



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE  
CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MÓDULO DE  
AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE ENSAMBLAJE  
USANDO VENTOSA NEUMÁTICA, CONTROLADO CON  
PLC Y PANTALLA TÁCTIL PARA LA FACULTAD DE  
MECÁNICA DE LA ESPOCH”**

**CAYANCELA VALVERDE JORGE DANIEL  
COLCHA GAGÑAY EDISON RICARDO**

**TESIS DE GRADO**

Previa a la obtención del Título de:

**INGENIERO MECÁNICO**

**RIOBAMBA – ECUADOR**

**2015**

**ESPOCH**

Facultad de Mecánica

---

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS**

---

2014-02-11

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

---

**JORGE DANIEL CAYANCELA VALVERDE**

---

Titulada:

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MÓDULO DE AUTOMATIZACIÓN  
DEL PROCESO DE ENSAMBLAJE USANDO VENTOSA NEUMÁTICA,  
CONTROLADO CON PLC Y PANTALLA TÁCTIL PARA LA FACULTAD DE  
MECÁNICA DE LA ESPOCH”**

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

**INGENIERO MECÁNICO**

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

---

Ing. Marco Santillán Gallegos  
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

---

Ing. Lenin Aguirre Molina  
DIRECTOR DE TESIS

---

Ing. Ángel Silva Conde  
ASESOR DE TESIS

**ESPOCH**

Facultad de Mecánica

---

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS**

---

2014-02-11

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

**EDISON RICARDO COLCHA GAGÑAY**

---

Titulada:

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MÓDULO DE AUTOMATIZACIÓN  
DEL PROCESO DE ENSAMBLAJE USANDO VENTOSA NEUMÁTICA,  
CONTROLADO CON PLC Y PANTALLA TÁCTIL PARA LA FACULTAD DE  
MECÁNICA DE LA ESPOCH”**

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

**INGENIERO MECÁNICO**

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

---

Ing. Marco Santillán Gallegos  
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

---

Ing. Lenin Aguirre Molina  
DIRECTOR DE TESIS

---

Ing. Ángel Silva Conde  
ASESOR DE TESIS

# ESPOCH

Facultad de Mecánica

---

## CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

---

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE:** JORGE DANIEL CAYANCELA VALVERDE

**TÍTULO DE LA TESIS:** “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MÓDULO DE AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE ENSAMBLAJE USANDO VENTOSA NEUMÁTICA, CONTROLADO CON PLC Y PANTALLA TÁCTIL PARA LA FACULTAD DE MECÁNICA DE LA ESPOCH”

**Fecha de Examinación:** 2015-03-02

**RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:**

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Marco Santillán Gallegos PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Lenin Aguirre Molina DIRECTOR DE TESIS			
Ing. Ángel Silva Conde ASESOR			

\* 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. Marco Santillán Gallegos  
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

# ESPOCH

Facultad de Mecánica

---

## CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

---

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE:** EDISON RICARDO COLCHA GAGÑAY

**TÍTULO DE LA TESIS:** “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MÓDULO DE AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE ENSAMBLAJE USANDO VENTOSA NEUMÁTICA, CONTROLADO CON PLC Y PANTALLA TÁCTIL PARA LA FACULTAD DE MECÁNICA DE LA ESPOCH”

**Fecha de Examinación:** 2015-03-02

**RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:**

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Marco Santillán Gallegos PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Lenin Aguirre Molina DIRECTOR DE TESIS			
Ing. Ángel Silva Conde ASESOR			

\* 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. Marco Santillán Gallegos  
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

## **DERECHOS DE AUTORÍA**

El trabajo de grado que presentamos, 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 teóricos - científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

---

Jorge Daniel Cayancela Valverde

---

Edison Ricardo Colcha Gagñay

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo lo dedico principalmente a mi Dios Jehová por darme la vida y por permitir cumplir con esta meta en mi vida, a mis padres que en todo momento me brindaron su apoyo para seguir adelante a pesar de las pruebas, a mis hermanos y hermanas que siempre me apoyaron y me demostraron paciencia durante la formación de mi profesión, a mis profesores y compañeros de aula con quienes hemos logrado compartir muchas experiencias buenas y positivas.

**Jorge Cayancela Valverde**

Dedico principalmente a Dios y a mi Virgen de Agua Santa quienes han sido mi guía e iluminación, a mis padres Fausto y Olga que con su apoyo y amor incondicional me brindaron la oportunidad de cumplir mi meta, a mis hermanos Mary y Fausto por ser mi fortaleza para seguir adelante y no darme por vencido ante las dificultades.

A mis tías Rocío, Lourdes, Carmita por tenerme paciencia y siempre darme ánimos y en especial a mi tía Martha que fue el pilar fundamental moral y económico, a mi abuelita Angelita que siempre tuvo una voz de aliento y de confianza, a toda mi familia y amigos por sus consejos y grandes momentos compartidos dentro y fuera del aula.

**Edison Colcha Gagñay**

## **AGRADECIMIENTO**

El más sincero agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Escuela de Ingeniería Mecánica, por brindarnos la oportunidad de obtener una profesión y ser personas útiles a la sociedad.

A los docentes de la Escuela de Ingeniería Mecánica por sus conocimientos impartidos los cuales nos ayudaron a desarrollar la tesis, como también a nuestros padres quienes nos apoyaron tanto en sentido emocional como económicamente para la construcción del proyecto.

Y en especial para todos los amigos, compañeros y personas que nos apoyaron de una u otra manera para culminar con éxito una etapa de nuestras vidas.

**Jorge Daniel Cayancela Valverde**

**Edison Ricardo Colcha Gagñay**



## CONTENIDO

	Pág.
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
1.1 Antecedentes .....	1
1.2 Justificación Técnico-económico .....	2
1.3 Objetivos .....	3
1.3.1 <i>Objetivo general</i> .....	3
1.3.2 <i>Objetivos específicos</i> .....	3
<b>2. MARCO TEÓRICO</b> .....	4
2.1 Introducción.....	4
2.2 Actuadores neumáticos .....	5
2.2.1 <i>Actuadores lineales</i> .....	5
2.2.2 <i>Cilindros neumáticos</i> .....	5
2.2.2.1 <i>Cilindro de simple efecto</i> .....	6
2.2.3 <i>Actuadores de giro</i> .....	7
2.2.4 <i>Banda transportadora</i> .....	8
2.2.4.1 <i>Aplicación de la banda transportadora</i> .....	8
2.2.4.2 <i>Ventajas de la banda transportadora</i> .....	8
2.2.5 <i>Generadores de vacío</i> .....	9
2.2.5.1 <i>Generador de vacío monofásico</i> .....	10
2.2.5.2 <i>Generador de vacío bifásico</i> .....	10
2.2.6 <i>Ventosas neumáticas</i> .....	10
2.2.6.1 <i>Ventosas planas</i> .....	11
2.2.7 <i>Racores</i> .....	12
2.2.8 <i>Silenciadores</i> .....	13
2.3 Electro neumática.....	13
2.3.1 <i>Electroválvulas</i> .....	14
2.3.1.1 <i>Características principales</i> .....	14
2.3.1.2 <i>Configuración del símbolo</i> .....	15
2.3.1.3 <i>Tipos de electroválvulas</i> .....	15
2.3.2 <i>Pulsador</i> .....	16
2.3.3 <i>Tipos de pulsadores</i> .....	17
2.3.4 <i>Contactador</i> .....	17
2.3.5 <i>Partes de un contactador</i> .....	17
2.3.6 <i>Relé</i> .....	18
2.3.6.1 <i>Tipos de relés</i> .....	18
2.3.6.2 <i>Estructura del relé</i> .....	19
2.3.7 <i>Sensores</i> .....	19
2.3.7.1 <i>Características de los sensores</i> .....	19
2.3.7.2 <i>Tipos de sensores</i> .....	20
2.3.7.3 <i>Sensores Inductivos</i> .....	20
2.3.7.4 <i>Sensores capacitivos</i> .....	21
2.3.7.5 <i>Sensores de ultrasonidos</i> .....	21
2.4 Control del módulo .....	22
2.4.1 <i>Importancia del control</i> .....	22
2.4.2 <i>Tipos de controles</i> .....	23
2.4.3 <i>Controlador Lógico Programable PLC</i> .....	23
2.4.4 <i>Campo de aplicación</i> .....	24
2.4.5 <i>Ventajas e inconvenientes</i> .....	24
2.4.6 <i>Aplicaciones de los PLC</i> .....	25
2.4.7 <i>Estructura del PLC</i> .....	25
2.4.8 <i>Principio de funcionamiento del PLC</i> .....	27

2.5	Pantalla táctil HMI.....	28
2.5.1	<i>Tipos de paneles HMI Basic.</i> .....	29
2.5.2	<i>Características de la pantalla táctil HMI.</i> .....	29
2.5.3	<i>Campos de aplicación y utilidad de las pantallas táctiles.</i> .....	30
2.5.4	<i>Análisis de la pantalla táctil siemens SIMATIC KTP600 DP Basic.</i> .....	30
2.5.5	<i>Componentes del Siemens Simatic KTP600 DP Basic</i> .....	31
2.6	Software TIA PORTAL V13 .....	32
2.6.1	<i>Ventajas del software TIA PORTAL V13.</i> .....	33
2.6.2	<i>Características del software TIA PORTAL V 13.</i> .....	34
2.6.3	<i>Aplicaciones del software TIA PORTAL V 13.</i> .....	35
<b>3.</b>	<b>DISEÑO Y MONTAJE DEL MÓDULO</b> .....	<b>36</b>
3.1	Diseño del módulo .....	36
3.1.1	<i>Diseño de la base</i> .....	36
3.1.2	<i>Diseño y selección del cilindro neumático</i> .....	37
3.1.3	<i>Cálculo de la fuerza de pandeo para el cilindro de simple efecto</i> .....	44
3.1.4	<i>Selección de la ventosa</i> .....	46
3.1.5	<i>Selección del generador de vacío</i> .....	48
3.1.6	<i>Selección del diámetro de la tubería</i> .....	49
3.1.7	<i>Diseño del soporte para la ventosa</i> .....	50
3.1.8	<i>Diseño del brazo</i> .....	50
3.1.9	<i>Diseño de las poleas.</i> .....	51
3.1.10	<i>Diseño y selección de la banda transportadora.</i> .....	51
3.1.10.1	<i>Cálculo para la selección de la banda transportadora</i> .....	51
3.1.11	<i>Selección del cilindro giratorio</i> .....	56
3.2	Montaje del módulo .....	57
3.2.1	<i>Montaje de la banda transportadora</i> .....	57
3.2.2	<i>Montaje del actuador giratorio.</i> .....	57
3.2.3	<i>Montaje del cilindro neumático.</i> .....	58
3.2.4	<i>Montaje de los sensores inductivos..</i> .....	58
3.2.5	<i>Montaje de los sensores capacitivos</i> .....	59
3.2.6	<i>Montaje de la botonera de inicio y paro.</i> .....	59
3.2.7	<i>Montaje del PLC</i> .....	60
3.2.8	<i>Montaje de la pantalla táctil Siemens Simatic KTP600 DP Basic.</i> .....	60
3.2.8.1	<i>Condiciones de montaje</i> .....	60
3.2.8.2	<i>Posiciones de montaje</i> .....	61
3.2.8.3	<i>Distancia de separación</i> .....	61
3.3	Elaboración de la tarjeta de interfaz entre PLC y el módulo.....	62
3.3.1	<i>Diseño de la tarjeta electrónica</i> .....	62
3.4	Pruebas y calibración del equipo. ....	65
<b>4.</b>	<b>COMUNICACIÓN ENTRE PLC SIMATIC S7-1200 Y LA PANTALLA TÁCTIL Y GUÍA DE PRÁCTICAS</b> .....	<b>66</b>
4.1	Comunicación vía ETHERNET. ....	66
4.2	Pruebas y calibración de la comunicación ETHERNET. ....	72
4.2.1	<i>Programación manual</i> .....	72
4.2.2	<i>Programación automática</i> .....	81
4.3	Elaboración de guías de práctica para laboratorio .....	88
<b>5.</b>	<b>ANÁLISIS ECONÓMICO</b> .....	<b>89</b>
5.1	Análisis de costos entre equipos de las mismas características. ....	89
5.2	Costos de los Equipos y materiales de la construcción de la máquina .....	90
5.2.1	<i>Costo total directo</i> .....	93
5.2.2	<i>Costos indirectos.</i> .....	93

5.3	Análisis de Costos totales.....	94
5.4	Resultados del análisis de los costos .....	94
<b>6.</b>	<b>MANTENIMIENTO, MANUAL DE OPERACIÓN, Y SEGURIDAD DE LOS EQUIPOS.....</b>	<b>95</b>
6.1	Mantenimiento de los equipos y fichas técnicas de los equipos.....	95
6.1.1	<i>Codificación de equipos del módulo de ensamblaje.....</i>	<i>96</i>
6.1.2	<i>Elaboración de fichas técnicas .....</i>	<i>97</i>
6.2	Manuales de mantenimiento de los equipos .....	97
6.2.1	<i>Estado técnico del módulo de ensamblaje.....</i>	<i>98</i>
6.2.2	<i>Calendario de mantenimiento de equipos.....</i>	<i>98</i>
6.2.3	<i>Tareas de mantenimiento general del módulo de ensamblaje. ....</i>	<i>98</i>
6.3	Manual de funcionamiento y seguridad del módulo de ensamblaje .....	98
6.4	Seguridad para los equipos .....	99
6.4.1	<i>Métodos de seguridad para el módulo de control. ....</i>	<i>100</i>
6.4.2	<i>Métodos de seguridad de los equipos neumáticos .....</i>	<i>100</i>
6.4.3	<i>Métodos de seguridad parte eléctrica.....</i>	<i>101</i>
<b>7.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>102</b>
7.1	Conclusiones.....	102
7.2	Recomendaciones.....	102

**BIBLIOGRAFÍA**  
**ANEXOS**  
**PLANOS**

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
1	Partes de la pantalla táctil Siemens Simatic KTP600 DP Basic.....32
2	Peso de las piezas a ensamblar.....38
3	Catálogo cilindro de simple efecto.....44
4	Coefficiente de fricción (Schmaiz) .....47
5	Fuerza en ventosas planas .....47
6	Capacidad de aspiración de la ventosa.....48
7	Tabla técnica de generadores de vacío.....49
8	Selección del diámetro de la tubería del sistema.....49
9	Parámetros de diseño para la banda transportadora.....52
10	Suministro estándar .....52
11	Coefficiente de fricción estática para diferentes recubrimientos .....53
12	Factor $C_1$ valido para el tambor motriz .....54
13	Factor $C_2$ control Siegling Transilon seleccionado.....54
14	Factor $C_3$ valido para el tambor motriz .....55
15	Tabla técnica del cilindro giratorio .....57
16	Elementos Grafcet para la programación .....73
17	Asignación de las variables del PLC .....75
18	Continuación .....76
19	Análisis de costos de equipos con otros de las mismas características .....89
20	Continuación .....90
21	Costos de materiales y equipos eléctricos.....91
22	Costos de materiales y equipos neumáticos .....91
23	Continuación .....92
24	Costos de equipos mecánicos y otros materiales usados .....92
25	Costos de mano de obra .....93
26	Costos de equipos y herramientas .....93
27	Costos totales directos .....93
28	Costos indirectos.....94
29	Costos totales indirectos .....94
30	Costos totales del módulo de ensamblaje .....94

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
1	Clasificación de actuadores neumáticos ..... 5
2	Cilindro de simple efecto ..... 6
3	Formas de cilindro de simple efecto ..... 7
4	Variedad constructiva de los cilindros de simple efecto ..... 7
5	Actuador de giro ..... 8
6	Banda transportadora ..... 9
7	Generador de vacío ..... 9
8	Generador de vacío monofásico ..... 10
9	Generador de vacío bifásico ..... 10
10	Diagrama de esfuerzos de una ventosa neumática ..... 11
11	Ventosas planas ..... 12
12	Racores ..... 12
13	Silenciadores ..... 13
14	Electroválvula 5x2 ..... 14
15	Representación para válvulas de a) dos y b) tres posiciones ..... 15
16	Simbología de las válvulas ..... 16
17	Pulsador ..... 17
18	Contactador trifásico ..... 18
19	Relé electromagnético ..... 18
20	Estructura del relé ..... 19
21	Simbología de los tipos de sensores ..... 20
22	Sensores inductivos ..... 21
23	Sensores capacitivos ..... 21
24	Sensores de ultrasonidos ..... 22
25	Controlador lógico programable ..... 23
26	Estructura de un PLC ..... 27
27	Pantalla táctil ..... 28
28	Tipos de paneles HMI Basic ..... 29
29	Pantalla táctil Siemens Simatic KTP600 DP Basic ..... 31
30	Componentes de la pantalla táctil Siemens Simatic KTP600 DP Basic ..... 32
31	Software TIA PORTAL V13 ..... 33
32	Comparación de propiedades de perfil cuadrado ..... 36
33	Tubo de sección cuadrada ..... 37
34	Forma de la base ..... 37
35	Forma de la pieza 1, material nylon ..... 38
36	Forma de la pieza 2, material aluminio ..... 39
37	Esquema de las fuerzas ejercidas sobre la pieza 1 ..... 40
38	Esquema de las fuerzas ejercidas sobre la pieza 2 ..... 42
39	Gráfico del cilindro neumático ..... 43
40	Longitud de pandeo en cilindros ..... 45
41	Soporte para la ventosa ..... 50
42	Brazo ..... 50
43	Análisis estático de tensión ..... 50
44	Forma de las poleas móvil y fija ..... 51
45	Cálculo de la fuerza tangencial según la forma ..... 53
46	Montaje de la banda transportadora ..... 57
47	Montaje del actuador rotante ..... 58
48	Montaje del cilindro neumático ..... 58
49	Montaje de los sensores inductivos ..... 58
50	Montaje de los sensores capacitivos ..... 59
51	Montaje de botonera de inicio y paro ..... 59

52	Montaje del PLC.....	60
53	Pantalla táctil Siemens Simatic KTP600 DP Basic .....	60
54	Posiciones de montaje de la pantalla táctil .....	61
55	Distancias de separación de la pantalla táctil .....	62
56	Diseño del circuito en la tarjeta de interfaz .....	62
57	Montaje del conector .....	63
58	Montaje y soldado de la bornera .....	63
59	Montaje y soldado de los diodos .....	63
60	Montaje y soldado de la bornera que se conecta al PLC.....	64
61	Montaje y soldado de los componentes .....	64
62	Montaje de la base para las tarjetas en conjunto.....	64
63	Montaje de la base para las tarjetas en conjunto.....	64
64	Comunicación ETHERNET con el CPU S7-1200 .....	66
65	Comunicación con el software STEP 7 Basic.....	67
66	Selección del PLC.....	67
67	Selección de la pantalla táctil .....	68
68	Configuración de hardware .....	68
69	Vista topológica de los dispositivos .....	69
70	Configuración de la dirección IP.....	69
71	Caratula .....	70
72	Pantalla de inicio.....	70
73	Interfaz del programa manual en la HMI.....	70
74	Interfaz del programa automático en la HMI .....	71
75	Interfaz del control del sistema.....	71
76	Interfaz de la configuración de los contadores .....	71
77	Continuación de interfaz de la configuración de los contadores .....	72
78	PLC con dirección de router.....	72
79	Diagrama Grafcet para el proceso de ensamblaje.....	74
80	Diagrama Ladder de la programación manual.....	76
81	Programación manual, comparación de contadores.....	77
82	Activación y desactivación del flip flop.....	77
83	Activación de las marcas ventosa, cilindro giratorio y banda transportadora. ....	78
84	Activación de función AND.....	78
85	Activación de marcas pieza 1 y 2 sobre la banda transportadora.....	79
86	Activación de la marca pieza 2 al final del ensamblaje .....	79
87	Activación de las marcas de ensamblaje de dos pares .....	80
88	Diagrama Ladder de la programación automática .....	81
89	Programación automática, comparación de contadores.....	82
90	Programación automática, activación de variables para la HMI.....	82
91	Enmarcamiento de las entradas para visualizarlas en la HMI.....	83
92	Enmarcamiento de las entradas para visualizarlas en la HMI.....	84
93	Enmarcamiento para visualizar las piezas en sus respectivas posiciones.....	85
94	Activación de la banda transportadora .....	85
95	Activación de las variables para el ensamblaje de un par .....	86
96	Activación de las variables para el ensamblaje de 2 pares.....	87
97	Codificación de los equipos.....	96
98	Módulo de control.....	100

## SIMBOLOGÍA

$\rho$	Densidad
$V$	Volumen
$v$	Velocidad
$s$	Desplazamiento
$\mu_k$	Coefficiente de fricción cinético
$\mu_s$	Coefficiente de fricción estático
$f_r$	Fuerza de rozamiento
$A$	Área
$C_s$	Factor de seguridad
$K$	Carga de pandeo
$E$	Módulo de elasticidad
$M$	Momento de inercia
$L_p$	Longitud libre de al pandeo
$F_{th}$	Fuerza de retención teórica
$m$	Masa
$g$	Gravedad
$V$	Capacidad de aspiración
$n$	Número de ventosas
$V_s$	Capacidad de aspiración de una ventosa
$L_T$	Longitud de transporte
$L_o$	Longitud de la banda
$b_0$	Ancho de la banda
$m$	Carga cada bulto
$\beta$	Ángulo de contacto
$e$	Espesor de la banda
$m_b$	Masa de la banda por m <sup>2</sup>
$\mu_t$	Coefficiente de fricción mesa
$\mu_r$	Coefficiente de fricción rodillo
$m_r$	Masa de los tambores
$\varepsilon_{m\acute{a}x}$	Elongación máxima
$K_{1\%}$	Alargamiento después de la tracción
$d_a$	Diámetro mínimo del tambor motriz
$P_A$	Potencia mecánica en el tambor motriz
$T$	Torque
$\Delta P$	Diferencia de presión atmosférica y presión del sistema
$a$	Aceleración
$N$	Fuerza normal
$W$	Vatios
$F_u$	Fuerza tangencial
$P_A$	Potencia mecánica

## LISTA DE ABREVIACIONES

<b>FEM</b>	Fuerza Electro Motriz
<b>PLC</b>	Control Lógico Programable
<b>HMI</b>	Interfaz Hombre Máquina
<b>CSM</b>	Módulo compacto de interruptores
<b>TIA</b>	Automatización Totalmente Integrada
<b>CPU</b>	Unidad Central de Proceso
<b>E/S</b>	Entradas y salidas
<b>CB</b>	Procesador de comunicaciones
<b>CP</b>	Tarjeta de comunicación
<b>NC</b>	Normalmente cerrada
<b>NA</b>	Normalmente abierta
<b>IP</b>	Protocolo de Internet
<b>MAC</b>	Control de Acceso al Medio
<b>DB</b>	Bloque de datos
<b>DC</b>	Corriente directa
<b>RAM</b>	Memoria de Acceso Aleatorio o Memoria de Lectura Escritura.
<b>ROM</b>	Memoria de Solo Lectura.
<b>EEPROM</b>	Memoria de solo lectura puede ser programable, borrrable y reprogramable
<b>LAN</b>	Red de Área Local
<b>DP</b>	Profibus
<b>USB</b>	Universal Serie Bus
<b>IP67</b>	Grado de protección
<b>IEC</b>	Comisión Electrotécnica Internacional
<b>KOP</b>	Esquema de contactos
<b>GRAF CET</b>	Gráficos de control de etapas y transición



## LISTA DE ANEXOS

- A** Especificaciones cilindro de simple efecto Air Work Pneumatic Equipment
- B** Especificaciones del cilindro giratorio
- C** Especificaciones motor de 24 voltios acoplado a un motoreductor
- D** Especificaciones de teoria de pandeo según Euler
- E** Especificaciones ventosa neumática y fuerzas en ventosas planas PFYN
- F** Datos técnicos sensores inductivos
- G** Datos técnicos sensores inductivos cuadrado
- H** Datos técnicos sensores capacitivos
- I** Especificaciones generador de vacío venturi modelo CV -10 HS
- J** Codificación de los equipos del módulo de ensamblaje
- K** Fichas técnicas de los equipos
- L** Manuales de mantenimiento del módulo de ensamblaje
- M** Guía de funcionamiento manual del módulo de ensamblaje
- N** Guía de funcionamiento automático del módulo de ensamblaje
- O** Seguridad en los equipos
- P** Elaboración de las prácticas de laboratorio

## RESUMEN

En la enseñanza-aprendizaje de los sistemas neumáticos y la automatización industrial es necesario implementar herramientas didácticas con equipos e instrumentos industriales, por lo cual se diseñó y construyó un módulo de automatización de un proceso de ensamblaje usando ventosa neumática, controlado con PLC y pantalla táctil, que con su ayuda se simula procesos similares de ensamblaje en el campo industrial.

El módulo simula un proceso de ensamblaje que tiene 4 posiciones con dimensiones estándares, diseñado para realizar ensamblaje de un par o 2 pares de piezas para ello consta de un cilindro de simple efecto que da inicio al proceso, en la posición 2, detecta la presencia un sensor capacitivo que activa al cilindro giratorio acoplado a un brazo con un soporte de sujeción para la ventosa neumática, la cual se encargará de la succión de las piezas realizada por un generador de vacío para lograr transportar las piezas hacia la posición 3 sobre una banda transportadora.

En cada posición la presencia de las piezas son detectadas por sensores capacitivos y la presencia de la pieza de aluminio a ensamblar por un sensor inductivo.

Dependiendo de la secuencia de las piezas al inicio del proceso el programa automático se encarga de controlar el ensamblaje de un par o de 2 pares, todo el movimiento del proceso se visualiza en la pantalla táctil.

La programación manual es necesaria para el control de cada etapa.

El módulo construido se empleará en prácticas de laboratorio con fines de investigación y aprendizaje.

## **ABSTRACT**

In the learning-teaching of pneumatic systems and industrial automation is necessary to implement teaching tools with industrial and instruments, for which it was designed and build an automation module of a process of assembly using pneumatic suction cup, controlled with PLC and touch screen, with its help simulates similar assembly processes in the industrial field.

The module simulates an assembly process that has 4 positions with standard dimensions, designed to carry out assemblies of a pair or 2 pairs of seats for this consists of a single-acting cylinder that marks the start of the process, in position 2, detects the presence a capacitive sensor that activates the rotary cylinder attached to an arm with pneumatic suction cup attachment bracket which is responsible for the suction of parts made by a vacuum generator to transport the parts to position 3 on a conveyer belt.

In each position the presence of parts are detected by capacitive sensors and the presence of aluminum parts put together by an inductive sensor.

Depending on the sequence of the pieces at the beginning of the process the automatic program is responsible for controlling the assembly of a couple or 2 pairs, all movement of the process is displayed on the touch screen.

The manual program is required for the control of each stage.

The module built will be used in lab research and learning purposes.

# CAPÍTULO I

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Antecedentes

Los avances tecnológicos en el área de Control y Automatización de procesos industriales mejoran y se modernizan continuamente por lo cual la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Mecánica, de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, se ve obligado a construir laboratorios con módulos y equipos similares a los que se encuentran en la industria y sirva en la formación práctica y en la vida profesional de los estudiantes.

Al adecuar los laboratorios con módulos, instrumentos y equipos que se encuentran en la industria se pretende conseguir un personal calificado con un conocimiento adecuado en el área de automatización para mejorar la productividad y conseguir un funcionamiento adecuado de los procesos existentes y también mediante la utilización de programas que faciliten el desempeño del personal.

Las prácticas de laboratorio que se realizan a diario por los estudiantes de la Facultad de Mecánica se las debe hacer en un ambiente parecido a una industria y así empezar a familiarizarse, con los materiales que en lo posterior tendrá que manipular por lo que se mejoraría la calidad de profesionales permitiéndole tener conocimientos de alto nivel para beneficio del sector productivo del país.

La importancia de la automatización en la industria está relacionada con la facilidad de controlar procesos automáticamente sin necesidad de que estén presente personal de mano de obra que manipule dicho proceso, lo cual garantiza seguridad, confiabilidad, y eficacia en dichas trabajos de producción.

Por lo tanto la preocupación de la Escuela de Ingeniería Mecánica es que los nuevos profesionales que estén por salir tengan una capacitación y una formación académica adecuada y práctica para afrontar los nuevos retos de la vida profesional en cualquier área dentro de una empresa en la que tengan que desempeñarse la realicen de forma técnica e ideal.

## **1.2 Justificación Técnico-económico**

La Escuela de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo anteriormente no contaba con un Laboratorio de Control y Automatización Industrial por lo cual para la preparación profesional se utilizaba programas de control de procesos, encontrando una deficiencia en la preparación práctica de los profesionales en lo relacionado el control y manejo de equipos de procesos.

En la actualidad se creó el Laboratorio de Control y Automatización Industrial donde se hallan módulos para que los estudiantes de los diferentes niveles realicen prácticas de laboratorio.

La creación de los módulos didácticos para el laboratorio de Control y Automatización Industrial de la Escuela de Ingeniería Mecánica, permitirá brindar a los estudiantes una mejor formación académica preparándolos para el campo profesional.

Para la formación académica de Ingenieros Mecánicos es necesario simular procesos reales de control, para eso se utiliza equipos mecánicos, neumáticos, electro neumáticos como también dispositivos electrónicos.

Con la ayuda de estos equipos como del PLC SIMATIC S7-1200 y de la pantalla táctil logramos simular un proceso real de la Industria e identificar señales eléctricas y neumáticas.

Teniendo en cuenta que el laboratorio de Control y Automatización Industrial es prácticamente nuevo se pretende implementar módulos didácticos y prácticos con dimensiones estándares a todos los módulos del laboratorio, con el objetivo de que cada módulo se acople secuencialmente a otro módulo llegando a tener un conjunto de módulos en serie que permiten simular un proceso industrial completo.

El módulo didáctico de ensamblaje usando ventosa neumática es un aporte a la Facultad de Mecánica con lo cual los autores apoyan a la implementación de módulos de sistemas neumáticos y automatización industrial para el proceso de enseñanza y destreza de los estudiantes.

### **1.3           Objetivos**

**1.3.1**        *Objetivo general.* Diseñar y construir un módulo de automatización del proceso de ensamblaje usando ventosa neumática, controlado con PLC y pantalla táctil para la Facultad de Mecánica de la ESPOCH.

**1.3.2**        *Objetivos específicos:*

Seleccionar adecuadamente los elementos y equipos neumáticos para satisfacer la necesidad del módulo.

Programar una interfaz hombre máquina eficaz para el control del módulo mediante la comunicación del PLC y pantalla táctil.

Escoger actuadores electro neumáticos para el módulo de ensamblaje teniendo en cuenta la disponibilidad del mercado.

Diseñar una tarjeta de comunicación entre los equipos electro neumáticos y el PLC.

## **CAPÍTULO II**

### **2. MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 Introducción**

En este proyecto debido a la gran necesidad de realizar prácticas en módulos didácticos en el área de control y automatización de procesos, se tendrá un aspecto importante que debemos tomar en cuenta como es el constante desarrollo de nuevas tecnologías, equipos, materiales, instrumentos, software, etc.

Por lo que el análisis, estudio y los cálculos para determinar las mejores opciones serán cuidadosamente realizados para obtener un banco de pruebas en óptimas condiciones para así se pueda realizar prácticas de laboratorio.

Se pretende diseñar y construir un módulo de ensamblaje de dos piezas de diferente material, para lo cual es necesario utilizar equipos neumáticos, eléctricos y electrónicos. El módulo está constituido en dos partes, la primera parte es el lugar en donde se realiza el proceso mientras que la segunda parte es donde tenemos el control o mando del proceso.

Una descripción breve del proceso es que cada pieza debe ser trasladada por medio de un cilindro de simple efecto, luego a cada pieza se la sujeta por medio de una ventosa acoplada a un actuador giratorio el cual traslada las piezas sobre la banda transportadora. Para el correcto ensamblaje se debe colocar en el inicio del proceso primero la pieza 1 (nylon) y luego la pieza 2 (aluminio).

Sin embargo que ocurriría si no se produce la secuencia antes mencionada es decir si se repite la pieza 1, entonces se produce un ensamblaje de dos pares de piezas, lo cual se logra al mover la banda 80 mm hacia atrás

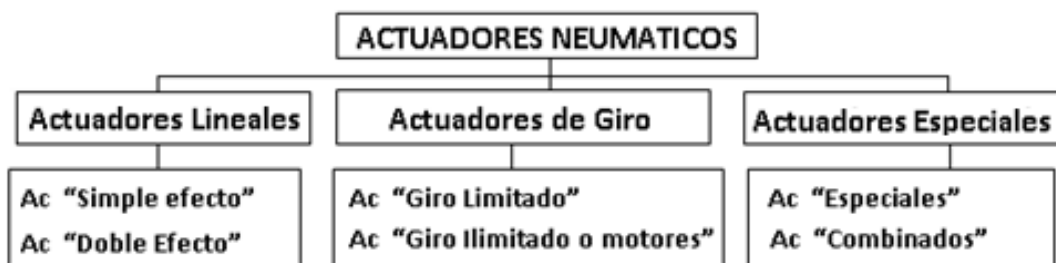
Para la construcción, selección y montaje del módulo recopilamos información pertinente en cuanto a todos los componentes neumáticos y eléctricos que se pretende utilizar.

## 2.2 Actuadores neumáticos

El trabajo realizado por un actuador neumático puede ser lineal o rotativo. El movimiento lineal se obtiene por cilindros de émbolo (éstos también proporcionan movimiento rotativo con variedad de ángulos por medio de actuadores del tipo piñón cremallera).

También encontramos actuadores neumáticos de rotación continua (motores neumáticos), movimientos combinados e incluso alguna transformación mecánica de movimiento que lo hace parecer de un tipo especial, a continuación en la figura 1 se muestra la clasificación de los actuadores neumáticos (ESCALERA, 2010)

Figura 1. Clasificación de actuadores neumáticos



Fuente: ESCALERA, 2010

**2.2.1** *Actuadores lineales.* Los actuadores lineales independientemente de su forma constructiva, representan los actuadores más comunes que se utilizan en los circuitos neumáticos, existen dos tipos fundamentales:

- Cilindros de simple efecto, con una entrada de aire para producir una carrera de trabajo en un sentido.
- Cilindros de doble efecto, con dos entradas de aire para producir carreras de trabajo de salida y retroceso. Más adelante se describen una gama variada de cilindros con sus correspondientes símbolos. (ESCALERA, 2010)

**2.2.2** *Cilindros neumáticos.* Es un dispositivo mecánico que produce una fuerza, que muchas veces va continuada de un movimiento, que viene accionado por aire comprimido.



Para realizar su función, los cilindros neumáticos imparten una fuerza para convertir la energía potencial de aire comprimido en energía cinética. Esto se alcanza por medio del aire comprimido, que es debido a la diferencia de presión. Esta diferencia o gradiente de presión del aire acciona un pistón para moverse en la dirección deseada.

Una vez que esté actuado, el aire comprimido entra en el tubo por un extremo del pistón y, por lo tanto, imparte la fuerza a través del pistón. Por lo tanto, el pistón se desplaza por el aire comprimido que se amplía en un intento por alcanzar la presión atmosférica. (Martin, 2011)

$$F = p \cdot A \quad (1)$$

Dónde:

F= Fuerza

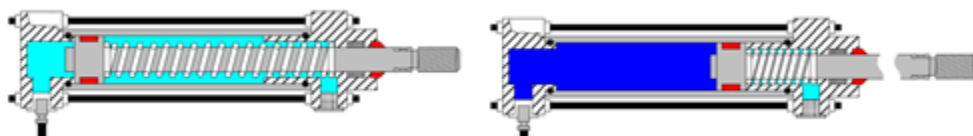
p= Presión manométrica

A= Área del émbolo o pistón (Martin, 2011)

**2.2.2.1** *Cilindro de simple efecto.* Un cilindro de simple efecto desarrolla un trabajo sólo en un sentido. El émbolo se hace retornar por medio de un resorte interno o por algún otro medio externo como cargas, movimientos mecánicos, etc.

Puede ser de tipo “normalmente dentro” o “normalmente fuera”. (ESCALERA, 2010).

Figura 2. Cilindro de simple efecto

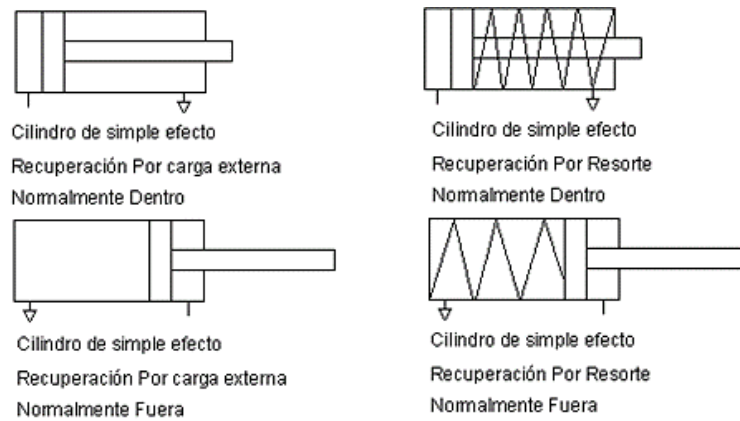


Fuente: ESCALERA, 2010

Tienen un consumo de aire algo más bajo que un cilindro de doble efecto de igual tamaño. Sin embargo, hay una reducción de impulso debida a la fuerza contraria del resorte, así que puede ser necesario un diámetro interno algo más grande para conseguir una misma fuerza.

También la adecuación del resorte tiene como consecuencia una longitud global más larga y una longitud de carrera limitada, debido a un espacio muerto.

Figura 3. Formas de cilindro de simple efecto



Fuente: JALCANIZ, 2006

La variedad constructiva es muy importante, pero todos ellos presentan la misma mecánica de trabajo, los cuales se utilizan para sujetar, expulsar, prensar, elevar, etc.

A continuación se muestran a algunos ejemplos de los mismos: (DIAZ, 2011)

Figura 4. Variedad constructiva de los cilindros de simple efecto



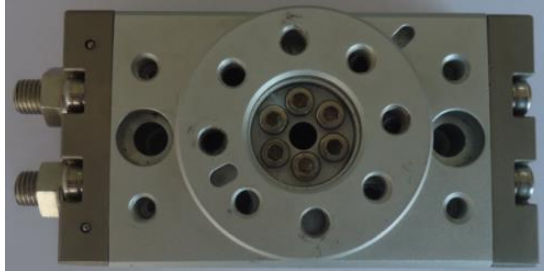
Fuente: ESCALERA, 2010

**2.2.3 Actuadores de giro.** El objetivo final del actuador rotatorio es generar un movimiento giratorio.

El movimiento debe estar limitado a un ángulo máximo de rotación. Normalmente se habla de actuadores de cuarto de vuelta, o 90°; fracción de vuelta para ángulos diferentes a 90°, por ejemplo 180°; y de actuadores multivuelta, para válvulas lineales que poseen un eje de tornillo o que requieren de múltiples vueltas para ser actuados.

La variable básica a tomar en cuenta en un actuador rotatorio es el torque o par; también llamado momento. Y es expresado en lb-in, lb-pie, N-m, etc. (JALCANIZ, 2006)

Figura 5. Actuador de giro



Fuente: Autores

**2.2.4** *Banda transportadora.* Es un sistema de transporte continuo formado básicamente por una banda continua que se mueve entre dos tambores. Existen bandas transportadoras para uso ligero y uso pesado. La banda es arrastrada por la fricción por uno de los tambores, que a su vez es accionado por un motor, esta fricción es la resultante de la aplicación de una tensión a la banda transportadora, habitualmente mediante un mecanismo tensor por husillo o tornillo tensor.

El otro tambor suele girar libre, sin ningún tipo de accionamiento, y su función es servir de retorno a la banda. La banda es soportada por rodillos entre los dos tambores.

**2.2.4.1** *Aplicación de la banda transportadora.* Los transportadores son utilizados como componentes en la distribución automatizada y almacenamiento. En combinación con manejo equipos computarizados para de tarimas permiten que se realice eficientemente el almacenamiento, manufactura y distribución de materiales en la industria.

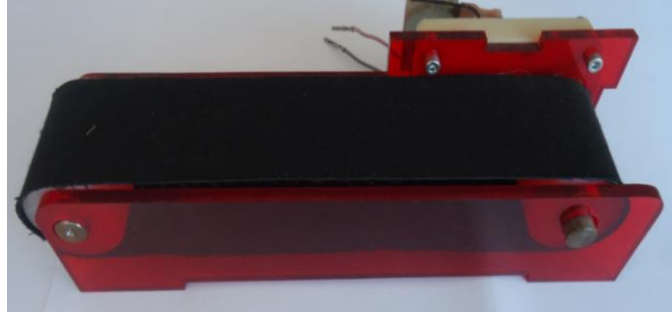
Es considerado además como un sistema que minimiza el trabajo que permite que grandes volúmenes sean movidos rápidamente a través de procesos, permitiendo a las empresas embarcar o recibir volúmenes más altos con espacios de almacenamiento menores con un menor gasto.

**2.2.4.2** *Ventajas de la banda transportadora.* Las ventajas que tiene la cinta transportadora son:

- Permiten el transporte de materiales a gran distancia y se puede desplazar
- Tienen una gran capacidad de transporte y se adaptan al terreno.
- Permiten transportar un gran variedad de materiales
- Es posible la carga y la descarga en cualquier punto del trazado

- No altera el producto transportado y aumenta la cantidad de producción
- Ausencia de articulaciones de rápido desgaste (WIKIPEDIA, 2014)

Figura 6. Banda transportadora



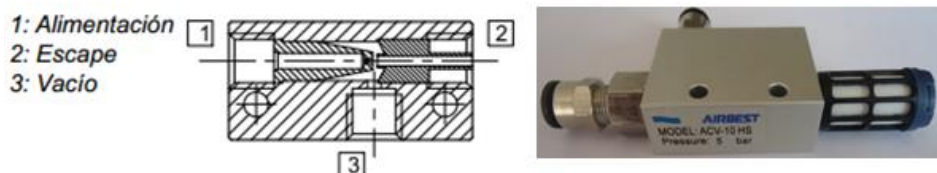
Fuente: Autores

**2.2.5** *Generadores de vacío.* El vacío corresponde al estado de un gas cuya densidad de moléculas es inferior a la del ambiente, y la presión inferior a la presión atmosférica. Entre los diferentes medios de crear una depresión, los generadores de vacío de efecto venturi presentan numerosas ventajas: técnicas simples y competitivas, sin desgaste reducidas dimensiones, compacto, gran ligereza permitiendo su montaje directamente sobre los sistemas utilizados en robótica.

Esta disposición reduce la longitud de las tuberías y mejora el tiempo de respuesta. El efecto venturi de estos aparatos permite obtener a partir de una fuente de aire comprimido de 2 a 6 bar, un vacío de alrededor de  $-920$  mbar.

La gama comprende 2 tipos de generadores de vacío de efecto venturi mono y bifásico. (MARQUEZ, 2004)

Figura 7. Generador de vacío

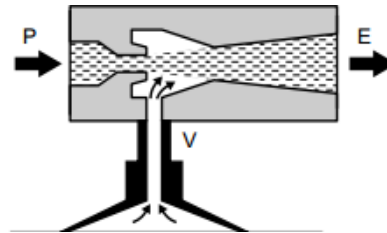


Fuente: MARQUEZ, 2014

**2.2.5.1** *Generador de vacío monofásico.* Atravesando la boquilla de eyección del venturi, la alimentación de aire comprimido (P), provoca una aspiración (V) y crea una depresión en el circuito de presión (- 920 mbar a partir de 5 bares).

El aire es evacuado a través de un silenciador de escape situado en (E).

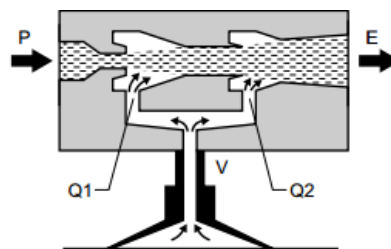
Figura 8. Generador de vacío monofásico



Fuente: MARQUEZ, 2014

**2.2.5.2** *Generador de vacío bifásico.* De principio parecido al modelo monofásico, este generador se compone de 2 dispositivos de puesta en depresión. Esta construcción permite caudales de aspiración más elevados ( $Q1 + Q2$ ). Con una característica fuerte caudal/baja depresión al comienzo de la aspiración, este generador permite reducir los tiempos de puesta en depresión. (MARQUEZ, 2004)

Figura 9. Generador de vacío bifásico



Fuente: MARQUEZ, 2014

**2.2.6** *Ventosas neumáticas.* La ventosa es el miembro de unión entre la pieza y la instalación de manipulación. Está compuesta por una ventosa (pieza elastómera) y una boquilla.

La ventosa se utiliza para agarrar y mover una pieza en una instalación, al hacerlo. La ventosa no se adhiere mediante aspiración a la pieza, sino que la presión atmosférica presiona la pieza. Para ello, la presión ambiental debe ser mayor que la presión

existente en la ventosa y la pieza. Esta diferencia de presión se consigue conectando la presión a un generador de vacío.

La fuerza de retención de la ventosa se calcula multiplicando la presión diferencial por la superficie de aspiración efectiva de la ventosa. La fuerza de retención  $F$  se puede calcular por lo tanto con la siguiente fórmula: (SCHMALZ, 2011)

$$F = \Delta P * A \quad (2)$$

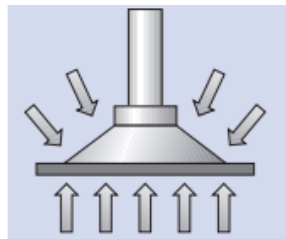
Dónde:

$F$ = Fuerza de retención

$\Delta P$ = Diferencia de presión atmosférica y presión del sistema

$A$ = Superficie de aspiración efectiva

Figura 10. Diagrama de esfuerzos de una ventosa neumática



Fuente: SCHMALZ, 2011

Así, la fuerza de retención es proporcional a la presión diferencial y a la superficie. La fuerza de retención es tanto mayor cuanto mayor sea la diferencia de presión entre la presión ambiental y la presión dentro de la ventosa, o cuanto mayor sea la superficie de aspiración efectiva.

De este modo, la fuerza de retención se puede variar cambiando los parámetros de presión diferencial y superficie. (SCHMALZ, 2011)

**2.2.6.1 Ventosas planas.** Las ventosas planas son especialmente adecuadas para la manipulación de piezas con superficies planas o levemente abombadas.

Gracias a su forma plana y a su reducido volumen interior, las ventosas planas se pueden evacuar muy rápidamente, es decir, las piezas se pueden aspirar en un tiempo mínimo y se pueden manipular con alta dinámica. (SCHMALZ, 2011)

Figura 11. Ventosas planas



Fuente: [http://www.smc.eu/smc/ProductsRepository/ZP2/catalogues/ZP2\\_cat\\_es.pdf](http://www.smc.eu/smc/ProductsRepository/ZP2/catalogues/ZP2_cat_es.pdf)

Las principales ventajas de las ventosas planas son:

- Su forma de poca altura y su reducido volumen interior permiten tiempos de aspiración mínimos
- La buena estabilidad propia de la ventosa absorbe en estado aspirado elevadas fuerzas transversales y garantiza una elevada exactitud de posicionamiento. (SCHMALZ, 2011)

**2.2.7 Racores.** Los conectores, son una forma limpia y rápida para acoplar tuberías flexibles a cualquier componente neumático.

Estos conectores reducen el tiempo de ensamble entre un 70% y 80% del que se utiliza para la inserción de conectores con tuercas de compresión. Continuando con este recuento de los componentes neumáticos para la industria, no podemos dejar de lado de un producto que es fundamental para el buen funcionamiento de los elementos neumáticos. (FELIX, 2010).

Figura 12. Racores



Fuente: Autores

**2.2.8 Silenciadores.** Los silenciadores neumáticos pueden reducir efectivamente el ruido del equipo neumático. Los silenciadores están diseñados para brindar un equilibrio óptimo entre la reducción del ruido y la presión inversa aceptable en el sistema neumático.

El silenciador reduce el ruido del aire de escape independientemente de las frecuencias. (FESTO, 2012)

Figura 13. Silenciadores



Fuente: <http://spanish.alibaba.com/product-gs-img/neum-tico-ssl-08-el-silenciador-silenciador-464222160.html>

### **2.3 Electro neumática.**

Una máquina está conformada básicamente por dos partes bien definidas: la parte operativa también llamada de potencia, formada por el conjunto de elementos en donde se llevan a cabo las acciones propias del proceso de trabajo, y el mando también llamado parte de comando, en donde se generan las órdenes que gobiernan al conjunto de elementos de la parte operativa.

Entre ambas partes existe una fluida comunicación. El mando comunica órdenes a la parte operativa, ésta ejecuta las acciones correspondientes e informa al mando su evolución. En función de la información recibida, el mando elabora nuevas órdenes, las que serán ejecutadas en la parte operativa y su evolución nuevamente reportada al mando, esto se repite hasta completar un ciclo de trabajo. (MACHADO, 2009)

La eficacia de esta estructuración de un sistema en bloques de funciones se ha comprobado en las siguientes tareas

- Disposición de los elementos en el esquema de conexionado
- Especificación del tamaño nominal, la corriente nominal y la tensión nominal de los componentes eléctricos (bobinas, etc.)



- Estructura y puesta en marcha del mando.
- Identificación de los componentes al efectuar trabajos de mantenimiento.

**2.3.1** *Electroválvulas.* El mando eléctrico de una válvula se utiliza para controlar automáticamente el paso y dirección del fluido que circula por la electroválvula. En el momento de comandar la válvula se pone en marcha el mecanismo de apertura o cierre ejecutado por un electroimán.

Cuando se energiza el circuito eléctrico, la bobina de la válvula forma un campo magnético que atrae el núcleo hasta llegar a la superficie polar del electroimán. Cuando se interrumpe el circuito eléctrico, la bobina se desenergiza y desaparece el campo magnético. La válvula retorna a su posición inicial si consta de un resorte o muelle.

Dependiendo de la función específica se diferencian distintos tipos de válvulas, como lo son: direccionales, de bloqueo, de caudal y de presión.

**2.3.1.1** *Características principales.* Dos de las características primordiales que permiten una correcta clasificación son el número de vías y el número de posiciones de la válvula.

*Vías:* Es el número de bocas de conexión que posee el elemento de distribución. Existen de 2, 3, 4, 5 o más vías y no es posible tener una válvula de menos de 2 vías.

*Posiciones:* Es el número de posiciones estables del elemento de distribución. Las válvulas de 2 y 3 posiciones son las más comunes. Las válvulas de distribución se designan teniendo en cuenta el número de vías y posiciones. (ZABALA, 2014)

Figura 14. Electroválvula 5x2

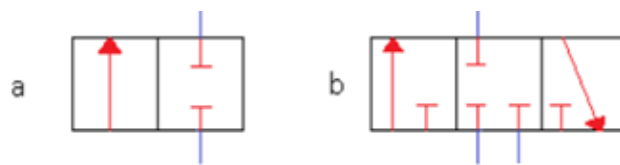


Fuente: Autores

**2.3.1.2 Configuración del símbolo.** Cómo funciona la válvula y la forma de accionarla. Compuesta por un bloque central, en el que se identifica las posiciones estables del elemento y la conexión de las vías de cada posición, y 2 bloques extremos que representan los modos de conmutación.

Cada posición de la válvula se representa por un cuadrado. Por ejemplo, en la Figura 1 a, dos cuadrados pegados el uno al otro representan una válvula de 2 posiciones. En la Figura 1 b tres cuadrados representan una válvula de 3 posiciones.

Figura 15. Representación para válvulas de a) dos y b) tres posiciones



Fuente: (ZABALA, 2014)

### 2.3.1.3 Tipos de electroválvulas

*Electroválvula de 3/2 vías monoestable, normalmente cerrada.* Esta válvula de asiento, normalmente cerrada (NC) es actuada directamente por un solenoide y devuelta a su posición de reposo por un muelle.

Cuando una corriente eléctrica (señal) se aplica a la bobina, se genera una fuerza electromotriz (FEM) que levanta la leva del asiento de la válvula cerrando el escape.

El aire comprimido fluye desde 1 hacia 2 ya que 3 se halla cerrado por la parte superior de la leva. La leva está forzada contra el asiento de escape. En estado de reposo, tiene la posibilidad de accionamiento manual.



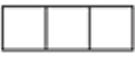













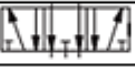

*Electroválvula de 3/2 vías monoestable, normalmente abierta.* Esta válvula es idéntica a la normalmente cerrada excepto que se ha conectado de forma diferente para que esté abierta en reposo. En esta disposición, la alimentación 1 está conectada al cabezal.

Al aplicar una señal eléctrica se levanta la leva, cerrando el asiento superior y con ello la alimentación. Al mismo tiempo, el asiento inferior libera el aire de la salida 2 hacia el escape 3.

*Electroválvula de 5/2 vías, pilotada.* La válvula de 5/2 vías realiza una función parecida a la de 4/2 vías. La diferencia es que tiene dos escapes independientes, mientras que la 4/2 tiene un único escape.

*Electroválvula de 5/2 vías, biestable.* Las válvulas mencionadas anteriormente utilizan un muelle para devolver la válvula a su estado inicial. Con válvulas de doble solenoide, el muelle se sustituye por otro solenoide. (ZABALA, 2014)

Figura 16. Simbología de las válvulas

	Válvula con 2 posiciones de trabajo		Mando manual genérico
	Válvula con 3 posiciones de trabajo		Mando manual a botón
	Válvula de 2 vías y 2 posiciones (2/2)		Mando manual a palanca
	Válvula de 3 vías y 2 posiciones (3/2)		Mando a pedal
	Válvula de 4 vías y 2 posiciones (4/2)		Mando mecánico pulsador
	Válvula de 5 vías y 2 posiciones (5/2)		Mando mecánico a rodillo operando en 2 sentidos
	Válvula de 5 vías y 2 posiciones (5/2) con sentido indistinto de circulación del fluido		Mando mecánico a rodillo unidireccional, operando en 1 sólo sentido
	Válvula de 5 vías y 3 posiciones (5/3) con centro cerrado		Mando a varilla elástica
	Válvula de 5 vías y 3 posiciones (5/3) con centro abierto		
	Válvula de 5 vías y 3 posiciones (5/3) con centro a presión		

Fuente: <http://www.microautomacion.com/catálogo/02Valvulas.pdf>

**2.3.2 Pulsador.** Es un contacto que tienen una sola posición estable y hacen parte vital de la estación de mando. Esta posición estable permitirá el paso de corriente y en este caso será un pulsador normalmente cerrado o pulsador de apertura (o pulsador de paro), o bien no lo permitirá y será un pulsador normalmente abierto o pulsador de cierre (o pulsador de marcha).

Cuando el pulsador normalmente cerrado es activado manualmente (se pulsa), el contacto se abre, y abre también el circuito durante el tiempo en que se mantiene pulsado. (CABALLANO, 2012)

Figura 17. Pulsador



Fuente: <http://www.Maniobrayproteccióndesistemaseléctricos.com>.

### 2.3.3 Tipos de pulsadores.

- Basculante.
- Pulsador timbre.
- Con señalizador.
- Circular.
- Extraplano. (CABALLANO, 2012)

**2.3.4 Contactor.** Es un mecanismo cuya misión es la de cerrar unos contactos, para permitir el paso de la corriente a través de ellos. Esto ocurre cuando la bobina del contactor recibe corriente eléctrica, comportándose como el electroimán y atrayendo dichos contactos, por lo a continuación se detalla la clasificación de los contactores.

- Contactores electromagnéticos. Su accionamiento a través de un electroimán.
- Contactores electromecánicos. Se accionan con ayuda de medios mecánicos.
- Contactores neumáticos. Se accionan mediante la presión de un gas.
- Contactores hidráulicos. Se accionan por la presión de un líquido.

### 2.3.5 Partes de un contactor

**Contactos principales.** Son los destinados a abrir y cerrar el circuito de potencia.

**Contactos auxiliares.** Son los encargados de abrir y cerrar el circuito de mando.

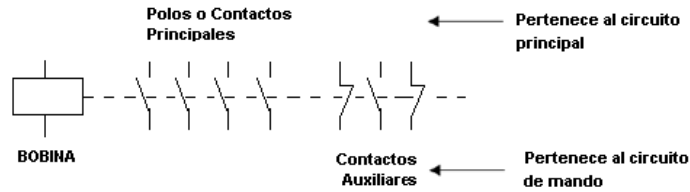
**Bobina.** Elemento que produce una fuerza de atracción (FA) al ser atravesado por una corriente eléctrica. Su tensión de alimentación puede ser de 12, 24 y 220 V de corriente alterna, siendo la de 220 V la más usual.

**Armadura.** Parte móvil del contactor este desplaza los contactos principales y auxiliares por la acción (FA) de la bobina.

**Núcleo.** Parte fija por la que se cierra el flujo magnético producido por la bobina.

*Resorte.* Es un muelle encargado de devolver los contactos a su posición de reposo una vez cesa la fuerza FA. (VILCHES, 2011)

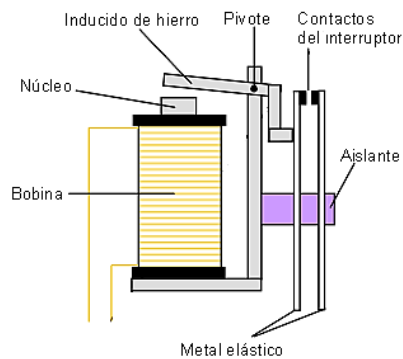
Figura 18. Contactor trifásico



Fuente: <http://www.Maniobrayproteccióndesistemaselectricos.com>.

**2.3.6** *Relé.* Es un dispositivo electromecánico, que funciona como un interruptor controlado por un circuito eléctrico en el que, por medio de un electroimán, se acciona un juego de uno o varios contactos que permiten abrir o cerrar otros circuitos eléctricos independientes. (VELASQUEZ, 2007)

Figura 19. Relé electromagnético



Fuente: <http://platea.pntic.mec.es/~pcastela/tecno/documentos/apuntes/rele.pdf>

### 2.3.6.1 Tipos de relés

*Relés electromecánicos.* Relés de tipo armadura pese a ser los más antiguos siguen siendo los más utilizados en multitud de aplicaciones. Un electroimán provoca la basculación de una armadura al ser excitado, cerrando o abriendo los contactos dependiendo de si es NA (normalmente abierto) o NC (normalmente cerrado).

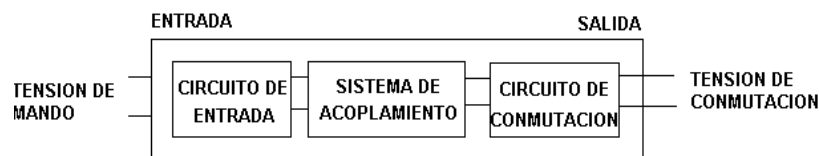
*Relés polarizados o biestables.* Se componen de una pequeña armadura, solidaria a un imán permanente. El extremo inferior gira dentro de los polos de un electroimán,

mientras que el otro lleva una cabeza de contacto. Al excitar el electroimán, se mueve la armadura y provoca el cierre de los contactos. Si se polariza al revés, el giro será en sentido contrario, abriendo los contactos o cerrando otro circuito. (AGUILAR, 2012)

**2.3.6.2 Estructura del relé.** En general, podemos distinguir en el esquema general de un relé los siguientes bloques:

- Circuito de entrada, control o excitación.
- Circuito de acoplamiento.
- Circuito de salida, carga o maniobra. (AGUILAR, 2012)

Figura 20. Estructura del relé



Fuente: [http://www.ugr.es/~amroldan/enlaces/dispo\\_potencia/reles.htm](http://www.ugr.es/~amroldan/enlaces/dispo_potencia/reles.htm)

**2.3.7 Sensores.** Son dispositivos que funcionan como captadores de información de un proceso por lo que también se denominan captadores o detectores. En general, transforman una magnitud física en una señal eléctrica de baja potencia o en una señal óptica. (SALAZAR, 2010)

**2.3.7.1 Características de los sensores**




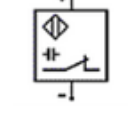

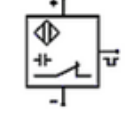


- La naturaleza de la señal que el sensor – transductor genera: voltaje, rango de amplitud, respuesta en frecuencia, precisión necesaria, determinan el tipo de acondicionamiento de señal, convertidor A/D.
- La influencia de las señales de ruido así como los efectos de carga del hardware de adquisición de datos sobre el sensor.
- La calibración del sensor con respecto a la variable física. Si la respuesta del sensor a los cambios de la variable física es lineal o no.
- La interdependencia entre los distintos componentes del sistema de adquisición de datos.
- La precisión del sensor, esto es la capacidad de medir el mismo valor repetidas veces en idénticas condiciones.

- El tiempo de respuesta del sensor, es decir, el tiempo requerido para responder a un cambio brusco de la variable que está siendo censada.
- La histéresis de un sensor, la cual se define como la dependencia de la salida del sensor de la respuesta anterior. Esta es muy común en sistemas magnéticos y mecánicos. (UNED, 2005)

**2.3.7.2 Tipos de sensores.** Existen varias formas de clasificar los sensores pero vamos a resumir esta clasificación por la necesidad de nuestro proyecto los más conocidos son:

- Capacitivos
- Inductivo
- Ultrasónico

Figura 21. Simbología de los tipos de sensores

	Sensor sensible al tacto		Sensor capacitivo sensible por proximidad de solidos
	Sensor de proximidad capacitivo, salida normalmente abierto		Sensor de proximidad capacitivo, salida normalmente cerrada
	Sensor de proximidad capacitivo de 3 hilos normalmente abierto		Sensor de proximidad capacitivo de 3 hilos normalmente abierto
	Sensor de proximidad capacitivo de 4 hilos con 2 salidas una abierta y otra cerrada		Sensor con fibra óptica

Fuente: <http://materias.fi.uba.ar/7206/Detectores.PDF>

**2.3.7.3 Sensores Inductivos.** Modificación de un campo magnético por presencia de objetos metálicos. Consiste en una bobina situada junto a un imán permanente.

En condiciones estáticas no hay ningún movimiento en las líneas de flujo y no se induce ninguna corriente en la bobina. Cuando un objeto metálico penetra en el campo del imán o lo abandona, el cambio resultante en las líneas de flujo induce un impulso de corriente, cuya amplitud es proporcional a la velocidad del cambio del flujo. La forma de onda de

la tensión a la salida de la bobina proporciona un medio para detectar la proximidad de un objeto. (UNED, 2005)

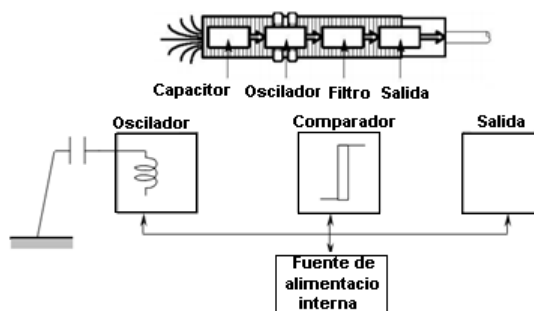
Figura 22. Sensores inductivos



Fuente: <http://materias.fi.uba.ar/7206/Detectores.PDF>

**2.3.7.4** *Sensores capacitivos.* Modificación de la capacidad de un condensador por presencia de objetos sólidos. El elemento sensor es un condensador constituido por un electrodo sensible y un electrodo de referencia separados por un dieléctrico, una cavidad de aire seco para aislar y un conjunto de circuitos electrónicos. El elemento capacitivo es parte de un circuito que es excitado de manera continua por una forma de onda sinusoidal de referencia. Un cambio en la capacidad, produce un desplazamiento de fase entre la señal de referencia y una señal obtenida a partir del elemento capacitivo. (UNED, 2005)

Figura 23. Sensores capacitivos



Fuente: <http://materias.fi.uba.ar/7206/Detectores.PDF>

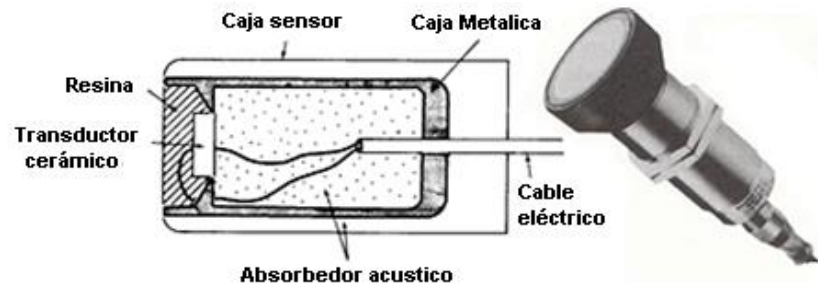
**2.3.7.5** *Sensores de ultrasonidos.* Modificación de la distancia de objetos mediante la detección de ecos de ultrasonidos.

Las ondas ultrasónicas tienen la capacidad de que cuando viajan por un medio cualquiera son reflejadas si encuentran en su camino una discontinuidad o algún elemento extraño. La reflexión de la onda es debida a la diferencia de impedancias acústicas entre el medio y el objeto. El tiempo de espera entre el envío de la onda



ultrasonica hasta su recepción se denomina tiempo de eco, y es utilizado para determinar la distancia al objeto. (UNED, 2005)

Figura 24. Sensores de ultrasonidos



Fuente: <http://www.isa.cie.uva.es/~maria/sensores.pdf>

## 2.4 Control del módulo

El control del módulo está basado en el control automático de procesos que es una de las disciplinas que se ha desarrollado a una velocidad vertiginosa. El uso intensivo de las técnicas de control automático de procesos tiene como origen la evolución y tecnificación de las tecnologías de medición y control aplicadas al ambiente industrial. (ABARCA, 2008)

**2.4.1** *Importancia del control.* El sistema de control nos permitirá una operación del proceso más fiable y sencilla, al encargarse de obtener unas condiciones de operación estables, y corregir toda desviación que se pudiera producir en ellas respecto a los valores de ajuste.

Las principales características que se deben buscar en un sistema de control serán:

- Mantener el sistema estable, independiente de perturbaciones y desajustes.
- Conseguir las condiciones de operación objetivo de forma rápida y continua.
- Trabajar correctamente bajo un amplio abanico de condiciones operativas.
- Manejar la restricciones de equipo y proceso de forma precisa.
- Establece medidas para corregir las actividades, de tal forma que se alcancen los planes exitosamente.
- Reduce costos y ahorra tiempo al evitar errores. (MAIVANSA, 2006)

## 2.4.2 Tipos de controles

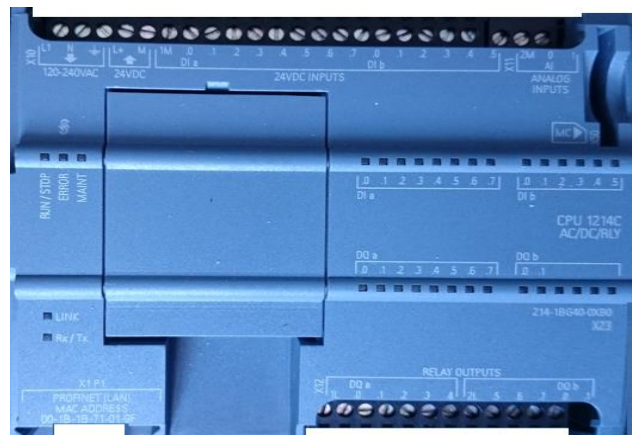
*Control preliminar.* Este control tiene lugar antes de principiar operaciones e incluye la creación de políticas, procedimientos y reglas diseñadas para asegurar que las actividades planeadas serán ejecutadas con propiedad. La consistencia en el uso de las políticas y procedimientos es promovida por los esfuerzos del control.

*Control concurrente.* Este control tiene lugar durante la fase de la acción de ejecutar los planes e incluye la dirección, vigilancia y sincronización de las actividades, según ocurran.

*Control de retroalimentación.* Este tipo de control se enfoca sobre el uso de la información de los resultados anteriores, para corregir posibles desviaciones futuras del estándar aceptable. (MAIVANSA, 2006)

**2.4.3 Controlador Lógico Programable PLC.** También se le puede definir como una «caja negra» en la que existen unos terminales de entrada a los que se conectarán pulsadores, finales de carrera, fotocélulas, detectores.

Figura 25. Controlador lógico programable



Fuente: Autores

Unos terminales de salida a los que se conectarán bobinas de contactores, electroválvulas, lámparas, de tal forma que la actuación de estos últimos está en función de las señales de entrada que estén activadas en cada momento, según el programa almacenado. Esto quiere decir que los elementos tradicionales como relés auxiliares, relés de enclavamiento, temporizadores, y contadores son internos.

La tarea del usuario se reduce a realizar el programa, que no es más que la relación entre las señales de entrada que se tienen que cumplir para activar cada salida. (MOLINARI, 2009)

**2.4.4** *Campo de aplicación.* El PLC por sus especiales características de diseño tiene un campo de aplicación muy extenso. La constante evolución del hardware y software amplía continuamente este campo para poder satisfacer las necesidades que se detectan en el espectro de sus posibilidades reales.

Su utilización se da fundamentalmente en aquellas instalaciones en donde es necesario realizar procesos de maniobra, control, señalización, etc., por tanto, su aplicación abarca desde procesos de fabricación industrial de cualquier tipo al de transformaciones industriales, control de instalaciones, etc.

Sus reducidas dimensiones, la extremada facilidad de su montaje, la posibilidad de almacenar los programas para su posterior y rápida utilización, la modificación o alteración de los mismos, etc. (MOLINARI, 2009)

**2.4.5** *Ventajas e inconvenientes.*

Ventajas

- Menor tiempo empleado en la elaboración de proyectos, debido a que no es necesario dibujar previamente el esquema de contactos, es preciso simplificar las ecuaciones lógicas, ya que por lo general la capacidad de almacenamiento del módulo de memoria es lo suficientemente grande.
- La lista de materiales queda sensiblemente reducida, y al elaborar el 33 contar con diferentes proveedores, distintos plazos de entrega.
- Posibilidad de hacer modificaciones sin cambiar el cableado ni añadir aparatos.
- Mínimo espacio del tablero donde se instala el PLC
- Menor costo de mano de obra de la instalación.
- Posibilidad de gobernar varias máquinas con un mismo PLC.
- Menor tiempo para la puesta en funcionamiento del proceso al quedar reducido el tiempo de cableado.
- Si por alguna razón la máquina queda fuera de servicio, el autómatas sigue siendo útil para otra máquina o sistema de producción.

### *Inconvenientes*

- Hace falta un programador, lo que obliga a adiestrar a uno de los técnicos.
- El costo inicial. (MOLINARI, 2009)

### **2.4.6**      *Aplicaciones de los PLC*

#### Máquinas

- En procesos de grava, arena y cemento.
- Máquinas- herramientas complejas.
- De ensamblaje y transferencia

#### *Instalaciones.*

- De aire acondicionado, calefacción, de frío industrial etc
- De seguridad.
- De almacenamiento y embotellamiento
- De tratamientos térmicos.

#### *Señalización y control.*

- Chequeo de programas.
- Señalización del estado de proceso. (MOLINARI, 2009)

### **2.4.7**      *Estructura del PLC.*

*Fuente de alimentación.* Es la encargada de convertir la tensión de la red, 220 V AC, a baja tensión normalmente 24 V DC. Siendo esta la tensión de trabajo en los circuitos electrónicos que forma el PLC.

*Unidad Central de Procesos CPU.* Es el auténtico cerebro del sistema se encarga de recibir las órdenes, del operario por medio de la unidad de programación y el módulo de entradas.

Posteriormente las procesa para enviar respuestas al módulo de salidas que resuelve la lógica del programa usuario basado en los valores corrientes de las entradas

almacenados en la memoria RAM, para actualizar los valores de las salidas en la memoria RAM, cuyas tareas principales son:

- Ejecutar el programa realizado por el usuario.
- Administración de la comunicación entre el dispositivo de programación y la memoria, y entre el microprocesador y los bornes de entrada/ salida.
- Ejecutar los programas de autodiagnósticos.

*Memoria.* Una sección de memoria que almacena la lógica (programa) del usuario en RAM, con un sistema CMOS RAM respaldado por batería, además del sistema ejecutivo en EPROM no volátil.

RAM: (Random Acces Memory), memoria de acceso aleatorio o memoria de lectura escritura. En este tipo de memorias se pueden realizar los procesos de lectura y escritura por procedimientos eléctricos, pero su información desaparece al faltarle la corriente.

ROM: (Read Only Memory), memoria de solo lectura. En estas memorias se puede leer su contenido, pero no se puede escribir en ellas; los datos e instrucciones los graba el fabricante y el usuario no puede alterar su contenido. Aquí la información se mantiene ante la falta de corriente.

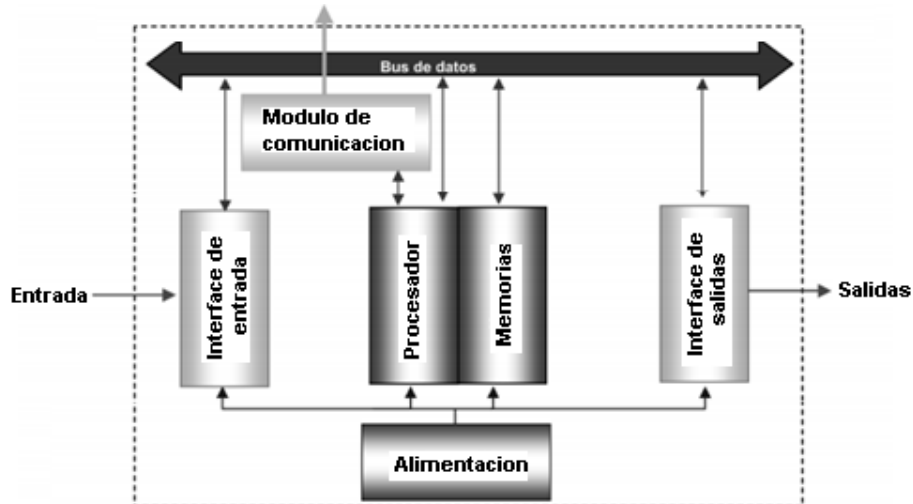
EEPROM: (Electrically Erasable Programmable Read Only Memory), memoria de solo lectura que puede ser programable, borrable y reprogramable eléctricamente, a diferencia de la EPROM que ha de borrarse mediante un aparato que emite rayos ultravioletas. Son memorias no volátiles, es decir, en esta memoria la información se mantiene ante la falta de corriente o fuente de alimentación, también es conocida como memoria de programa.

*Procesador de entradas/salidas.* Dirige el flujo de las señales de entrada desde los módulos de entrada a la memoria RAM y provee el camino para las señales de salida provenientes de la solución del programa por el CPU y las envía a los módulos de salida.

*Procesador de comunicaciones.* Provisto de uno o más puertos de interface estas interfaces permiten al controlador la comunicación con los dispositivos de

programación, computadoras de monitoreo, herramientas de mano para el diagnóstico y otros dispositivos maestros así como con otros PLC's. (GARCIA, 2008)

Figura 26. Estructura de un PLC



Fuente:

<http://www.microautomacion.com/capacitacion/Manual061ControladorLgicoProgramablePLC.pdf>

#### 2.4.8 Principio de funcionamiento del PLC

El diseñador desarrolla un programa de interés específico, en el cual, debe analizar la naturaleza de las entradas que tendrá el PLC y que es lo que desee hacer con ellas, en forma de salidas del PLC. Este programa se guardará en la memoria del programa y se transmitirá al CPU.

El PLC entonces estará listo para recibir información externa a través de las entradas, la cual se guardará en los archivos de imágenes y procederá al CPU.

Esta información, al igual que el de las salidas, es digital, es decir, 1 y 0, donde 1 es cuando existen una señal eléctrica en la entrada y 0 cuando no existe una señal eléctrica en la entrada.

Una vez obtenido y guardado la información desde las entradas del PLC, esta será procesada por el CPU con instrucciones regidas por el programa hecho previamente, para enviar respuestas lógicas en forma de señales eléctricas en las salidas.

Estas señales en las salidas podrán ser usadas para controlar diferentes dispositivos a disposición del interés del diseñador. (LIRA, 2011)

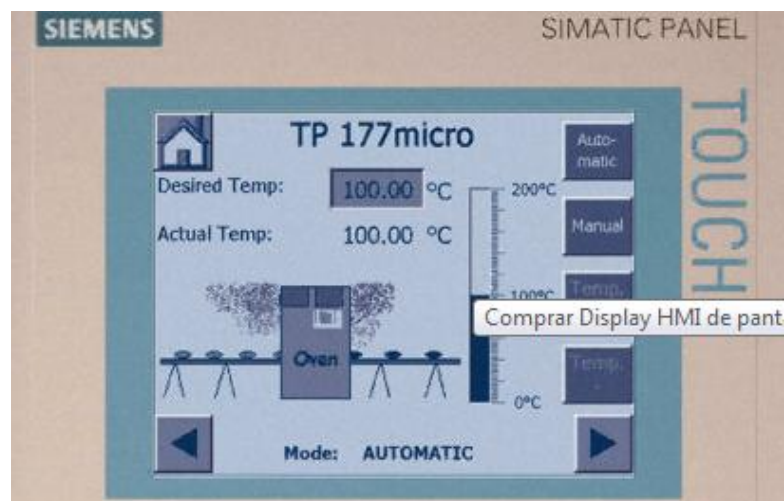
## 2.5 Pantalla táctil HMI

Los paneles SIMATIC HMI llevan muchos años dando buenos resultados en las más diversas aplicaciones en todos los sectores. No solo destacan por su innovador diseño y su elevado rendimiento.

Funcionalidad homogénea en todos los tamaños de pantalla

- Como el software es escalable, puede comenzarse por una solución pequeña e ir ampliando paulatinamente y con toda facilidad
- Las innovadoras interfaces de usuario gráficas permiten un manejo y una visualización intuitivos con opciones totalmente innovadoras.

Figura 27. Pantalla táctil



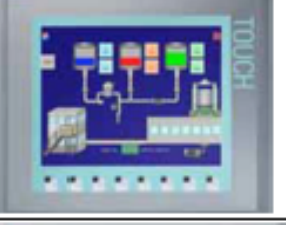


Fuente: <http://es.rs-online.com/web/p/displays-hmi-de-pantalla-tactil/4886145/>

Se obtiene una elevada eficiencia de ingeniería al utilizar otros componentes de la gama de la Totally Integrated Automation, por como los controladores SIMATIC. Gracias a la perfecta interacción con STEP 7, ya no es necesario introducir varias veces los mismos datos y se garantiza una máxima coherencia. (SIEMENS, 2014)

**2.5.1** *Tipos de paneles HMI Basic.* Los Basic Panels Simatic HMI ofrecen una gran variedad de tipos de pantallas que a continuación en la figura.29 lo mostramos.

Figura 28. Tipos de paneles HMI Basic

Panel HMI Basic	Descripción	Datos técnicos
	<ul style="list-style-type: none"> <li>● KTP 400 Basic PN</li> <li>● Mono (Escala de grises)</li> <li>● Pantalla táctil de 4 pulgadas con 4</li> <li>● teclas táctiles</li> <li>● Vertical u horizontal</li> <li>● Tamaño: 3.8"</li> <li>● Resolución: 320 x 240</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>● 32 KB memoria de recetas</li> <li>● 5 recetas, 20 registros,</li> <li>● 20 entradas</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>● KTP 600 Basic PN</li> <li>● Color (TFT, 256 colores) o monocromo (STN, escala de grises)</li> <li>● Con 6 teclas táctiles</li> <li>● Vertical u horizontal</li> <li>● Tamaño: 5.7"</li> <li>● Resolución: 320 x 240</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>● 32 KB memoria de recetas</li> <li>● 5 recetas, 20 registros,</li> <li>● 20 entradas</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>● KTP1000 Basic PN</li> <li>● Color (TFT, 256 colores)</li> <li>● Pantalla táctil de 10 pulgadas</li> <li>● con 8 teclas táctiles</li> <li>● Tamaño: 10.4"</li> <li>● Resolución: 640 x 480</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 256 variables</li> <li>● 50 pantallas de proces,</li> <li>● 200 alarmas</li> <li>● 25 curvas</li> <li>● 32 KB memoria de Recetas</li> <li>● 5 recetas, 20 registros,</li> <li>● 20 entradas</li> </ul>

Fuente: SIMATIC HMI Basic Panels Instrucciones de servicio. Pdf

**2.5.2** *Características de la pantalla táctil HMI.*

- Parte integral de Totally Integrated Automation (TIA): Incremento de la productividad, minimización de la ingeniería, reducción de los costes de vida
- Ideal para espacios reducidos, (equipos de 4" y de 6")
- Breves tiempos de configuración y puesta en marcha
- Facilidad de servicio técnico gracias al diseño libre de mantenimiento y a la gran durabilidad de la retroiluminación
- Presentación de valores de proceso sencilla y confortable para el usuario gracias al uso de, por ejemplo, cuadros de entrada y salida, gráficos vectoriales, curvas, barras, textos y mapas de bits
- Librería gráfica con objetos pre programados
- Aplicación universal
- Textos y gráficos dependientes del idioma. (SIEMENS, 2014)



**2.5.3** *Campos de aplicación y utilidad de las pantallas táctiles.* Las pantallas táctiles, por sus especiales características de diseño, tiene un campo de aplicación muy extenso.

La constante evolución del hardware y software amplía continuamente este campo, para poder satisfacer las necesidades que se detectan en el espectro de sus posibilidades reales los campos en los que se usan pueden ser:

#### *Industria*

- Industria del mueble, madera, y del plástico
- Procesos de grava, arena y cemento
- Máquinas- herramientas complejas,
- Procesos textiles y de confección, ensamblaje, transferencia.

#### *Instalaciones*

- Aire acondicionado, calefacción, Frío industrial, Tratamientos térmicos.
- Almacenamiento y trasvase de cereales,
- Plantas embotelladoras
- Cerámica.
- Plantas depuradoras de residuos,
- Seguridad.

#### *Señalización y control*

- Chequeo de programas, y señalización del estado de procesos. (MIHAJLOVIC, 2009).

**2.5.4** *Análisis de la pantalla táctil siemens SIMATIC KTP600 DP Basic.* Los SIMATIC Panel PC están pensados principalmente para funciones de manejo y visualización a pie de máquina y, al tratarse de PC industriales potentes, pueden realizar otras muchas tareas, como por ejemplo control, regulación, procesamiento de datos y control de movimiento.

Gracias a su construcción resistente, los SIMATIC Panel PC son ideales para procesos de producción en ambientes industriales rudos. El manejo por pantalla táctil o teclado de membrana cumple todos los requisitos.

Los frentes resistentes (IP65) están provistos de pantallas brillantes de diferentes tamaños. Las interfaces USB en el frente facilitan la puesta en servicio y el servicio técnico.

Los paneles PC de diferentes clases de potencia se pueden instalar en los mismos recortes de panel para poder reaccionar de forma flexible y en cada momento a cambios en los requisitos.

Figura 29. Pantalla táctil Siemens Simatic KTP600 DP Basic



Fuente: Autores

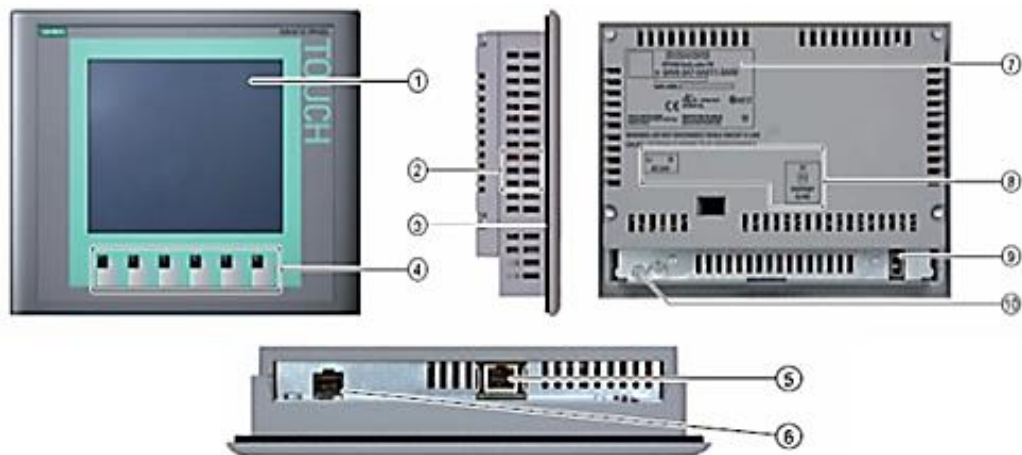
**2.5.5** *Componentes del Siemens Simatic KTP600 DP Basic.* Hoy en día, la mayoría de las máquinas ofrecen la visualización de forma estándar.

Especialmente en las máquinas de menor tamaño y en las aplicaciones sencillas el factor costo juega un papel decisivo.

Para las aplicaciones básicas se consideran totalmente suficientes los paneles de operador con funciones básicas.

Los componentes esenciales de una pantalla táctil Siemens KTP600 DP Basic se muestra a continuación:

Figura 30. Componentes de la pantalla táctil Siemens Simatic KTP600 DP Basic



Fuente: SIMATIC HMI Basic Panels Instrucciones de servicio. Pdf

Tabla 1. Partes de la pantalla táctil Siemens Simatic KTP600 DP Basic

1. Display/pantalla táctil	6. Conexión para la fuente de alimentación
2. Escotaduras para mordazas de fijación	7. Placa de características
3. Junta de montaje	8. Nombre del puerto
4. Teclas de función	9. Guía para la tiras rotulables
5. Interfaz PROFINET	10. Conexión para tierra funcional

Fuente: SIMATIC HMI Basic Panels Instrucciones de servicio. Pdf

## 2.6 Software TIA PORTAL V13

Para la ingeniería de un sistema de automatización se ha popularizado varias herramientas de configuración. TIA Portal es la clave para liberar todo el potencial de Totally Integrated Automation.

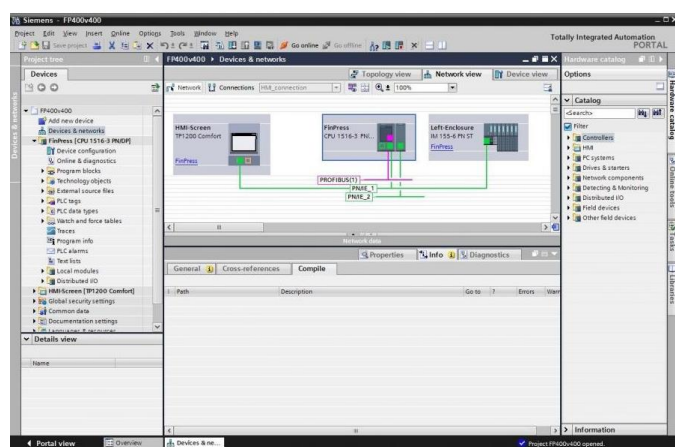
El software optimiza todos sus procedimientos de procesamiento, operación de máquinas y planificación. Con su intuitiva interfaz de usuario, la sencillez de sus funciones y la completa transparencia de datos es increíblemente fácil de utilizar. Los datos y proyectos preexistentes pueden integrarse sin ningún esfuerzo, lo cual asegura su inversión a largo plazo.

TIA Portal es el innovador sistema de ingeniería que permite configurar de forma intuitiva y eficiente todos los procesos de planificación y producción.

Convence por su funcionalidad probada y por ofrecer un entorno de ingeniería unificado para todas las tareas de control, visualización y accionamiento.

El TIA Portal incorpora las últimas versiones de Software de Ingeniería SIMATIC STEP 7, WinCC y Startdrive para la planificación, programación y diagnóstico de todos los controladores SIMATIC, pantallas de visualización y accionamientos SINAMICS de última generación. (SIEMENS, 2014)

Figura 31. Software TIA PORTAL V13



Fuente: <http://www.automationworld.com/plcs-pacs/oems-global-plans-aided-new-plc-and-automation-software>

**2.6.1** *Ventajas del software TIA PORTAL V13.* Su intuitiva interfaz de usuario, su eficiente navegación y su probada tecnología hacen del TIA Portal la solución más innovadora en numerosas áreas por lo cual a continuación mostraremos las ventajas que tiene dicho SOFTWARE.

- Gestión conjunta de los datos
- Manejo de los programas, datos de configuración y los datos de visualización.
- Fácil edición mediante Drag & Drop
- Comodidad de carga de los datos en los dispositivos.
- Manejo unitario.
- Configuración y diagnóstico asistidos por gráficos.

**2.6.2** *Características del software TIA PORTAL V 13.* En el mundo de los sistemas de automatización, la complejidad de las tareas de ingeniería puede ser muy variable.

Programar algoritmos avanzados es una tarea que suele requerir mucho tiempo, y repetirla una vez realizada debería ser fácil y rápido.

Un buen software de ingeniería debe garantizar la interoperabilidad. Los resultados deben ser reutilizables, a fin de ahorrar tiempo y asegurar la máxima flexibilidad en los proyectos, a continuación se muestra las características del SOFTWARE TIA PORTAL V13

- Innovadores componentes de automatización:  
Controlador: SIMATIC S7-1200  
Periferia descentralizada: SIMATIC ET 200SP  
Manejo y visualización: SIMATIC Comfort Panels  
Accionamientos: SINAMICS G120
- Perfecta integración de los accionamientos
- Más funcionalidad
- Diagnóstico automático del sistema
- Funcionalidad Safety integrada
- Alto rendimiento de comunicación PROFINET
- Integrated Security para la protección del know-how y contra accesos no autorizados
- Programación PLC: Configuración y programación de los controladores SIMATIC S7-1200, S7-300, S7-400, WinAC para el controlador basado en PC y el nuevo S7-1500.
- Configuración de dispositivos y red para todos los componentes de automatización
- Diagnóstico y en línea para todo el proyecto
- Movimiento y tecnología para las funciones de movimiento integradas
- Visualización SIMATIC WinCC Basic para los SIMATIC Basic Panels es una parte incluida en el volumen de suministro

**2.6.3** *Aplicaciones del software TIA PORTAL V 13.* SIMATIC le garantiza un entorno de ingeniería homogéneo.

Un software eficiente le proporciona una ayuda incalculable durante todo el ciclo de vida de la máquina o instalación, comenzando por la planificación y concepción, continuando con la configuración y programación y terminando con la puesta en marcha, el funcionamiento cotidiano y la modernización, las múltiples aplicaciones del software son la que mostramos a continuación:

- Ingeniería
- Comunicación
- Transporte
- Seguridad
- Industria. (SIEMENS, 2012)

## CAPÍTULO III

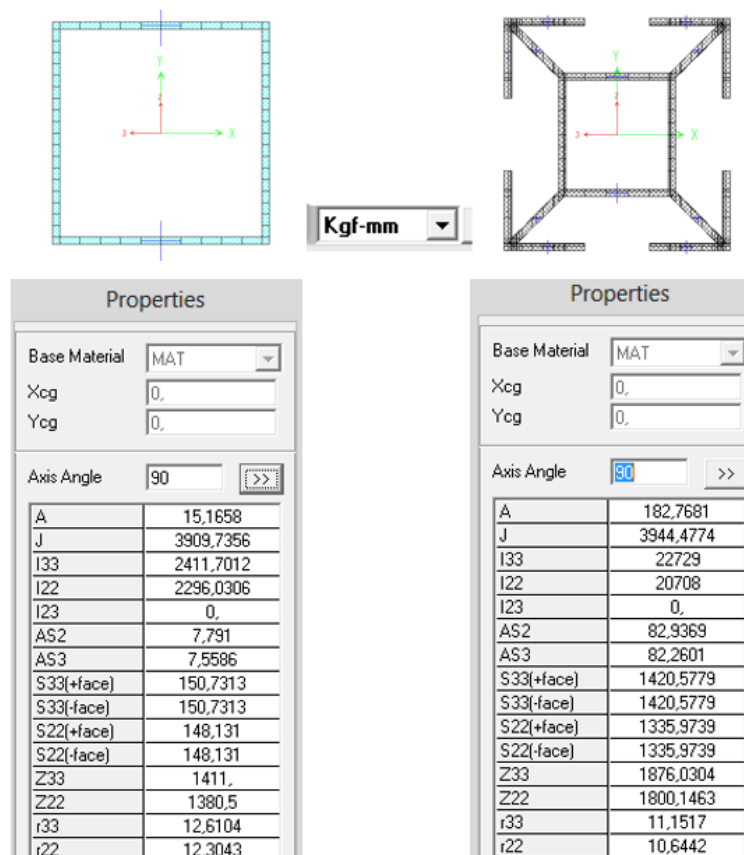
### 3. DISEÑO Y MONTAJE DEL MÓDULO

#### 3.1 Diseño del módulo

El módulo de ensamblaje se debe diseñar teniendo en cuenta los requisitos como las dimensiones estándares de los módulos, también hay que tener en cuenta el tipo de material en nuestro caso la estructura en la que va montado en sistema neumático es de un perfil de aluminio FISA serie 1477, mientras que la base para el PLC y la pantalla táctil se construye con plancha de acero

**3.1.1** *Diseño de la base.* Para el diseño de la base se tiene como datos preliminares las dimensiones de 70 cm de largo y 35 cm de ancho, dimensiones estándares de los módulos del laboratorio.

Figura 32. Comparación de propiedades de perfil cuadrado

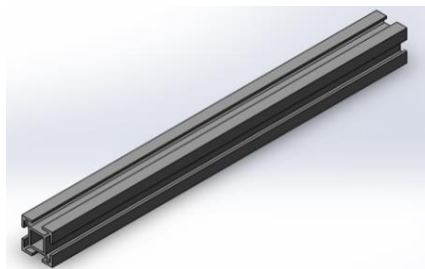


Fuente: Autores

Al comparar las propiedades de los perfiles tales como: área [mm<sup>2</sup>]; momento polar [kg/mm<sup>2</sup>]; momento de inercia [mm<sup>4</sup>]; área de corte [mm<sup>2</sup>]; módulo plástico [N/mm<sup>2</sup>] y radio de giro [mm], se selecciona el perfil de serie FISA, pues posee mejores propiedades mecánicas.

Otra razón por la que seleccionamos este tipo de perfil es por la ranuras que posee el mismo, por lo que se facilita el montaje de los instrumentos y equipos.

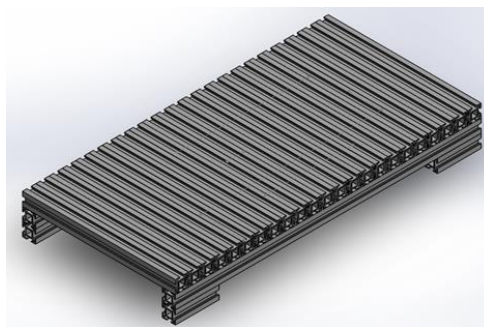
Figura 33. Tubo de sección cuadrada



Fuente: Autores

La base tiene la siguiente forma.

Figura 34. Forma de la base



Fuente: Autores

**3.1.2** *Diseño y selección del cilindro neumático.* Para la selección del cilindro neumático es necesario conocer la fuerza necesaria que el cilindro neumático tendrá que vencer, con el dato de la fuerza a vencer podremos calcular los demás parámetros del cilindro de simple efecto.

Para conocer la fuerza a vencer se debe realizar el siguiente proceso empezando con calcular el peso de las piezas, esto se lo realiza de forma experimental y analítica.



Datos obtenidos experimentalmente:

Tabla 2. Peso de las piezas a ensamblar

Tipo de pieza	Masa (gr)
Pieza 1 (nylon)	24,7
Pieza 2 (aluminio)	43,5
Conjunto	68,2

Fuente: Autores

Para calcular la masa de las piezas de forma analítica se debe tener los datos de la densidad y el volumen

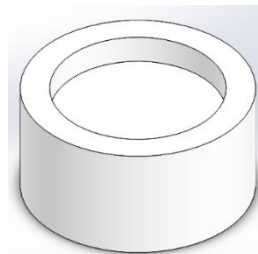
### DATOS

$$\rho_{Al} = 2.7 \text{ gr/cm}^3$$

$$\rho_{Nylon} = 1.14 \text{ gr/cm}^3$$

Para calcular el volumen de la pieza 1 (nylon)

Figura 35. Forma de la pieza 1, material nylon



Fuente: Autores

$$V_1 = \frac{\pi}{4} D^2 H \quad (3)$$

$$V_1 = \frac{\pi}{4} (4 \text{ cm})^2 (2.0 \text{ cm})$$

$$V_1 = 25,13 \text{ cm}^3$$

$$V_2 = \frac{\pi}{4} D^2 H$$

$$V_2 = \frac{\pi}{4} (3 \text{ cm})^2 (0,5 \text{ cm})$$

$$V_2 = 3,53 \text{ cm}^3$$

Al  $V_1$  se debe restar el volumen  $V_2$  para obtener el volumen total de la pieza 1 (nylon)

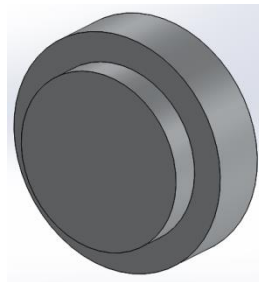
$$V_{Nylon} = V_1 - V_2 \quad (4)$$

$$V_{Nylon} = (25,13 - 3,53) \text{ cm}^3$$

$$V_{Nylon} = 21,6 \text{ cm}^3$$

Para calcular el volumen de la pieza 2 (aluminio)

Figura 36. Forma de la pieza 2, material aluminio



Fuente: Autores

$$V_3 = \frac{\pi}{4} D^2 H \quad (5)$$

$$V_3 = \frac{\pi}{4} (4 \text{ cm})^2 (1,0 \text{ cm})$$

$$V_3 = 12,56 \text{ cm}^3$$

Al  $V_2$  se debe sumar el volumen  $V_3$  para obtener el volumen total de la pieza 2 (aluminio)

$$V_{Aluminio} = V_2 + V_3 \quad (6)$$

$$V_{Aluminio} = (3,53 + 12,56) \text{ cm}^3$$

$$V_{Aluminio} = 16,09 \text{ cm}^3$$

Para calcular la masa de las piezas

$$\rho_{Al} = \frac{m}{v} \quad (7)$$

$$m_{Al} = \rho_{Al} * v$$

$$m_{Al} = \left( 2,7 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} \right) * (16,09 \text{ cm}^3)$$

$$m_{Al} = 43,44 \text{ gr}$$

$$m_{Nylon} = \rho_{Nylon} * v$$

$$m_{Nylon} = \left(1,14 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}\right) * (21,6 \text{ cm}^3)$$

$$m_{Nylon} = 24,62 \text{ gr}$$

La velocidad que los cilindros de simple efecto tienen es de 10 m/s

$$v = \frac{s}{t} \tag{8}$$

$$t = \frac{s}{v}$$

$$t = \frac{50 \text{ mm}}{10 \frac{\text{m}}{\text{s}}} * \frac{1 \text{ m}}{1000 \text{ mm}}$$

$$t = 0,005 \text{ s}$$

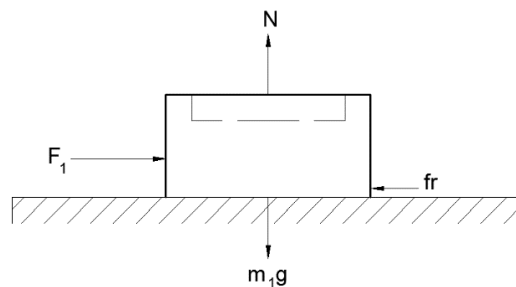
$$a = \frac{v}{t} \tag{9}$$

$$a = \frac{10 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{0,005 \text{ s}}$$

$$a = 2000 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Se calcula la fuerza F, necesaria para mover la pieza 1 (nylon)

Figura 37. Esquema de las fuerzas ejercidas sobre la pieza 1



Fuente: Autores

**Datos**

$$\mu_k = 0,11$$

$$\mu_s = 0,15$$

$$\Sigma F_y = 0 \tag{10}$$

$$N - mg = 0$$

$$N = (0,0246 \text{ kg})\left(9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right)$$

$$N = 0,241 \text{ N}$$

Fuerza necesaria para iniciar el movimiento de la pieza 1 (nylon), se utiliza el coeficiente de fricción estático.

$$f_r = \mu_s * N \quad (11)$$

$$f_r = 0,15 * 0,241 \text{ N}$$

$$f_r = 0,0362 \text{ N}$$

$$\Sigma F_x = m * a \quad (12)$$

$$F_1 - f_r = m * a$$

$$F_1 = m * a + f_r$$

$$F_1 = (0,0246 \text{ kg})\left(2000 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right) + 0,0362 \text{ N}$$

$$F_1 = 49,24 \text{ N}$$

Fuerza que produce el movimiento de la pieza 1 (nylon), se utiliza el coeficiente de fricción cinético.

$$f_r = \mu_k * N \quad (13)$$

$$f_r = 0,13 * 0,241 \text{ N}$$

$$f_r = 0,031 \text{ N}$$

$$\Sigma F_x = m * a \quad (14)$$

$$F_1 - f_r = m * a$$

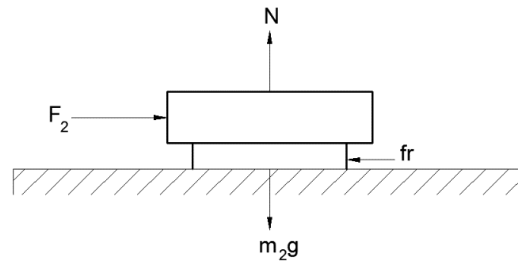
$$F_1 = m * a + f_r$$

$$F_1 = (0,0246 \text{ kg})\left(2000 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right) + 0,031 \text{ N}$$

$$F_1 = 49,23 \text{ N}$$

Se calcula la fuerza  $F_2$  necesaria para mover la pieza 2 (aluminio)

Figura 38. Esquema de las fuerzas ejercidas sobre la pieza 2



Fuente: Autores

**DATOS**

$$\mu_k = 0,165$$

$$\mu_s = 0,190$$

$$\Sigma F_y = 0 \quad (15)$$

$$N - mg = 0$$

$$N = (0,0434 \text{ kg})(9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2})$$

$$N = 0,425 \text{ N}$$

Fuerza necesaria para iniciar el movimiento de la pieza 2 (aluminio), se utiliza el coeficiente de fricción estático.

$$fr = \mu_s * N \quad (16)$$

$$fr = (0,190) * (0,425 \text{ N})$$

$$fr = 0,081 \text{ N}$$

$$\Sigma F_x = m * a \quad (17)$$

$$F_2 - fr = m * a$$

$$F_2 = m * a + fr \quad (18)$$

$$F_2 = (0,0434 \text{ kg}) \left( 2000 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right) + 0,081 \text{ N}$$

$$F_2 = 86,88 \text{ N}$$

Fuerza que produce el movimiento de la pieza 2 (aluminio), se utiliza el coeficiente de fricción cinético.

$$fr = \mu_k * N \quad (19)$$

$$fr = 0,165 * 0,425 N$$

$$fr = 0,07 N$$

$$\Sigma F_x = m * a \quad (20)$$

$$F_2 - fr = m * a$$

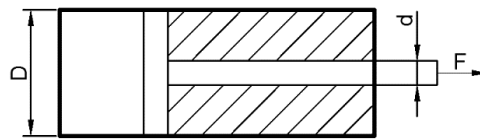
$$F_2 = m * a + fr$$

$$F_2 = (0,0434 kg) \left( 2000 \frac{m}{s^2} \right) + 0,07 N$$

$$F_2 = 86,87 N$$

Al comparar  $F_1$  con  $F_2$  seleccionamos la fuerza de mayor valor, entonces seleccionamos un cilindro de simple efecto para una Fuerza de  $F_2 = 86,87 N$

Figura 39. Gráfico del cilindro neumático



Fuente: Autores

Como se tiene como dato preliminar la fuerza y la presión

$$A = \frac{F}{P} \quad (21)$$

$$A = \frac{86,87 N}{5 bar} * \frac{1 bar}{100\,000 Pa} \frac{Pa m^2}{N}$$

$$A = 0,000\,174 m^2$$

Se utiliza una relación aproximada del diámetro del cilindro para el vástago  $d = \frac{1}{3}D$ .

(MORÁN, 2011)

$$A_{||} = \frac{\pi}{4} [D^2 - d^2] \quad (22)$$

$$A = \frac{\pi}{4} \left[ D^2 - \left( \frac{D^2}{9} \right) \right]$$

$$A = \frac{2\pi}{9} D^2$$

De donde si despejamos el diámetro obtenemos:

$$D^2 = \frac{9A}{2\pi} \quad (23)$$

$$D = \sqrt{\frac{(9)(0,000174 \text{ m}^2)}{2\pi}}$$

$$D = 0,0157 \text{ m}$$

$$D \approx 16 \text{ mm}$$

Con este valor de diámetro del cilindro seleccionamos un cilindro de simple efecto

Tabla 3. Catálogo cilindro de simple efecto

		CILINDRI ISO 6432 CYLINDERS ISO 6432			
				Semplice effetto - Single acting	
				Ø8	mm10-25-50
				Ø10	mm10-25-50
				Ø12	mm10-25-50
				Ø16	mm10-25-50
				Ø20	mm10-25-50
				Ø25	mm10-25-50

Fuente: (AIRWORK, 2013), pág. 1.5

Seleccionamos del catálogo un cilindro de simple efecto de 16 x 50 mm

**3.1.3** *Cálculo de la fuerza de pandeo para el cilindro de simple efecto.* El vástago de un cilindro puede sufrir pandeo cuando este se encuentra sometido a esfuerzos de compresión por lo cual debe tener un diámetro adecuado para poder evitarlo.

Este cálculo se lo realiza mediante la teoría de Euler, para lo cual la máxima fuerza que el vástago puede soportar sin pandearse es:

$$F = \frac{K}{c_s} \quad (24)$$

Dónde:

K= Carga de pandeo

C<sub>s</sub>= Factor de seguridad (3,5 a 5)

E= Módulo de elasticidad (2,1 x 10<sup>5</sup> N/mm<sup>2</sup>)

I= Momento de inercia

L<sub>p</sub>= Longitud libre al pandeo [mm]

$$I = \frac{\pi}{64} D^4 [mm^4] \quad (25)$$

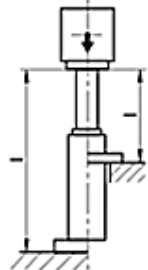
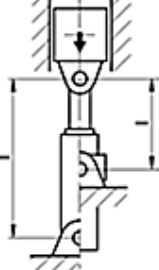
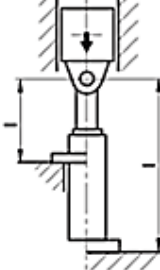
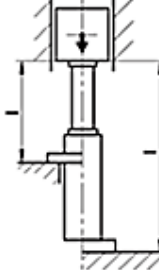
$$I = \frac{\pi}{64} (6 \text{ mm})^4$$

$$I = 63,62 \text{ mm}^4$$

Determinamos el valor de la longitud de pandeo

Figura 40. Longitud de pandeo en cilindros

**CALCULO DE LA LONGITUD DE PANDEO L<sub>p</sub>**

SOLICITACIONES SEGUN EULER STRESS IN ACCORDANCE WITH EULER				
SITUACION MONTAJE DEL CILINDRO CYLINDER SUPPORT LOCATION	CASO 1 CASE 1	CASO 2 CASE 2	CASO 3 CASE 3	CASO 4 CASE 4
				
EJEMPLO EXAMPLE	Un extremo libre, un extremo fijo. <i>One free end, one fixed end.</i>	Dos extremos articulados. <i>Two articulated ends.</i>	Un extremo articulado, un extremo fijo. <i>One articulated end, one fixed end.</i>	Dos extremos fijos. <i>Two fixed ends.</i>
MONTAJE MTG. STYLE	MF1, MF2, MF3, MF4, MS2	MP3, MP5, MT4	MF1, MF2, MF3, MF4, MS2	MF1, MF2, MF3, MF4, MS2
SOLUCION SOLUTION	$L_p = 2 \cdot l$	$L_p = l$	$L_p = 0,7 \cdot l$	$L_p = 0,5 \cdot l$
<small>l : longitud extendida del vástago. Rod extended length</small>				

Fuente:

[http://progecad.partcommunity.com/FileService/File/stern/cyl\\_iso\\_6020\\_1\\_sk/sk.pdf](http://progecad.partcommunity.com/FileService/File/stern/cyl_iso_6020_1_sk/sk.pdf)

El tipo de montaje de nuestro cilindro es el caso 1 por lo tanto tenemos:

$$L_p = 2 \times l \quad (26)$$

$$L_p = 2 \times (50 \text{ mm})$$



$$L_p = 100 \text{ mm}$$

$$K = \frac{\pi^2 \times E \times I}{L_p^2} \text{ [N]} \quad (27)$$

$$K = \frac{\pi^2 \times (2,1 \times 10^5) \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times (63,62 \text{ mm}^4)}{(100 \text{ mm})^2}$$

$$K = 13\,186 \text{ N}$$

Reemplazando los valores hallados

$$F = \frac{13\,186 \text{ N}}{4,5}$$

$$F = 2\,926,22 \text{ N}$$

El valor de la fuerza que el vástago puede soportar sin sufrir pandeo es de 2 926,22 N y al comparar con la fuerza que necesitamos vencer para lograr el movimiento de las piezas que es de  $F_2 = 86,87 \text{ N}$  por lo que estamos muy lejos del valor a pandearse.

**3.1.4 Selección de la ventosa.** Para la selección de la ventosa dependiendo del proceso de manipulación se debe tener en cuenta los siguientes factores: el peso de la pieza, la aceleración del proceso, el coeficiente de fricción (para el caso de desplazamiento vertical). Entonces en nuestro caso es necesario elevar las piezas de nylon y de aluminio a una altura de 70 mm y desplazarla a una distancia de 210 mm.

$$F_{th} = m \times \left( g + \frac{a}{\mu} \right) \times S \quad (28)$$

Dónde:

F<sub>th</sub>= Fuerza de retención teórica

m= masa (kg)

g= Aceleración terrestre

a= aceleración del proceso

μ = Coeficiente de fricción

S= Factor de seguridad

Para determinar el coeficiente de fricción según Schmaiz

Tabla 4: Coeficiente de fricción (Schmaiz)

Coeficiente de fricción	Superficie
0,1	superficies engrasadas
0,2 a 0,3	superficies mojadas
0,5	madera, metal, cristal, piedra, etc.
0,6	superficies rugosas

Fuente: MICRO, 2012

Reemplazando los valores en la ecuación nos queda

$$F_{th} = 0,0434 \text{ kg} \times \left( 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} + \frac{75 \text{ m}}{0,6 \text{ s}^2} \right) \times 1,5$$

$$F_{th} = 0,0434 \text{ kg} \times \left( 134,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right) \times 1,5$$

$$F_{th} = 8,78 \text{ N}$$

Tabla 5: Fuerza en ventosas planas

Tipo	∅ A (mm)	Fuerza aspiración (N)
PFYN 3.5	3,5	0,42
PFYN 5	5	0,75
PFYN 6	6	1,2
PFYN 8	8	2,3
PFYNN10 (M5)	10	4
PFYNN10 (G1/8)	10	4
PFYN 15	15	9
PFYN 20	20	15,5
PFYN 25	25	26,5
PFYN 30	30	34
PFYN 35	35	44
PFYN 40	40	57,7
PFYN 50	50	91
PFYN 60	60	125

Fuente: MICRO, 2012

Con el valor de la fuerza calculada seleccionamos una ventosa de diámetro 15 mm del tipo PFYN 15

**3.1.5 Selección del generador de vacío.** Para determinar la selección correcta del generador de vacío se debe tener en cuenta: el tipo de pieza sea porosa o no, suministro de aire y otros.

Para determinar la cantidad de caudal necesario que debe entregar en generador de vacío, determinamos el consumo de aire de la ventosa en nuestro caso es de 8,3 l/min

Tabla 6. Capacidad de aspiración de la ventosa

<b>∅ de ventosa</b>	<b>Capacidad de aspiración <math>V_s</math></b>	
Hasta de 60 mm	0,5 m <sup>3</sup> /h	8,3 l/min
Hasta de 120 mm	1,0 m <sup>3</sup> /h	16,6 l/min
Hasta de 215 mm	2,0 m <sup>3</sup> /h	33,3 l/min
Hasta de 450 mm	4,0 m <sup>3</sup> /h	66,6 l/min

Fuente: MICRO, 2012

Luego calculamos la capacidad de aspiración del generador de vacío para esto usamos la siguiente ecuación

$$V = n \times V_s \quad (29)$$

Donde:

V= Capacidad de aspiración

n= Número de ventosas

$V_s$ = Capacidad de aspiración de una ventosa

$$V = 1 \times 8,3 \frac{lt}{min}$$


$$V = 8,3 \frac{lt}{min}$$

Con este valor de caudal de aspiración igual a 8,3 lt/min debemos seleccionar un generador de vacío que nos entregue dicho caudal.

Tabla 7. Tabla técnica de generadores de vacío

**AIRBEST**  
Medan Germany Engineered

**Basic Vacuum Pump ACV Series**



**Specifications**

Model	Unit	ACV-05		ACV-10			ACV-15			ACV-20			ACV-25		ACV-30		
		HS	LS	HS	LS	HR	HS	LS	HR	HS	LS	HR	HS	LS	HS	LS	
Fluid		No oil compressed air															
Ambient temperature	°C	0-60(No freezing)															
Operating pressure range	bar	1-6															
Nozzle diameter	Φmm	0.5		1.0			1.5			2.0			2.5		3.0		
Rated pressure	bar	5		5		3.5	5		3.5	5		3.5	5		5		
Vacuum flow rate	l/min	7	10	27	36	25	63	95	54	110	170	88	160	250	225	350	
Max.vacuum pressure	kPa	-87	-57	-92	-57	-91	-92	-57	-91	-92	-57	-91	-92	-57	-92	-57	
Air consumption flow rate	l/min	13		44			100			180			265		385		
Net weight	Without pressure switch	g		80			140			350			730		870		
	With pressure switch	g		120			190			460			-		-		

Fuente: AIRBEST, 2012

El generador de vacío Serie ACV-05 nos proporciona el caudal de aspiración necesario, sin embargo en el mercado nacional no se dispone de dicho equipo por lo que se procede a seleccionar el generador de vacío Serie ACV-10 con una capacidad aspiración de 44 lt/min

**3.1.6 Selección del diámetro de la tubería.** Para esto se tiene en cuenta el diámetro del generador de vacío en nuestro caso es 10, con este valor se selecciona una tubería flexible de diámetro 4 mm, de material Poliuretano

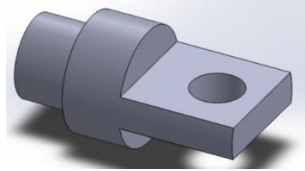
Tabla 8. Selección del diámetro de la tubería del sistema

Generador de vacío	Toma de alimentación Diámetro exterior del tubo flexible	Conexión de vacío Gran caudal Diámetro exterior del tubo flexible	Conexión de vacío Alto nivel de vacío Diámetro exterior del tubo flexible
VN-05	4	4	4
VN-07	4	6	4
VN-10	4	6	6
VN-14	6	8	6
VN-20	6	12	8
VN-30	10	16	12

Fuente: [http://www.festo.com/cms/es\\_es/9788.htm](http://www.festo.com/cms/es_es/9788.htm)

**3.1.7** *Diseño del soporte para la ventosa.* Para el diseño del soporte se debe tener en cuenta el diámetro interno del rodamiento que va sujeto al brazo, otro dato importante es el diámetro exterior del neopreno el cual se une a la ventosa

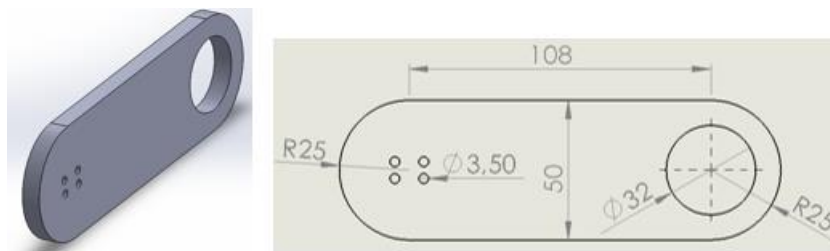
Figura 41. Soporte para la ventosa



Fuente: Autores

**3.1.8** *Diseño del brazo.* Es necesario trasladar las piezas desde la base del cilindro neumático 1, hasta la banda transportadora, que es una distancia de 216 mm y entonces el brazo tiene una distancia de centro a centro de 108 mm y 6 mm de espesor, de material aluminio.

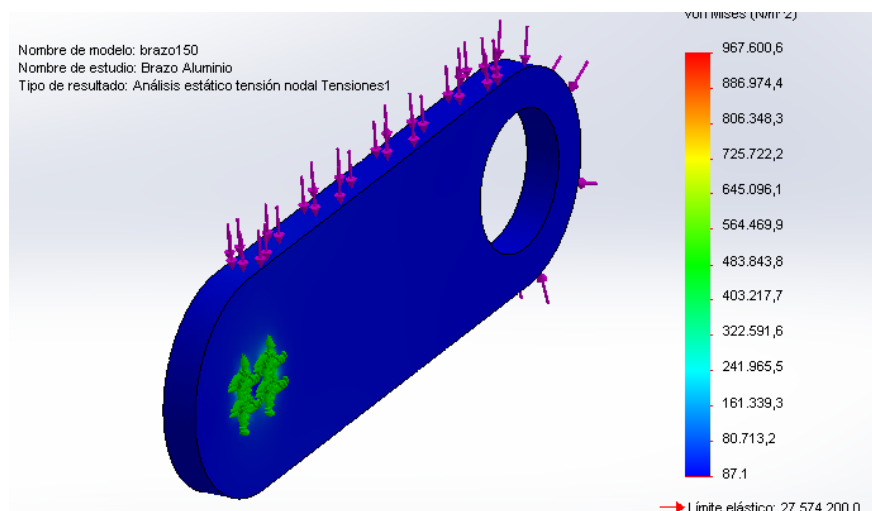
Figura 42. Brazo



Fuente: Autores

Según el criterio de diseño de Von Mises. A una escala de deformación de 1:1

Figura 43. Análisis estático de tensión



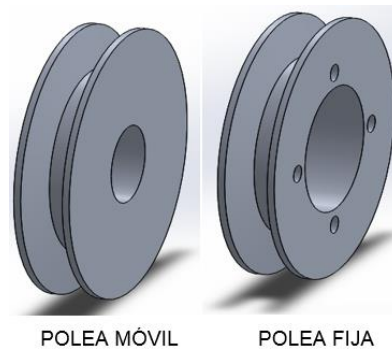
Fuente: Autores

**3.1.9** *Diseño de las poleas.* Para lo cual se debe tener en cuenta: la distancia entre ejes, el tipo de correa a utilizar, la relación de transmisión de velocidad.

Cabe destacar que es necesario tener la ventosa siempre en una posición vertical, lo cual se logra con una relación de transmisión de 1:1, pero en este caso la polea montada sobre el cilindro giratorio se encuentra fija mientras que la polea montada soporte de la ventosa es móvil con este montaje se lograr el movimiento vertical durante el traslado de las pieza.

La distancia entre ejes es de 108 mm y la correa que utilizamos es la del motor WERTHEIM 5600 Serie LADY401CORRE. Con los datos técnicos de la correa trapezoidal serie LADY401 diseñamos las poleas. (ANEXO J)

Figura 44. Forma de las poleas móvil y fija



Fuente: Autores

**3.1.10** *Diseño y selección de la banda transportadora.* Para la selección de la banda transportadora se tiene en cuenta la distancia entre tambores de 240 mm, el ancho de la banda es de 50 mm y de espesor de 5 mm, es necesario un motor de 24V DC acoplado a un reductor de velocidad con lo cual tenemos un moto reductor.

**3.1.10.1** *Cálculo para la selección de la banda transportadora.* Entre las características técnicas que se debe cumplir en el diseño de la banda trasportadora se destacan: la longitud máxima a transportar, peso de las piezas a transportar, la velocidad de transporte, cabe destacar que las dimensiones de la banda transportadora están restringidas por las dimensiones estándares del módulo experimental.

Tabla 9. Parámetros de diseño para la banda transportadora

Datos generales	Cantidad	Unidades
Longitud de transporte [ $L_T$ ]	250	mm
Longitud de la banda [ $L_g$ ]	560	mm
Ancho de la banda [ $b_0$ ]	50	mm
Carga cada bulto [m]	68,06	gr
	0,0681	kg
Velocidad de la banda [ $v$ ]	0,53	m/s
Angulo de contacto [ $\beta$ ]	180	°
Espesor de la banda [ $e$ ]	0,75	mm
Masa de la banda por $m^2$ [ $m_b$ ]	0,8	kg/ $m^2$
Coeficiente de fricción mesa [ $\mu_t$ ]	0,33	
Coeficiente de fricción rodillo [ $\mu_r$ ]	0,033	
Masa de los tambores [mr]	0,0662	kg

Fuente: Autores

Masa total de los bultos.

$$M = (m \times L_T) \quad (30)$$

$$M = (0,0681 \text{ kg} \times 0,25 \text{ m}) = 0,017 \text{ kgm}$$

Tabla 10. Suministro estándar

Programa de suministro estándar		Datos técnicos, propiedades y recomendaciones, aplicaciones	N° de artículo	Espesor total aprox. [mm]	Peso aprox. [kg/ $m^2$ ]	Fuerza de tracción con un 1% de alargamiento después de la relajación ( $k_{1\%}$ ) [N/mm de ancho]*	$d_{\min}$ aprox. [mm]**	Temperatura de servicio admisible [°C]	
E	3/2	U0/U/C FEIN	blanco	999638	1,4	1,4	2	r 3-8	-10/+100
E	3/2	U0/U/C GROB-NA	transp.	906407	2	1,7	2	r3	-30/+100
E	3/2	U0/U2 HACCP-FF FDA	azul	906664	1,45	1,6	5	r 3-8	-30/+100
E	3/2	U0/U2 HACCP	blanco	900103	1,45	1,6	5	r 3-8	-30/+100
E	4/1	P2/P2 MT/MT-HC	negro	906396	0,75	0,8	4	60/80	-30/+100
E	4/1	U0/V5H MI	verde	900171	1,1	1,25	4	30	-10/+70
E	4/2	U0/P2 MT-HC	negro	906212	0,9	1	4	60	-30/+100

Fuente: SIEGLING, 2011

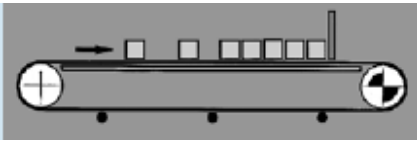
Masa total de la banda.

$$M_b = (L_g * b_0 * m_b) \quad (31)$$

$$M_b = 0,560 * 0,05 * 0,8 = 0,022 \text{ kg}$$

## Cálculo de la fuerza tangencial

Figura 45. Cálculo de la fuerza tangencial según la forma

$$F_u = \mu_T \cdot g \left( m + \frac{m_B}{2} \right) + \mu_R \cdot g \left( \frac{m_B}{2} + m_R \right) + \mu_{ST} \cdot g \cdot m \quad [\text{N}]$$


Fuente: SIEGLING, 2011

$$F_u = \mu_T * g * \left( M + \frac{M_b}{2} \right) + \mu_R * g * \left( \frac{M_b}{2} + M_R \right) + \mu_{ST} * g * m \quad (32)$$

Tabla 11. Coeficiente de fricción estática para diferentes recubrimientos

	0, A0, E0, T, U0, P	NOVO	U1, V1, VH	UH, V2H, U2H, E0, A0, V5H, V10H
$\mu_T$ (mesa)	0,33	0,33	0,5	0,5
$\mu_R$ (rodillo)	0,033	0,033	0,033	0,033
$\mu_{ST}$ (acumulación)	0,33	0,33	0,5	0,5

Fuente: SIEGLING, 2011

$$F_u = 0,33 * 9,81 \frac{m}{s^2} * \left( 0,017 \text{ kg m} + \frac{0,022 \text{ kg}}{2} \right) + 0,033 * 9,81 \frac{m}{s^2} * \left( \frac{0,022 \text{ kg}}{2} + 0,0662 \text{ kg} \right) + \left( 0,33 * 9,81 \frac{m}{s^2} * 0,017 \text{ kg m} \right)$$

$$F_u = 0,091 + 0,025 + 0,055 \text{ N}$$

$$F_u = 0,171 \text{ N}$$

Fuerza de tracción máxima.

$$F_1 = F_u * C_1 \quad (33)$$



Tabla 12. Factor  $C_1$  valido para el tambor motriz

Recubrimiento de la cara inferior Siegling Transilon	V3, V5, U2, A5, E3			V1, U1, UH, U2H, V2H, V5H			0, U0, NOVO, E0, A0, T, P		
Angulo de contacto $\beta$	180°	210°	240°	180°	210°	240°	180°	210°	240°
<b>Tambor de acero liso</b>									
Seco	1,5	1,4	1,3	1,8	1,6	1,5	2,1	1,9	1,7
Mojado	3,7	3,2	2,9	5,0	4,0	3,0	No recomendable		
<b>Tambor con forro de fricción</b>									
Seco	1,4	1,3	1,2	1,6	1,5	1,4	1,5	1,4	1,3
Mojado	1,8	1,6	1,5	3,7	3,2	2,9	2,1	1,9	1,7

Fuente: SIEGLING, 2011

$$F_1 = 0,171 \times 1,6$$

$$F_1 = 0,274 \text{ N}$$

Control del tipo de banda seleccionado

$$\frac{F_1}{b_0} \leq C_2 \quad (34)$$

$$C_2 = \varepsilon_{m\acute{a}x} * K_{1\%} \quad (35)$$

$$\frac{0,274 \text{ N}}{50 \text{ mm}} \leq 2 * 4$$

$$0,0055 \leq 8 \text{ Ok}$$

Tabla 13. Factor  $C_2$  control Siegling Transilon seleccionado

$\frac{F_1}{b_0} \leq C_2 \left[ \frac{\text{N}}{\text{mm}} \right]$	Si el valor $\frac{F_1}{b_0}$ es mayor que $C_2$ , debe utilizarse un tipo de banda con un valor $k_{1\%}$ más elevado.	
$C_2$ es una magnitud que indica la elongación de servicio máxima permitida del tipo de banda:		
$C_2 = \varepsilon_{m\acute{a}x} \cdot k_{1\%}$		
Las hojas de datos de los productos incluyen información importante sobre las elongaciones de servicio máximas.		
Si no están disponibles, pueden adoptarse los siguientes valores no vinculantes:		
<b>Tipo de elemento tractor</b>	<b>Poliéster</b>	<b>Aramida</b>
Ejemplos de clases de tipos	<b>Poliéster (letra identificativa "E")</b> E 2/1, E 3/1, E 4/2, E 6/1, NOVO, E 8/2, E 10/M, E 12/2, E 15/2, E 15/M, E 18/3, E 20/M, E 30/3, E 44/3	<b>(letra identificativa "AE")</b> AE 48/H, AE 80/3, AE 100/3, AE 140/H, AE 140/3
$\varepsilon_{m\acute{a}x}$ en %	2,0	0,8

Fuente: SIEGLING, 2011

Un dato importante es la altura de la banda transportador en el pre diseño se tiene un valor del diámetro del tambor motriz de 40 mm

$$d_a = \frac{F_u * C_3 * 180^\circ}{b_0 * \beta} \quad (36)$$

$$F_u = \frac{d_a * b_0 * \beta}{C_3 * 180^\circ}$$

Tabla 14. Factor  $C_3$  valido para el tambor motriz

Recubrimiento de la cara inferior Siegling Transilon	V3, V5, U2, AS, E3	V1, U1, UH	0, U0, NOVO, T, P
<b>Tambor de acero liso</b>			
Seco	25	30	40
Mojado	50	No recomendable	No recomendable
<b>Tambor con forro de fricción</b>			
Seco	25	25	30
Mojado	30	40	40

Fuente: SIEGLING, 2011

$$F_u = \frac{40 \text{ mm} \times 50 \text{ mm} \times 180^\circ}{40 \text{ mm}^2 / N \times 180^\circ}$$

$$F_u = 50 \text{ N}$$

La fuerza tangencial que tenemos en el extremo del rodillo es de  $F_u = 50 \text{ N}$ , con este valor calculamos la potencia mecánica en el tambor motriz.

$$P_A = F_u * v \quad (37)$$

$$P_A = 50 \text{ N} * 0,053 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$P_A = 2,65 \text{ w}$$

Teniendo en cuenta un factor de servicio del motoreductor de 0.95, tenemos la potencia mecánica

$$P_{Motor} = \frac{P_A}{F_s} \quad (38)$$

$$P_{Motor} = \frac{2,65 \text{ w}}{0,95}$$

$$P_A = 2,8 \text{ w}$$

Teniendo una eficiencia del motor eléctrico de 0,9

$$\eta = \frac{P_{Sal}}{P_{Ent}} = \frac{P_{Eje}}{P_{Eléctrica}} \quad (39)$$

$$P_{Eléctrica} = \frac{P_{Eje}}{\eta} = \frac{2,8 \text{ w}}{0,9}$$

$$P_{Eléctrica} = 3,1 \text{ w}$$

Es necesario un motor de 24 V corriente directa con una potencia de 3 w

Seleccionamos un motor de imán permanente de 24 V DC y 0,2 A

$$P_{Eléctrica} = V \times I \quad (40)$$

$$P_{Eléctrica} = 24 \text{ V} \times 0,2 \text{ A}$$

$$P_{Eléctrica} = 4,8 \text{ w}$$

El valor de la potencia de 4,8 w nos indica que esta correcta la selección, los datos técnicos se especifican en el ANEXO C

**3.1.11 Selección del cilindro giratorio.** Teniendo en cuenta las fuerzas en sentido vertical, la mayor fuerza es de  $N = 0,425 \text{ N}$ , además tenemos una distancia de 108 mm del brazo con lo que obtenemos un torque, además la masa del brazo, de la polea y del rodamiento generan también un peso. Por lo que tenemos una sumatoria de momentos este resultado lo compramos con el catálogo del cilindro giratorio

$$\tau = F \times D \quad (41)$$

$$\tau_1 = 0,425 \text{ N} \times 0,108 \text{ m}$$

$$\tau_1 = 0,05 \text{ Nm}$$

$$\tau = F \times D$$

$$\tau_2 = 1,38 \text{ N} \times 0,054 \text{ m}$$

$$\tau_2 = 0,08 \text{ Nm}$$

$$\tau_T = \tau_1 + \tau_2 \quad (42)$$

$$\tau_T = (0,05 + 0,08) \text{ Nm}$$

$$\tau_T = 0,13 \text{ Nm}$$

Tabla 15. Tabla técnica del cilindro giratorio

CARICO AMMISSBILE / LOAD ADMISSED			
	Trosversale (N) transversal (N)	Assiale (N) Axial (N)	Mom.torcente (N.m) Allow torque (N.m)
Ø15	70	A=68 B=70	2
Ø18	140	A=130 B=130	3.5
Ø20	185	A=188 B=358	4.8
Ø25	300	A=285 B=442	9
1.117			

Fuente: AIRBEST, 2012

Con el valor de  $\tau_T = 0,13 \text{ Nm}$  seleccionamos un cilindro giratorio de  $\varnothing 15$

### 3.2 Montaje del módulo

**3.2.1 Montaje de la banda transportadora.** Para el montaje de la banda transportadora se debe tener en cuenta las distancias a la cual se va a ensamblar las piezas. El ensamblaje se lo realiza exactamente en la mitad de la banda transportadora, teniendo una distancia de 80 mm hacia atrás para trasladar a la pieza 1 en el caso de repetirse

Figura 46. Montaje de la banda transportadora

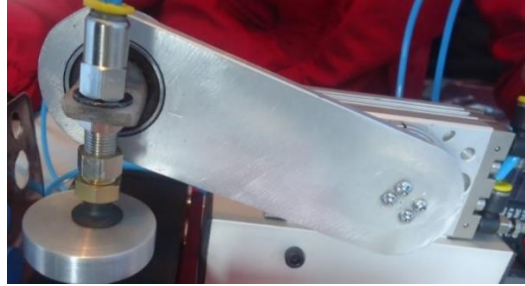


Fuente: Autores

**3.2.2 Montaje del actuador giratorio.** Para la base del actuador giratorio se debe tener en cuenta la altura de las piezas a ensamblar sobre la banda transportadora.

Para esto se utiliza un tubo rectangular de 20 mm x 50 mm, el cual se acopla mediante una plancha de acero inoxidable de 80 mm x 80 mm.

Figura 47. Montaje del actuador rotante

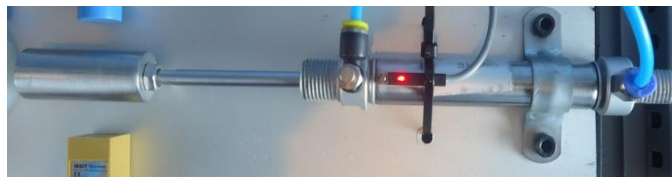


Fuente: Autores

**3.2.3** *Montaje del cilindro neumático.* Este cilindro va a trasladar las piezas a ensamblar y dejarlo en la posición correcta, posición desde donde va a ser trasladada las piezas mediante la succión de la ventosa.

Para lo cual se necesita una altura de 20 mm y utilizamos un tubo rectangular de 50 mm x 20 mm x 240 mm

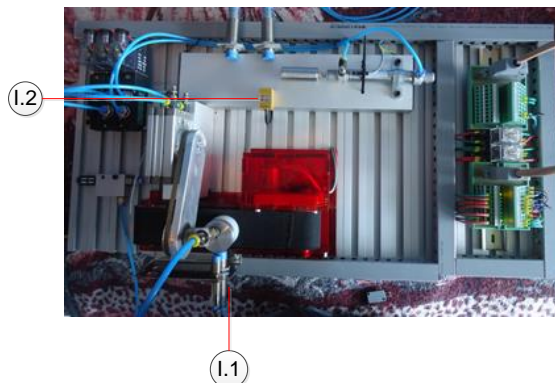
Figura 48. Montaje del cilindro neumático



Fuente: Autores

**3.2.4** *Montaje de los sensores inductivos.* El montaje de este sensor va sobre la banda transportadora, para detectar la presencia de la pieza 2 para que se produzca el ensamblaje en la posición media de la banda transportadora.

Figura 49. Montaje de los sensores inductivos

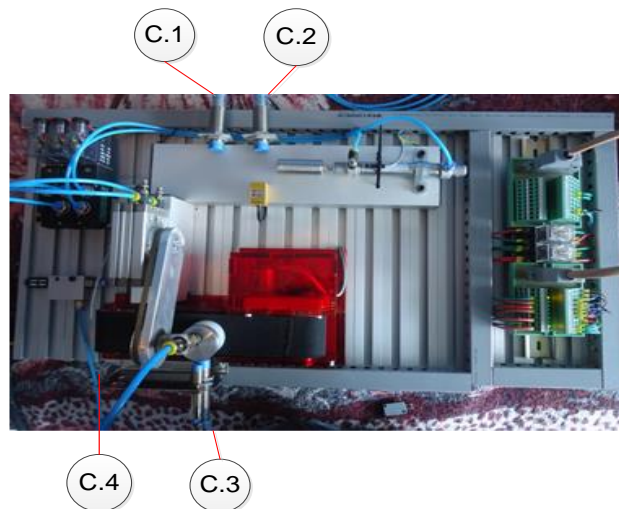


Fuente: Autores

El montaje del sensor 2 va al inicio del proceso, pues este sensor detecta la presencia de la pieza 2 y si es el comienzo del proceso aparecerá en la pantalla una señal de advertencia. De no ser el comienzo del proceso enviara una señal para mover la banda transportadora 80 mm hacia atrás para luego realizar el ensamblaje sobre la pieza 1

**3.2.5** *Montaje de los sensores capacitivos.* La posición del primer sensor capacitivo es al inicio del proceso pues este dará la señal de presencia de la pieza 1 para dar el inicio del proceso

Figura 50. Montaje de los sensores capacitivos



Fuente: Autores

La posición del segundo sensor va en la posición 2, lugar donde llega la ventosa para trasladar las piezas hacia la banda transportadora y el tercer sensor capacitivo detectara la presencia de la pieza sobre la banda transportadora

**3.2.6** *Montaje de la botonera de inicio y paro.* La botonera consta de un botón de inicio y uno de paro de emergencia con sus respectivos colores de codificación, estos van montados en la parte frontal del módulo de ensamblaje

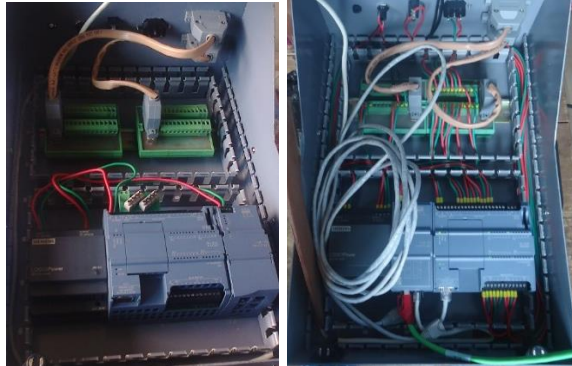
Figura 51. Montaje de botonera de inicio y paro



Fuente: Autores

**3.2.7** *Montaje del PLC.* La base para el montaje del PLC es de láminas de acero, a esta base se acopla un Riel Dimm de 230 mm, al cual se acopla el PLC

Figura 52. Montaje del PLC



Fuente: Autores

**3.2.8** *Montaje de la pantalla táctil Siemens Simatic KTP600 DP Basic.* Hoy en día, la mayoría de las máquinas ofrecen la visualización de forma estándar.

Especialmente en las máquinas de menor tamaño y en las aplicaciones sencillas el factor coste juega un papel decisivo. Para las aplicaciones básicas se consideran totalmente suficientes los paneles de operador con funciones básicas. (SIEMENS, 2012)

Figura 53. Pantalla táctil Siemens Simatic KTP600 DP Basic



Fuente: HMI KTP SIMATIC HMI Basic Panels Instrucciones de servicio. Pdf

**3.2.8.1** *Condiciones de montaje.* Se debe seguir las instrucciones de montaje de la pantalla táctil de manual HMI KTP SIMATIC HMI Basic Panels Instrucciones de servicio.

Para realizar el montaje de la pantalla táctil se debe tomar en cuenta algunas condiciones que se requiere para un buen funcionamiento de dicho dispositivo.

- Normas, homologaciones, magnitudes características de compatibilidad electromagnética y especificaciones técnicas aplicables al panel de operador.
- Condiciones mecánicas y climáticas del entorno en el que se utilizará el panel de operador
- Colocar el panel de manera de que éste no quede expuesto directamente a las radiaciones solares.
- Montar el panel en una posición ergonómica para el usuario. Elegir una altura de montaje adecuada. (SIMATIC HMI Basic Panels Instrucciones de servicio. Pdf)

**3.2.8.2** *Posiciones de montaje.* Al montar el panel consideramos las posiciones de montaje admisibles las cuales se muestran a continuación y son las más adecuadas para tener un correcto funcionamiento de la pantalla. (SIEMENS, 2012)

Figura 54. Posiciones de montaje de la pantalla táctil

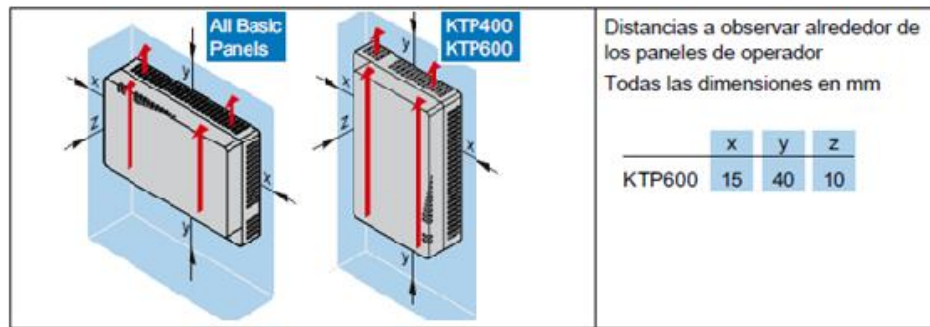
	<p>Los paneles de operador Basic se ventilan por convección natural. El montaje vertical y oblicuo es admisible en:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• armarios</li> <li>• armarios eléctricos</li> <li>• paneles</li> <li>• pupitres</li> </ul>
	<p>Todos los paneles de operador de la gama Basic son apropiados para el montaje horizontal.</p>
	<p>Los siguientes paneles de operador de la gama Basic son apropiados para el montaje vertical:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• KTP400 Basic</li> <li>• KTP600 Basic</li> </ul>

Fuente: SIMATIC HMI Basic Panels Instrucciones de servicio. Pdf

**3.2.8.3** *Distancia de separación.* Para poder realizar un montaje excelente del panel de operador deberán observarse las siguientes distancias para asegurar una ventilación suficiente



Figura 55. Distancias de separación de la pantalla táctil



Fuente: SIMATIC HMI Basic Panels Instrucciones de servicio. Pdf

### 3.3 Elaboración de la tarjeta de interfaz entre PLC y el módulo

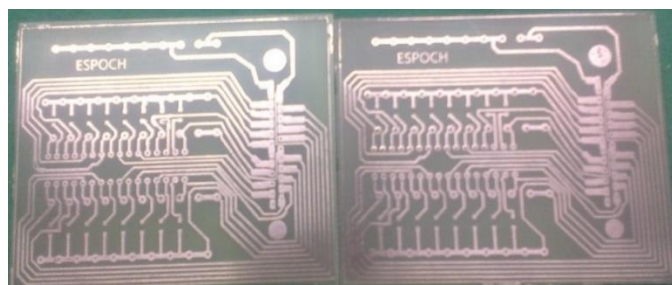
**3.3.1** *Diseño de la tarjeta electrónica.* En procesos industriales, informáticos, electrónicos o módulos didácticos como es en nuestro caso, la información de una unidad a otra se las realizara mediante redes de información o más conocidas como tarjetas de interfaz.

Para el funcionamiento y comunicación de nuestro módulo con el PLC es necesario las tarjetas de interfaz las cuales se encargan de transmitir y receptor las señales tanto del PLC, como de los demás dispositivos ubicados en la base, dichas tarjetas se encargaran de realizar y garantizar los procesos o trabajos que se realizara en el banco didáctico.

A continuación se muestra los pasos como se construyó las tarjetas de interfaz

- Diseño y construcción del circuito en la tarjeta de interfaz

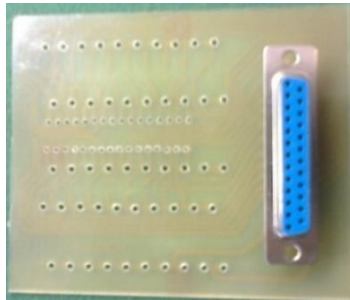
Figura 56. Diseño del circuito en la tarjeta de interfaz



Fuente: Autores

- Montaje del conector DB-25 sobre la tarjeta electrónica

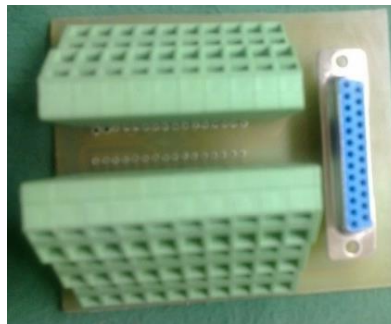
Figura 57. Montaje del conector



Fuente: Autores

- Montaje y soldado de la bornera tipo torre, la cual nos servirá para identificar las entradas y salidas conectadas al PLC mediante el cable DB-25, como también los pines de voltaje

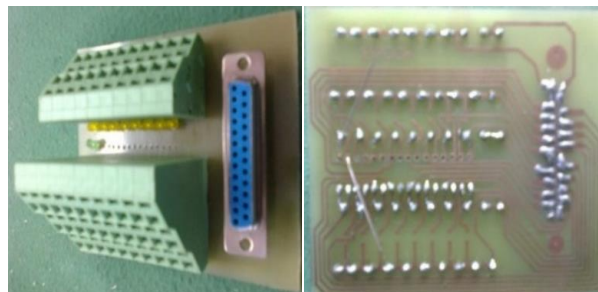
Figura 58. Montaje y soldado de la bornera



Fuente: Autores

- Montaje y soldado de los diodos, sirven para indicar si se activa tanto las entradas como las salidas de forma independiente.

Figura 59. Montaje y soldado de los diodos



Fuente: Autores

- Montaje y soldado de la bornera que se conecta al PLC.

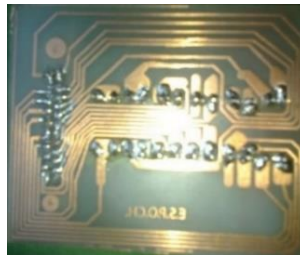
Figura 60. Montaje y soldado de la bornera que se conecta al PLC.



Fuente: Autores

- Montaje y soldado de los componentes

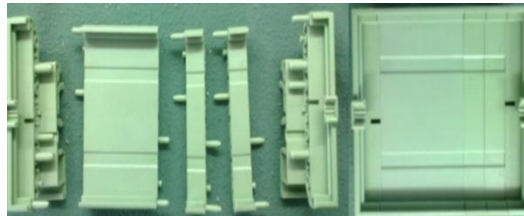
Figura 61. Montaje y soldado de los componentes



Fuente: Autores

- Montaje de la base para las tarjetas en conjunto

Figura 62. Montaje de la base para las tarjetas en conjunto



Fuente: Autores

- Montaje final de las tarjetas electrónica en sus respectivas bases

Figura 63. Montaje de la base para las tarjetas en conjunto



Fuente: Autores

### **3.4 Pruebas y calibración del equipo.**

Para el correcto funcionamiento de las tarjetas de interfaz (verdes) se debe verificar la continuidad de los pines.

Siempre existe errores en el momento de soldar los componentes electrónicos como los diodos, las borneras tipo torre, también al conectar los conductores y este no es un caso excepcional, por lo cual se debe comprobar la continuidad de los pines de 24 Va y 24 Vb como también sus respectivos terminales negativos.

Para controlar la velocidad del cilindro neumático se debe cambiar en racor recto por un regulador de flujo de esta manera se logra calibrar la velocidad de cilindro

En el cilindro giratorio se desea controlar la velocidad tanto de ida como de retorno por lo cual en la entrada y salida del aire se debe colocar reguladores de flujo

Los sensores capacitivos tienen una sensibilidad de alcance de 8 mm por lo cual estos detectan la presencia incluso de la base en la que son montados para la calibración de los sensores se realiza mediante girar en sentido horario un tornillo que se encuentra en la parte posterior del sensor.

Para la calibración de la banda transportadora que se mueva 80 mm hacia atrás se cronometra el tiempo en que se demora en trasladarse esa distancia cuando la pieza 1 se encuentra sobre la banda transportadora.

Para el correcto funcionamiento del PLC en cuanto a las entradas se debe realizar una conexión desde el neutro de la fuente 24 V DC hasta el neutro de salida del PLC.

En la programación ocurrió un error en el movimiento de la banda transportadora, si no se terminaba el proceso y desde la pantalla táctil seguía activando las salidas de la banda estas salidas permanecía activadas, esto se resolvió al colocar un interruptor NC en cada línea de programación para que cuando se active la salida hacia atrás se active el interruptor normalmente cerrado y no permita que se active la salida hacia adelante.

## CAPÍTULO IV

### 4. COMUNICACIÓN ENTRE PLC SIMATIC S7-1200 Y LA PANTALLA TÁCTIL Y GUÍA DE PRÁCTICAS

Para la comunicación entre el PLC y la pantalla táctil se tiene el programa STEP 7 Basic V 13.0. Lo cual se encuentra basado en la Norma IEC 61 131-3 que es aplicable para la programación en cuanto al lenguaje de programación, a su estructura, a los diagramas de función de bloques y otros.

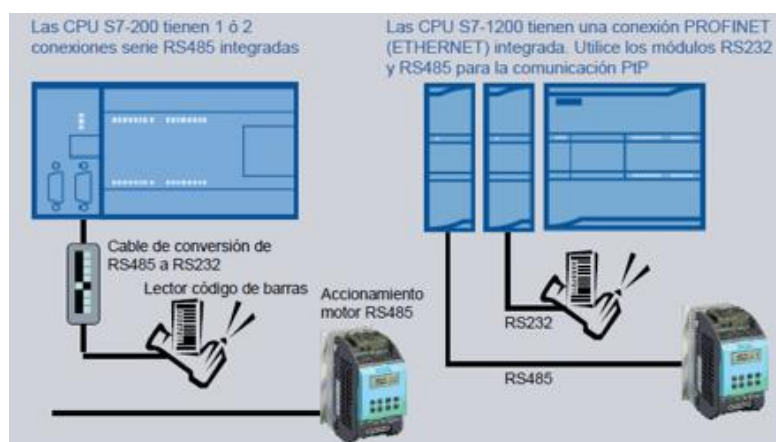
#### 4.1 Comunicación vía ETHERNET.

Ethernet (también conocido como estándar IEEE 802.3) es un estándar de transmisión de datos para redes de área local que se basa en el siguiente principio:

Todos los equipos en una red ethernet están conectados a la misma línea de comunicación compuesta por cables cilíndricos, profinet es el estándar abierto de ethernet industrial para la automatización y se basa en la ethernet industrial (AUTÓMATA, 2010)

Para la comunicación de la CPU S7-1200 se lo realiza a través de conexiones RS232 y RS485, las CPU S7-1200 tienen una conexión profinet (ethernet) integrada.

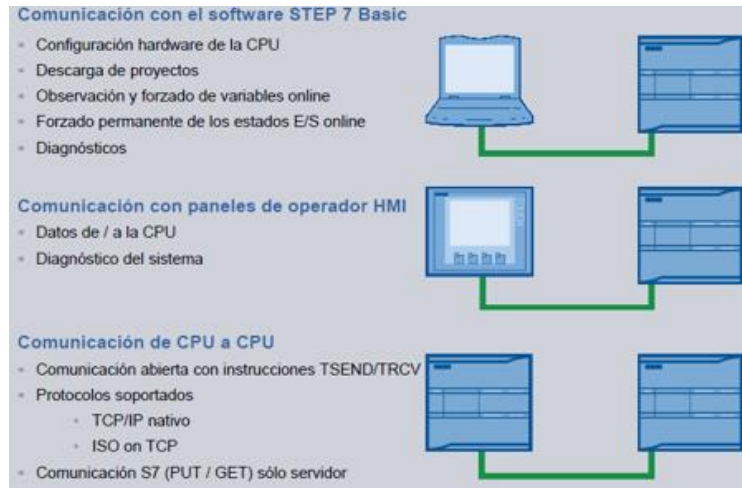
Figura 64. Comunicación ETHERNET con el CPU S7-1200



Fuente: SIEMENS, 2014

La interfaz profinet (ethernet) integrada del S7-1200 tiene una comunicación con el software STEP 7 Basic.

Figura 65. Comunicación con el software STEP 7 Basic

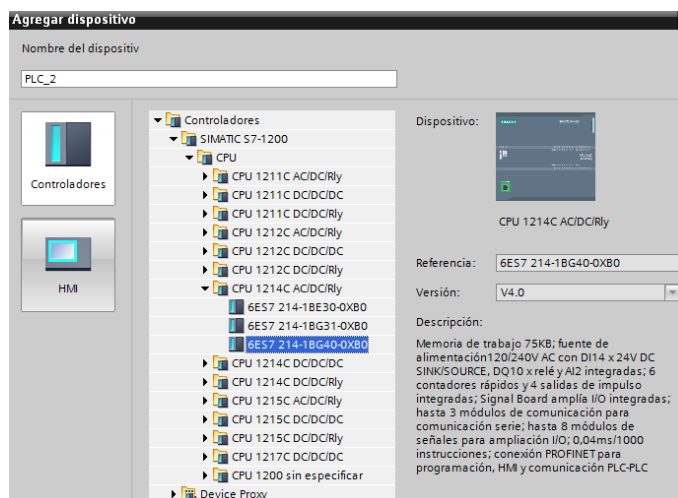


Fuente: SIEMENS, 2014

Es necesario tener en el programa los dispositivos que vamos a utilizar en la programación como: el PLC, la pantalla táctil y el módulo de comunicación, entonces para el PIC lo insertamos al seleccionar CPU en el dialogo agregar dispositivo

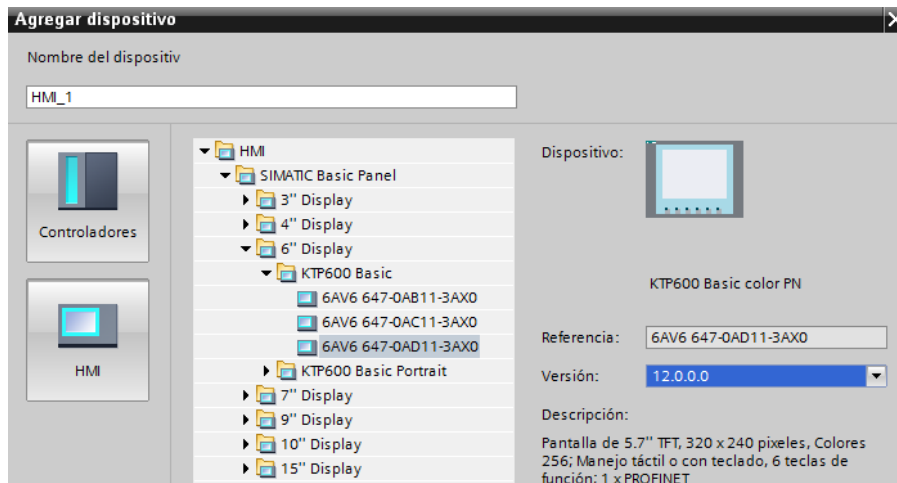
Existen varios tipos de PLC 1214C AC/DC/Rly, para seleccionar nuestro PLC, verificamos la serie que se encuentra impresa en la parte posterior del PLC

Figura 66. Selección del PLC



Fuente: SIEMENS, 2014

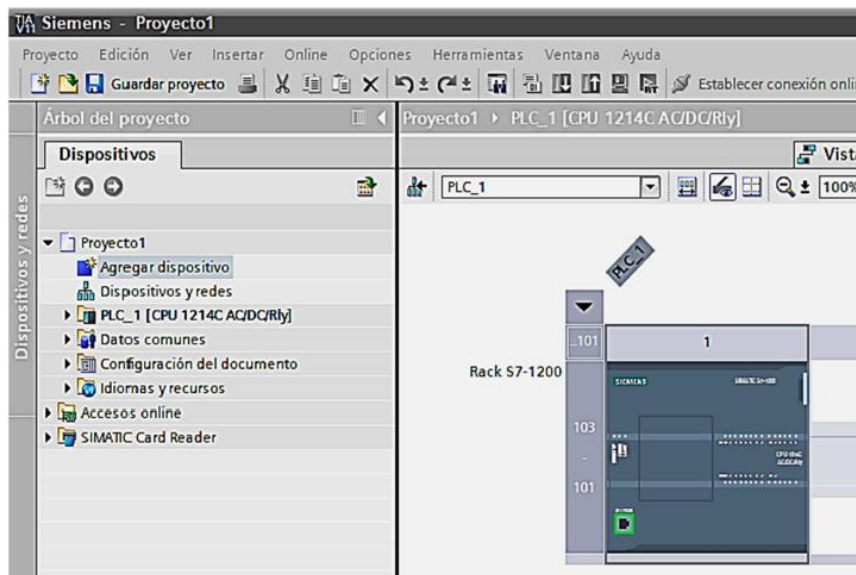
Figura 67. Selección de la pantalla táctil



Fuente: SIEMENS, 2014

Una vez seleccionado los módulos se los arrastra a un rack

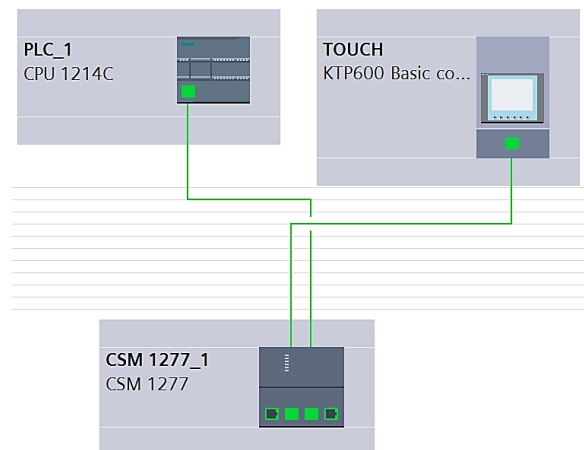
Figura 68. Configuración de hardware



Fuente: SIEMENS, 2014

Para la comunicación vía ethernet, es necesario tener una extensibilidad del sistema lo cual se logra utilizando un módulo de comunicación (se puede utilizar una máximo de 3)

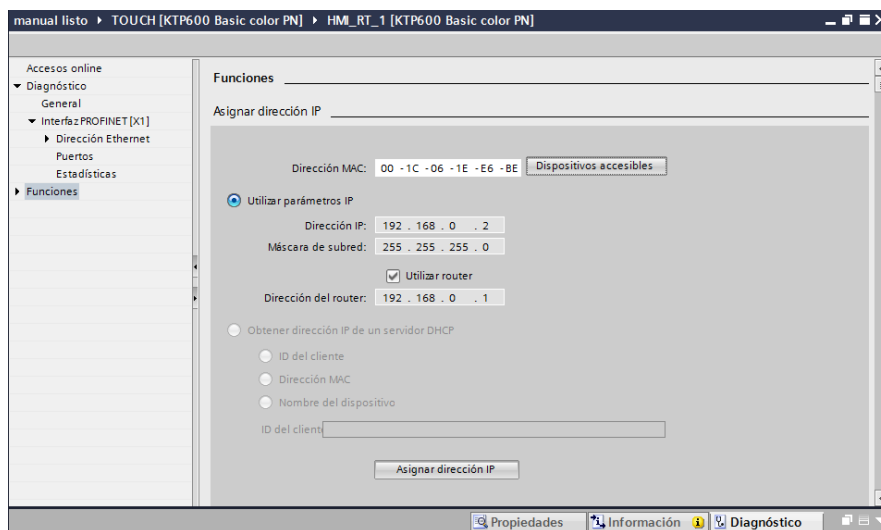
Figura 69. Vista topológica de los dispositivos



Fuente: SIEMENS, 2014

La CPU no posee una dirección IP pre configurado por lo cual es necesario definir las propiedades de la dirección IP manualmente durante la configuración de los dispositivos, para esto, seleccionamos el conector profinet en la imagen de la CPU

Figura 70. Configuración de la dirección IP



Fuente: SIEMENS, 2014

Para la elaboración de la interfaz del programa insertamos gráficos en la pantalla táctil, sin embargo otra opción es dibujar los equipos neumáticos en el programa SolidWorks, guardarlos como imagen e insertarlos en la HMI



Figura 71. Caratula



Fuente: Autores

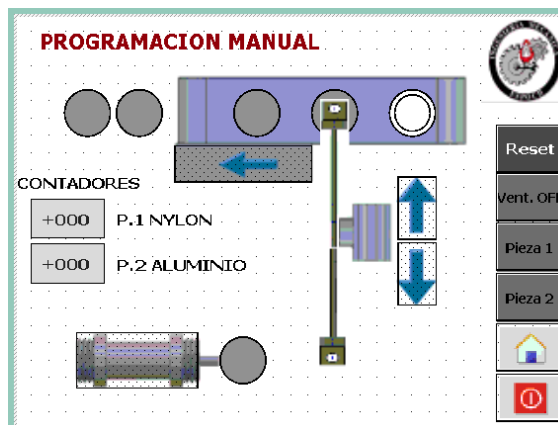
A continuación se muestra los niveles de la programación en la pantalla táctil tanto en modo automático como manual.

Figura 72. Pantalla de inicio



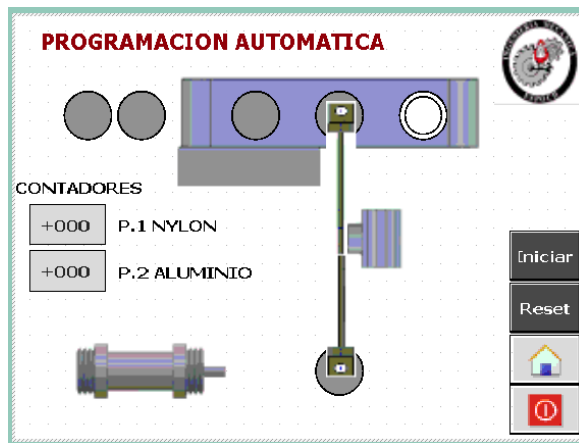
Fuente: Autores

Figura 73. Interfaz del programa manual en la HMI



Fuente: Autores

Figura 74. Interfaz del programa automático en la HMI



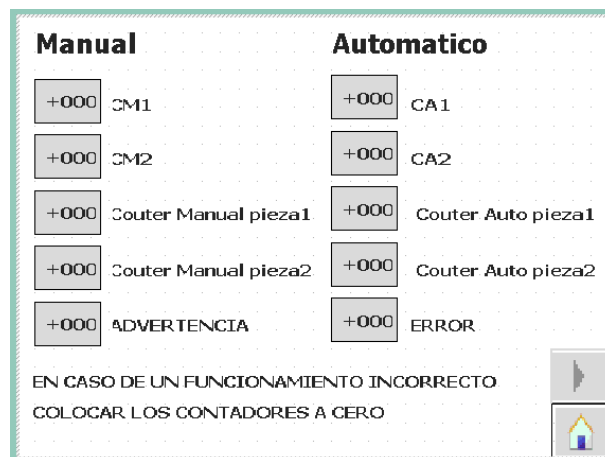
Fuente: Autores

Figura 75. Interfaz del control del sistema



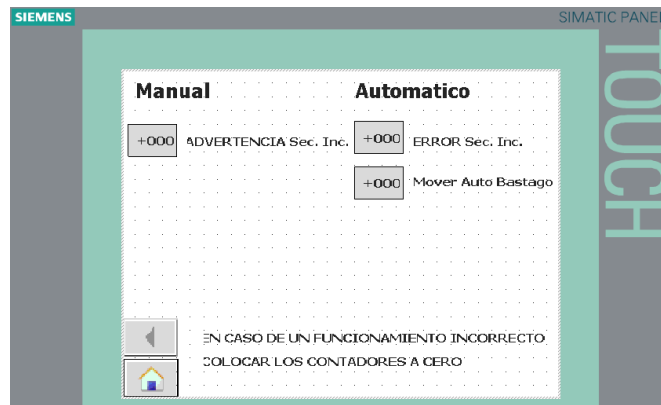
Fuente: Autores

Figura 76. Interfaz de la configuración de los contadores



Fuente: Autores

Figura 77. Continuación de interfaz de la configuración de los contadores

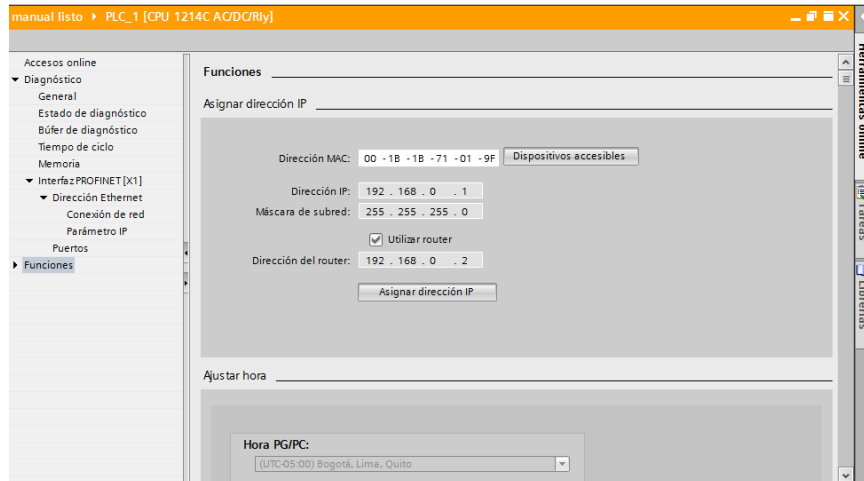


Fuente: Autores

#### 4.2 Pruebas y calibración de la comunicación ETHERNET.

Se debe colocar la dirección del PLC como router mientras que la pantalla táctil quedaría como esclavo, pues es desde el PLC que vamos a realizar la transferencia del programa.

Figura 78. PLC con dirección de router



Fuente: SIEMENS, 2014

**4.2.1 Programación manual.** Se refiere a que el desarrollo de los ensamblajes se lo realizan al activar las marcas en la pantalla táctil.

Diagrama de Grafcet. Es un modelo de representación gráfica, de los sucesivos comportamientos de un sistema lógico, predefinido por sus entradas y salidas.







También, es un grafo, o diagrama funcional normalizado, que permite hacer un modelo del proceso a automatizar, contemplando entradas, acciones a realizar, y los procesos intermedios que provocan estas acciones.

No fue concebido como un lenguaje de programación de autómatas, sino un tipo de grafo para elaborar el modelo pensando en la ejecución directa del automatismo o programa de autómatas.

En la actualidad no tiene una amplia difusión como lenguaje, puesto que la mayoría de los autómatas no pueden programarse directamente en este lenguaje, a diferencia del lenguaje Ladder.

Pero se ha universalizado como herramienta de modelado que permite el paso directo a programación, también con Ladder. (Wikipedia, 2015)

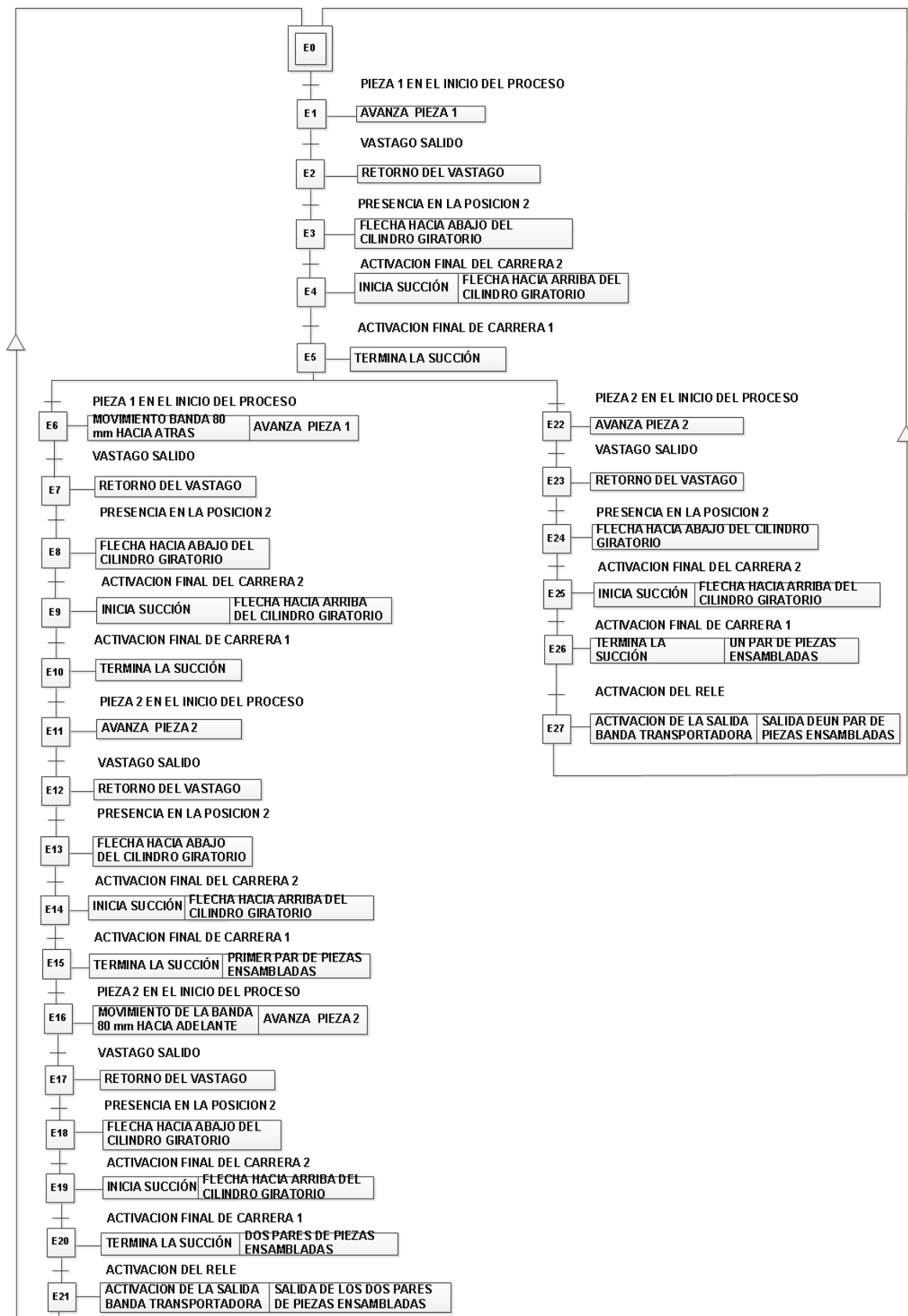
Tabla 16. Elementos Grafcet para la programación

Simbolo	Nombre	Descripción
	Etapa inicial	Indica el comienzo del esquema GRAFCET y se activa al poner en RUN el autómatas. Por lo general suele haber una sola etapa de este tipo.
	Etapa	Su activación lleva consigo una acción o una espera.
	Unión	Las uniones se utilizan para unir entre sí varias etapas.
	Transición	Condición para desactivarse la etapa en curso y activarse la siguiente etapa, Se indica con un trazo perpendicular a una unión.
	Direccionamiento	Indica la activación de una y/u otra etapa en función de la condición que se cumpla/n. Es importante ver que la diferencia entre la "o" y la "y" en el Grafcet es lo que pasa cuando se cierran
	Proceso simultáneo	Muestra la activación o desactivación de varias etapas a la vez.
	Acciones asociadas	Acciones que se realizan al activarse la etapa a la que pertenecen.

Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/GRAFCET>

A continuación se muestra la secuencia del proceso para el módulo de ensamblaje, elaborado con en un diagrama de Grafcet

Figura 79. Diagrama Grafcet para el proceso de ensamblaje



Fuente: Autores

Para una mejor comprensión, facilidad y programación se asignan nombre a las variables en el momento de la programación.

Tabla 17. Asignación de las variables del PLC

<b>Variable (E/S)</b>	<b>Dirección física</b>	<b>TAG</b>	<b>Descripción</b>
	DI.a		
Entrada	I0.0	.0	Paro de emergencia
Entrada	I0.1	.1	Activa el modo automático
Entrada	I0.2	.2	Activa el modo manual
Entrada	I0.3	S.1 Presencia	Detecta presencia y activa el cilindro 1
Entrada	I0.4	S.2 Detector Al	Detecta la pieza de aluminio ( pieza 2 )
Entrada	I0.5	S.3 Presencia, en rotatoria	Detecta la presencia y activa al cilindro giratorio
Entrada	I0.6	S.4 F.P. cilindro	Detecta la posición final para el cilindro
Entrada	I0.7	S.5 Presencia, banda	Detecta la presencia en la posición media de la banda
	DI.b		
Entrada	I1.1	S.6 Al, banda	Detecta la pieza de aluminio sobre la banda (ensamblado).
Entrada	I1.2	S.7 Presencia, banda	Detecta la pieza de nylon a una distancia de 80 mm.
Entrada	I1.3	Final carrera 1	Desactiva la succión generado por el generador de vacío
Entrada	I1.4	Final carrera 2	Activa la succión generado por el generador de vacío
Salida	Q0.0	Cilindro 1	Activa la electroválvula para producir el movimiento del cilindro
Salida	Q0.2	Rotatorio	Activa la electroválvula conectada la cilindro giratorio

Tabla 18. Continuación

Salida	Q0.4	Ventosa	Activa la electroválvula conectada al generador de vacío
Salida	Q0.5	Banda atrás	Recibe la señal para mover la banda una distancia de 80 mm hacia atrás
Salida	Q0.6	Banda adelante	Recibe la señal para mover la banda una distancia de 80 mm hacia adelante
Salida	Q0.7	Foco verde	Indica que el proceso se encuentra en funcionamiento

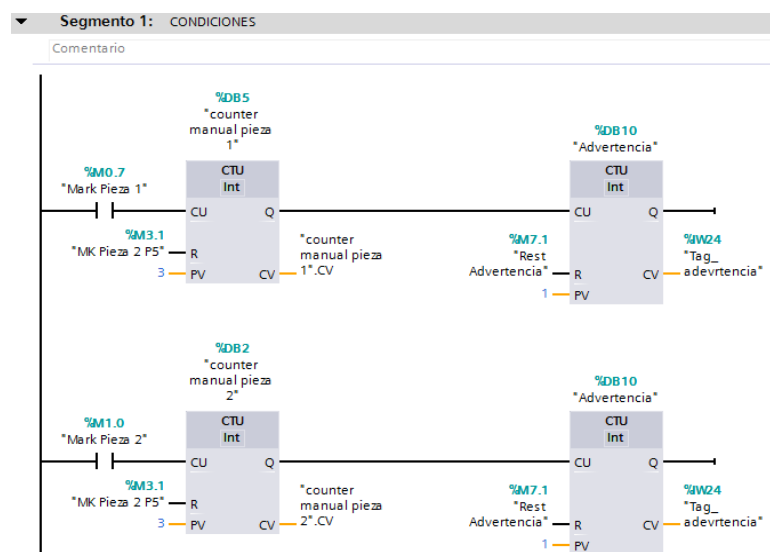
FUENTE: Autores

Todas las entradas y salidas son variables del tipo de dato Bool, y en su programación se encuentran accesibles y visibles a la HMI.

Para la programación manual del PLC S7-1200 se realiza por segmentos mediante el lenguaje de programación KOP, que logra comunicar las entradas y salidas por medio de marcas para realizar los procesos de ensamblaje.

A continuación se muestra en los segmentos la activación de las marcas de la pieza 1 y pieza 2 a contadores independientes, si se da el caso máximo de 3 se activa el contador de advertencia "BANDA LLENA"

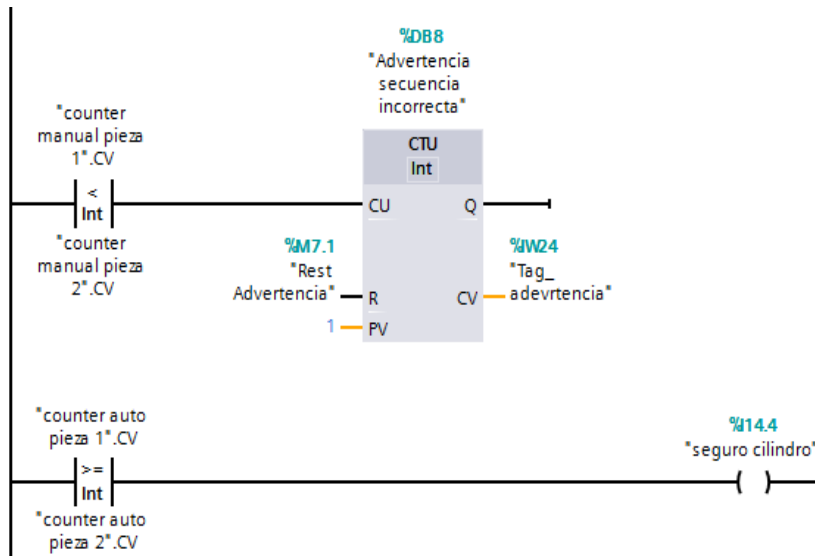
Figura 80. Diagrama Ladder de la programación manual



Fuente: Autores

A continuación el segmento compara el contador pieza 1 con el contador pieza 2 si acaso el contador 2 es mayor que el contador 1 se dispara la advertencia secuencia incorrecta

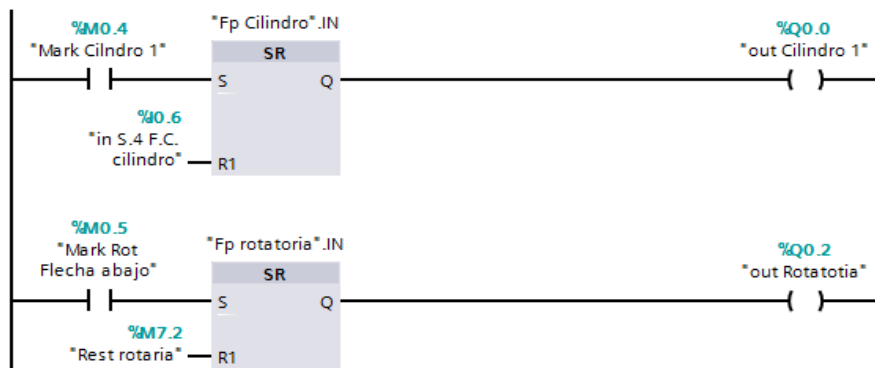
Figura 81. Programación manual, comparación de contadores



Fuente: Autores

En el siguiente segmento se muestra, la marca cilindro 1 activa un flip flop (set/reset) para activar la salida cilindro 1, se desactiva (reset) con la señal del sensor 4, la marca flecha hacia abajo activa un flip flop cilindro giratorio, el cual activara una salida de la electrovalvula cilindro giratorio, y se desactiva con la marca de retorno del cilindro giratorio.

Figura 82. Activación y desactivación del flip flop

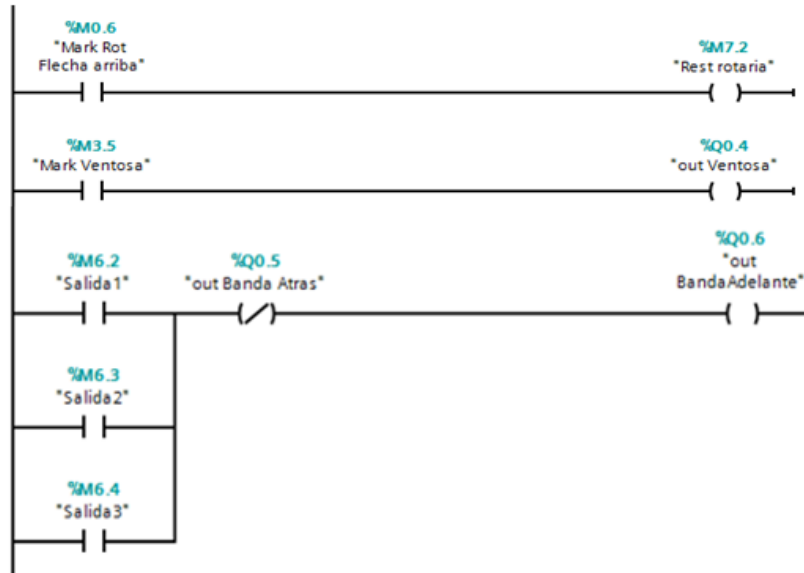


Fuente: Autores



La marca flecha hacia arriba activa el retorno del cilindro giratorio, la marca ventosa activa a la electroválvula para iniciar la succión de la ventosa, las variables salida 1, salida 2, salida 3 activarán la salida banda hacia adelante.

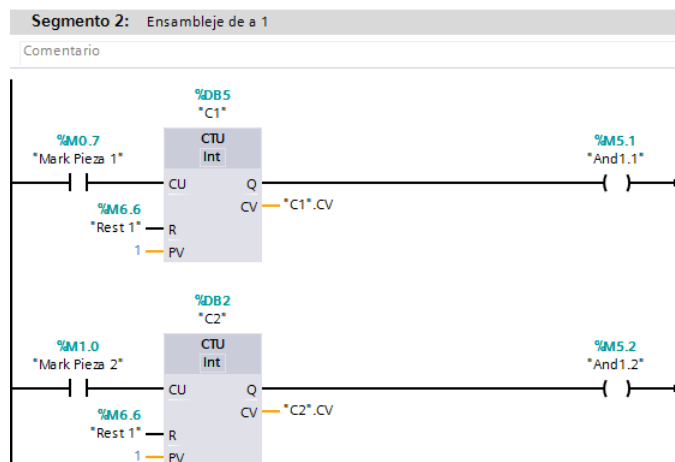
Figura 83. Activación de las marcas ventosa, cilindro giratorio y banda transportadora.



Fuente: Autores

En el segmento 2 se produce el ensamblaje de un par de piezas, la marca pieza 1 activa un contador C1 el cual activa una función AND 1.1, la marca pieza 2 activa un contador C2 el cual activa una función AND 1.2, los dos contadores se desactivan (reset) con la variable reset 1 y los contadores tienen un máximo de 1

Figura 84. Activación de función AND

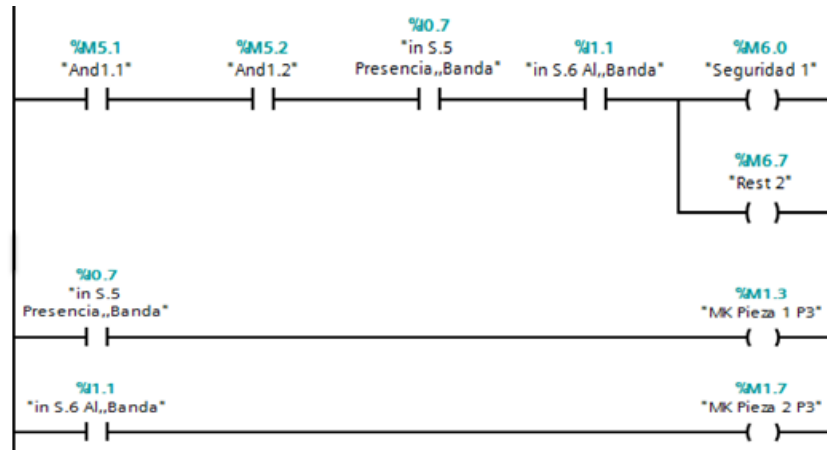


Fuente: Autores

La señal del sensor 5 presencia de la pieza 1 nylon sobre la banda activa la marca pieza 1 en la posición 3, la señal del sensor 6 presencia de la pieza 2 aluminio sobre la pieza 1, activa la marca pieza 2 en la posición 3.

Una vez activadas las variables And 1.1, And 1.2, in S5, in S6 se activa la variable seguridad 1

Figura 85. Activación de marcas pieza 1 y 2 sobre la banda transportadora

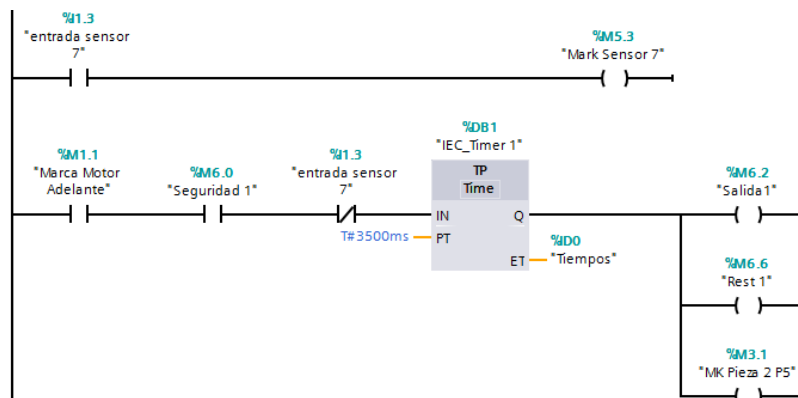


Fuente: Autores

Por seguridad tenemos la entrada del sensor 7 que activa una marca sensor 7 (normalmente cerrado), como se trata de un ensamblaje de un par de piezas.

La marca motor adelante activa un temporizador el cual activara a salida 1, reset 1 y activa la marca pieza 2 en la posición 5.

Figura 86. Activación de la marca pieza 2 al final del ensamblaje



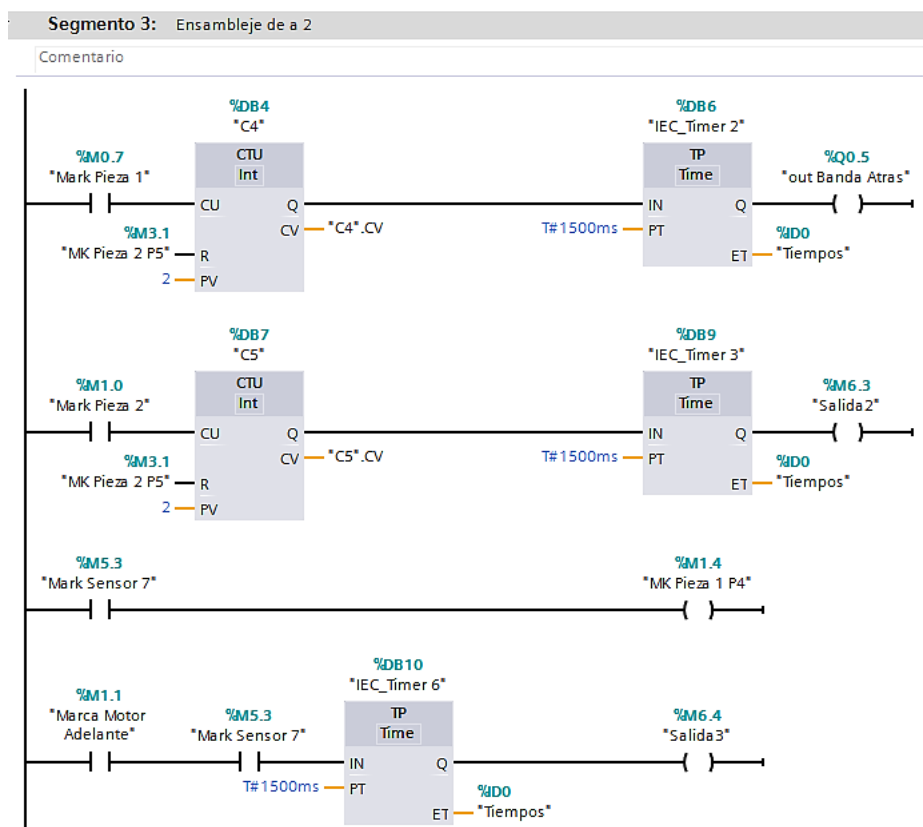
Fuente: Autores

En el segmento 3 se muestra el ensamblaje de dos pares de piezas, la marca pieza 1 activa un contador C4 con un máximo de dos, si el valor es 1 se produce el proceso hasta llegar al posición 5, si el valor es 2 se activa el temporizador de impulso "Timer 2" de 1500 ms que activa la variable out banda atrás dejando dos piezas 1 sobre la banda transportadora.

La marca pieza 2 activa el temporizador C5 con un máximo de dos, si el valor es 1 se produce el proceso hasta llegar a la posición 5 (ensamble 1), si el valor es 2 entonces se activa un temporizador de impulso "Timer 3" de 1500 ms el cual activará la salida 2 que es el movimiento de 80 mm hacia adelante.

La marca sensor 7 activa la marca pieza 1 en la posición 4, debido que se encuentra ensamblado los dos pares se debe activar la marca motor adelante, el cual activa un temporizador "Timer 6" de 1500 ms el cual activa la variable salida 3 que es salida de los dos pares de piezas ensamblados.

Figura 87. Activación de las marcas de ensamblaje de dos pares



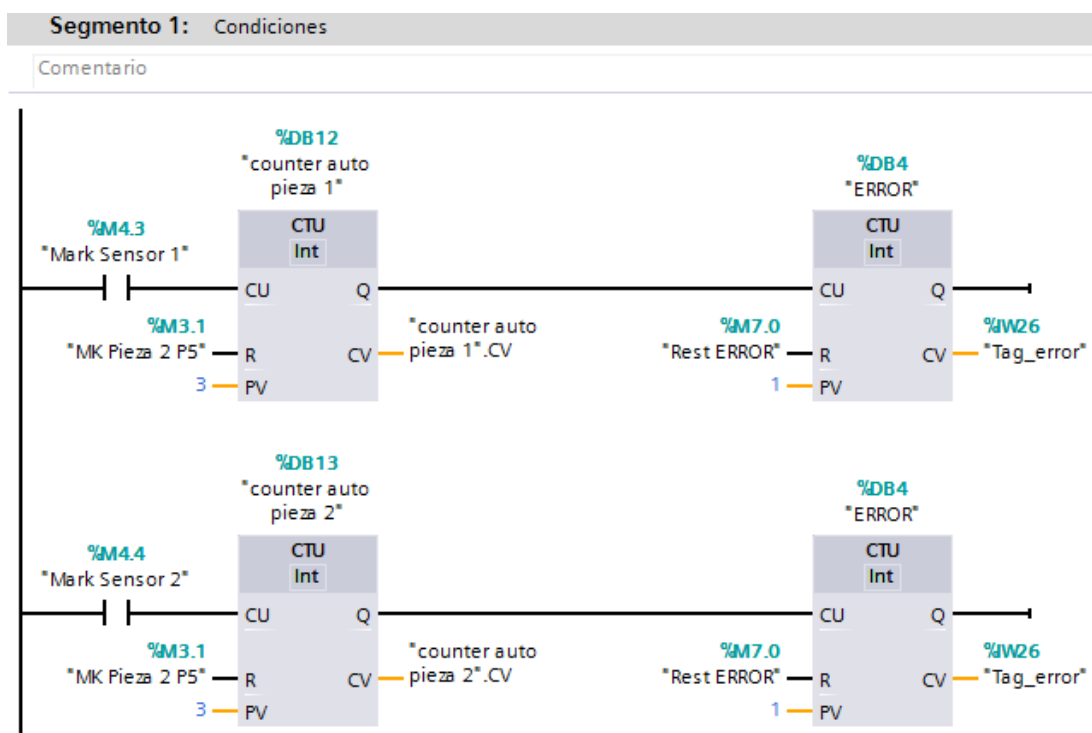
Fuente: Autores

**4.2.2 Programación automática.** Se refiere a que el usuario no interfiere en el proceso en cuanto a tomar decisiones de ensamblaje.

Pues el programa tiene las opciones de ensamblaje de un par y dos pares de piezas a ensamblar, además posee mensajes de ERROR si la secuencia es incorrecta y si la banda se encuentra llena.

A continuación se muestra en el segmento 1 las condiciones de la programación, se muestra la activación de las marcas de la pieza 1 y pieza 2 a contadores independientes, si se da el caso máximo de 3 se activa el contador de error banda llena.

Figura 88. Diagrama Ladder de la programación automática

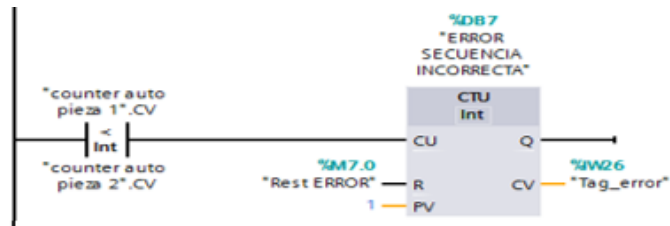


Fuente: Autores

A continuación el segmento comparará el contador pieza 1 con el contador pieza 2.

Si al comparar el contador 2 es mayor que el contador 1 entonces automáticamente se dispara o aparece en la pantalla táctil una ventana de color rojo que diga ERROR SECUENCIA INCORRECTA

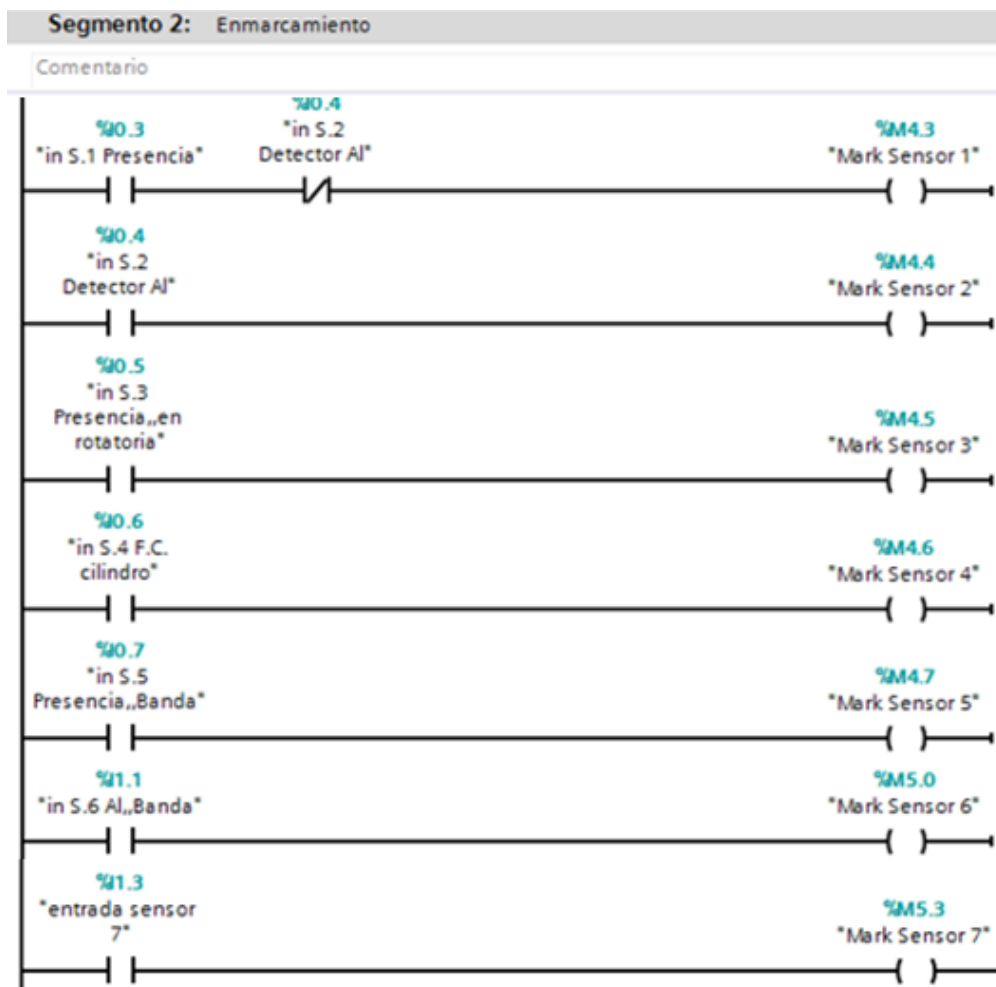
Figura 89. Programación automática, comparación de contadores



Fuente: Autores

A continuación se muestra en el segmento 2 el enmarcamiento de la programación, que se refiere a que mediante la señal de entrada de los sensores S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7 se activan variables a la pantalla táctil para luego utilizar las variables que se encuentren activadas

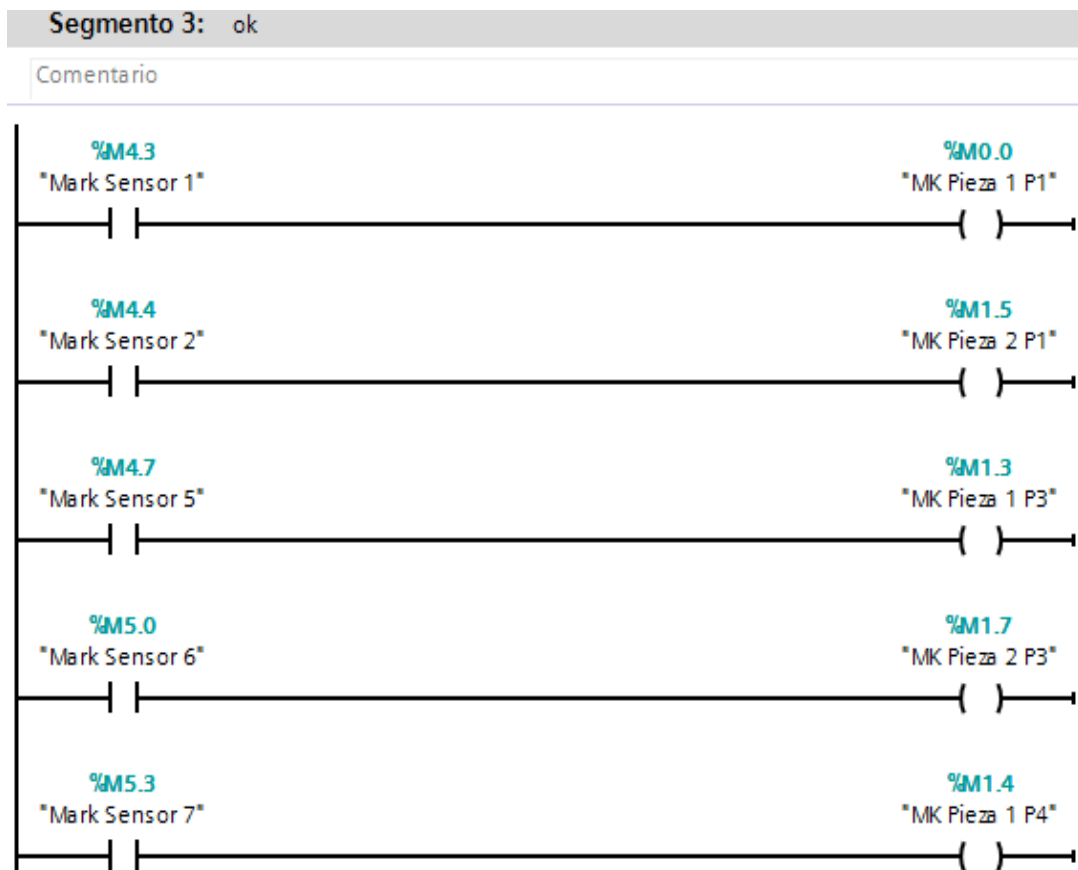
Figura 90. Programación automática, activación de variables para la HMI



Fuente: Autores

A continuación se muestra el segmento 3 que tiene como nombre Ok debido a que en este segmento es en donde el enmarcamiento de los sensores permite la activación de las variables para que se visualicen las piezas en la pantalla táctil en sus respectivas posiciones.

Figura 91. Enmarcamiento de las entradas para visualizarlas en la HMI

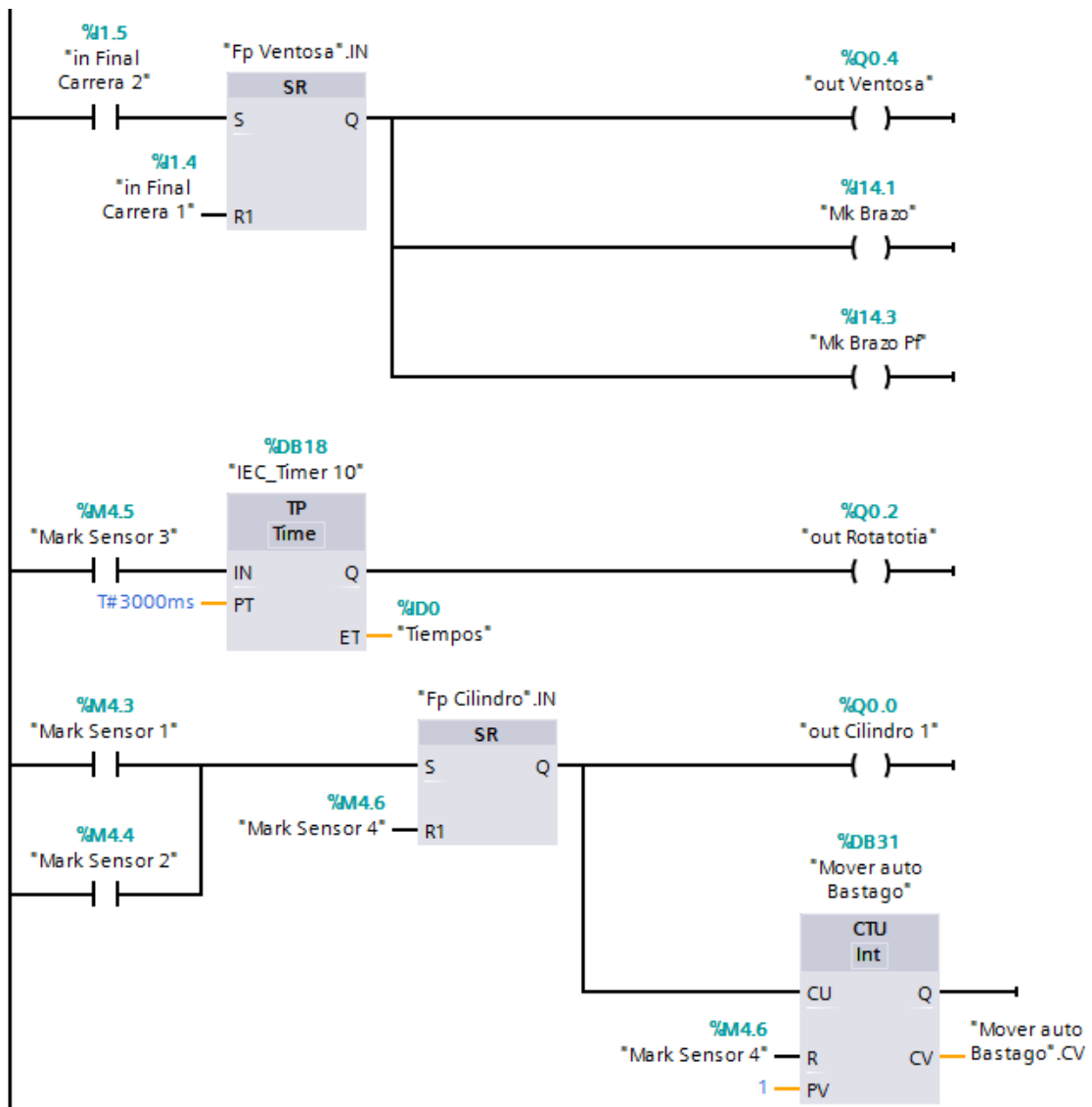


Fuente: Autores

A continuación la señal del final de carrera 2 activa al flip flop (set/ reset) el cual activa a la electroválvula para iniciar la succión de la ventosa, también se activa la marca "brazo" que significa que se oculta la imagen del brazo, al activarse la marca "Brazo Pf" aparece en la pantalla táctil la imagen del brazo en la posición final.

Al activar las marcas sensor 1 o sensor 2 independientemente activaran un flip flop (set/ reset) que activara la señal de la electroválvula para el cilindro neumático, a su vez se activa un contador que cuenta la salida del cilindro y desactiva (reset) al flip flop.

Figura 92. Enmarcamiento de las entradas para visualizarlas en la HMI



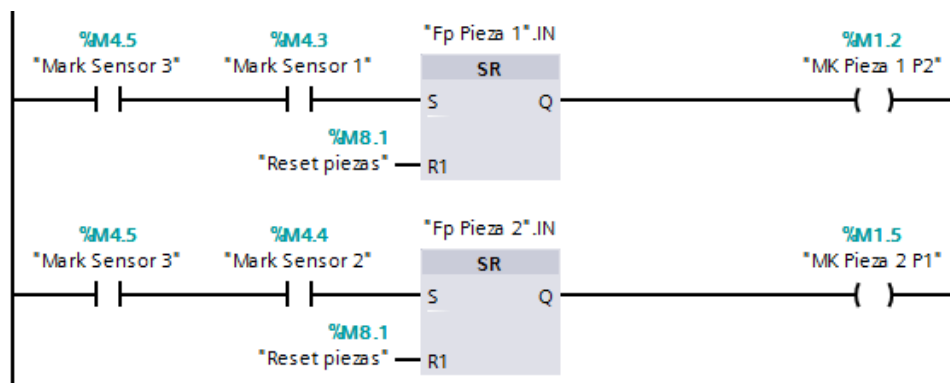
Fuente: Autores

A continuación de muestra el enmarcamiento de las variables para poder visualizar el proceso en la pantalla táctil.

Como las variables marcas sensor 3 y sensor 1 se encuentran activadas estas activan al flip flop (set/reset) que activa la marca pieza 1 P2 es decir en la pantalla táctil aparece la pieza 1 en la posición 2.

Al activar las marcas sensor 3 y sensor 2 se activa al flip flop (set/reset) que activa la marca pieza 2 P1 es decir en la pantalla táctil aparece la pieza 2 en la posición 1.

Figura 93. Enmarcamiento para visualizar las piezas en sus respectivas posiciones

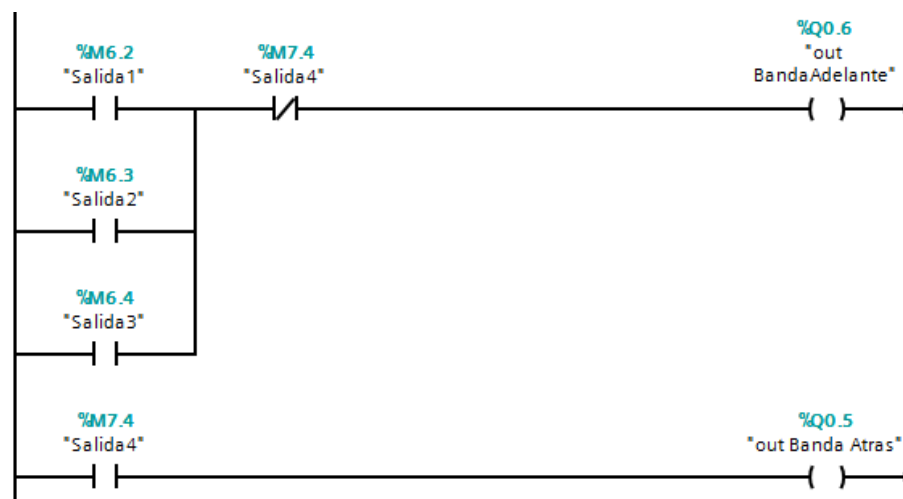


Fuente: Autores

Las variables salida 1, salida 2, salida 3 activarán la salida banda hacia adelante, mientras que la variable salida 4 activará la salida banda hacia atrás es decir moverá la banda una distancia de 80mm

Se tiene por seguridad una variable salida 4 (normalmente cerrada) en serie con las salidas 1, 2 y 3.

Figura 94. Activación de la banda transportadora



Fuente: Autores

En el segmento 4 se produce el ensamblaje de un par de piezas, la marca Sensor 1 activa un contador "counter auto pieza 1" el cual activa una función AND auto 1, la marca sensor 2 activa un contador "counter auto pieza 2" el cual activa una función AND auto



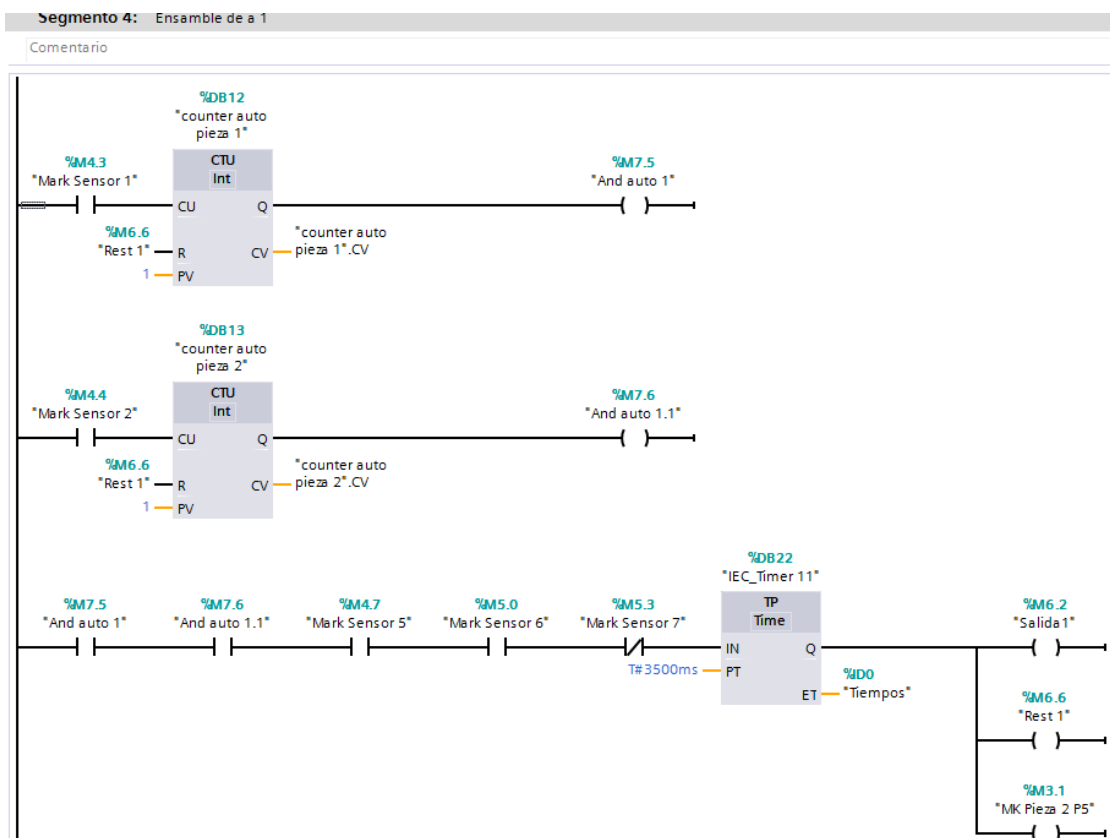
1.1, los dos contadores se desactivan (RESET) con la variable reset 1 y los contadores tienen un máximo de 1

Una vez activado la variable AND auto 1, la pieza 1 llegará hasta la posición P3 en donde detecta la pieza de nylon el sensor 5 y activa la marca sensor 5

Al activar la variable AND auto 1.1 la pieza 2 llegara hasta la posición P3 sobre la pieza 1, en donde detecta la pieza de aluminio el sensor 6 y activa la marca Sensor 6

Las 4 variables activadas a su vez activan al temporizador de impulso con un tiempo de 3500 ms que activa a la salida de la banda y se activa un reset 1 el cual desactiva a los contadores.

Figura 95. Activación de las variables para el ensamble de un par



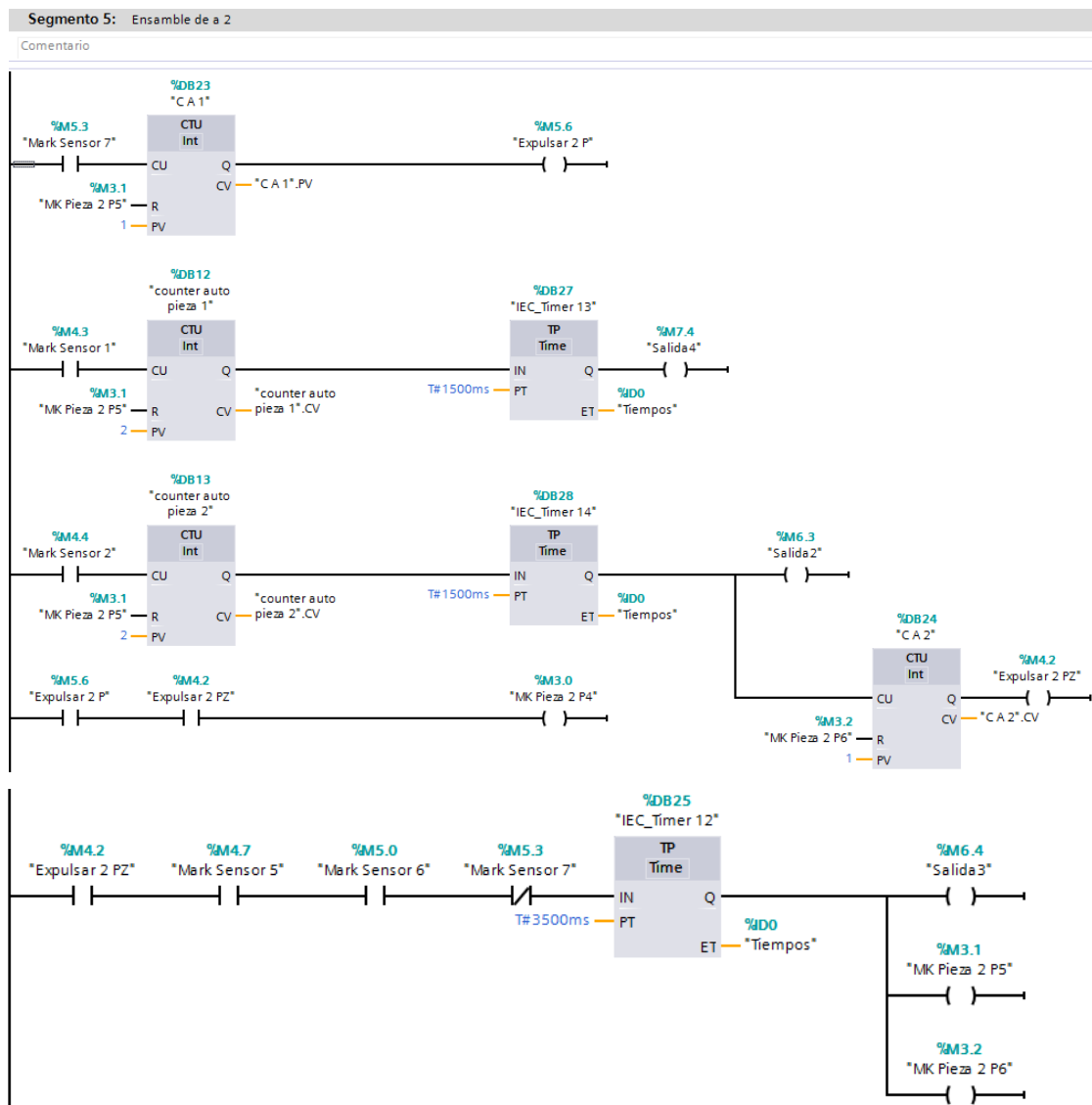
Fuente: Autores

En el segmento 5 se produce el ensamble de dos pares de piezas, la marca sensor 7 activa un contador “CA 1” el cual activa la variable “expulsar 2P”

La marca sensor 1 activa un contador “counter auto pieza 1” el cual activa un temporizador de impulso con un tiempo de 1500 ms el cual activa a la salida 4 (80 mm hacia atrás), la marca sensor 2 activa un contador “counter auto pieza 2” el cual activa un temporizador de impulso con un tiempo de 1500 ms el cual activa a la salida 2 (80 mm hacia delante) los dos contadores se desactivan (RESET) con la variable pieza 2 P5 y los contadores tienen un máximo de 2

Las 3 variables activadas a su vez activan al temporizador de impulso con un tiempo de 3500 ms que activa a la salida 3 de la banda y se activan las marcas pieza 2 P5 y pieza 2 P6.

Figura 96. Activación de las variables para el ensamblaje de 2 pares



Fuente: Autores

### **4.3 Elaboración de guías de práctica para laboratorio entre el PLC SIMATIC S7-1200 y pantalla táctil.**

Las guías de laboratorio del módulo de ensamblaje fueron diseñadas y elaboradas para permitir a los estudiantes acoplarse y familiarizarse con los materiales, equipos y dispositivos que está constituido dicho módulo.

Para ello es indispensable que las personas o los encargados que estén a cargo de las prácticas faciliten los conocimientos y reglas que deben acatar los alumnos para que estos tengan una idea clara y básica acerca de lo que es la automatización industrial y los sistemas neumáticos y de sus aplicaciones dentro del campo laboral y la industria para que dichos estudiantes tengan la capacidad de estar preparados para realizar las respectivas prácticas de laboratorio y a las vez afrontar nuevos retos.

El módulo didáctico de ensamblaje está diseñado para que el usuario manipule de una manera adecuada para evitar accidentes y daños en los equipos, la forma como están realizadas y estructuradas las guías de las prácticas de laboratorio podemos observar a continuación y consta de:

- Tema
- Objetivos
- Marco teórico
- Instrumentos y equipos
- Procedimiento
- Resultados
- Conclusiones

Las guías de las prácticas se hicieron con el fin de que el estudiante conozca, manipule, y entienda el funcionamiento de los equipos que está constituido el módulo de ensamblaje y así aplicar los conocimientos adquiridos durante toda su formación académica y tener la parte práctica que es necesaria para que la formación de profesionales sea dentro de un entorno parecido a una industria,

Para tener una mayor información se puede observar en el ANEXO P.

## CAPÍTULO V

### 5. ANÁLISIS ECONÓMICO

Para realizar un diseño y construcción de un módulo de ensamblaje estamos expuestos a realizar gastos, como la adquisición de equipos, accesorios, materiales y otros elementos necesarios que son indispensables para poder construir el módulo.

#### 5.1 Análisis de costos entre equipos de las mismas características.

Para seleccionar los equipos, es recomendable realizar un análisis de costos entre equipos de las mismas características, para así poder escoger la mejor opción y determinar qué equipo se utilizara al comparar con respecto a precios, disponibilidad en el mercado, calidad, funcionalidad, estado, etc.

Antes de empezar con la comparación de equipos debemos tomar en cuenta que equipos como PLC S7-1200, Pantalla Táctil HMI KTP 600 DP Basic, fuente poder logo, CSM 1277 se obtuvieron en un KIT en la marca SIEMENS, por lo que estuvieron económicamente convenientemente si tomamos en cuenta que se compró en combo y no en forma individual, entonces estos equipos antes mencionados no se analizara la comparación con otras marcas, pero se tomaran en cuenta el costo de los mismos.

En la Tabla 18 para poder así comparar los precios con los demás equipos y materiales con el costo total que se gastaría con cualquiera de las tres opciones que se usaran para la construcción del módulo.

Tabla 19. Análisis de costos de equipos con otros de las mismas características

Equipo	Opción 1	Costo (USD)	Opción 2	Costo (USD)	Opción 3	Costo (USD)
Cilindro giratorio	FESTO	480,50	AIRBEST	260,80	THKPC	95,00
Micro cilindro	FESTO	95,48	AIRBEST	65,29	THKPC	20,68
Generador de vacío	FESTO	180,52	SCHMALZ	120,54	AIRBEST	35,00
Ventosa neumática	AVENTICS	25,30	BELLOWS	30,58	FESTO	12,80
Electroválvulas	AIRBAC	100,86	FESTO	160,23	ASCO	39,80
Pantalla táctil KTP600	SIEMENS	785,01	SIEMENS	785,01	SIEMENS	785,01

Tabla 20. Continuación

PLC S7- 1200	SIEMENS	376,58	SIEMENS	376,58	SIEMENS	376,58
Fuente de poder LOGO	SIEMENS	43,47	SIEMENS	43,47	SIEMENS	43,47
CSM 1277	SIEMENS	138,70	SIEMENS	138,7	SIEMENS	138,70
Sensor inductivo (cuadrado)	ZENSOTEC	45,60	FESTO	60,00	IBEST	15,97
Sensor proximidad capacitivo	FOTEC	65,65	FESTO	98,56	TOKI	15,97
Sensor inductivo M12	AUTONICS	65,00	FESTO	60,25	TOKI	15,97
<b>Total (USD)</b>		<b>2402,67</b>		<b>2200,01</b>		<b>1594,95</b>

Fuente: Autores

Una vez hecha la comparación de los equipos y tomando en cuenta que los equipos que se compraron en kit y sumados a los costos totales de cada opción optamos por escoger la opción 3, se seleccionó dichos equipos de distinta marca por disponibilidad en stock y mercado,

Otro punto importante y específico del porqué se eligieron estos equipos y materiales es por los precios más económicos puesto que para la construcción del módulo de ensamblaje es autofinanciada y lo que se busca es disminuir los precios pero siempre teniendo en cuenta la calidad, funcionalidad de los equipos y materiales que satisfaga las operaciones.

## 5.2 Costos de los Equipos y materiales de la construcción de la máquina

*Costos directos.* Son los gastos por materiales, mano de obra, equipos o maquinarias utilizados y transporte, es decir gastos necesarios y primordiales para poder realizar el proyecto.

Para una mejor especificación y mejor entendimiento de los costos directos de construcción se ha desglosado dichos costos en, costos de equipos eléctricos, costos de equipos neumáticos y costos de equipos mecánicos y otros materiales que se usaron y a que continuación se muestra.

Costos de materiales y equipos eléctricos.

Tabla 21. Costos de materiales y equipos eléctricos

Descripción	Unidad	Precio unidad (USD)	Cantidad	Sub total (USD)
Banda transportadora	Unidad	120,00	1	120,00
Relay MY-2, 24VDC/5A	Unidad	1,95	2	3,90
Base para relay MY-2, 8 PIN	Unidad	0,65	2	1,30
Pulsador CSC 22 mm verde	Unidad	1,51	1	1,51
Pulsador CSC 22 mm rojo	Unidad	1,51	1	1,51
Pulsador 22 MM hongo C/RET rojo	Unidad	1,95	1	1,95
Sensor capacitivo 10-30 VDC NPN	Unidad	15,97	4	63,88
Sensor inductivo M12	Unidad	15,97	2	31,94
Finales de carrera	Unidad	0,95	2	1,90
Sensor inductivo (cuadrado) NPN NA	Unidad	15,97	1	15,97
PLC S7- 1200 1214C AC DC	Unidad	376,58	1	376,58
Pantalla táctil siemens SIMATIC KTP600 DP Basic	Unidad	785,01	1	785,01
CSM 1277	Unidad	188,70	1	188,70
Fuente de poder	Unidad	43,47	1	43,47
Tarjeta de interfaz	Unidad	80,00	2	160,00
Cable de poder	Unidad	1,25	1	1,25
Cables DB25	Unidad	5,00	2	10,00
Interruptor normalmente abierto	Unidad	0,50	2	1,00
Cable flexible N18	metros	0,15	30	4,50
<b>Sub total A (USD)</b>				<b>1814,37</b>

Fuente: Autores

Costos de materiales y equipos neumáticos.

Tabla 22. Costos de materiales y equipos neumáticos

Descripción	Unidad	Precio unidad (USD)	Cantidad	Sub total (USD)
Micro cilindro	Unidad	20,68	1	20,68
Electroválvula 5/2	Unidad	26,50	3	79,50
Cilindro giratorio	Unidad	90,00	1	90,00
Generador de vacío	Unidad	45,00	1	45,00
Ventosa diámetro 15	Unidad	12,80	1	12,80
Racor hembra 1/8x6	Unidad	1,20	1	1,20
Racor recto 1/4x6	Unidad	0,45	8	3,60
Silenciador de 1/4	Unidad	1,30	2	2,60
Tapón 1/4	Unidad	0,98	4	3,92
Reguladores de flujo	Unidad	1,50	3	4,50

Tabla 23. Continuación

Acople cilíndrico	Unidad	0,50	1	0,50
<b>Sub total B (USD)</b>				<b>265,10</b>

Fuente: Autores

Costos equipos mecánicos y otros materiales usados

Tabla 24. Costos de equipos mecánicos y otros materiales usados

Descripción	Unidad	Precio unidad (USD)	Cantidad	Sub total (USD)
Teflón	Unidad	0,25	1	0,25
Canaleta 25x40mm	Unidad	2,25	2	4,50
Terminal puntera 18-16	Unidad	1,67	2	3,34
Banda didáctica de nylon	Unidad	1,25	1	1,25
Pernos hexagonal de 1/2	Unidad	0,12	4	0,48
Pernos hexagonal de 1/4	Unidad	0,08	9	0,72
Pernos hexagonal de 1/8	Unidad	0,15	3	0,45
Tuercas hexagonal 1/2	Unidad	0,06	2	0,12
Tuercas hexagonal 1/8	Unidad	0,08	5	0,40
Tuercas hexagonal 1/4	Unidad	0,03	3	0,09
Tubo chapetero	1/2 m	1,50	1	1,50
Abrazaderas	Unidad	0,50	2	1,00
Perfil de aluminio	Unidad	18,00	3	54,00
Manillas plásticas	Unidad	0,25	3	0,75
Rodamiento	Unidad	1,00	1	1,00
Tiñer	Litros	1,75	1	1,75
Fondo verde	Litros	1,32	1	1,32
Pintura gris preparada	Gal.	3,36	1	3,36
Tapa para tubo chapetero	Unidad	0,18	7	1,26
Tapas para tubo cuadrado	Unidad	0,20	8	1,60
Plaquetas adhesivas	Unidad	0,15	8	1,20
Manguera de polietileno	1(m)	0,20	5	1,00
<b>Sub total C (USD)</b>				<b>81,34</b>

Fuente: Autores

*Mano de obra.* Describe todos los gastos que se realizaron en la construcción del módulo es decir las personas de los talleres mecánicos que se involucraron con los trabajos.

Tabla 25. Costos de mano de obra

Descripción	Horas-hombre	Salario real/hora (USD)	Sub total (USD)
Fresador	8	3,80	30,40
Tornero	4	3,50	14,00
Maestro mecánico	5	3,50	17,50
<b>Sub total D</b>			<b>61,90</b>

Fuente: Autores

*Equipos y herramientas.* Son materiales que se disponen con facilidad y que se usaron para la construcción del módulo, ya que por el uso y el desgaste, se dañan.

Tabla 26. Costos de equipos y herramientas

Descripción	Horas-máquina	Costos/ hora	Sub total (USD)
Taladro manual	1	1,31	1,31
Dobladora de tol	1	1,20	1,20
Tijera de tol	1	0,80	0,80
Amoladora	1	1,22	1,22
Sierra manual	1	0,84	0,84
Herramientas menores	4	1,08	4,32
<b>Sub total E</b>			<b>10,84</b>

Fuente: Autores

**5.2.1** *Costo total directo.* Son los costos de los materiales, equipos y la mano de obra utilizados en la construcción del módulo.

Tabla 27. Costos totales directos

Descripción	Total (USD)
Materiales	2160,81
Mano de obra	81,34
Equipos y herramientas	10,84
<b>Total costos directos (USD)</b>	<b>2252,99</b>

Fuente: Autores

**5.2.2** *Costos indirectos.* Debemos analizar los costos ingenieriles que está relacionado con el control, supervisión, diseño y construcción del módulo.



Tabla 28. Costos indirectos

Costos ingenieriles	Cantidad	Unidad	Precio unitario (USD)	Costo total (USD)
Supervisión	12	Hora	7,00	84,00
Diseño	4	Hora	7,00	28,00
<b>Subtotal (USD)</b>				<b>112,00</b>

Fuente: Autores

Tabla 29. Costos totales indirectos

Costos	Costo total (USD)
Ingenieriles	112,00
Utilidad	0,00
Imprevistos	20,00
<b>Total costo indirecto (USD)</b>	<b>132,00</b>

Fuente: Autores

### 5.3 Análisis de Costos totales

Los costos totales es la consecuencia de sumar los costos directos y los costos indirectos para lo cual el IVA ya está incluido en el precio.

Tabla 30. Costos totales del módulo de ensamblaje

Costos directos	2252,99
Costos indirectos	132,00
<b>Total (USD)</b>	<b>2386,47</b>

Fuente: Autores

### 5.4 Resultados del análisis de los costos

Con el análisis de los costos para la construcción del módulo de ensamblaje el costo total es de 2386,47 (dos mil trescientos ochenta y seis dólares americanos con cuarenta y un centavos de dólar) por lo que el cien por ciento del costo total es financiado por los estudiantes involucrado en el trabajo de tesis por lo que se utilizó equipos y materiales no de una sola marca sino de diferentes tipos de distribuidores por el menor precio pero que cumplen la misma función y con una calidad de funcionamiento muy buena.

## **CAPÍTULO VI**

### **6. MANTENIMIENTO, MANUAL DE OPERACIÓN, Y SEGURIDAD DE LOS EQUIPOS.**

En este capítulo se tratará temas muy importantes como son el manual de operación mantenimiento y la seguridad de los equipos, por lo que este sería un capítulo importante, y de vital importancia de aplicar en los temas antes mencionados para tener una vida útil del módulo de ensamblaje largo.

En el manual de operación se tratará de informar al usuario de cómo funciona el módulo de ensamblaje y los pasos que debe seguir para hacer trabajar dentro del laboratorio y no tener inconvenientes ni problemas.

Ahora en lo que se refiere al mantenimiento del módulo de ensamblaje se realizará un programa de mantenimiento preventivo para los equipos y materiales involucrados en este sistema, también se elaborará fichas de revisión de los equipos y algunas formas para mejorar y alargar la vida útil de los equipos.

En lo que se refiere a seguridad de los equipos relacionaremos con la prevención de manipulación y las normas de seguridad para cada uno de los equipos como se debe manejar los equipos del módulo de ensamblaje.

#### **6.1 Mantenimiento de los equipos y fichas técnicas de los equipos**

Al realizar una inversión considerable para la construcción del módulo de ensamblaje y poder sacarle el máximo provecho al mismo teniendo en cuenta que como en toda máquina ya sea por el uso, el tiempo, y el mal manejo del equipo que se producen cuando está en funcionamiento, sabemos que está expuesta a desgaste, averías, roturas o daños y desajustes del sistema, y esto produce que los equipos no funcionen correctamente los cuales provocarían paros en el servicio y deterioro del equipo y lo que sería peor en estos casos el daño total del módulo para ello lo que se necesita de constantes revisiones e inspecciones, por eso es factible realizar un plan de mantenimiento para disminuir al mínimo las fallas, prolongar la vida útil y la eficiencia, en un tiempo determinado para cada elemento del módulo.

Para realizar una correcta revisión de los equipos se planificara un mantenimiento preventivo es decir revisar, limpiar, e inspeccionar antes, durante y después que se realice alguna práctica de laboratorio, para maximizar la capacidad productiva de los equipos y mantener al mínimo los gastos del módulo.

**6.1.1 Codificación de equipos del módulo de ensamblaje.** La codificación de los equipos sería el punto de partida y clave para realizar cualquier plan de mantenimiento preventivo, y tener en orden los equipos o instrumentos del que está constituido el módulo de ensamblaje, por eso es necesario que para la codificar los equipos nos regiremos exclusivamente a las normas estándares que ya se tienen para otros módulos ya existentes entonces para realizar la fichas de características de los equipos, manual de operación y manuales de mantenimiento que se usan en los laboratorios de la Facultad de Mecánica.

En la codificación de los equipos, como se dijo anteriormente la norma es estándar y es FAME AI-XX00 lo cual a continuación se detalla el significado de cómo estará codificado los equipos del módulo de ensamblaje.

Figura 97. Codificación de los equipos



Fuente: Autores.

Todos los equipos y el módulo en conjunto tienen sus respectivas fichas de codificación, ya que esto es un punto clave para los inventarios dentro del laboratorio de automatización industrial, entonces para una mejor descripción se puede ver en el ANEXO J.

**6.1.2** *Elaboración de fichas técnicas.* Para realizar un mantenimiento preventivo del módulo de ensamblaje adecuado en el laboratorio, es conveniente disponer de fichas técnicas y que el encargado del laboratorio tenga el conocimiento de cómo interpretar y llenar estas fichas las cuales recogerán los datos técnicos, características y especificaciones de los equipos y también de las inspecciones periódicas, averías detectadas y corregidas.

Las fichas técnicas consta de:

- Nombre del equipo
- Codificación del equipo
- Ubicación del equipo
- Datos técnicos del equipo
- Características del equipo
- Partes del equipo
- Imágenes del equipo
- Numero de ficha

Para poder realizar y observar las fichas técnicas de todos los equipos del módulo de ensamblaje, con una mejor descripción y detalle se puede ver en el ANEXO J

## **6.2 Manuales de mantenimiento de los equipos**

El mantenimiento en toda máquina o equipo es importante puesto que gracias a ello se puede dar un óptimo uso y prolongar la vida útil de los instrumentos, o también una revisión e inspección periódica, la cual debe ser corta o larga dependiendo de la complejidad del sistema.

El personal que se encargue del mantenimiento del equipo será la persona que está encargada del laboratorio de automatización por lo que para que exista una facilidad en el mantenimiento realizaremos un plan de mantenimiento preventivo.

Para lo cual hemos realizado en tres partes importantes para una mejor descripción de este capítulo, el cual consta de:

- Estado técnico del módulo de ensamblaje
- Calendario de mantenimiento de equipos

- Tareas de mantenimiento general del módulo de ensamblaje

**6.2.1** *Estado técnico del módulo de ensamblaje.* Antes de realizar cualquier punto debemos primero saber el estado en cual está el módulo y sus equipos en este caso se realizó una tabla en la cual consta el estado en el que se encuentran todos los equipos del sistema, para nuestro caso los equipos son nuevos, por lo que el estado es Bueno, para un mejor detalle se puede observar en el ANEXO L.

**6.2.2** *Calendario de mantenimiento de equipos.* Se denomina el tiempo en que se realizara las inspecciones y revisiones es decir si se las realizara, semanal, mensual o trimestral, y así tener una mejor supervisión hacia los equipos, pero también debemos tomar en cuenta que antes de realizar una práctica de laboratorio en el módulo de ensamblaje debemos revisar que no exista ningún problema o alguna novedad.

Para un mejor detalle se puede observar en el ANEXO L.

**6.2.3** *Tareas de mantenimiento general del módulo de ensamblaje.* En este punto se ejecuta el plan de mantenimiento, es decir, que tipo de mantenimiento se realizara, en nuestro caso se realizara un mantenimiento preventivo, como se debe realizar las revisiones y limpiezas al módulo y a cada uno de los equipos para tener un funcionamiento adecuado y no tener problemas en las prácticas de laboratorio.

Para un mejor detalle se puede observar en el ANEXO L.

Lo pasos anteriormente mencionados se ha hecho por separado uno para el módulo de ensamblaje y la estación de control, para poder facilitar sus revisiones e inspecciones es decir cómo debemos proceder a dichas estaciones y que es lo que debemos realizar, para un mejor detalle se puede observar en el ANEXO L.

### **6.3 Manual de funcionamiento y seguridad del módulo de ensamblaje**

Como en toda máquina o equipo que se adquiere para realizar algún tipo de trabajo o actividad, se debe tener conocimiento de cómo es el funcionamiento para ello los fabricantes entregan un manual de usuario, para que no exista errores y se pueda tener un óptimo trabajo, de acuerdo a esa necesidad tenemos la obligación de realizar una guía de operación del módulo de ensamblaje, manual el cual se especifica en el ANEXO M y también se realizó la guía de operación automática cuando el módulo de

ensamblaje se lo quiera hacer funcionar automáticamente el cual también se especifica en el ANEXO N.

En esta unidad se ha realizado un manual de funcionamiento y seguridad tanto del módulo de ensamblaje en conjunto y de la estación de control la cual se observara el esquema de funcionamiento, la descripción del funcionamiento, y las normas de seguridad para dichos sistemas.

Lo cual se puede ver con más detalle en el ANEXO O.

#### **6.4 Seguridad para los equipos**

La seguridad de los equipos es un parámetro importante que debemos tomar en cuenta antes de empezar a realizar las prácticas con el módulo de ensamblaje debemos conocer siempre las recomendaciones y las normas de seguridad a la que se debe regir los estudiantes y el encargado del laboratorio para poder manipular correctamente para no tener problemas y así evitar inconvenientes y accidentes con los equipos.

El encargado del laboratorio o del funcionamiento del módulo está en la obligación de asegurar que las personas que realicen actividades con el módulo deben estar debidamente capacitados y familiarizados con dicho banco y sus respectivas normas de seguridad.

La seguridad del sistema está basada en advertencias y precauciones para así evitar accidentes y daños que pueden perjudicar el funcionamiento y producir accidentes o daños.

Como sabemos que toda acción o trabajo que se realiza con equipos o maquinas debemos tomar en cuenta algunas normas de seguridad, para la utilización del módulo de ensamblaje utilizaremos ya que los voltajes no son muy altos debemos tomar unas normas de seguridad para respaldar los equipos.

Para tener una seguridad adecuada de los elementos del sistema debemos seguir los siguientes métodos de seguridad que para una mejor comprensión los dividiremos en 3 grupos que mencionaremos a continuación.

- Métodos de seguridad para el módulo de control

- Métodos de seguridad de los equipos neumáticos
- Métodos de seguridad de las partes eléctricas

La seguridad de los equipos son importantes para el manejo, control, manipulación por eso en esta unidad se ha tratado de realizar lo más detallada posible para entendimiento de las personas encargadas de los laboratorios y de los mismos estudiantes, para realizar las respectivas prácticas de laboratorio.

**6.4.1** *Métodos de seguridad para el módulo de control.* El módulo de control es una de las partes más importantes del sistema, ya que en ella se encuentran algunos de los equipos que necesitan de más cuidado y seguridad, los equipos que se encuentran en dicha estación son las siguientes:

- PLC
- Pantalla HMI
- CSM
- LOGO
- Tarjetas de información

Figura 98. Módulo de control



Fuente Autores

**6.4.2** *Métodos de seguridad de los equipos neumáticos.* Los equipos neumáticos del módulo de ensamble están expuestos por lo que cabe recomendar el seguimiento riguroso de normas de seguridad para evitar al operario y al equipo posibles accidentes.

Para todas las especificaciones anteriores y para mejor detalle se puede observar en el ANEXO O y poder evitar daños y tener una buena seguridad en los equipos.

**6.4.3**      *Métodos de seguridad parte eléctrica.* La parte eléctrica del módulo de ensamblaje es la parte más delicada y donde se puede producir accidentes si no se manipula con cuidado puesto que estamos expuestos a descargas eléctricas por lo que es importante conocer las normas de seguridad para cada uno de los equipo y así evitar accidentes y fallas en los equipos por lo vamos a poner a consideración los elementos que vamos a describir.



## **CAPÍTULO VII**

### **7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

#### **7.1 Conclusiones**

Se ha logrado construir un módulo automatizado que satisface las necesidades de ensamblaje con equipos neumáticos, eléctricos y electrónicos

Se diseñó los elementos mecánicos para evitar deformaciones debido a las cargas que actúan en el proceso, verificando los resultados en el programa SolidWorks.

Se seleccionó equipos neumáticos y electro neumáticos que satisfagan las necesidades del equipo teniendo en cuenta la disponibilidad en el mercado nacional.

Se tiene un programa de interfaz entre el PLC y la Pantalla táctil que logra comunicar las entradas recibidas por los sensores en el módulo neumático para tener el control de las salidas del PLC conectadas a los actuadores.

Se diseñó y construyó una tarjeta electrónica para la comunicación entre las entradas y salidas del módulo neumático con las entradas y salidas del PLC, con lo cual se evita la acumulación de conductores y borneras.

Se elaboró fichas técnicas del módulo de ensamblaje, también fichas técnicas en forma individual de los equipos eléctricos, electrónicos y neumáticos que ayudarán al estudiante a familiarizarse con el equipo en cuanto a sus características.

#### **7.2 Recomendaciones**

Utilizar equipos neumáticos y electro neumáticos de buena calidad para el desempeño correcto del equipo.

Diseñar los elementos mecánicos y simularlos en un programa que permita el análisis de las deformaciones teniendo en cuenta el tipo de cargas que actúan.

Tener el control continuo de mantenimiento de acuerdo con la planificación de los equipos neumáticos eléctricos y electrónicos.

Plantear una investigación posterior en cuanto a la programación del PLC debido a los avances tecnológicos.

Siempre tener identificaciones en los conductores que están conectados a las entradas y salidas de las borneras como en los terminales conectados al PLC.

Utilizar los equipos y materiales del módulo de ensamblaje en prácticas de laboratorio con fines de investigación.

Para cada trabajo de sistemas neumáticos como en módulos de aprendizaje se debe utilizar una unidad técnica de mantenimiento al inicio del proceso neumático.

Tener seminarios de seguridad industrial en cuanto a equipos eléctricos y neumáticos, como también conocer en cuanto a la señalización industrial con lo cual se evitaría ocasionar danos y accidentes.

## BIBLIOGRAFÍA

**ABARCA, Patricio. 2008.** El ABC de la automatización Industrial. [En línea] 5 de Mayo de 2008. [Citado el: 04 de enero de 2015.] <http://www.aie.cl/files/file/comites/ca/abc/sistemas-de-control-automatico.pdf>.

**AGUILAR, Domingo PEÑA. 2012.** Dispositivos electrónicos de potencia:Reles. [En línea] 10 de Enero de 2012. [Citado el: 22 de Diciembre de 2014.] [http://www.ugr.es/~amroldan/enlaces/dispo\\_potencia/reles.htm](http://www.ugr.es/~amroldan/enlaces/dispo_potencia/reles.htm).

**AIRBEST. 2012.** Airbest Catálogos. [En línea] 1 de Enero de 2012. [Citado el: 3 de Febrero de 2015.] <http://es.aliexpress.com/item/AIRBEST-Vacuum-generators-durable-pneumatic-components-ACV-10-HS/1874614232.html>.

**AIRWORK. 2013.** Catálogo AIRWORK. [En línea] 27 de Febrero de 2013. [Citado el: 3 de Febrero de 2015.] <http://www.airwork.it/media/pdf/catalog/catalogo-generale.pdf>.

**AUTÓMATA. 2010.** Automata.org. [En línea] 21 de 06 de 2010. [Citado el: 20 de 02 de 2015.] <http://www.automatas.org/foro/viewtopic.php?f=1&t=12349>.

**CABALLANO. 2012.** Ingeniería Organización Industrial , Automatización de Procesos Industriales. *Ingeniería Organización Industrial , Automatización de Procesos Industriales*. [En línea] 12 de Enero de 2012. [Citado el: 22 de Diciembre de 2014.] <http://www.caballano.com/automa.htm>.

**DIAZ, Norbey. 2011.** Diseño e implementación módulo electroneumático. [En línea] 22 de julio de 2011. [Citado el: 03 de enero de 2015.] [http://bibliotecadigital.usbcali.edu.co/jspui/bitstream/10819/357/1/Diseno\\_Implementacion\\_Modulo\\_Hernandez\\_2011.pdf](http://bibliotecadigital.usbcali.edu.co/jspui/bitstream/10819/357/1/Diseno_Implementacion_Modulo_Hernandez_2011.pdf).

**ESCALERA Manuel Jesus, RODRIGUEZ Antonio. 2010.** Actuadores Neumáticos. [En línea] 19 de Enero de 2010. <http://www.uhu.es/rafael.sanchez/ingenieriamaquinas/carpetaapuntes.htm/Trabajos%20IIM%202009-10/Manuel%20Jesus%20Escalera-Antonio%20Rodriguez-Actuadores%20Neumaticos.pdf>.

**ESCALERA, Manuel Jesus. 2010.** Actuadores Neumáticos. [En línea] 19 de Enero de 2010. [Citado el: 10 de Diciembre de 2014.] <http://www.uhu.es/rafael.sanchez/ingenieriamaquinas/carpetaapuntes.htm/Trabajos%20IIM%202009-10/Manuel%20Jesus%20Escalera-Antonio%20Rodriguez-Actuadores%20Neumaticos.pdf>.

**EVILDOSOLA. 2008.** Actuadores. [En línea] 23 de 9 de 2008. [Citado el: 14 de Diciembre de 2014.] <http://www.aie.cl/files/file/comites/ca/abc/actuadores.pdf>.

**FELIX. 2010.** Actuadores Neumáticos. [En línea] 13 de Julio de 2010. [Citado el: 18 de Diciembre de 2014.] [http://www.industrialbarrios.com/ib\\_m\\_articulos/ib\\_pdf/articulo73.pdf](http://www.industrialbarrios.com/ib_m_articulos/ib_pdf/articulo73.pdf).

**FESTO. 2012.** Filtros y silenciadores LFU. *Filtros y silenciadores LFU*. [En línea] 12 de Diciembre de 2012. [Citado el: 20 de Diciembre de 2014.] [https://www.festo.com/cat/pt\\_pt/data/doc\\_es/PDF/ES/LFU\\_ES.PDF](https://www.festo.com/cat/pt_pt/data/doc_es/PDF/ES/LFU_ES.PDF).

**GARCIA, Francisco. 2008.** Control lógico programable PLC. [En línea] 2 de Agosto de 2008. [Citado el: 05 de Enero de 2015.] <http://electricidad.utpuebla.edu.mx/Manuales%20de%20asignatura/5to%20cuatrimestre/Control%20logico%20programable.pdf>.

**JALCANIZ. 2006.** Neumática. [En línea] 4 de Octubre de 2006. [Citado el: 12 de Diciembre de 2014.] [http://fosva.seas.es/docs/t3\\_neumatica.pdf](http://fosva.seas.es/docs/t3_neumatica.pdf).

**LIRA, Manuel. 2011.** Programación del PLC. [En línea] 6 de Febrero de 2011. [Citado el: 06 de Enero de 2015.] <http://www.monografias.com/trabajos-pdf4/programacion-plc/programacion-plc.pdf>.

**MACHADO, MORENO. 2009.** Automatización Electroneumática Industrial. *Automatización Electroneumática Industrial*. [En línea] 6 de Noviembre de 2009. [Citado el: 20 de Diciembre de 2014.] <https://cafemachado.files.wordpress.com/2011/11/apunte-electroneumatica-micro-051.pdf>.

**MAIVANSA. 2006.** Control de procesos. [En línea] 27 de Abril de 2006. [Citado el: 04 de Enero de 2015.] [https://pastranamoreno.files.wordpress.com/2011/03/control\\_procesos-valvulas.pdf](https://pastranamoreno.files.wordpress.com/2011/03/control_procesos-valvulas.pdf).

**MARQUEZ. 2004.** Componentes de manipulación por vacío. [En línea] 23 de Abril de 2004. [Citado el: 16 de Diciembre de 2014.] [http://www.asconumatics.eu/images/site/upload/\\_es/pdf1/p900aES.PDF](http://www.asconumatics.eu/images/site/upload/_es/pdf1/p900aES.PDF).

**Martin, ARAGON MERINO Miguel. 2011.** Tarea 2: Cilindros neumáticos en fluidsim por 14637280. [En línea] 7 de Marzo de 2011. [Citado el: 12 de Diciembre de 2014.] [http://wikifab.dimf.etsii.upm.es/wikifab/index.php/Tarea\\_2:\\_Cilindros\\_neum%C3%A1ticos\\_en\\_fluidsim\\_por\\_14637280](http://wikifab.dimf.etsii.upm.es/wikifab/index.php/Tarea_2:_Cilindros_neum%C3%A1ticos_en_fluidsim_por_14637280).

**MICRO. 2012.** Micro Pdf. [En línea] 1 de Enero de 2012. [Citado el: 3 de Febrero de 2015.] [http://www.microautomacion.com/files/Tecnicas\\_de\\_vacio\\_en\\_la\\_manipulacion.pdf](http://www.microautomacion.com/files/Tecnicas_de_vacio_en_la_manipulacion.pdf).

**MIHAJLOVIC, Dusan. 2009.** Pantalla Táctil. [En línea] 6 de Enero de 2009. [Citado el: 06 de Enero de 2015.] [http://www.mikroe.com/downloads/get/468/es\\_mikroe\\_article\\_basic\\_avr\\_01\\_09.pdf](http://www.mikroe.com/downloads/get/468/es_mikroe_article_basic_avr_01_09.pdf).

**MOLINARI, Norberto. 2009.** Curso sobre Controladores Lógicos. [En línea] 7 de Julio de 2009. [Citado el: 05 de Enero de 2015.] [http://www.edudevices.com.ar/download/articulos/PLC/CURSO\\_PLC\\_01.pdf](http://www.edudevices.com.ar/download/articulos/PLC/CURSO_PLC_01.pdf).

**MORÁN, Ivan. 2011.** *Sistemas neumáticos y Oleoneumáticos*. Riobamba : Espoch, 2011.

**SALAZAR, Rene GUERRERO. 2010.** Fundamentos de mecatrónica. [En línea] 12 de Diciembre de 2010. [Citado el: 3 de Enero de 2015.] <http://www.cnad.edu.mx/sitio/matdidac/md/control/SENSORESPARTE1.pdf>.

**SCHMALZ. 2011.** Componentes de Vacío-Catálogo. [En línea] 8 de Abril de 2011. [Citado el: 17 de Diciembre de 2014.] [http://es.schmalz.com/data/kataloge/01\\_VT/es/01\\_Catalogo-Componentes\\_ES.pdf](http://es.schmalz.com/data/kataloge/01_VT/es/01_Catalogo-Componentes_ES.pdf).

**SIEGLING. 2011.** Cálculo de la banda Transportadora. [En línea] 8 de Agosto de 2011. [Citado el: 3 de Febrero de 2015.] [http://sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2014-06-21\\_09-06-57105684.pdf](http://sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2014-06-21_09-06-57105684.pdf).

**SIEMENS. 2014.** Paneles HMI SIMATIC. [En línea] 23 de Marzo de 2014. [Citado el: 5 de Enero de 2015.] [https://www.automation.siemens.com/salesmaterial-as/brochure/es/brochure\\_panels\\_es.pdf](https://www.automation.siemens.com/salesmaterial-as/brochure/es/brochure_panels_es.pdf).

**SIEMENS, AG. 2012.** SIMATIC STEP 7 en el Totally Integrated Automation Portal. [En línea] 10 de Agosto de 2012. [Citado el: 6 de Enero de 2015.]

[http://www.automation.siemens.com/salesmaterial-as/brochure/en/brochure\\_simatic-step7\\_tia-portal\\_en.pdf](http://www.automation.siemens.com/salesmaterial-as/brochure/en/brochure_simatic-step7_tia-portal_en.pdf).

**STERN. 2007.** Cilindros hidráulicos. [En línea] 12 de Abril de 2007. [Citado el: 5 de Febrero de 2015.] [http://progecad.partcommunity.com/FileService/File/stern/cyl\\_iso\\_6020\\_1\\_sk/sk.pdf](http://progecad.partcommunity.com/FileService/File/stern/cyl_iso_6020_1_sk/sk.pdf).

**UNED. 2005.** Sensores. [En línea] 6 de Abril de 2005. [Citado el: 3 de Enero de 2015.] <http://www.unet.edu.ve/~ielectro/sensores.pdf>.

**VELASQUEZ, Luis. 2007.** Relés electromagnéticos. *Relés electromagnéticos*. [En línea] 3 de Marzo de 2007. [Citado el: 22 de Diciembre de 2014.] [http://www.velasquez.com.co/aplicaciones/AN\\_Reles\\_electromagneticos.pdf](http://www.velasquez.com.co/aplicaciones/AN_Reles_electromagneticos.pdf).

**VILCHES, Enrique. 2011.** Contadores y actuadores. [En línea] 27 de Noviembre de 2011. [Citado el: 21 de Diciembre de 2014.] <http://www.upnfm.edu.hn/bibliod/images/stories/xtindustrial/libros%20de%20electricidad/Controles%20Electromecanicos/CONTACTORES%20Y%20ACTUADORES.pdf>.

**WIKIPEDIA. 2014.** Cinta Transportadora. [En línea] 12 de Diciembre de 2014. [Citado el: 16 de Diciembre de 2014.] [https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Cinta\\_transportadora&gettingStartedReturn=true](https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Cinta_transportadora&gettingStartedReturn=true).

**Wikipedia. 2015.** Diagrama de Grafcet. *Wikipedia*. [En línea] 23 de 01 de 2015. [Citado el: 20 de 02 de 2015.] <http://es.wikipedia.org/wiki/GRAF CET>.

**ZABALA, RODRIGUEZ Cristina Isabel. 2014.** Válvulas Electroneumáticas y Ejemplos de Funcionamiento. *Válvulas Electroneumáticas y Ejemplos de Funcionamiento*. [En línea] 8 de Agosto de 2014. [Citado el: 21 de Diciembre de 2014.] [http://kosmos.upb.edu.co/web/uploads/articulos/%28A%29\\_Recurso\\_de\\_AutoAprendizaje\\_Tecnologia\\_Fluidica\\_Valvulas\\_Electroneumaticas\\_y\\_Ejemplos\\_de\\_Funcionamiento\\_1595.pdf](http://kosmos.upb.edu.co/web/uploads/articulos/%28A%29_Recurso_de_AutoAprendizaje_Tecnologia_Fluidica_Valvulas_Electroneumaticas_y_Ejemplos_de_Funcionamiento_1595.pdf).