



# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

## **FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO**

### **“REPOTENCIACIÓN Y PLANIFICACIÓN DEL MANTENIMIENTO DEL MÓDULO DE ENSAMBLAJE EN SERIE DEL LABORATORIO DE CONTROL Y MANIPULACIÓN AUTOMÁTICA DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO DE LA ESPOCH”**

**DAQUILEMA GUARACA JAIME GEOVANNY  
YUMISACA CARGUACUNDO ALEX MAURICIO**

## **TRABAJO DE TITULACIÓN**

**Previa a la obtención del Título de:**

# **INGENIERO DE MANTENIMIENTO**

**RIOBAMBA – ECUADOR  
2016**

**ESPOCH**

Facultad de Mecánica

---

**APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

---

2015-10-08

Yo recomiendo que el Trabajo de Titulación preparado por:

**DAQILEMA GUARACA JAIME GEOVANNY  
YUMISACA CARGUACUNDO ALEX MAURICIO**

Titulado:

**“REPOTENCIACIÓN Y PLANIFICACIÓN DEL MANTENIMIENTO DEL  
MÓDULO DE ENSAMBLAJE EN SERIE DEL LABORATORIO DE  
CONTROL Y MANIPULACIÓN AUTOMÁTICA DE LA ESCUELA DE  
INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO DE LA ESPOCH”**

Sea aceptado como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

**INGENIERO DE MANTENIMIENTO**

---

Ing. Carlos Santillán Mariño  
**DECANO FAC. DE MECÁNICA**

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

---

Ing. Pablo Montalvo Jaramillo  
**DIRECTOR**

---

Ing. Ángel Silva Conde  
**ASESOR**

# ESPOCH

Facultad de Mecánica

---

## EXAMINACIÓN DE TRABAJO DE TITULACION

---

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: DAQUILEMA GUARACA JAIME GEOVANNY

TRABAJO DE TITULACIÓN: “REPOTENCIACIÓN Y PLANIFICACIÓN DEL MANTENIMIENTO DEL MÓDULO DE ENSAMBLAJE EN SERIE DEL LABORATORIO DE CONTROL Y MANIPULACIÓN AUTOMÁTICA DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO DE LA ESPOCH”

Fecha de Examinación: 2016-06-04

### RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Julio Pérez Guerrero <b>PRESIDENTE TRIB. DEFENSA</b>			
Ing. Pablo Montalvo Jaramillo <b>DIRECTOR</b>			
Ing. Ángel Silva Conde <b>ASESOR</b>			

\* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: \_\_\_\_\_

---

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

---

Ing. Julio Pérez Guerrero  
**PRESIDENTE TRIB. DEFENSA**

# ESPOCH

Facultad de Mecánica

---

## EXAMINACIÓN DE TRABAJO DE TITULACION

---

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: YUMISACA CARGUACUNDO ALEX MAURICIO

TRABAJO DE TITULACIÓN: “REPOTENCIACIÓN Y PLANIFICACIÓN DEL MANTENIMIENTO DEL MÓDULO DE ENSAMBLAJE EN SERIE DEL LABORATORIO DE CONTROL Y MANIPULACIÓN AUTOMÁTICA DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO DE LA ESPOCH”

Fecha de Examinación: 2016-06-04

### RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Julio Pérez Guerrero <b>PRESIDENTE TRIB. DEFENSA</b>			
Ing. Pablo Montalvo Jaramillo <b>DIRECTOR</b>			
Ing. Ángel Silva Conde <b>ASESOR</b>			

\* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

---

Ing. Julio Pérez Guerrero  
**PRESIDENTE TRIB. DEFENSA**

## **DERECHOS DE AUTORÍA**

El presente Trabajo de Titulación, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teórico-científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

---

**Daquilema Guaraca Jaime Geovanny**

---

**Yumisaca Carguacundo Alex Mauricio**

## **DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD**

Nosotros, Daquilema Guaraca Jaime Geovanny y Yumisaca Carguacundo Alex Mauricio, declaramos que el presente Trabajo de Titulación es de nuestra autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente, están debidamente citados y referenciados.

Como autores, asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Titulación.

---

**Daquilema Guaraca Jaime Geovanny**  
Cédula de Identidad: 150090050-9

---

**Yumisaca Carguacundo Alex Mauricio**  
Cédula de Identidad: 060380910-4

## **DEDICATORIA**

A Dios, por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio, a mi madre María, por haberme apoyado en todo momento, por creer en mí, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor, a mi padre Cesar, por los ejemplos de perseverancia y constancia que lo caracterizan y que me ha infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante y por su amor. A mis hermanos: Cesar, Blanca, Richard, Cristina y Marco, por estar conmigo y apoyarme siempre, los quiero mucho.

**Jaime Geovanny Daquilema Guaraca**

Quiero dedicar este logro primeramente a Dios, por darme salud y fuerza en todo momento. A mis amados padres Luz Carguacundo y Ángel Yumisaca pilares fundamentales en mi vida, quienes con su amor, esfuerzo y su abnegado apoyo, me han guiado por buen camino, forjándome como hombre de bien en todo ámbito.

A mis hermanos Mayra, Fernanda, Darío y Erika a quienes quiero mucho y que siempre están pendientes en brindarme su apoyo incondicional, a mis queridos abuelitos y tíos quienes con sus consejos y sabiduría de vida, han aportado en mí con un granito de arena para poder ser una persona íntegra, en especial a la memoria de Papito José, quien siempre estuvo pendiente de mí y mi accionar estudiantil, aunque hoy no pueda compartir conmigo este logro sé que estará orgulloso.

**Alex Mauricio Yumisaca Carguacundo**

## **AGRADECIMIENTO**

A la Escuela Superior Politécnica De Chimborazo por darme la oportunidad de estudiar y ser un profesional.

A mi director de trabajo de titulación, Ing. Pablo Montalvo Jaramillo y asesor Ing. Ángel Silva por su esfuerzo, dedicación.

Son muchas las personas que han formado parte de mi vida profesional a las que me encantaría agradecerles, su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía en los momentos más difíciles de mi vida. Algunas están aquí conmigo y otras en mis recuerdos y en mi corazón, sin importar en donde estén quiero darles las gracias por formar parte de mí, por todo lo que me han brindado y por todas sus bendiciones.

**Jaime Geovanny Daquilema Guaraca**

Quiero hacer extensivo mi mayor agradecimiento a mis amados padres por darme la mejor herencia que es el estudio, su apoyo incondicional y su infinito amor les ha hecho merecedores de este logro que es para ustedes. Gracias por haber confiado en mí.

El sincero agradecimiento a la querida escuela de Ingeniería de Mantenimiento, quien me brindó la oportunidad de formarme como profesional y permitirme ser un representante más de sus distinguidos estudiantes.

Expreso mi agradecimiento y reconocimiento al director del trabajo de titulación Ing. Pablo Montalvo y asesor Ing. Ángel Silva quienes colaboraron desinteresadamente para el desarrollo de este trabajo.

Seguro de no defraudarles para todos ustedes un ¡DIOS LES PAGUE!!!....

**Alex Mauricio Yumisaca Carguacundo**

## CONTENIDO

	Pág.
<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b>
1.1	Antecedentes ..... 1
1.2	Justificación ..... 1
1.3	Objetivos ..... 2
1.3.1	<i>Objetivo general.</i> ..... 2
1.3.2	<i>Objetivos específicos:</i> ..... 2
<b>2</b>	<b>MARCO TEÓRICO</b>
2.1	Módulo de ensamblaje en serie..... 4
2.2	Partes del módulo de ensamblaje en serie ..... 5
2.2.1	<i>Bastidor de roles basculante</i> ..... 5
2.2.2	<i>Banda transportadora</i> ..... 5
2.2.3	<i>Estación de montaje (Cuerpo)</i> .. ..... 6
2.2.4	<i>Estación de montaje (Pasador)</i> ..... 7
2.2.5	<i>Estación seleccionador</i> ..... 7
2.3	Electroneumática ..... 8
2.4	Controlador lógico programable PLC S7-300 ..... 9
2.4.2	<i>Estructura PLC</i> ..... 10
2.4.3	<i>Lenguaje de Programación de PLC's.</i> ..... 13
2.4.4	<i>Tipos de lenguajes de Programación de PLC's.</i> ..... 13
2.5	Pantallas táctiles (HMI) ..... 16
2.5.1	<i>Tipos de pantallas HMI</i> ..... 17
2.6	Software de comunicación TIA Portal v13..... 18
2.6.1	<i>Requerimientos TIA portal v13</i> ..... 18
2.7	Repotenciación de máquinas ..... 19
2.7.1	<i>Procedimiento para repotenciar maquinaria</i> ..... 19
2.7.2	<i>Ventajas de la repotenciación de máquinas.</i> ..... 20
2.8	Elementos eléctricos que posee el módulo. .... 20
2.8.1	<i>Sensores magnéticos</i> ..... 20
2.8.2	<i>Motor corriente continua dc</i> ..... 20
2.8.3	<i>Circuito de cableado</i> ..... 21
2.9	Elementos mecánicos que posee el módulo..... 21
2.9.1	<i>Cilindros o actuadores neumáticos</i> .. ..... 22
2.9.2	<i>Poleas de fibra</i> ..... 22
2.9.3	<i>Banda transportadora</i> ..... 23
2.9.4	<i>Válvulas neumáticas</i> ..... 23
2.9.5	<i>Bastidor de rodillos</i> ..... 23
2.10	Planificación del Mantenimiento ..... 24
<b>3</b>	<b>ANÁLISIS DEL ESTADO ACTUAL DEL MÓDULO DE ENSAMBLAJE EN SERIE</b>
3.1	Análisis general del estado actual del módulo ..... 27
3.1.1	<i>Codificación del módulo de ensamblaje en serie</i> ..... 27
3.1.2	<i>Ficha técnica de datos y características del módulo de ensamblaje en serie.</i> ..... 28

3.2	Evaluación del estado técnico del módulo de ensamblaje en serie.....	31
3.2.1	<i>Ficha de evaluación de estado técnico del módulo de ensamblaje en serie..</i>	32
3.2.2	<i>Evaluación del sistema eléctrico. ....</i>	33
3.2.3	<i>Evaluación del sistema mecánico. ....</i>	34
3.2.4	<i>Evaluación del sistema Neumático .....</i>	35
3.2.5	<i>Diagnóstico del estado técnico general del módulo .....</i>	35
<b>4</b>	<b>REPOTENCIACION DEL MÓDULO DE ENSAMBLAJE EN SERIE.</b>	
4.1	Características para la repotenciación del módulo .....	38
4.2	Montaje del PLC S7-300 en el panel de control.....	38
4.3	Elaboración de las tarjetas electrónica de conexión syslink .....	40
4.3.1	<i>Tarjetas electrónicas montadas en el panel de control. ....</i>	41
4.3.2	<i>Tarjetas electrónicas de las estaciones del módulo.....</i>	41
4.4	Elaboración del diagrama electroneumático de las estaciones del módulo... ..	42
4.4.1	<i>Diagrama electroneumático de la estación bastidor de roles .....</i>	42
4.4.2	<i>Diagrama electroneumático de la estación de montaje (Cuerpo).....</i>	43
4.4.3	<i>Diagrama electroneumático de la estación de montaje (Pasador) .....</i>	44
4.4.4	<i>Diagrama electroneumático de la estación seleccionador.....</i>	45
4.5	Montaje y calibración de los equipos .....	47
4.5.1	<i>Montaje de las estaciones del módulo de ensamblaje en serie.....</i>	47
4.5.2	<i>Montaje y calibración de los cilindros .....</i>	47
4.5.3	<i>Montaje del panel de control completo .....</i>	48
4.6	Programación PLC S7-300, PLC S7-1200, y comunicación HMI .....	48
4.6.1	<i>Diagrama de funcionamiento del módulo de ensamblaje en serie .....</i>	48
4.6.2	<i>Programación del PLC S7-300 con el software TIA Portal V13 .....</i>	48
4.6.3	<i>Programación del PLC S7-1200.....</i>	54
4.6.4	<i>Programación del HMI KTP-400 .....</i>	58
4.7	Visualización del procedimiento en el HMI .....	62
4.8	Análisis de costos de la repotenciación. ....	64
4.8.1	<i>Costo de fabricación de un módulo de ensamblaje en serie.....</i>	64
4.8.2	<i>Costo de la repotenciación del módulo de ensamblaje en serie .....</i>	66
4.8.3	<i>Resultado del análisis de costos de la repotenciación del módulo de ensamblaje en serie.....</i>	67
<b>5</b>	<b>ELABORACION DEL MANUAL DE MANTENIMIENTO, SEGURIDAD, Y GUIA DE PRACTICA PARA EL MODULO DE ENSAMBLAJE EN SERIE</b>	
5.1	Plan de mantenimiento.....	69
5.2	Guía de seguridad para el usuario del módulo de ensamblaje en serie.....	71
5.2.1	<i>Seguridad .....</i>	71
5.2.2	<i>Normas de seguridad para el manejo del módulo de ensamblaje en serie ...</i>	72
5.2.3	<i>Sistema de Seguridad del módulo de ensamblaje en serie .....</i>	72
5.3	Guía de practica para el módulo de ensamblaje en serie .....	73
<b>6</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	
6.1	Conclusiones .....	74
6.2	Recomendaciones .....	74

**BIBLIOGRAFÍA**  
**ANEXOS**



## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
1	Elementos básicos del lenguaje escalera. .... 14
2	Tipos de pantallas y características. .... 17
3	Requisitos TIA Portal v13. .... 18
4	Ficha técnica del módulo de ensamblaje en serie. .... 29
5	Criterio de evaluación. .... 31
6	Estado técnico de evaluación. .... 32
7	Evaluación y acciones. .... 32
8	Evaluación general del módulo. .... 32
9	Evaluación sistema eléctrico del módulo. .... 33
10	Evaluación sistema mecánico del módulo. .... 34
11	Evaluación sistema neumático del módulo. .... 35
12	Costos directos sistema mecánico para la fabricación del módulo. .... 64
13	Costos directos sistema eléctrico para la fabricación del módulo. .... 65
14	Costos directos sistema neumático para la fabricación del módulo. .... 65
15	Costo directo Total. .... 65
16	Costo indirecto Total. .... 66
17	Costo total de producción. .... 66
18	Costo de materiales empleado en la repotenciación del módulo. .... 67
19	Planificación de mantenimiento general del módulo. .... 69
20	Bancos de tarea de mantenimiento del módulo (Mecánico). .... 70
21	Bancos de tarea de mantenimiento del módulo (Eléctrico). .... 70
22	Bancos de tarea de mantenimiento del módulo (Neumático). .... 71

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
1	Módulo de ensamblaje en serie ..... 5
2	Bastidor de roles basculante ..... 5
3	Banda transportadora ..... 6
4	Estación de montaje (Cuerpo) ..... 6
5	Estación de montaje (Pasador) ..... 7
6	Estación seleccionador ..... 7
7	Circuito neumático ..... 8
8	Cadena de mando electroneumático ..... 9
9	Plc Simatic S7-300 ..... 10
10	Estructura general de un PLC ..... 10
11	Fuente de poder ..... 11
12	CPU Simatic S7-300 ..... 11
13	Micro Memory Card S7-300 ..... 12
14	Módulo E/S S7-300 ..... 12
15	HMI Siemens Touch ..... 13
16	Diagrama escalera ..... 14
17	Diagrama Booleano ..... 15
18	Diagrama de funciones SFC ..... 16
19	Diagrama de funciones FDB ..... 16
20	Interfaz del HMI ..... 17
21	TIA portal profesional V13 ..... 18
22	Repotenciación ..... 19
23	Sensor magnético ..... 20
24	Motorreductor eléctrico 24vdc. .... 21
25	Placas entradas/salidas ..... 21
26	Cilindro neumático ..... 22
27	Polea de fibra de un canal ..... 22
28	Banda redonda ..... 23
29	Bastidor de rodillos ..... 24
30	Generación del mantenimiento ..... 24
31	Estructura de codificación ..... 27
32	Código técnico del modulo ..... 28
33	Estado inicial del módulo de ensamblaje en serie ..... 36
34	Discontinuidades electroneumaticas ..... 36
35	Electroválvulas neumáticas fuera del módulo ..... 37
36	Secuencia electroneumática ..... 38
37	Montaje PLC S7-300 en el panel de control ..... 39
38	Montaje panel de control ..... 39
39	Panel de control ..... 40

40	PLC S7-1200 y HMI KTP-400.....	40
41	Tarjetas syslink panel de control .....	41
42	Tarjetas syslink estaciones del modulo .....	42
43	Diagrama electroneumático bastidor de roles.....	43
44	Diagrama electroneumático Estación de montaje cuerpo.....	44
45	Diagrama electroneumático Estación de montaje pasador .....	45
46	Diagrama electroneumático Estación seleccionador .....	46
47	Calibración de alturas de las estaciones. ....	47
48	Calibración de la velocidad de cilindros.....	47
49	Montaje del panel de control .....	48
50	Creación de un nuevo proyecto .....	49
51	Agregar dispositivo.....	49
52	Selección del CPU .....	50
53	Verificación del CPU.....	50
54	Módulos de expansión .....	51
55	Módulos de expansión PLC S7-300 .....	51
56	Inicio bastidor de roles .....	52
57	Inicio Banda Transportadora .....	52
58	Inicio estación de montaje .....	52
59	Descarga del programa al dispositivo.....	53
60	Detección de conexión entre PLC y Programa.....	53
61	Enlace correcto entre el PLC y el programa. ....	54
62	Compilación del programa .....	54
63	Selección del CPU PLC S7-1200 .....	55
64	Configuración módulos de expansión .....	55
65	Programación y edición E/S .....	56
66	Programación PLC S7-1200 .....	56
67	Descarga del programa al dispositivo.....	57
68	Tarjetas syslink estaciones del modulo .....	57
69	Confirmación conexión .....	58
70	Compilación correcta del programa .....	58
71	Búsqueda dispositivo HMI .....	59
72	Comunicación PLC S7-1200 .....	59
73	Comunicación PLC-HMI correctamente.....	60
74	Configuración asistente HMI.....	60
75	Configuración asistente HMI.....	61
76	Programación del HMI. ....	61
77	Pantalla principal HMI .....	62
78	Pantalla secundaria HMI .....	62
79	Enlace entre PLC S7-300 y 1200 con el HMI .....	63

## SIMBOLOGÍA

P	Potencia	w
T°	Temperatura	°C
V	Voltaje	v
Vel	Velocidad	Rpm
A	Amperaje o Intensidad de corriente eléctrica	A, mA
V In	Alimentación	V
Mts	Metros	m
Cm	Centímetros	cm

## LISTA DE ABREVIACIONES

PLC	Controlador Lógico Programable.
IEC	Comisión Eléctrica Internacional.
HMI	Interfaz Hombre Máquina.
FDB	Diagrama de Funciones.
SFC	Diagramas de Funciones Secuenciales.
NEMA	Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos.
RTU	Unidad Remota de Entrada/Salida.
TIA	Automatización Totalmente Integrada.
E/S, I/O	Entrada/ Salida.
CPU	Unidad Central de Proceso.
CIM	Fabricación Integrada por Ordenador.
N/A	Normalmente Abierto.
N/C	Normalmente Cerrado.
AND	Compuerta Lógica Y.
OR	Compuerta Lógica O.
NOT	Compuerta Lógica NO o Negación.
DC	Corriente Directa.
CC	Corriente Continua.
IL	Lista de Instrucciones.

## **LISTA DE ANEXOS**

- A** Hoja de datos de estructura de aluminio.
- B** Diagrama de secuencia lógica del proceso.
- C** Bloques de programación
- D** Hojas de procedimiento de mantenimiento.
- E** Guía práctica del módulo de ensamblaje en serie.

## RESUMEN

Se ha realizado la repotenciación y plan de mantenimiento del módulo de ensamblaje en serie del laboratorio de control y manipulación automática de la Escuela de Ingeniería de Mantenimiento de la ESPOCH.

El objetivo es devolver la funcionalidad del módulo y realizar su debida documentación técnica y de mantenimiento, reconocer el funcionamiento de cada una de sus estaciones, el módulo está conectado a un panel de control, y se procesa las señales emitidas por los sensores hasta el PLC (Programmable Logic Controller) y observadas en una pantalla HMI (Human Machine Interface), estos son programados en el software TIA (Totally Integrated Automation) portal v13; el PLC procesa las señales y las envía a los actuadores neumáticos para activar su funcionamiento en el proceso de ensamblaje. Las estaciones que conforman el módulo son: estación banda de roles, banda transportadora, estación de montaje de cuerpo, estación de montaje de pasador y estación seleccionador.

Se estableció un análisis del estado técnico del módulo y la realización de fichas técnicas para determinar el estado inicial del mismo, analizando los sistemas eléctricos y neumáticos; posteriormente se procedió a realizar su repotenciación.

Mediante las pruebas de funcionamiento del módulo se obtuvo los resultados favorables que llevaron a la conclusión que la repotenciación es favorable para su óptimo rendimiento, siendo acoplado el panel de control para su funcionamiento total, mediante la documentación técnica y de mantenimiento se puede evitar que el módulo se deteriore, además contribuye al aprendizaje y adiestramiento de los estudiantes de la escuela y la facultad de Mecánica.

## SUMMARY

The power upgrade and plan of the assembly module maintenance in series at the control and automatic manipulation laboratory at ESPOCH Maintenance Engineering School, has been performed.

The objective is to restore the module functionality, carry out its proper technical maintenance documentation, and recognize the operation of each stations; the module is connected to a control panel and the signals emitted from sensors to the PLC (Programmable Logic Controller) observed in a HMI (Human Machine Interface), they are programmed in the TIA software (Totally Integrated Automation) Portal v13; PLC processes the signals and sends them to the pneumatic drives to activate its operation in the assembly process. The stations making up the module are: role station band, conveyor belt, station assembly body, assembly pin station and selector station.

An analysis of the technical module state and technical sheet in order to determine its initial state, analyzing electrical and pneumatic systems; and after that the power upgrading was carried out.

By means of a performance testing module, good results led to the conclusion that the engine power upgrade is favorable for an optimal performance, being coupled to the control panel for its complete operation by a technical documentation and maintenance module which was obtained to prevent spoilage, it also contributes to learning and training to school students and Mechanics Faculty.

## **CAPÍTULO I**

### **1. INTRODUCCIÓN**

#### **1.1 Antecedentes**

La tecnología avanza día tras día, por lo cual es necesario buscar la manera de mejorar sistemas, conocimientos, y técnicas, que ayuden a alcanzar la excelencia, es por eso que en los laboratorios de la ESPOCH y en especial de la escuela de Ingeniería de Mantenimiento requieren la actualización de sus equipos. En este sentido el laboratorio de control y manipulación automática a lo largo de su trayectoria ha implementado módulos teórico-práctico, producto del trabajo realizado por los estudiantes, los mismos que han sido utilizados para su aprendizaje y entrenamiento pre-profesional.

El módulo de ensamblaje en serie forma parte de los equipos que se encuentran en el laboratorio, y está constituido por estaciones o pequeños módulos los cuales son: bastidor de roles, banda transportadora, estación de montaje de cuerpo, estación de montaje de sujeción y estación seleccionador.

Los mismos que fueron construidos de forma individual, con diferente sistema de comunicación y accionamiento, por lo que se veía mermado su funcionamiento debido a los tiempos de puesta en marcha y su sistema de comunicación.

Estos módulos fueron implementados en años anteriores con la tecnología existente, dicha tecnología hoy en día ya no supe las expectativas industriales y que acompañado de la falta de mantenimiento han hecho que estos módulos queden obsoletos e inutilizados por los estudiantes para su aprendizaje.

#### **1.2 Justificación**

La repotenciación debe considerarse la modificación y adaptación del diseño existente teniendo como objetivo la satisfacción de los nuevos requerimientos, minimizando los cambios en el diseño original y maximizando la utilización de los equipos y dispositivos existentes. (AGUDELO, 2012)

El mercado a nivel mundial demanda productos de calidad en menor tiempo de entrega, para lo cual las empresas deben actualizar su tecnología y los sistemas de producción, llegando así la producción automatizada en serie, la misma que agiliza y mejora la calidad de los productos.

El módulo de ensamblaje en serie al estar conformado de pequeños módulos que se comunican de forma individual y que cuentan con diferente tecnología, dificulta su utilización en beneficio del estudiante, además al no estar en funcionamiento por falta de mantenimiento ha hecho que algunos de sus componentes fallen provocando la inutilización del mismo.

Aquí es donde se da cabida a la repotenciación, en la actualidad el módulo de ensamblaje en serie puede ser intervenido, ya que el laboratorio cuenta con todas las herramientas necesarias para poder repotenciar y mejorar su funcionamiento, además se cuenta con un sistema mejorado de comunicación y proceso a implementar.

Es claro que todas las maquinas son susceptibles de ser repotenciadas, pero siempre debemos tener en cuenta que previo a la repotenciación del módulo se debe realizar un diagnóstico, en donde se dé a conocer las posibilidades y las limitaciones de ser repotenciado. Al repotenciar el módulo de ensamblaje en serie se devolverá su funcionalidad y será puesto a disposición de los estudiantes para su adiestramiento, ya que simula un proceso productivo a escala y ayudara a entender las técnicas de automatización y aprender el manejo de PLC (controlador lógico programable).

### **1.3       Objetivos**

**1.3.1       Objetivo general.** Repotenciar y planificar el mantenimiento del módulo de ensamblaje en serie del laboratorio de control y manipulación automática de la escuela de Ingeniería de Mantenimiento de la ESPOCH.

**1.3.2       Objetivos específicos:**

- Determinar el estado técnico del módulo de ensamblaje en serie.
- Reconocer el funcionamiento de las partes del módulo de ensamblaje.

- Reparar y repotenciar el funcionamiento del sistema electroneumático.
- Diseñar circuitos electrónicos (Syslinks) para el funcionamiento de componentes del módulo.
- Elaborar la documentación técnica y de mantenimiento del módulo de ensamblaje en serie.

## **CAPÍTULO II**

### **2. MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 Módulo de ensamblaje en serie**

El módulo de ensamblaje en serie como su nombre lo indica posee un sistema en serie, pero además hoy en día gracias a la actualización de la tecnología cuenta con un sistema de control automático, que le permite poner a trabajar con tan solo accionar el inicio o puesta en marcha, este control se le implementa en general para todas sus estaciones, reuniendo así todas las funciones del módulo en una solo panel de control.

Su tamaño a escala a comparación de grandes líneas de producción, pero posee el mismo principio de funcionamiento y comunicación que es empleado en grandes industrias, esta comunicación en forma de señales eléctricas pasan por un bloque de control y es emitida a los diversos componentes como: electroválvulas, sensores, cilindros, etc.

Las estaciones deben cumplir con la función de acoplar todas las partes del bloque que será transportado por la cinta transportadora, hasta llegar a la última estación en donde se almacenara el bloque una vez ensamblado.

Estas acciones se las realizan en cada una de las cinco estaciones que posee el modulo, y son las siguientes:

- Bastidor de roles.
- Banda transportadora.
- Estación de montaje del cuerpo.
- Estación de montaje sujeción.
- Estación seleccionador.

Conformado el módulo de ensamblaje en serie; cada una de las estaciones tiene un trabajo distinto pero en concordancia con las demás, el desempeño de cada una es importante para poder llegar al ensamblaje del producto final.

## 2.2 Partes del módulo de ensamblaje en serie

Figura 1. Módulo de ensamblaje en serie



Fuente: Autores

**2.2.1 Bastidor de roles basculante.** El bastidor de roles basculante es el inicio del módulo de ensamblaje en serie, denominado así por ser un almacenamiento provisional de la paleta que sirve para transportar el bloque ensamblado, el cual debe pasar por cada una de las estaciones. Este es accionado por medio de dos cilindros neumáticos, el primero levanta la banda de roles y el segundo empuja la paleta hasta la cinta transportadora.

Figura 2. Bastidor de roles basculante



Fuente: Autores

**2.2.2 Banda transportadora.** Es considerada parte fundamental del módulo de ensamblaje ya que todas las estaciones requieren de su funcionamiento para poder realizar sus distintos trabajos, la cinta transportadora recibe la paleta porta bloques del bastidor de roles y al mismo tiempo se encarga de transportar la paleta por las estaciones restantes, recibiendo en si el bloque ensamblado hasta el final de la línea de proceso.

Figura 3. Banda transportadora



Fuente: Autores

Su movimiento está compuesto por un motorreductor acoplado directamente, este componente hace que la velocidad de la cinta transportadora sea controlada de forma eficiente, constante y segura, para el traslado de la paleta tiene incorporado ocho poleas que están empotradas y unidas por una banda redonda que hace que la paleta viaje por las distintas estaciones del módulo de ensamblaje.

**2.2.3 Estación de montaje (cuerpo).** Al estar en movimiento la paleta sobre la banda transportadora la primera parada obligada es en la estación de ensamblaje, la misma que está conformado por dos torres de abastecimiento, la primera se encarga de posesionar un bloque hueco sobre la paleta previamente en posición, una vez que la paleta contenga al bloque esta se desplazara hasta la segunda torre de abastecimiento.

Determinada la posición de la paleta, la segunda torre de la estación de ensamblaje deja caer sobre el bloque hueco su cubierta, la misma que se inserta en el bloque hueco formando un solo cuerpo, la calibración de la altura de las torres de abastecimiento y de los actuadores neumáticos hacen que el bloque encaje correctamente sobre la paleta.

Figura 4. Estación de montaje (cuerpo)



Fuente: Autores

**2.2.4 Estación de montaje (pasador).** Terminada las funciones de las estaciones anteriores la paleta sigue su trayectoria hasta llegar a la estación de ensamblaje de sujeción del bloque, aquí es en donde se da la sujeción entre el bloque hueco y la cubierta insertado en él.

Figura 5. Estación de montaje (pasador)

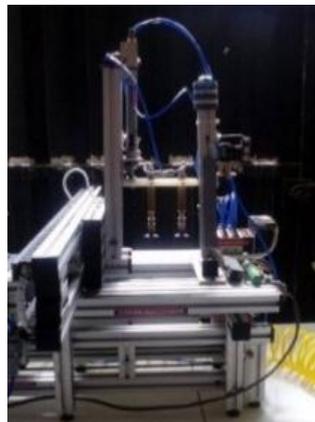


Fuente: Autores

Se lo realiza mediante un pasador previamente ubicado en la estación de ensamblaje, el mismo que se inserta en el bloque ensamblando e inmovilizando sus partes, brindando la seguridad para que el bloque no sea separado en la siguiente estación.

**2.2.5 Estación seleccionador.** Es considerada la parte final del proceso de ensamblaje, una vez que la paleta con el bloque haya completado su avance por las estaciones de ensamblaje procede a ingresar en la última estación denominada estación seleccionador, en esta estación se procede a retirar el cuerpo previamente ensamblado, acción que se lo realiza en forma alternada para así no saturar las vías de salida.

Figura 6. Estación seleccionador

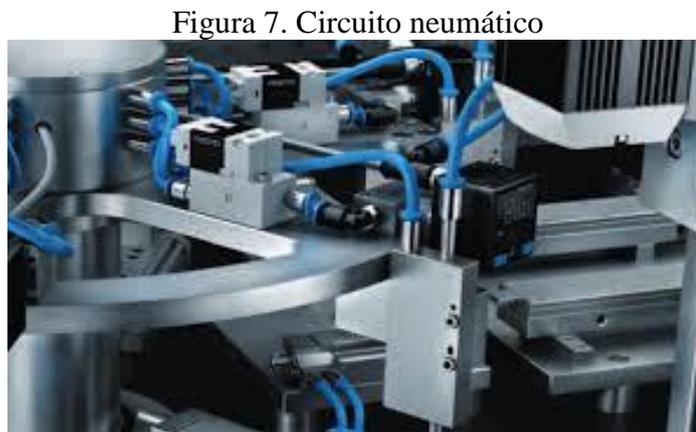


Fuente: Autores

Antes de llegar a la estación seleccionador la paleta pasa por un sensor, el mismo que activa un cilindro que desciende para detener y posesionar la paleta, al posesionarse un sensor emite una señal para que otro cilindro equipado con dos ventosas de succión descienda sobre el bloque para trasladarlo, al subirlo de igual manera los cilindros transversales muevan el brazo horizontal dejando caer al bloque sobre las rampas de salida ya sea al lado derecho o izquierdo del módulo.

### 2.3 Electroneumática

La electroneumática es la aplicación en donde se combina dos importantes ramos de la automatización como son:



Fuente: catalogofesto.pdf

- Neumática (manejo de aire comprimido).
- Electricidad y/o la electrónica.

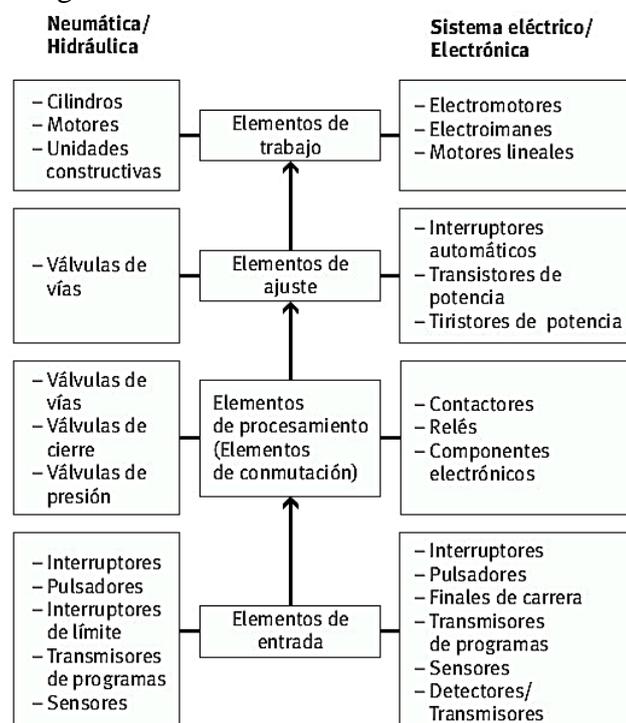
La electroneumática es una de las técnicas de automatización más utilizadas en la actualidad, ayuda a optimizar procesos a nivel industrial, sus inicios empezó con la utilización de la neumática, y posteriormente con la ayuda de la electricidad y/o electrónica nace la electroneumática, los cuales han dado como resultados una mejor compactación y optimización en procesos industriales.

Dentro de los elementos de un sistema electro-neumático es importante reconocer la cadena de mando para elaborar un correcto esquema de conexiones. Cada uno de los elementos de la cadena de mando cumple una tarea determinada en el procesamiento y la transmisión de señales. (CROSER, 2011)

Para obtener la mejor eficacia en la estructuración de bloques de mando podemos tomar las siguientes consideraciones:

- Disposición de los elementos en el esquema de conexión.
- Especificación del tamaño nominal, la corriente nominal y la tensión nominal de los componentes eléctricos (bobinas, sensores, actuadores etc.).
- Identificación de los componentes al efectuar trabajos de mantenimiento.

Figura 8. Cadena de mando electroneumático



Fuente: Festoelectroneumatica.pdf

## 2.4 Controlador lógico programable PLC S7-300

**2.4.1 Definición y generalidades.** El controlador lógico programable es un equipo electrónico operado digitalmente, de conformación sólida modular basado en microprocesadores o microcontroladores de alta velocidad, diseñado para controlar procesos secuenciales en ambientes hostiles dentro de la industria.

El PLC S7-300 realiza un control en tiempo real, al recibir información instantáneamente emite las señales de accionamiento, trabaja con una memoria

programable en donde se almacena las instrucciones como son: secuencias, lógica, registros y control de tiempos, a través de sus módulos de entrada y de salida.

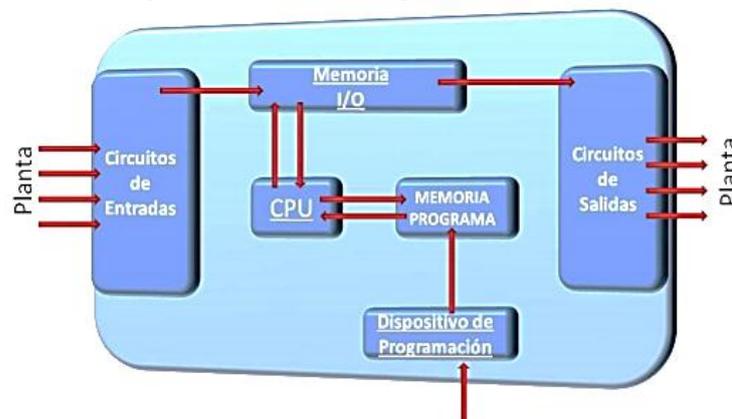
Figura 9. Plc Simatic S7-300



Fuente: Manual data sheet Siemens.pdf

**2.4.2 Estructura PLC.** El PLC se asemeja a un computador que la ocupamos en tareas diarias, ya que ambos tienen el fin de obtener información, procesarla y entregar resultados de dicha información bajo requerimientos del usuario, la conformación de su estructura es la siguiente:

Figura 10. Estructura general de un PLC



Fuente: Repositorio Facultad de Mecánica/UNAM

**2.4.2.1 Fuente de poder.** La parte vital del PLC es la fuente de poder, está encargada de proporcionar la tensión y corriente necesaria para el buen desempeño del PLC, por lo general las fuentes de poder trabajan a 24 VDC, pero en la actualidad ya existen fuentes de poder que trabajen a 110 VCA.

Cualquiera de estas dos tipos de fuentes son de forma modular es decir independiente de los demás módulos, haciendo más fácil su sustitución en caso de ser necesario o su desarticulación para un montaje a distancia.

Figura 11. Fuente de poder



Fuente: Autores

**2.4.2.2** *Unidad central de procesamiento (CPU).* La CPU es la parte encargada de gobernar las actividades del PLC, recibe la información emitida por los captadores de señal, como son los sensores que están conectados físicamente a las entradas, dentro del proceso que posee la memoria ejecuta el programa de control que se encuentra previamente cargado en la memoria de trabajo, la CPU procesa la información de entrada y arrojar las instrucciones de salida las mismas que se realizan de manera continua y cíclica sobre el actuador para el funcionamiento del proceso.

Figura 12. CPU Simatic S7-300



Fuente: Manual data sheet Siemens.pdf

**2.4.2.3** *Memoria.* A diferencia de otros PLC's que poseen memoria interna de trabajo, el S7-300 no posee memoria interna para cargar los programas e instrucciones, por lo que necesita de una memoria externa para poder trabajar, en esta memoria se almacena las funciones a ejecutar, así como la secuencia de cómo serán activados los diferentes elementos de un proceso, las instrucciones del programa son almacenadas de forma binaria (0 y 1) ya que el PLC actúa bajo ese lenguaje.

Figura 13. Micro memory card S7-300



Fuente: Autores

**2.4.2.4 Unidades de entradas/ salidas.** En esta unidad podemos enlazar los diferentes elementos ya sea como entrada o como salida, los sensores están físicamente conectados a las entradas del módulo y los actuadores se conectan a las salidas, se considera como una interfaz entre el CPU, sensores y actuadores; pueden ser de tipo analógicas o digitales, el PLC S7-300 posee entradas y salidas de tipo digital.

Figura 14. Módulo E/S S7-300



Fuente: Manual data sheet Siemens.pdf

**2.4.2.5 Unidades de comunicación.** Dentro de la estructura del PLC una parte fundamental es el medio de comunicación, antiguamente la comunicación se lo hacía de manera física por medio de un tablero de control, hoy en día se lo realiza por medio de un interfaz externo, como puede ser por medio de otro PLC.

En nuestro caso con la implementación de un medio digital de control y visualización como es el denominado HMI (Interfaz Hombre Maquina), ayuda a controlar de forma visual el trayecto y posicionamiento del elemento a ensamblar.

Figura 15. HMI Siemens touch



Fuente: Manual data sheet Siemens.pdf

**2.4.3** *Lenguaje de programación de PLC's.* Un programa se lo puede definir como un conjunto de instrucciones, órdenes y símbolos reconocibles por el PLC, a través de su unidad de programación, que le permiten ejecutar una secuencia de control deseada. El Lenguaje de programación en cambio, permite al usuario ingresar un programa de control en la memoria del PLC, usando una sintaxis establecida. (DURAN, 2009)

Los PLC's al igual que los equipos tecnológicos han tenido que pasar por un sinnúmero de actualizaciones, algunas marcas y modelos hacían que sean incompatibles en muchas de las ocasiones, por lo que a pasar el tiempo y bajo la norma IEC 1131-3 se pudo llegar a determinar el estándar internacional en PLC's, en donde prime la compatibilidad entre equipos.

**2.4.4** *Tipos de lenguajes de programación de PLC's.* En el mercado existe de varias marcas y cada fabricante diseña su propio lenguaje de programación, pero hay lenguajes de estándar internacional dentro de los más difundidos a nivel mundial son:

**2.4.4.1** *Lenguaje de contactos o escalera.* Conocido también como lenguaje Ladder, es un lenguaje gráfico popular para programar controladores lógicos programables, está basado en esquemas eléctricos ya conocidos o denominados clásicos. Esto hace que el usuario se familiarice con la forma de programar y sea mucho más fácil realizar el trabajo, puesto que estos esquemas están normalizados bajo la norma NEMA (Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos), con esta norma realizan los PLC's la mayoría de fabricantes a nivel mundial.

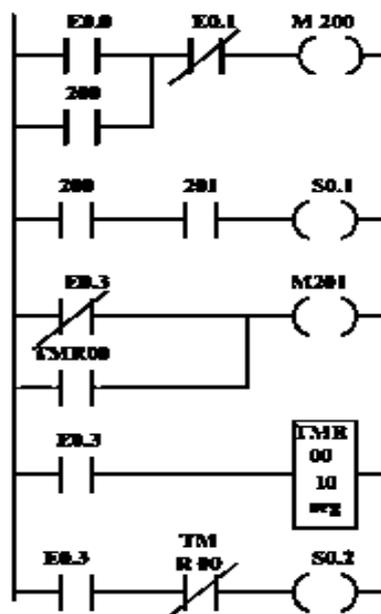
Tabla 1. Elementos básicos del lenguaje escalera.

Símbolo	Nombre	Descripción
	Contacto N/A	Se activa cuando hay un uno lógico en el elemento que representa.
	Contacto N/C	Su función es similar al del contacto N/A, pero en este caso se activa cuando hay un cero lógico.
	Bobina N/A	Se activa cuando su combinación que hay a la entrada (Izquierda) es un uno lógico.
	Bobina N/C	Se activa cuando su combinación que hay a la entrada (Izquierda) es un cero lógico
	Bobina Set	Una vez (puesta en uno) no se puede desactivar (puesta en cero) si no es por su correspondiente bobina en reset.
	Bobina Reset	Permite desactivar una bobina Set previamente activada.

Fuente: ing.unlpdiagramaescalera.pdf

El lenguaje de escalera es un derivado del lenguaje de relés, así tenemos los símbolos básicos para su programación.

Figura 16. Diagrama escalera

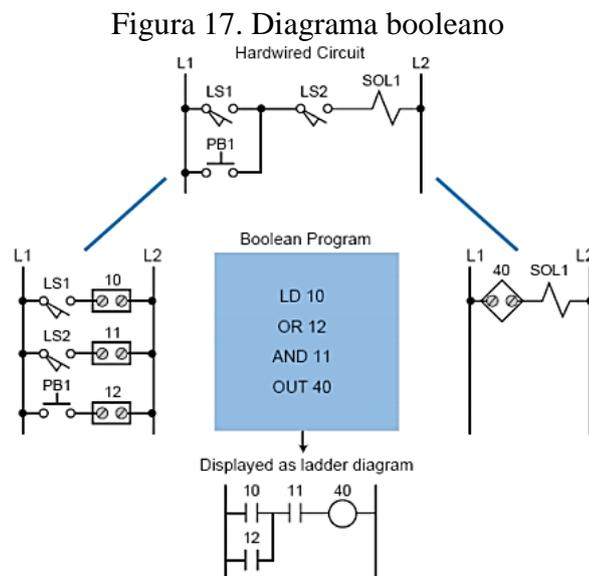


Fuente: ing.unlpdiagramaescalera.pdf

Conocidos los símbolos básicos del diagrama escalera es importante tener en cuenta su estructuración al momento de programar, la estructuración general del programa escalera comienza ubicando los contactos a la izquierda y las bobinas y demás elementos a la derecha, el orden de ejecución del programa es de forma horaria, de izquierda a derecha o de arriba hacia abajo, es decir que primero se activan los contactos para luego activar las bobinas.

**2.4.4.2 Lenguaje booleano.** Este lenguaje utiliza la lista de instrucciones (IL) de la norma IEC 1131-3 a veces llamado lenguaje booleano, esta lista utiliza una sintaxis de algebra de Boole para ingresar y explicar la lógica de control, utilizando las conocidas funciones AND, OR y NOT para implementar programas de control.

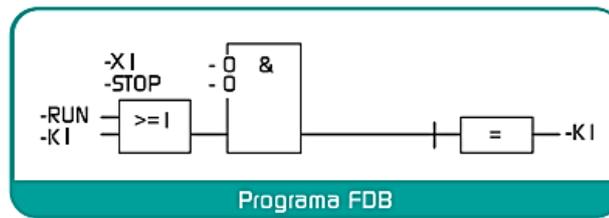
El lenguaje booleano es un lenguaje orientado a instrucciones, cuando se despliega en un dispositivo de programación y al visualizar se puede ver un parecido a un diagrama de escalera.



Fuente: <http://ramonmedina.name/files/universidad/plc/plc0006.pdf>

**2.4.4.3 Lenguaje de funciones (FDB).** Es un lenguaje grafico muy parecido al que maneja los autómatas logos, permite al usuario programar en base a bloques de funciones del plc, de tal forma que aparecen conectados entre ellos al igual que en un circuito eléctrico, sus funciones están estandarizadas de igual manera en la norma IEC 1131-3, permitiéndole al usuario a construir sus propios bloques de funciones de acuerdo al requerimiento de su proceso.

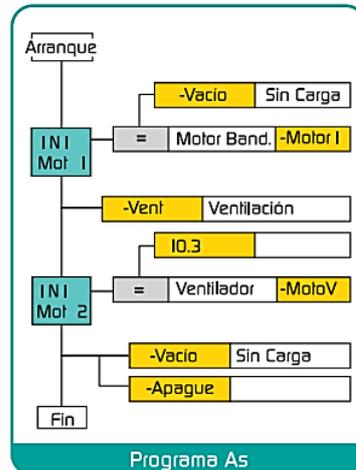
Figura 18. Diagrama de funciones SFC



Fuente: PLC - Controladores lógicos programables Sena Virtual Distrito Capital 2005.pdf

**2.4.4.4 Lenguaje de funciones secuenciales (SFC).** El programa de funciones secuenciales es muy similar a un diagrama de flujo, es utilizado por programadores de mayor trayectoria ya que explota la concepción algorítmica para que el proceso cumpla con una secuencia, este lenguaje ayuda a organizar subprogramas o subrutinas, es decir sigue una secuencia donde un programa fluye de un punto a otro cuando haya satisfecho una condición. Así entonces cuando el programa active una de las etapas al mismo tiempo desactivara la anterior que fue satisfecha.

Figura 19. Diagrama de funciones FDB



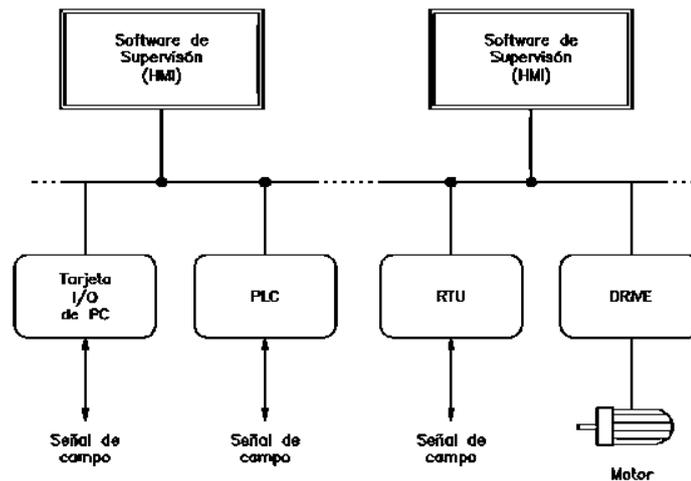
Fuente: PLC - Controladores lógicos programables Sena Virtual Distrito Capital 2005.pdf

## 2.5 Pantallas táctiles (HMI)

Las siglas HMI es la abreviación en ingles de Interfaz Hombre Máquina. Los sistemas HMI son quienes reemplazan a los centros de control físicos que anteriormente eran utilizados para iniciar el funcionamiento de un proceso, se consideran como una “Ventana” de un proceso, ya que pueden estar en dispositivos especiales o en computadora.

Las señales de procesos del proceso son conducidas al HMI por medio de dispositivos como tarjetas de entrada /salida en la computadora, PLC's (Controladores lógicos programables), RTU (Unidades Remota de I/O) o DRIVE's (Variadores de velocidad de motores). Todos estos dispositivos deben tener una comunicación que entienda el HMI. (SACO, 2008)

Figura 20. Interfaz del HMI



Fuente: <http://iaci.unq.edu.ar/materias/laboratorio2/HMI%5CIntroduccion%20HMI.pdf>

### 2.5.1 Tipos de pantallas HMI

Tabla 2. Tipos de pantallas y características.

Panel HMI Basic	Imagen	Descripción	Características técnicas
KTP 400 PN		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mono escala de grises</li> <li>• Pantalla táctil de 4"</li> <li>• Teclas táctiles</li> <li>• Vertical u horizontal</li> <li>• Resolución 320x240</li> <li>• Tamaño 3.8"</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 128 variables</li> <li>• 50 pantallas de proceso</li> <li>• 200 alarmas</li> <li>• 25 curvas</li> <li>• 32kb de memoria</li> <li>• 20 registros</li> <li>• 20 entradas</li> </ul>
KTP 600 Basic PN		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Color TFT 256 colores o monocromo STN escala de grises</li> <li>• 6 teclas táctiles</li> <li>• Vertical u horizontal</li> <li>• Tamaño 5.7"</li> <li>• Resolución 320x240</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 128 variables</li> <li>• 50 pantallas de proceso</li> <li>• 200 alarmas</li> <li>• 25 curvas</li> <li>• 32kb de memoria</li> <li>• 20 registros</li> <li>• 20 entradas</li> </ul>
KTP 1000 Basic PN		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Color TFT 256 colores</li> <li>• Pantalla táctil de 10"</li> <li>• 8 teclas táctiles</li> <li>• Tamaño 10.4"</li> <li>• Resolución 640x480</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 256 variables</li> <li>• 50 pantallas de proceso</li> <li>• 200 alarmas</li> <li>• 25 curvas</li> <li>• 32kb de memoria</li> <li>• 20 registros</li> <li>• 20 entradas</li> </ul>

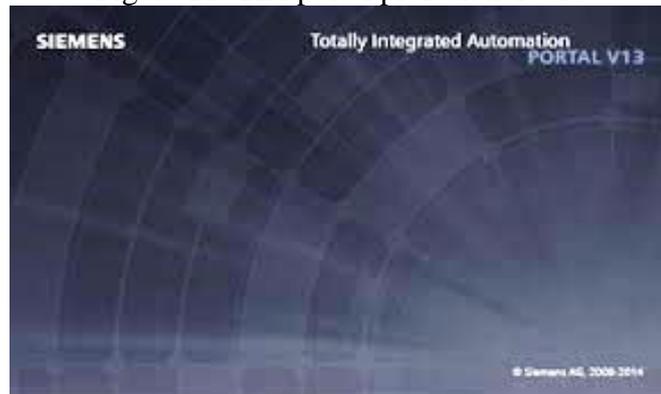
TP 1500 Basic PN		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Color TFT 256 colores</li> <li>• Pantalla táctil de 15”</li> <li>• Tamaño 15.1”</li> <li>• Resolución 1024x768</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 256 variables</li> <li>• 50 pantallas de proceso</li> <li>• 200 alarmas</li> <li>• 25 curvas</li> <li>• 32kb de memoria</li> </ul>
---------------------	---	--	---

Fuente: Autores

## 2.6 Software de comunicación TIA Portal v13

TIA (Totally Integrated Automation) Portal v13 de Siemens es una herramienta líder en el mundo de la automatización industrial, este software de ingeniería tiene el potencial de optimizar todos los procedimientos de planificación, procesos y maquinaria, al unificar el SIMATIC STEP 7, SIMATIC WinCC y SINAMICS StarDrive. (ALVAREZ, 2012)

Figura 21. TIA portal profesional V13



Fuente: Autores

**2.6.1** *Requerimientos TIA portal v13.* El avance en el software de programación para el plc ha hecho que las características en el requerimiento para su instalación sean actualizadas, por lo que los requerimientos del software son los siguientes:

Tabla 3. Requisitos TIA Portal v13.

Sistema operativo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Windows 7</li> <li>• Windows 8.1 Professional/Enterprise</li> <li>• 64 bit (OS)</li> </ul>
Procesador	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Core i5-3320M , 3.3 GHz</li> </ul>
RAM	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 8 GB</li> </ul>
Resolución de pantalla	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1920x1080px</li> </ul>

Fuente: Autores

## 2.7 Repotenciación de máquinas

La reconstrucción mecánica y electrónica de una maquinaria tiene como objetivo modernizar el servicio original del bien común, para promover su productividad y competitividad, en un tiempo en el que la calidad y rapidez son de vital importancia, como también ahorro en costos. Su objetivo principal es la modernización de una maquinaria y promover la productividad y competitividad de la empresa o industria, para tener crecimiento en el mercado internacional.

**2.7.1** *Procedimiento para repotenciar maquinaria.* Un apropiado procedimiento de repotenciación de la maquinaria de una empresa, es una opción viable y según el nivel tecnológico de los equipos, estos sean accesibles de mejorar sus funciones para la cuales fueron diseñados.

Figura 22. Repotenciación



Fuente: maquinaria\_repotenciacion.pdf

Las máquinas pueden ser objetos de intercesión o retrofit, que es el reacondicionamiento de equipos ejecutando la rectificación o sustitución de sus elementos, se sustituyen partes deterioradas o insuficientes y se mantiene la estructura mecánica en excelente estado como los tableros, componentes principales y soportería en general.

Para repotenciar maquinaria los avances tecnológicos más significativos los constituyen los sistemas de servomotores, manipuladores eléctricos, sensores, control numérico, PLC, software, componentes de seguridad, dispositivos robóticos y equipos medio ambientalmente amigables. (AGUDELO, 2012)

### 2.7.2 *Ventajas de la repotenciación de máquinas.*

- Mejora la disponibilidad e incremento de productividad.
- Actuación y programación más eficientes.
- Periodo más veloz para el procesamiento de elementos complejos.
- Disminución de pausas y tiempos de parada.
- Administración de datos de manera segura fiable.
- Disminución de la inversión vs la obtención de maquinaria nueva.

## 2.8 **Elementos eléctricos que posee el módulo.**

**2.8.1** *Sensores magnéticos.* El termino sensor se dice que proviene del latín “sensus” que significa sentir o percibir. Este concepto empezó a utilizarse en las publicaciones especializadas en el transcurso de la década de los años setenta.

Figura 23. Sensor magnético



Fuente: catalogosensoresdisoric.pdf

Para el funcionamiento general de un sensor es necesario procesar de alguna manera las señales (procesamiento previo) antes de que la información llegue a un sistema ejecutor constituido por actuadores, el sensor aprovecha para la primera conversión de señales recurriendo a diversos principios físicos que permiten la entrega de la señal al control lógico programable.

**2.8.2** *Motor corriente continua dc.* Los motores de corriente continua son máquinas que convierten la energía eléctrica en energía mecánica, del cual se obtiene un movimiento rotatorio. Los motores de corriente continua son muy utilizados en los sistemas de potencia de automóviles, camiones y aviones.

Para la alimentación de los motores dc se necesita de una fuente de potencia dc, en muchos de los casos los motores pueden ser de 12 o 24vdc, a menos que se especifique otra cosa, se supone que el voltaje de entrada es constante.

Figura 24. Motorreductor eléctrico 24vdc.



Fuente: <http://potenciaelectromecanica.com/calculo-de-un-motorreductor/>

Generalmente a los motores acoplados a un reductor de velocidad se los denomina motorreductores, estos son apropiados para el accionamiento de toda clase de máquinas industrial que requiere disminuir su velocidad de manera segura y eficiente.

**2.8.3** *Circuito de cableado.* El cableado que proviene del PLC y de los diferentes actuadores se concentran en un punto de conexión mayor, para la optimización de cables y espacio se realiza una placa que posea entradas y salidas, así podrán ingresar en las borneras los cables provenientes del PLC ingresar en las placas y de sus salidas.

Figura 25. Placas entradas/salidas



Fuente: Catalogowuidmuller.pdf

## 2.9 Elementos mecánicos que posee el módulo

Los elementos mecánicos que posee el módulo de ensamble son de vital importancia ya que nos permite dar el movimiento necesario para realizar el trabajo requerido y

demostrar el funcionamiento del mismo. De tal manera es necesario revisar dichos elementos para saber su funcionamiento y como interfiere en todo el módulo. Los elementos mecánicos que se utiliza en este módulo son:

**2.9.1** *Cilindros o actuadores neumáticos.* Un cilindro neumático es un dispositivo que transforma la energía neumática en la activación de un proceso, cuya finalidad es genera un efecto sobre el proceso automatizado, en este módulo existen varios cilindros neumáticos cuya función principal es dar el movimiento necesario para realizar un trabajo sin la intervención del operario.

Figura 26. Cilindro neumático



Fuente: <http://directindustry.es/prod/festo/product-4735-120580.html>

**2.9.2** *Poleas de fibra.* Una polea es considerada una maquina simple que sirve para transmitir fuerza de un punto a otro, por medio de un conector.

La polea está compuesta por tres partes fundamentales que son:

- El cuerpo
- El cubo
- La garganta

Figura 27. Polea de fibra de un canal



Fuente: <http://.fitnesas.com.ar/p/319/polea-de-plastico>

El cuerpo puede estar formado por radios para reducir el peso o de forma maciza dependiendo de los requerimientos del usuario, el cubo es la parte central que comprende el agujero donde va el eje. La garganta o canal es en donde entra en contacto con la correa, y está diseñada para lograr un mayor agarre posible.

**2.9.3** *Banda transportadora.* Una banda es un elemento mecánico la cual sirve para transmitir potencia mediante un movimiento de rotación y estas van acopladas en poleas que a su vez dan la fuerza necesaria para permitir dicho movimiento.

Figura 28. Banda redonda



Fuente: [blogspot.com/2011/02/unidad-iplaneacion-del-mantenimiento.html](http://blogspot.com/2011/02/unidad-iplaneacion-del-mantenimiento.html)

Es un medio de transmisión a diferencia de las ruedas dentadas pueden transmitir potencia a largas distancias, son de constitución flexible y para movimientos de rotación resulta una buena opción ya que son más baratas

**2.9.4** *Válvulas neumáticas.* Las válvulas neumáticas son elementos que nos permite regular, distribuir y bloquear la presión del aire comprimido para su respectivo uso, así como sus nombres cada una de ellas cumple una función distinta la una de la otra.

**2.9.5** *Bastidor de rodillos.* Los rodillos son elementos que permiten el traslado y manejo de objetos de un lugar a otro con el fin de dar mayor facilidad al operario en manejar grandes cantidades de paquetes u otro tipo de objetos, antiguamente se los consideraban como un medio transportador para largas distancias, pero el alto costo y el continuo mantenimiento ha hecho que sea desplazado por las cintas transportadoras soportados en menos cantidad de rodillos fijos que sirven para dar el movimiento.

Figura 29. Bastidor de rodillos

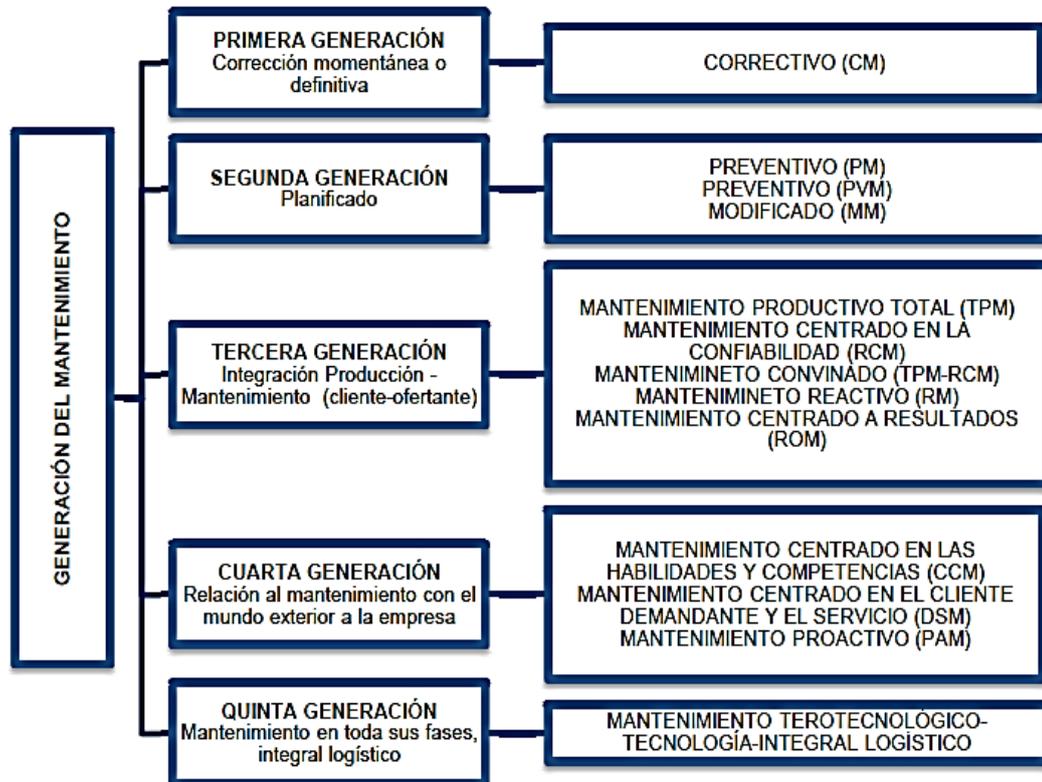


Fuente: jose-bello.blogspot.com/2010/10/ingenieria-mecanica.html

## 2.10 Planificación del Mantenimiento

El mantenimiento es de vital importancia en la industria, interviene en la producción tanto en la cantidad como en la calidad, permite y mantiene un alto grado de confiabilidad de los equipos (bienes muebles, inmuebles e infraestructura).

Figura 30. Generación del mantenimiento



Fuente: .mantenimientogeneral.com/Manual

Algo muy importante es que ayuda a prevenir accidentes y lesiones al trabajador, evitando en parte riesgos en el área laboral.

**2.10.1** *Fundamentos de mantenimiento.* Sin duda en el transcurso de los años los criterios y definiciones de mantenimiento han evolucionado de la mano de la necesidad, antes solo se preocupaban por reparar el daño, en la actualidad se prioriza por mantener al activo funcionando bajo los parámetros establecidos y los requerimientos de la empresa como tal.

El hablar de mantenimiento y de plan de mantenimiento estas se asocian de forma directa ya que el mantenimiento está dentro de un plan a ejecutarse, para lo cual debemos tener muy en cuenta que significa cada uno.

**2.10.1.1** *Mantenimiento.* El mantenimiento es el conjunto de actividades que deben realizarse a instalaciones y equipos con el fin de corregir o prevenir fallas, buscando que en estos continúe prestando el servicio para el cual fueron diseñados (evitando la degradación innecesaria del mismo)

**2.10.1.2** *Plan de mantenimiento.* Es un conjunto de tareas donde se planea una estrategia en la cual interviene diferentes procedimientos, recursos y duración para llevar a cabo el mantenimiento.

**2.10.2** *Elaboración de un plan de mantenimiento.* Para elaborar un plan estratégico de mantenimiento se debe tener conocimiento de las diferentes herramientas que podemos utilizar, de igual manera conocer en donde vamos a aplicarlo, es decir familiarizarse con el entorno a intervenir. Así podemos citar algunas prácticas que se realiza antes y durante el plan de mantenimiento como son las siguientes:

- Establecer programas de capacitación a los encargados del mantenimiento, ampliar su conocimiento.
- Estudiar planes de mantenimiento para evitar paros imprevistos en equipos que estén operando.
- A su vez estudiar durante distintos periodos las necesidades que requieren tanto los equipos como las instalaciones.
- Establecer tiempos de intervención a la maquina en función de las necesidades que requiera la misma.
- Determinar frecuencias y cronogramas para las intervenciones que se requiera.

Muchas de las veces el mantenimiento se basa en la recopilación de instrucciones o instructivos del fabricante, los aportes de cada uno de los responsables del mantenimiento dentro de una empresa, esto lo realizamos a sistemas o maquinas que no tienen nada de documentación de mantenimiento y que requieran del mismo.

Para su aplicación requiere de pasos, así se requiere un plan de mantenimiento elaborado detalladamente, acompañado de un calendario de actividades en donde se detalla las fechas a intervenir el activo, las mismas que no deben afectar la producción y además de las fechas debe estar establecida la frecuencia con la que se debe dar mantenimiento al activo.

## CAPÍTULO III

### 3. ANÁLISIS DEL ESTADO ACTUAL DEL MÓDULO DE ENSAMBLAJE EN SERIE

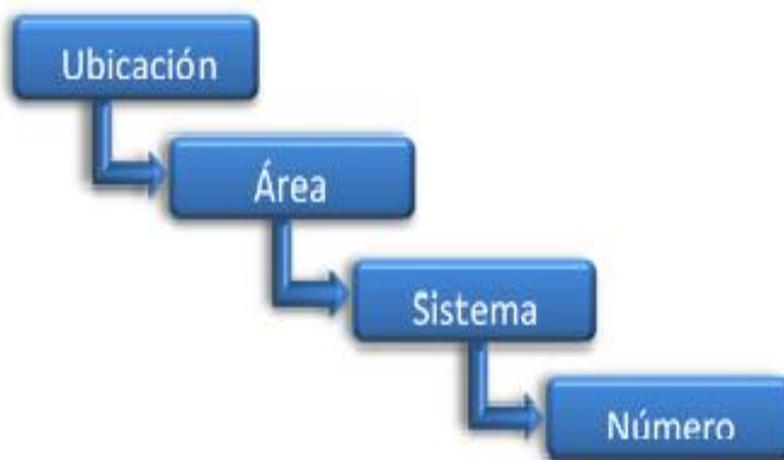
#### 3.1 Análisis general del estado actual del módulo

El análisis del estado técnico del módulo fue el primer paso para determinar qué acciones tomar para ejecutar las actividades de mantenimiento y repotenciación del módulo de ensamblaje en serie.

Dentro del mantenimiento el primer paso fundamental es obtener y conocer los datos técnicos, características y funciones de cada una de las partes de una máquina, las mismas que nos ayudara al entendimiento e interpretación de su funcionamiento. En este caso del módulo de ensamblaje en serie la información era muy limitada, ya que no se contaba con documentación alguna que pueda aportar de manera directa a las acciones de mantenimiento y repotenciación.

**3.1.1** *Codificación del módulo de ensamblaje en serie.* Antes de proceder a elaborar la ficha técnica del módulo debemos proporcionar un código técnico para que nos ayude a ubicar el módulo con mucha más facilidad, por lo tanto el código deberá llevar aspectos como su ubicación, a que área pertenece, su sistema o a que familia pertenece y su número de sistema.

Figura 31. Estructura de codificación



Fuente: Autores

**3.1.1.1** *Ubicación.* Se considera como el inicio de la codificación, ya que abarca la ubicación exacta dentro de un lugar específico, dentro de la facultad de mecánica este módulo lo encontramos en la escuela de Ingeniería de mantenimiento.

Escuela de Ingeniería de mantenimiento

**EIM**

**3.1.1.2** *Área.* Se considera el segundo nivel de codificación, dentro del área están comprendidos laboratorios, aulas, oficinas y demás espacios que estén dentro de la escuela, es caracterizado por dos letras continuas al primer nivel separados por guion.

Laboratorio de control y manipulación automática.

**CA**

**3.1.1.3** *Sistema.* Se considera el tercer nivel de la codificación, aquí se determina la familia al cual pertenece las maquinas, equipo y módulos, previamente clasificados por el sistema de funcionamiento pueden ser mecánicos, eléctricos, neumáticos, electroneumáticos etc...

Electroneumática

**EN**

**3.1.1.4** *Número de Sistema.* Con lo denotado anteriormente podemos proveer a nuestro modulo con un código técnico establecido en los parámetros explicados anteriormente, quedando así de la siguiente forma:

Figura 32. Código técnico del modulo



**EIM-CA-EN-01**

Fuente: Autores

**3.1.2** *Ficha técnica de datos y características del módulo de ensamblaje en serie.*

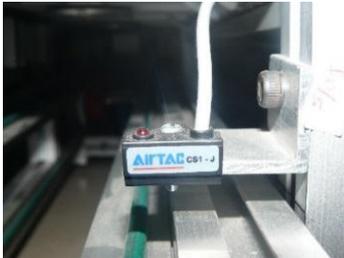
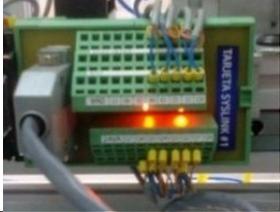
La elaboración de la ficha técnica del módulo nos ayuda y es de mucha utilidad para la toma de decisiones en lo concerniente al mantenimiento y repotenciación del mismo, la ficha técnica abarca los datos más sobresalientes del módulo y/o elementos que deseamos conocer su estado.

La ficha técnica contiene los siguientes parámetros de información:

- Encabezado.
- Datos Generales.
- Características técnicas y funciones.
- Componentes y accesorios.

Tabla 4. Ficha técnica del módulo de ensamblaje en serie.

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO LABORATORIO DE CONTROL Y MANIPULACIÓN AUTOMÁTICA				
Ficha Técnica				
<b>Modulo o máquina</b>	Módulo de ensamblaje en serie	<b>Código Técnico</b>	EIM-CA-EN-01	
<b>Material</b>	Aluminio Estructural 1432			
<b>Realizado por:</b>	Daquilema Jaime, Yumisaca Alex.	<b>Fecha</b>	03 Febrero 2016	
Descripción del Código Técnico				
<b>EIM:</b>	Escuela de Ingeniería de Mantenimiento	<b>CA:</b>	Control y Automatización	
<b>EN:</b>	Electro neumática	<b>01:</b>	Numero Designado	
Datos generales				
Dimensiones generales del módulo				
<b>Largo Total:</b>		2.60 mts		
<b>Ancho Total:</b>		0.84 mts		
<b>Altura Total:</b>		0.73 mts		
<b>Vibración:</b>		Baja		
Características Técnicas			Foto del módulo	
Energía de alimentación principal 110V /24V Sistema Electroneumático. Potencia Requerida 66W				
FUNCIÓN				
Es una combinación de control industrial y electroneumática, que al accionar cada uno de sus componentes en forma consecutiva realiza el trabajo de montaje y ensamblaje de un cuerpo sólido.				
Componentes y accesorios				
Moto reductor eléctrico de		Descripción		
		Motor	SM6651W / DC	
		P nom.	70W/ 0.09Hp	
		Vel. nom.	54 rpm	
		T. nom.	24VDC	
		Par nom.	78Kgf *cm	
		Modo de operación	Continuo	

<b>Relay Ly-2</b>	<b>Descripción</b>	
	Voltaje de la bobina	24VDC
	Régimen de corriente de contacto	10 A.
	Tipo de bobina	Sin bloque
	Resistencia de la bobina	650 Ohms
	Corriente de la bobina	36.9 mA
	Numero de pines	8
<b>Cilindros neumáticos rt/57220/m/100</b>	<b>Descripción</b>	
	Fluido	Aire comprimido
	Diámetro	20 mm
	Diámetro del vástago	8 mm
	Carrera	100 mm
	Funcionamiento	Doble efecto
	Presión de trabajo	1 a 10 Bar
	T° de trabajo	-10° a + 80°C
<b>Cilindros Neumáticos Jg 25 X 20</b>	<b>Descripción</b>	
	Fluido	Aire comprimido
	Presión de Trabajo	50 a 100 Bar
	Carrera	15 a 50 mm
	Funcionamiento	Doble efecto
<b>Electroválvulas Neumáticas 4v220 – 08</b>	<b>Descripción</b>	
	Funcionamiento	Eléctrico
	Voltaje de trabajo	220Vac/ 24Vdc
	Presión	0.15 – 8 Mps
	Bobina	Simple
	Elemento eléctrico	Solenoide
	Funcionamiento	Eléctrico
<b>Sensores magnéticos airtac cs1 - j</b>	<b>Descripción</b>	
	Lógica de conmutación	Tipo normalmente abierto
	Tipo de conmutador	Interruptor de láminas con contacto
	Puntuación de conmutación	Max 10
	Voltaje de operación	5 – 240v AC/DC
	Caída de tensión	2.5v max 100mA DC
	Indicador	Led
<b>Tarjetas de (syslink)</b>	<b>Descripción</b>	
	Voltaje de trabajo	24vdc
	Dimensiones	11*7.2*3 cm
	Conexión	Link db 25
	N° de entradas	8u
	N° de salidas	8u
<b>PLC S7-300 Siemens</b>	<b>Descripción</b>	
	Cpu	312c
	Voltaje de alimentación	24VDC
	Memoria Interna	No existe
	Memoria externa	128kb
	Interfaz de comunicación	Mpi
	I/O integradas	16DI/16DO 24v
	Software programación	Tia portal V13

<b>PLC 1200 Siemens</b>		<b>Descripción</b>	
	Cpu	312c	
	Voltaje de alimentación	24VDC	
	Memoria Integrada	75 kb	
	I/O integradas	14 DI/ 10DO	
	Software programación	Tia portal V13	
<b>Pantalla táctil hmi ktp-400</b>		<b>Descripción</b>	
	Display	320x240px LCD	
	Teclas de función	4	
	Memoria integrada	512Kb	
	Voltaje de alimentación	24 VDC	
	Color	Monocromático	
	Dimensiones	4.62*11.6*14 cm	
	Comunicación	Ethernet	

Fuente: Autores

### 3.2 Evaluación del estado técnico del módulo de ensamblaje en serie

Antes de proceder a ejecutar la repotenciación del módulo de ensamblaje en serie, realizamos la evaluación técnica del mismo, para determinar en qué estado se encuentra cada uno de sus elementos y sus debidas estaciones, este análisis se lo realiza por medio de una ficha de evaluación de estado técnico, en el cual se determina un porcentaje el mismo que nos indica en qué estado se encuentra el módulo.

Para determinar en qué condiciones se encuentra el módulo se procede a calificar cualitativamente cada una de los parámetros y multiplicados por una variable, así tenemos que si se da una calificación de bueno se multiplicara por 1, si se obtiene una calificación regular se multiplicara por 0.8 y así sucesivamente como lo indica la tabla.

Tabla 5. Criterio de evaluación.

<b>Calificación</b>	<b>Variable a Multiplicar</b>
Bueno	1
Regular	0.8
Malo	0.6
Muy malo	0.4

Fuente: Autores

Los valores obtenidos se procede a multiplicar por 100 y dará el índice de evaluación en porcentaje, para así saber en qué estado se encuentra nuestro módulo y saber qué acciones tomar.

Tabla 6. Estado técnico de evaluación.

Calificación	Criterio	Porcentaje evaluado
Bueno	Mínimas fallas su funcionamiento es óptimo.	90 - 100
Regular	Detección de fallas que no afectan a su funcionalidad	75 -89
Malo	Detección de fallas que afectan a su funcionalidad, desempeño bajo.	51 - 74
Muy Malo	Excesivos tiempos de para su desempeño es pésimo	< 50

Fuente: Autores

Para cada uno de las diferentes valoraciones descritas anteriormente se tiene una manera de intervención a la máquina, ya que dependiendo de la calificación o estado actual se toma una acción de mantenimiento adecuada como se describe en la siguiente tabla.

Tabla 7. Evaluación y acciones.

Calificación	Acción de mantenimiento
Bueno	Revisión o inspección.
Regular	Reparación pequeña.
Malo	Reparación mediana.
Muy malo	Reparación general.

Fuente: Autores

### 3.2.1 Ficha de evaluación de estado técnico del módulo de ensamblaje en serie.

Tabla 8. Evaluación general del módulo.

<b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO</b> <b>LABORATORIO DE CONTROL Y MANIPULACIÓN</b> <b>AUTOMÁTICA</b>			
<b>Ficha de evaluación del estado técnico</b>			
<b>Módulo o maquina</b>	Módulo de ensamblaje en serie.	<b>Código técnico</b>	EIM-CA-EN-01
<b>Responsable de mantenimiento</b>		Ing. Pablo Montalvo Jaramillo	
<b>Evaluador técnico</b>		Daquilema J, Yumisaca A.	
<b>Manual</b>		<b>Repuestos</b>	
Si ( )	no( x )	Si( )	no( x )
<b>Planos</b>			
Si( )	no( x )	Si( )	no( x )

Tipo de evaluación		General			
Item	Estado técnico	Muy malo	Malo	Regular	Bueno
1	Estado de la estructura o cuerpo del equipo			X	
2	Consumo de energía		X		
3	Funcionamiento general del modulo	X			
4	Funcionamiento del sistema eléctrico	X			
5	Funcionamiento del sistema mecánica		X		
6	Estado del componentes electrónicos	X			
7	Estado de elementos de control	X			
8	Sistema de comunicación	X			
9	Sistema neumático	X			
Estado técnico		Acción de mantenimiento			
Bueno	0	48%	Revisión		
Regular	1		Reparación pequeña		
Malo	2		Reparación mediana		
Muy malo	6		Reparación general		X

Fuente: Autores

### 3.2.2 Evaluación del sistema eléctrico.

Tabla 9. Evaluación sistema eléctrico del módulo.

<b>ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO</b> <b>LABORATORIO DE CONTROL Y MANIPULACIÓN</b> <b>AUTOMÁTICA</b>					
Hoja de evaluación del estado técnico					
<b>Modulo o máquina:</b>	Módulo de ensamblaje en serie	<b>Código técnico</b>	EIM-CA-EN-01		
<b>Responsable de mantenimiento</b>	Ing. Pablo Montalvo Jaramillo				
<b>Evaluador técnico</b>	Daquilema J, Yumisaca A.				
<b>Manual</b> Si ( )      no( x )		<b>Repuestos</b> Si( )      no( x )		<b>Planos</b> Si( )      no( x )	
Tipo de evaluación		Sistema eléctrico			
Item	Estado técnico	Muy malo	Malo	Regular	Bueno
1	Funcionamiento del motor reductor		X		
2	Estado de sensores magnéticos	X			
3	Estado del relay	X			
4	Estado de los conductores	X			
5	Funcionamiento de las electroválvulas		X		

6	Estado de las tarjetas e/s	X			
7	Estado de la luz pilotos	X			
8	Funcionamiento de plc			X	
<b>Estado técnico</b>			<b>Acción de mantenimiento</b>		
Bueno	0	50%	Revisión		
Regular	1		Reparación pequeña		
Malo	2		Reparación mediana		
Muy malo	5		Reparación general		X

Fuente: Autores

### 3.2.3 Evaluación del sistema mecánico.

Tabla 10. Evaluación sistema mecánico del módulo.

<b>ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO LABORATORIO DE CONTROL Y MANIPULACIÓN AUTOMÁTICA</b>						
<b>Hoja de evaluación del estado técnico</b>						
<b>Modulo o maquina:</b>	Módulo de ensamblaje en serie	<b>Código técnico</b>	EIM-CA-EN-01			
<b>Responsable de mantenimiento</b>	Ing. Pablo Montalvo Jaramillo					
<b>Evaluador técnico</b>	Daquilema J, Yumisaca A.					
<b>Manual</b> Si ( )      No( x )		<b>Repuestos</b> Si( )      No( x )		<b>Planos</b> Si( )      No( x )		
<b>Tipo de evaluación</b>		Sistema mecánico				
<b>Item</b>	<b>Estado técnico</b>	<b>Muy malo</b>	<b>Malo</b>	<b>Regular</b>	<b>Bueno</b>	
1	Estado de la estructura			X		
2	Estado del bastidor de roles			X		
3	Estados de elementos motrices		X			
4	Funcionamiento de actuadores neumáticos		X			
5	Funcionamiento del moto reductor			X		
6	Estados de ejes			X		
7	Estado de los sujetadores			X		
<b>Estado técnico</b>			<b>Acción de mantenimiento</b>			
Bueno	0	74%	Revisión			
Regular	5		Reparación pequeña			
Malo	2		Reparación mediana		X	
Muy malo	0		Reparación general			

Fuente: Autores

### 3.2.4 Evaluación del sistema neumático

Tabla 11. Evaluación sistema neumático del módulo.

<b>ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO LABORATORIO DE CONTROL Y MANIPULACIÓN AUTOMÁTICA</b>					
<b>Hoja de evaluación del estado técnico</b>					
<b>Módulo o maquina:</b>	Módulo de ensamblaje en serie	<b>Código técnico</b>	EIM-CA-EN-01		
<b>Responsable de mantenimiento</b>		Ing. Pablo Montalvo Jaramillo			
<b>Evaluador técnico</b>		Daquilema J, Yumisaca A.			
<b>Manual</b> Si ( )      No( x )		<b>Repuestos</b> Si( )      No( x )		<b>Planos</b> Si( )      No( x )	
<b>Tipo de evaluación</b>		Sistema neumático			
<b>Item</b>	<b>Estado técnico</b>	<b>Muy malo</b>	<b>Malo</b>	<b>Regular</b>	<b>Bueno</b>
1	Estado de tubería	X			
2	Estado de racores unidireccionales	X			
3	Estados de cilindro neumáticos		X		
4	Estado de válvulas		X		
5	Estado de ventosas neumáticos		X		
6	Estado de racores de tres vías	X			
<b>Estado técnico</b>			<b>Acción de mantenimiento</b>		
Bueno	0	50%	Revisión		
Regular	0		Reparación pequeña		
Malo	3		Reparación mediana		
Muy malo	3		Reparación general		X

Fuente: Autores

### 3.2.5 Diagnóstico del estado técnico general del módulo de ensamblaje en serie.

El estado actual del módulo de ensamblaje en serie NO es activo, se debe a que no ha estado en funcionamiento un tiempo considerable, y ha provocado un funcionamiento deficiente e inclusive se puede notar a simple vista que carece de algunos de sus componentes tanto electroneumáticos como mecánicos. Su estructura mecánica está en un estado regular que requiere de ciertos ajustes, el sistema eléctrico y el sistema neumático son muy malos ya que faltan gran parte de sus componentes y existen

discontinuidad en ciertos tramos del módulo, la mayoría de estas averías se las puede observar en las siguientes figuras.

Figura 33. Estado inicial del módulo de ensamblaje en serie



Fuente: Autores

El estado técnico del módulo se lo determino por medio de la técnica de inspección visual, con la mayor información recopilada del módulo se pudo elaborar un criterio técnico el mismo que nos ayuda para poder trazar el inicio de su repotenciación y tareas afines.

Figura 34. Discontinuidades electroneumaticas



Fuente: Autores

Como se puede observar en las imágenes el módulo presenta un serio deterioro en sus sistemas tanto eléctrico como neumático, una vez realizada la evaluación técnica se puede constatar lo observado, para lo cual se procede a elaborar la repotenciación del módulo de ensamblaje en serie.

Figura 35. Electroválvulas neumáticas fuera del módulo



Fuente: Autores

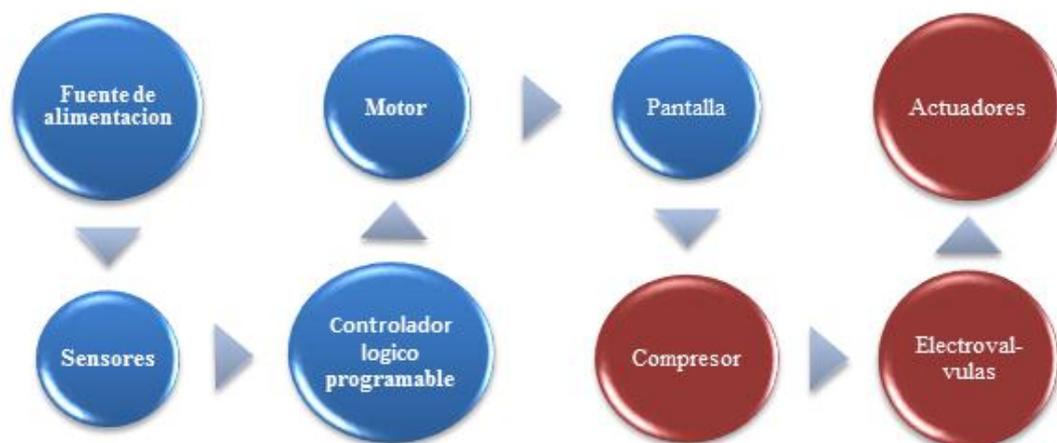
## CAPÍTULO IV

### 4. REPOTENCIACION Y DEL MÓDULO DE ENSAMBLAJE EN SERIE

#### 4.1 Características para la repotenciación del módulo

Para el óptimo funcionamiento del sistema electroneumático es necesario que los dos sistemas estén acordes a la necesidad del proceso y funcionando perfectamente, para la repotenciación se debe tomar en cuenta que siguiente secuencia:

Figura 36. Secuencia electroneumática



Fuente: Autores

Esta secuencia nos ayuda a entender de mejor manera como empezar la repotenciación del módulo, tanto en la adecuación de sus elementos y la estructura mecánica, como también en la programación del PLC.

#### 4.2 Montaje del PLC S7-300 en el panel de control

El panel de control se ha desarrollado con el fin de cumplir el funcionamiento correcto del módulo de ensamblaje en serie, desde este panel en el cual está montado el PLC S7-300 se controla todo el proceso, cumpliendo las expectativas requeridas por los estudiantes y docentes de una mejor manera de transportar y desarticular el panel de control de sus módulos.

Figura 37. Montaje PLC S7-300 en el panel de control

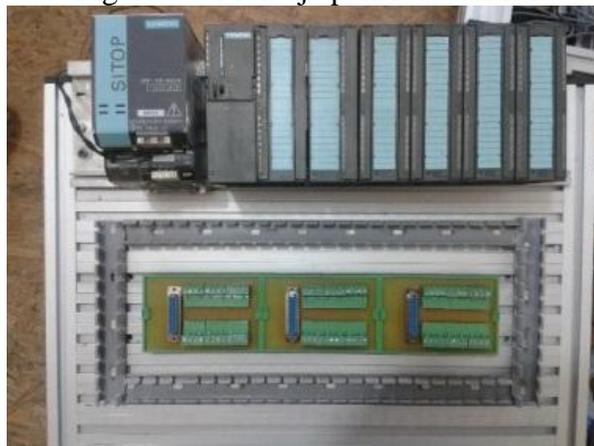


Fuente: Autores

La estructura del panel de control contiene a equipo de control así como sus accesorios de conexión.

La función de la estructura es la de brindar un espacio reducido para la conexión entre el plc y sus tarjetas de contactos, ayudando a que el panel sea independiente del módulo de ensamblaje, en lo que concierne al cableado eléctrico y poder así ser transportado con facilidad sin interferir con el cableado propio del módulo, como lo muestra la siguiente figura:

Figura 38. Montaje panel de control



Fuente: Autores

El plc se conecta a los tres módulos syslinks para recibir y emitir las señales necesarias para la activación de los actuadores del módulo de ensamblaje en serie, principalmente los syslink está conectado al segundo módulo del plc de formas equivalentes entradas y salidas, como se puede observar en la siguiente figura:

Figura 39. Panel de control



Fuente: Autores

Además de controlar el proceso del módulo era necesario el poder visualizar el proceso en tiempo real, por lo que además del PLC S7-300 se incorporó un PLC S7-1200 al panel de control, este está incorporado a un HMI para poder visualizar las señales y revisar el estado del proceso, el mismo que tiene conectado bloqueo manual que detendrá el proceso en caso de alguna emergencia.

Figura 40. PLC S7-1200 y HMI KTP-400



Fuente: Autores

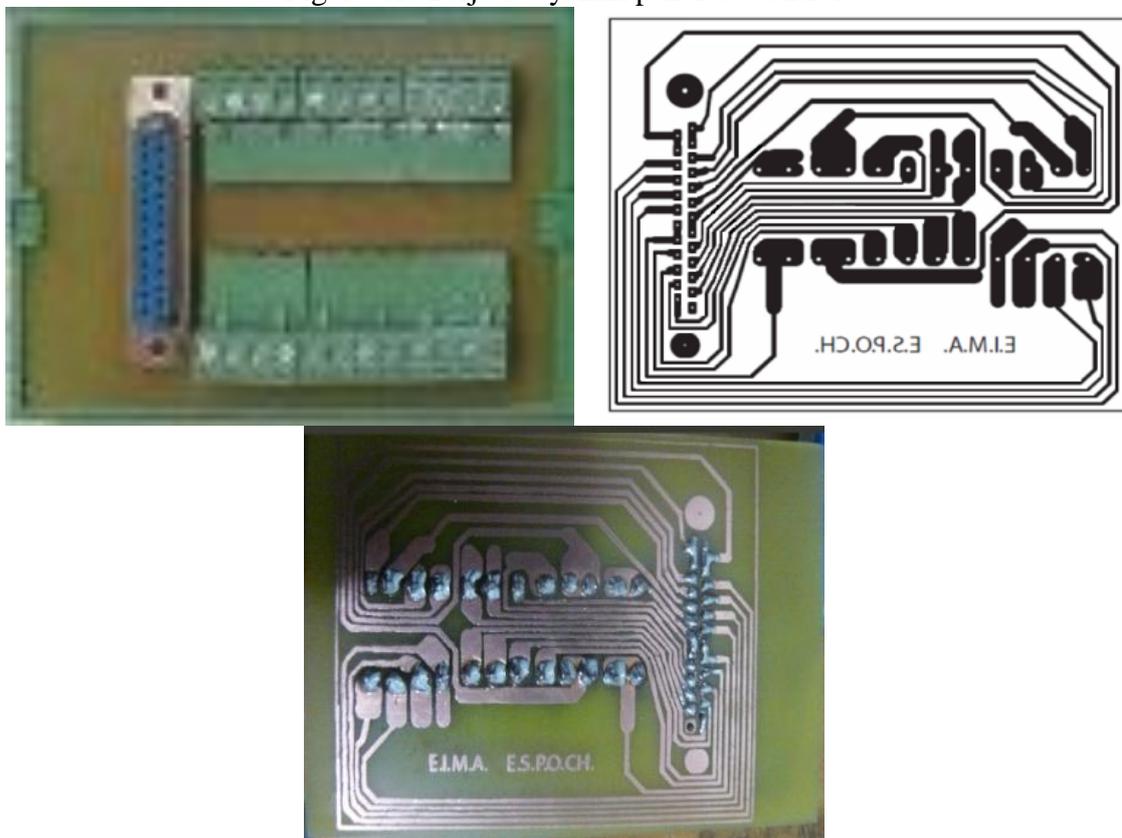
#### 4.3 Elaboración de las tarjetas electrónica de conexión syslink

Estas tarjetas electrónicas están diseñadas para enviar y receptor señales, tanto para las conexiones de las estaciones del módulo de ensamblaje en serie y las conexiones del panel de control. Las tarjetas electrónicas que están montadas en las estaciones del módulo son diferentes a las tarjetas que van montadas en el panel de control, así podemos determinar cada una.

**4.3.1** *Tarjetas electrónicas montadas en el panel de control.* Estas tarjetas electrónicas syslinks van montadas sobre el panel de control, su diseño como se puede ver en la figura 41 es distinto a las tarjetas implementadas en el módulo, estas tarjetas tienen como objetivo el emitir y receptor señales por medio de sus borneras desde PLC S7-300 como desde las otras tarjetas de conexión de las estaciones del módulo de ensamblaje en serie.

Su diseño está elaborado con el fin de eliminar el cableado innecesario, de manera que se pueda desmontar fácilmente sin necesidad de cortar cables, su señalética ayuda a evitar confusiones entre las entradas y salidas que tiene el PLC S7-300.

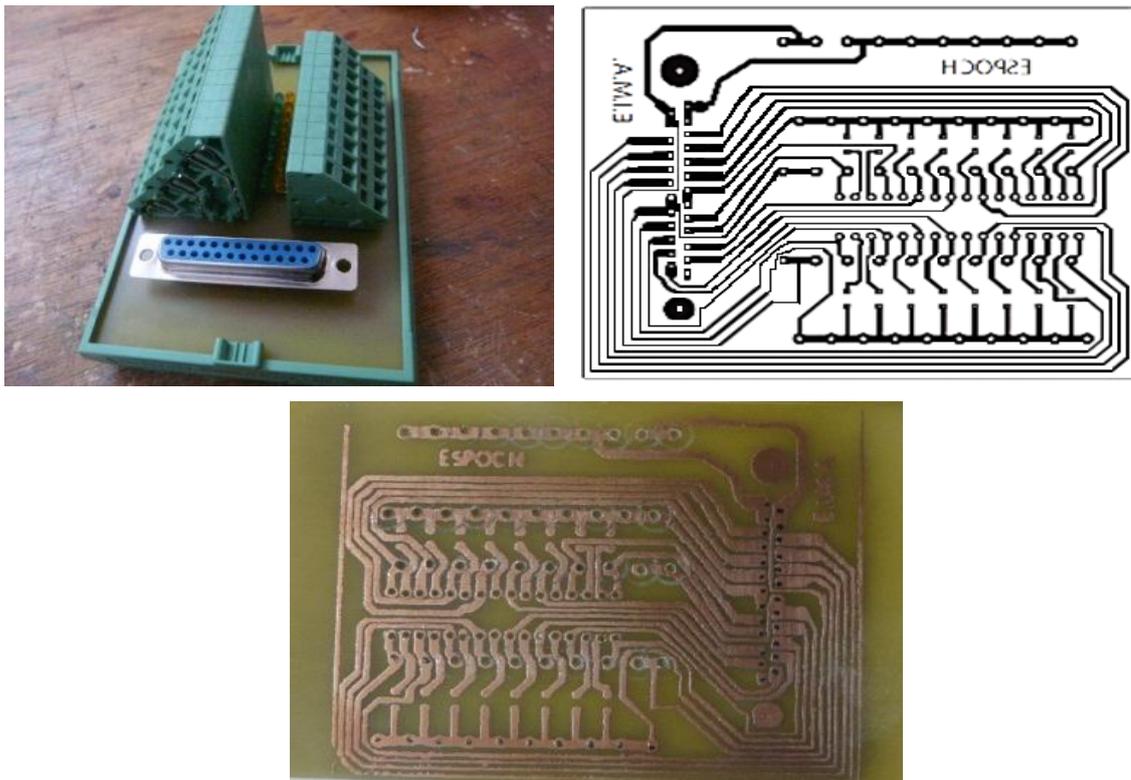
Figura 41. Tarjetas syslink panel de control



Fuente: Autores

**4.3.2** *Tarjetas electrónicas de las estaciones del módulo de ensamblaje en serie.* Las tarjetas electrónicas montadas en el módulo están diseñadas para emitir y receptor las señales que provienen de cada una de las estaciones, el diseño de estas tarjetas fueron elaboradas con el agregado de LEDs (Diodos emisores de Luz), los mismos que al encenderse nos indican que contactos están recibiendo señal.

Figura 42. Tarjetas syslink estaciones del modulo



Fuente: Autores

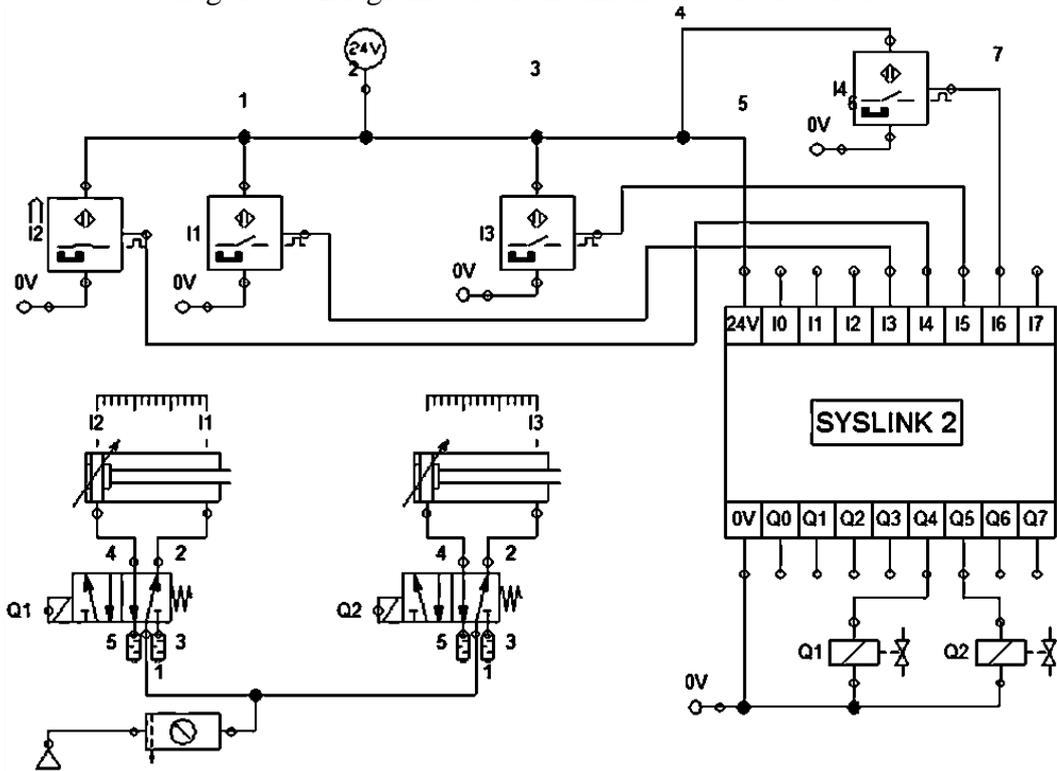
Los dos diseños nos ayudan a reducir el cableado innecesario y el espacio que ocupasen los cables comunes, como se puede observar la conexión entre tarjetas se lo realiza mediante un conector DB25 y cable multi-par de 24 hilos que ayuda a la optimización de espacio.

#### 4.4 Elaboración del diagrama electroneumático de las estaciones del módulo de ensamblaje en serie

4.4.1 *Diagrama electroneumático de la estación bastidor de roles.* El primer proceso que se realiza en el módulo de ensamblaje en serie se da en la estación de bastidor de roles, el mismo que emite y recibe señales del syslink 2, cuando se pone en posición el palet el sistema electroneumático entra en funcionamiento como lo vemos en la figura 43.

Se puede observar que con el cilindro #1 retraído ( $I2=1$ ) y una vez situado el palet en la posición adecuada es detectado por  $I4$  que emite una señal al PLC S7-300 para que este active la salida del cilindro #2 ( $Q2$ ) elevando al bastidor de roles y poniendo en posición el palet.

Figura 43. Diagrama electroneumático bastidor de roles



Fuente: Autores

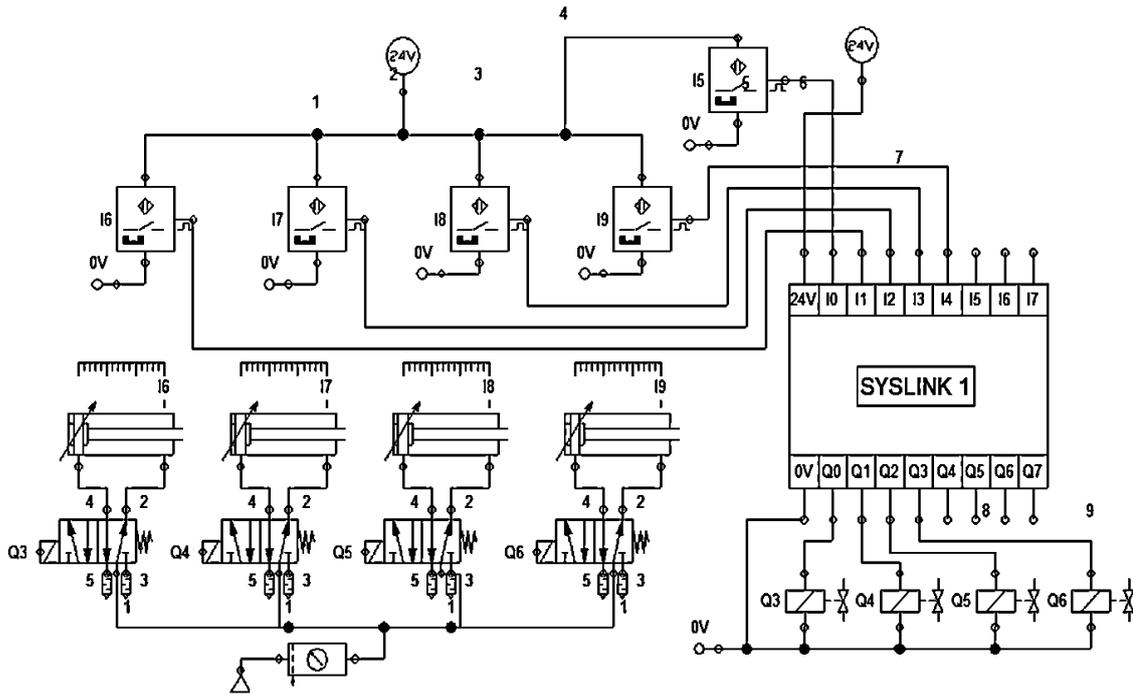
El sensor I3 envía la señal al PLC indicando que el palet se encuentra de manera idónea para ser empujado por el cilindro #1 (Q1), así mismo al activarse el cilindro #1 también se activa paralelamente el motor para poner en marcha la cinta transportadora que lleva al palet hacia la siguiente estación.

Una vez que el cilindro #1 ha empujado en su totalidad al palet (I1=1) luego de un tiempo el PLC ordena que tanto el cilindro #1 como el cilindro #2 regresen a su posición inicial, dando paso que continúe el proceso en la siguiente estación.

**4.4.2 Diagrama electroneumático de la estación de montaje (Cuerpo).** El segundo proceso se da en la estación de montaje del cuerpo sobre el palet, el mismo emite y recibe señales del syslink 1, cuando el palet llega a esta estación por medio de la cinta transportadora el sistema electroneumático tiene el siguiente funcionamiento.

Una vez encaminado el palet hacia la segunda estación y llevado por la banda transportadora avanza hasta ser detectado por I5 quien emite la señal al PLC para que baje el cilindro #4 (Q4) el cual detiene al palet, para que sobre él caiga la base de la pieza.

Figura 44. Diagrama electroneumático Estación de montaje cuerpo



Fuente: Autores

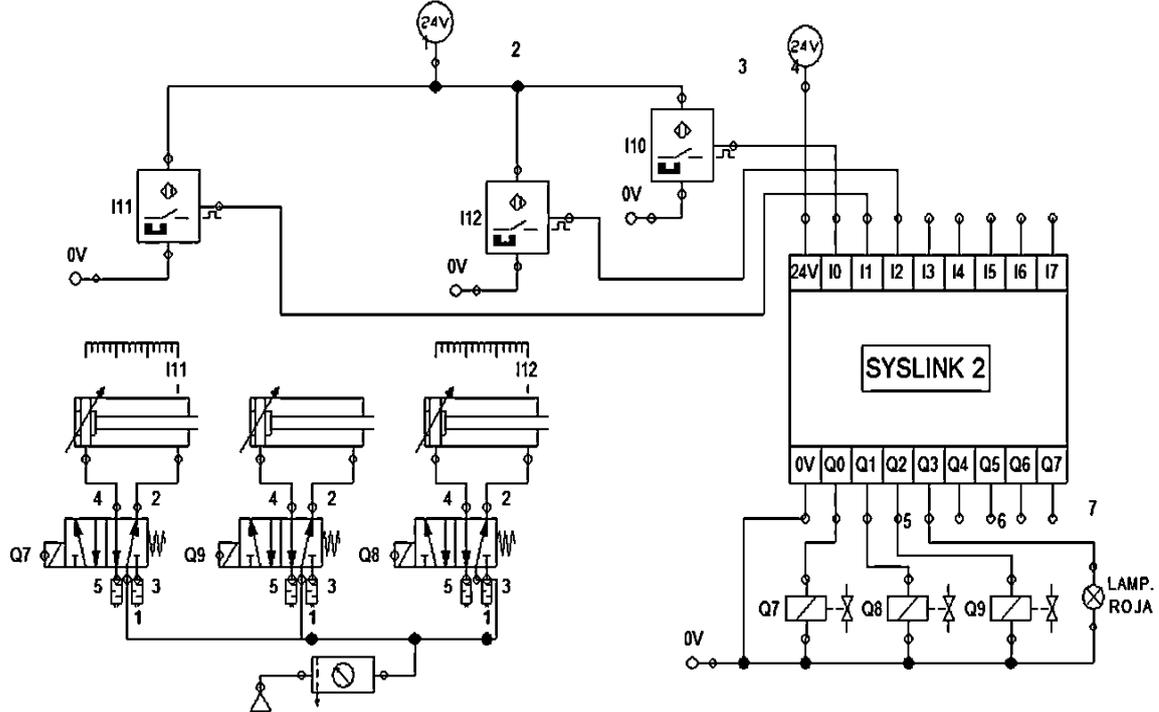
Una vez detenido el palet en la zona de la inserción de la base (cilindro #4 abajo, I7=1) se detiene el motor y luego se acciona el cilindro #3 (Q3) para dejar caer la base sobre el palet (I6=1). Con la base en posición el PLC emite la señal que procede a regresar al cilindro #3 y #4 a su posición inicial, además paralelamente se acciona el cilindro #6.

Cuando el cilindro #6 se encuentra abajo (I9=1) se enciende nuevamente el motor para que el palet avance hasta la zona en la que es puesta la cubierta de la base, cuando el palet llega a la zona mencionada se apaga el motor y se activa el cilindro #5.1 y #5.2 que son los encargados de dejar caer la cubierta sobre la base (I8=1).

**4.4.3 Diagrama electroneumático de la estación de montaje (pasador).** El tercer proceso se realiza al llegar el palet a la estación de montaje del pasador uniendo la base con su cubierta, la estación emite y recibe señales por medio de los contactos que quedaron libres del syslink 2, haciendo que el sistema electroneumático se comporte de la siguiente manera.

Una vez que el cilindro #9 (Q8) está abajo (I12=1) y ha detenido al palet (apagando el motor) se procede a la inserción del pasador en el bloque, lo cual se logra accionando al mismo tiempo los cilindros #7 (Q7) y #8 (Q9).

Figura 45. Diagrama electropneumático Estación de montaje pasador



Fuente: Autores

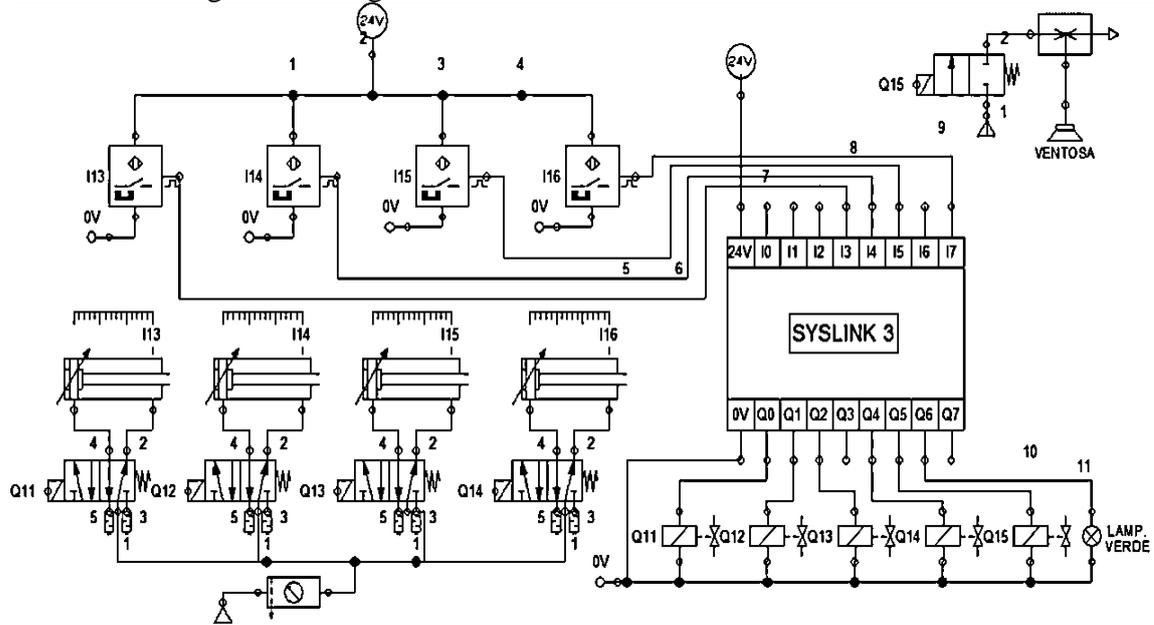
Ya insertado el pasador (I11=1), y luego de un tiempo los cilindros #7, #8 y #9 regresan a su posición inicial, el indicador rojo se apaga y además manda a bajar el cilindro #13 (Q14) que es el encargado de detener el bloque en el siguiente proceso, para su almacenamiento.

**4.4.4 Diagrama electropneumático de la estación seleccionador.** El cuarto y último proceso del módulo de ensamblaje en serie se lo realiza en la estación seleccionador, cuando el bloque ha sido ensamblado de forma completa las ventosas de la estación se encargan de llevarlo a un lugar fuera de la línea de producción, el último proceso trabaja con el syslink 3 y el sistema electropneumático se entiende como lo indica la siguiente figura.

Una vez que el bloque ensamblado ha sido detenido por el cilindro #13 (I16=1) se enciende el indicador verde (Q16) y al mismo tiempo procede a accionar el cilindro #12 (Q13) para bajar la ventosa al nivel de la parte superior del bloque y se apaga el motor.

Cuando la ventosa se encuentra en la parte superior del bloque (I15=1) se activa la válvula 2/2 (Q15) que lleva el aire comprimido hasta el generador de vacío, el cual permite a la ventosa sujetar el bloque.

Figura 46. Diagrama electroneumático Estación seleccionador



Fuente: Autores

Sujetado el bloque el PLC decide donde se va a realizar el almacenamiento (izquierda o derecha), ya que a través de la programación se ha establecido que el almacenamiento de los bloques se realiza alternadamente, es decir en el primer proceso se almacena a la derecha y en el siguiente a la izquierda.

- Si se decide almacenar a la derecha se sigue el siguiente procedimiento:

Se eleva nuevamente el cilindro #12 ( $Q13=0$ ). Una vez arriba se activa el cilindro #10 ( $Q11$ ) para llevar el bloque hacia el almacén derecho. El sensor ( $I13=1$ ) indica que el bloque ha llegado al almacén indicado con lo que se procede a dejar caer el bloque.

Nuevamente se activa el motor para que salga el palet vacío, así mismo los cilindros #10, #12 y #13 regresan a su lugar inicial. Finalmente se apaga el motor y se termina el proceso.

- Si se decide almacenar a la izquierda se sigue el siguiente procedimiento:

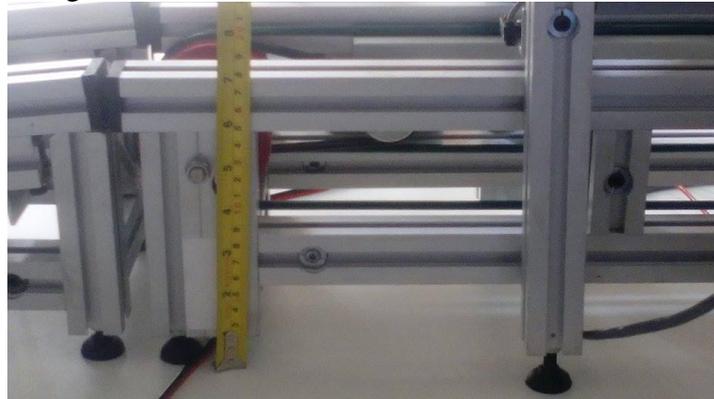
Se eleva nuevamente el cilindro #12 ( $Q13=0$ ) y una vez arriba se activa el cilindro #11 ( $Q12$ ) para llevar el bloque hacia el almacén izquierdo. El sensor ( $I14=1$ ) indica que el bloque ha llegado al almacén indicado con lo que se procede a dejar caer el bloque.

Nuevamente se activa el motor para que salga el palet vacío, así mismo los cilindros #11, #12 y #13 regresan a su lugar inicial. Finalmente se apaga el motor y se termina el proceso.

#### 4.5 Montaje y calibración de los equipos

**4.5.1** *Montaje de las estaciones del módulo de ensamblaje en serie.* Una vez que las conexiones electroneumáticas y las cinco estaciones que conforman el módulo estén listas procedemos a realizar el montaje, para lo cual se necesita calibrar la altura de las bases para tener un módulo nivelado y que su altura sea suficiente para que pase el bloque ensamblado por todos sus estaciones.

Figura 47. Calibración de alturas de las estaciones.



Fuente: Autores

**4.5.2** *Montaje y calibración de los cilindros.* Los cilindros son calibrados por medio de los racores reguladores de presión, que ayuda al desplazamiento de los cilindros determinando su velocidad de avance.

Figura 48. Calibración de la velocidad de cilindros.



Fuente: Autores

**4.5.3 Montaje del panel de control completo.** Realizado el montaje de las estaciones del módulo de ensamblaje en serie, se procede a montar el panel de control, para realizar las debidas comunicaciones entre el PLC S7-300, PLC S7-1200 y la pantalla HMI KTP-400, al igual que sus cables de señal DB-25 los mismos que conectan las tarjetas syslink, como lo muestra la siguiente figura.

Figura 49. Montaje del panel de control



Fuente: Autores

#### **4.6 Programación PLC S7-300, PLC S7-1200, y comunicación HMI**

**4.6.1 Diagrama de funcionamiento del módulo de ensamblaje en serie.** Para proceder a realizar la programación y puesta en marcha del módulo de ensamblaje en serie, se debe tener en cuenta los principios de funcionamiento, eso implica conocer los pasos lógicos a seguir y la manera de ingresar esa lógica al controlador lógico programable, la misma que podemos observar en el Anexo B.

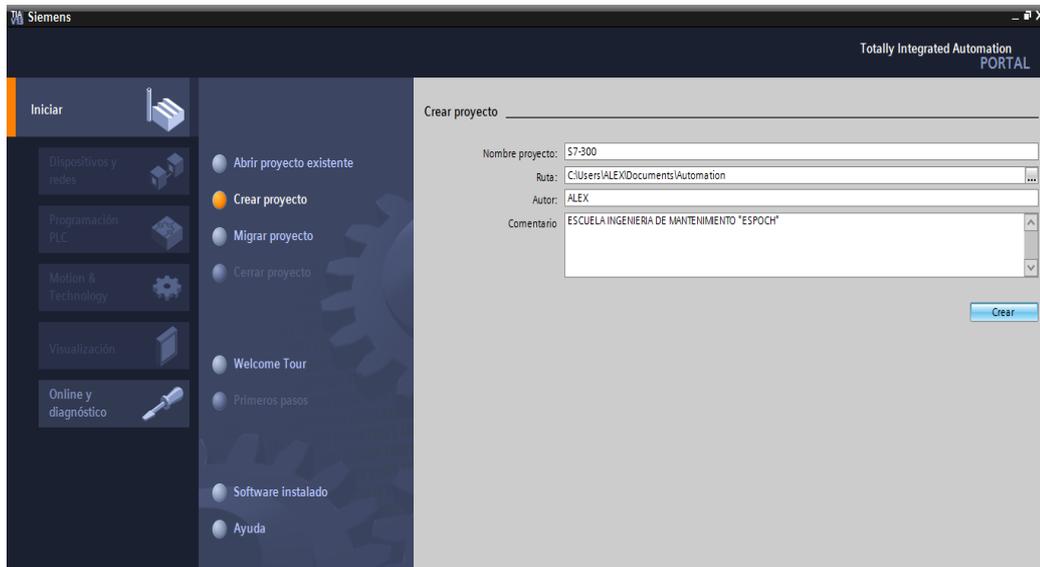
Dentro del programa de funcionamiento se requiere de temporizadores y de un contador para poder tener una alternancia en uno de las estaciones al momento de terminar el proceso.

**4.6.2 Programación del PLC S7-300 con el software TIA Portal V13.** Para la programación del PLC S7-300 se debe tener previamente instalado el TIA portal V13, es el software compatible con el PLC para el desarrollo del lenguaje Ladder que dará el funcionamiento del módulo de ensamblaje en serie.

Seguidamente se procede a abrir el programa y realizar los siguientes pasos hasta terminar la con la transferencia de los datos al PLC:

**4.6.2.1 Creación de un nuevo proyecto.** Se procede abrir el programa, en donde se escoge la opción crear proyecto, el mismo que solicitara dar un nombre y una ruta para ser guardado, adicional hay las opciones de autor y comentarios, y la opción crear.

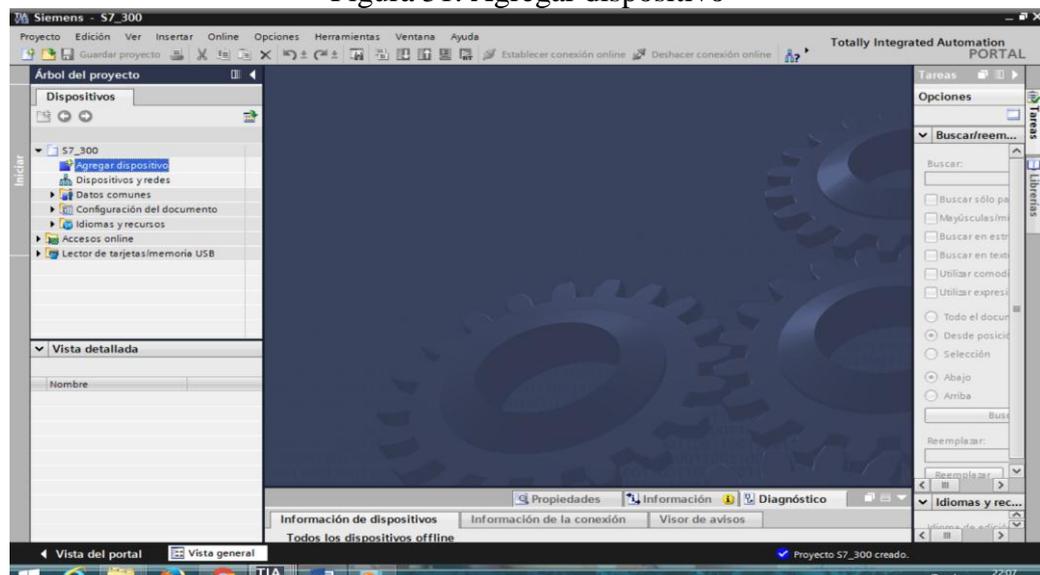
Figura 50. Creación de un nuevo proyecto



Fuente: Autores

**4.6.2.2 Agregar un dispositivo a programar.** Creado el proyecto el siguiente paso es configurar y agregar un dispositivo el cual va a ser programado, en este caso el dispositivo que se utiliza es el PLC S7-300.

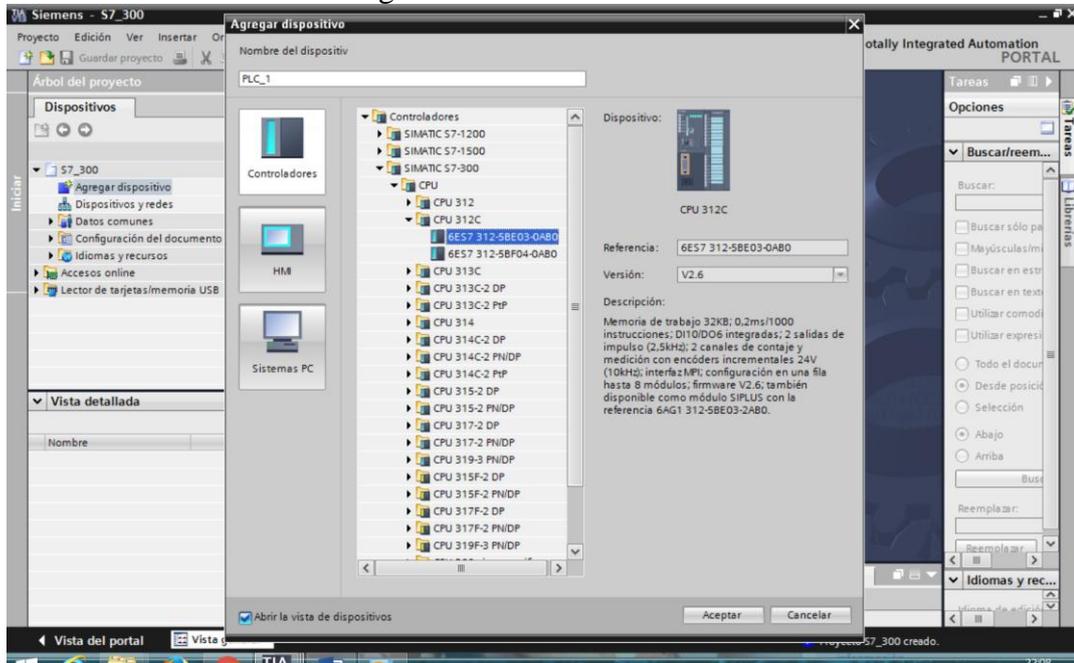
Figura 51. Agregar dispositivo



Fuente: Autores

**4.6.2.3** *Seleccionar el CPU correcto.* Para seleccionar el CPU se lo puede verificar en la carcasa del PLC físico, además debemos elegir la versión de firmware con el que cuenta el PLC.

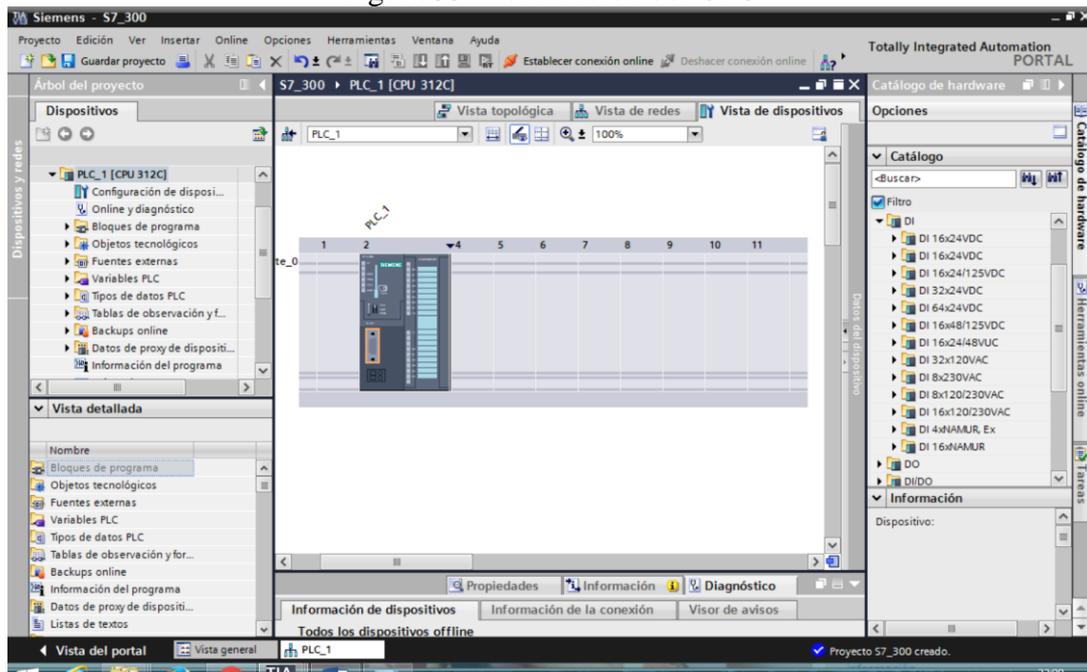
Figura 52. Selección del CPU



Fuente: Autores

**4.6.2.4** *Se verifica que el CPU esté disponible en el proyecto.*

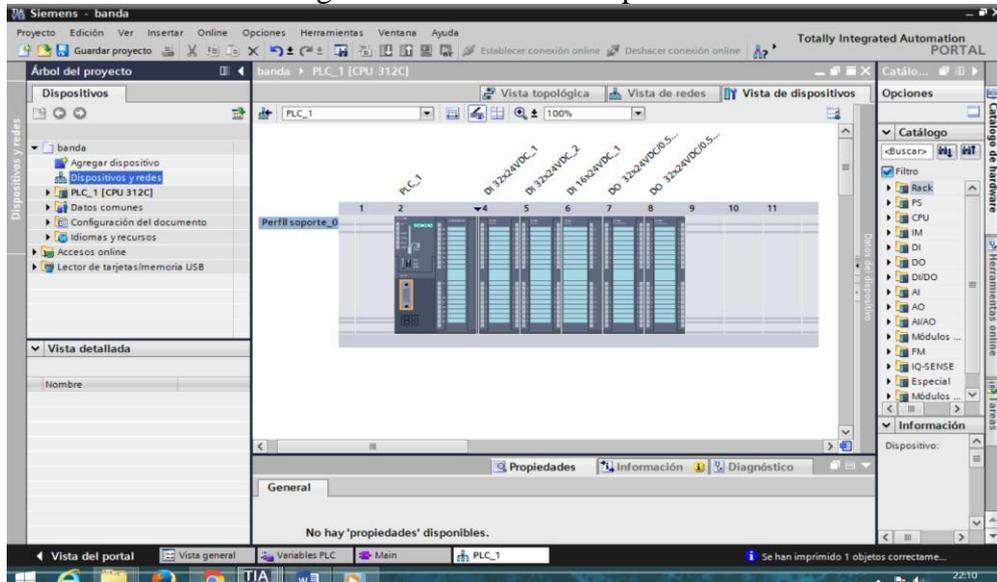
Figura 53. Verificación del CPU



Fuente: Autores

**4.6.2.5 Configuración de los módulos de expansión.** A continuación se procede a complementar el PLC con los módulos de expansión correspondientes, en este caso se utiliza 3 módulos de entradas y 2 módulos de salidas.

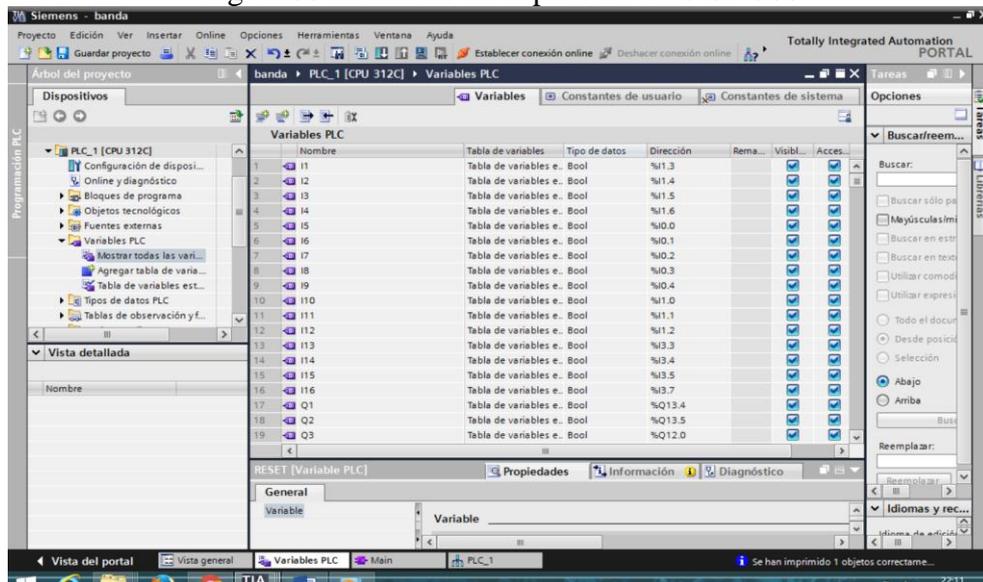
Figura 54. Módulos de expansión



Fuente: Autores

**4.6.2.6 Programación edición de entrada/salidas.** Una vez finalizada la inserción del hardware se procede a la programación del dispositivo, como primer punto se edita las entradas y salidas del PLC con los nombres de las variables que se va a trabajar en la programación.

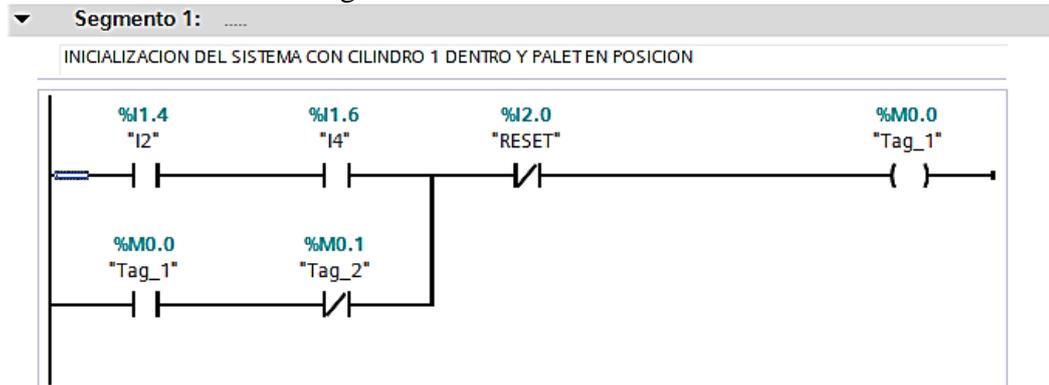
Figura 55. Módulos de expansión PLC S7-300



Fuente: Autores

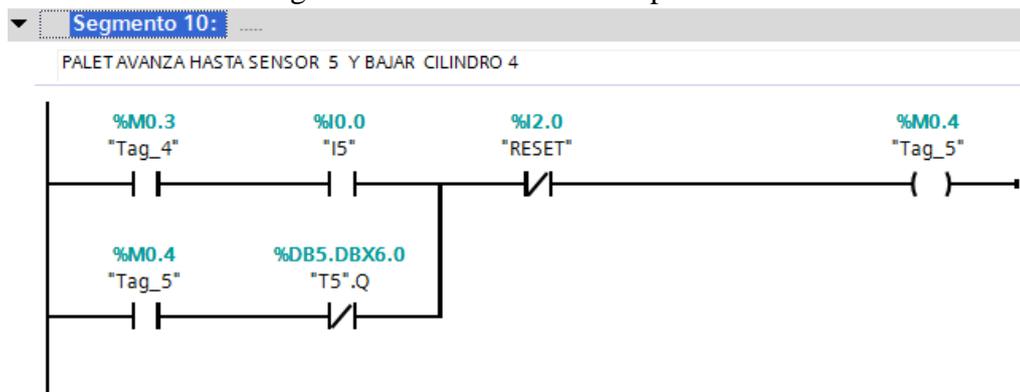
**4.6.2.7 Programación del PLC.** Con las variables editadas se procede a programar el PLC, el método a utilizar es el lenguaje LADDER o conocido como escalera, ya que la programación del módulo de ensamblaje en serie es extensa se ubicará los principales segmentos de cada una de las estaciones, para analizar detalladamente ver el Anexo C.

Figura 56. Inicio bastidor de roles



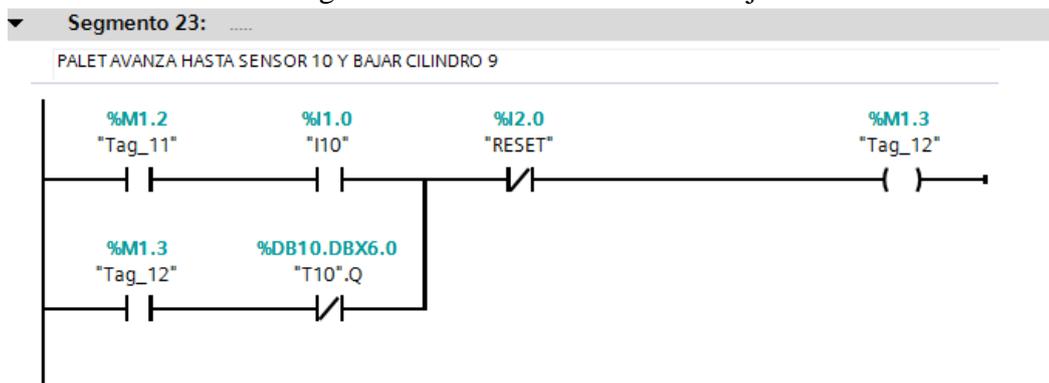
Fuente: Autores

Figura 57. Inicio Banda Transportadora



Fuente: Autores

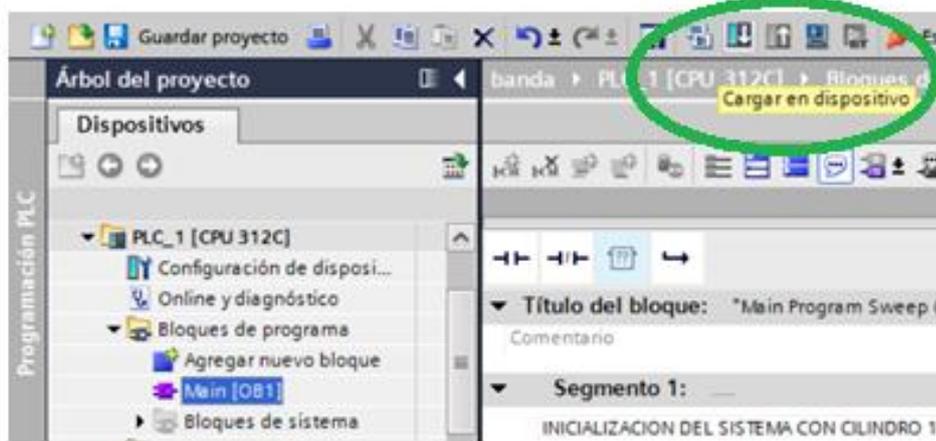
Figura 58. Inicio estación de montaje



Fuente: Autores

**4.6.2.8 Finalización de la programación.** Una vez finalizada la programación del PLC S7-300 se procede a descargar el programa en el PLC mediante la interfaz MPI integrada.

Figura 59. Descarga del programa al dispositivo

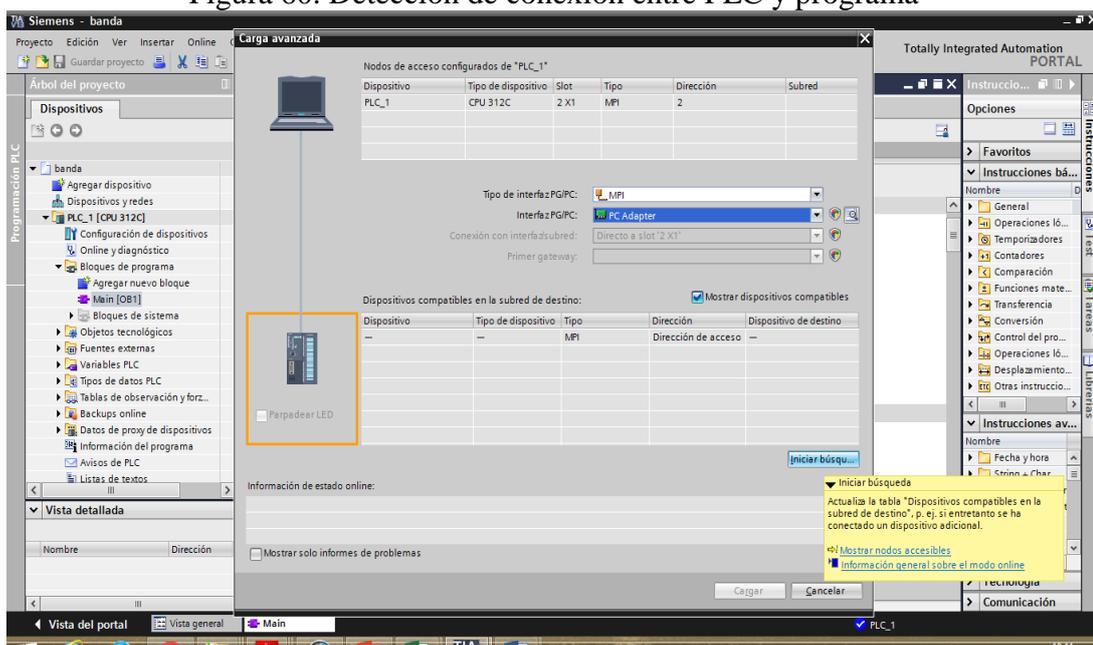


Fuente: Autores

Para poder descargar el programa en el dispositivo debe estar conectado el cable MPI entre el PLC y el computador, como se puede ver en la figura 61, se procede a buscar el dispositivo para establecer comunicación.

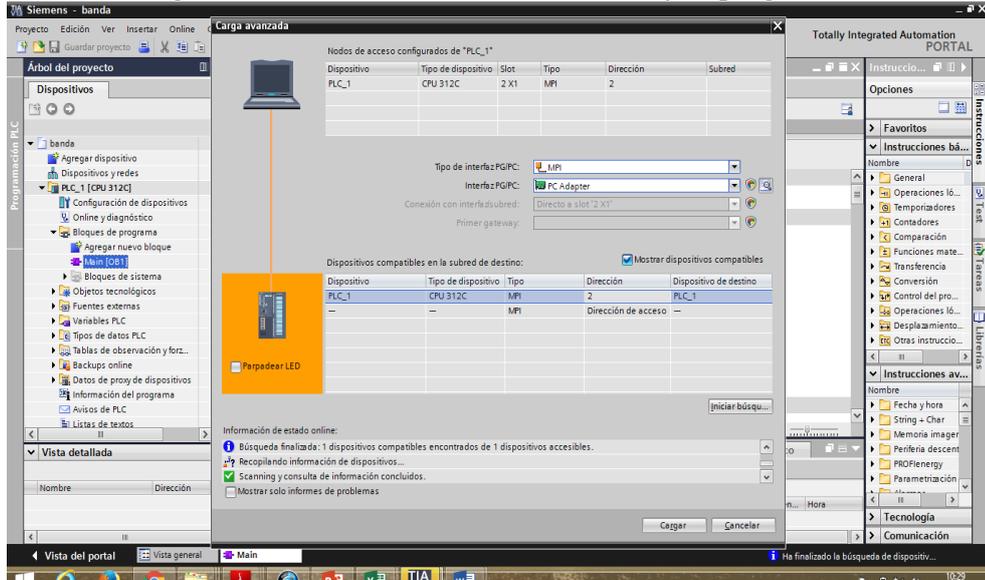
Cuando se ha detectado correctamente el PLC se procede a cargar el programa.

Figura 60. Detección de conexión entre PLC y programa



Fuente: Autores

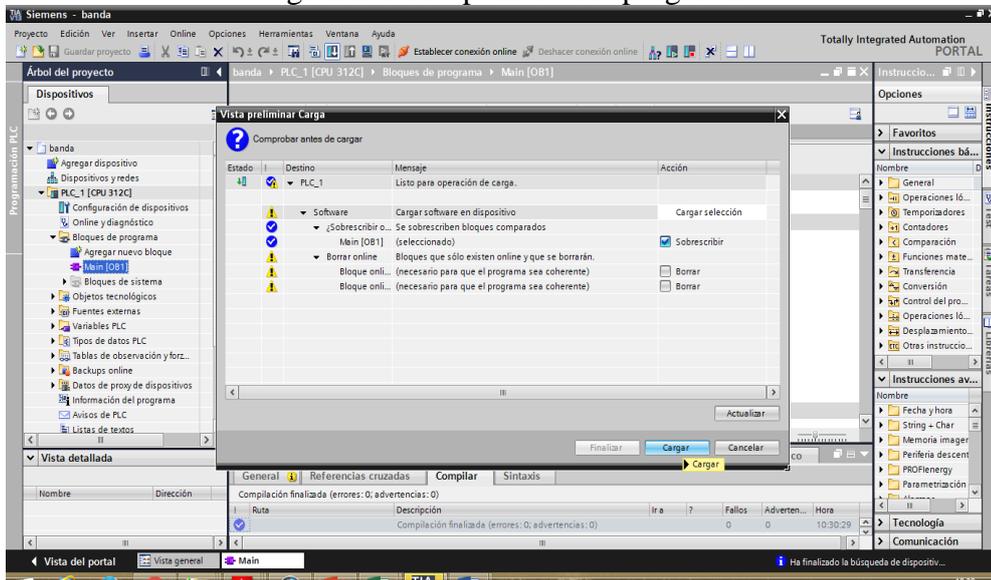
Figura 61. Enlace correcto entre el PLC y el programa.



Fuente: Autores

Si no hay ninguna novedad en la compilación se procede a cargar los bloques de programación en el dispositivo, de este modo se ha finalizado el proceso de programación del Controlador.

Figura 62. Compilación del programa

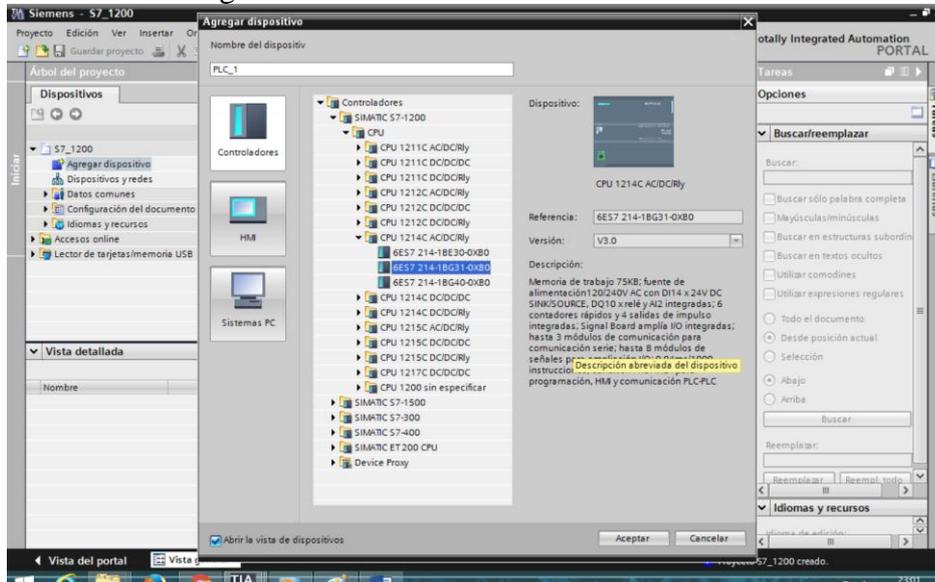


Fuente: Autores

**4.6.3 Programación del PLC S7-1200.** En la programación del PLC S7-1200 que servirá como medio de conexión con el HMI para poder mostrar la ubicación del proceso, no tiene mayor diferencia con el proceso del S7-300, manteniendo los primeros literales, y continuando con los siguientes:

**4.6.3.1** *Seleccionar el CPU correcto.* Se debe seleccionar el CPU correcto, que al igual que el caso anterior se lo puede ver en el PLC físico, y además se debe elegir la versión de firmware con el que cuenta.

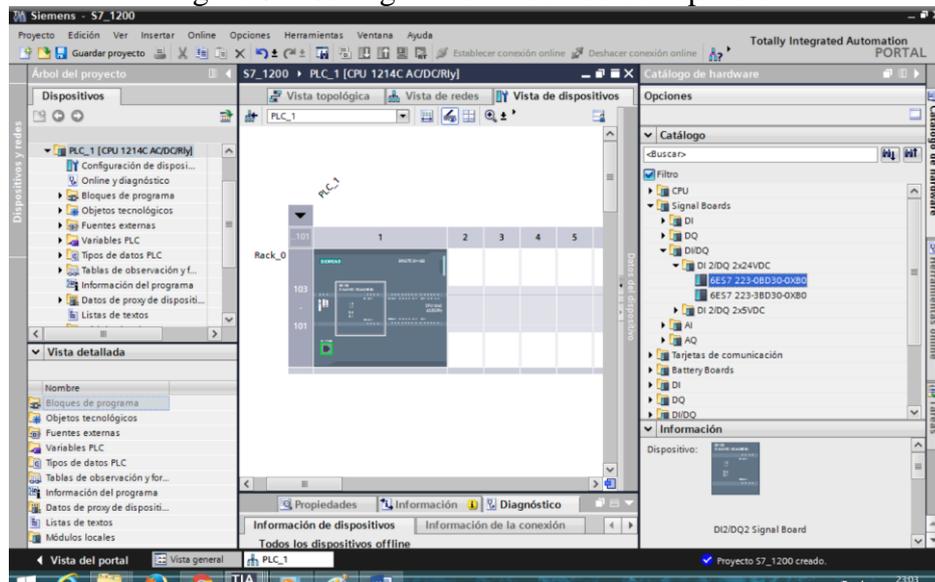
Figura 63. Selección del CPU PLC S7-1200



Fuente: Autores

**4.6.3.2** *Configuración de los módulos de expansión.* A continuación se procede a complementar el CPU con los módulos de expansión correspondientes, en este caso se utiliza un signal board de 2 entradas y 2 salidas como se puede observar en la siguiente figura.

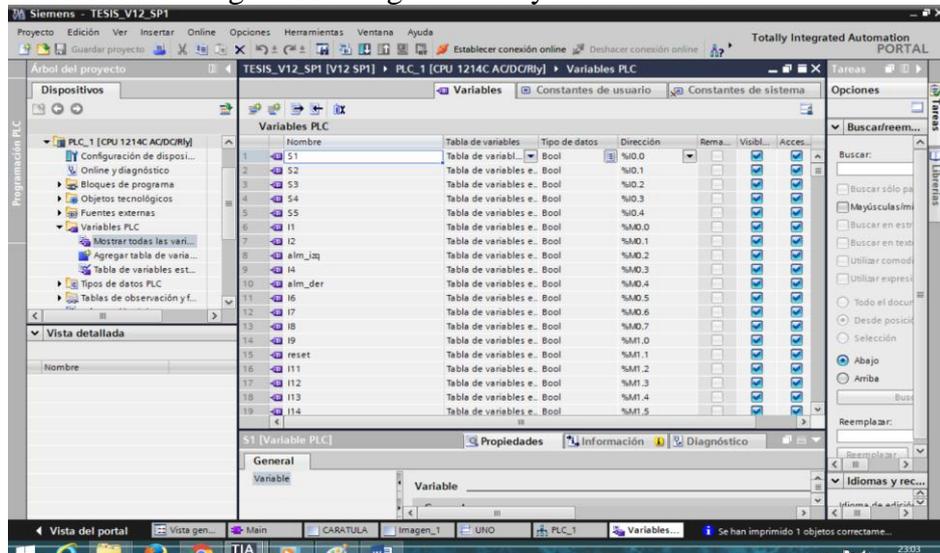
Figura 64. Configuración módulos de expansión



Fuente: Autores

**4.6.3.3 Programación edición de entrada/salidas.** Una vez finalizada la inserción del hardware se procede a la programación del dispositivo, iniciando como primer paso se edita las entradas y salidas del PLC S7-1200 con los nombres de las variables que se va a trabajar en la programación.

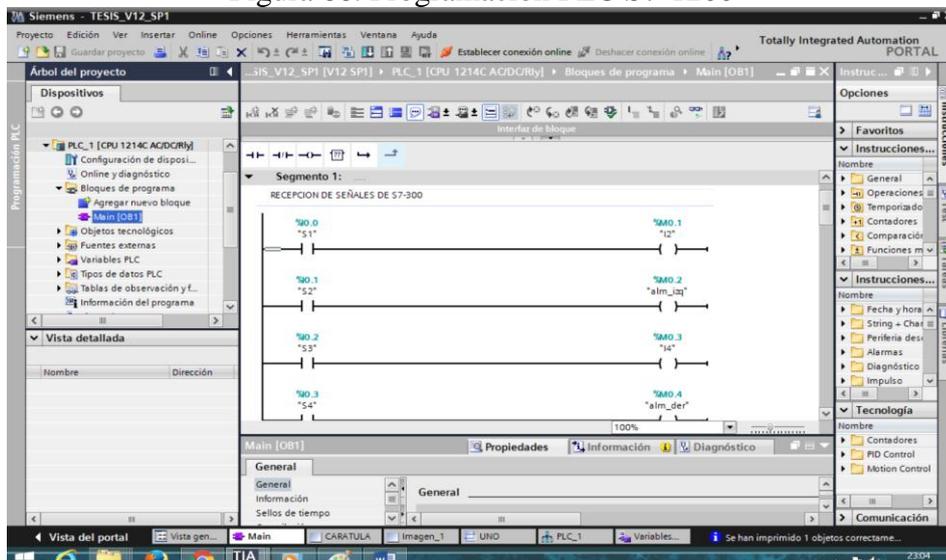
Figura 65. Programación y edición E/S



Fuente: Autores

**4.6.3.4 Programación del PLC.** Con las variables editadas se procede a programar el PLC S7-1200, el método a utilizar es el lenguaje LADDER o conocido como escalera, por lo extenso de la programación al igual que la del PLC S7-300 solo se ubicara los principales segmentos, para analizar detalladamente ver el Anexo C.

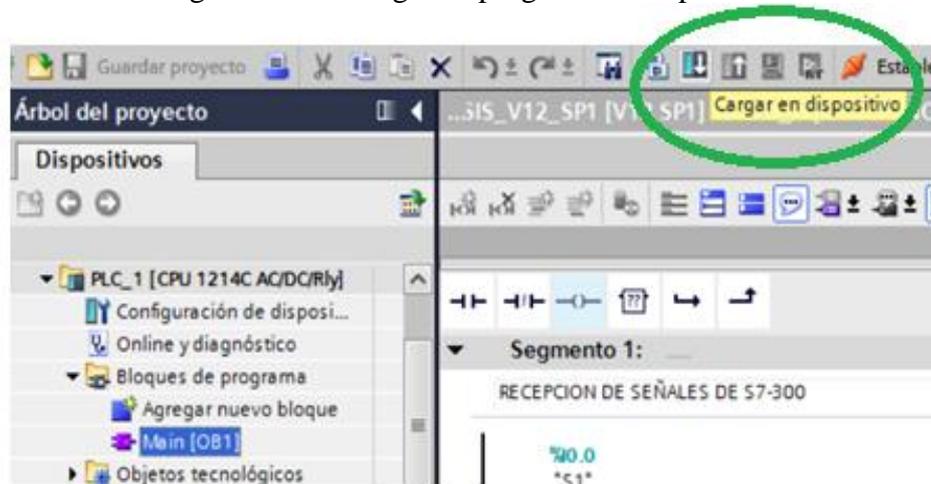
Figura 66. Programación PLC S7-1200



Fuente: Autores

**4.6.3.5 Finalización de la programación.** Finalizada la programación del dispositivo se procede a descargar el programa en el PLC mediante la interfaz profinet integrada.

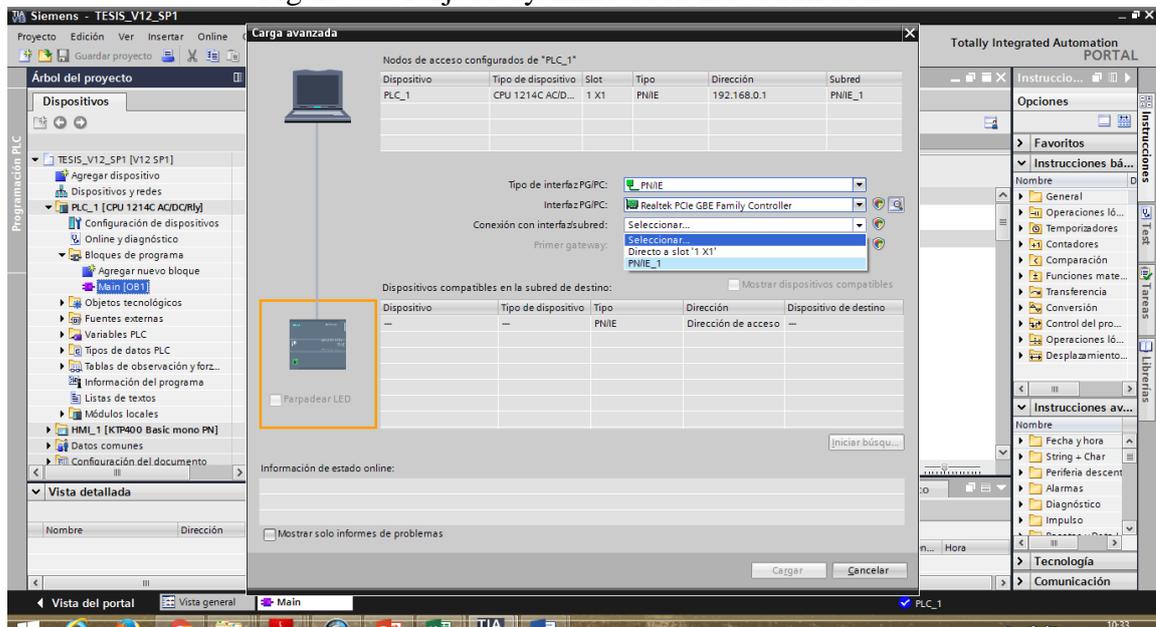
Figura 67. Descarga del programa al dispositivo



Fuente: Autores

Para poder descargar el programa en el dispositivo debe estar conectado el cable entre el la entrada profinet PLC y el computador, como se puede ver en la figura 68, se procede a buscar el dispositivo para establecer comunicación.

Figura 68. Tarjetas syslink estaciones del modulo

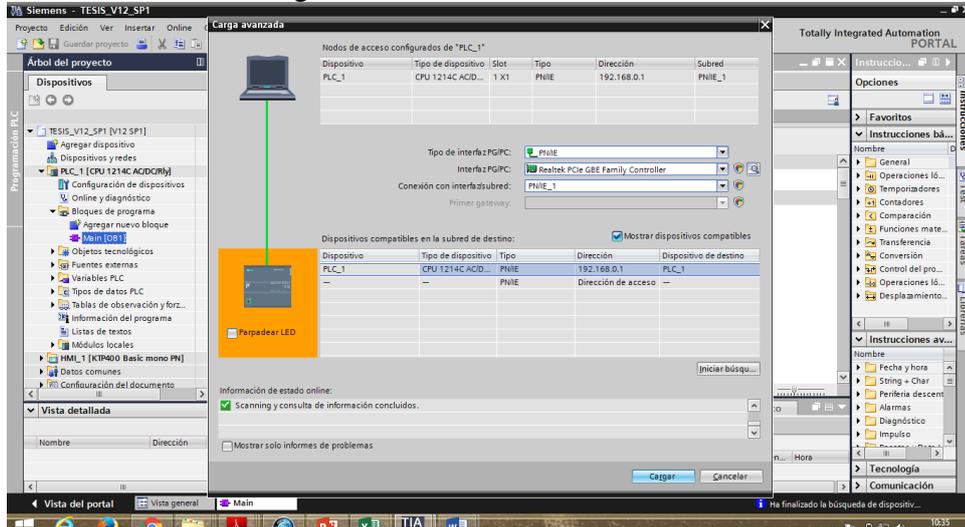


Fuente: Autores

Cuando se ha detectado correctamente el PLC se procede a pasar el programa hacia el CPU, figura 69.

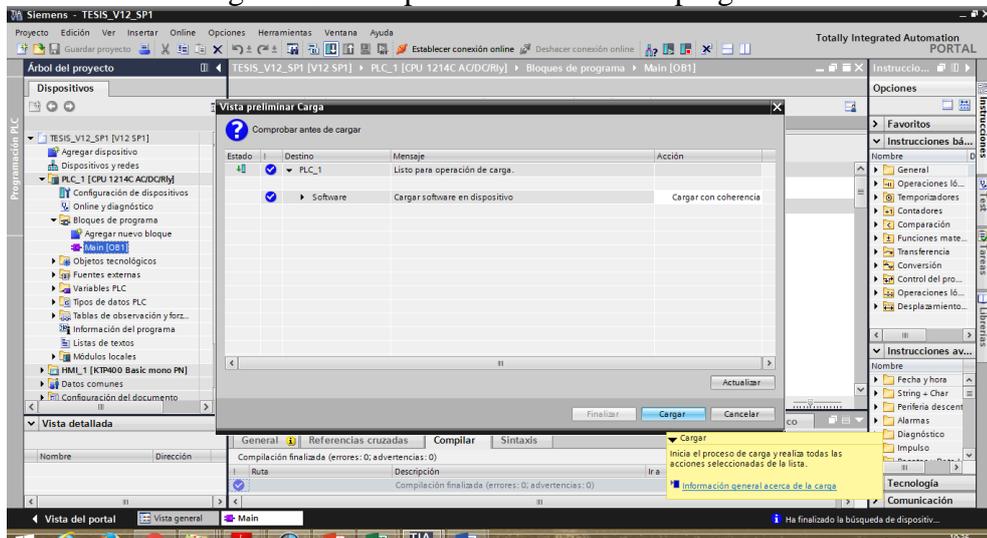
Si no existe ninguna novedad en la compilación se procede a cargar los bloques de programación en el dispositivo, de este modo se finaliza el proceso de programación del controlador S7-1200, figura 70.

Figura 69. Confirmación conexión



Fuente: Autores

Figura 70. Compilación correcta del programa



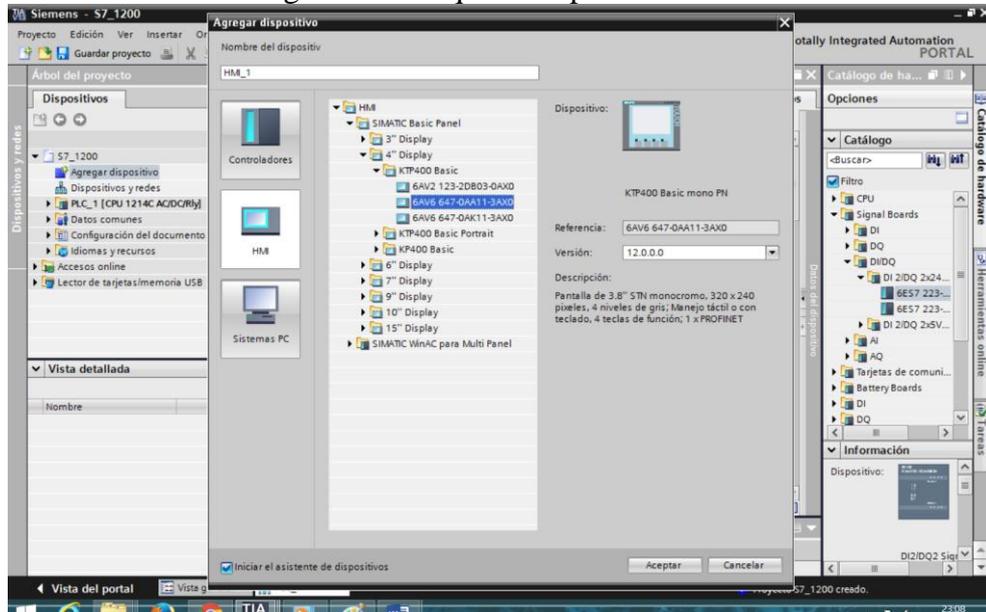
Fuente: Autores

**4.6.4 Programación del HMI KTP-400.** Para que el módulo tenga un seguimiento de cómo se lleva el proceso se incorporó un HMI KTP-400, que va enlazado a la programación anterior del PLC S7-1200, ya que el PLC S7-300 carece de módulo de salida Profinet.

Para la programación del HMI se debe seguir los siguientes pasos:

**4.6.4.1** *Agregar el dispositivo a programar.* En este caso la Pantalla táctil KTP-400 es el dispositivo a programar, teniendo en cuenta su serie, el hardware correcto, y su versión de firmware.

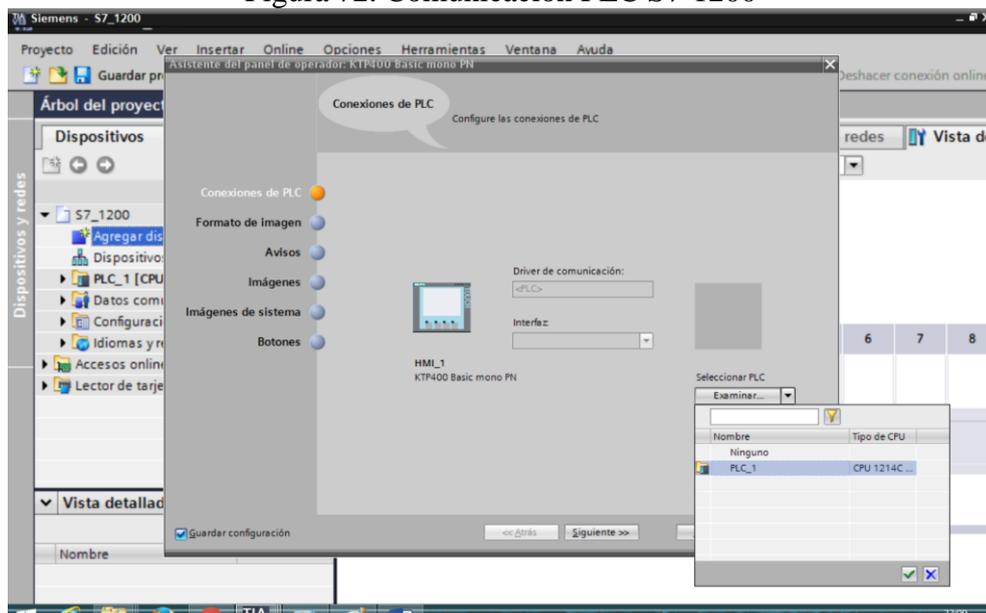
Figura 71. Búsqueda dispositivo HMI



Fuente: Autores

**4.6.4.2** *Comunicación con el PLC S7-1200.* Se establece la comunicación con el PLC S7-1200 con el que se trabaja para la programación del HMI. Automáticamente aparecerá el PLC S7-1200 que se creó en la programación anterior, figura 72.

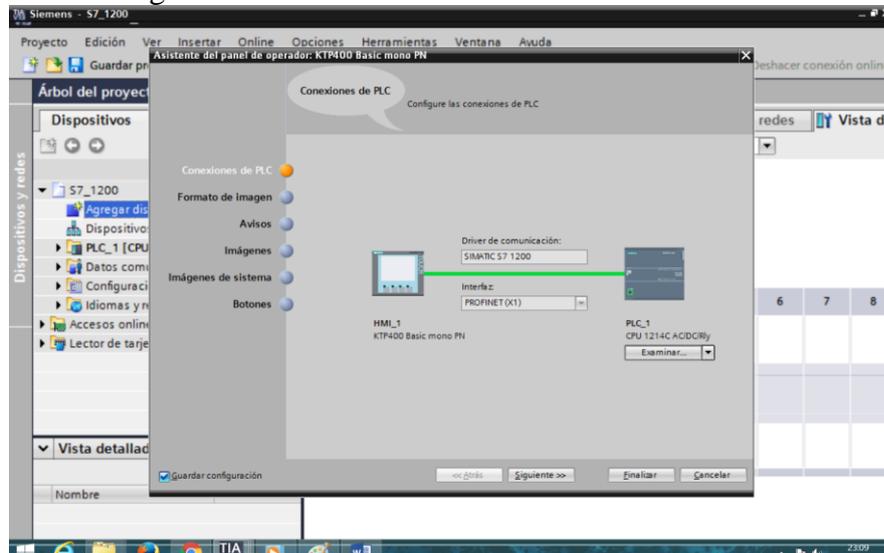
Figura 72. Comunicación PLC S7-1200



Fuente: Autores

Una vez que confirmamos el PLC es el correcto, se podrá visualizar el emparejamiento con el HMI, como lo muestre la figura 73.

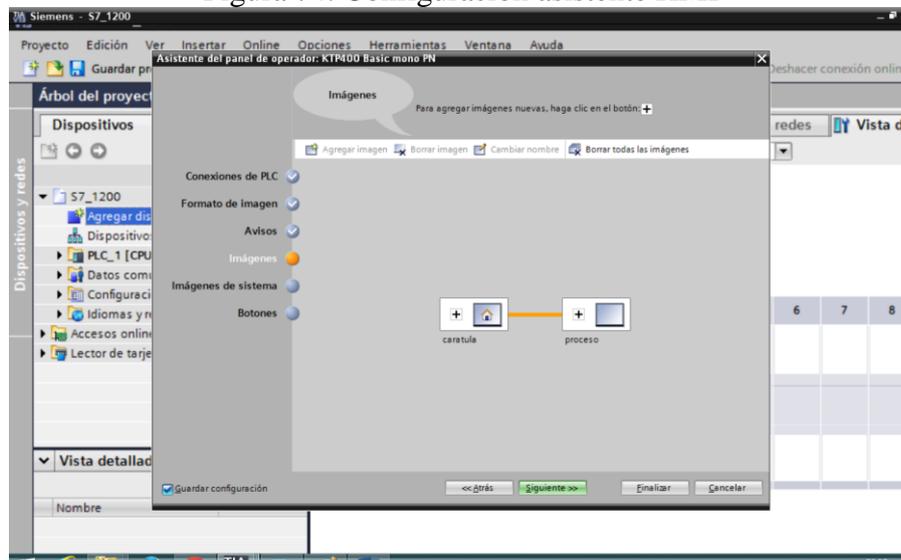
Figura 73. Comunicación PLC-HMI correctamente



Fuente: Autores

**4.6.4.3 Configuraciones del HMI KTP-400.** Dentro de las configuraciones del HMI se puede establecer el tipo de formato que se desee para su visualización, los mensajes que se desee que el sistema muestre durante el proceso, así también como las subpantallas a mostrar, para este caso una primera pantalla muestra la caratula de inicio y una segunda pantalla es la encargada de mostrar el proceso, como se puede observar en la siguiente imagen.

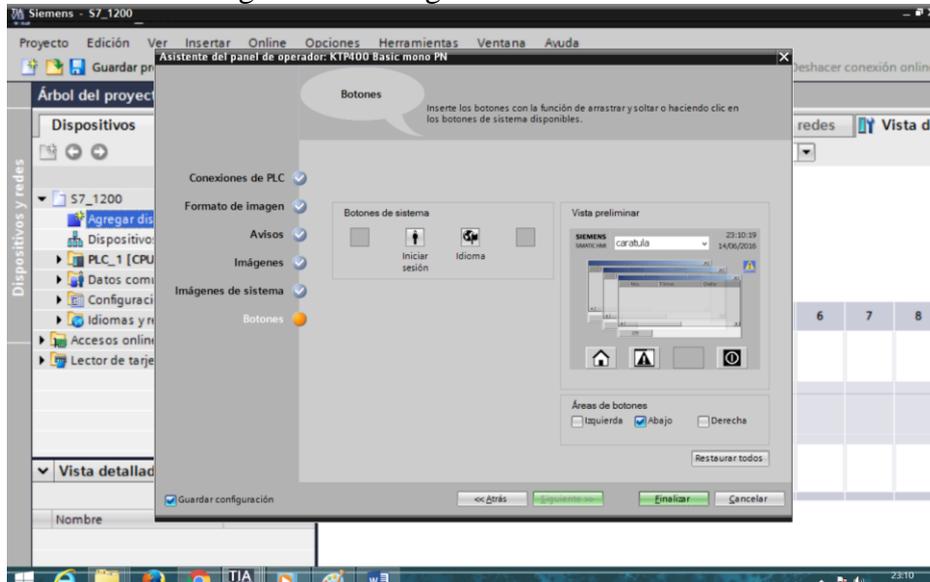
Figura 74. Configuración asistente HMI



Fuente: Autores

Dejando como imagen del sistema por defecto la pantalla inicial. Finalizado la configuración de imágenes del sistema, se procede a configurar los botones que se van a ocupar para posteriormente finalizar el asistente del panel de operador.

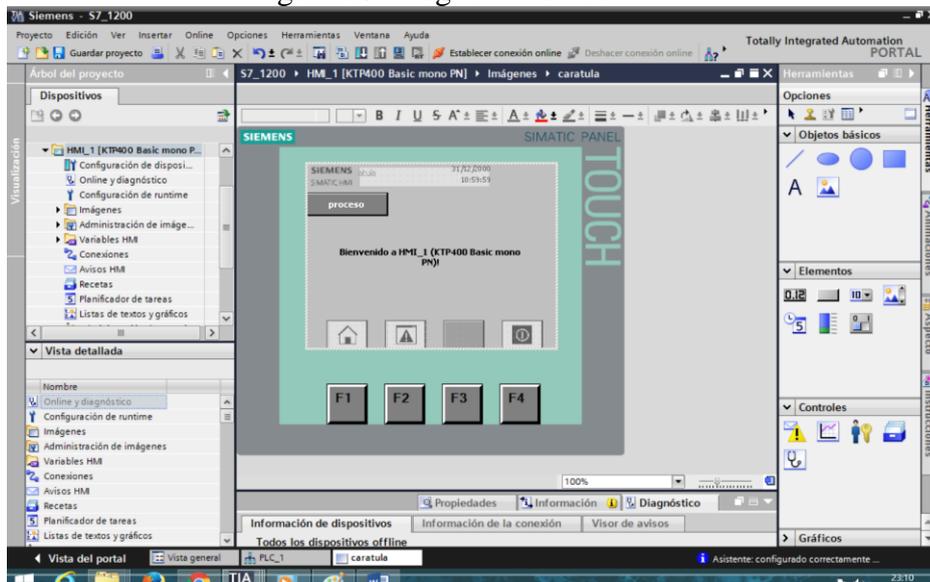
Figura 75. Configuración asistente HMI.



Fuente: Autores

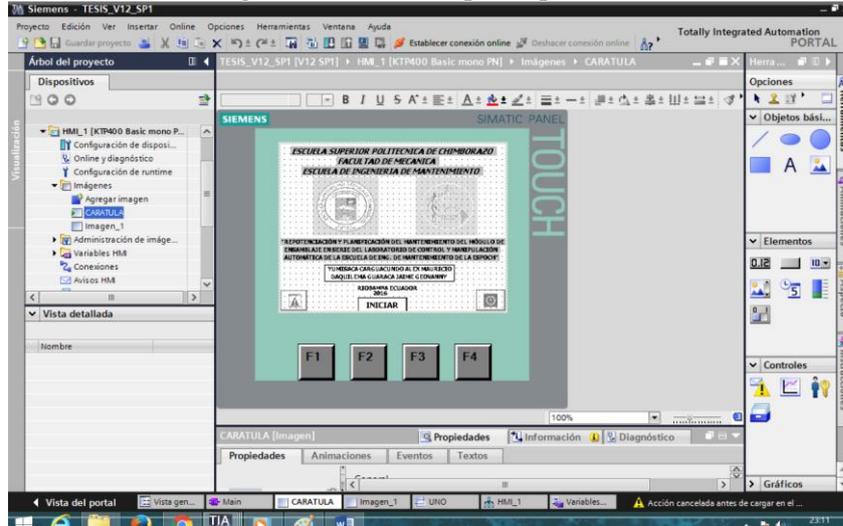
**4.6.4.4 Programación.** Finalizada la configuración podemos observar en la figura 76 como queda lista la pantalla HMI para su edición y programación, debido a lo extenso de la programación se muestra solamente las pantallas, dando todo el detalle en el Anexo C.

Figura 76. Programación del HMI.



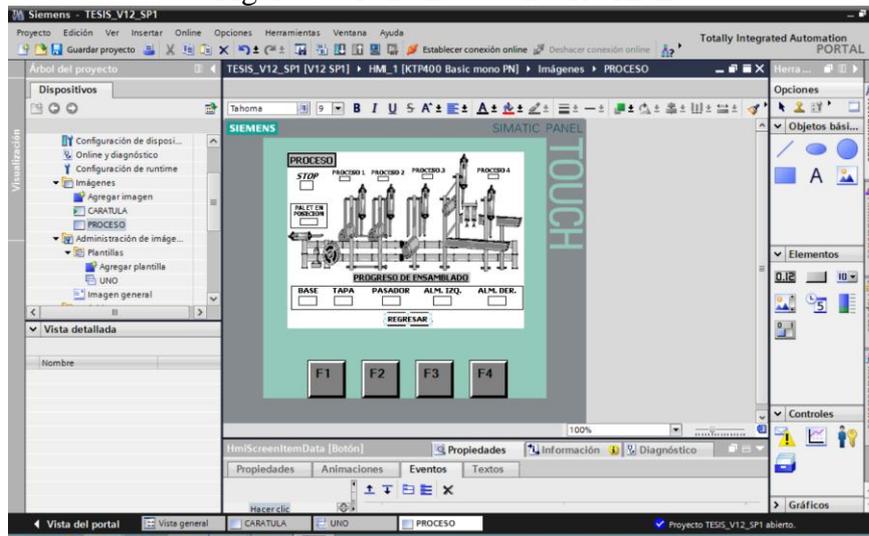
Fuente: Autores

Figura 77. Pantalla principal HMI



Fuente: Autores

Figura 78. Pantalla secundaria HMI



Fuente: Autores

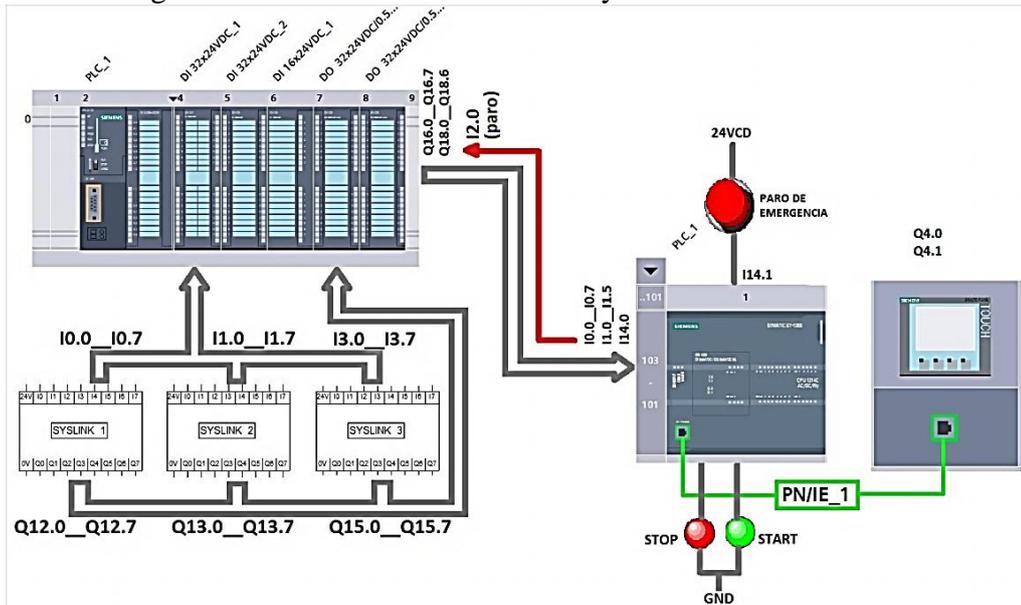
#### 4.7 Visualización del procedimiento en el HMI

Para poder establecer la visualización en el HMI, se requiere de una comunicación Profinet, la cual no posee el PLC S7-300 y por lo que se requiere de un procedimiento para que el HMI cumpla con su función.

Conectado el PLC S7-300 a los 3 módulos syslink se tiene toda la información del proceso ya sea para receptor señales de sensores o controlar actuadores las diferentes etapas. Además se ha visto necesario poder visualizar el proceso en tiempo real en una HMI (interfaz hombre – máquina).

Para poder visualizar el proceso en tiempo real en una pantalla HMI KTP400 se necesita una interfaz de comunicación entre el PLC S7-300 y el HMI. Debido a que no se cuenta con un módulo de comunicación profinet para el S7-300 se ha optado por utilizar un PLC S7-1200 como intermediario entre la comunicación de los 2 dispositivos mencionados, como se puede observar en la siguiente figura.

Figura 79. Enlace entre PLC S7-300 y PLC-1200 con el HMI



Fuente: Autores

El PLC S7-1200 recibe directamente a sus entradas las señales provenientes del S7-300 a través de un cable multipar de 15 hilos conectado de un extremo al módulo de salidas del S7-300 (Q16.0\_\_Q16.7 y Q18.0\_\_Q18.6) y del otro extremo con un conector DB25 macho a un syslink ubicado en el S7-1200, el cual lleva estas 15 señales (que son los sensores I2 a I16 del módulo) hasta las entradas del S7-1200 (I0.0\_\_I0.7 , I1.0\_\_I1.5 y I4.0).

Además de las señales que envía el S7-300 al S7-1200 existe una señal que en cambio se envía del S7-1200 al S7-300 que no es más que la señal de paro de emergencia (I4.1 S7-1200) la cual recepta el S7-300 en la entrada I2.0 para detener el proceso en caso de alguna anomalía.

Finalmente, cuando el PLC S7-1200 tiene todas las señales de interés provenientes del S7-300, éste a través de su interfaz profinet incorporada comparte estos datos con el HMI KTP-400 quien también cuenta con una interfaz del mismo tipo. Y con este

procedimiento ya se puede visualizar en tiempo real en el HMI lo que pasa en el proceso del módulo de ensamblaje en serie.

#### 4.8 Análisis de costos de la repotenciación.

Para el análisis de costos se hace una comparación entre cuánto costaría fabricar un módulo completamente nuevo y cuanto costo repotenciar el módulo existente en el laboratorio de control y manipulación automática de la escuela de ingeniería de mantenimiento.

**4.8.1** *Costo de fabricación de un módulo de ensamblaje en serie.* Hay que tomar en cuenta que para determinar el costo de producción de un módulo de ensamblaje en serie todos los materiales y elementos son quienes lo constituyen, y estos se determinan en términos de análisis de costo de la siguiente manera:

**4.8.1.1** *Materia prima directa.* Es la que se emplea en la fabricación de un módulo, por definición son los artículos, elementos que están dentro o acompañan al producto final. Para determinar el costo requerido para su fabricación se empieza por determinar los elementos que se requieren por cada uno de los sistemas, como se puede ver en la siguiente tabla:

Tabla 12. Costos directos sistema mecánico para la fabricación del módulo.

<b>Sistema mecánico</b>			
<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Valor unitario [USD]</b>	<b>Valor total [USD]</b>
6	Perfil de Aluminio estructural fisa 1438 0.94kg/m, 6.40mts	28,69	172,14
45	Elementos de unión por prisionero	2,00	90,00
40	Seguros de inmovilización de Nylon para unión de perfil.	0,35	14,00
30	Regatones con vástago medio	0,25	7,50
1	Pletina de aluminio 2" 1/4 * 1 metro	16,00	16,00
20	Prisioneros M6	0,30	6,00
8	Poleas de 3 canales, Nylon	8,00	64,00
2	Poleas de un canal, Nylon	4,00	8,00
<b>Total</b>			<b>377,64</b>

Fuente: Autores

Tabla 13. Costos directos sistema eléctrico para la fabricación del módulo.

<b>Sistema eléctrico</b>			
<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Valor unitario [USD]</b>	<b>Valor total [USD]</b>
3	Tarjetas de contactos syslink modulo	60,66	181,98
3	Tarjetas de contactos syslink Panel de control	45,54	136,62
3	Cables de conexión	8,50	25,50
1	PLC S7-300 incluido módulos	1300,00	1300,00
1	PLC S7-1200 Cpu 1214c ac/dc/relé	800,00	800,00
1	Panel Táctil simatic HMI KTP-400 PN monocromática	547,00	547,00
2	Luces piloto roja y verde	3,50	7,00
16	Sensores Magnéticos	2,50	40,00
1	Motorreductor	55,00	55,00
<b>Total</b>			<b>3093,10</b>

Fuente: Autores

Tabla 14. Costos directos sistema neumático para la fabricación del módulo.

<b>Sistema Neumático</b>			
<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Valor unitario [USD]</b>	<b>Valor total [USD]</b>
12	Electroválvulas 5*2	50,00	600,00
1	Electroválvula 2*2	25,00	25,00
3	Cilindros Neumáticos 25*20	27,00	81,00
8	Cilindros Neumáticos RT	65,00	520,00
1	Bomba de vacío	89,00	89,00
1	Conductor de aire #4	20,00	20,00
26	Racores de 1/4	1,85	48,10
6	Racores regulables 1/4	5,20	31,20
<b>Total</b>			<b>1414,30</b>

Fuente: Autores

Los datos mostrados en las tablas anteriores son considerados costos directos de producción, ya que están presentes en el módulo de ensamblaje en serie, cada sistema tiene un total de los elementos requeridos, para tener el costo directo total se sumas los tres valores totales de cada sistema como lo indica la siguiente tabla:

Tabla 15. Costo directo Total.

<b>Costos directos de producción</b>	<b>Valor total [USD]</b>
Sistema mecánico	377,64
Sistema eléctrico y automatización	3.093,10
Sistema neumático	1.414,30
<b>Total</b>	<b>4885,04</b>

Fuente: Autores

**4.8.1.2** *Mano de obra directa.* Es la remuneración que percibe la persona que interviene directamente en la construcción del producto, transformando la materia prima en un producto terminado, por tratarse de un módulo didáctico y un trabajo de titulación no se toma en cuenta.

**4.8.1.3** *Costos indirectos de fabricación.* Es considerado como los recursos que participan en el proceso productivo, pero no están dentro del producto terminado o no son de un valor considerativo en la construcción del producto, como lo muestra la siguiente tabla:

Tabla 16. Costo indirecto total.

<b>Materiales indirectos</b>			
<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Valor unitario [USD]</b>	<b>Valor total [USD]</b>
1	Cinta doble Faz	4,00	4,00
1	Libra de Waype	1,00	1,00
1	Litro de Tiñer	1,00	1,00
1	Lijas	0,40	0,40
1	Estaño	1,00	1,00
1	Amarras plásticas	3,00	3,00
1	brocas 1/8	2,00	2,00
1	Canaleta ranurada	3,50	3,50
<b>Total</b>			<b>15,90</b>

Fuente: Autores

Para determinar el costo total de fabricación de un módulo de ensamblaje en serie, se suma los tres valores explicados anteriormente como muestra la siguiente tabla:

Tabla 17. Costo total de producción.

<b>Costo de producción</b>	<b>Valor total (USD)</b>
Costo directo de fabricación	4885,04
Mano de obra directa	-
Costos indirecto de fabricación	15,90
<b>Total</b>	<b>4900,94</b>

Fuente: Autores

**4.8.2** *Costo de la repotenciación del módulo de ensamblaje en serie.* Antes de determinar los costos de la repotenciación del módulo, se debe considerar que varios de los elementos que se necesitó se encontraban en el laboratorio de control y manipulación, facilitando y siendo de gran ayuda para que la repotenciación sea completa.

La siguiente tabla nos muestra todos los elementos adquiridos y empleados en el módulo de ensamblaje en serie.

Tabla 18. Costo de materiales empleado en la repotenciación del módulo.

<b>Materiales implementados en la repotenciación</b>			
<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Valor unitario [USD]</b>	<b>Valor total [USD]</b>
12	Sensores Magnético	2,50	30,00
1	Memory Card PLC S7-300 128Kb	168,00	168,00
1	Actualización del firmware PLC- S7-300	120,00	120,00
1	Polea de un canal	6,00	6,00
3	Tarjetas Syslink Modulo	60,66	181,98
3	Tarjetas Syslink Panel de control	45,54	136,62
6	silenciadores 1/4	2,20	13,20
1	Riel din	2,85	2,85
5	Tapones 1/4	2,24	11,20
1	Relay 24vdc 10A	8,00	8,00
4	Racores rectos 1/4 * 4mm	1,85	7,40
3	Racores regulables 1/4 * 4mm	4,70	14,10
1	Perfil de Aluminio Fise 1438 6mts	28,00	28,00
3	Cables de transmisión DB25	8,50	25,50
30	metros de cable #18	0,50	15,00
1	Varios	50,00	50,00
<b>Total</b>			<b>817,85</b>

Fuente: Autores

**4.8.3 Resultado del análisis de costos de la repotenciación del módulo de ensamblaje en serie.** El análisis realizado se basa en insumos que se necesitó para la repotenciación y reflejados en términos monetarios, al igual que se tomó como referencia un costo de producción si quisiéramos fabricar un nuevo módulo de ensamblaje en serie.

Cabe recalcar que la gran diferencia económica que se muestra entre la fabricación y la repotenciación del módulo es debido a que varias de los elementos se pudieron encontrar en el laboratorio, como por ejemplo los PLC, el HMI, la estructura etc...

Así se puede llegar a los siguientes resultados:

- En este caso la repotenciación ocupa un aproximado de 21% de lo que costaría fabricar un nuevo módulo.
- El costo – beneficio se evidencia, para ser un módulo didáctico es un resultado exuberante.
- La determinación de los costos justifica que la repotenciación fue la mejor opción que se realizó para devolver la funcionalidad del módulo.
- El costo de repotenciación es muy bajo en comparación del costo de producción de un módulo, por lo que se denota que el tiempo y duración de programación de cada una de sus partes es considerado más intelectual que económica.
- Se cumple con los tres aspectos fundamentales de una repotenciación, bajos costos, menores tiempos de producción y nueva tecnología.

## CAPÍTULO V

### 5. ELABORACION DEL MANUAL DE MANTENIMIENTO Y SEGURIDAD, Y GUIA DE PRACTICA PARA EL MODULO DE ENSAMBLAJE EN SERIE

#### 5.1 Plan de mantenimiento

El plan de mantenimiento del módulo de ensamblaje en serie se lo desarrolla con el objetivo de garantizar la efectividad en el funcionamiento de este, basado en las actividades necesarias y oportunas, así como las actividades enmendadas a cada una de sus partes.

Para determinar las actividades y procedimientos de las tareas de mantenimiento se toma en cuenta el tipo de uso y la frecuencia de funcionamiento, en la siguiente tabla se determina las actividades de mantenimiento que se debe dar al módulo de ensamblaje en serie de forma global, en el Anexo D se detallara los procedimientos de cada una de las tareas.

Tabla 19. Planificación de mantenimiento general del módulo.

<b>ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO LABORATORIO DE CONTROL Y MANIPULACIÓN AUTOMÁTICA</b>			
<b>Mantenimiento del módulo de ensamblaje en serie</b>			
<b>Inspección general del modulo</b>			
<b>Sistema</b>	General	<b>Código técnico</b>	EIM-CA-EN-01
<b>Descripción del código técnico</b>			
<b>EIM:</b>	Escuela de Ingeniería de Mantenimiento	<b>CA:</b>	Control y Automatización
<b>EN:</b>	Electro neumática	<b>01:</b>	Número Designado
			

Inspección	
Sistemas	Frecuencia
Sistema mecánico	Semestral ( 6 meses)
Sistema eléctrico	Trimestral (3 meses)
Sistema neumático	Trimestral ( 3 meses)
<b>NOTAS:</b> _____ _____ _____ _____	
<b>Responsables</b>	Yumisaca Alex - Daquilema Jaime

Fuente: Autores

Tabla 20. Bancos de tarea de mantenimiento del módulo (mecánico)

<b>ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO LABORATORIO DE CONTROL Y MANIPULACIÓN AUTOMÁTICA</b>			
<b>Mantenimiento del módulo de ensamblaje en serie</b>			
<b>Banco de tareas del modulo</b>			
<b>Sistema</b>	Mecánico	<b>Código técnico</b>	EIM-CA-EN-01
<b>Descripción del código técnico</b>			
<b>EIM:</b>	Escuela de Ingeniería de Mantenimiento	<b>CA:</b>	Control y Automatización
<b>EN:</b>	Electro neumática	<b>01:</b>	Numero Designado
<b>Tareas de mantenimiento</b>			
1	Revisión de pernos de sujeción de la estructura		
2	Inspección de los componentes mecánicos del modulo		
3	Alineación de las poleas del modulo		
4	Limpieza de los componentes mecánicos del modulo		
<b>RESPONSABLES</b>			Yumisaca Alex - Daquilema Jaime

Fuente: Autores

Tabla 21. Bancos de tarea de mantenimiento del módulo (eléctrico)

<b>ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO LABORATORIO DE CONTROL Y MANIPULACIÓN AUTOMÁTICA</b>			
<b>Mantenimiento del módulo de ensamblaje en serie</b>			
<b>Banco de tareas del modulo</b>			
<b>Sistema</b>	Eléctrico	<b>Código técnico</b>	EIM-CA-EN-01
<b>Descripción del código técnico</b>			

<b>EIM:</b>	Escuela de Ingeniería de Mantenimiento	<b>CA:</b>	Control y Automatización
<b>EN:</b>	Electro neumática	<b>01:</b>	Numero Designado
<b>Tareas de mantenimiento</b>			
1	Revisión de la fuente de alimentación. (energía)		
2	Revisión de los componentes eléctrico del módulo.		
3	Inspección de ajustes de contactos.		
4	Controlar el valor de voltaje de alimentación necesario para el PLC.		
<b>RESPONSABLES</b>		Yumisaca Alex - Daquilema Jaime	

Fuente: Autores

Tabla 22. Bancos de tarea de mantenimiento del módulo (neumático).

<b>ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO LABORATORIO DE CONTROL Y MANIPULACIÓN AUTOMÁTICA</b>			
<b>Mantenimiento del módulo de ensamblaje en serie</b>			
<b>Banco de tareas del módulo</b>			
<b>Sistema</b>	Neumático	<b>Código técnico</b>	EIM-CA-EN-01
<b>Descripción del código técnico</b>			
<b>EIM:</b>	Escuela de Ingeniería de Mantenimiento	<b>CA:</b>	Control y Automatización
<b>EN:</b>	Electro neumática	<b>01:</b>	Numero Designado
<b>Tareas de mantenimiento</b>			
1	Inspección de los componentes neumáticos del módulo.		
2	Inspección del conductor de aire. (mangueras)		
3	Limpieza de los componentes neumáticos del módulo.		
<b>RESPONSABLES</b>		Yumisaca Alex - Daquilema Jaime	

Fuente: Autores

## 5.2 Guía de seguridad para el usuario del módulo de ensamblaje en serie

**5.2.1 Seguridad.** Antes de realizar cualquier trabajo o manipulación en el módulo de ensamblaje en serie se debe tomar en consideración las recomendaciones y normas de seguridad del laboratorio.

Además de cumplir con las normas de seguridad la persona que esté encargada del funcionamiento del módulo deberá estar segura de cumplir los siguientes puntos:

- Tener conocimientos de la normas de seguridad del laboratorio de control y manipulación automática.

- Tener conocimiento del manejo de módulo de ensamblaje en serie.
- Haber recibido instrucciones para el trabajo con el módulo.
- Tener conocimientos básicos relacionados a los sistemas del módulo.

### **5.2.2** *Normas de seguridad para el manejo del módulo de ensamblaje en serie.*

Las normas de seguridad se deben tener en cuenta antes, durante y después de la puesta en marcha del módulo, así como tener ubicado el espacio en donde se va a trabajar y mantener los siguientes aspectos:

- Los estudiantes manipularan el módulo si, y solo si un docente encargado los supervisa.
- Verificar el estado del módulo que no se encuentre con averías tanto en el sistema eléctrico como en el sistema neumático.
- Una vez puesto en marcha NO desconectar los conductos de aire, ni los conductores eléctricos.
- Verificar que todos los cilindros neumáticos estén en su posición de inicio.
- No manipular o alterar la posición de los sensores.
- No realizar ajustes de borneras, contactos o uniones eléctricas mientras el módulo esté en funcionamiento.
- Realizar la debida limpieza al final de la respectiva práctica.
- Para realizar el mantenimiento del módulo se debe desconectar su alimentación tanto eléctrica como neumática para así evitar inconvenientes con el usuario.

**5.2.3** *Sistema de Seguridad del módulo de ensamblaje en serie.* El módulo de ensamblaje en serie se encuentra equipado con un sistema de seguridad por pulso, posee un bloqueo eléctrico manual tipo hongo, que al presionarlo detiene el sistema, eliminando así cualquier función posterior al accionamiento y haciendo que el sistema retorne al principio, una vez accionado el bloqueo de seguridad el módulo no podrá accionarse hasta que dicho bloqueo sea retirado.

Al igual las electroválvulas neumáticas que posee el módulo tienen un sistema de activación manual independiente del sistema que controla el PLC, esto permite que se realice cualquier maniobra fuera de la programación continua de trabajo del módulo en caso de una emergencia.

### **5.3 Guía de práctica para el módulo de ensamblaje en serie**

La guía de prácticas tiene como objetivo fomentar y ayudar al aprendizaje de los estudiantes de la facultad, favoreciendo al desarrollo de habilidades con técnicas actualizadas en el manejo de software, herramientas y equipos.

La guía de practica fue previamente realizada por los autores para la seguridad de los estudiantes que manipularan el módulo, de esta manera el módulo proporciona gran conocimiento con un porcentaje mínimo de inconvenientes, ver el Anexo E.

## **CAPÍTULO VI**

### **6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **6.1 Conclusiones**

Se determinó que el estado técnico del módulo de ensamblaje en serie era muy malo, por lo que se requería oportunamente de una repotenciación para devolverle su debido funcionamiento.

Se comprendió y analizo el funcionamiento de cada uno de las partes del módulo del proceso, posteriormente se elaboró un diagrama de flujo de secuencia lógica del módulo para su interpretación.

Se elaboró las tarjetas electrónicas de contactos syslink en base a que el módulo requería de un mínimo espacio para el cableado entre sus dispositivos, tanto en el panel de control como en el módulo de ensamblaje en serie.

Se elaboró toda la documentación técnica del módulo y se doto de un código técnico para su fácil ubicación dentro del laboratorio de control y automatización industrial, con el fin de que se identifique cada una de sus partes y determine su ubicación, así como también su guía de prácticas en donde los estudiantes pondrán a prueba sus conocimientos al manipular el módulo.

Debido a la repotenciación realizada al módulo, se vio la necesidad de elaborar una guía de mantenimiento que ayudara a que el módulo no pierda su funcionalidad, para cual se anexo los bancos de tareas y acciones de mantenimiento, así también como una breve guía de seguridad para evitar inconvenientes a los estudiantes el momento de manipular el módulo.

#### **6.2 Recomendaciones**

Los estudiantes que manipulen el módulo de ensamblaje en serie deberán tener un amplio conocimiento de cada uno de los sistemas que actúan en el mismo, además conocer el funcionamiento de sus componentes.

Seguir debidamente la guía de seguridad para el usuario establecida en este proyecto, para evitar daños en el módulo o accidentes a quienes lo manipulen.

Aplicar correctamente el plan de mantenimiento propuesto por los autores para cada uno de los sistemas, para su conservación del módulo a futuro.

Evitar que el módulo de ensamblaje en serie sea desmembrado, ya que podría unirse a futuros proyectos para generar mayor conocimiento entre los estudiantes.

## BIBLIOGRAFIA

- AGUDELO, F. 2012.** "Repotenciacion de maquinaria". [En línea] 2012. [www.metalactual.com/Reptenciacionde maquinario/](http://www.metalactual.com/Reptenciacionde%20maquinarico/).
- ALVAREZ, J. 2012.** *ÁLGEBRA DE BOOLE. LÓGICA COMBINACIONAL.* [En línea] 2012. [http://www.infor.uva.es/~jjalvarez/asignaturas/fundamentos/lectures/digital/Tema2\\_combinacionales.pdf](http://www.infor.uva.es/~jjalvarez/asignaturas/fundamentos/lectures/digital/Tema2_combinacionales.pdf).
- BOLTON, W. 2006.** *Mecatrónica sistemas de control electrónico en la ingeniería mecánica y eléctrica.* Mexico D.F : Alfaomega, 2006.
- CROSER, P. 2011.** Fundamentacion neumatica. [En línea] 11 de 2011. [Citado el: 4 de 1 de 2016.] <https://fundamentacionneumatica.wikispaces.com/Electroneumatica>.
- DURAN, Randolf. 2009.** Academia. *Academia.* [En línea] 2009. [Citado el: 15 de Noviembre de 2015.] [http://www.academia.edu/11398442/LENGUAJES\\_DE\\_PROGRAMACION\\_DE\\_PLC\\_S\\_1\\_PROGRAMA\\_Y\\_LENGUAJE\\_DE\\_PROGRAMACION](http://www.academia.edu/11398442/LENGUAJES_DE_PROGRAMACION_DE_PLC_S_1_PROGRAMA_Y_LENGUAJE_DE_PROGRAMACION)
- MOROCHO, MANUEL. 2000.** *Texto de administracion del Mantenimiento.* Riobamba : Espoch, 2000.
- PEREZ, M. y VERNON, J. 2014.** Control Lógico Programable. [En línea] 2014. <http://www.control-systems-principles.co.uk/whitepapers/spanishwp/14ProgLogicSP.pdf>.
- PLATERO, C. 2011.** Introducción al Procesamiento digital de Señales. *UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID.* [En línea] 2011. [www.elai.upm.es/webantigua/spain/Publicaciones/.../intro\\_procsdig.pdf](http://www.elai.upm.es/webantigua/spain/Publicaciones/.../intro_procsdig.pdf).
- SACO, Roberto. 2008.** Universidad Nacional de Quilmes. [En línea] 2008. [Citado el: 12 de 12 de 2015.] <http://iaci.unq.edu.ar/materias/laboratorio2/HMI%5CIntroduccion%20HMI.pdf>.
- SENA. 2015.** Lenguajes de Programación. [En línea] 2015. [Citado el: 19 de 02 de 2016.] <https://davidrojasticsplc.files.wordpress.com/2009/01/plc1s3.pdf>.
- SIEMENS AG. 2012.** Data Sheet simatic S7-300. [En línea] 2012. <http://plc-trade.com/media/pdf/6ES7312-5BE03-0AB0-datasheet-en.pdf>.