.

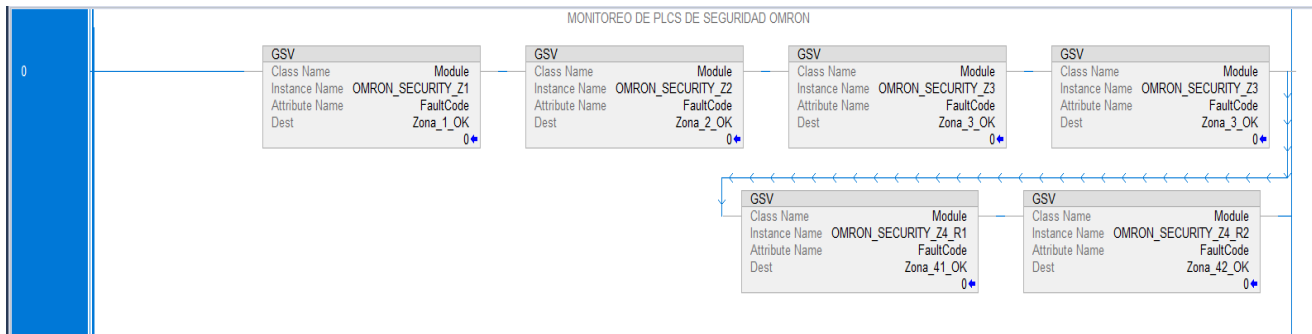


Imagen 3.94. Rung 0 subrutina safety. Fuente. elaboración propia

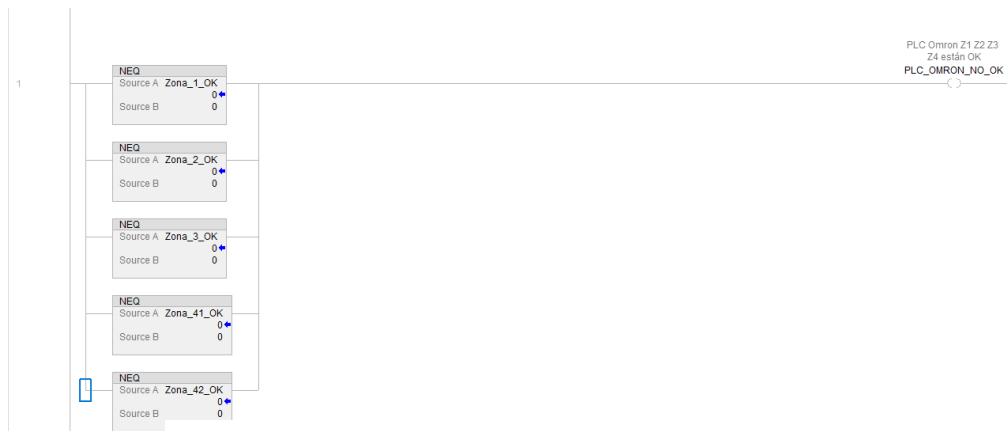


Imagen 3.95. Rung 1 subrutina safety. Fuente. elaboración propia

En la subrutina LAD\_04, está la lógica de los permisos que condicionan el arranque de la bobinadora, donde se agregó la memoria o tag **PLC\_OMRON\_NO\_OK** que se programó en la subrutina de safety para que también sea una condicionante del arranque de la máquina.

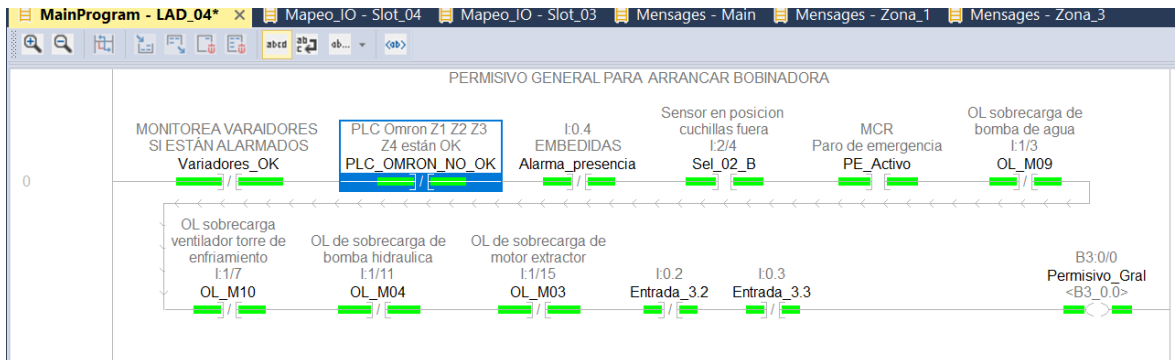


Imagen 3.96. Permisivo arrancar bobinadora. Fuente. elaboración propia

Si un variador se alarma el tag **Variadores\_OK** se activa y desactiva el tag **Permisivo\_Gral**, activando el paro general de la bobinadora o reel, depende en que zona se alarme el variador o motor.

### **3.4 Resultados**

Con la programación de los PLC de seguridad Omron de las 4 zonas, integrando todo el sistema de seguridad en la máquina, se logró una exitosa puesta en marcha, haciendo pruebas, durante 10 horas con la máquina en producción, cumpliendo con los requerimientos del cliente.

## **IV. Proyecto: Control de dosificación de harina para conteo de masas para tortillinas**

### **4.1 Antecedentes**

La planta cuenta con seis líneas donde producen tortillinas, las cuales, en la tercera línea, en la etapa de descarga de harina hacia la mezcladora, no tienen un control para el envío de la cantidad de “batches” de harina hacia la mezcladora, lo hace en modo continuo, esto quiere decir que mientras el botón de continuo esté activado mandará batches de harina de forma continua.

### **4.2 Objetivo**

Integrar una programación para que el operador realice la solicitud de “n batches” de harina para que puedan ir reportando el supervisor de producción cuantos batches se solicitaron por turnos.

### 4.3 Desarrollo

#### a) Estructura mecánica tolva, mezcladora, jirafa y divisora

El proceso de manejo de harina consiste en el sistema de Fluinox que es el que se encarga de transferir la harina a la tolva, donde una celda de carga pesa la cantidad de harina y la compare con el setpoint de peso para que la deposite en la mezcladora. El sistema de envío de agua es un control independiente, en ese no se enfocará en el desarrollo de la programación. Ya mezclado la harina con el agua, se transporta la masa por un dispositivo llamado Jirafa, el cual es una banda en forma de jirafa para que la masa sea depositada a la entrada de la divisora que es la que se encarga de hacer los cortes de la masa y darle la forma de tortilla y de ahí sea enviada al horno.

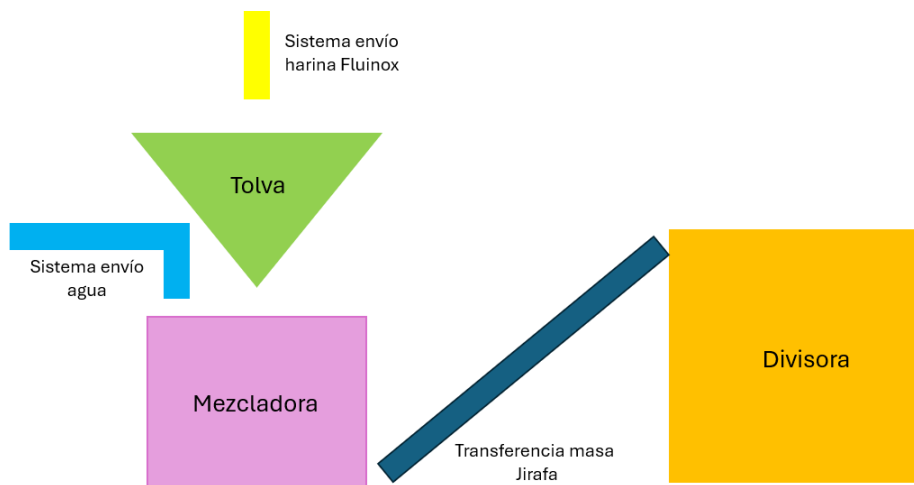


Imagen 4.1. Proceso manejo harina Fluinox. Fuente. elaboración propia.



Imagen 4.2. Operación HMI. Fuente. elaboración propia.

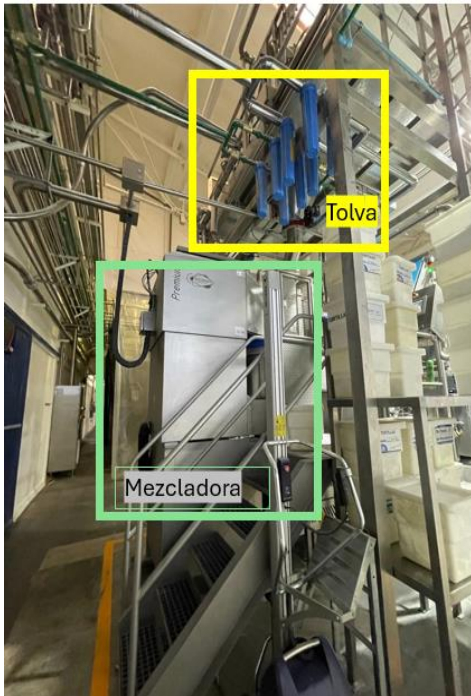


Imagen 4.3. Tolva y Mezcladora. Fuente: elaboración propia



Imagen 4.4. Jirafa. Fuente. elaboración propia.



Imagen 4.5. Divisora Fuente. elaboración propia.

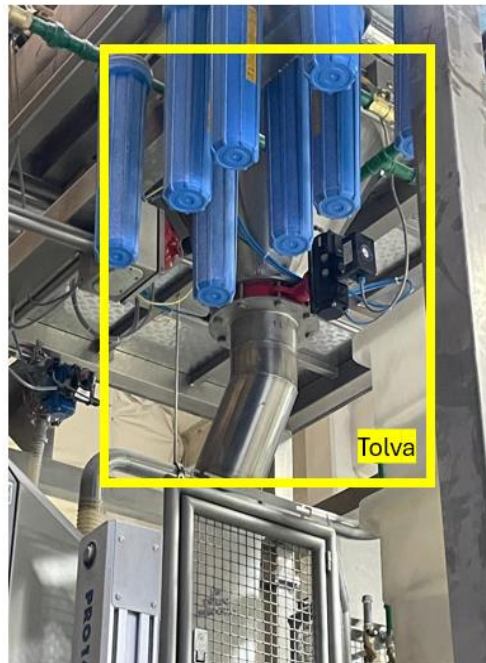


Imagen 4.6. Tolva. Fuente. elaboración propia.

## b) Respaldo de PLC Fluinox

Se localiza el PLC que controla el manejo de harina a las líneas.



Imagen 4.7. PLC Manejo Fluinox Compactlogix L30ER. Fuente. elaboración propia

Para realizar el respaldo del PLC, se crea un nuevo controlador en RSLinx Classic



Imagen 4.8. Software RSLinx Classic. [28]

Se crea un nuevo driver en la pestaña de communications, en configure drivers

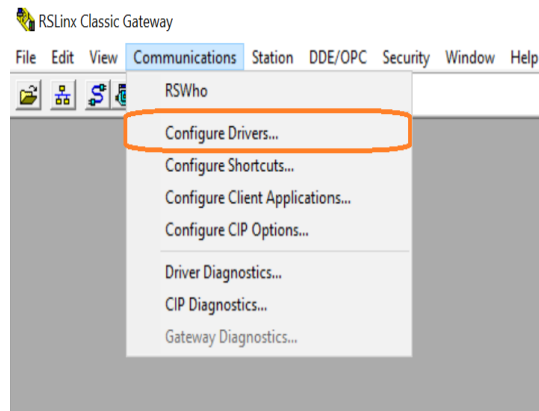


Imagen 4.9. Configure drivers. Fuente. elaboración propia

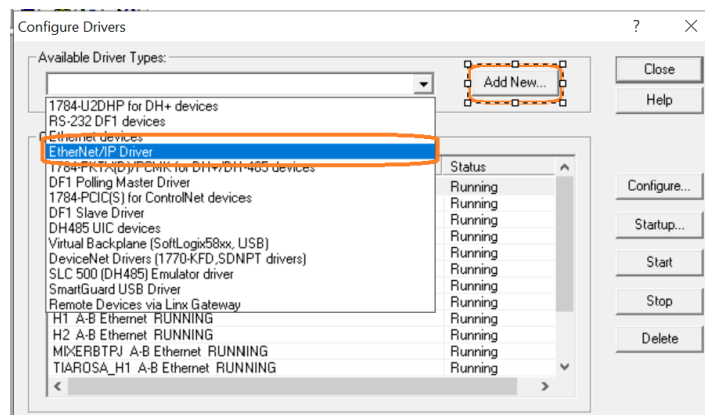


Imagen 4.10. Ethernet/IP Driver . Fuente. elaboración propia

Se le asigna un nombre al driver creado como FLUINOX\_TORTILL

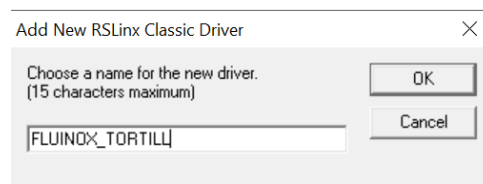


Imagen 4.11. Nombre driver . Fuente. elaboración propia



Se configura la dirección IP de la tarjeta de red de la laptop al segmento de red 192.168.1 donde se encuentra el PLC de Fluinox.

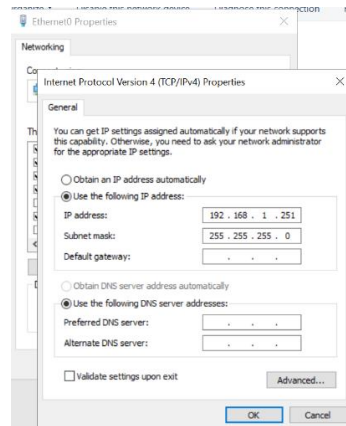


Imagen 4.12. Asignación IP a laptop. Fuente. elaboración propia

Una vez creado el driver, se revisan todos los periféricos que está leyendo la tarjeta de red de la computadora con una IP 192.168.1.251

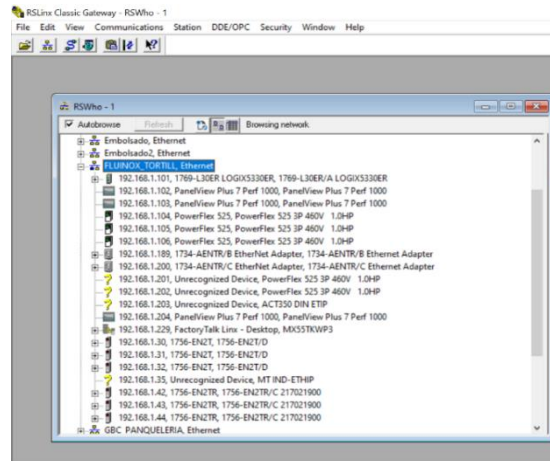


Imagen 4.13. Periféricos en driver. Fuente. elaboración propia

Abriendo el software Studio 5000, se da clic en la opción en **from upload** extraer el programa del PLC de Fluinox.



Imagen 4.14. From Upload. Fuente. elaboración propia

En la opción de **from upload** se habilitará una ventana del RSLinx Classic donde se selecciona el PLC donde se extraerá el programa, el cual es el PLC de Fluinox con una dirección IP 192.168.1.101.

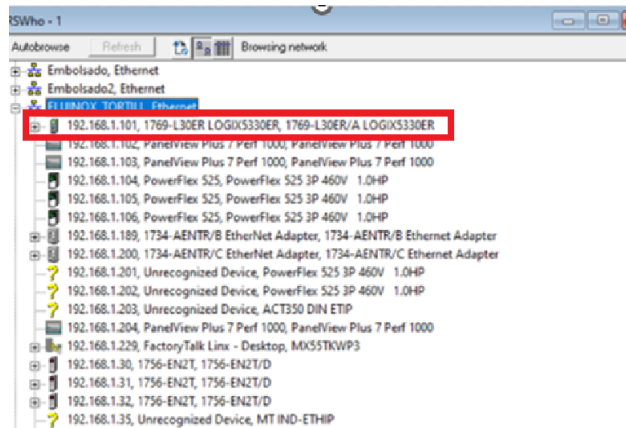


Imagen 4.15. PLC Fluinox 192.168.1.101. Fuente. elaboración propia

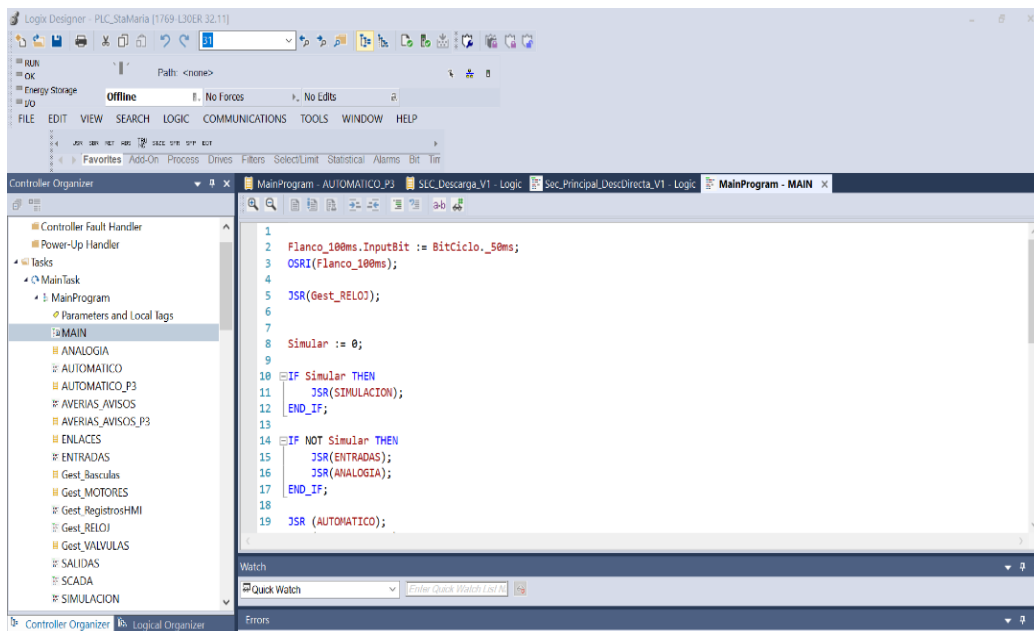


Imagen 4.16. Vista principal proyecto manejo de harina Fluinox. Fuente. elaboración propia

En la Rutina principal **MainTask** está la subrutina **Automático\_P3** es donde se encuentra la rutina de control de descarga de harina de la línea 3.

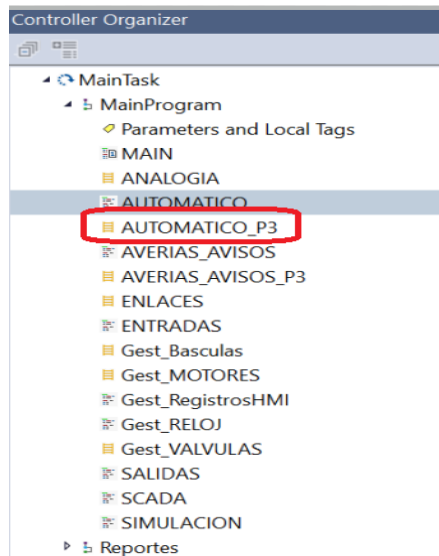


Imagen 4.17. Árbol de proyecto. Fuente. elaboración propia

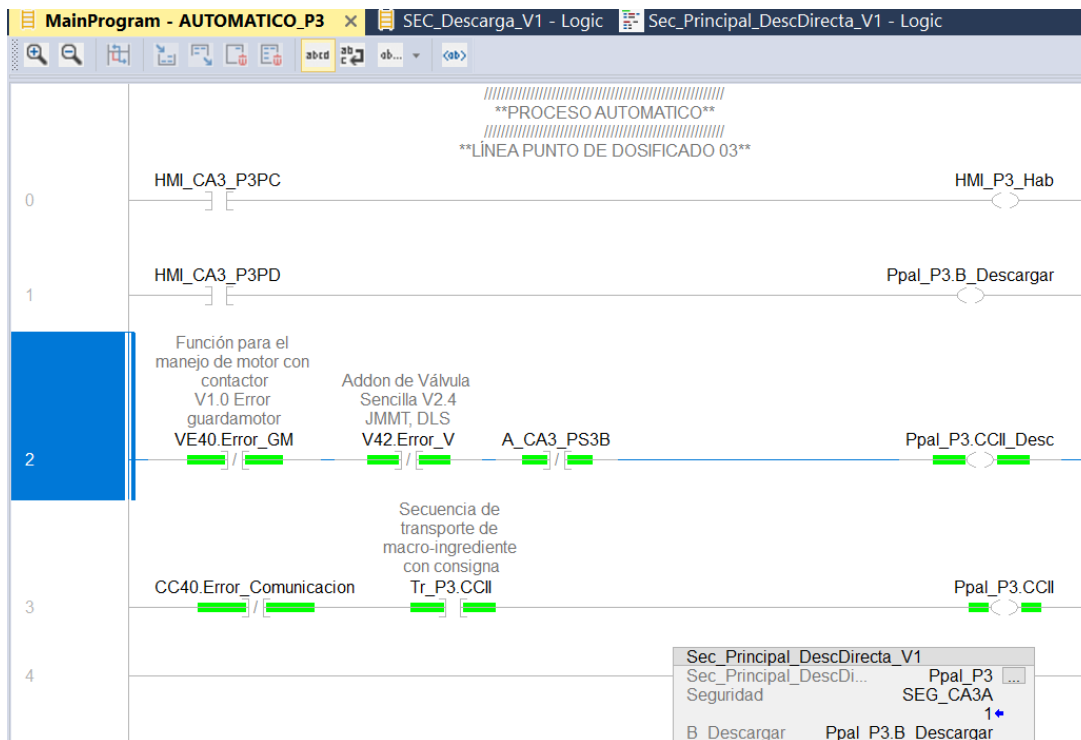


Imagen 4.18. Programación Add\_On 1. Fuente. elaboración propia

En el renglón 4, se encuentra el Add\_On de la secuencia de descarga principal de harina.

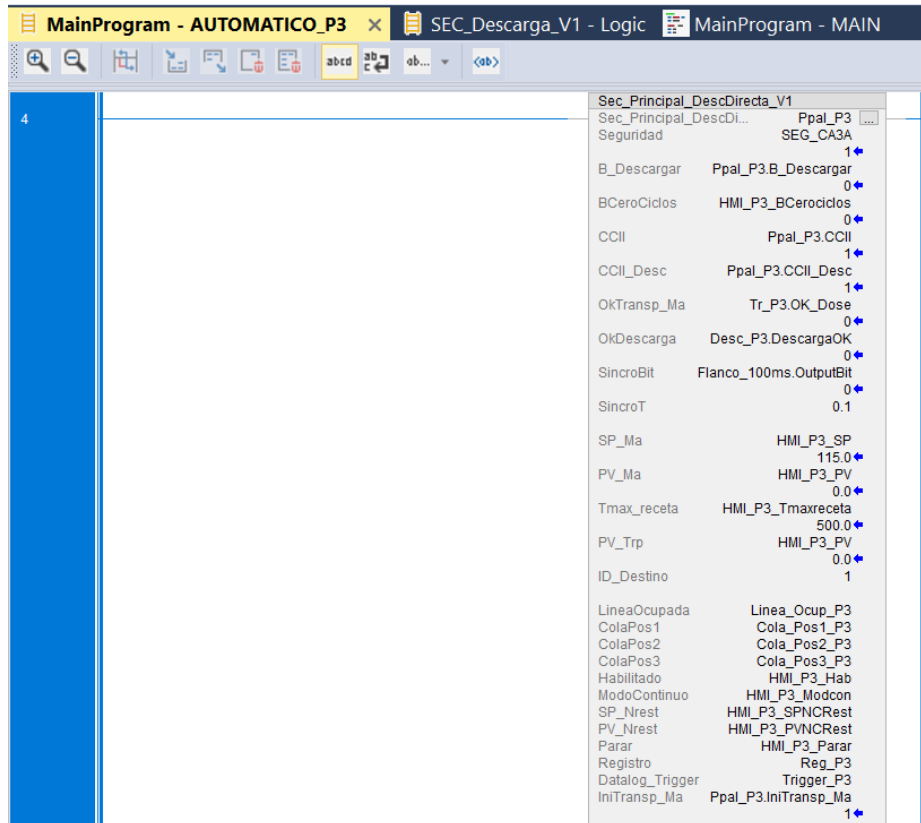


Imagen 4.19. Subrutina Automático\_P3 . Fuente. elaboración propia

Se da clic izquierdo en el bloque **Add\_On**, se selecciona la opción de Open Instruction Logic para ver la lógica interna del bloque.

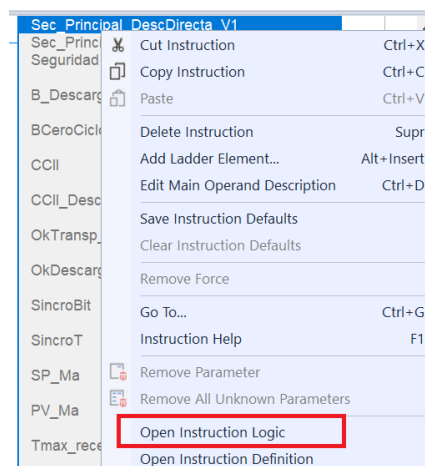


Imagen 4.20. Open Instruction Logic. Fuente. elaboración propia

La programación del bloque **Add\_On** está en texto estructurado.

```
1 // Inicialización de variables
2 Aux_DLTrigger := 0;
3 Vis_Descarga := 0;
4 IniTransp_Ma := 0;
5 IniDescarga := 0;
6
7 // Número de paso actual
8 PasoActual := 0;
9
10 FOR i := 1 TO 99 DO
11   IF Paso_Activo[i] THEN
12     PasoActual := i;
13   END_IF;
14 END_FOR;
15 IF PasoActual = 0 THEN
16   Paso_Activo[0] := 1;
17   FOR i := 1 TO 99 DO
18     Paso_Activo[i] := 0;
19   END_FOR;
20 END_IF;
21
22 // TIEMPO DE PASO y Tiempo total de dosificación
23 IF SincroBit THEN
24   IF PasoActual = 0 THEN
25     FOR i := 1 TO 31 DO
26       Tiempo_Paso[i] := 0.0;
27     END_FOR;
28   ELSE
```

Imagen 4.21. Programación Add\_On 1.  
Fuente. elaboración propia

```
42 //gestión ciclos
43 IF ModoContinuo THEN
44   PV_Nrest := 1;
45 ELSIF Habilitado AND NOT ModoContinuo AND SP_Nrest>0 THEN
46   PV_Nrest := SP_Nrest;
47   //SP_Nrest := 0;
48 END_IF;
49
50 IF Parar THEN
51   ModoContinuo := 0;
52   PV_Nrest :=0;
53 END_IF;
54
55 IF BCeroCiclos THEN
56   PV_Nrest :=0;
57 END_IF;
58
59 IF PasoActual=0 AND PV_Nrest=0 THEN
60   Habilitado := 0;
61 END_IF;
62
63 IF PV_Nrest < 0 THEN
64   PV_Nrest := 0;
65 END_IF;
```

Imagen 4.22. Programación Add\_On 2.  
Fuente. elaboración propia

### c) Revisión de HMI de descarga de harina

El personal de mantenimiento de la planta proporcionó el respaldo de la pantalla que controla la descarga de harina a la mezcladora, cuyo modelo de la pantalla es un PanelView plus 1000 perf 7, y el software que se utilizó para realizar las modificaciones es FactoryTalk View Studio 12.00.



Imagen 4.23. FactoryTalk View Studio. [29]

El respaldo de la pantalla su tipo de archivo es .mer , donde se tendrá que crear la aplicación runtime para poder abrir el respaldo en FactoryTalk

En la pestaña de Tools, se selecciona la opción de Application Manager.

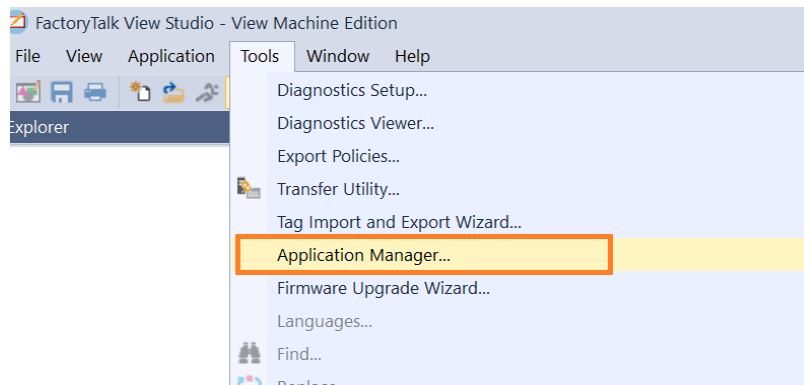


Imagen 4.24. Application Manager . Fuente. elaboración propia

Y después se selecciona la opción **Restore runtime application**

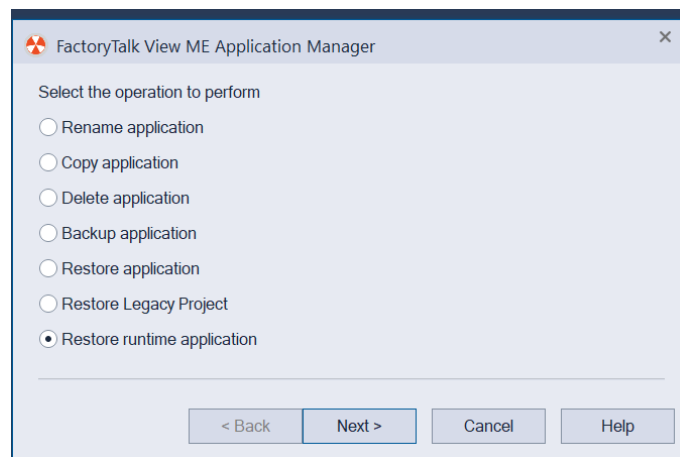


Imagen 4.25. Restore runtime application. Fuente. elaboración propia

Se da la opción de Next> y selecciona el cuadro con los tres puntos.

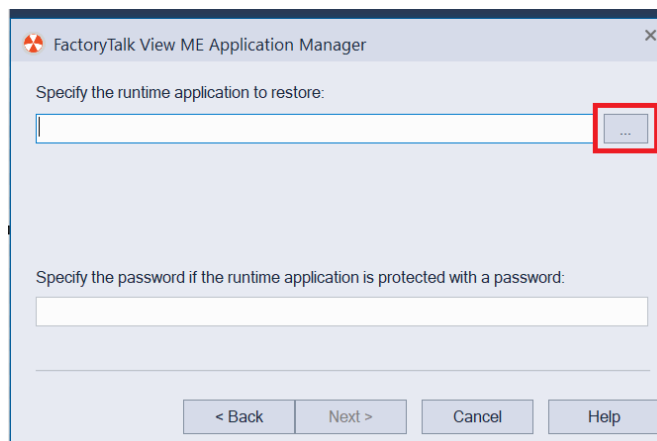


Imagen 4.26. Specify runtime application. Fuente. elaboración propia



Se selecciona el archivo de tipo .mer, para poder crear el runtime del proyecto.

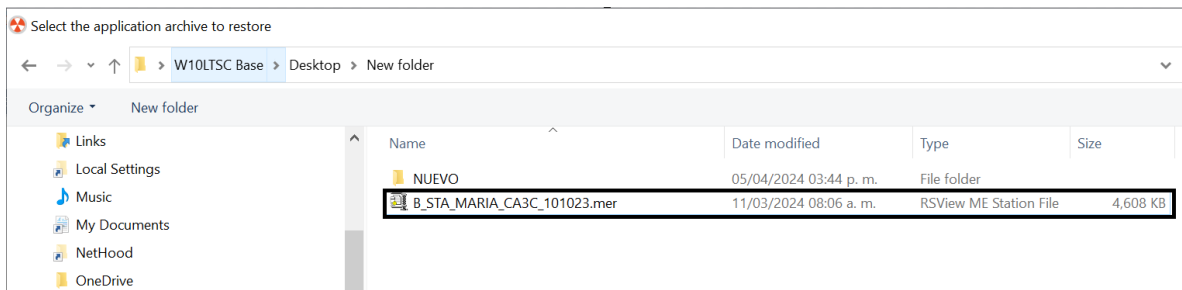


Imagen 4.27. Respaldo HMI. Fuente. elaboración propia

Se vuelve a abrir el software de FactoryTalk View y se selecciona la opción View Machine Edition.

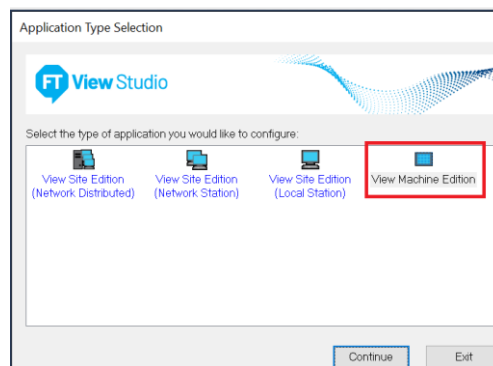


Imagen 4.28. Vista principal proyecto factory talk. Fuente. elaboración propia

Se selecciona el respaldo con el nombre B\_STA\_MARIA\_CA3C

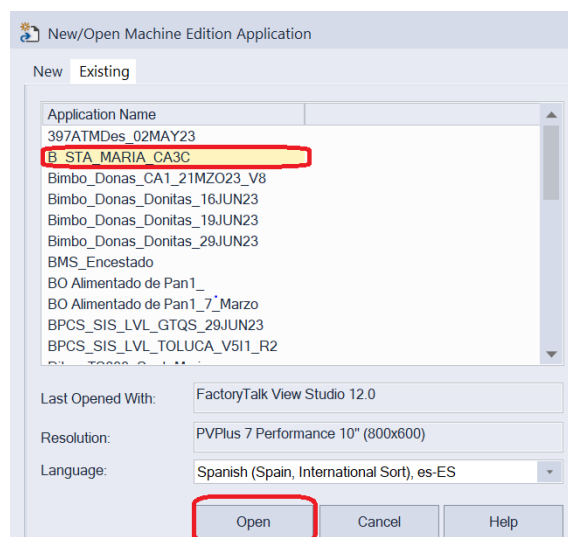


Imagen 4.29. Open Machine Edition Application. Fuente. elaboración propia

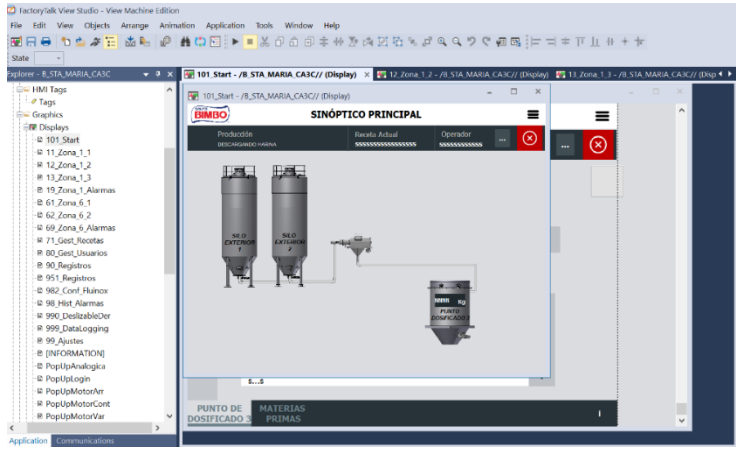


Imagen 4.30. Vista principal proyecto factory talk. Fuente. elaboración propia

En el árbol del proyecto en la sección de Displays , son las pantallas diseñadas y programas para la aplicación de la máquina, en el display Zona 1\_3 es la pantalla donde se realiza el control de descarga y carga de harina.

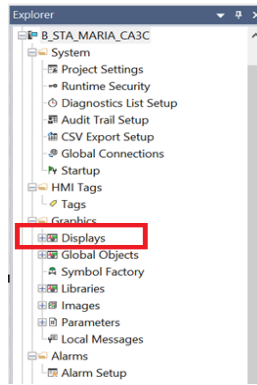


Imagen 4.31. Displays. Fuente. elaboración propia

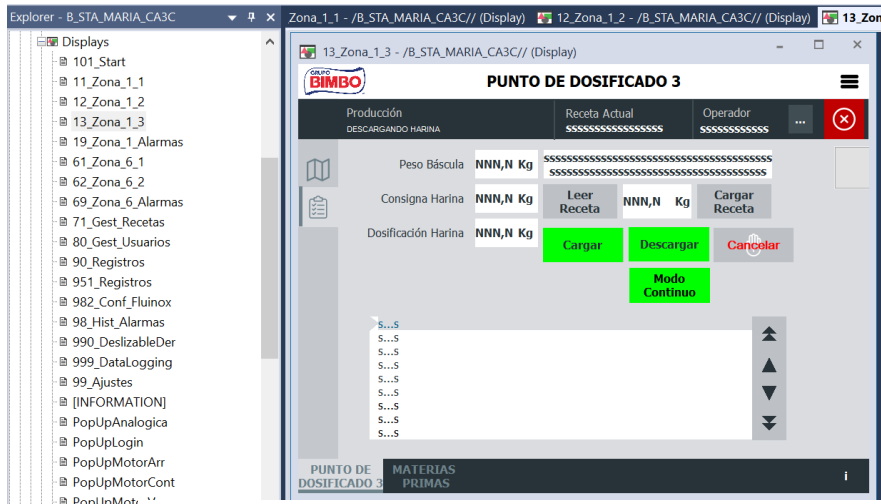


Imagen 4.32. Display 13\_Zona\_1\_3. Fuente. elaboración propia



Imagen 4.33. Vista Display Zona\_1\_3. Fuente. elaboración propia

En la pantalla se observan 3 botones de color verde que son **carga**, **descarga** de harina y **modo continuo**, si el operador solo quiere cargar y descargar una vez solo usa los botones de verdes cargar y descargar , pero si quiere un modo continuo que cargue y descargue de manera continua presiona el botón verde modo continuo.

#### d) Modificación en programa PLC para control de descargas y cargas de harina

La subrutina Automático\_P3 en el reglon 4 donde se encuentra el bloque Add\_On **Sec\_Principal\_DescDirecta\_V1** es la que realiza el control de carga y descarga de la tolva a la mezcladora.

```

43 //////////////////////////////////////////////////*****Gestión ciclos*****////////////////////////////////////
44
45 //PV_Nrest es el numero de batches restantes para completar el setpoint
46 //SP_Nrest es el setpoint de batches solicitados
47
48 IF ModoContinuo THEN
49     PV_Nrest := 1;
50 ELSIF Habilitado AND NOT ModoContinuo AND SP_Nrest>0 THEN
51     PV_Nrest := SP_Nrest;
52
53 END_IF;

```

Imagen 4.34. Rutina Add\_On en texto estructurado. Fuente. elaboración propia

El tag **PV\_Nrest** es el valor restante de batches solicitados, y el tag **SP\_Nrest** es el setpoint que el operador ingresa para solicitar tal número de batches.

Si el botón de continuo está habilitado le manda valor de 1 a PV\_Nrest, si no está habilitado y el tag Habilitado y si el valor del tag SP\_Nrest es mayor a 0, el valor del SP\_Nrest será el valor de PV\_Nrest.

Con base en el programa del PLC, el proceso de carga y descarga consta de 6 pasos.

```

78 // ----- TRANSICIONES -----
79
80 IF Seguridad THEN
81
82 // P0->P1,5: Start
83 IF Paso_Activo[0] THEN
84 IF PV_Nrest > 0 AND CCII AND SP_Ma > 0.0 THEN //AND LineaOcupada<>ID_Destino AND (
85 //ColaPos3 := ID_Destino;
86 //ELSIF PV_Nrest > 0 AND CCII AND SP_Ma > 0.0 THEN //AND LineaOcupada=ID_Destino
87 Paso_Activo[0] := 0;
88 Paso_Activo[1] := 1;
89 Tiempo_Paso[1] := 0.0;
90 PV_Ma := 0.0;
91 ELSIF B_Descargar AND CCII_Desc THEN
92 Paso_Activo[0] := 0;
93 Paso_Activo[5] := 1;
94 Tiempo_Paso[5] := 0.0;
95 END_IF;
96
97 END_IF;

```

Imagen 4.35. Paso 0-1. Fuente. elaboración propia

```

99 // P1->P2: Registro de FH inicio realizado. Carga de SP (receta)
100 IF Paso_Activo[1] AND Tiempo_Paso[1]>0.5 THEN
101 IniFechaHora.Year := FH_Temp.Year;
102 IniFechaHora.Month := FH_Temp.Month;
103 IniFechaHora.Day := FH_Temp.Day;
104 IniFechaHora.Hour := FH_Temp.Hour;
105 IniFechaHora.Minute := FH_Temp.Minute;
106 IniFechaHora.Second := FH_Temp.Second;
107 Paso_Activo[1] := 0;
108 Paso_Activo[2] := 1;
109 Tiempo_Paso[2] := 0.0;
110
111 END_IF;

```

Imagen 4.36. Paso 1-2. Fuente. elaboración propia

```

113 // P2->P4 Macro 1 Ok.
114 IF Paso_Activo[2] AND (OkTransp_Ma) THEN
115 Paso_Activo[2] := 0;
116 Paso_Activo[4] := 1;
117 Tiempo_Paso[4] := 0.0;
118 LineaOcupada := 0;
119
120 //Desplazamiento de registros
121 FOR i := 48 TO 0 BY -1 DO
122 CopiaFH(CopiaFH_Ini_i,Registro[i].FH_inicio,Registro[i+1].FH_inicio);
123 CopiaFH(CopiaFH_Fin_i,Registro[i].FH_fin,Registro[i+1].FH_fin);
124 Registro[i+1].SP_HARINA := Registro[i].SP_HARINA;
125 Registro[i+1].PV_HARINA := Registro[i].PV_HARINA;
126 END_FOR;
127

```

Imagen 4.37. Paso 2-4. Fuente. elaboración propia

```

140 // P4->P5: iniciar descarga
141 IF Paso_Activo[4] AND B_Descargar THEN
142     Paso_Activo[4] := 0;
143     Paso_Activo[5] := 1;
144     Tiempo_Paso[5] := 0.0;
145
146 END_IF;

```

Imagen 4.38. Paso 4-5. Fuente. elaboración propia

```

// P5->P6: Sólidos descargados
IF Paso_Activo[5] AND OkDescarga THEN
    Paso_Activo[5] := 0;
    Paso_Activo[6] := 1;
    Tiempo_Paso[6] := 0.0;

```

Imagen 4.39. Paso 5-6. Fuente. elaboración propia

```

156 // P6>P0: descarga finalizada
157 IF Paso_Activo[6] AND Tiempo_Paso[6]>=0.0 THEN
158     Paso_Activo[6] := 0;
159     Paso_Activo[0] := 1;
160     Tiempo_Paso[0] := 0.0;
161     Parar := 0;
162     PV_Nrest := PV_Nrest - 1;
163     Fin_RH := 1;
164 END_IF;

```

Imagen 4.40. Paso 6-0. Fuente. elaboración propia

En la transición del paso 6 al paso 0 en el renglón 162, realiza el descuento del PV\_Nrest, se concluye que la lógica para la programación de batches a partir de un setpoint ya estaba establecida en el PLC pero en la HMI no están habilitados la entrada numérica para el setpoint de batches y el visualizador numérico de los batches restantes.



### e) Modificación en pantalla HMI para control de descargas y cargas de harina

Se consultó la referencia bibliográfica [30] para el diseño HMI.

Se colocó en la pantalla una entrada de texto numérico el cual será el setpoint de batches de harina, donde el operador colocará el número de cargas y descargas automáticas (batches) que solicite de acuerdo a la cantidad de producción del turno actual. Y del lado derecho se colocó un indicador numérico mostrando el número de batches restantes que faltan para alcanzar al número de batches ingresadas en el setpoint.

Donde SP ciclos es el setpoint y PV ciclos es la cantidad restante de batches que faltan para alcanzar el SP ciclos.

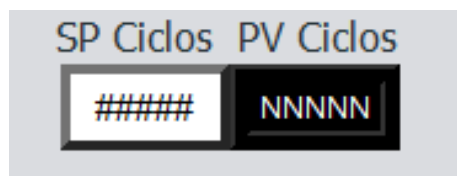


Imagen 4.41. SP Ciclos- PV Ciclos. Fuente. elaboración propia

Para crear el objeto SP Ciclos se agregó la entrada numérica, en la barra de herramientas superior, en la opción de **Objects**, se selecciona **Numeric and String** y se selecciona **Numeric Input Enable**.

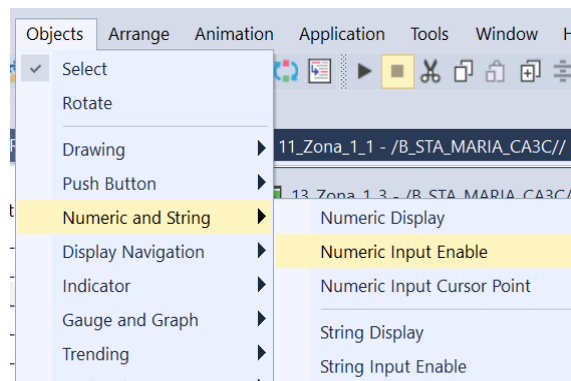


Imagen 4.42. Numeric Input Enable. Fuente. elaboración propia

Después de agregar el objeto, en las propiedades de Connections en el valor value se coloca el tag **HMI\_P3\_SPNCRest** del PLC donde va a escribir el número que sea ingresado en el **Numeric Input Enable**.

Numeric Input Enable Properties ×

Connections					Common	General	Label	Numeric	Timing	E-Signature
Name		Tag / Expression				Tag	Exprn			
Value	→	[[PLC1]HMI_P3_SPNCRest]				...				
Optional Exp	→						...			
Enter	→						...			
Enter Handshake	←						...	...		
Minimum	←						...	...		
Maximum	←						...	...		

Imagen 4.43. Value Numeric Input Enable. Fuente. elaboración propia

Para crear el objeto PV Ciclos se agregó un visualizador numérico en la barra de herramientas superior, en la opción de **Objects** , se selecciona **Numeric and String** y después se selecciona **Numeric Display**.

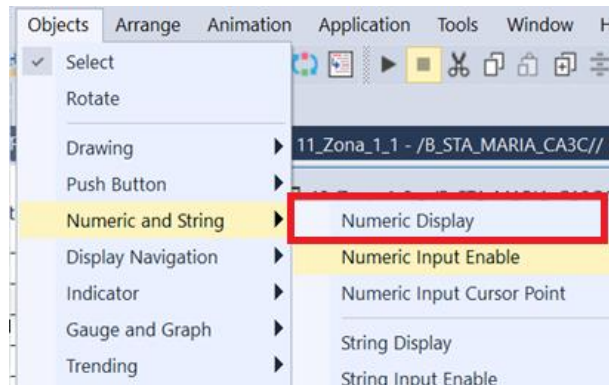


Imagen 4.44. Numeric Display. Fuente. elaboración propia

Después de agregar el objeto, en las propiedades de Connections en la opción value se coloca el tag **HMI\_P3\_PVNCRest** del PLC donde va a leer el valor que tenga éste y será visualizado en el numeric display PV Ciclos.

Numeric Display Properties ×

Connections					Common	General
Name		Tag / Expression			Tag	Exprn
Value	←	[[PLC1]HMI_P3_PVNCRest]			...	...
Polarity	←				...	...

Imagen 4.45. Value Numeric Display. Fuente. elaboración propia



Y se selecciona la ruta donde se guardará el Runtime , que es un archivo tipo .mer.

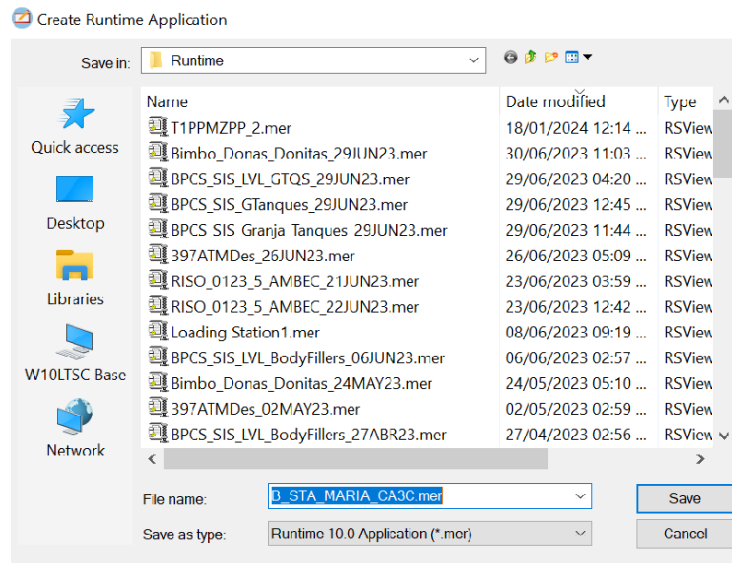


Imagen 4.48. Runtime Location. Fuente. elaboración propia

Para cargar el runtime al HMI se usó el software Transfer Utility. La pestaña Download es para transferir el proyecto al HMI. Luego en Source File se elige la aplicación runtime que se creó, y en la parte de Select destination terminal se selecciona la HMI a la cual se va a transferir la aplicación.

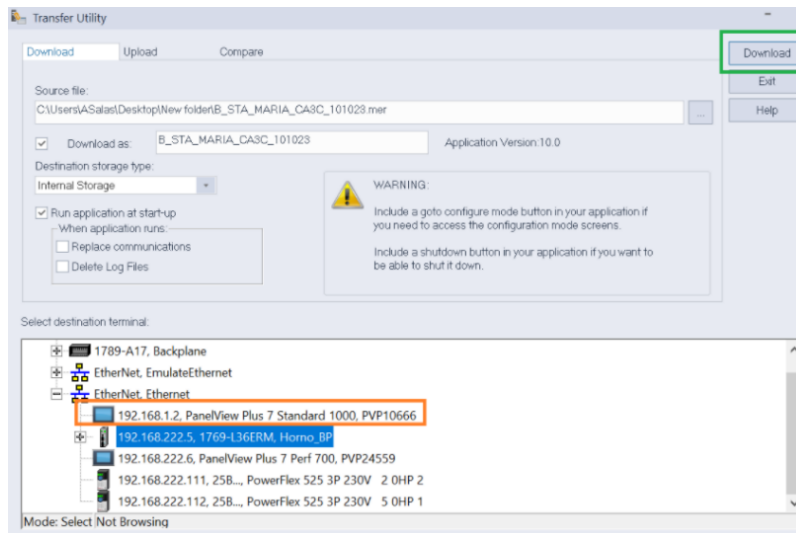


Imagen 4.49. Transfer utility. Fuente. elaboración propia

## 4.4 Resultados

Se realizó un puesta en marcha exitosa, se realizaron pruebas con un SP Ciclos de 4 batches para probar , debido a que si por alguna ocasión pasaba algo, la harina que se descargara para pruebas sería baja de producción lo que representaría una pérdida de producto para planta. La programación del control de batches ya estaba realizada en el PLC así que solo se hizo la modificación en la HMI.

De esta manera la empresa tendrá un mejor control de su proceso, debido a que toda esa información de número de batches actuales, programados, ID de producto, fecha y receta, se envía a una base de datos a una PC industrial.

## **V. Proyecto: Integración de tren de alimentación de Roles de canela en una envolvedora**

### **5.1 Antecedentes**

El proyecto se realizó en la misma planta del proyecto anterior, en el área de roles se cuenta con 4 máquinas envolvedoras, cuya su función es envolver colchones , roles y colchones en paquetes de 2,3 y 6 piezas. Una de estas 4 envolvedoras no funcionaba debido a que en el año 2013 dejó de funcionar dos de sus cinco servodrives que conforman el tren de alimentación, el cual estos equipos son de la marca Festo y ya equipos obsoletos. Rockwell Automation les propuso migrar toda la parte de control de la envolvedora de Festo a Rockwell Automation, pero solo migraron la parte de la envolvedora, pero el tren de alimentación no se migró en ese tiempo. Planta decide de nuevo arrancar esa envolvedora le propone a SINCI que realice la programación y puesta en marcha del tren de alimentación.

### **5.2 Objetivo**

Integrar cinco servodrives que conforman el tren de alimentación para alimentar de producto a la máquina envolvedora.



## 5.3 Desarrollo

### a) Estructura mecánica tren alimentación-envolvedora

El tren de alimentación consiste en cinco bandas transportadoras, cada transportador tiene su transmisión mecánica con su respectivo servomotor.



Imagen 5.1. Layout sistema envolvedora-tren de alimentación. Fuente. elaboración propia

Las envolvedoras son máquinas que se utilizan para envolver un producto en proceso de embalaje. Permite mejorar la protección del material durante el transporte, ya que el envoltorio actúa como una capa de protección que aísla el producto de los agentes externos.



Imagen 5.2. máquina envolvedora. Fuente. elaboración propia

El tren de alimentación son 5 transportadoras de diferentes longitudes, el cual transportan el producto hacia la envolvedora. (Ver imagen 5.3 y 5.4)



Imagen 5.3. Tren alimentación 1. Fuente. elaboración propia

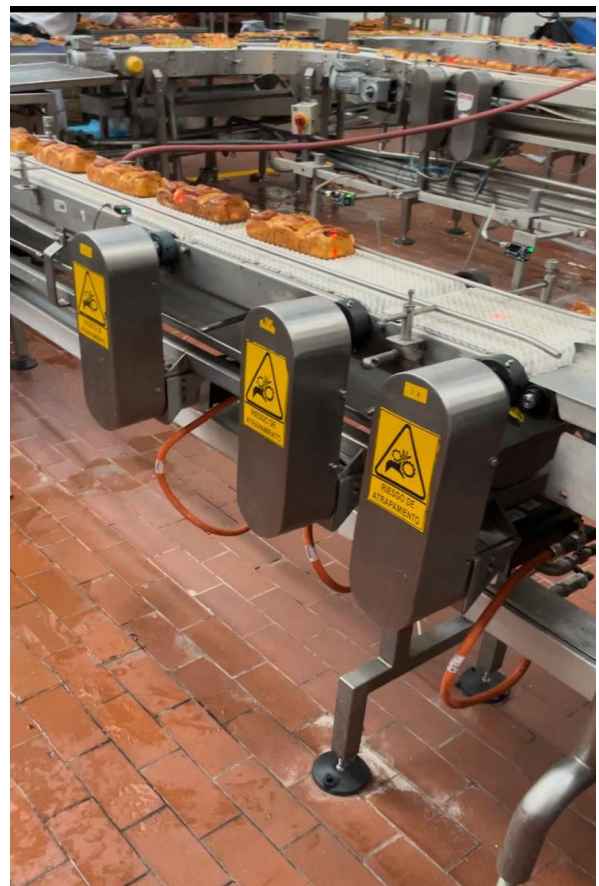


Imagen 5.4. Tren alimentación 2. Fuente. elaboración propia

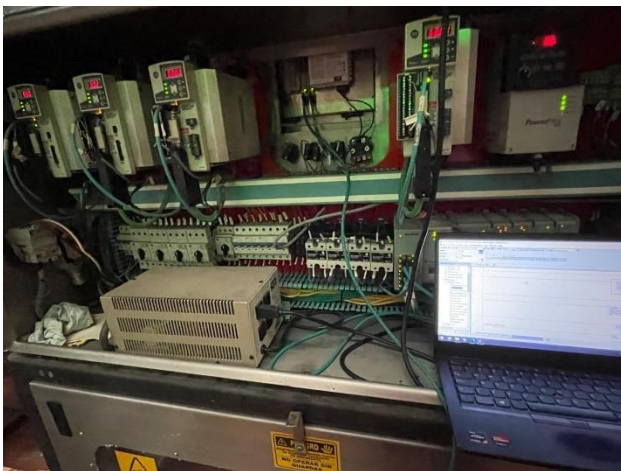


Imagen 5.5. Sistema control envolvedora- Kinetix 350. Fuente. elaboración propia

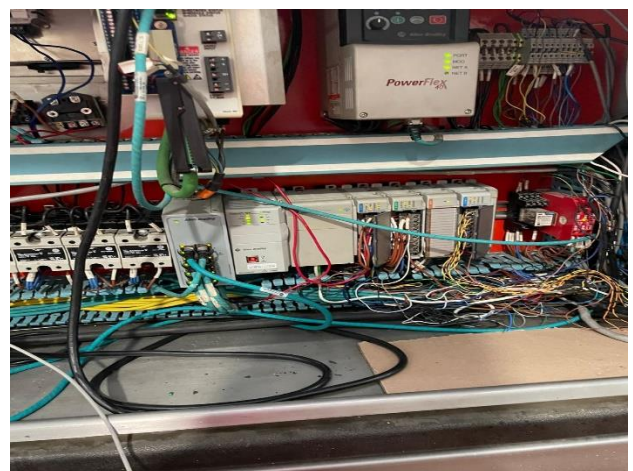


Imagen 5.6. PLC L36ERM Envolvedora. Fuente. elaboración propia





Imagen 5.7. Alimentación Roles a líneas envolveras.  
Fuente. elaboración propia



Imagen 5.8. Servodrive Kinetix 5500 Tren de alimentación.  
Fuente. elaboración propia



Imagen 5.9. Tren alimentación- Envolvedora. Fuente. elaboración propia

En la banda transportadora azul es donde principia la envolvedora, donde cada rol está en el espacio adecuado entre cada separador de la cadena para que se envuelva de manera correcta. (Ver imagen 5.9)

El rol sigue recorriendo en el transportador hasta llegar a la etapa de envoltura. (Ver imagen 5.10 -5.13)



Imagen 5.10. Entrada envolvedora. Fuente. elaboración propia

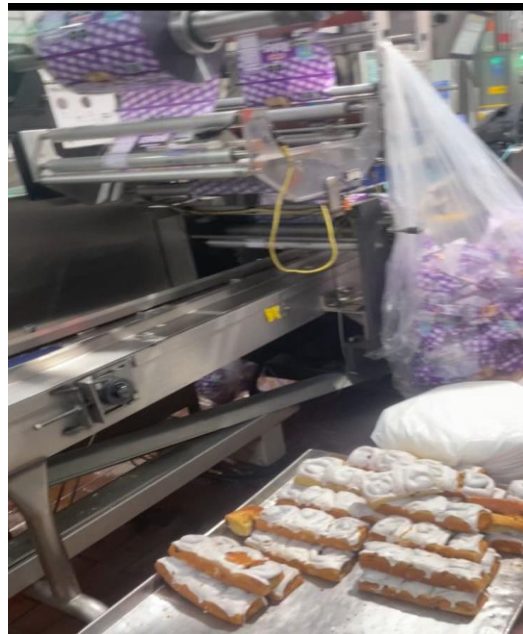


Imagen 5.11. Entrada envolvedora 2. Fuente. elaboración propia



Imagen 5.12. Transportador 1- Entrada envolvedora 2. Fuente. elaboración propia



Imagen 5.13. Transportador 1- Envolvedora. Fuente. elaboración propia



## b) Programación PLC: Integración Kinetix 5500

Se consultó la referencia bibliográfica [31] para la programación de los servodrivres Kinetix 5500.

La envolvente actualmente tiene Rockwell Automation en la parte de PLC, HMI y Servodrivres. Tiene un PLC Compactlogix L36ERM, una HMI PanelView 1000 Perf 7, dos variadores de velocidad PowerFlex 40 y cuatro servodrive Kinetix 350.

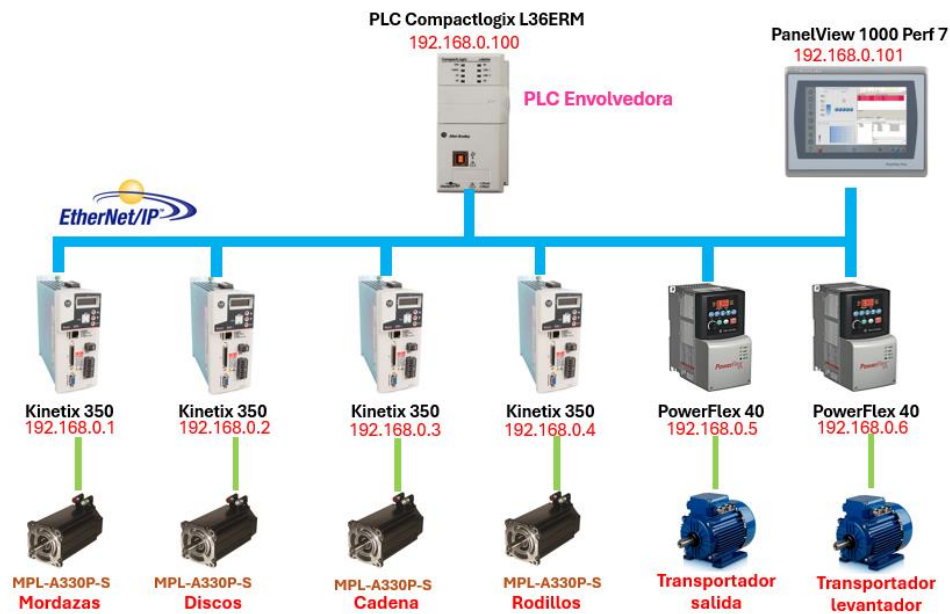


Imagen 5.14. Red ethernet/ip envolvente. Fuente. elaboración propia

Para la implementación del control de movimiento en el tren de alimentación se agregaron cinco servodrivres Kinetix 5500 a la red ethernet/ip del sistema de la envolvente.

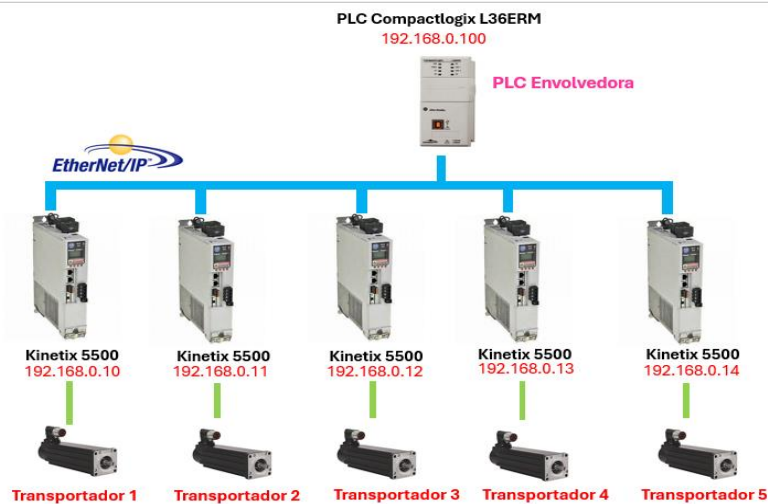


Imagen 5.15. Red ethernet/ip tren alimentación. Fuente. elaboración propia



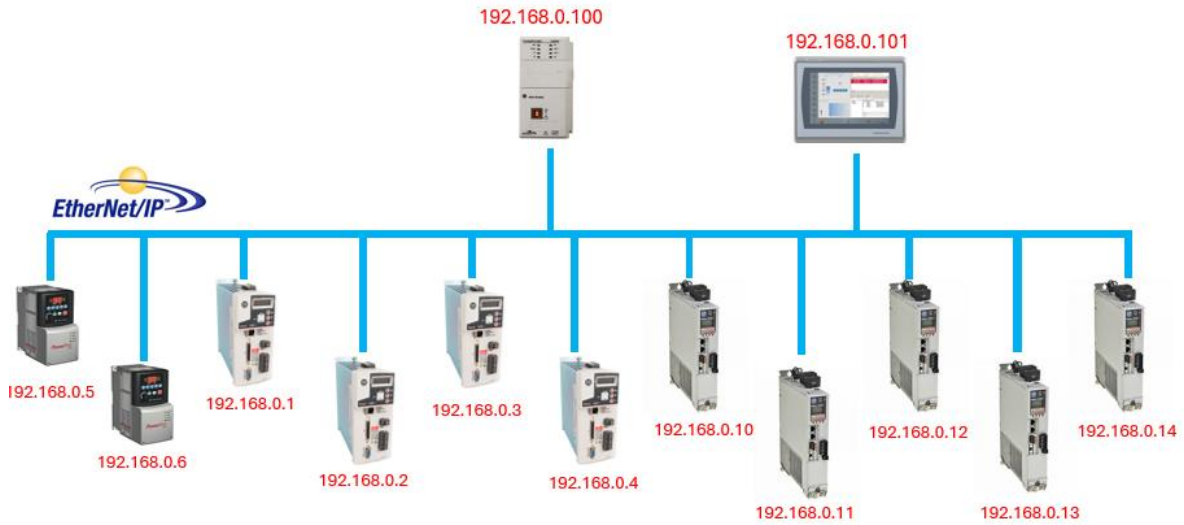


Imagen 5.16. Red ethernet/ip envolvente-tren alimentación. Fuente. elaboración propia

El equipo de mantenimiento de planta proporcionó el respaldo del programa del PLC de la envolvente.

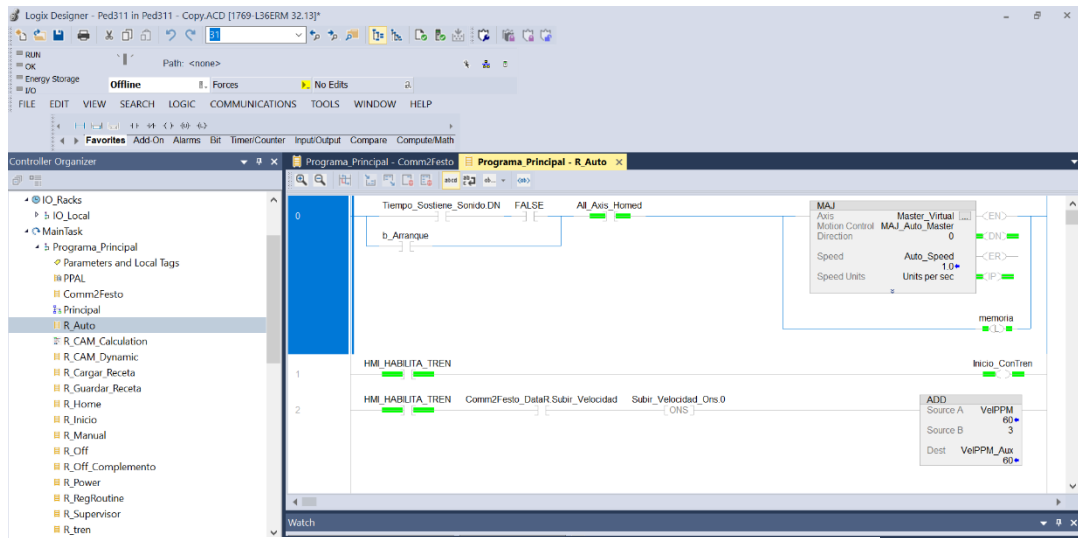


Imagen 5.17. Vista principal proyecto envolvente. Fuente. elaboración propia

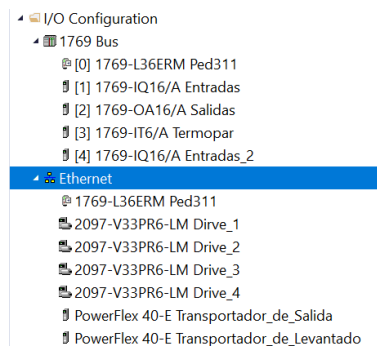


Imagen 5.18. Red ethernet/ip. Fuente. elaboración propia

Se tienen en red cuatro servodrivres Kinetix 350, cuyo número de parte es 2097-V33PR6-LM, y dos variadores PowerFlex 40. Se realizó la nueva integración de los nuevos nodos en la red Ethernet/ip.

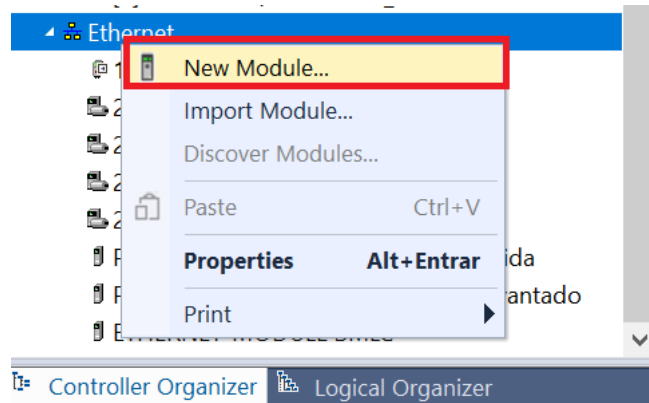


Imagen 5.19. Red ethernet/ip. Fuente. elaboración propia

El número de parte del servodrive Kinetix 5500 es 2198-H040-ERS, el cual se ingresa en el catálogo.

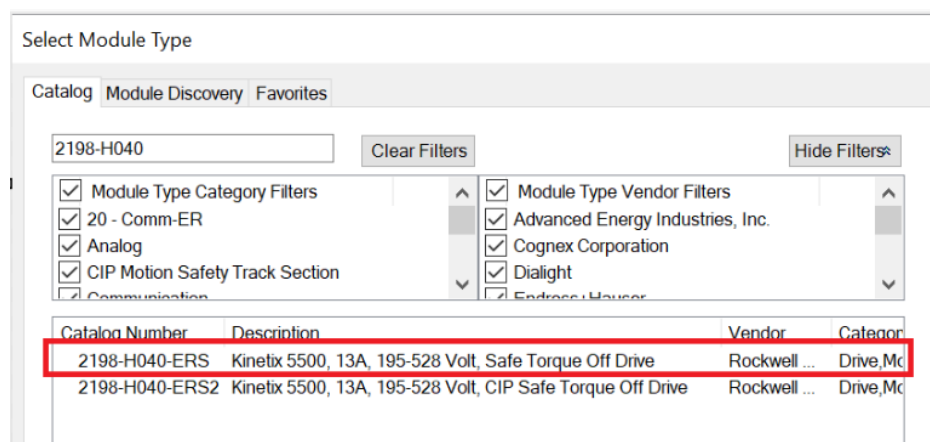


Imagen 5.20. Catálogo Select Modulo Type. Fuente. elaboración propia

Se le asigna el nombre Drive 5 y la dirección IP 192.168.0.10 para el transportador 1.

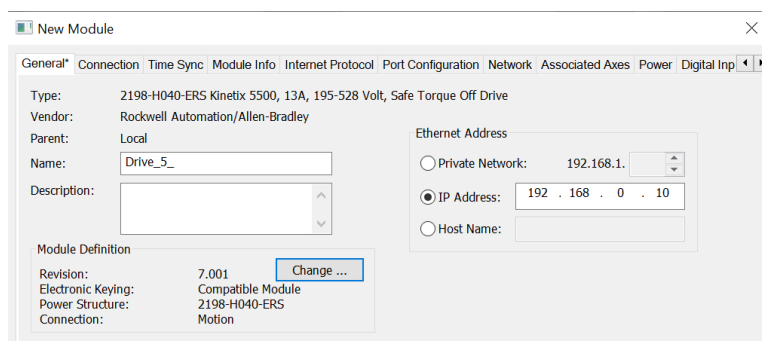


Imagen 5.21. Settings New Module. Fuente. elaboración propia

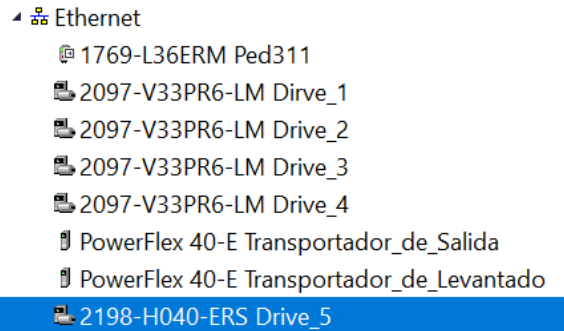


Imagen 5.22. Drive 5 Ethernet/IP. Fuente. elaboración propia

Se realizó el mismo procedimiento para añadir los otros cuatro servodrive restantes.

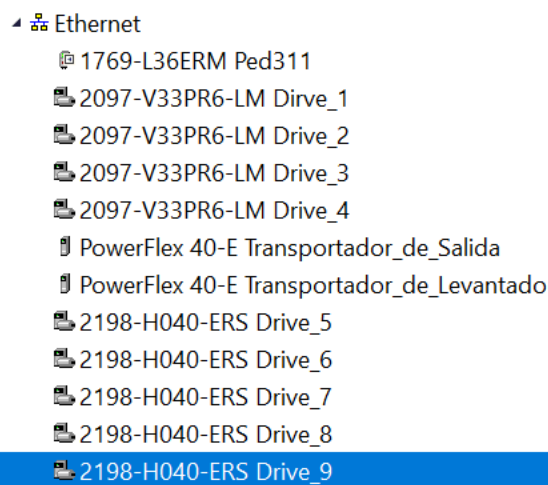


Imagen 5.23. Tren de alimentación en ethernet/ip. Fuente. elaboración propia

La tecnología de los Kinetix 5500 llamada CIP Motion, permite realizar la programación y configuración de los servodrive directamente en el software Studio 5000, el cual en el árbol del proyecto en la sección de Motion Groups permite agregar ejes de movimiento, donde se realiza la asignación de servomotor, configuración, autotuning, alarmas, etc.

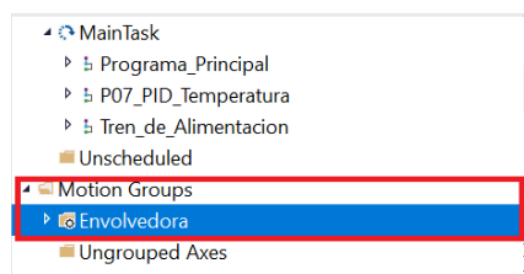


Imagen 5.24. Motion groups. Fuente. elaboración propia

El proyecto ya tiene creado un grupo de movimiento llamado **Envolvedora**, donde tiene los ejes creados.

- └─ Motion Groups
  - └─ Envolvedora
    - └─ Cadena
    - └─ Discos
    - └─ Master\_Virtual
    - └─ Mordazas
    - └─ Rodillos

Imagen 5.25. Motion groups – envolvedora. Fuente. elaboración propia

Los ejes (servomotores) que contiene una envolvedora son **cadena, discos, mordazas y rodillos**, el eje **Master\_Virtual** es un eje virtual el cual puede simular un servomotor o encoder en Studio 5000.

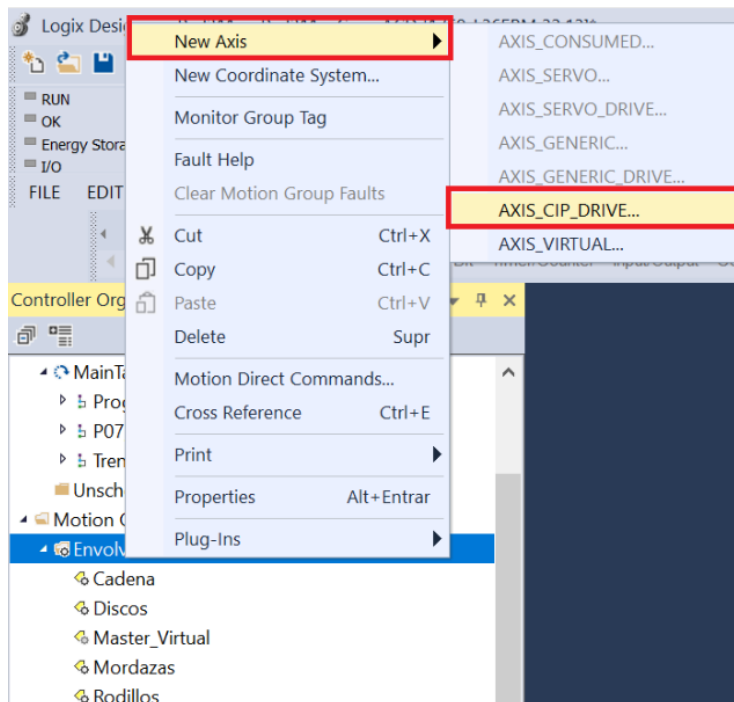


Imagen 5.26. Motion groups – envolvedora. Fuente. elaboración propia

Se agrega un nuevo eje de tipos **AXIS\_CIP\_DRIVE**, con el nombre de **Transportador\_1** y automáticamente se agregará un nuevo eje con el nombre de **Transportador\_1**.

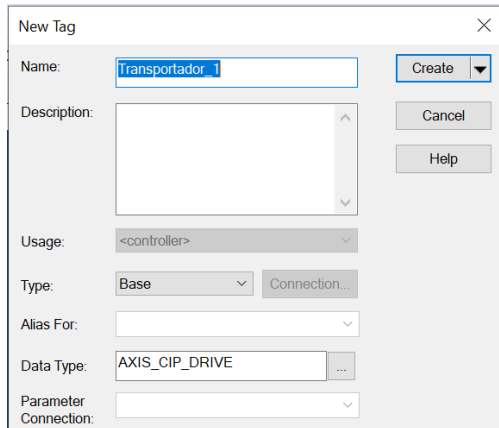


Imagen 5.27. New Tag CIP DRIVE. Fuente. elaboración propia

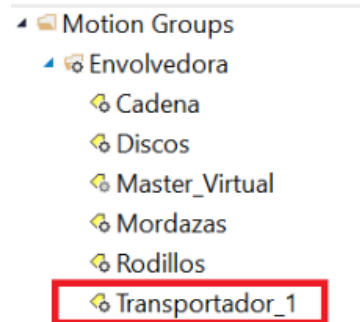


Imagen 5.28. Transportador\_1. Fuente. elaboración propia

En propiedades del eje **Transportador\_1** en el apartado general se configuró el eje para un control de posición, con una retroalimentación por encoder y una aplicación básica con una respuesta media. Donde en **Associated Module** se asigna el Servodrive con el nombre **Drive\_5** que se le asignó en la red Ethernet/ip.

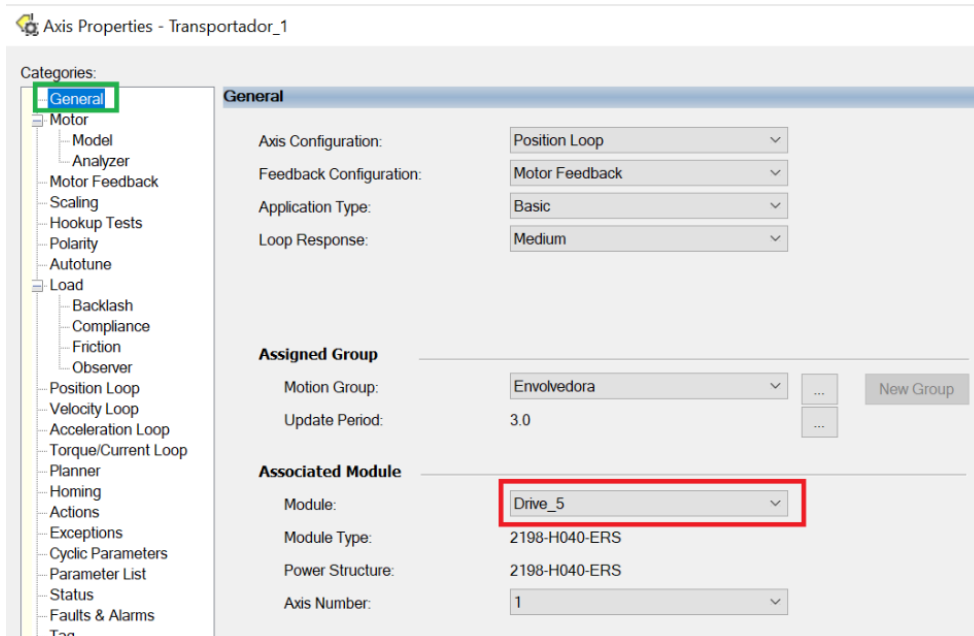


Imagen 5.29. Axis properties general. Fuente. elaboración propia



En la parte de **motor**, se introduce el número de modelo del servomotor el cual es VPL-B1003T-P, al seleccionar el modelo automáticamente carga los valores de potencia, voltaje, corriente, torque y velocidad.

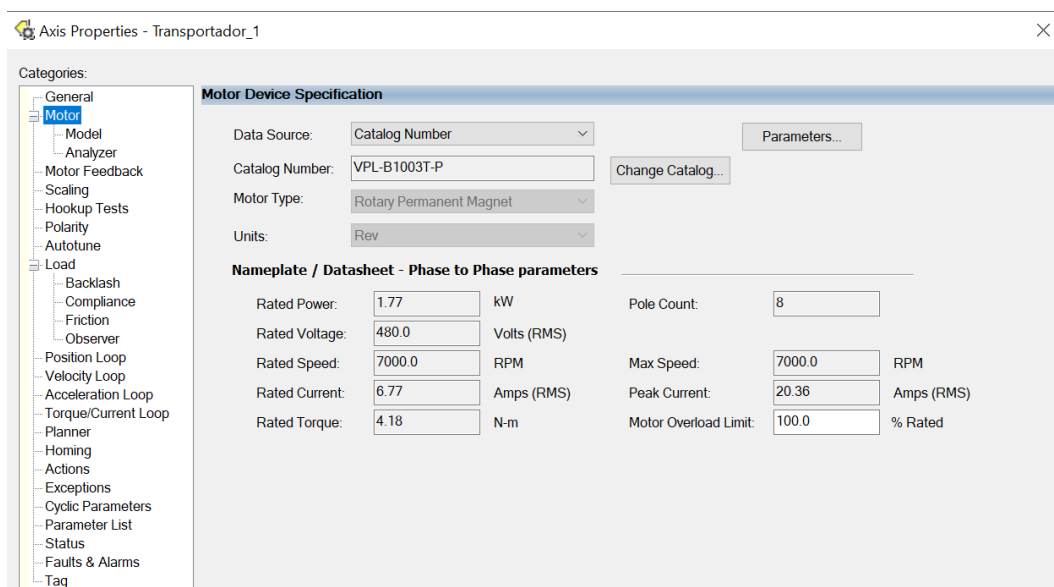


Imagen 5.30. Motor properties. Fuente. elaboración propia

En la parte de **feedback**, automáticamente se agrega el encoder que es de tipo incremental con una resolución de 262,144 cuentas por revolución.

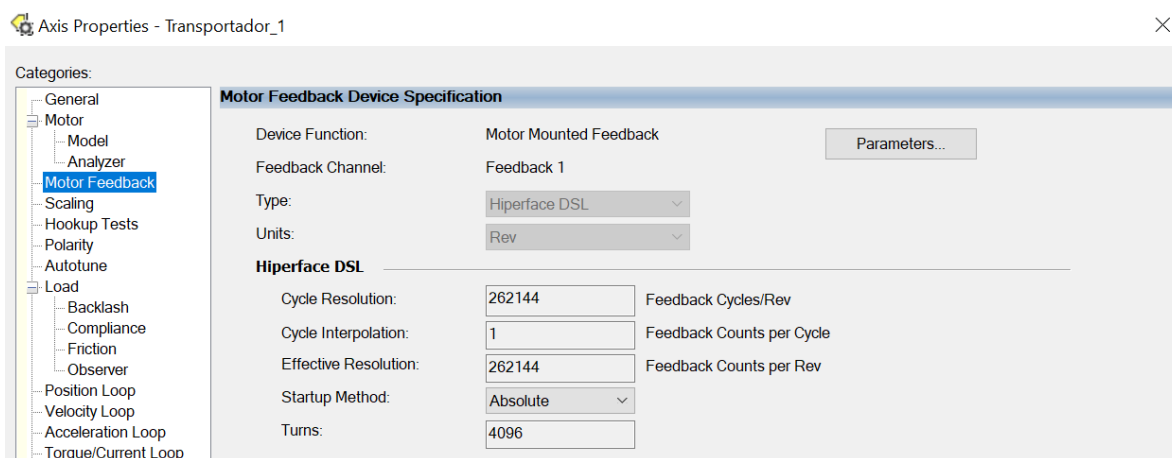


Imagen 5.31. Feedback properties. Fuente. elaboración propia

En la parte de **Scaling** se configura la relación de distancia de la transmisión acoplada al servomotor y un juego de polea dentada acoplada a la banda transportadora. Y así configurar la distancia que se va a mover la banda transportadora cada que dé una vuelta el servomotor.

En **Load Type** se selecciona una transmisión rotatoria, en **Transmission** en la parte de **Ratio I:O**, se refiere a cuantas vueltas da el eje del servomotor para que dé una vuelta la transmisión. En este caso tiene una transmisión 5:1, el servomotor va a girar cinco vueltas para que la transmisión dé una vuelta.

En **Scaling** en la parte de **Units** se configuran las unidades de medida donde se medirá la distancia recorrida de la banda la cual son milímetros (mm), en **Scaling** se introduce el valor de unidades que recorre cada que da una revolución la transmisión, el cual son 18 milímetros.

En **Travel** se configura modo **Cyclic** para que el valor actual de la posición sea igual al valor configurado en **Unwind** de la posición de reinicio a 0, en **Unwind** es el valor de la longitud de la banda transportadora 1, que mide 600 mm.

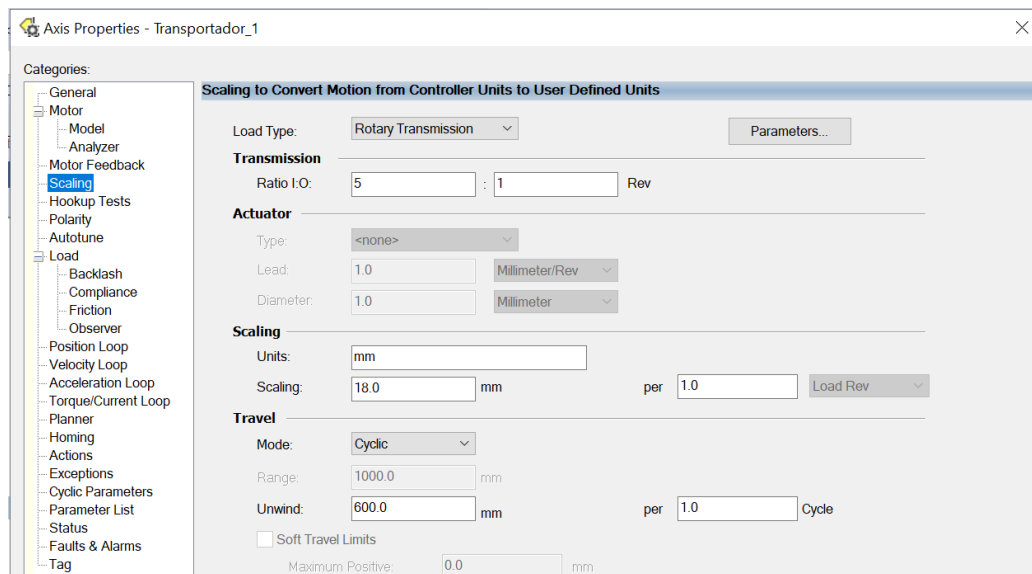


Imagen 5.32. Scaling properties. Fuente. elaboración propia

En la parte de autotuning, Se refiere a un proceso mediante el cual se ajustan automáticamente los parámetros de control del servomotor para optimizar su rendimiento y precisión en función de las condiciones específicas de carga y operación.

Al hacer el autotuning el servomotor acoplado a la transmisión se comenzará a mover poco esto con el fin de ir calculando la corriente y voltaje a través de las ganancias para la aplicación que se requiere. Esto con el fin de mitigar las vibraciones y ruido a altas frecuencias de trabajo y así prolongar la vida útil del servomotor.

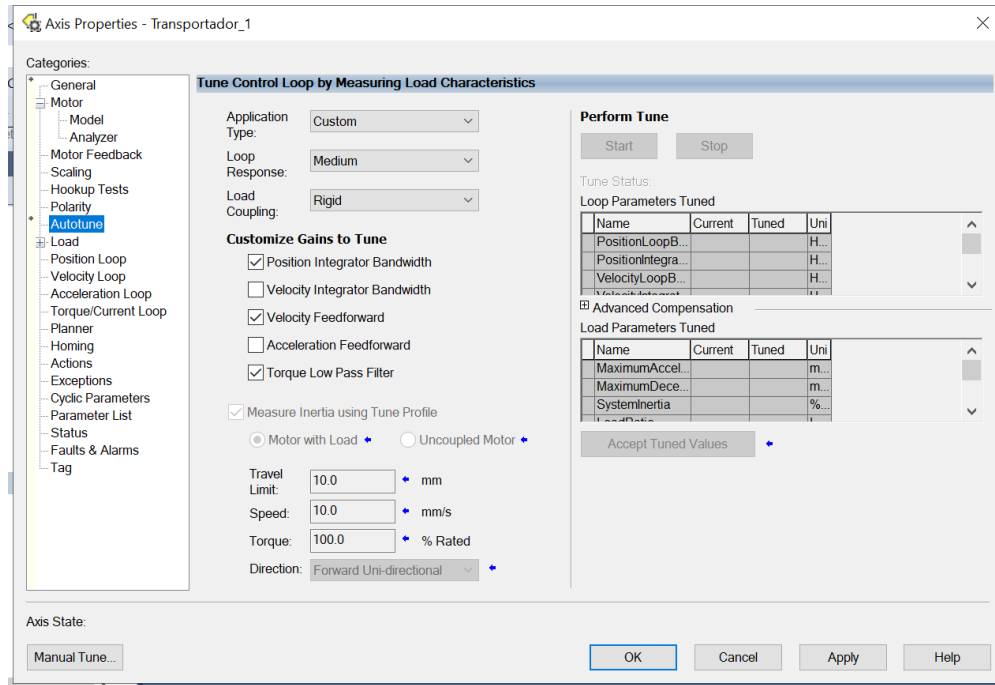


Imagen 5.33. Autotune. Fuente. elaboración propia

En la sección **Planner** se muestran los valores de máxima velocidad, aceleración, desaceleración, aceleración jerk y desaceleración jerk, estos se calculan con base al autotuning del eje.

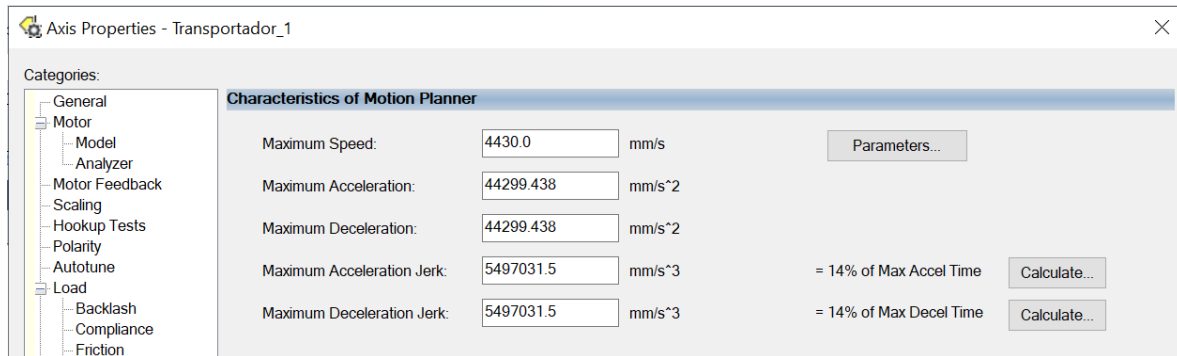


Imagen 5.34. Motion Planner. Fuente. elaboración propia

Después de la configuración básica del transportador 1 se realiza el mismo procedimiento para los otros cuatro ejes restantes.



En la subrutina de **Alarmas** se programaron todas las alarmas para cada servodrive del tren de alimentación, empezando del transportador 1 al 5.

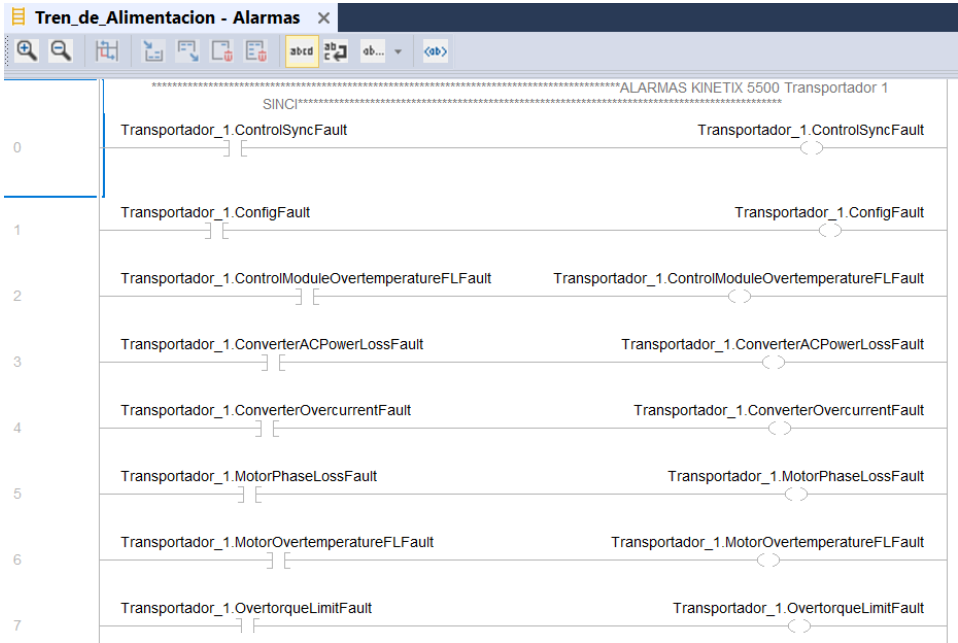


Imagen 5.38. Alarmas transportador 1. Fuente. elaboración propia

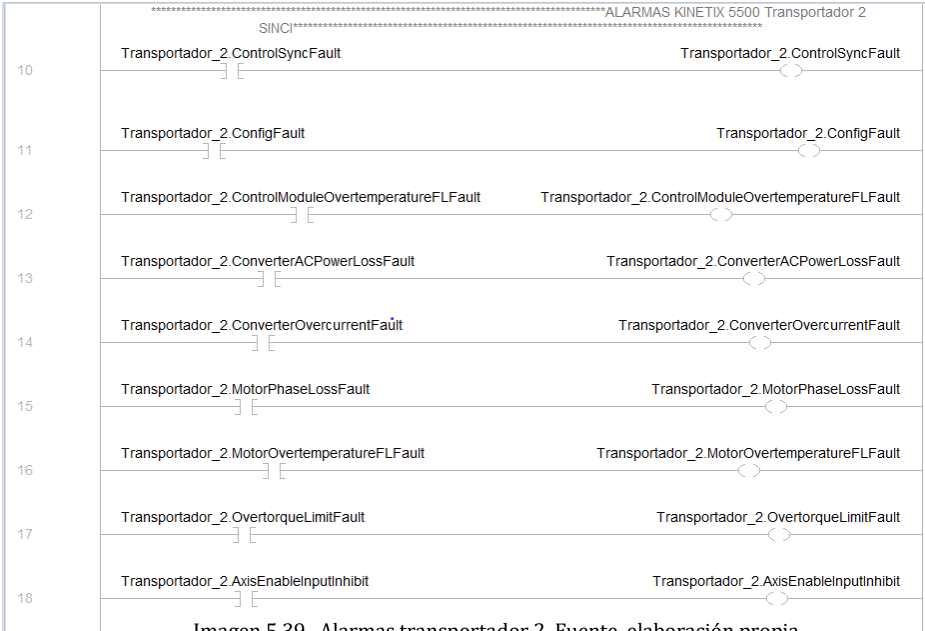


Imagen 5.39. Alarmas transportador 2. Fuente. elaboración propia

Para la subrutina de **Motion\_Jog** se programó la lógica para el juego de los ejes. En Studio 5000 existen instrucciones de movimiento para controlar un eje. Para el juego de un eje la instrucción se logra con la instrucción **MAJ (Motion Axis Jog)**.

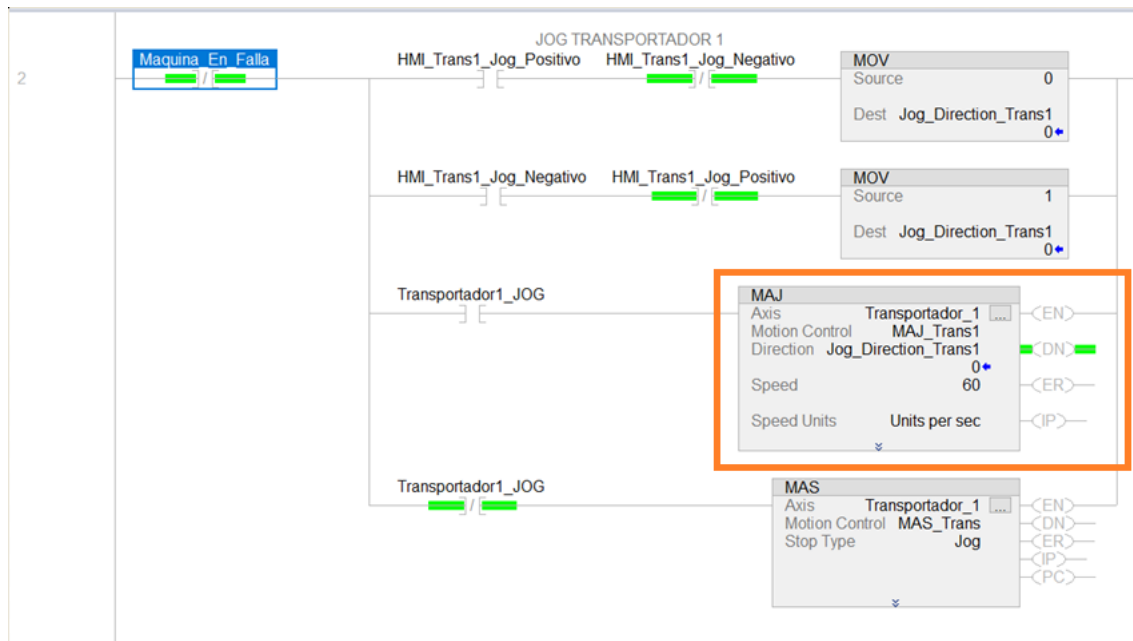


Imagen 5.40. Alarmas transportador 1. Fuente. elaboración propia

Para la instrucción MAJ se introduce el eje, la dirección de movimiento, rapidez, unidades de rapidez, aceleración, unidades de aceleración, perfil de movimiento, jerk, unidades del jerk.

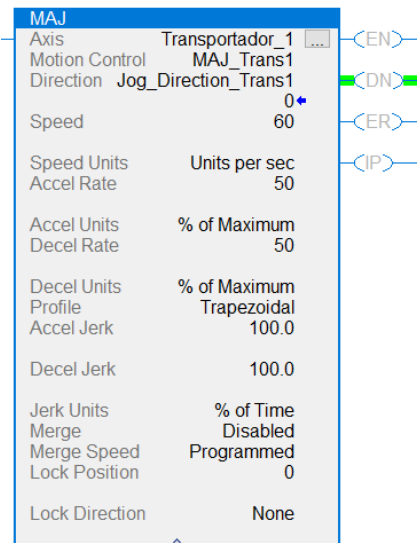


Imagen 5.41. Alarmas transportador 1. Fuente. elaboración propia



En la subrutina **Motion\_Power**, se creó la lógica para encender y habilitar la potencia de los servodrivives, si es que se llegaron alarmar o se apaguen, con la lógica se van a restablecer y así estarán listos para funcionar. Con la instrucción **MAFR (Motion axis fault reset)** es para limpiar las fallas, y la instrucción **MASR (Motion axis shutdown reset)** va a transferir el estado de falla a listo el servodrive.

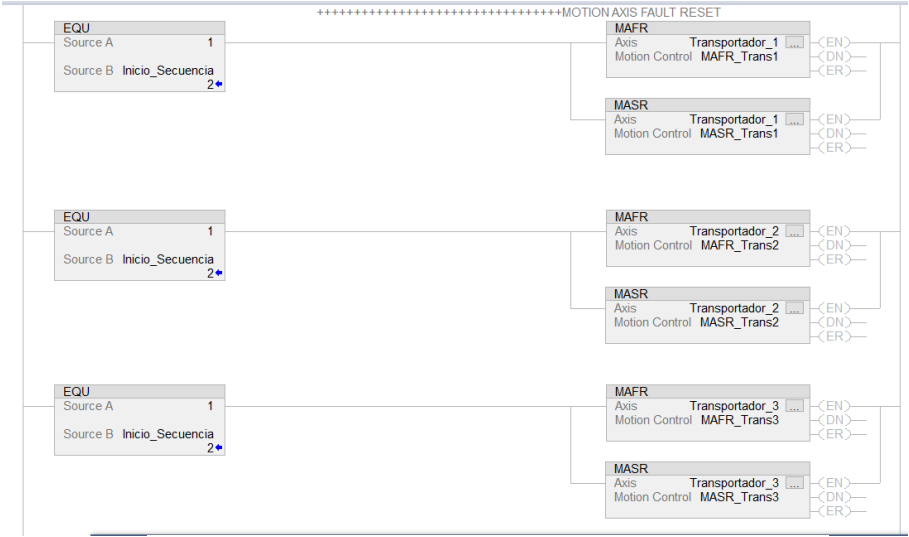


Imagen 5.42. Instrucciones MAFR y MASR. Fuente. elaboración propia

Si ningún eje está listo se activará una memoria para indicar que cada transportador está listo para encender.

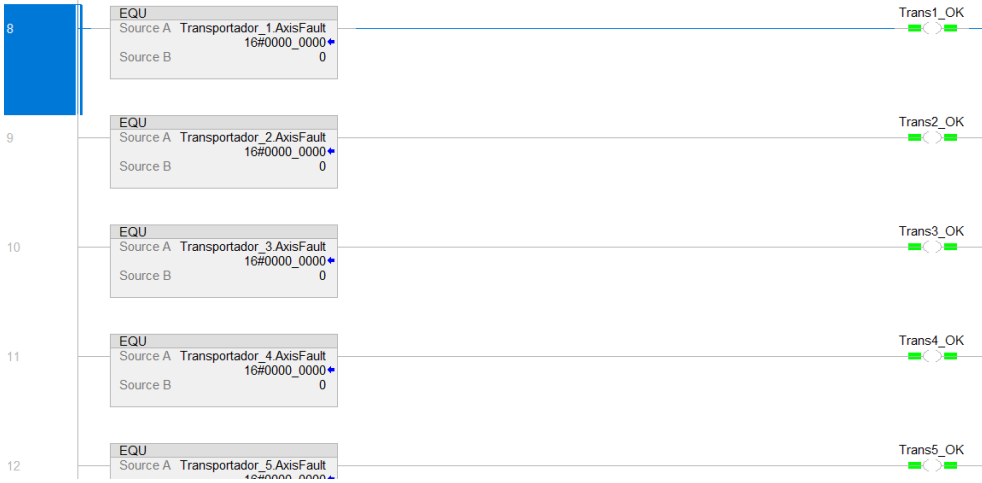


Imagen 5.43. Instrucciones MAFR y MASR. Fuente. elaboración propia

Cuando todos los ejes estén listos, activará otra memoria **Tren\_All\_Axis\_OK** donde se encenderán todos los servodrivres con la instrucción **MSO (Motion servo On)**.

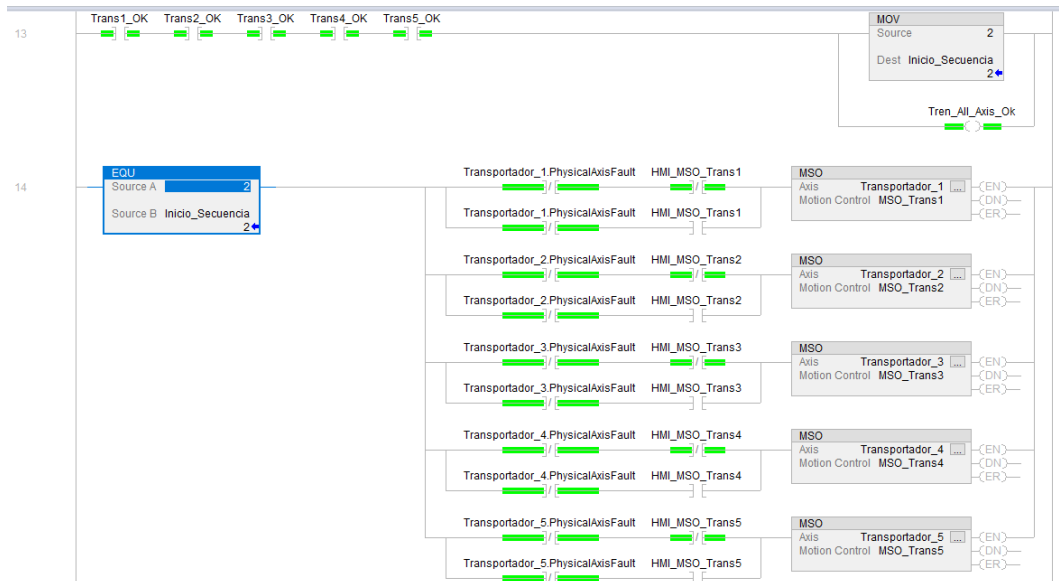


Imagen 5.44. Instrucciones MAFR y MASR. Fuente. elaboración propia

En la subrutina Roles se programó la lógica cuando la envolvente esté trabajando todos los ejes del tren de alimentación se muevan.

Cuando la envolvente arranque se activará la instrucción **MAG (Motion axis gear)**, el cual consiste en un eje maestro y un eje esclavo donde se engranará electrónicamente, el cual, si el eje maestro se mueve, el eje esclavo se va a mover dependiendo de la relación de radio.

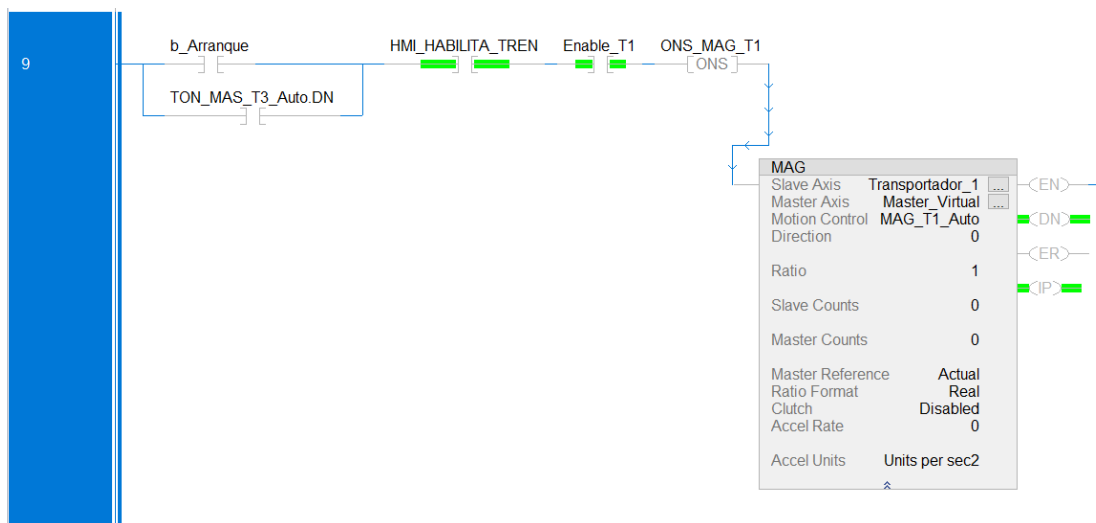


Imagen 5.45. Instrucciones MAFR y MASR. Fuente. elaboración propia

El engrane 1 es el maestro y el engrane 2 es el esclavo dependiendo de la relación de dientes.

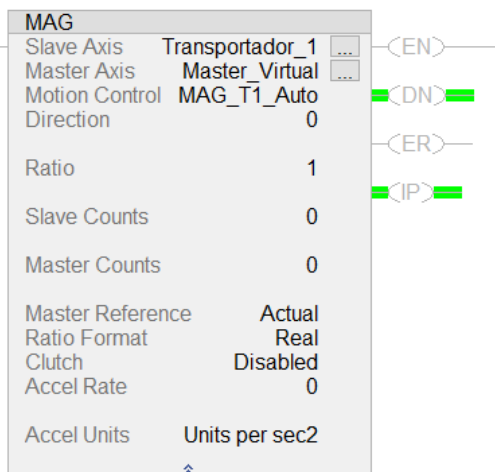


Imagen 5.46. Instruccion MAG. Fuente. elaboración propia

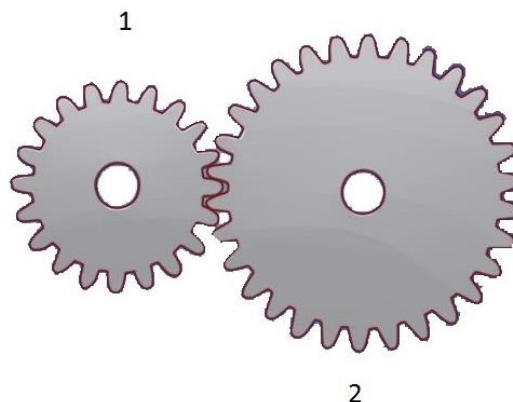


Imagen 5.47. Ejemplo engranaje mecánico. Fuente. elaboración propia

La instrucción **MAG** consiste en elegir el eje esclavo, el eje maestro, dirección de giro del esclavo, el radio el cual es la cantidad de vueltas que dará el esclavo cuando el maestro dé una vuelta. El eje maestro es el **Master\_virtual** el cual es un eje virtual donde controla todo el movimiento de los ejes de la envolvente.

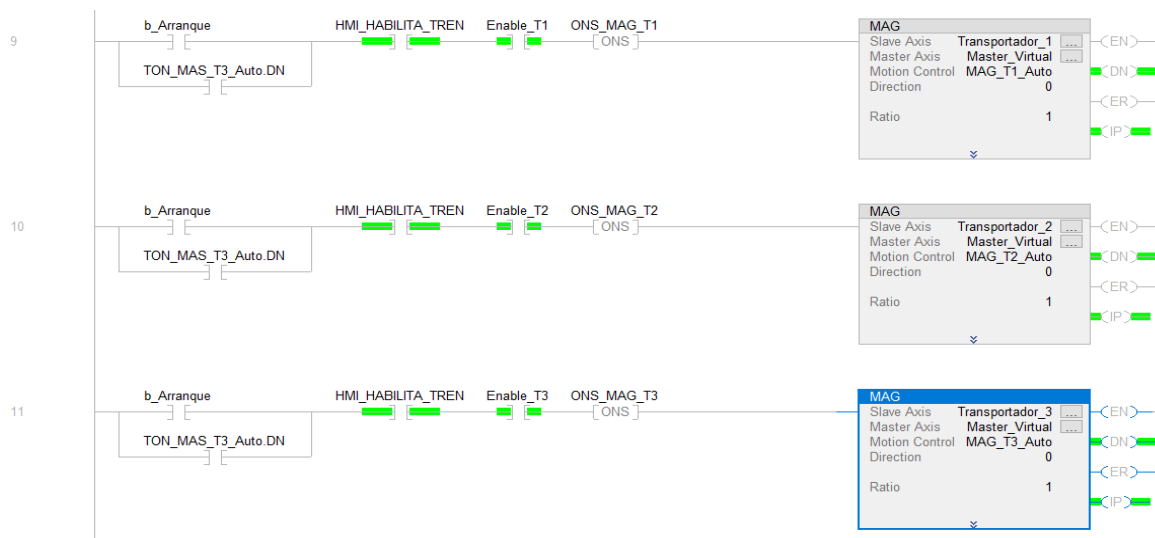


Imagen 5.48. Instruccion MAG. Fuente. elaboración propia

Cuando el operador oprima el botón de paro, se va a detener el eje virtual **Master\_Virtual** y por consiguiente todos los ejes del tren de alimentación ya que están engranados electrónicamente por la instrucción **MAG**.

La instrucción **MAS (Motion Axis Stop)** funciona para detener el movimiento de un eje.

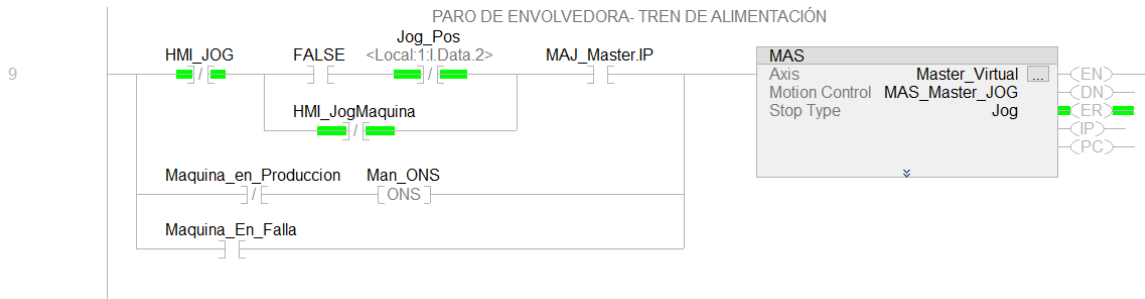


Imagen 5.49. Paro envolvedora con Instruccion MAS. Fuente. elaboración propia

El cual la instrucción **MAS** consta de seleccionar el eje a detener, el tipo de movimiento que realiza el eje para detenerlo, con que desaceleración va a frenar y el jerk.

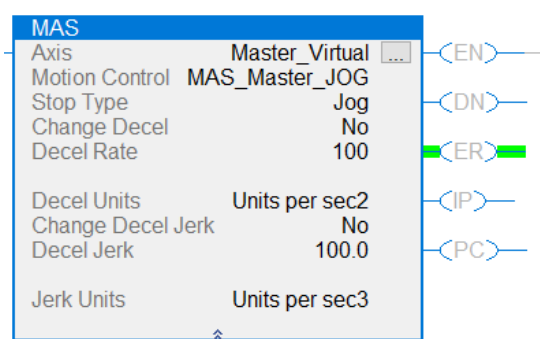


Imagen 5.50. Instruccion MAS. Fuente. elaboración propia

### c) Programación PLC: Sincronización tren alimentación con cadena de envolvente

El tren de alimentación consta de cinco transportadores, cada transportador cuenta con una fotocelda para detectar el producto ya sea rol o colchón. La función de la fotocelda 2,3,4 y 5 es detectar si hay un hueco grande entre cada producto, y si lo hay, acelera más la banda donde se detecte el hueco, con el fin de que la distancia entre producto sea corta y así eliminar el hueco. Debido a que, si hay huecos, se forman globos de envoltura y son pérdidas.



Imagen 5.51. Tren alimentación. Fuente. elaboración propia

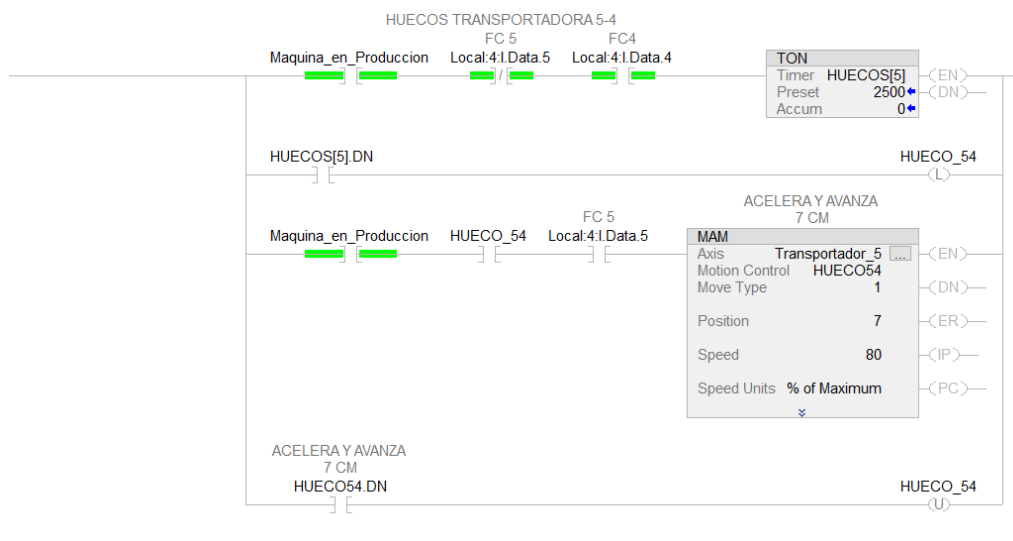


Imagen 5.52. Lógica para eliminar hueco en transportadores 5-4. Fuente. elaboración propia

Si hay un hueco entre el transportador 4 y 5, el transportador va a acelerar y avanzar siete centímetros para que se elimine el hueco de producto. De igual manera se emplea el mismo procedimiento para las demás transportadoras para reducir huecos.

El transportador 1 es el que estará sincronizado con el movimiento de la cadena de la envolvedora debido a que la cadena está segmentada por unos empujadores los cuales son los que van dando los espacios entre producto, la distancia entre empujador y empujador es de 24.5 cm.

El trabajo del transportador 1 será transferir el producto a la cadena de tal modo que éste quede dentro de cada empujador, para que así no haya traslapes de producto y haya pérdida de producto por mala envoltura.

La función de la fotocelda 1 es detectar producto, y el PLC revisará en qué posición está la cadena entre 0 a 24.5 cm. El transportador 1 avanzará cierta cantidad de centímetros dependiendo de la posición de la cadena para que el producto quede posicionado entre los empujadores.

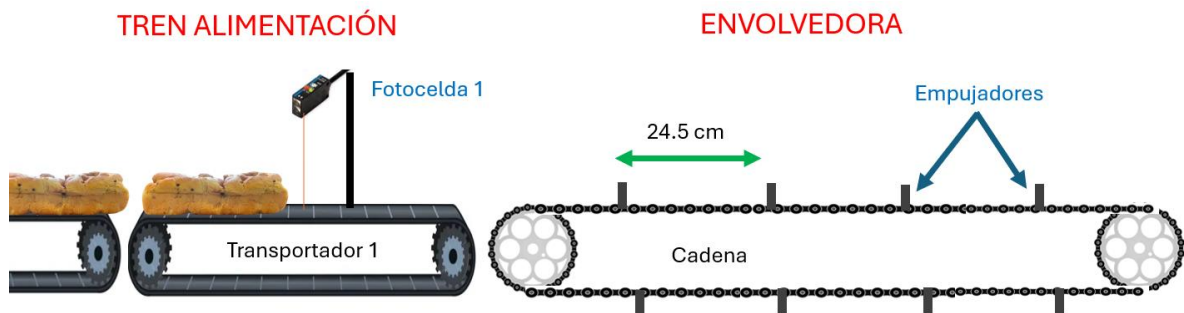


Imagen 5.53. Transportador 1 – cadena. Fuente. elaboración propia

Se realizó una tabla para que dependiendo de la posición de la cadena y cuando la fotocelda 1 detecte el producto va a acelerar o no para así lograr un posicionamiento entre los empujadores de la cadena.



Posicion Cadena[cm]	Avance T1 [cm]
0-4.5	7
4.5-7.5	8.4
7.5-10	10.5
10- 17.5	0
17.5-19	2.5
19-21.5	3.2
21.5-22.7	4.5
22.7-23.5	5.1
23.5-24.5	5.5

Imagen 5.54. Transportador 1 – cadena. Fuente. elaboración

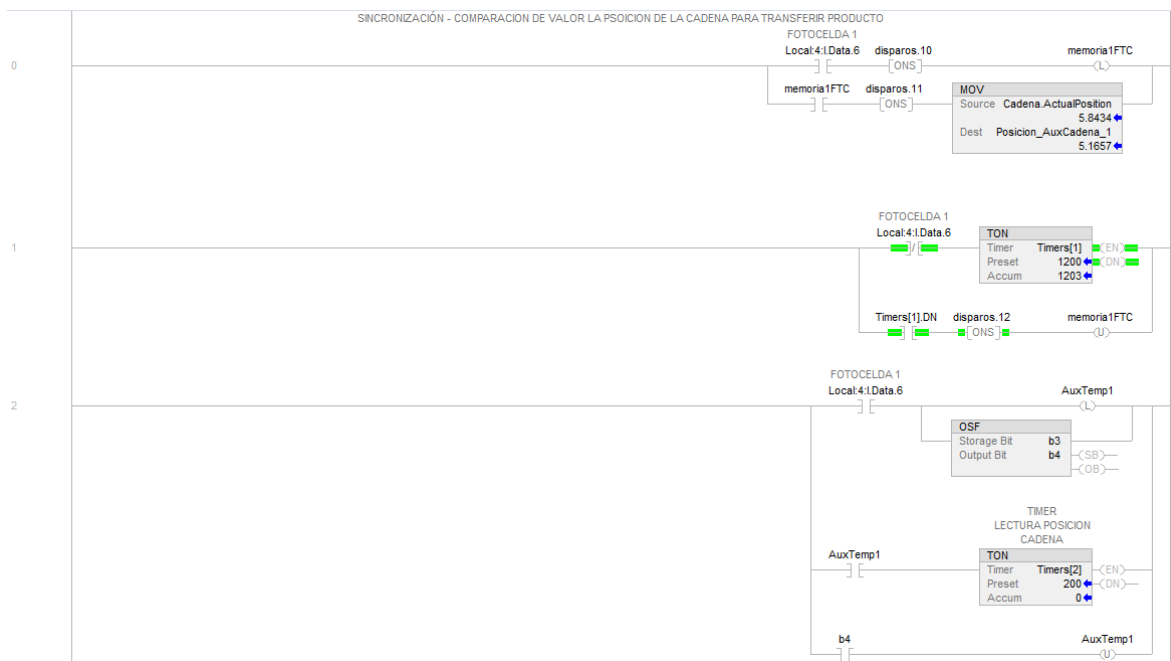


Imagen 5.55. Lógica para registrar el valor de la cadena cuando FC1 detecta material. Fuente. elaboración propia

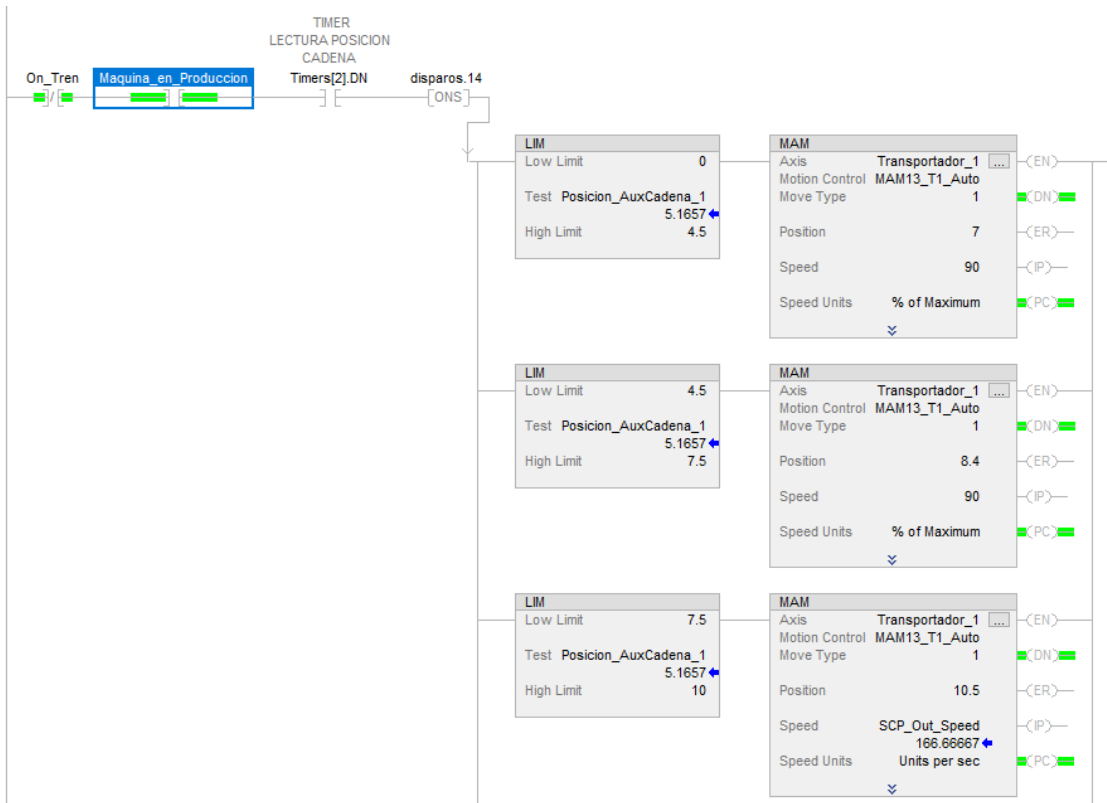


Imagen 5.56. Lógica para registrar el valor de la cadena cuando FC1 detecta material. Fuente. elaboración propia

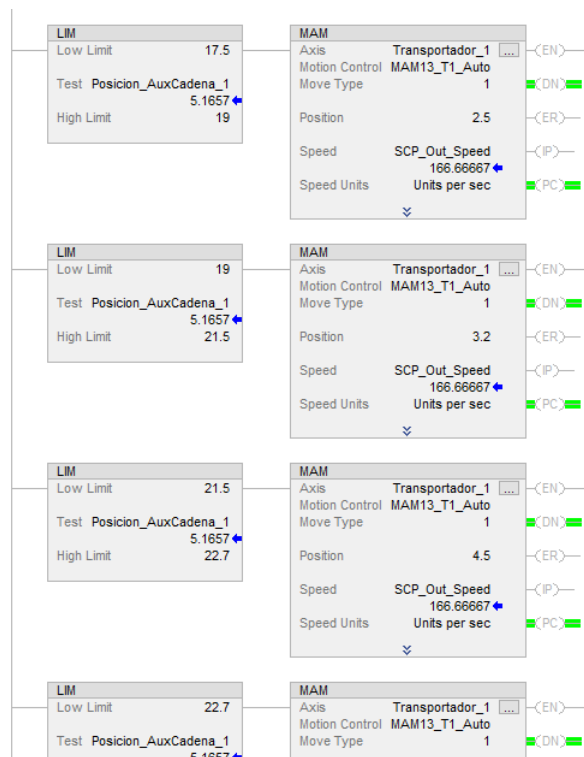


Imagen 5.57. Lógica para registrar el valor de la cadena cuando FC1 detecta material. Fuente. elaboración propia

La instrucción de movimiento que se usó para la sincronización entre la cadena y la envolvente es la instrucción **MAM (Motion Axis Move)**, que consiste en girar el eje del servomotor a una posición. Se elige el eje que se va a mover, el tipo de movimiento, 0 para absoluto y 1 para relativo, se introduce la posición, el valor de la velocidad, aceleración, desaceleración y el jerk.

MAM		
Axis	Transportador_1	←EN→
Motion Control	MAM13_T1_Auto	
Move Type	1	←DN→
Position	8.4	←ER→
Speed	90	←IP→
Speed Units	% of Maximum	
Accel Rate	90	←PC→
Accel Units	% of Maximum	
Decel Rate	90	
Decel Units	% of Maximum	
Profile	Trapezoidal	
Accel Jerk	80	
Decel Jerk	80	
Jerk Units	% of Maximum	
Merge	Disabled	
Merge Speed	Programmed	
Lock Position	0	
Lock Direction	None	
Event Distance	0	
Calculated Data	0	

Imagen 5.58. Instrucción MAM. Fuente. elaboración propia

**d) Diseño HMI**

Para el diseño de HMI un compañero de SINCI se encargó de diseñar los renders para la envolvente con el tren de alimentación, también se agregaron alarmas de cada transportador del tren de alimentación en la HMI.

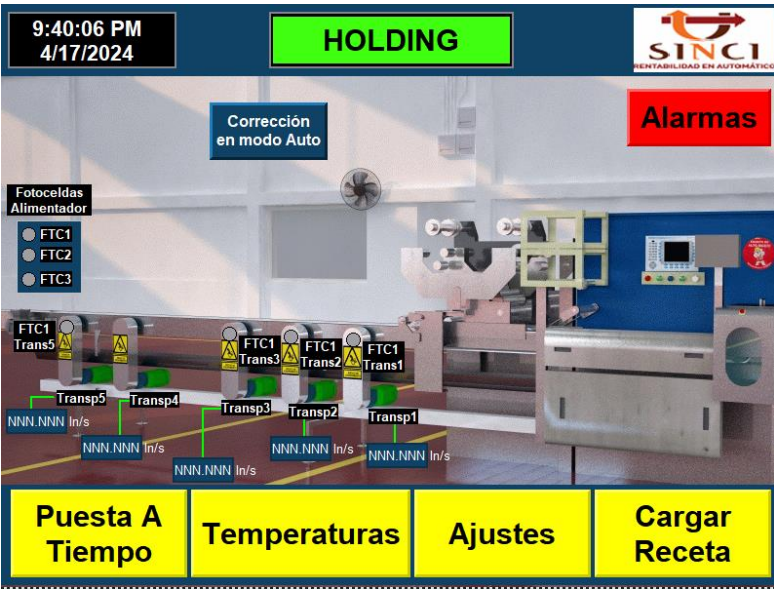


Imagen 5.59. Layout tren alimentación- envolvente. Fuente. elaboración propia

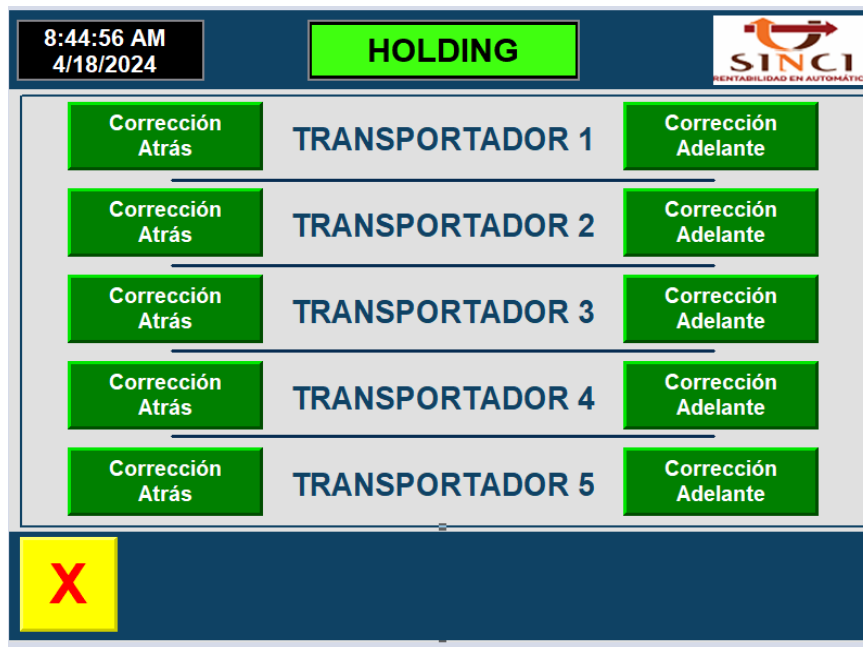


Imagen 5.60. tren corrección. Fuente. elaboración propia

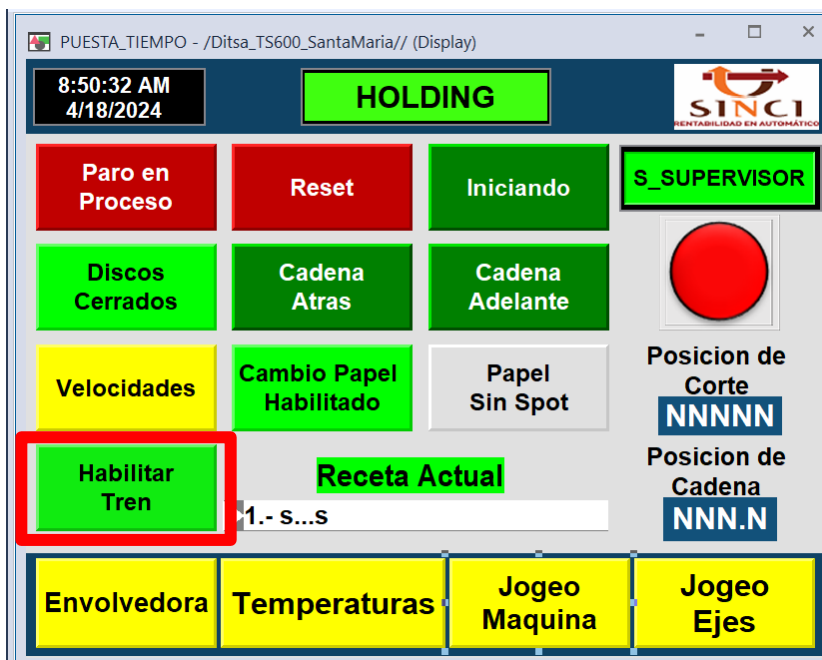


Imagen 5.61. Display habilitar tren. Fuente. elaboración propia

Se finaliza la carga del proyecto al HMI. (Ver imagen 5.62 y 5.63)

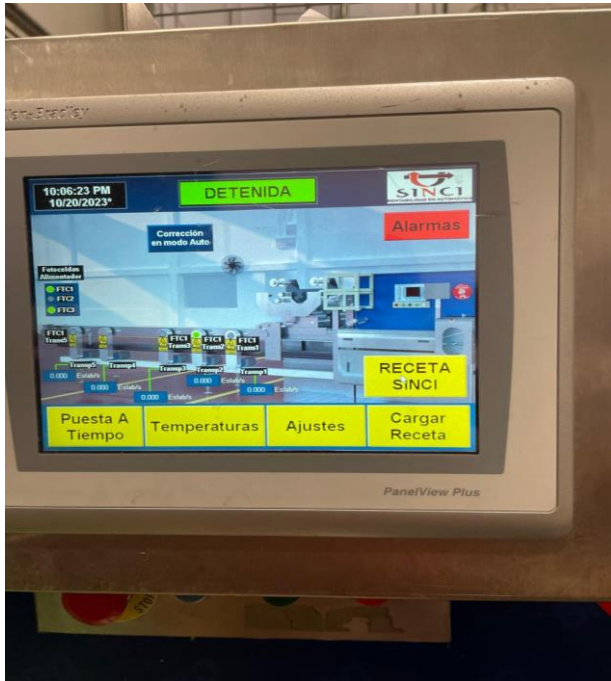


Imagen 5.62. Display Habilitar tren HMI. Fuente. elaboración propia



Imagen 5.63. Display Layout HMI. Fuente. elaboración propia

## 5.4 Resultados

Se realizaron bastantes pruebas para la sincronización del tren con la envolvedora, hasta que se determinó la tabla de aceleraciones con respecto a la posición de la cadena y se comisionó de manera exitosa, realizando una corrida de 2 minutos, hasta que el supervisor liberara la línea.

## Conclusión

Se aplicaron los conocimientos adquiridos para poder realizar el comisionamiento y puesta en marcha de estos cinco proyectos de los cuales se adquirieron nuevos conocimientos y nueva experiencia, esto con el fin de poder realizar proyectos con mayor complejidad en un futuro en SINCI GDL, demostrando mi capacidad de resolver problemas de automatización y control industrial.

Maxime hubo retrasos en el tiempo de entrega de los proyectos debido a tiempos de entrega altos de equipos nuevos, programación de paros de producción que no se efectuaban para intervenir la máquina, actitud de personal de trabajo desfavorable el cual tenía a mi cargo, pero con mucha actitud, responsabilidad y ambiente de trabajo se lograron efectuar los cinco proyectos.

La industria se enfrenta cambios tecnológicos que han aumentado la demanda urgente de productos y servicios de primera calidad que sólo pueden ser suministrados por un alto nivel de productividad. Esta exigencia requiere sistemas de ingeniería de procesos, fabricación en serie, automatización industrial y una mayor seguridad de la maquinaria.

Por lo tanto, la automatización industrial desempeña un papel clave en la solución de los requisitos de producción de las empresas.



## Glosario

**Fixture** Mecanismo utilizado en el ámbito industrial para la manufactura de artículos. Su función principal es sujetar la pieza de trabajo con firmeza para colocarla en otro sitio específico.

**Layout** Referencia a la manera en que están distribuidos los elementos y las formas dentro de un diseño.

**Profibus DP** De sus siglas PROFIBUS (Process Field Bus) es un estándar de red digital de campo abierto (bus de campo) que se encarga de la comunicación entre los sensores de campo y el sistema de control o los controladores.

**Archivo GSD** Contienen información acerca de las capacidades básicas de un dispositivo.

**PLC** De sus siglas PLC (Programmable Logic Computer) es una computadora digital de grado industrial diseñada para realizar funciones de control, especialmente para aplicaciones industriales.

**HMI** De sus siglas HMI (Human Machine Interface) es una interfaz de usuario o un panel de control que combina software y hardware para ayudar al operario a comunicarse entre sistemas y máquinas.

**Bit** Unidad de información más pequeña representando en 0 o 1.

**Servo drive** Herramienta fundamental en sistemas de control de movimiento que requieren precisión y eficiencia. Permite controlar de manera exacta la velocidad, el par y la posición del servomotor.

**Servo motor** Actuador rotativo que permite tener un control preciso en términos de aceleración, velocidad y posición angular.

**Contactador** Dispositivo eléctrico, que tiene la función de un interruptor, es decir, que gestiona la circulación de la corriente abriendo o cerrando el circuito.

**Variador de frecuencia** Dispositivo que regula la velocidad de giro de los motores de corriente alterna.

**Ethernet/IP** Protocolo de red industrial que emplea el Protocolo Industrial Común (CIP) a Ethernet estándar. Funciona en una *capa de aplicación* de la red que se encuentra en la capa de dispositivos "superiores" y en la capa de cara al usuario para permitir la comunicación entre los controles y los dispositivos de entrada y salida (E/S).

**PLC de seguridad** Controladores especiales construidos y certificados para cumplir con requisitos de seguridad internacionales, cumplen con un riguroso sistema de diagnóstico que detectan fallas en el momento o antes del próximo ciclo y todo esto sin perder la seguridad.

**Batch** Carga y descarga automática de un ciclo de material o materiales.

**Electroválvula** Válvula eléctrica que se utiliza para controlar el flujo de líquidos y gases. Se compone de una bobina, una válvula y una muelle. La válvula se abre o se cierra mediante el control de la corriente eléctrica que fluye a través de la bobina. La electroválvula se puede controlar de forma manual o automática.

**Byte** Unidad de información compuesta de ocho bits

**Word** Unidad de información compuesta de 2 bytes

## Bibliografía

- [1]. 2019, Exhaust System, Gas community, <https://gascommunity.com/sistemas-de-escape-y-mejoras-de-rendimiento/>
- [2]. Jigs and Fixture Design Services, 2019, Fixture test, Intrax Corporation, <https://intraxcorp.com/fixds.html>
- [3]. Siemens, 2009, Profibus Network System Manual, [https://cache.industry.siemens.com/dl/files/591/35222591/att\\_105793/v1/mn\\_pbnets\\_76.pdf](https://cache.industry.siemens.com/dl/files/591/35222591/att_105793/v1/mn_pbnets_76.pdf)
- [4]. Siemens y la nueva versión de Step 7 v5.6, 2018, Logo STEP7, Blog SEAS, <https://www.seas.es/blog/automatizacion/siemens-y-la-nueva-version-de-step7-v5-6/>
- [5]. Siemens, 2017, Simatic Programming with step 7, [file:///C:/Users/LP299/Downloads/STEP 7 - Programming with STEP 7.pdf](file:///C:/Users/LP299/Downloads/STEP_7_-_Programming_with_STEP_7.pdf)
- [6]. Wincc Flexible, 2021, Wincc Flexible 2008, FARE, <https://www.fare.fr/r2-automatismes+-+commandes+num%C3%A9riques/f35-wincc+flexible>
- [7]. Siemens, 2013, Wincc Flexible 2008 Compact/Standard/Advanced, Simatic HMI User Manual, Omron Corporation, 2002, CX-Programmer User Manual, <https://www.myomron.com/downloads/1.Manuals/Software/CX-One/CX-Programmer/W361-E2-04%20CxProgrammer%203.0%20User%20Manual.pdf>
- [8]. Omron PLC Expansion Module, 2020, SmartSlice I/O Units, RS, <https://ae.rsdelivers.com/product/omron/grt1-prt/omron-plc-expansion-module-for-use-with-profibus-i/o-units/0146046>
- [9]. Omron Corporation, 2011, Profibus Configurator, [https://assets.omron.eu/downloads/datasheet/en/v3/p03e\\_cx\\_profibus\\_configurator\\_datasheet\\_en.pdf](https://assets.omron.eu/downloads/datasheet/en/v3/p03e_cx_profibus_configurator_datasheet_en.pdf)
- [10]. Omron Corporation, 2022, CX-ConfiguratorFDT, OMRON, <https://industrial.omron.es/es/products/cx-configurator-fdt>
- [11]. Omron GRT1-ID8-1, 2022, SmartSlice 8 digital inputs, OMRON, <https://industrial.omron.dk/da/products/GRT1-ID8-1>
- [12]. Omron Corporation, 2022, CX-Programmer, OMRON, <https://industrial.omron.at/de/products/cx-programmer>

- [13]. Omron Corporation, 2017, Programmable Terminals Setup Manual, [https://assets.omron.eu/downloads/manual/en/v107\\_nbseries\\_setup\\_manual\\_en.pdf](https://assets.omron.eu/downloads/manual/en/v107_nbseries_setup_manual_en.pdf)
- [14]. Omron Corporation, 2022, NB-Designer, OMRON, <https://industrial.omron.at/de/products/nb-designer>
- [15]. Rockwell Automation, 2015, TLSZ Guardmaster Guard Locking Switch, [https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/440g-um002\\_en-p.pdf](https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/440g-um002_en-p.pdf)
- [16]. Rockwell Automation, 2015, Multifunctional Access Box Installation Instructions, [https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/in/442g-in001\\_en-p.pdf](https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/in/442g-in001_en-p.pdf)
- [17]. ¿Qué es un botón de parada de emergencia?, 2023, Hongo de emergencia, Electrónica básica, <https://electronica-basica.com/boton-de-parada/>
- [18]. Seguridad industrial, 2022, 442G Multifunctional Access Box, Risoul, <https://www.risoul.com.mx/soluciones/seguridad-industrial/infografias>
- [19]. Seguridad industrial, 2022, Interlocks de seguridad, Risoul, <https://www.risoul.com.mx/soluciones/seguridad-industrial/infografias>
- [20]. Botonera industrial, 2023, Botonera Industrial 3 Pulsadores, MercadoLibre, <https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-699272062-botonera-industrial-3-pulsadores-arranque-paro-emergencia-JM>
- [21]. Seguridad industrial, 2022, Escáner de seguridad, Risoul, <https://www.risoul.com.mx/soluciones/seguridad-industrial/infografias>
- [22]. Seguridad industrial, 2022, Contactor seguridad guardlock, Risoul, <https://www.risoul.com.mx/soluciones/seguridad-industrial/infografias>
- [23]. Omron Corporation, 2016, G9SP Safety Controller Operation Manual, [https://assets.omron.eu/downloads/manual/en/v2/z922\\_g9sp\\_series\\_safety\\_controller\\_operation\\_manual\\_en.pdf](https://assets.omron.eu/downloads/manual/en/v2/z922_g9sp_series_safety_controller_operation_manual_en.pdf)
- [24]. Omron Corporation, 2022, G9SP-Configurator, OMRON, <https://industrial.omron.at/de/products/g9sp-configurator>
- [25]. Rockwell Automation, 2017, Ethernet Network Device [https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/enet-um006\\_en-p.pdf](https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/enet-um006_en-p.pdf)

- [26]. Rockwell Automation, 2018, *Manual de referencia Instrucciones generales de los controladores Logix 5000*,  
<https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/rm/1756-rm003-es-p.pdf>
- [27]. Studio 5000, 2020, *Logix Designer, PLC GURUS NET*,  
<https://www.plcgurus.net/free-studio-5000-training-now/>
- [28]. Studio 5000, 2020, *Rslinx Classic, PLC GURUS NET*,  
<https://www.plcgurus.net/free-studio-rslinxnet-training-now/>
- [29]. Studio 5000, 2020, *FTView, PLC GURUS NET*,  
<https://www.plcgurus.net/factorytalkviewstudionet-training-now/>
- [30]. Rockwell Automation, 2022, *FactoryTalk View Machine Edition User's Guide V13.00*, <https://rexel-cdn.com/products/ab9701m-vwstnmrt10pdf.pdf?i=A958D528-DB39-4C3D-A398-3FE7432EBE09>
- [31]. Rockwell Automation, 2022, *Installation Instructions Kinetix 5500 Servo Drives*,  
<https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/in/2198-in001-en-p.pdf>