



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE  
CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA  
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**“ELABORACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN  
MÓDULO CON PLC PARA LA SIMULACIÓN DEL  
PROCESO DE SELECCIÓN Y POSICIONAMIENTO DE  
MATERIALES PARA LA ESCUELA DE INGENIERÍA  
INDUSTRIAL DE LA ESPOCH”**

**BENALCAZAR ARROYO ALVARO JAVIER  
LUZÓN JIMÉNEZ HENRY PATRICIO**

**TESIS DE GRADO**

Previo a la obtención del título de:

**INGENIERO INDUSTRIAL**

**RIOBAMBA-ECUADOR**

**2015**

**ESPOCH**

Facultad de Mecánica

---

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS**

---

2013-09-26

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

**ALVARO JAVIER BENALCAZAR ARROYO**

---

Titulada:

**“ELABORACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO CON PLC PARA LA SIMULACIÓN DEL PROCESO DE SELECCIÓN Y POSICIONAMIENTO DE MATERIALES PARA LA ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA ESPOCH”**

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

**INGENIERO INDUSTRIAL**

---

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

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

---

Ing. Jhonny Orozco Ramos  
DIRECTOR DE TESIS

---

Ing. Marco Santillán Gallegos  
ASESOR DE TESIS

**ESPOCH**

Facultad de Mecánica

---

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS**

---

2013-09-26

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

**HENRY PATRICIO LUZÓN JIMÉNEZ**

---

Titulada:

**“ELABORACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO CON PLC PARA LA SIMULACIÓN DEL PROCESO DE SELECCIÓN Y POSICIONAMIENTO DE MATERIALES PARA LA ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA ESPOCH”**

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

**INGENIERO INDUSTRIAL**

---

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

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

---

Ing. Jhonny Orozco Ramos  
DIRECTOR DE TESIS

---

Ing. Marco Santillán Gallegos  
ASESOR DE TESIS

---

## CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

---

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE: ALVARO JAVIER BENALCAZAR ARROYO**

**TÍTULO DE LA TESIS: “ELABORACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO CON PLC PARA LA SIMULACIÓN DEL PROCESO DE SELECCIÓN Y POSICIONAMIENTO DE MATERIALES PARA LA ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA ESPOCH”**

**Fecha de Examinación: 2015-03-06**

### RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Carlos Santillán Mariño PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Jhonny Orozco Ramos DIRECTOR DE TESIS			
Ing. Marco Santillán Gallegos 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. Carlos Santillán Mariño  
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

---

## CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

---

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE: HENRY PATRICIO LUZÓN JIMÉNEZ**

**TÍTULO DE LA TESIS: “ELABORACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO CON PLC PARA LA SIMULACIÓN DEL PROCESO DE SELECCIÓN Y POSICIONAMIENTO DE MATERIALES PARA LA ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA ESPOCH”**

**Fecha de Examinación: 2015-03-06**

### RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Carlos Santillán Mariño PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Jhonny Orozco Ramos DIRECTOR DE TESIS			
Ing. Marco Santillán Gallegos 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. Carlos Santillán Mariño  
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, Escuela de Ingeniería Industrial 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.

---

Alvaro Javier Benalcazar Arroyo

---

Henry Patricio Luzón Jiménez

## **DEDICATORIA**

Este proyecto de Tesis está dedicado a mis padres Joffre Benalcazar y Juana Arroyo, pilares fundamentales en mi vida. Sin ellos, jamás hubiese podido conseguir lo que hasta ahora. Su firmeza y lucha insaciable han hecho de ellos el gran ejemplo a seguir y destacar, no solo para mí, sino para mis hermanos y familia en general. También dedico este proyecto a mi novia, Tania Bastidas, compañera inseparable de cada emprendimiento. Ella representó gran esfuerzo en momentos de decline y cansancio. A ellos este proyecto, que sin ellos, no hubiese podido ser.

**Alvaro Javier Benalcazar Arroyo**

En el siguiente trabajo quiero hacer un especial reconocimiento a quienes con apoyo, paciencia, tiempo y motivación me supieron guiar para cumplir un reto más en mi vida, ya que sin ellos jamás lo hubiese logrado.

Se lo dedico a Dios por darme salud y vida, a mi hijo Henry David Luzón Reyes que es un pilar fundamental en mi vida, a mi madre Teotista Jiménez, por haberme inculcado valores como el respeto, lealtad, paciencia a mis hermanos y hermanas que siempre han estado a mi lado y me han brindado su apoyo incondicional en todo momento.

**Henry Patricio Luzón Jiménez**

## **AGRADECIMIENTO**

Mi eterno agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Mecánica, en especial a la Escuela de Ingeniería Industrial, por brindarme la oportunidad de obtener una profesión y ser una persona útil a la sociedad.

Agradezco al Ing. Jhonny Orozco y al Ing. Marco Santillán, por brindarme su amistad y asesoramiento en la tesis, quienes con la ayuda de su experiencia se pudo culminar con el presente trabajo de tesis.

**Alvaro Javier Benalcazar Arroyo**

Agradezco a Dios por darme fortaleza para lograr mis metas, a mi familia por brindarme todo el apoyo, cariño, comprensión y confianza para ver culminado una etapa más de mi vida.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Escuela de Ingeniería Industrial, por la excelente preparación académica y por la oportunidad de obtener una profesión.

Agradezco al Ing. Jhonny Orozco e Ing. Marco Santillán, por brindarme su amistad y asesoramiento en la tesis, quienes con la ayuda de su conocimiento y experiencia se lograron elaborar el presente documento.

**Henry Patricio Luzón Jiménez**



# CONTENIDO

	Pág.
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
1.1 Antecedente .....	1
1.2 Justificación.....	1
1.3 Objetivos .....	2
1.3.1 <i>Objetivo general.</i> .....	2
1.3.2 <i>Objetivos específicos.</i> .....	2
<b>2. MARCO TEÓRICO</b> .....	3
2.1 PLC`S S7-200 .....	3
2.2 Características y aplicaciones de los PLC S7-200.....	4
2.2.1 <i>Lenguajes de Bajo Nivel.</i> .....	4
2.2.1.1 <i>Lenguajes de Máquina.</i> .....	4
2.2.1.2 <i>Lenguajes.</i> .....	4
2.2.2 <i>Lenguajes de Alto Nivel.</i> .....	4
2.2.3 <i>Elementos principales para programar un PLC.</i> .....	5
2.3 Principio de funcionamiento y componentes .....	6
2.3.1 <i>Estructura del PLC.</i> .....	6
2.3.1.1 <i>Fuente de alimentación.</i> .....	7
2.3.1.2 <i>Módulos o interfaces de Entrada y Salida (E/S).</i> .....	7
2.3.1.3 <i>Módulos de memorias.</i> .....	7
2.3.1.4 <i>Unidad de programación.</i> .....	8
2.3.1.5 <i>Funcionamiento del CPU.</i> .....	8
2.3.2 <i>Partes de un PLC.</i> .....	9
2.3.2.1 <i>Sección Operativa (SO).</i> .....	9
2.3.2.2 <i>Sección de Comando (SC).</i> .....	9
2.3.3 <i>Componentes</i> .....	10
2.3.3.1 <i>Entradas.</i> .....	10
2.4 Software de arranque de los PLC S7-200.....	11
2.5 Electroneumática.....	13
2.5.1 <i>Dispositivos que participan en un sistema electroneumático básico.</i> .....	13
2.5.2 <i>Electroválvulas.</i> .....	14
2.5.2.1 <i>Electroválvula 2/2 vías monoestable.</i> .....	14
2.5.2.2 <i>Electroválvula 3/2 vías monoestable.</i> .....	14
2.5.2.3 <i>Electroválvula 4/2 vías monoestable.</i> .....	14
2.5.2.4 <i>Electroválvula 5/2 vías monoestable.</i> .....	15
2.5.2.5 <i>Electroválvula 4/2 vías monoestable.</i> .....	15
2.6 Interruptores y contactos .....	16
2.7 Lenguaje de programación .....	16
2.7.1 <i>Lenguaje de programación AWL.</i> .....	17
2.7.2 <i>Lenguaje de programación FUP.</i> .....	17
2.7.3 <i>Lenguaje de programación KOP.</i> .....	18
2.7.3.1 <i>Programar en KOP.</i> .....	18
<b>3. DISEÑO Y MONTAJE DEL MÓDULO DEL LABORATORIO</b> .....	20
3.1 Descripción general del módulo y proceso a automatizar .....	20
3.1.1 <i>Descripción del módulo.</i> .....	20
3.1.2 <i>Descripción de las probetas a seleccionar.</i> .....	20
3.2 Estudio de alternativas .....	21
3.2.1 <i>Sistema A.</i> .....	21
3.2.1.1 <i>Alternativas para el sistema A.</i> .....	21

3.2.1.2	<i>Criterios de selección para el sistema de transporte lineal de probetas.</i>	23
3.2.2	<i>Sistema B.</i>	26
3.2.2.1	<i>Alternativas para el sistema B.</i>	26
3.2.2.2	<i>Criterios de selección para sistema de transporte rotativo de probetas.</i>	27
3.3	<i>Diseño del módulo de selección y posicionamiento de materiales.</i>	30
3.4	<i>Selección de equipos.</i>	31
3.4.1	<i>Selección de ventosa.</i>	31
3.4.1.1	<i>Parámetros para la selección de una ventosa.</i>	31
3.4.1.2	<i>Determinación del diámetro y fuerza de aspiración de la ventosa.</i>	31
3.4.2	<i>Selección del generador de vacío.</i>	38
3.4.3	<i>Selección del actuador rotativo.</i>	39
3.4.4	<i>Selección de la banda transportadora.</i>	39
3.4.5	<i>Selección del motor.</i>	41
3.4.6	<i>Selección de cilindros neumáticos.</i>	44
3.4.6.1	<i>Selección del cilindro A.</i>	44
3.4.6.2	<i>Selección de cilindros (B, C, D, E).</i>	50
3.4.7	<i>Selección de sensores.</i>	52
3.4.7.1	<i>Selección de sensor para probetas de aluminio.</i>	52
3.4.7.2	<i>Selección de sensor para probetas de duralom.</i>	52
3.4.8	<i>Selección de silenciadores neumático.</i>	53
3.4.9	<i>Selección de racores.</i>	53
3.4.10	<i>Selección de la unidad de mantenimiento.</i>	54
3.4.11	<i>Selección de electroválvulas.</i>	54
3.4.11.1	<i>Selección de electroválvulas para control de cilindros de doble efecto.</i>	55
3.4.11.2	<i>Selección de electroválvulas para control de generadores de vacío.</i>	56
3.4.12	<i>Selección de PLC.</i>	57
3.5	<i>Montaje del módulo didáctico.</i>	59
3.5.1	<i>Diseño de la estructura del módulo.</i>	59
3.5.2	<i>Diseño del manipulador neumático de brazo giratorio.</i>	59
3.5.3	<i>Diseño del manipulador neumático de dos ejes.</i>	60
3.5.4	<i>Diseño de rampa para probetas y base de cilindro de doble efecto.</i>	61
3.5.5	<i>Diseño de la banda transportadora.</i>	62
3.5.6	<i>Diseño de la bandeja para reciclaje de probetas.</i>	62
3.5.7	<i>Montaje del módulo de selección y posicionamiento de materiales.</i>	63
3.6	<i>Análisis estático.</i>	64
3.6.1	<i>Análisis de manipulador neumático de dos ejes.</i>	64
3.6.1.1	<i>Análisis de la viga.</i>	64
3.6.1.2	<i>Análisis de la columna.</i>	69
3.6.2	<i>Análisis estructural de manipulador neumático de brazo giratorio.</i>	70
3.6.3	<i>Análisis de esfuerzos del acrílico.</i>	78
3.7	<i>Montaje del PLC S7-200.</i>	79
3.7.1	<i>Montaje del PLC en un raíl DIN y caja térmica.</i>	79
3.8	<i>Diseño eléctrico.</i>	80
3.9	<i>Diseño electroneumático.</i>	82
3.10	<i>Diagrama de instalación del PLC.</i>	84
3.11	<i>Instalación de software.</i>	86
3.11.1	<i>Instrucciones previas a la instalación.</i>	86
3.11.2	<i>Instalación del software.</i>	86
3.12	<i>Elaboración de la programación en STEP 7 MICRO/WIN.</i>	87
3.13	<i>Interfaz ordenador-PLC.</i>	94
3.14	<i>Pruebas y puesta a punto del módulo de selección y posicionamiento de materiales.</i>	98
3.15	<i>Mediciones y monitoreo.</i>	99
3.15.1	<i>Medición y monitoreo de cilindro de doble vástago y cilindro de doble efecto.</i>	99

3.15.2	<i>Medición y monitoreo de generador de vacío #1.</i>	100
3.15.3	<i>Medición y monitoreo de generador de vacío #2.</i>	100
3.15.4	<i>Medición y monitoreo del actuador rotante.</i>	100
3.15.5	<i>Medición y monitoreo del cilindro de elevación #1.</i>	100
3.15.6	<i>Medición y monitoreo del cilindro de elevación #2.</i>	100
3.15.7	<i>Medición y monitoreo del cilindro selector.</i>	100
3.15.8	<i>Medición y monitoreo del motor.</i>	101
3.15.9	<i>Resultados de medición y monitoreo</i>	101
<b>4.</b>	<b>MANUAL DE OPERACIÓN, DE MANTENIMIENTO Y GUIAS DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO</b>	102
4.1	Introducción	102
4.2	Objetivos	102
4.3	Nomenclatura	103
4.4	Generalidades	104
4.5	Seguridad	104
4.5.1	<i>Riesgo mecánico.</i>	105
4.5.2	<i>Riesgo eléctrico.</i>	106
4.5.3	<i>Riesgo químico.</i>	106
4.6	Componentes principales y guía de procesos	107
4.7	Previsiones tareas de mantenimiento	114
4.7.1	<i>Materiales básicos para el mantenimiento.</i>	115
4.7.2	<i>Herramientas básicas para el mantenimiento.</i>	116
4.7.3	<i>Equipos básicos para el mantenimiento.</i>	117
4.8	Plan de mantenimiento	118
4.8.1	<i>Estudiar.</i>	119
4.8.2	<i>Planificación del trabajo.</i>	120
4.8.3	<i>Programación del trabajo.</i>	126
4.8.4	<i>Lanzamiento.</i>	127
4.8.5	<i>Ejecución del trabajo.</i>	128
4.8.6	<i>Cierre de la orden de trabajo.</i>	129
4.8.7	<i>Generación de informes.</i>	130
4.8.8	<i>Análisis de informes.</i>	131
4.9	Tablas indicativas de fallas, causas y soluciones	132
4.10	Guía práctica de aplicación	134
<b>5.</b>	<b>COSTOS</b>	138
5.1	Análisis de costos	138
5.1.1	<i>Análisis de costos directos.</i>	138
5.1.1.1	<i>Costos neumáticos.</i>	138
5.1.1.2	<i>Costos eléctricos.</i>	139
5.1.1.3	<i>Costos mecánicos.</i>	139
5.1.1.4	<i>Costos por maquinaria.</i>	140
5.1.1.5	<i>Costos directos totales.</i>	140
5.1.2	<i>Análisis de costos indirectos.</i>	140
5.1.3	<i>Costos totales.</i>	140
<b>6.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	141
6.1	Conclusiones	141
6.2	Recomendaciones	141

## BIBLIOGRAFÍA

## PLANOS

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
1	Lenguajes principales para programar un PLC..... 5
2	Determinación del peso específico de cada criterio.....24
3	Evaluación del criterio mantenimiento .....24
4	Evaluación del criterio costo.....25
5	Evaluación del criterio instalación .....25
6	Evaluación del criterio sujeción .....25
7	Conclusiones .....26
8	Determinación del peso específico de cada criterio.....28
9	Evaluación del criterio mantenimiento .....28
10	Evaluación del criterio regulación .....29
11	Evaluación del criterio costo.....29
12	Evaluación del criterio precisión .....29
13	Evaluación del criterio sujeción .....29
14	Conclusiones .....30
15	Catalogo comercial para selección de ventosas.....34
16	Coefficientes de fricción .....36
17	Catalogo comercial para selección de ventosas.....37
18	Característica de ventosa.....37
19	Valores indicativos para caudal volumétrico y capacidad de aspiración .....38
20	Generadores de vacío AIERBEST .....38
21	Características del generador de vacío .....39
22	Características del actuador rotativo .....39
23	Tipo de bandas transportadoras.....40
24	Resistencias químicas y aplicaciones de las bandas transportadoras.....40
25	Características técnicas de la banda transportadora.....40
26	Características del Motor reductor eléctrico .....44
27	Diámetros estándar de cilindros con vástago doble SMC serie CQ2W .....47
28	Carreras estándares de cilindros con vástago doble SMC serie CQ2W .....48
29	Características del cilindro doble efecto con doble vástago A .....48
30	Diámetros estándares de cilindros neumáticos compactos SMC serie CQ2.....50
31	Carreras estándares de cilindros compactos SMC serie CQ2 .....50
32	Diámetros de cilindros (B, C, D, E).....51
33	Características del Sensor inductivo .....52
34	Características del Sensor capacitivo.....53
35	Características del silenciador neumático .....53
36	Características de los racores .....54
37	Características de la unidad de mantenimiento .....54
38	Características de electroválvula 5/2 monoestable.....55
39	Características de válvula de solenoide 2/2 .....56
40	Nomenclatura para los elementos de entradas .....57
41	Nomenclatura para los elementos de salida.....57
42	Tipos de CPU de PLC'S S7-200.....58
43	Características PLC SIMATIC S7-200 CPU 224XP .....58

44	Nomenclatura de accesorios eléctricos del módulo .....	80
45	Accesorios eléctricos y neumáticos del diseño electroneumático .....	82
46	Nomenclatura para los elementos de entradas .....	84
47	Nomenclatura para los elementos de salida .....	84
48	Símbolos de Network 1 .....	87
49	Símbolos de Network 2 .....	88
50	Símbolos de Network 3 .....	89
51	Símbolos de Network 4 .....	89
52	Símbolos de Network 5 .....	90
53	Símbolos de Network 6 .....	91
54	Símbolos de Network 7 .....	91
55	Símbolos Network 8 .....	92
56	Símbolos de Network 9 .....	93
57	Símbolos de Network 10 .....	93
58	Símbolos de Network 11 .....	94
59	Símbolos de Network 12 .....	94
60	Tiempos de conexión y desconexión de electroválvulas .....	101
61	Componentes principales 1-5.....	107
62	Componentes principales 2-5.....	108
63	Componentes principales 3-5.....	109
64	Componentes principales 4-5.....	110
65	Componentes principales 5-5.....	111
66	Diagrama de procesos .....	112
67	Diagrama de procesos .....	113
68	Banco de tareas de mantenimiento .....	119
69	Ejecución de las tareas de mantenimiento .....	120
70	Homogenización de las tareas de mantenimiento .....	126
71	Orden de trabajo .....	127
72	Recepción de elementos para mantenimiento urgente.....	128
73	Historial de averías .....	129
74	Registro Histórico.....	130
75	Análisis de informes .....	131
76	Fallas, Causas y soluciones .....	132
77	Costos neumáticos.....	138
78	Costos eléctricos.....	139
79	Costos mecánicos.....	139
80	Costos de maquinaria .....	140
81	Costos directos totales .....	140
82	Costos indirectos totales .....	140
83	Costos totales .....	140

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
1 PLC S7-200 .....	3
2 Lenguajes de programación .....	4
3 Estructura de un Controlador Lógico Programable .....	6
4 Funcionamiento del CPU .....	8
5 STEP 7- Micro/WIN .....	12
6 Electroválvula 2/2 vías monoestable .....	14
7 Electroválvula 3/2 vías monoestable .....	14
8 Electroválvula 4/2 vías monoestable .....	15
9 Electroválvula 5/2 vías monoestable .....	15
10 Electroválvula 5/2 vías biestable .....	15
11 Tipos de interruptores y contactos.....	16
12 Lenguajes de programación .....	17
13 Lenguaje de programación FUP.....	17
14 Lenguaje de programación KOP .....	18
15 Características de las probetas .....	20
16 Manipulador eléctrico- neumático de dos ejes.....	21
17 Manipulador neumático de dos ejes .....	22
18 Manipulador neumático de dos ejes .....	23
19 Manipulador neumático de brazo giratorio.....	26
20 Manipulador neumático de brazo giratorio.....	27
21 Diseño Inicial.....	30
22 Curva de vacío en función de la presión de trabajo.....	32
23 Equilibrio de fuerzas.....	33
24 Equilibrio de fuerzas.....	35
25 Ventosa.....	37
26 Generadores de vacío AIERBEST .....	38
27 Actuador rotativo .....	39
28 Sistema de la banda transportadora.....	41
29 Esquema de la banda transportadora .....	42
30 Motor reductor eléctrico DC.....	44
31 Esquema del cilindro A.....	45
32 Cilindro de doble efecto con doble vástago A.....	48
33 Sensor inductivo.....	52
34 Sensor capacitivo .....	52
35 Silenciador neumático .....	53
36 Racores.....	53
37 Unidad de mantenimiento .....	54
38 Electroválvula 5/2 monoestable.....	55
39 Válvula de solenoide 2/2 .....	56
40 PLC SIMATIC S7-200 CPU 224XP .....	58
41 Estructura del módulo. ....	59
42 Manipulador de neumático de brazo giratorio.....	60
43 Manipulador neumático de dos ejes .....	61

44	Rampa para probetas y base de cilindro de doble efecto .....	61
45	Banda transportadora.....	62
46	Bandeja para reciclaje de probetas .....	62
47	Montaje del módulo de selección y posicionamiento de materiales .....	63
48	Manipulador neumático de dos ejes .....	64
49	Diagrama de cuerpo libre de la viga .....	64
50	Análisis de corte 1 en la viga.....	65
51	Análisis de corte 2 en la viga.....	66
52	Diagrama de esfuerzo cortante .....	67
53	Diagrama de máximo momento flector .....	67
54	Momento de inercia.....	68
55	Diagrama de cuerpo libre de la columna .....	69
56	Manipulador neumático de brazo giratorio.....	70
57	Diagrama de cuerpo libre de acrílico superior .....	71
58	Diagrama de esfuerzo cortante .....	71
59	Diagrama de máximo momento flector .....	71
60	Momento de inercia.....	72
61	Propiedades del acrílico .....	72
62	Primer Eje .....	73
63	Esfuerzo cortante .....	74
64	Máximo momento flector .....	74
65	Diagrama de cuerpo libre acrílico inferior .....	75
66	Esfuerzo cortante .....	75
67	Máximo momento flector .....	76
68	Análisis del segundo eje.....	77
69	Momento flector .....	77
70	Análisis de esfuerzos en el acrílico.....	78
71	Análisis de desplazamiento estático en el acrílico .....	79
72	Montaje del PLC S7-200 en un rail DIN.....	79
73	Diseño eléctrico.....	81
74	Diseño electroneumático del módulo.....	83
75	Diagrama de instalación del PLC .....	85
76	Programación de Network 1 .....	87
77	Programación de Network 2.....	88
78	Programación de Network 3.....	89
79	Programación de Network 4.....	89
80	Programación de Network 5.....	90
81	Programación de Network 6.....	90
82	Programación de Network 7 .....	91
83	Programación de Network 8.....	92
84	Programación de Network 9.....	92
85	Programación de Network 10.....	93
86	Programación de Network 11 .....	93
87	Programación de Network 12.....	94
88	Software STEP 7 MICRO/WIN 32 .....	95
89	Comunicación PLC y ordenador.....	95
90	Interface PG/PC .....	96
91	Comunicación PLC y ordenador.....	96

92	Comunicación PLC y ordenador.....	97
93	Software STEP 7 MICRO/WIN 32 .....	97
94	Cargar programación en CPU .....	98
95	Flujo de trabajo de mantenimiento .....	118



## SIMBOLOGÍA

FH	Fuerza de sujeción teórica	N
$F_t$	Fuerza teórica	N
P	Presión de trabajo	Pa
W	Velocidad angular	rad/s
P	Presión	Pa
V	Consumo de Aire	L/h
W	Peso	N
P	Densidad	kg/m <sup>3</sup>
D	Diámetro del cilindro	Cm
$F_e$	Fuerza efectiva	N
$F_r$	Fuerza de rozamiento	N
$m_t$	Masa total a vencer	kg
d	Distancia	M
T	Tiempo	S
M	Máximo momento flector	N/mm
Sy	Limite elástico	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_{max}$	Esfuerzo máximo a flexión	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_{adm}$	Esfuerzo máximo admisible	N/mm <sup>2</sup>

## LISTA DE ABREVIACIONES

PLC	Controlador Lógico Programable
CPU	Unidad de procesamiento central
E/S	Módulos de interfaces de entradas/salidas
SO	Sección operativa
SC	Sección de comando
VCA	Voltios de corriente Alterna
VCC	Voltios de corriente directa
AWL	Lista de instrucciones
FUP	Bloques de funciones
KOP	Esquema de contactos
I	Entradas al PLC
Q	Salidas del PLC
FRL	Filtro regulador lubricador
Pa	Pascales

## RESUMEN

La Escuela de Ingeniería Industrial de la ESPOCH cuenta con una área de automatización de procesos, por esta razón se elaboró e Implemento un módulo con PLC para la simulación del proceso de selección y posicionamiento de materiales, con la finalidad de desarrollar de mejor manera las destrezas y habilidades de los estudiantes, siendo competitivos en el cambio de la matriz productiva.

Mediante un diagrama electroneumático se determinó los elementos mecánicos, neumáticos y eléctricos adecuados para la simulación del proceso de selección y posicionamiento de materiales. El módulo está compuesto por una estructura de aluminio, sensores capacitivos e inductivos, válvulas de paso, electroválvulas, cilindros neumáticos, banda transportadora y un PLC S7-200.

El material que soporta el peso de todos los elementos neumáticos y eléctricos del módulo, es una plancha de acrílico de 6 mm de espesor, la cual puede soportar una tensión de hasta  $706995,13 \text{ N/m}^2$ .

La programación del sistema se la realizó en el software de programación STEP7 MICRO/WIN 32. Se realizó el interfaz plc-ordenador, mediante la utilización de un cable de programación PPI multimaestro RS485. Teniendo en cuenta que el sistema de producción implementado se puede ampliar a una automatización avanzada.

El manual de operación y mantenimiento se realizó para facilitar el correcto uso y el adecuado mantenimiento del módulo, en el cual podemos encontrar la codificación, datos y partes principales. Alargando su tiempo de vida útil.

## **ABSTRACT**

The School of Industrial Engineering of ESPOCH has an area of automation process, that is why a module with PLC for selection process simulation and placement of materials was developed and implemented in order to improve skills and abilities of the students so that, they become competitive according to changes in the productive matrix.

Through the use of an electro pneumatic diagram determined the mechanical, pneumatic and electrical components that are suitable for simulating the process of selecting and positioning of materials. The module consists of an aluminum structure, capacitive-inductive sensors, flow valves, solenoid valves, pneumatic cylinders, conveyor belt and PLC S7-200.

The material that supports the weight of all pneumatic and electrical elements of the module, is an acrylic sheet of 6mm thickness, which can withstand a tension of up to 706 995, 13N/m<sup>2</sup>.

The system programming was made in the programming software STEP 7 Micro/WIN 32. The interface pic-computer, was performed by using a PPI Multi-Master programming cable RS485, taking into account that the production system can be implemented to extend advanced automation.

The manual operation and maintenance was performed to facilitate a proper use and appropriate maintenance of the module in which it is possible to find coding, data and main parts. At the same time the manual is useful for extending the module`s life span.

# CAPÍTULO I

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Antecedente

La Escuela de Ingeniería Industrial de la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo dota a los estudiantes de conocimientos teórico-prácticos, para lo cual cuenta con infraestructura adecuada y un Laboratorio de Automatización de Procesos, donde se ejecutan prácticas con distintos componentes que allí se encuentran. El continuo aprendizaje y avance tecnológico dan cabida a una necesidad de simular el control de nuevos procesos industriales como es el “control del proceso de selección y posicionamiento de materiales” bajo el mando de un control lógico programable (PLC) el cual permitirá controlar distintos tipos de señales de manera confiable y con un grado de dificultad mínima en la ejecución de las distintas prácticas que se realizaran en el laboratorio de Automatización de Procesos, desarrollando de mejor manera las destrezas y habilidades de los estudiantes.

### 1.2 Justificación

La Escuela de Ingeniería Industrial de la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo cuenta con un Laboratorio de Automatización de Procesos, el cual debido al desarrollo tecnológico al que está sometido el país y la falta de adquisición de nuevas tecnologías, se ve la necesidad de contar con equipos didácticos de simulación de procesos industriales y aplicaciones reales con tecnología actual que permite al estudiante de ingeniería industrial estar preparado para las exigencias tecnológicas con el que cuenta el sector productivo de los países industrializados.

Por esta razón se ha visto la necesidad de complementar el laboratorio de Automatización de Procesos de la escuela de ingeniería industrial con un PLC SIMATIC S7-200 que permita al estudiante monitorear, registrar y analizar procesos industriales debido a las bondades que brindan estos controladores lógicos programables.

### **1.3      Objetivos**

**1.3.1**    *Objetivo general.*    Elaborar e implementar un módulo con PLC para la simulación del proceso de selección y posicionamiento de materiales.

**1.3.2**    *Objetivos específicos:*

Realizar la selección de los elementos mecánicos, neumáticos y eléctricos para la construcción del módulo.

Elaborar el diagrama de instalación, eléctrico y electroneumático del módulo.

Realizar la programación del sistema y la comunicación PLC-ordenador, para automatizar el modulo.

Elaborar un manual de operación y mantenimiento del módulo.

Determinar los costos totales para la elaboración del módulo.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1 PLC`S S7-200

El SIMATIC S7-200 es ciertamente un micro-PLC al máximo nivel: es compacto y potente, particularmente en lo que concierne a respuesta en tiempo real, ofrece una conectividad extraordinaria y todo tipo de facilidades en el manejo del software y del hardware.

El micro-PLC SIMATIC S7-200 responde a una concepción modular consecuente que permite soluciones a la medida que no quedan sobredimensionadas hoy y, además, pueden ampliarse en cualquier momento. Está plenamente orientado a maximizar la rentabilidad. En efecto, toda la gama ofrece:

- Alto nivel de prestaciones
- Modularidad óptima.
- Alta conectividad.

Además el SIMATIC S7-200 le simplifica al máximo el trabajo: el micro-PLC puede programarse de forma muy fácil. Así podrá realizar rápida y simplemente aplicaciones; además, las librerías complementarias para el software permiten realizar las tareas en forma ágil, simple y rápida. (SIEMENS)

Figura 1. PLC S7-200

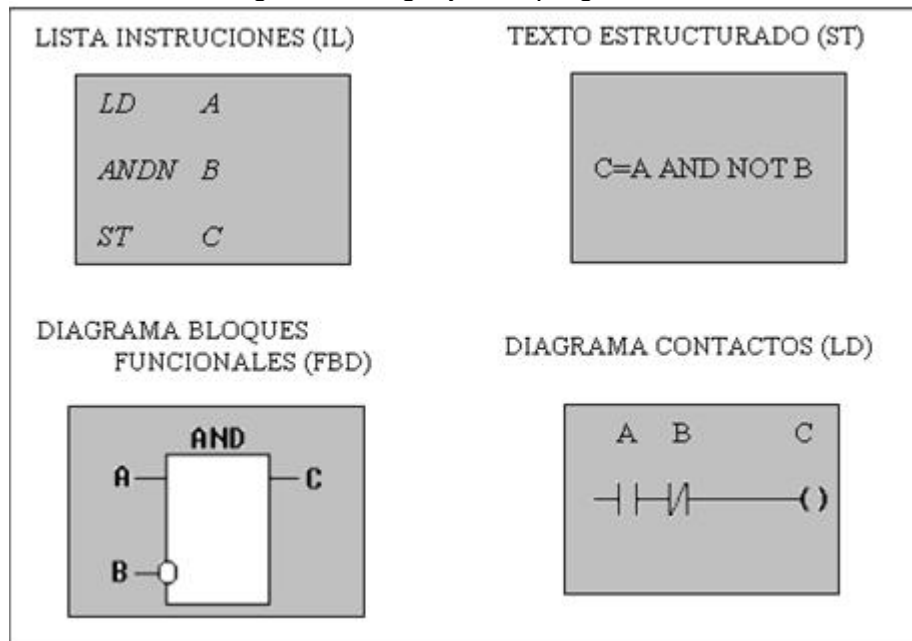


Fuente: <http://goo.gl/61XIIQ>

## 2.2 Características y aplicaciones de los PLC S7-200.

Los lenguajes de programación de sistemas basados en microprocesadores, como es el caso de los PLC, se clasifican en niveles; al microprocesador le corresponde el nivel más bajo, y al usuario el más alto. (BARRETO)

Figura 2. Lenguajes de programación



Fuente: <http://goo.gl/JCStrK>

### 2.2.1 Lenguajes de Bajo Nivel.

**2.2.1.1 Lenguajes de Máquina.** Código binario encargado de la ejecución del programa directamente en el microprocesador.

**2.2.1.2 Lenguajes Ensamblador.** Lenguaje sintético de sentencias que representan cada una de las instrucciones que puede ejecutar el microprocesador. Una vez diseñado un programa en lenguaje ensamblador es necesario, para cargarlo en el sistema, convertirlo o compilarlo a lenguaje de máquina. Los programadores de lenguajes de bajo nivel deben estar especializados en microprocesadores y demás circuitos que conforman el sistema.

**2.2.2 Lenguajes de Alto Nivel.** Se basan en la construcción de sentencias orientadas a la estructura lógica de lo deseado; una sentencia de lenguaje de alto nivel representa varias de bajo; cabe la posibilidad que las sentencias de un lenguaje de



alto nivel no cubran todas las instrucciones del lenguaje de bajo nivel, lo que limita el control sobre la máquina. Para que un lenguaje de alto nivel sea legible por el sistema, debe traducirse a lenguaje ensamblador y posteriormente a lenguaje de máquina. (BARRETO)

**2.2.3 Elementos principales para programar un PLC.** Un PLC (Controlador Lógico Programable) en sí es una máquina electrónica la cual es capaz de controlar máquinas e incluso procesos a través de entradas y salidas. Las entradas y las salidas pueden ser tanto analógicas como digitales.

Los elementos importantes en un programa para PLC (en este caso utilizaremos como base el siemens) al igual que un alambrado lógico con elementos eléctricos como relevadores son:

- Contactos normalmente abiertos y normalmente cerrados.
- Bobinas.
- Temporizadores (Timers).
- Contadores.

A continuación se muestran los símbolos de cada elemento a través de siemens en la siguiente tabla. (BARRETO)

Tabla 1. Lenguajes principales para programar un PLC

Lenguaje	Características	Ejemplos	Tipo	Nivel
Listas	Lista de instrucciones	IL AWL STL IL/ST	Escrito	Bajo
Plano	Diagrama eléctrico	LADDER LD KOP	Visual	Alto
Diagrama de bloques funcionales	Diagrama lógico	FBD FBS FUD		
Organigrama de bloques secuenciales	Diagrama algorítmico	AS SFC PETRI GRAFSET		
Otros	Lenguajes usados en otras áreas de computación	BASIC C	Escrito	

Fuente: <http://goo.gl/JCStrK>

**2.2.4 Campos de aplicación del PLC.** El PLC por sus especiales características de diseño tiene un campo de aplicación muy extenso. La constante evolución del hardware y software amplía constantemente este campo. Su utilización se da fundamentalmente en aquellas instalaciones en donde es necesario un proceso de

maniobra, control y señalización, por tanto su aplicación abarca desde procesos de fabricación industriales de cualquier tipo como transformaciones industriales y control de instalaciones lo cual hace que su eficacia se aprecie fundamentalmente en procesos en que se producen necesidades tales como: (BARRETO)

- Espacio reducido.
- Procesos de producción periódicamente cambiantes.
- Maquinaria de procesos variables.
- Instalación de procesos complejos y amplios.
- Chequeo de programación centralizada de las partes del proceso.

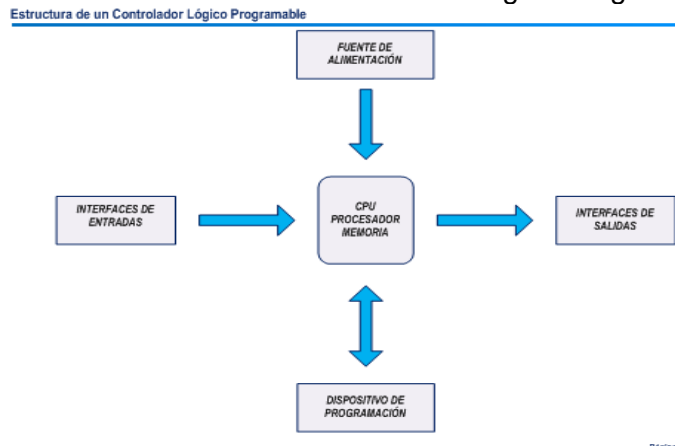
Su uso se da en:

- Maniobra de máquinas
- Maquinaria industrial de plástico
- Maquinaria de embalajes
- Maniobra de instalaciones:
- Señalización y control:

## 2.3 Principio de funcionamiento y componentes

**2.3.1 Estructura del PLC.** Un Controlador Lógico Programable es un dispositivo usado para controlar. Este control se realiza sobre la base de una lógica, definida a través de un programa.

Figura 3. Estructura de un Controlador Lógico Programable



Fuente: <http://goo.gl/JCStrK>

Un controlador lógico programable está constituido por un conjunto de tarjetas o circuitos impresos, sobre los cuales están ubicados componentes electrónicos. El controlador Programable tiene la estructura típica de muchos sistemas programables, como por ejemplo una microcomputadora.

La estructura básica del hardware de un controlador Programable propiamente dicho está constituido por:

- Fuente de alimentación
- Unidad de procesamiento central (CPU)
- Módulos de interfaces de entradas/salidas (E/S)
- Módulo de memorias
- Unidad de programación

En algunos casos cuando el trabajo que debe realizar el controlador es más exigente, se incluyen Módulos Inteligentes. (BARRETO)

**2.3.1.1 Fuente de alimentación.** La función de la fuente de alimentación en un controlador, es suministrar la energía a la CPU y demás tarjetas según la configuración del PLC. (BARRETO)

- + 5 V para alimentar a todas las tarjetas
- + 5.2 V para alimentar al programador
- + 24 V para los canales de lazo de corriente 20 mA.

**2.3.1.2 Módulos o interfaces de Entrada y Salida (E/S).** Son los que proporciona el vínculo entre la CPU del controlador y los dispositivos de campo del sistema. A través de ellos se origina el intercambio de información ya sea para la adquisición de datos o la del mando para el control de máquinas del proceso. (BARRETO)

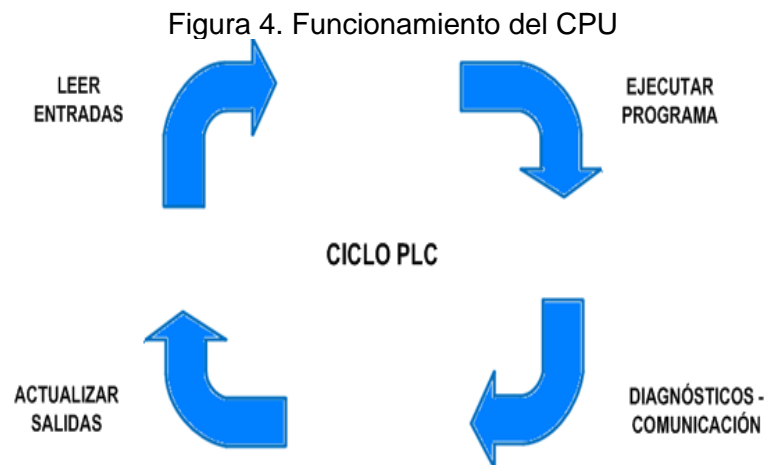
**2.3.1.3 Módulos de memorias.** Son dispositivos destinados a guardar información de manera provisional o permanente. (BARRETO)

Se cuenta con dos tipos de memorias:

- ✓ Volátiles (RAM)
- ✓ No volátiles (EPROM y EEPROM)

**2.3.1.4 Unidad de programación.** Los terminales de programación, son el medio de comunicación entre el hombre y la máquina; estos aparatos están constituidos por teclados y dispositivos de visualización. Existen tres tipos de programadores los manuales (Hand Held) tipo de calculadora, los de video tipo (PC), y la (computadora). (BARRETO)

**2.3.1.5 Funcionamiento del CPU.** Al comenzar el ciclo, la CPU lee el estado de las entradas. A continuación ejecuta la aplicación empleando el último estado leído. Una vez completado el programa, la CPU ejecuta tareas internas de diagnóstico y comunicación. Al final del ciclo se actualizan las salidas. El tiempo de ciclo depende del tamaño del programa, del número de E/S y de la cantidad de comunicación requerida. (BARRETO)



Fuente: <http://goo.gl/JCStrK>

Las ventajas en el uso del PLC comparado con sistemas basados en relé o sistemas electromecánicos son:

**Flexibilidad.** Posibilidad de reemplazar la lógica cableada de un tablero o de un circuito impreso de un sistema electrónico, mediante un programa que corre en un PLC.

**Tiempo.** Ahorro de tiempo de trabajo en las conexiones a realizar, en la puesta en marcha y en el ajuste del sistema.

**Cambios:** Facilidad para realizar cambios durante la operación del sistema.

**2.3.2 Partes de un PLC.** Cada Controlador Lógico Programable se compone de dos partes básicas:

- Sección operativa (SO)
- Sección de comando (SC)

**2.3.2.1 Sección Operativa (SO).** Es la que opera la materia prima y el producto en general. Se compone de:

**Los Medios Y Herramientas.** Son necesarias para transformar la materia prima, por ejemplo: bombas, utensilios, taladros.

**Los Accionadores.** Son destinados a mover y poner en funcionamiento estos medios, por ejemplo:

- Motores eléctricos para accionar una bomba.
- Gatos hidráulicos para cerrar una válvula.
- Gatos neumáticos para taladrar un cabezal de perforación.

**2.3.2.2 Sección de Comando (SC).** Es la que emite las órdenes hacia la sección operativa (SO) y recoge las señales de retorno para sus acciones. Cada vez más, la sección de comando (SC) se basa en técnicas de lógica programada. Como parte central de la sección de comando (SC) está el tratamiento, que consta en la unión de tres diálogos:

- I. **El Diálogo con la Máquina.** Consiste en el comando de los accionadores, (motores, gatos) a través de los pre-accionadores (contadores, distribuidores, variadores), y de la adquisición de las señales de la retroalimentación provenientes de los sensores que dependen de la evolución del proceso. (BARRETO)
- II. **El Diálogo Hombre-Máquina.** Para manejar, regular, calibrar la máquina, el personal introduce mensajes y comandos y recoge informaciones del autómatas. (BARRETO)

- III. **El Diálogo con otras Máquinas.** Varias máquinas pueden operar en una misma producción. Su coordinación está asegurada por el diálogo entre las secciones de comando. (BARRETO)

### 2.3.3 Componentes

**2.3.3.1 Entradas.** Constituyen la etapa de entrada del PLC. Desde la parte externa del PLC lucen como una bornera donde se deben colocar los cables con las señales que provienen de los transductores, pero internamente están conformadas por circuitos electrónicos que acoplan esas señales a las especificaciones de señales que el PLC puede manipular. Según la naturaleza de la señal que se recibe de los transductores, las entradas se clasifican en:

- **Entradas digitales.** Estas entradas se diseñan para recibir señales cuantizadas de los sensores de campo. Dichas señales varían sólo entre dos estados. El PLC codifica estas señales según su amplitud en: 1 lógico para el valor de amplitud mayor, y 0 lógico para el nivel de amplitud menor. Los niveles de amplitud que el PLC entenderá son definidos por el fabricante. Este tipo de señales generalmente provienen de transductores como: interruptores, botoneras, sensores de fin de carrera, etc. (BARRETO)
- **Entradas analógicas.** Son las que reciben señales analógicas de los transductores de campo. Estas señales generalmente provienen de sensores que miden el valor instantáneo de una variable física. Ejemplos de este tipo de señales son: la salida de una tacométrica, de un fotosensor o de un sensor de nivel. (BARRETO)
- **Salidas.** Internamente son circuitos electrónicos que realizan el acople entre las señales digitales utilizadas por el PLC y las señales analógicas o cuantizadas que utilizan los actuadores. Externamente lucen como una bornera donde se realizan las conexiones entre el PLC y los actuadores. Las salidas se clasifican, al igual que en el caso de las entradas, en digitales y analógicas. Las salidas digitales se aplican a actuadores como bobinas de contactores, electroválvulas, etc. (BARRETO)
- **Unidad central de proceso.** CPU por sus siglas en inglés. Es el elemento principal de procesamiento del PLC. Una vez digitalizadas, las señales de

entrada son pasadas al CPU, el cual les aplica el algoritmo de control para generar las salidas. El algoritmo de control está almacenado en la memoria interna del PLC en forma de un programa, el cual es creado y almacenado por el usuario. Además de ejecutar el programa, el CPU realiza acciones como verificación del sistema, actualización de las imágenes de entrada y salida y la medición del tiempo de ejecución del programa. (BARRETO)

- **Memoria del PLC.** Es el lugar físico donde residen el sistema operativo, el programa, los datos de ejecución y las imágenes de entrada y salida. El sistema operativo es un programa que utiliza el PLC para iniciar su operación y realizar las configuraciones propias de su funcionamiento. (BARRETO)
- **EEPROM.** Es una memoria de sólo lectura que puede ser escrita por medios electrónicos. No necesita de una fuente de poder para mantener sus datos. Por su característica no volátil, se utiliza para guardar datos esenciales, tal como el sistema operativo y el programa. (BARRETO)
- **RAM.** Es una memoria reescribible de acceso aleatorio que se utiliza para guardar los datos generados mientras se ejecuta el programa. Es volátil, por lo que los datos almacenados se pierden si se le suspende la alimentación. (BARRETO)
- **Fuente de poder.** Es el elemento que brinda la alimentación a todos los componentes del PLC. Generalmente los componentes funcionan a bajos voltajes de corriente continua. La fuente realiza la transformación de los voltajes corriente alterna de las líneas de potencia a esos niveles corriente continua. (BARRETO)

#### **2.4 Software de arranque de los PLC S7-200.**

El software de programación STEP 7-Micro/ WIN ofrece potentes herramientas que permiten ahorrar mucho tiempo, lo que redundará en un enorme ahorro de costos durante el trabajo cotidiano. El software de programación se maneja de forma análoga a las aplicaciones estándar de Windows. Micro/WIN está dotado de todas las herramientas necesarias para programar la serie completa de PLCs S7- 200, conforme a la norma IEC 1131. (SIEMENS )

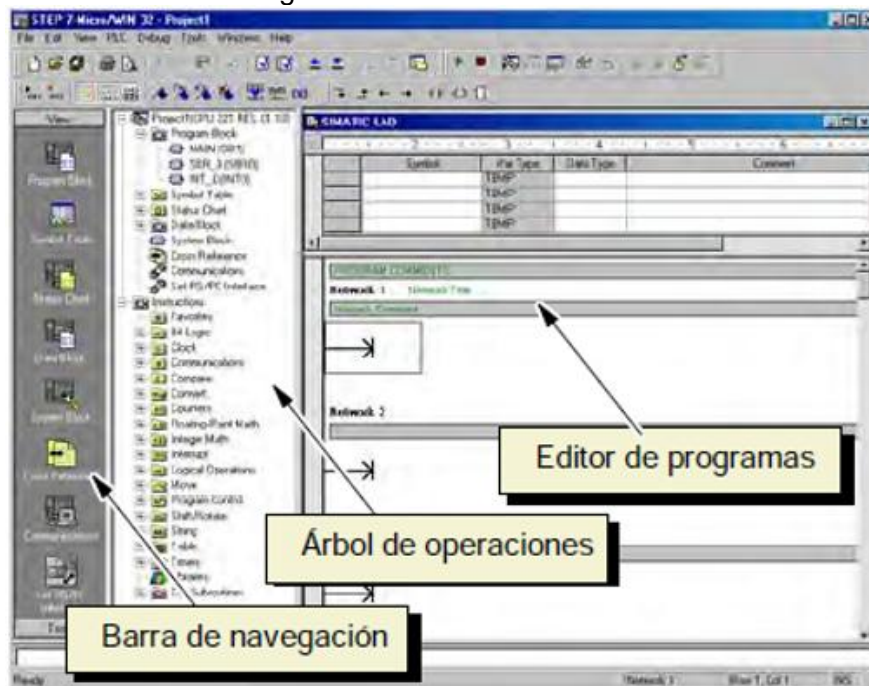
Siemens ofrece dos opciones de programación para conectar el PC al S7-200, a saber: una conexión directa vía un cable PPI multimaestro, o bien un procesador de comunicaciones (CP) con un cable MPI. (SIEMENS )

Para iniciar STEP 7 - Micro/WIN, haga doble clic en el icono de STEP 7--Micro/WIN o elija los comandos Inicio > SIMATIC > STEP 7--Micro/WIN V4.0. La barra de navegación comprende iconos que permiten acceder a las diversas funciones de programación de STEP 7-Micro/WIN. (SIEMENS )

En el árbol de operaciones se visualizan todos los objetos del proyecto y las operaciones para crear el programa de control. Para insertar operaciones en el programa, puede utilizar el método de “arrastrar y soltar” desde el árbol de operaciones, o bien hacer doble clic en una operación con objeto de insertarla en la posición actual del cursor en el editor de programas. (SIEMENS )

STEP 7- Micro/WIN ofrece tres editores para crear programas: Esquema de contactos (KOP), Lista de instrucciones (AWL) y Diagrama de funciones (FUP). Con algunas restricciones, los programas creados con uno de estos editores se pueden visualizar y editar con los demás. (SIEMENS )

Figura 5. STEP 7- Micro/WIN



Fuente: <http://goo.gl/U2pPfE>



## 2.5 Electroneumática.

La Electro-neumática es una de las técnicas de automatización que en la actualidad viene cobrando vital importancia en la optimización de los procesos a nivel industrial. Su evolución fue a partir de la neumática, disciplina bastante antigua que revolucionó la aplicación de los servomecanismos para el accionamiento de sistemas de producción industrial. Con el avance de las técnicas de electricidad y la electrónica se produjo la fusión de métodos y dando así el inicio de los sistemas electro-neumáticos en la industria, los cuales resultaban más compactos y óptimos a diferencia de los sistemas puramente neumáticos. (VALDEZ)

En electro-neumática, la energía eléctrica substituye a la energía neumática como el elemento natural para la generación y transmisión de las señales de control que se ubican en los sistemas de mando. Los elementos nuevos y/o diferentes que entran en juego están constituidos básicamente para la manipulación y acondicionamiento de las señales de voltaje y corriente que deberán de ser transmitidas a dispositivos de conversión de energía eléctrica a energía neumática para lograr la activación de los actuadores neumáticos. (VALDEZ)

Un sistema de control con válvulas accionadas por solenoide se puede llamar sistema electroneumático. Un sistema electroneumático puede constar de un elemento impulsor neumático y de una parte electromecánica de control. Las partes electromecánicas usadas en este caso constan de un solenoide, controlado por interruptores de botón, relevadores, contadores, interruptores limitadores, sensores, etc. Un sistema electroneumático de control puede tener una unidad eléctrica de trabajo, una unidad neumática de control o, incluso una combinación de las dos en una unidad. (MAJUMDAR)

### 2.5.1 *Dispositivos que participan en un sistema electroneumático básico.*

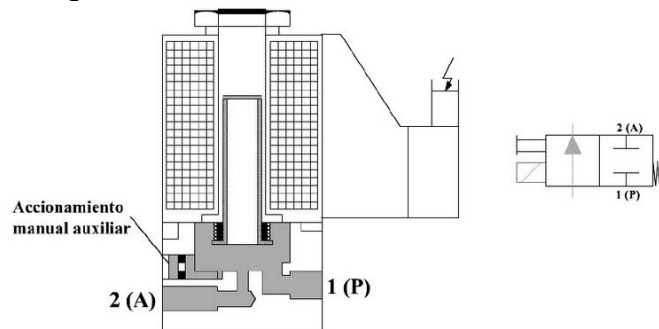
- Contactos eléctricos NA/NC.
- Sensores.
- Pulsadores e interruptores.
- Electroválvulas 3/2 5/2 4/2 vías.
- Cilindros de simple efecto.
- Cilindros de doble efecto.

- Válvulas lógicas y de secuencia.
- Temporizadores.
- Relés.
- Fuente de energía (neumática y eléctrica).

**2.5.2 Electroválvulas.** Las electroválvulas resultan del acoplamiento de un sistema electromecánico (solenoides – electroimán de accionamiento) a una válvula de distribución neumática convirtiéndola en una de accionamiento eléctrico.

**2.5.2.1 Electroválvula 2/2 vías monoestable.** En estado de reposo esta válvula se encuentra cerrada, se trata de una válvula de asiento accionada unilateralmente.

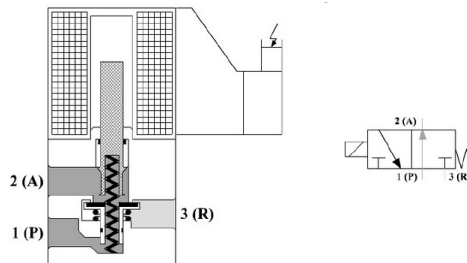
Figura 6. Electroválvula 2/2 vías monoestable



Fuente: <http://goo.gl/J17Nt1>

**2.5.2.2 Electroválvula 3/2 vías monoestable.** Por su construcción este tipo de electroválvulas se denomina de asiento y es accionada unilateralmente con reposición por muelle. La válvula está abierta en reposo.

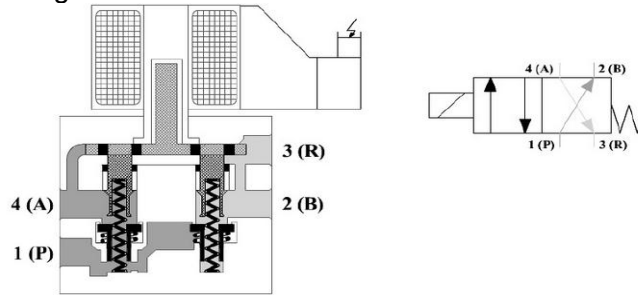
Figura 7. Electroválvula 3/2 vías monoestable



Fuente: <http://goo.gl/J17Nt1>

**2.5.2.3 Electroválvula 4/2 vías monoestable.** Se compone de 2 electroválvulas de 3/2 vías y tiene la función de controlar un cilindro de doble efecto o de controlar otras válvulas.

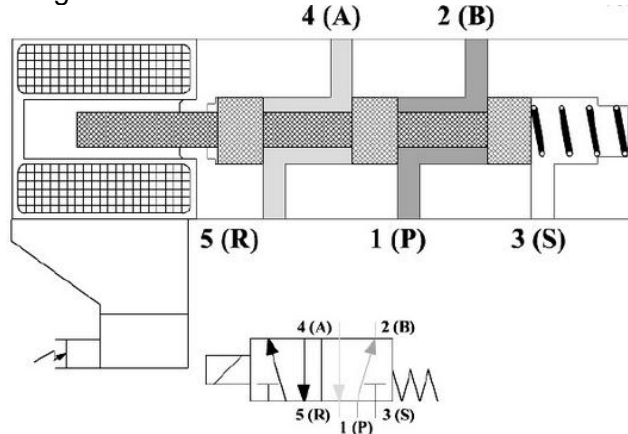
Figura 8. Electroválvula 4/2 vías monoestable



Fuente: <http://goo.gl/J17Nt1>

**2.5.2.4 Electroválvula 5/2 vías monoestable.** Cumple las mismas funciones de la electroválvula 4/2 vías y simplemente otro sistema constructivo. Este tipo es de corredera a diferencia de las de tipo asiento.

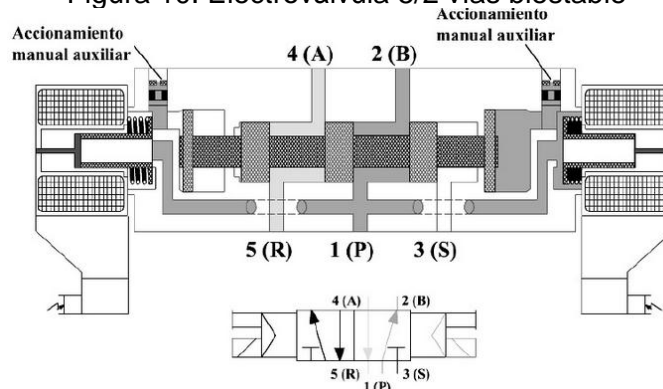
Figura 9. Electroválvula 5/2 vías monoestable



Fuente: <http://goo.gl/J17Nt1>

**2.5.2.5 Electroválvula 4/2 vías monoestable.** A diferencia de las válvulas con retorno por muelle, está ya no posee el muelle y en su lugar se tiene otro accionamiento eléctrico.

Figura 10. Electroválvula 5/2 vías biestable

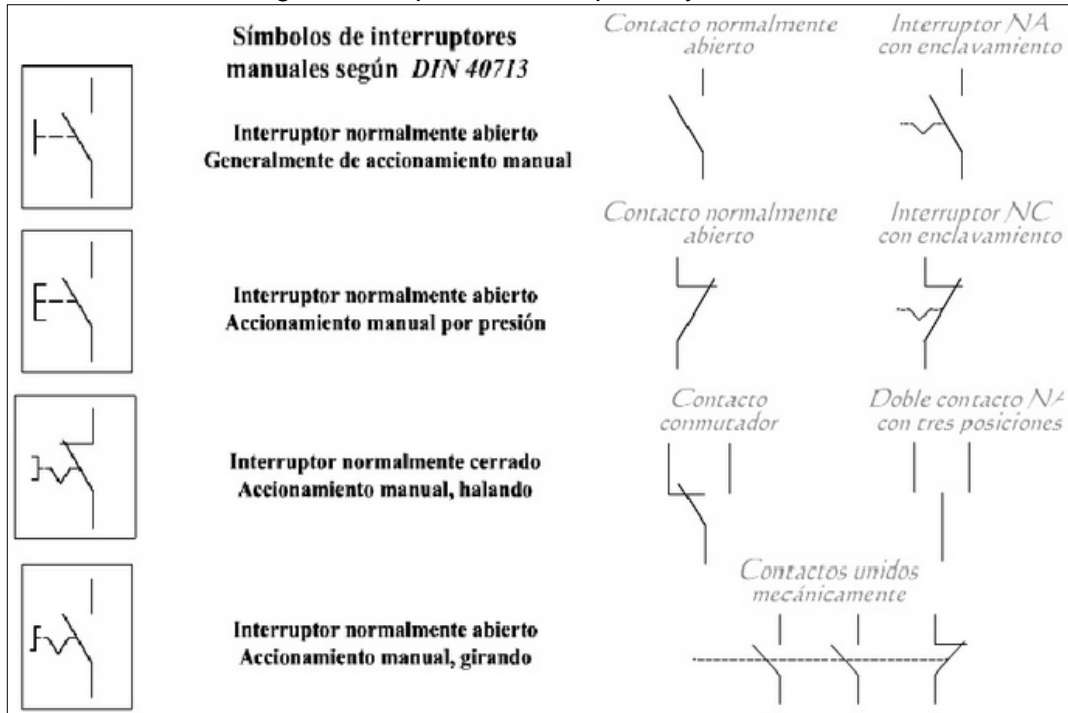


Fuente: <http://goo.gl/J17Nt1>

## 2.6 Interruptores y contactos

Estos son miembros de control que se usan para cerrar o abrir el circuito eléctrico para las válvulas accionadas por solenoide. Existe una gran variedad de en la industria.

Figura 11. Tipos de interruptores y contactos



Fuente: <http://goo.gl/J17Nt1>

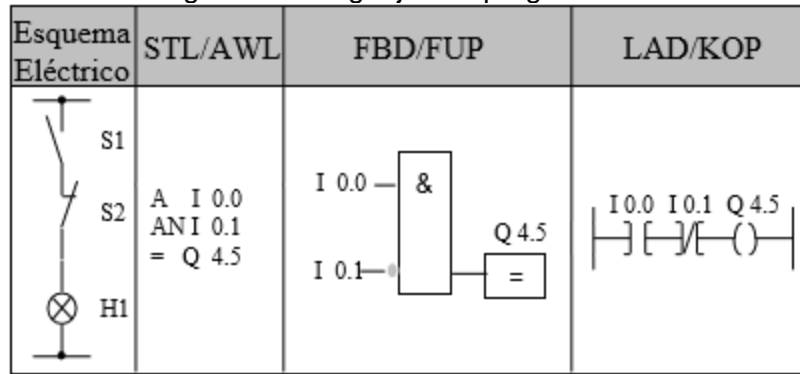
## 2.7 Lenguaje de programación

Para toda la familia de autómatas SIMATIC S7 se emplean los siguientes lenguajes de programación:

- Lista de instrucciones (AWL).
- Bloques de funciones (FUP).
- Esquema de contactos (KOP).

Internamente el autómata solo trabaja con lista de instrucciones, KOP es traducido a AWL por STEP 7. Las instrucciones son las órdenes lógicas elementales que el sistema debe obedecer. Suelen ocupar una línea de programa (dos en algunas instrucciones), y no pueden escribirse en instrucciones parciales. (CABRERA)

Figura 12. Lenguajes de programación



Fuente: <http://goo.gl/Qbh00e>

**2.7.1 Lenguaje de programación AWL.** Visualiza el programa textualmente. Permite crear programas de control introduciendo la mnemotécnica de las operaciones.

El editor AWL sirve para crear ciertos programas que de otra forma no se podrían programar con los editores KOP ni FUP.

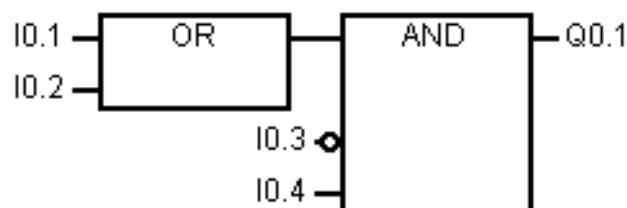
Ello se debe a que AWL es el lenguaje nativo del S7-200, a diferencia de los editores gráficos, sujetos a ciertas restricciones para poder dibujar los diagramas correctamente. (BIANCO)

**2.7.2 Lenguaje de programación FUP.** Visualiza el programa gráficamente, de forma similar a los circuitos de puertas lógicas. En FUP no existen contactos ni bobinas como en el editor KOP, pero si hay operaciones equivalentes que se representan en forma de cuadros.

El lenguaje de programación FUP no utiliza las barras de alimentación ni izquierda ni derecha, sin embargo el término “circulación de corriente” se utiliza para expresar el concepto análogo del flujo de señales por los bloques lógicos FUP. (BIANCO)

Figura 13. Lenguaje de programación FUP

**Network 1** TÍTULO DE SEGMENTO (una línea)

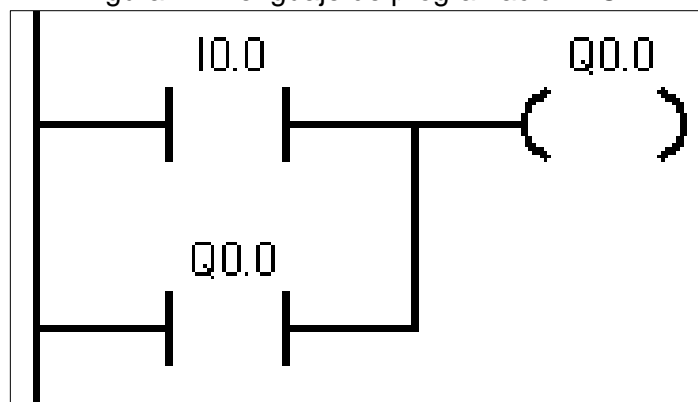


Fuente: <http://goo.gl/hRxJud>

**2.7.3 Lenguaje de programación KOP.** Visualiza el programa gráficamente, de forma similar a un esquema de circuitos. Los programas KOP hacen que el programa emule la circulación de corriente eléctrica desde una fuente de alimentación, a través de una serie de condiciones lógicas de entrada que, a su vez habilitan condiciones lógicas de salida. (BIANCO)

El programa KOP incluye una barra de alimentación izquierda que esta energizada. Los contactos cerrados permiten que la corriente circule por ellos hasta el siguiente elemento, en tanto que los contactos abiertos bloquean el flujo de energía. (BIANCO)

Figura 14. Lenguaje de programación KOP



Fuente: Autores

**2.7.3.1 Programar en KOP.** El esquema de contactos (KOP) es un lenguaje de programación gráfico con componentes similares a los elementos de un esquema de circuitos.

Al programar con KOP, se crean y se disponen componentes gráficos que conforman un segmento de operaciones lógicas.

Para crear programas se disponen de los siguientes elementos:

- *Contactos:* representan un interruptor por el que la corriente puede circular.
- *Bobinas:* representan un relé o una salida excitada por la corriente.
- *Cuadros:* representan una función (por ejemplo, un temporizador, un contador o una operación aritmética) que se ejecuta cuando la corriente llega al cuadro.

## **Contactos.**

La corriente circula por un contacto normalmente abierto solo cuando el contacto está cerrado (es decir, cuando su valor lógico es "1").

De forma similar la corriente circula por un contacto normalmente cerrado o negado (NOT) solo cuando dicho contacto está abierto (es decir, cuando su valor lógico es "0").

El contacto normalmente abierto se cierra (ON) si el bit es igual a 1.

El contacto normalmente cerrado se cierra (ON) si el bit es igual a 0.

## ***Bobinas.***

Cuando se ejecuta la operación asignar, el bit de salida se activa en la imagen del proceso. (CABRERA)

## ***Segmentos.***

Un segmento comprende dichos elementos, representando un circuito completo. La corriente circula desde la barra de alimentación izquierda (representada en el editor KOP mediante una línea vertical en el lado izquierdo de la ventana) a través de los contactos cerrados para excitar las bobinas o los cuadros. (CABRERA)

## **Temporizadores.**

En el SIMATIC S7 vamos a disponer de una serie de temporizadores que nos van a permitir realizar una serie de acciones:

- Realizar tiempos de espera.
- Supervisar acciones durante un tiempo determinado (tiempo de vigilancia).
- Generar impulsos.
- Medir tiempos de proceso.

Para la utilización de los temporizadores vamos a disponer de una serie de instrucciones que nos permitirán emplear los temporizadores de distintas formas para adecuarnos a nuestras necesidades. (CABRERA)

## CAPÍTULO III

### 3. DISEÑO Y MONTAJE DEL MÓDULO DEL LABORATORIO

#### 3.1 Descripción general del módulo y proceso a automatizar

**3.1.1 Descripción del módulo.** El módulo que se diseñara y construirá será un módulo didáctico de selección y posicionamiento de materiales a pequeña escala con características similares a una máquina industrial, la cual permite a los estudiantes complementar sus conocimientos sobre la automatización de procesos.

El módulo de selección y posicionamiento de materiales constará básicamente de dos partes elementales que son la parte de mando y la parte operativa. La parte de mando será la encargada de controlar el sistema automatizado por medio de un controlador lógico programable (PLC), mientras que la parte operativa será aquella que lleve a cabo el proceso mediante elementos eléctricos y neumáticos y de control los cuales permitirán poner en marcha el proceso.

**3.1.2 Descripción de las probetas a seleccionar.** El módulo de selección y posicionamiento de materiales realiza la selección y el posicionamiento de dos tipos de probetas de distinto material, descritas a continuación.

Figura 15. Características de las probetas

Material	Imagen	Peso (kg)	Dimensiones (mm)	
			Ancho (a)	Altura (h)
Aluminio		0,16 kg	45	30
Duralom		0,10 kg	45	30

Fuente: Autores



## 3.2 Estudio de alternativas

Para el desarrollo de la selección de alternativas del módulo de selección y posicionamiento de materiales se considera que está compuesta por los siguientes sistemas:

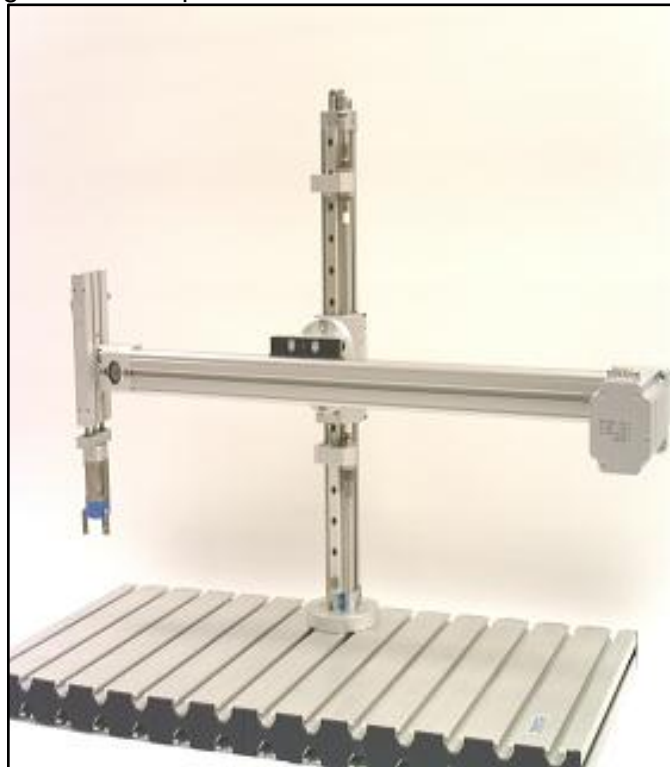
- Sistema A: tipo de sistema lineal para transporte de probetas.
- Sistema B: tipo de sistema rotativo para transporte de probetas.

**3.2.1 Sistema A.** Para la selección del sistema lineal para el transporte de probetas se realizara un análisis entre las alternativas planteadas, eligiendo la alternativa que permita tener el mejor transporte lineal de probetas.

**3.2.1.1 Alternativas para el sistema A.** A continuación se presentan tres alternativas como posibles modelos para el sistema lineal de transporte de probetas. Para su selección se tomara en cuenta las características que presentan cada una de las alternativas.

### **Alternativa 1: Manipulador eléctrico-neumático de dos ejes.**

Figura 16. Manipulador eléctrico- neumático de dos ejes



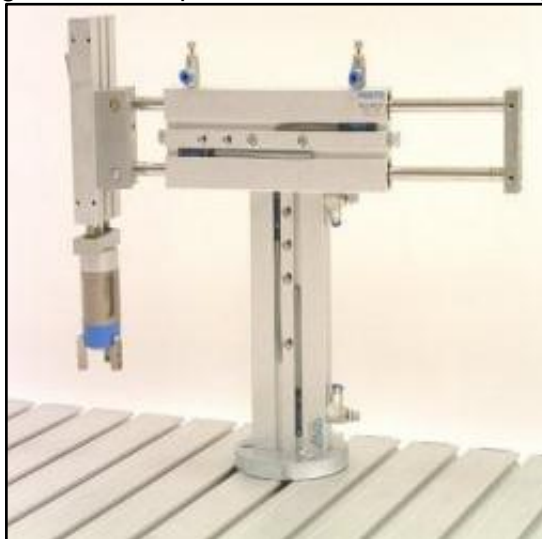
Fuente: <http://goo.gl/sDoj66>

Características:

- Eje vertical regulable con actuador lineal neumático sin vástago, y carrera de 400 mm.
- Amortiguadores hidráulicos final de carrera.
- Eje horizontal con actuador lineal por correa dentada con motor paso-paso y guía por rodadura.
- Desplazamiento vertical de la sujeción con actuador lineal de vástagos paralelos y carrera de 50 mm.
- Sujeción de pieza por pinza neumática de tres dedos.
- Reguladores de flujo para cilindro.

**Alternativa 2: Manipulador neumático de dos ejes.**

Figura 17. Manipulador neumático de dos ejes



Fuente: <http://goo.gl/uSz00R>

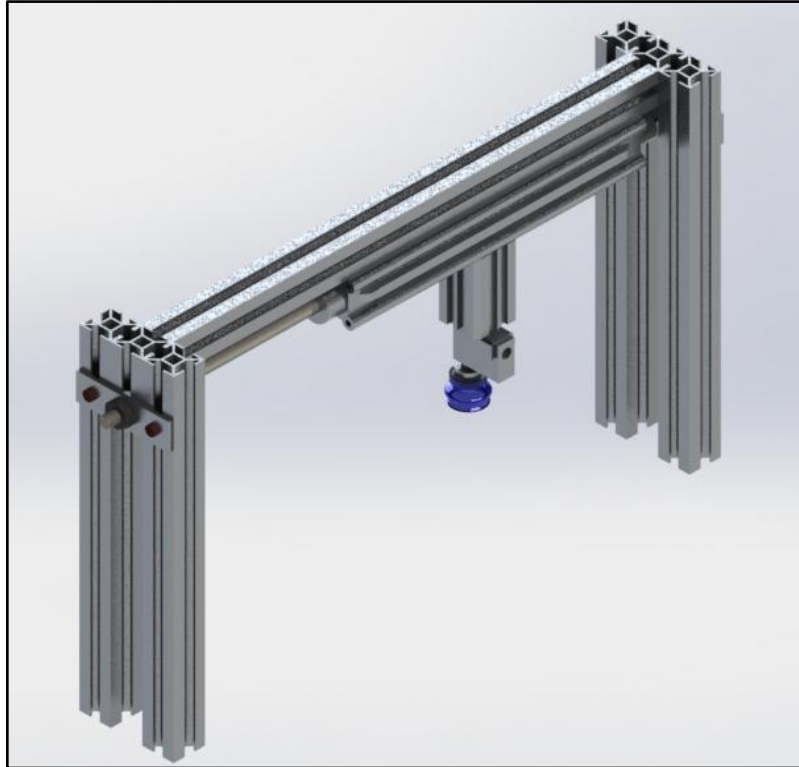
Características:

- Eje vertical neumático con actuador lineal de vástagos paralelos y carrera de 100 mm.
- Eje horizontal neumático, con actuador lineal de vástagos paralelos y carrera de 100 mm.
- Desplazamiento vertical de sujeción, con actuador lineal de vástagos paralelos y carrera de 50 mm.

- Sujeción de piezas por pinza neumática de tres dedos.
- Reguladores de flujo para los cilindros.

### Alternativa 3: Manipulador neumático de dos ejes

Figura 18. Manipulador neumático de dos ejes



Fuente: Autores

#### Características:

- Eje horizontal neumático con cilindro de doble vástago y carrera de 100 mm.
- Desplazamiento vertical de sujeción con cilindro compacto de doble efecto y carrera de 50 mm.
- Sujeción de piezas por vacío.
- Reguladores de flujo para cilindro.

**3.2.1.2 Criterios de selección para el sistema de transporte lineal de probetas.** Para proceder a seleccionar el modelo del tipo de sistema lineal para el transporte de probetas del módulo de selección y posicionamiento de materiales, se valoran con un factor de incidencia según su importancia, basado en el método ordinal corregido de criterios ponderados.

Los criterios de valoración que se consideraron más determinantes fueron:

- a) Mantenimiento: fácil mantenimiento
- b) Costo: Bajo costo
- c) Instalación: fácil instalación
- d) Sujeción: buena sujeción de probetas

Estos criterios son evaluados para la determinación de su peso específico para una adecuada selección de la mejor alternativa para el sistema de transporte lineal de probetas, estos valores se determinan en la tabla 2.

Tabla 2. Determinación del peso específico de cada criterio

Criterio	Mantenimiento	Costo	Instalación	Sujeción	$\Sigma +1$	Ponderación
<b>Mantenimiento</b>		0	0,5	0	1,5	0,15
<b>Costo</b>	1		1	1	4	0,40
<b>Instalación</b>	0,5	0		0,5	2	0,20
<b>Sujeción</b>	1	0	0,5		2,5	0,25
				Suma	10	1

Fuente: Autores

Para la evaluación del criterio mantenimiento se llegó a determinar que la alternativa 3 presenta mayor facilidad de mantenimiento a diferencia de la alternativa 1 y 2, como se muestra en la tabla 3.

Tabla 3. Evaluación del criterio mantenimiento

Mantenimiento	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma +1$	Ponderación
<b>Alternativa 1</b>		0,5	0	1,5	0,25
<b>Alternativa 2</b>	0,5		0	1,5	0,25
<b>Alternativa 3</b>	1	1		3	0,5
			Suma	6	1

Fuente: Autores

Para la evaluación del criterio costo se tiene la tabla 4, en la que se llega a la conclusión que la alternativa 3 es más económica que las otras dos alternativas.

Tabla 4. Evaluación del criterio costo

Costo	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma +1$	Ponderación
Alternativa 1		0,5	0	1,5	0,25
Alternativa 2	0,5		0	1,5	0,25
Alternativa 3	1	1		3	0,5
			Suma	6	1

Fuente: Autores

En la evaluación del criterio instalación se llegó a determinar que la alternativa 3 presenta mayor facilidad de instalación, como se muestra en la tabla 5.

Tabla 5. Evaluación del criterio instalación

Instalación	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma +1$	Ponderación
Alternativa 1		0	0	1	0,2
Alternativa 2	1		0	2	0,4
Alternativa 3	1	1		3	0,6
			Suma	5	1,2

Fuente: Autores

En la evaluación del criterio sujeción se llegó a determinar que la alternativa 3 presenta una mejor sujeción de probetas, como se muestra en la tabla 6.

Tabla 6. Evaluación del criterio sujeción

Sujeción	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma +1$	Ponderación
Alternativa 1		0,5	0	1,5	0,25
Alternativa 2	0,5		0	1,5	0,25
Alternativa 3	1	1		3	0,5
			Suma	6	1

Fuente: Autores

Con la evaluación de los pesos específicos de las distintas alternativas para cada criterio se tiene la tabla 7, en la que se concluye que la alternativa 3 es la más adecuada.

Tabla 7. Conclusiones

Conclusiones	Mantenimiento	Costo	Instalación	Sujeción	Suma	Prioridad
Alternativa 1	0,25-0,15	0,25-0,40	0,2-0,20	0,25-0,25	0,24	3
Alternativa 2	0,25-0,15	0,25-0,40	0,4-0,20	0,25-0,25	0,28	2
Alternativa 3	0,5-0,15	0,5-0,40	0,6-0,20	0,5-0,25	0,52	1

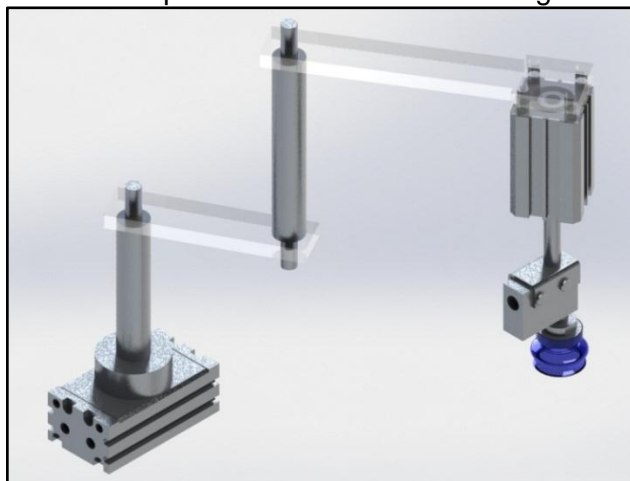
Fuente: Autores

**3.2.2 Sistema B.** Para la selección del sistema rotativo para el transporte de probetas se realizara un análisis entre las alternativas planteadas, eligiendo la alternativa que permita tener el mejor transporte rotativo de probetas.

**3.2.2.1 Alternativas para el sistema B.** A continuación se presentan dos alternativas como posibles modelos para el sistema de transporte rotativo de probetas. Para su selección se tomara en cuenta las características que presentan cada una de las alternativas.

#### Alternativa 1: Manipulador neumático de brazo giratorio

Figura 19. Manipulador neumático de brazo giratorio



Fuente: Autores

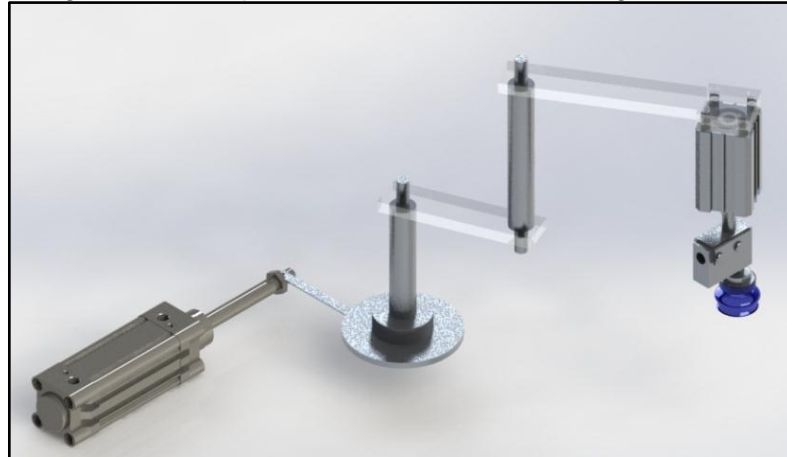
Características:

- Sujeción de piezas por vacío.
- Desplazamiento vertical con cilindro compacto de doble efecto, con carrera de 50 mm.
- Desplazamiento rotativo con actuador rotante.

- Angulo de rotación regulable de 0-180°
- Estructura de ejes de aluminio y acrílico de 9 mm de espesor.

**Alternativa 2: Manipulador neumático de brazo giratorio.**

Figura 20. Manipulador neumático de brazo giratorio



Fuente: Autores

Características:

- Sujeción de piezas por vacío.
- Desplazamiento vertical de sujeción con cilindro compacto de doble efecto, y 50 mm de carrera.
- Estructura de ejes de aluminio y acrílico de 9 mm de espesor.
- Desplazamiento rotativo con mecanismo biela- manivela, mediante un cilindro de doble efecto con 100 mm de carrera.

**3.2.2.2 Criterios de selección para sistema de transporte rotativo de probetas.** Para proceder a seleccionar el prototipo para el sistema de transporte rotativo de probetas del módulo de selección y posicionamiento de materiales, se valoran con un factor de incidencia según su importancia, basado en el método ordinal corregido de criterios ponderados.

Los criterios de valoración que se consideraron más determinantes fueron:

- a) Mantenimiento: fácil mantenimiento
- b) Regulación: regulación del ángulo de giro

- c) Costo: Bajo costo
- d) Precisión: precisión de giro
- e) Sujeción: buena sujeción de probetas

Estos criterios son evaluados para la determinación de su peso específico para una adecuada selección de la mejor alternativa para el sistema de transporte rotativo de probetas, estos valores se determinan en la tabla 8.

Tabla 8. Determinación del peso específico de cada criterio

Criterio	mantenimiento	Regulación	Costo	Precisión	Sujeción	$\sum +1$	Ponderación
<b>Mantenimiento</b>		0	0,5	0	0	1,5	0,1
<b>Regulación</b>	1		0,5	0,5	1	4	0,27
<b>Costo</b>	0,5	0,5		0	0	2	0,13
<b>Precisión</b>	1	0,5	1		0,5	4	0,27
<b>Sujeción</b>	1	0	1	0,5		3,5	0,23
					Suma	15	1

Fuente: Autores

Para la evaluación del criterio mantenimiento se llegó a determinar que ambas alternativas presentan facilidades para un fácil mantenimiento, como se muestra en la tabla 9.

Tabla 9. Evaluación del criterio mantenimiento

Mantenimiento	Alternativa 1	Alternativa 2	$\sum +1$	Ponderación
<b>Alternativa 1</b>		0,5	1,5	0,5
<b>Alternativa 2</b>	0,5		1,5	0,5
		Suma	3	1

Fuente: Autores

En la evaluación del criterio regulación se llegó a determinar que la alternativa 1 presenta mayor facilidad de regulación del ángulo de giro del brazo neumático, como se muestra en la tabla 10.



Tabla 10. Evaluación del criterio regulación

Regulación	Alternativa 1	Alternativa 2	$\sum +1$	Ponderación
Alternativa 1		1	2	0,67
Alternativa 2	0		1	0,33
		Suma	3	1

Fuente: Autores

En la evaluación del criterio costo se llegó a determinar que la alternativa 2 es un poco más económica que la alternativa 1, como se muestra en la tabla 11.

Tabla 11. Evaluación del criterio costo

Costo	Alternativa 1	Alternativa 2	$\sum +1$	Ponderación
Alternativa 1		0	1	0,33
Alternativa 2	1		2	0,67
		Suma	3	1

Fuente: Autores

En la evaluación del criterio precisión se llegó a determinar que la alternativa 1 presenta mejor precisión de giro que la alternativa 2, como se muestra en la tabla 12.

Tabla 12. Evaluación del criterio precisión

Precisión	Alternativa 1	Alternativa 2	$\sum +1$	Ponderación
Alternativa 1		1	2	0,67
Alternativa 2	0		1	0,33
		Suma	3	1

Fuente: Autores

En la evaluación del criterio sujeción se llegó a determinar que ambas alternativas presentan un buen sistema de sujeción de probetas, como se muestra en la tabla 13.

Tabla 13. Evaluación del criterio sujeción

Sujeción	Alternativa 1	Alternativa 2	$\sum +1$	Ponderación
Alternativa 1		0,5	1,5	0,5
Alternativa 2	0,5		1,5	0,5
		Suma	3	1

Fuente: Autores

Analizando las distintas evaluaciones de los pesos específicos de las diferentes alternativas para cada criterio se tiene la tabla 14 en la que se concluye que la alternativa 1 es la más adecuada.

Tabla 14. Conclusiones

Conclusiones	Mantenimiento	Regulación	Costo	Precisión	Sujeción	Suma	Prioridad
Alternativa 1	0,5-0,1	0,67-0,27	0,33-0,13	0,67-0,27	0,5-0,23	0,57	1
Alternativa 2	0,5-0,1	0,33-0,27	0,67-0,13	0,33-0,27	0,5-0,23	0,43	2

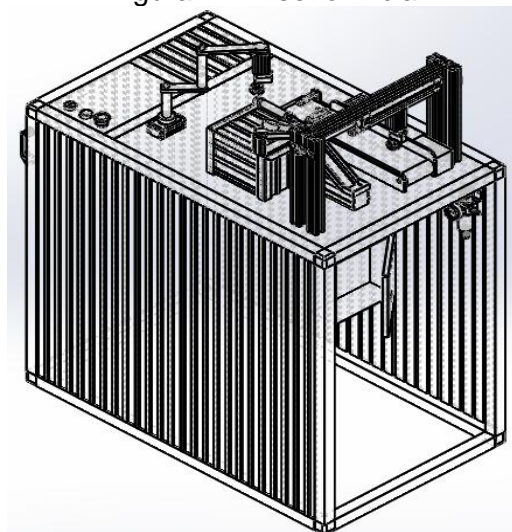
Fuente: Autores

### 3.3 Diseño del módulo de selección y posicionamiento de materiales.

Para el diseño de la estructura del módulo se ha visto conveniente la utilización de perfiles de aluminio (división de oficina), tubo cuadrado de aleación de aluminio 6063-T1 de 1,5 (in) y acrílico de 6 mm de espesor. Se seleccionó estos materiales debido a su bajo costo, fácil manipulación, son livianos en cuanto al peso y son de fácil adaptación con los demás elementos necesarios que se vayan a adherir al módulo para su funcionamiento.

Una vez determinado el material a ser utilizado y el tipo de transporte lineal y rotativo para el transporte y selección de probetas, procedemos a realizar un bosquejo general de la estructura mecánica del proceso ya que se necesitan dimensionar las medidas de cada perfil que conforma la estructura debido a que el proceso lleva varios elementos en diferentes ubicaciones.

Figura 21. Diseño Inicial



Fuente: Autores

### 3.4 Selección de equipos.

#### 3.4.1 Selección de ventosa.

3.4.1.1 *Parámetros para la selección de una ventosa.* Para la selección de una ventosa hay que tener en cuenta los siguientes parámetros descritos a continuación:

- **Forma de la carga:** plana, curvada, cilíndrica, ovoide o esférica.
- **Material de la carga:** poroso, deformable, rígido o frágil.
- **Estado de la superficie de la carga:** lisa, granulosa, abrasiva.
- **Aspecto de la carga:** húmeda, aceitosa, viscosa o seca.
- **Peso de la carga:** pesada o ligera.
- **Superficie disponible:** en función de la carga.
- **Orientación de la toma:** horizontal o vertical.

3.4.1.2 *Determinación del diámetro y fuerza de aspiración de la ventosa.* Para la determinación del diámetro y la fuerza de aspiración de la ventosa a utilizar fue necesario realizar una serie de cálculos. Para lo cual Existen factores que a la hora de producirse el trabajo intervienen en el proceso de manipulación, estos factores son:

- Peso de la pieza
- Aceleración terrestre (9,81 mt/s )
- Aceleración de la instalación
- Coeficiente de fricción.
- Factor de seguridad

En primera instancia debemos calcular el peso de la probeta de aluminio que será absorbida por la ventosa, para ello debemos desarrollar la siguiente formula.

$$M = (l * a * al )\rho \quad (1)$$

Dónde:

M= masa (kg)

l= largo (m)

a= ancho (m)

al= altura (m)

$\rho$  = densidad  $kg/m^3$

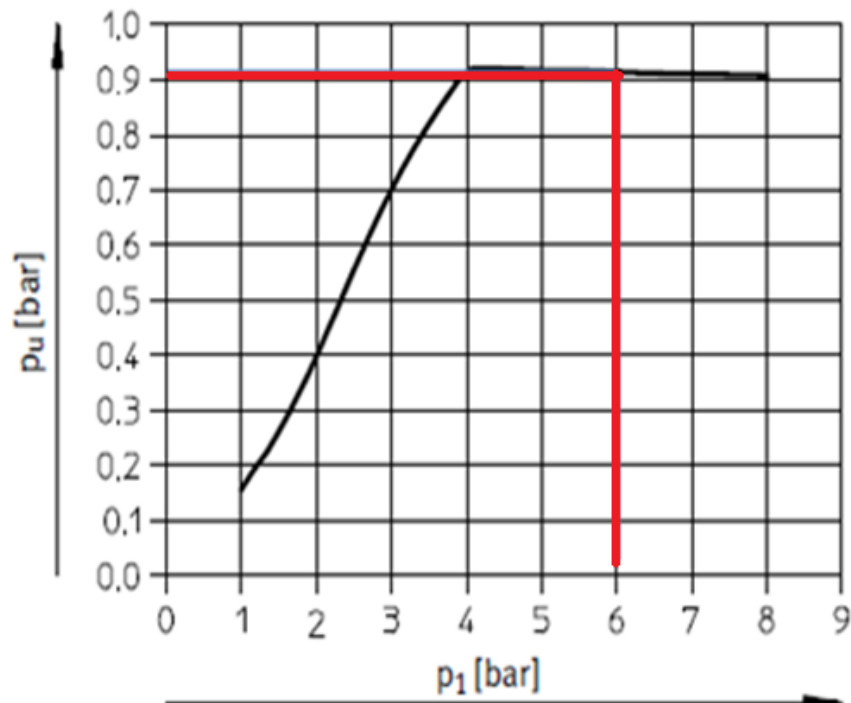
$$M = (0,045m * 0,045m * 0,030m)2700kg/m^3$$

$$M = 0,16 kg$$

$$M = 160 g$$

Luego de determinar la masa del elemento a ser succionado por la ventosa, procedemos a determinar la presión de vacío en función de la presión de trabajo que opera el módulo de selección y posicionamiento de materiales.

Figura 22. Curva de vacío en función de la presión de trabajo  
 Vacío  $p_u$  en función de la presión de funcionamiento  $p_1$



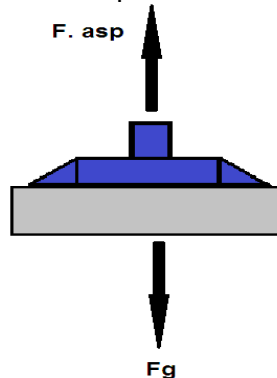
Fuente: <http://goo.gl/XlehzP>

El vacío que produce la presión de trabajo de 6 bares es de **0.9 bar**. Este dato se utilizará posteriormente para realizar cálculos de selección de la ventosa. En el módulo de selección y posicionamiento de materiales se realiza dos tipos de movimientos por lo cual deberemos analizar cada uno:

- Ventosa en posición horizontal, movimiento en dirección vertical.
- Ventosa en posición horizontal, movimiento en dirección horizontal.

**Caso 1: Ventosa en posición horizontal, movimiento en dirección vertical.**

Figura 23. Equilibrio de fuerzas



Fuente: Autores

$$F_{\text{aspiración}} = m * (g + a) S \quad (2)$$

Dónde:

$F_H$  = Fuerza de sujeción teórica (N)

$m$  = Masa (kg)

$g$  = Aceleración terrestre (9,81 m/s<sup>2</sup>)

$a$  = Aceleración con la que la probeta debe ser elevada (m/s<sup>2</sup>)

$S$  = Factor de seguridad

$S$ : Factor de seguridad según catálogo

Elevación horizontal

Dinámico:  $\geq 4$

Estático:  $\geq 2$

Elevación vertical

Dinámico:  $\geq 8$

Estático:  $\geq 4$

En este caso el objeto se moverá en forma vertical por lo que escogeremos un coeficiente de seguridad  $S$ : 8 (FESTO PNEUMATIC, 2009)

El dato de la fuerza de aspiración depende de la presión de vacío y de la sección de la ventosa a utilizar. Como se ha tomado por hipótesis una ventosa de diámetro 30 (mm). Si se va al catálogo se obtiene que:

Tabla 15. Catálogo comercial para selección de ventosas

Datos técnicos generales							
Diámetro de la ventosa en mm	Construcción	Conexión de vacío	Tipo de fijación	Diámetro nominal en mm	Diámetro útil de la ventosa en mm	Dureza	Fuerza de aspiración con 70% de vacío en N
1	Conexión de vacío en la parte superior, redonda estándar	M3	Rosca para atornillar	0,4	0,8	55±5	0.035
2		M3		1	1,6	55±5	0.14
5		M5		1,5	4	55±5	0.9
8		M5		2	5,5	73	1.6
10		M5		2	8	73	4.5
15		G1/8		3	12	73	7.9
30		G 1/8		3	25	73	34
40		G1/4		4	32	73	556
55		G1/4		4	44	73	106
75		G1/4		4	60	73	397
100	G1/4	4	85	73	606		
125	G3/8	7	105	73	606		

Fuente: <http://goo.gl/STVyOg>

Para un vacío de 70%, con diámetro de 30 mm se obtiene una fuerza de succión de 34 N. como se tiene un vacío de 90% la fuerza será:

$$F_{\text{aspiracion}} = \frac{0.9}{0.7} * 34 \text{ N} \quad (3)$$

$$F_{\text{aspiracion}} = 43.71 \text{ N}$$

De forma que procedemos a verificar si las dos aceleraciones son mayores que la aceleración gravitatoria mediante la ecuación:

$$F_{\text{aspiracion}} = m * (g + a) S$$

$$g + a = \frac{F_{\text{aspiracion}}}{m * s}$$

$$g + a = \frac{43.71 \text{ N}}{0.16 \text{ kg} * 8}$$

$$g + a = 34.14 \text{ m/s}^2$$

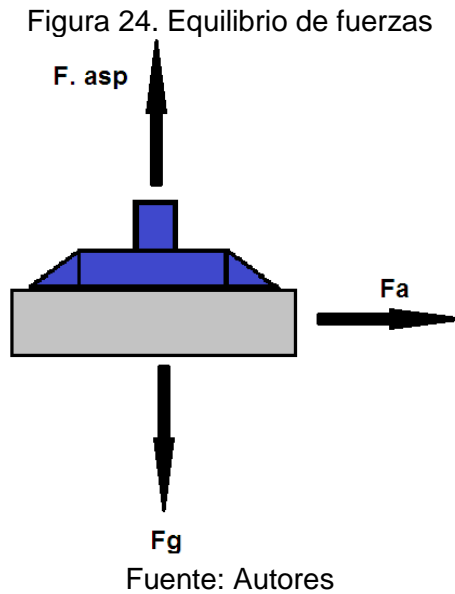
$$a = 34.14 \text{ m/s}^2 - 9.8 \text{ m/s}^2$$

$$a = 24.33 \text{ m/s}^2$$

Debido a que la suma de las dos aceleraciones es mayor que la aceleración gravitatoria se deduce que la ventosa de diámetro 30 (mm) es la correcta.

De esta manera, la aceleración permitida en el movimiento de subida deberá ser de  $24.33 \text{ m/s}^2$

**Caso 2: ventosa en posición horizontal, movimiento en dirección horizontal**



$$F_{\text{aspiración}} = m * \left( g + \frac{a}{\mu} \right) S \quad (4)$$

Dónde:

$F_{\text{aspiración}}$  = Fuerza de aspiración, en N.

$m$  = Masa de la probeta de aluminio, en Kg.

$g$ : Gravedad, en  $\text{m/s}^2$ .

$a$ : Aceleración con la que la probeta debe ser elevada, en  $\text{m/s}^2$ .

$S$ : Factor de seguridad según catalogo

Elevación horizontal

Dinámico:  $\geq 4$

Estático:  $\geq 2$

Elevación vertical

Dinámico:  $\geq 8$

Estático:  $\geq 4$

En este caso el objeto se moverá en forma horizontal por lo que escogeremos un coeficiente de seguridad  $S$ : 4 (FESTO PNEUMATIC, 2009)

Los coeficientes de fricción están dados según los tipos de superficies a trasladar y en valores medios, es decir, un valor promedio; por lo tanto, éstos deben ser comprobados en cada utilización.

Tabla 16. Coeficientes de fricción

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: <http://goo.gl/wN8pWf>

Como se ha tomado en el movimiento vertical una ventosa de 30 mm, hemos obtenido una aceleración de  $24.33 \text{ m/s}^2$ .

De forma que:

$$F_{\text{aspiración}} = m * \left( g + \frac{a}{\mu} \right) S$$

$$F_{\text{aspiración}} = 0.16 \text{ kg} * \left( 9.8 \text{ m/s}^2 + \frac{24.33 \text{ m/s}^2}{0.5} \right) 4$$

$$F_{\text{aspiración}} = 37.4 \text{ N}$$



Tabla 17. Catalogo comercial para selección de ventosas

Datos técnicos generales							
Diámetro de la ventosa en mm	Construcción	Conexión de vacío	Tipo de fijación	Diámetro nominal en mm	Diámetro útil de la ventosa en mm	Dureza	Fuerza de aspiración con 70% de vacío en N
1	Conexión de vacío en la parte superior, redonda estándar	M3	Rosca para atornillar	0,4	0,8	55±5	0,035
2		M3		1	1,6	55±5	0,14
5		M5		1,5	4	55±5	0,9
8		M5		2	5,5	73	1,6
10		M5		2	8	73	4,5
15		G1/8		3	12	73	7,9
30		G 1/8		3	25	73	34
40		G1/4		4	32	73	556
55		G1/4		4	44	73	106
75		G1/4		4	60	73	397
100	G1/4	4	85	73	606		
125	G3/8	7	105	73	606		

Fuente: <http://goo.gl/XIehzP>

En este caso hemos obtenido una fuerza de aspiración menor que la del primero pero si está dentro del rango de una ventosa de 30 mm, por tanto se ha seleccionado la ventosa de 30 mm.

Figura 25. Ventosa



Fuente: <http://goo.gl/WPnc8k>

Tabla 18. Característica de ventosa

Ventosa	
<b>Marca</b>	AIRBEST
<b>Modelo</b>	SBF 30P(U)
<b>Material</b>	Poli uretano
<b>Toma</b>	Rosca 1/8
<b>Diámetro</b>	30 mm

Fuente. Autores

**3.4.2 Selección del generador de vacío.** Para seleccionar el generador de vacío vamos a determinar la capacidad de aspiración de la ventosa según su diámetro, para poder establecer el caudal de aspiración que deberá entregar el generador de vacío. En la tabla se indican algunos valores indicativos para el caudal volumétrico o bien la capacidad de aspiración en función del diámetro de la ventosa.

Tabla 19. Valores indicativos para caudal volumétrico y capacidad de aspiración

Diámetro de ventosas	Caudal volumétrico	Capacidad de aspiración
Hasta 60 mm	0,5 m <sup>3</sup> /h	8,3 l/min
Hasta 120 mm	1,0 m <sup>3</sup> /h	16,6 l/min
Hasta 215 mm	2,0 m <sup>3</sup> /h	33,3 l/min
Hasta 450 mm	4,0 m <sup>3</sup> /h	66,6 l/min

Fuente: <http://goo.gl/wN8pWf>

En el mercado podemos encontrar los siguientes generadores de vacío AIRBEST en base a la capacidad de aspiración que requiere la ventosa.

Tabla 20. Generadores de vacío AIERBEST

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	
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: <http://goo.gl/51yPzq>

Por medio de la tabla anterior se ha seleccionado el generador de vacío modelo ACV-05HS, en función de la tasa de consumo de aire.

Figura 26. Generadores de vacío AIERBEST



Fuente: <http://goo.gl/gJ2IYu>

Tabla 21. Características del generador de vacío

<b>Marca:</b> AIRBEST	<b>Presión de trabajo:</b> 0- 6 BAR
<b>Modelo:</b> ACV-05 HS	<b>Toma:</b> ROSCA DE 1/8

Fuente: Autores

**3.4.3 Selección del actuador rotativo.** El actuador rotativo de doble efecto fue seleccionado en función del ángulo de rotación requerido por el módulo de selección de materiales, para la selección de la probeta y en función de la presión de trabajo del módulo. El ángulo de rotación requerido para la selección de la probeta del módulo es de 90° y la presión de trabajo del módulo es de 6 bar por lo tanto el actuador rotativo seleccionado cumple con los requerimientos del módulo.

Figura 27. Actuador rotativo



Fuente: <http://goo.gl/lyRn5r>

Tabla 22. Características del actuador rotativo

<b>Marca:</b> AIRWORK	<b>Presión máxima de trabajo:</b> 7 bar
<b>Temperatura de funcionamiento:</b> -0C° / +90C°	<b>Angulo de rotación:</b> 0° - 180°
<b>Angulo ajustable:</b> 0° - 180°	<b>Toma:</b> Rosca M5

Fuente: Autores

**3.4.4 Selección de la banda transportadora.** Para seleccionar el tipo de cinta que se necesita para el módulo se tomó en cuenta varias especificaciones que se encuentran en la siguiente tabla.

Tabla 23. Tipo de bandas transportadoras

MOD	RESISTENCIA	APLICACIONES DE BANDAS TRANSPORTADORAS
ALG-1	ALCALIS, OXIDANTES, DESGASTE	GALLETAS, PAPELERIA, TRANSPORTACION LIGERA
ALG-2	ALCALIS, OXIDANTES, DESGASTE	GALLETAS, PAPELERIA, QUIMICA, LAVANDERIA Y TRANSPORTACION LIGERA
ALG-3	ALCALIS, OXIDANTES, DESGASTE	INDUSTRIA DE EMPAQUE Y HARINERA
ALG-4	ALCALIS, OXIDANTES, DESGASTE	INDUSTRIA CARTONERA, TABACALERA, CERILLERA Y HARINERA
ALG-6	ALCALIS, OXIDANTES, DESGASTE	INDUSTRIA CEMENTERA, ACUMULADORES, TRANSMISION DE FUERZA
POL-2	ACIDOS, ALCALIS, OXIDANTES, DESGASTE	INDUSTRIA ALIMENTICIA, ACUMULADORES, QUIMICA, TRANSPORTE DE CARGA MEDIANA
POL-4	ACIDOS, ALCALIS, OXIDANTES, DESGASTE	INDUSTRIA CEMENTERA, Y TRANSPORTACION PESADA
POL-6	ACIDOS, ALCALIS, OXIDANTES, DESGASTE	INDUSTRIA CEMENTERA, TRANSPORTACION PESADA
PS-1	ALCALIS, DESGASTE, HUMEDAD	INDUSTRIA ALIMENTICIA, QUIMICA, Y TRANSPORTACION LIGERA
PS-2	ALCALIS, DESGASTE, HUMEDAD	INDUSTRIA ALIMENTICIA, QUIMICA, Y TRANSPORTACION LIGERA
S-230	ALCALIS, DESGASTE	TRANSPORTACION MEDIANA
TF	ALCALIS, OXIDANTES, DESGASTE	INDUSTRIA ALIMENTICIA Y SALIDA DE HORNO
TECA	ALCALIS, OXIDANTES, DESGASTE, FRICCION	INDUSTRIA DE ACUMULADORES Y CEMENTERA
TECP	ALCALIS, OXIDANTES, DESGASTE, FRICCION	INDUSTRIA DE ACUMULADORES Y CEMENTERA
FF	ACIDOS, FRICCION, IMPACTO, CORTE, ACEITES, QUIMICOS	INDUSTRIA MINERA, CEMENTERA, CONCRETERA, MARMOLERA, TRANSPORTE DE CARGA PESADA
MINX16	ACIDOS, FRICCION, IMPACTO, CORTE, ACEITES, QUIMICOS	INDUSTRIA MINERA, CEMENTERA, CONCRETERA, MARMOLERA, TRANSPORTE DE CARGA PESADA
MINX08	ACIDOS, FRICCION, IMPACTO, CORTE, ACEITES, QUIMICOS	INDUSTRIA MINERA, CEMENTERA, CONCRETERA, MARMOLERA, TRANSPORTE DE CARGA PESADA
MIN108	ACIDOS, FRICCION, IMPACTO, CORTE, ACEITES, QUIMICOS	INDUSTRIA MINERA, CEMENTERA, CONCRETERA, MARMOLERA, TRANSPORTE DE CARGA PESADA

BANDAS TRANSPORTADORAS PARA MAQUINAS BOLSEADORAS, ALIMENTICIAS, CEMENTERAS, MINERAS, ELECTRONICAS

Fuente: <http://goo.gl/3DmHPK>

Tabla 24. Resistencias químicas y aplicaciones de las bandas transportadoras

MOD	MATERIAL DE BANDA	ESPESOR	ACABADO DE BANDA	TENSION	TEMP.
ALG-1	BANDA DE ALGODON	1 MM	BANDA ANTIDERRAPANTE	200 KG/IN	80°C
ALG-2	BANDA DE ALGODON	2 MM	BANDA ANTIDERRAPANTE	500 KG/IN	100°C
ALG-3	BANDA DE ALGODON	3 MM	BANDA ANTIDERRAPANTE	750 KG/IN	120°C
ALG-4	BANDA DE ALGODON	4 MM	BANDA ANTIDERRAPANTE	1000 KG/IN	140°C
ALG-6	BANDA DE ALGODON	6 MM	BANDA ANTIDERRAPANTE	1250 KG/IN	180°C
POL-2	BANDA DE POLIESTER	2 MM	BANDA ANTIDERRAPANTE	650 KG/IN	100°C
POL-4	BANDA DE POLIESTER	4 MM	BANDA ANTIDERRAPANTE	1300 KG/IN	120°C
POL-6	BANDA DE POLIESTER	6 MM	BANDA ANTIDERRAPANTE	1950 KG/IN	140°C
PS-1	BANDA DE POLIESTER/PVC	1.5 MM	BANDA ACABADO LISO	200 KG/IN	100°C
PS-2	BANDA DE POLIESTER/PVC	2.5 MM	BANDA ACABADO LISO	500 KG/IN	120°C
S-230	BANDA DE ALGODON/SILICON	2.5 MM	BANDA ACABADO LISO	800 KG/IN	230°C
TF	BANDA DE ALGODON/TEFLON	2 MM	BANDA ANTIDERRAPANTE	500 KG/IN	140°C
TECA	BANDA DE ALGODON-RIG	4 MM	BANDA ANTIDERRAPANTE	1000 KG/IN	140°C
TECP	BANDA DE POLIESTER-RIG	4 MM	BANDA ANTIDERRAPANTE	1300 KG/IN	130°C
FF	BANDA DE POLIESTER/HULE	2, 4, 6 MM	BANDA ANTIDERRAPANTE	650-1300-1950	100°C
MINX16	BANDA DE POLIESTER/HULE	3.5, 5, 5.7, 5MM	LISO, MALLA, TELA, GRIP-TOP	650-1300-1950	100°C
MINX08	BANDA DE POLIESTER/HULE	5, 7, 9 MM	LISO, MALLA, TELA, GRIP-TOP	650-1300-1950	100°C
MIN108	BANDA DE POLIESTER/HULE	8.5, 10.5 MM	LISO, MALLA, TELA, GRIP-TOP	650-1300-1950	100°C

BANDAS TRANSPORTADORAS PARA MAQUINAS BOLSEADORAS, ALIMENTICIAS, CEMENTERAS, MINERAS, ELECTRONICAS

Fuente: <http://goo.gl/3DmHPK>

Se ha seleccionado la cinta transportadora ALG-1 de algodón, para transporte ligero con las siguientes características:

Tabla 25. Características técnicas de la banda transportadora

Cinta transportadora seleccionada	
Cinta transportadora	Características
	Banda de Algodón
	Ancho: 100 mm
	Largo: 1200 mm
	Espesor: 1mm
	Max tensión: 200 kg/in
	Resistente al desgaste
	Carga Ligera

Fuente: Autores

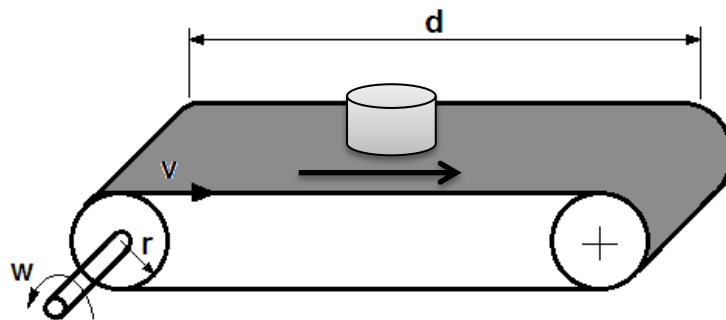
**3.4.5 Selección del motor.** Para efectuar el movimiento de la banda transportadora necesitamos un motor, el cual será seleccionado en función del torque y la potencia.

**Criterios de selección.**

- Para la selección del motor se debe considerar el peso de las probeta y de los componentes de la banda que el motor debe mover.
- Determinar el número de revoluciones del motor para lo cual es necesario conocer la velocidad de la banda transportadora

**Cálculos para selección del motor**

Figura 28. Sistema de la banda transportadora



Fuente: Autores

Datos:

Velocidad lineal = m/s

Tiempo (t) = 15 s

Distancia (d) = 0.5 m

Radio del rodillo de la banda (r) = 0.025 m

$$v = \frac{d}{t} \tag{5}$$

$$v = \frac{0.5 \text{ m}}{10 \text{ s}}$$

$$v = 0,05 \text{ m/s}$$

Dónde:

$v$  = Velocidad lineal de la banda transportadora, en metros sobre segundos

$d$  = Distancia de desplazamiento, en metros

$t$  = Tiempo transcurrido de desplazamiento, en segundos

- *Cálculo de la velocidad angular (rpm)*

$$\omega = \frac{v}{r} \quad (6)$$

$$\omega = \frac{v}{r}$$

$$\omega = \frac{0,05 \text{ m/s}}{0,025 \text{ m}}$$

$$\omega = 2 \text{ rad/s}$$

$$\omega = \frac{2 \text{ rad}}{\text{s}} \cdot \frac{1 \text{ rev}}{2\pi \text{ rad}} \cdot \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} = 19 \text{ rpm}$$

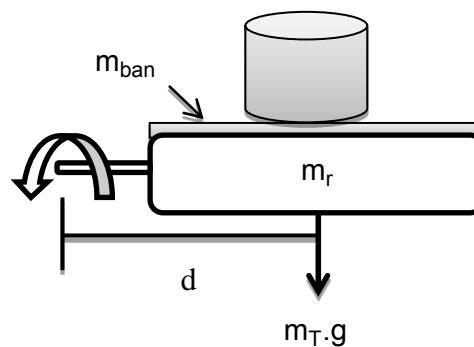
Dónde:

$\omega$  = Velocidad angular, en revoluciones por minuto

$r$  = Radio del rodillo de la banda, en metros

- *Calculo de la fuerza a vencer*

**Figura 29. Esquema de la banda transportadora**



Fuente: Autores

Datos:

Masa de las probretas ( $m_b$ ) = 0.48 Kg

Masa de la banda transportadora ( $m_{ban}$ ) = 0.1 Kg

Masa del rodillo ( $m_r$ ) = 0.675 kg c/u

Distancia (d) = 0,06 m

$$W = m_t * g \quad (7)$$

$$F = m_T \cdot g$$

$$F = (0,48 \text{ kg} + 0,1 \text{ kg} + 0,675 \text{ kg} + 0,675 \text{ kg}) (9,8 \text{ m/s}^2)$$

$$F = 19 \text{ N}$$

Dónde:

W = Peso, en newton

F = Fuerza o peso a vencer, en N

g = Gravedad, en metros sobre segundos al cuadrado

$m_T$  = Masa total, en kg

- Cálculo del torque requerido (N.m)

$$T = F \cdot d \quad (8)$$

$$T = (19 \text{ N}) (0,06 \text{ m})$$

$$T = 1,14 \text{ N.m}$$

Dónde:

T = Torque requerido, en N.m

d = Distancia, en m

- Cálculo de potencia requerida (W)

$$P = T \cdot \omega \quad (9)$$

$$P_n = (1,14 \text{ Nm}) (2 \text{ rad/s})$$

$$P_n = 2,28 \text{ W}$$

La selección del motor reductor se la realizo en función del torque requerido, y cuenta con las siguientes características.

Figura 30. Motor reductor eléctrico DC



Fuente: <http://goo.gl/EAu8q9>

Tabla 26. Características del Motor reductor eléctrico

<b>Motor:</b> DC	<b>Tipo:</b> helicoidal, con engranajes de dientes rectos
<b>Orientación del eje:</b> de árboles paralelos	<b>Voltaje de entrada:</b> 12VDC, 24VDC
<b>Velocidad de salida:</b> 0.3 ~ 394 RPM	<b>Esfuerzo de torsión:</b> 0.14 ~ 19.6 Nm.

Fuente: Autores

**3.4.6 Selección de cilindros neumáticos.** El módulo de selección y posicionamiento de materiales consta de 5 cilindros neumáticos de doble efecto (A, B, C, D, E). Los cilindros neumáticos serán seleccionados a continuación de acuerdo a catálogos comerciales de cilindros neumáticos de doble efecto con diámetros y carreras normalizados.

**3.4.6.1 Selección del cilindro A.** El cilindro A es el encargado de desplazar verticalmente y horizontalmente las probetas de aluminio y duralom, mediante el acople de un cilindro compacto, generador de vacío y ventosa en el cilindro.

**Criterios de selección:**

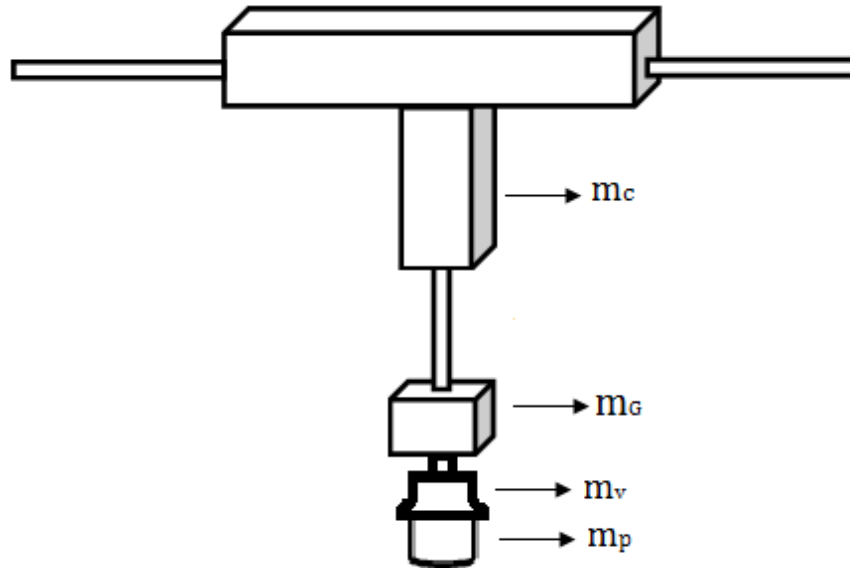
- Se necesita que el cilindro tenga una carrera de 100 mm.



- La fuerza del cilindro debe ser mayor al peso del cilindro compacto, generador de vacío, ventosa y el peso de la probeta a ser desplazada verticalmente.

### Cálculos para obtener el diámetro estándar del cilindro A.

Figura 31. Esquema del cilindro A



Fuente: Autores

Datos:

Masa de la probeta ( $m_p$ ): 0,16 kg

Masa del generador de vacío ( $m_G$ ): 0,1 kg

Masa del cilindro ( $m_c$ ): 0.56 kg

Masa de la ventosa ( $m_v$ ): 0,11 kg

Masa total a vencer ( $m_t$ ): 0.93 kg

Presión de trabajo: 6 Bar =  $6 * 10^5 Pa$

### Desarrollo

Calcularemos el diámetro del embolo del cilindro A, el cual deberá superar la fuerza del peso del cilindro compacto, generador de vacío, ventosa y la probeta. El diámetro del embolo será calculado con la siguiente ecuación.

$$D = \sqrt[2]{\frac{4 * F_t}{\pi * P}} \quad (10)$$

Dónde:

$D$  = Diámetro del embolo, en mm.

$F_t$ = Fuerza teórica, en N.

$P$ = Presión de trabajo, en Pa.

Obtenemos el peso de todas las cargas a desplazar utilizamos la ecuación 7:

$$W = m_t * g$$

Dónde:

$W$  = Peso total a vencer, en N.

$m_t$ = Masa total a vencer, en kg.

$g$ : Gravedad, en  $\frac{m}{s^2}$ .

$$W = 0,93 \text{ kg} * 9.8 \frac{m}{s^2}$$

$$W = Fe = 9,12 \text{ N}$$

Entonces la fuerza a vencer por el cilindro de doble efecto es de 4,45N, tomando en cuenta que debemos sumar el 10% de la fuerza de rozamiento, provocado por el avance y retorno del embolo.

$$Fe = Ft - Fr \tag{11}$$

Dónde:

$F_t$  = Fuerza teórica, en N.

$F_e$ = Fuerza efectiva, en N.

$F_r$ = Fuerza de rozamiento 10% (0,1), en N.

Calculamos la fuerza teórica aplicando la ecuación 11:

$$Fr = 0,1 * Ft$$

$$Fe = Ft - 0,1Ft$$

$$Fe = 0,9Ft$$

Despejamos la fuerza teórica

$$F_t = \frac{F_e}{0.9}$$

$$F_t = \frac{9,12 \text{ N}}{0.9}$$

$$F_t = 10,13 \text{ N}$$

Reemplazamos la fuerza teórica en la ecuación 10:

$$D = \sqrt[2]{\frac{4 * 10,13 \text{ N}}{\pi * 6 * 10^5 \text{ pas}}}$$

$$D = 0.006 = 6 \text{ mm}$$

Obteniendo un diámetro del embolo del cilindro de 6 mm, procedemos a seleccionar el cilindro en el catálogo de cilindros neumáticos de doble efecto con vástago doble SMC serie CQ2W. Donde encontraremos diámetros y carreras estándares.

Tabla 27. Diámetros estándar de cilindros con vástago doble SMC serie CQ2W

<b>Características técnicas</b>											
<b>Modelo neumático</b>											
Diámetro (mm)		12	16	20	25	32	40	50	63	80	100
<b>Funcionamiento</b>		Doble efecto con vástago doble									
<b>Fluido</b>		Aire									
<b>Presión de prueba</b>		1.5 MPa									
<b>Presión máx. de trabajo</b>		1.0 MPa									
<b>Presión mín. de trabajo</b>		0.07 MPa		0.05 MPa							
<b>Temp. ambiente y de fluido</b>		Sin detección magnética: -10 a 70°C (sin congelación) Con detección magnética: -10 a 60°C (sin congelación)									
<b>Lubricación</b>		No necesaria (sin lubricación)									
<b>Velocidad del émbolo</b>		50 a 500 mm/s									
<b>Energía cinética admisible (J)</b>	<b>Estándar</b>	0.022	0.038	0.055	0.09	0.15	0.26	0.46	0.77	1.36	2.27
	<b>Con tope elástico</b>	0.043	0.075	0.11	0.18	0.29	0.52	0.91	1.54	2.71	4.54
<b>Tolerancia de longitud de carrera</b>		+1.0 mm Nota) 0									

Fuente: <http://goo.gl/YqI4zo>

Tabla 28. Carreras estándares de cilindros con vástago doble SMC serie CQ2W

<b>Carreras estándares</b>	
<b>Modelo neumático (mm)</b>	
Diámetro	Carrera estándar
<b>12, 16</b>	5, 10, 15, 20, 25, 30
<b>20, 25</b>	5, 10, 15, 20, 25, 30 35, 40, 45, 50
<b>32, 40</b>	5, 10, 15, 20, 25, 30 35, 40, 45, 50, 75, <b>100</b>
<b>50, 63</b>	10, 15, 20, 25, 30
<b>80, 100</b>	35, 40, 45, 50, 75, 100

Fuente: <http://goo.gl/YqI4zo>

Debido a que en el catálogo de cilindros neumáticos de doble efecto con vástago doble SMC serie CQ2W, tenemos diámetros y carreras estandar, se selecciono un cilindro con las siguientes características:

Figura 32. Cilindro de doble efecto con doble vástago A



Fuente: Autores

Tabla 29. Características del cilindro doble efecto con doble vástago A

<b>Marca:</b> SMC	<b>Serie:</b> CQ2
<b>Tipo:</b> neumático	<b>Configuración:</b> doble efecto con vástago doble
<b>Diámetro del cilindro:</b> 32 mm	<b>Diámetro del vástago:</b> 10 mm
<b>Presión mínima de trabajo:</b> 0,05 Mpa.	<b>Presión máxima de trabajo:</b> 1Mpa
<b>Carrera:</b> 100 mm	<b>Toma:</b> rosca de 1/8

Fuente: Autores

Calculamos el consumo de aire con la siguiente ecuación

$$V = A + A''(Carrera * n) * Rc \quad (12)$$

Dónde:

**V:** Consumo de aire

**Rc:** Relación de compresión:

**A:** Área del cilindro en el avance:

**D:** Diámetro del cilindro

**A'':** Área del cilindro en el retorno

**n:** Número de ciclos por minuto  $6 \frac{\text{ciclos}}{\text{minuto}}$ :

Cálculo del área del cilindro en el avance con la ecuación

**Dónde:**

**D:** Diámetro del cilindro

$$A = 0.785D^2 \quad (13)$$

$$A = 0.785(32\text{mm})^2$$

$$A = 803,84 \text{ mm}^2$$

Cálculo área del cilindro en el retorno con la ecuación

**Dónde:**

**d:** Diámetro del vástago

$$A'' = 0.785(D^2 - d^2) \quad (14)$$

$$A'' = 0.785(32^2 - 10^2)$$

$$A'' = 725,34 \text{ mm}^2$$

Cálculo de la relación de compresión en la ecuación:

**Dónde:**

**Patm:** Presión atmosférica ( $1,013 \times 10^5 \text{ Pa}$ )

**Ptrabajo:** Presión de trabajo ( $6 \times 10^5 \text{ Pa}$ )

$$Rc = \frac{Patm + P_{trabajo}}{Patm} \quad (15)$$

$$Rc = \frac{(1,013 \times 10^5 + 6 \times 10^5) Pa}{1,013 \times 10^5 Pa}$$

$$Rc = 7$$

Reemplazando en la ecuación 12 tenemos:

$$V = (803,84 mm^2 + 725,34 mm^2) (100 mm * 6 \text{ ciclos}/min) * 7$$

$$V = 6422556 \text{ mm}^3/min$$

**3.4.6.2 Selección de cilindros (B, C, D, E).** Para el cálculo del diámetro de los cilindros (B, C, D, E), se consideró el mismo procedimiento de cálculo que en el cilindro A. Para lo cual se utilizó el catálogo de cilindros neumáticos compactos SMC serie CQ2.

Tabla 30. Diámetros estándares de cilindros neumáticos compactos SMC serie CQ2

Características técnicas											
Modelo neumático											
Diámetro (mm)	12	16	20	25	32	40	50	63	80	100	
Funcionamiento	Doble efecto con vástago simple										
Fluido	Aire										
Presión de prueba	1.5 MPa										
Presión máx. de trabajo	1.0 MPa										
Presión mín. de trabajo	0.07 MPa		0.05 MPa								
Temperatura ambiente y de fluido	Sin detección magnética: -10 a 70°C (sin congelación) Con detección magnética: -10 a 60°C (sin congelación)										
Lubricación	No necesaria (sin lubricación)										
Velocidad del émbolo	50 a 500 mm/s										
Energía cinética admisible (J)	Estándar	0.022	0.038	0.055	0.09	0.15	0.26	0.46	0.77	1.36	2.27
	Con tope elástico	0.043	0.075	0.11	0.18	0.29	0.52	0.91	1.54	2.71	4.54
Tolerancia de longitud de carrera	+1.0 mm Nota) 0										

Fuente: <http://goo.gl/YqI4zo>

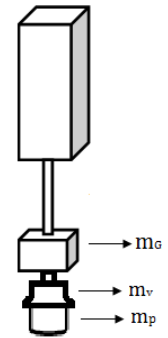
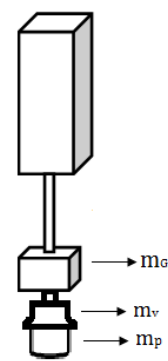
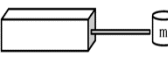
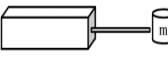
Tabla 31. Carreras estándares de cilindros compactos SMC serie CQ2

Carreras estándares	
Modelo neumático	(mm)
Diámetro	Carrera estándar
12, 16	5, 10, 15, 20, 25, 30
20, 25	5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50
32, 40	5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 75, 100
50 a 100	10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 75, 100

Fuente: <http://goo.gl/YqI4zo>

Utilizando el catálogo de cilindros neumáticos compactos SMC serie CQ2. Se obtuvo los diámetros descritos a continuación en la siguiente tabla.

Tabla 32. Diámetros de cilindros (B, C, D, E)

Cilindros	Esquema del cilindro	Fuerza a vencer	Diámetro calculado	Diámetro seleccionado	Características
Cilindro B		3,6 N	4mm	20 mm	<p><b>Marca:</b> SMC</p> <p><b>Diámetro del cilindro:</b> 20mm</p> <p><b>Diámetro del vástago:</b> 6mm</p> <p><b>Carrera:</b> 50 mm</p> <p><b>Tipo:</b> doble efecto</p> <p><b>Presión max de trabajo:</b> 1 mpa</p> <p><b>Carrera:</b> 50 mm</p>
Cilindro C		3,6 N	4mm	20mm	<p><b>Marca:</b> SMC</p> <p><b>Diámetro del cilindro:</b> 20mm</p> <p><b>Diámetro del vástago:</b> 6mm</p> <p><b>Carrera:</b> 50 mm</p> <p><b>Tipo:</b> doble efecto</p> <p><b>Presión max de trabajo:</b> 1 mpa</p> <p><b>Carrera:</b> 50 mm</p>
Cilindro D		1,6 N	2mm	20mm	<p><b>Marca:</b> SMC</p> <p><b>Diámetro del cilindro:</b> 20mm</p> <p><b>Diámetro del vástago:</b> 6mm</p> <p><b>Carrera:</b> 50 mm</p> <p><b>Tipo:</b> doble efecto</p> <p><b>Presión max de trabajo:</b> 1 mpa</p> <p><b>Carrera:</b> 50 mm</p>
Cilindro E		1,6 N	2mm	20mm	<p><b>Marca:</b> SMC</p> <p><b>Diámetro del cilindro:</b> 20mm</p> <p><b>Diámetro del vástago:</b> 6mm</p> <p><b>Carrera:</b> 50 mm</p> <p><b>Tipo:</b> doble efecto</p> <p><b>Presión max de trabajo:</b> 1 mpa</p> <p><b>Carrera:</b> 50 mm</p>

Fuente: Autores

**3.4.7 Selección de sensores.** El módulo de selección y posicionamiento de materiales selecciona dos tipos de probetas de diferente material. Para lo cual se procederá a seleccionar un sensor para cada probeta.

**3.4.7.1 Selección de sensor para probetas de aluminio.** Para la detección de probetas de aluminio considerado como un metal, seleccionamos un sensor inductivo. Este sensor es utilizado para detección de metales.

Figura 33. Sensor inductivo



Fuente: <http://goo.gl/X5Q5hp>

Tabla 33. Características del Sensor inductivo

<b>Marca:</b> ACS-CONTROL-SYSTEM	<b>Modelo:</b> SIG-08MGOPKSNB
<b>Voltaje de funcionamiento (V):</b> 10-30V DC	<b>Amperaje:</b> 200 Ma
<b>Distancia de detección:</b> 0-8 mm	<b>Serie:</b> 264386

Fuente: Autores

**3.4.7.2 Selección de sensor para probetas de duralom.** Para la detección de las probetas de duralom considerado como un no metal, seleccionamos un sensor capacitivo. Este sensor es utilizado para detectar metales y no metales.

Figura 34. Sensor capacitivo



Fuente: <http://goo.gl/fndeDK>



Tabla 34. Características del Sensor capacitivo

<b>Marca:</b> ACS-CONTROL-SYSTEM	<b>Modelo:</b> CM 18-3008NA
<b>Distancia de detección:</b> 0-8mm	<b>Amperaje:</b> 200 mA
<b>Voltaje:</b> 6 - 36 VDC	

Fuente: Autores

**3.4.8 Selección de silenciadores neumático.** Los caudales de aire comprimido al estar sometidos a grandes presiones neumáticas alcanzan velocidades muy elevadas, estos caudales al ser liberadas en una descarga directa al ambiente producen niveles de ruido que perturban los sentidos de las personas ubicadas en la cercanía.

Los silenciadores neumáticos permiten disminuir la velocidad de descarga del aire, por consecuencia, se logra una disminución considerable del nivel de ruido.

Figura 35. Silenciador neumático



Fuente: <http://goo.gl/JkMj4M>

Tabla 35. Características del silenciador neumático

<b>Material:</b> Bronce	<b>Diámetro:</b> 1/8 Pulgadas	<b>Presión máxima de trabajo:</b> 12.5 bar
-------------------------	-------------------------------	--

Fuente: Autores

**3.4.9 Selección de racores.** Este es un elemento que proporciona seguridad al operar con presiones neumáticas elevadas, porque asegura un enclavamiento y sujeción de los conductos neumáticos con los diferentes dispositivos del módulo como electroválvulas, pistones neumáticos, unidad de mantenimiento, etc.

Figura 36. Racores



Fuente: <http://goo.gl/qc0yYw>

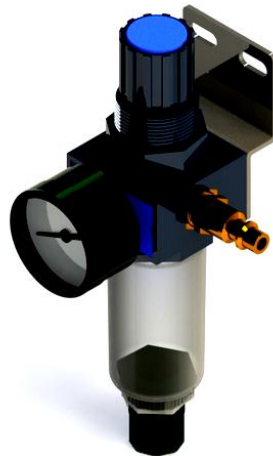
Tabla 36. Características de los racores

<b>Material:</b> Cobre	<b>Diámetro:</b> 1/8 Pulgadas	<b>Presión máxima de trabajo:</b> 25 bar
------------------------	-------------------------------	--

Fuente: Autores

**3.4.10 Selección de la unidad de mantenimiento.** Dentro de los requerimientos de operación, la Unidad de mantenimiento está dentro de los rangos operables del módulo, ofreciendo seguridad y confiabilidad, tanto en brindar la presión de operación requerida y de filtrar el aire para mantenerlo libre de impurezas.

Figura 37. Unidad de mantenimiento



Fuente: Autores

Tabla 37. Características de la unidad de mantenimiento

<b>Marca:</b> WAWTIOT	<b>Serie:</b> SFR – 04
<b>Presión de trabajo:</b> 0 – 15 MPa	<b>Toma:</b> Rosca de 1/8

Fuente: Autores

**3.4.11 Selección de electroválvulas.** En el módulo de selección y posicionamiento de materiales se utilizan dos tipos de actuadores neumáticos descritos a continuación:

- Cilindros de doble efecto.
- Generadores de vacío.

Estos actuadores neumáticos necesitan ser controlados por electroválvulas. Las cuáles serán seleccionadas de acuerdo al tipo de actuador neumático.

**3.4.11.1 Selección de electroválvulas para control de cilindros de doble efecto.** Para llevar a cabo la elección de las electroválvulas para el control de cilindros de doble efecto, es necesario recurrir a ciertos criterios de selección, que serán descritos a continuación:

- **Número de Vías:** Es el número de orificios controlados en la válvula, exceptuando los de pilotaje. Podemos así tener 2, 3, 4, 5 ó más vías (no es posible un número de vías inferior a 2).
- **Posiciones:** Es el número de posiciones estables del elemento de distribución. Pueden tenerse válvulas de 2, 3, 4 ó más posiciones (no es posible un número de posiciones inferior a 2).
- **Caudal:** Es el volumen de fluido que pasa por determinado elemento en la unidad de tiempo.

De acuerdo al número de vías y posiciones necesarias para el control de cilindros de doble efecto. La electroválvula seleccionada es una 5/2 monoestable de accionamiento eléctrico y reacción a resorte, posee cinco vías u orificios de conexión y dos posiciones de mando. Las 5 vías de la electroválvula corresponden: una a la alimentación, dos a las utilizaciones y dos escapes uno para cada utilización.

Figura 38. Electroválvula 5/2 monoestable



Fuente: <http://goo.gl/iCKucd>

Tabla 38. Características de electroválvula 5/2 monoestable

<b>Marca:</b> E-MC	<b>Serie:</b> V5211-M5
<b>Voltaje de bobinas:</b> 110V AC	<b>Presión de trabajo:</b> 0.15-0.8 MPa.

Fuente: Autores

**3.4.11.2 Selección de electroválvulas para control de generadores de vacío.** Para llevar a cabo la elección de las electroválvulas para el control de generadores de vacío, es necesario recurrir a ciertos criterios de selección, que serán descritos a continuación:

- **Número de vías:** es el número de orificios controlados en la válvula, exceptuando los de pilotaje. Podemos así tener 2, 3, 4, 5 ó más vías (no es posible un número de vías inferior a 2)
- **Posiciones:** Es el número de posiciones estables del elemento de distribución. Pueden tenerse válvulas de 2, 3, 4 ó más posiciones (no es posible un número de posiciones inferior a 2)
- **Caudal:** Es el volumen de fluido que pasa por determinado elemento en la unidad de tiempo.

De acuerdo al número de vías y posiciones necesarias para el control de los generadores de vacío. La electroválvula seleccionada es una Válvula de solenoide 2/2, actúa como una válvula de paso que consta de 2 vías y 2 posiciones. Las dos vías corresponden: una a la alimentación y otra a la utilización.

Figura 39. Válvula de solenoide 2/2



Fuente: <http://goo.gl/Nqc5eH>

Tabla 39. Características de válvula de solenoide 2/2

<b>Marca:</b> E-MC	<b>Modelo:</b> EWSLC2
<b>Presión de trabajo:</b> 0-120 psi	<b>Toma:</b> rosca ¼
<b>Voltaje:</b> DC 110V	<b>Embalaje:</b> Plastic, Box, Carton, Pallet
<b>Tipo:</b> Acción Directa	<b>Fuente de Alimentación:</b> C.A. Válvula de Solenoide

Fuente: Autores

**3.4.12 Selección de PLC.** La selección del PLC, se realizó en función de las entradas y salidas con las que cuenta el módulo de selección y posicionamiento de materiales. A continuación podemos observar el número de entradas y salidas con la que cuenta el modulo, en la siguiente tabla.

Tabla 40. Nomenclatura para los elementos de entradas

<b>N°</b>	<b>Entadas del PLC</b>	<b>Elementos generador de señal</b>	<b>Nomenclatura</b>
1	I 0.0	Pulsador de inicio	Inicio
2	I 0.1	Sensor capacitivo 1	s_capacitivo 1
3	I 0.2	Sensor inductivo para el aluminio	s_inductivo
4	I 0.3	Sensor capacitivo 2	s_capacitivo 2
5	I 0.6	Pulsador de paro	Paro
6	I 0.7	Pulsador emergencia	Emergencia

Fuente: Autores

Tabla 41. Nomenclatura para los elementos de salida

<b>N°</b>	<b>Salidas del PLC</b>	<b>Elemento receptor de señal</b>	<b>Nomenclatura</b>
1	Q 0.0	Electroválvula 1	ELV_1
2	Q 0.1	Electroválvula 2	ELV_2
3	Q 0.2	Electroválvula 6	ELV_6
4	Q 0.3	Motor de banda transportadora	MOTOR
5	Q 0.4	Electroválvula 3	ELV_3
6	Q 0.5	Electroválvula 5	ELV_5
7	Q 0.6	Electroválvula 4	ELV_4
8	Q 0.7	Electroválvula 7	ELV_7

Fuente: Autores

El Módulo de Selección y Posicionamiento de Materiales cuenta con 6 entradas y 8 salidas, para lo cual se procede a la selección del tipo de CPU del PLC en la siguiente tabla.

Tabla 42. Tipos de CPU de PLC'S S7-200

Datos específicos de cada CPU	CPU 221 <sup>1</sup>	CPU 222 <sup>2</sup>	CPU 224 <sup>3</sup>	CPU 224XP <sup>4</sup> CPU 224XPsi <sup>4</sup>	CPU 226 <sup>5</sup>
Característica					
Entradas/salidas digitales integradas	6 ED/4 SD	8 ED/6 SD	14 DE/10 DA	14 DE/10 DA	24 DE/16 DA
Entradas/salidas digitales Nº de canales vía módulos de ampliación	–	48/46/96	114/110/224	114/110/224	128/128/256
Entradas/salidas analógicas Nº de canales vía módulos de ampliación	–	16/8/16	32/28/44	2 EA/1 SA integradas 32/28/44	32/28/44
Memoria de programas	4 kbytes	4 kbytes	8/12 kbytes	12/16 kbytes	16/24 kbytes
Memoria de datos	2 kbytes	2 kbytes	8 kbytes	10 kbytes	10 kbytes
Memorización de datos dinámicos vía condensador de alto rendimiento	típ. 50 h	típ. 50 h	típ. 100 h	típ. 100 h	típ. 100 h
Contadores rápidos	4x30 kHz, de ellos, 2x20 kHz usables como contadores A/B	4x30 kHz, de ellos, 2x20 kHz usables como contadores A/B	6x30 kHz, de ellos, 4x20 kHz usables como contadores A/B <sup>1</sup>	4 x 30 kHz, 2 x 200 kHz, de ellos, 3 x 20 kHz y 1 x 100 kHz usables como contadores A/B	6x30 kHz, de ellos, 4x20 kHz usables como contadores A/B <sup>1</sup>
Puertos de comunicación RS 485	1	1	1	2	2

Fuente: <http://goo.gl/2qhmol>

Una vez analizados los tipos de CPU de los PLC SIMATIC S7-200, se procede a seleccionar el PLC SIMATIC S7-200 CPU 224XP en función de las entradas y salidas del Módulo. El PLC seleccionado consta de las siguientes características:

Figura 40. PLC SIMATIC S7-200 CPU 224XP



Fuente: <http://goo.gl/4wbWau>

Tabla 43. Características PLC SIMATIC S7-200 CPU 224XP

<b>Fabricante No.</b>	6ES7 214-2BD23- OXBO
<b>Tipo</b>	CPU 224XP AC/DC/RLY
<b>Interfaces</b>	2 x RS 485
<b>Altura</b>	80 mm
<b>Ancho</b>	140 mm
<b>Memoria de programa</b>	12.16 Kb
<b>Almacenamiento de datos</b>	10 Kb
<b>Número de salidas transistor</b>	(Máx.) 10
<b>Cantidad de entradas</b>	(Máx.) 14
<b>Número de entradas digitales</b>	(Máx.) 14
<b>Tensión de funcionamiento (entradas)</b>	24 VDC
<b>Tensión de funcionamiento ( salidas)</b>	85 – 264 VAC
<b>Tipo de montaje</b>	RIEL DIN
<b>Numero de módulos de extensión</b>	(Máx.) 7

Fuente: Autores

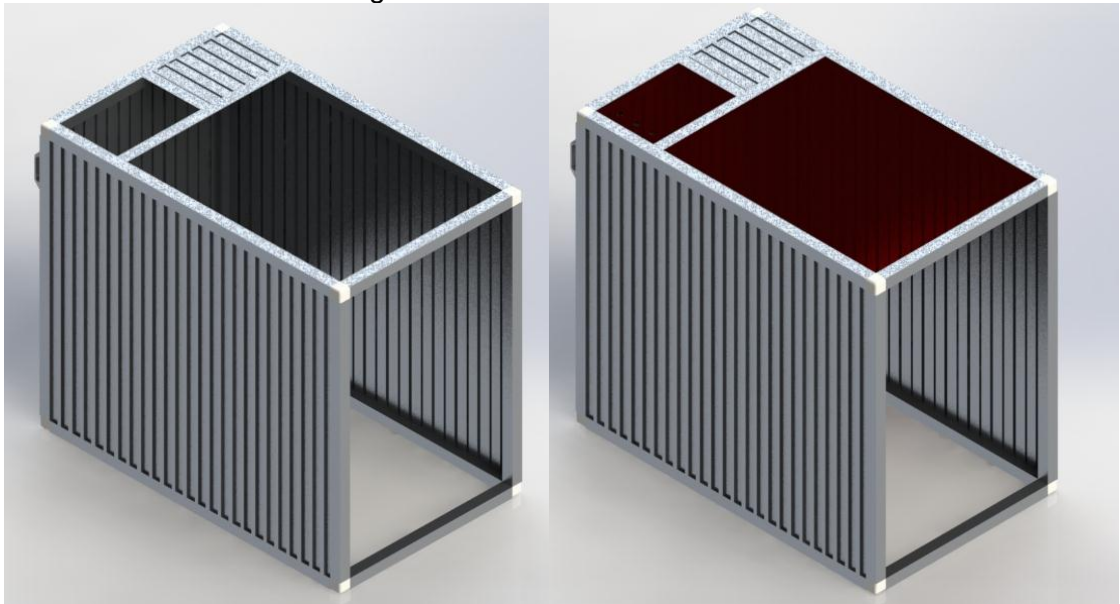
### 3.5 Montaje del módulo didáctico.

Una vez seleccionados todos los elementos y accesorios del módulo de selección y posicionamiento de materiales procedemos a su montaje.

**3.5.1** *Diseño de la estructura del módulo.* La estructura del módulo consta de los siguientes materiales:

- Tubo cuadrado de aleación de aluminio 6063-T1 de "1.5".
- Revestimiento de aleación de aluminio 6063-T1.
- Acrílico rojo de 6 mm de espesor.

Figura 41. Estructura del módulo.



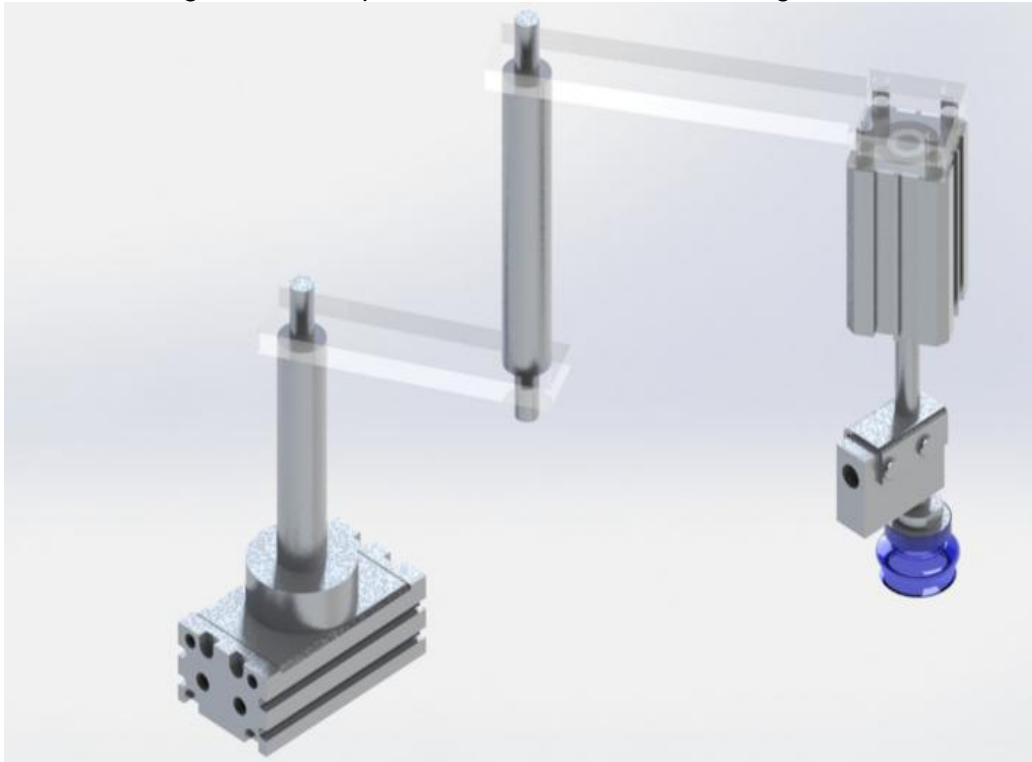
Fuente: Autores

**3.5.2** *Diseño del manipulador neumático de brazo giratorio.* El manipulador neumático de brazo giratorio consta de los siguientes materiales y accesorios:

- Acrílico transparente de 9 mm de espesor.
- Cilindro compacto de doble efecto de 50 mm de carrera.
- Actuador rotante
- Generador de vacío
- Ventosa 30 mm
- 2 ejes de aluminio

- Placa de acero inoxidable
- Racores
- Reguladores de caudal
- Pernos de sujeción

Figura 42. Manipulador de neumático de brazo giratorio



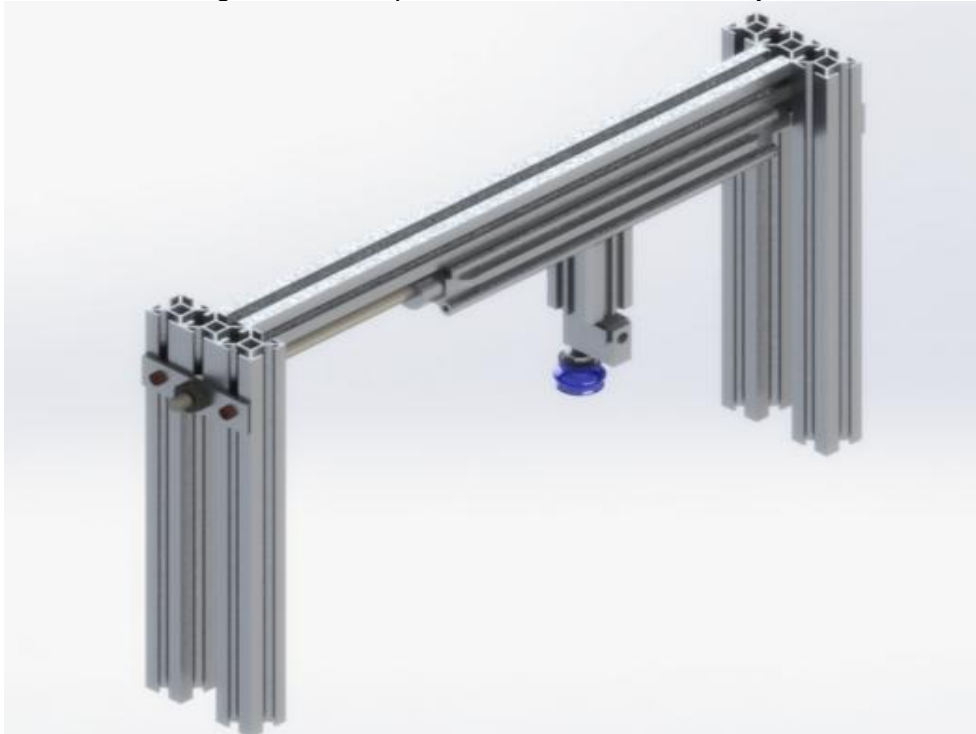
Fuente: Autores

**3.5.3** *Diseño del manipulador neumático de dos ejes.* El manipulador neumático de dos ejes, consta de los siguientes materiales y accesorios:

- Perfil división de oficina.
- Generador de vacío
- Ventosa
- Cilindro compacto de doble efecto.
- Cilindro de doble efecto de doble vástago.
- Eje de acero.
- Reguladores de caudal
- Pernos para sujeción de la estructura
- racores



Figura 43. Manipulador neumático de dos ejes

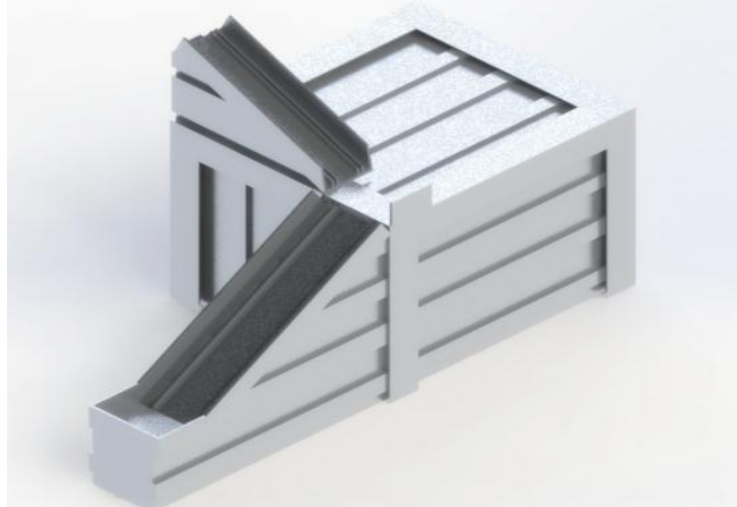


Fuente: Autores

**3.5.4** *Diseño de rampa para probetas y base de cilindro de doble efecto.* El manipulador neumático de brazo giratorio consta de los siguientes materiales y accesorios:

- Revestimiento de aleación de aluminio 6063-T1
- Angulo de aleación de aluminio 6063-T1, de 20 x 20 mm.

Figura 44. Rampa para probetas y base de cilindro de doble efecto

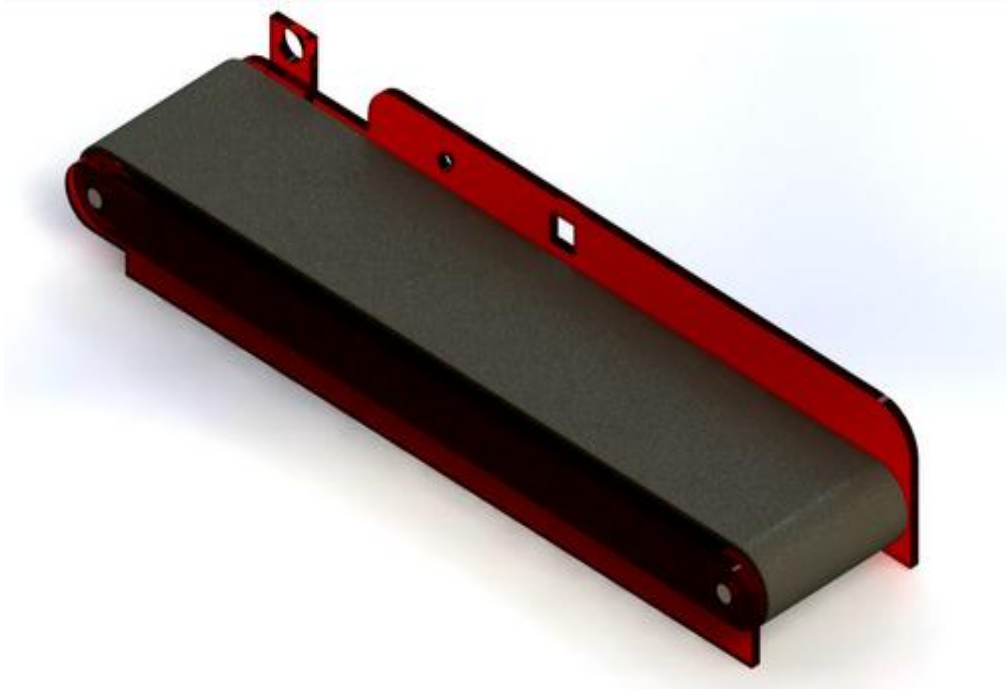


Fuente: Autores

**3.5.5** *Diseño de la banda transportadora.* La banda transportadora consta de los siguientes materiales:

- Acrílico de 6 mm de espesor
- 2 rodillos de aluminio
- Banda transportadora

Figura 45. Banda transportadora

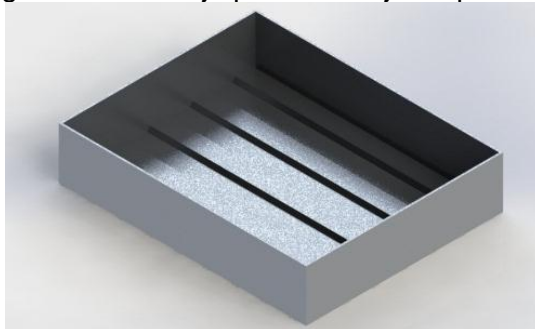


Fuente: Autores

**3.5.6** *Diseño de la bandeja para reciclaje de probetas.*

- Revestimiento de aleación de aluminio 6063-T1
- Angulo de aleación de aluminio 6063-T1

Figura 46. Bandeja para reciclaje de probetas

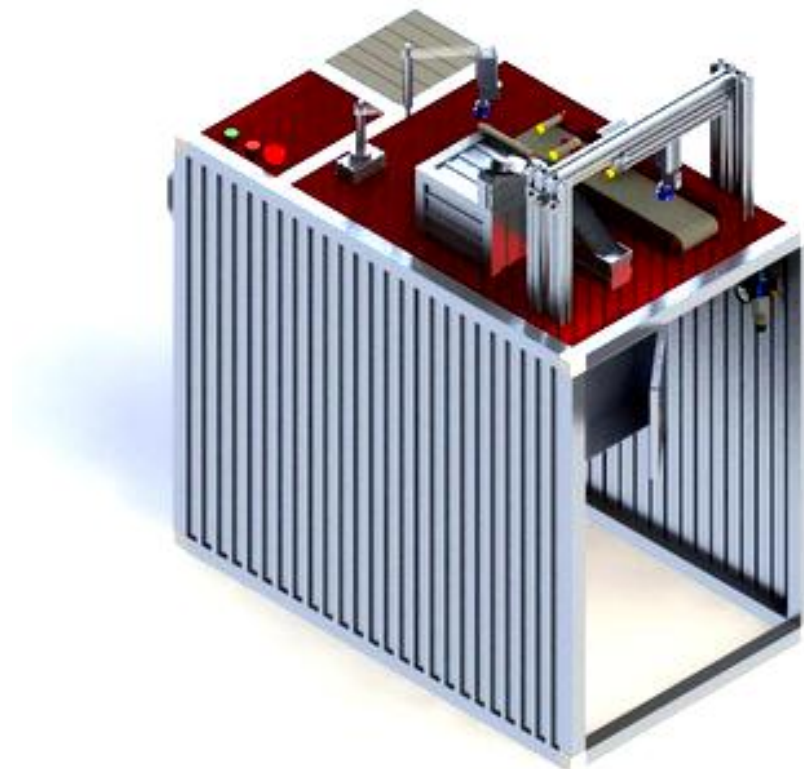


Fuente: Autores

### 3.5.7 Montaje del módulo de selección y posicionamiento de materiales.

- Montaje de la estructura del módulo.
- Montaje del manipulador neumático giratorio.
- Montaje de manipulador neumático giratorio de dos ejes.
- Montaje de la rampa para probetas y base de cilindro de doble efecto
- Montaje de la banda transportadora.
- Montaje de bandeja para reciclaje de probetas.
- Montaje de cilindros compactos de doble efecto.
- Montaje de sensores capacitivos he inductivo.
- Montaje de unidad de mantenimiento.
- Montaje de caja térmica para montaje de PLC.
- Montaje de pulsadores.

Figura 47. Montaje del módulo de selección y posicionamiento de materiales



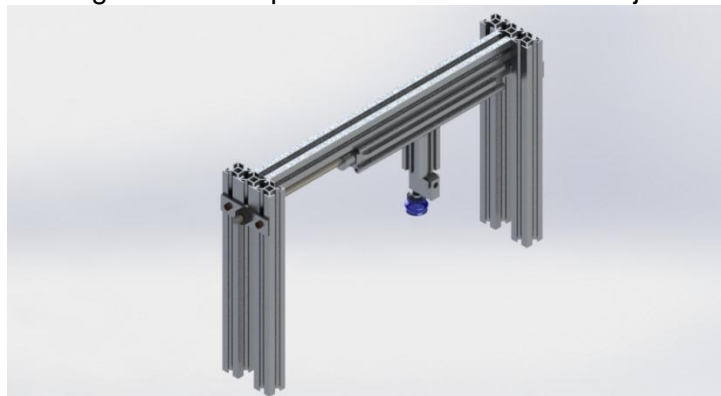
Fuente: Autores

### 3.6 Análisis estático.

#### 3.6.1 Análisis de manipulador neumático de dos ejes.

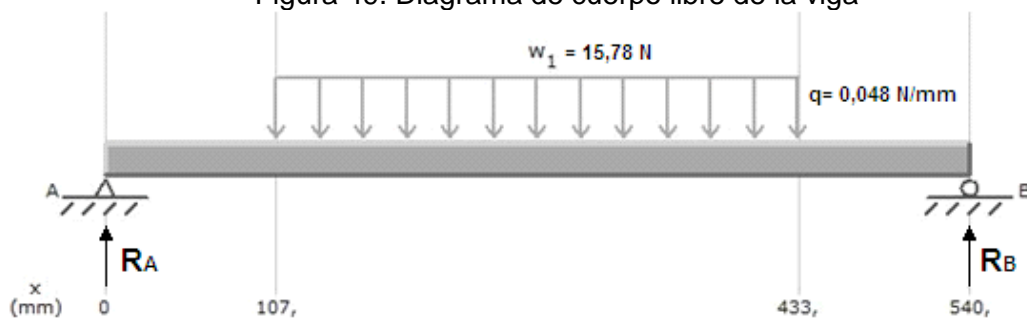
##### 3.6.1.1 Análisis de la viga.

Figura 48. Manipulador neumático de dos ejes



Fuente: Autores

Figura 49. Diagrama de cuerpo libre de la viga



Fuente: Autores

$$W = m * g$$

$$W = 1609,43 \text{ g} * 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$W = 1,609 \text{ kg} * 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$W = 15,78 \text{ N}$$

$$Fr = q * l$$

$$Fr = 0,048 \text{ Nmm} * 326 \text{ mm}$$

$$Fr = 15,78 \text{ N}$$

(16)

$$\sum MA = 0$$

$$RB(540mm) - 15,78N(270mm) = 0$$

$$RB = 7,89N$$

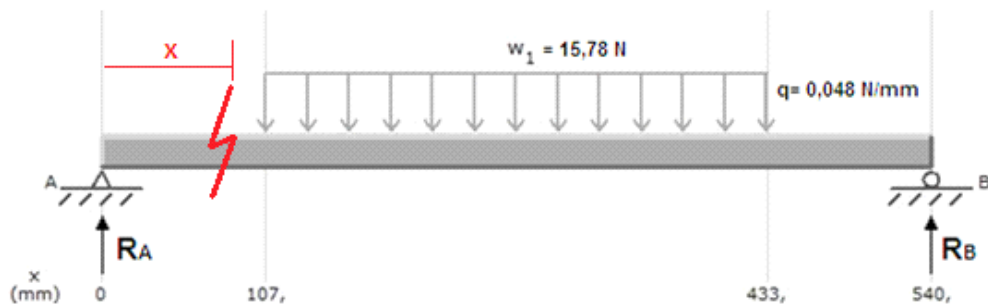
$$\sum MB = 0$$

$$-RA(540mm) + 15,78N(270mm) = 0$$

$$RA = 7,89N$$

### Análisis de corte 1

Figura 50. Análisis de corte 1 en la viga



Fuente: Autores

**Determinación del máximo esfuerzo cortante:** Evaluación entre  $0 \leq x \leq 107$  mm

$$\sum Fy = 7,89 N$$

**Determinación del máximo momento flector:** Evaluación entre  $0 \leq x \leq 107$  mm

$$\sum Mcorte = 0$$

$$-RA(x) = 0$$

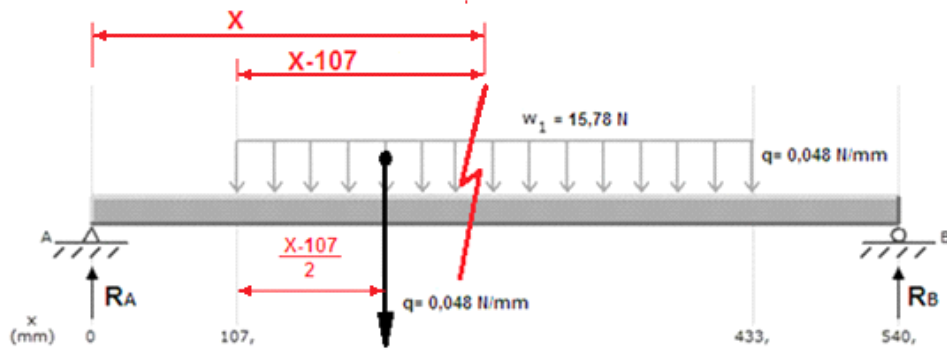
$$-7,89N(x) = 0 \tag{17}$$

Reemplazamos valores de  $x$  en la ecuación 17

Si $x = 0$	$\rightarrow$	$y = 0$
Si $x = 107mm$	$\rightarrow$	$y = 844,23Nmm$

## Análisis de corte 2

Figura 51. Análisis de corte 2 en la viga



Fuente: Autores

Determinación del máximo esfuerzo cortante: Evaluación entre  $107 \leq x \leq 433$  mm

$$\sum Fy = 0$$

$$7,89 \text{ N} - 0,048 \text{ N/mm}(x - 107 \text{ mm}) = 0$$

$$7,89 \text{ N} - 0,048 \text{ N/mm}(x) + 5,13 \text{ N} = 0$$

$$13 \text{ N} - 0,048 \text{ N/mm}(x) = 0 \quad (18)$$

Remplazamos valores de  $x$  en esta ecuación 18

$$\text{Si } x = 107 \text{ mm} \rightarrow y = 7,89 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Si } x = 270 \text{ mm} \rightarrow y = 0 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Si } x = 433 \text{ mm} \rightarrow y = -7,89 \text{ N/mm}^2$$

Determinación del máximo momento flector: Evaluación entre  $107 \leq x \leq 433$  mm

$$\sum M_{\text{corte}} = 0$$

$$RA(x) - 0,048 \text{ N/mm}(x - 107 \text{ mm}) \left[ x - 107 \text{ mm} - \left( \frac{x - 107 \text{ mm}}{2} \right) \right] = 0$$

$$7,89(x) - 0,048 \text{ N/mm}(x - 107 \text{ mm})(0,5x - 53,5 \text{ mm}) = 0$$

$$7,89(x) - 0,024x^2 + 5,13x - 274,78 \text{ mm} = 0$$

$$-0,024x^2 + 13x - 274,78 \text{ mm} = 0$$

$$-0,024x^2 + 13x - 274,78 \text{ mm} = y \quad (19)$$

Derivamos la ecuación 19 para hallar la pendiente:

$$\frac{dx}{dy} = -0,024x^2 + 13x - 274,78mm$$

$$0,048x + 13 = 0$$

$$x = 270mm \rightarrow \text{Pendiente}$$

Remplazamos valores de  $x$  en esta ecuación 19:

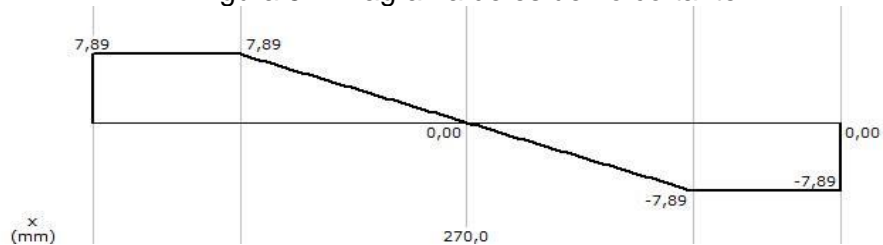
$$\text{Si } x = 107mm \rightarrow y = 844,67 N/mm$$

$$\text{Si } x = 270mm \rightarrow y = 1488,04 N/mm$$

$$\text{Si } x = 433mm \rightarrow y = 844,67 N/mm$$

Una vez obtenido los valores del máximo esfuerzo cortante y máximo momento flector en la viga, procedemos a realizar las gráficas del esfuerzo cortante y máximo momento flector.

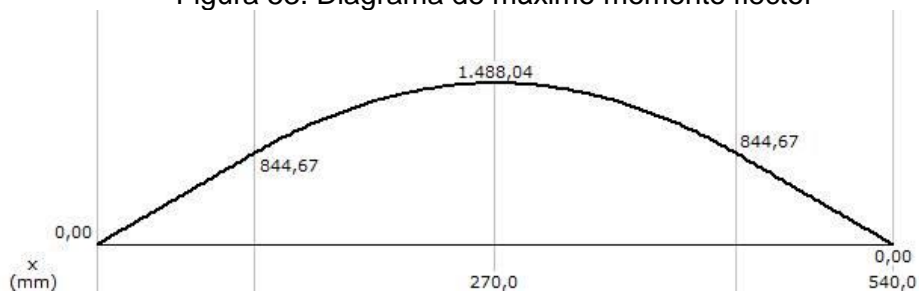
Figura 52. Diagrama de esfuerzo cortante



Fuente: Autores

Máximo esfuerzo cortante  $T = 7,89 N/mm^2$

Figura 53. Diagrama de máximo momento flector

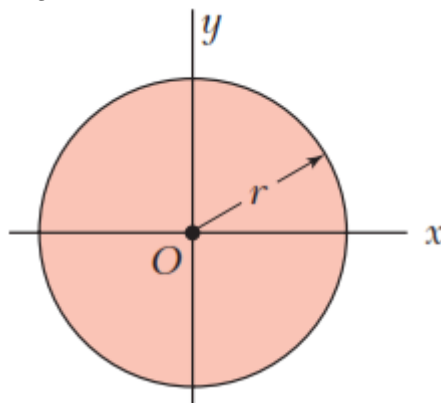


Fuente: Autores

Máximo momento flector  $M = 1488,04 N \cdot mm$

## Calculo del momento de inercia

Figura 54. Momento de inercia



Fuente: Autores

Dónde:

I= momento de inercia

r= radio del eje

$$I = \frac{1}{4}\pi r^4 \quad (20)$$

$$I = \frac{1}{4}\pi(3mm)^4$$

$$I = 63,617mm^4$$

## Calculo del esfuerzo máximo a flexión

Dónde:

M= máximo momento flector en Nmm

y= distancia

Sy= limite elástico en Nmm<sup>2</sup>

$\eta$ = factor de seguridad.

I= momento de inercia, en mm<sup>4</sup>



$\sigma_{max}$  = esfuerzo máximo a flexión en la viga.

$\sigma_{adm}$  = esfuerzo máximo admisible del material de la viga

$$\sigma_{max} = \frac{M \cdot y}{I} \quad (21)$$

$$\sigma_{max} = \frac{(1488,04 \text{ N} \cdot \text{mm})(3 \text{ mm})}{63,617 \text{ mm}^4}$$

$$\sigma_{max} = 70,17 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{adm} = \frac{S_y}{\eta} \quad (22)$$

$$\sigma_{adm} = \frac{206 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{2}$$

$$\sigma_{adm} = 103 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

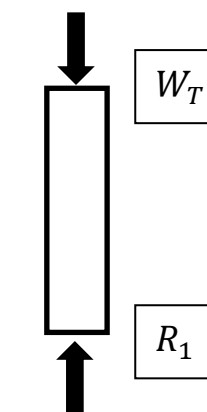
$$\sigma_{max} < \sigma_{adm}$$

$$70,17 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} < 103 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Como el esfuerzo máximo a flexión admisible del material es superior al esfuerzo máximo a flexión en la viga, el material seleccionado resiste los pesos a los que está sometida la viga.

### 3.6.1.2 Análisis de la columna.

Figura 55. Diagrama de cuerpo libre de la columna



Fuente: Autores

$$\sum y = 0$$

$$W_T = 2R_1 \quad R_1 = \frac{W_T}{2} \quad R_1 = \frac{15,78 N}{2} \quad R_1 = 7,89 N$$

$$\sigma = \frac{R_1}{A} \quad \sigma_{adm} = \frac{Sy}{\eta}$$

$$\sigma = \frac{7,89 N}{(30 mm)^2} \quad \sigma_{adm} = \frac{90 \frac{N}{mm^2}}{2}$$

$$\sigma = 0,008 \frac{N}{mm^2} \quad \sigma_{adm} = 45 \frac{N}{mm^2}$$

$$\sigma < \sigma_{adm}$$

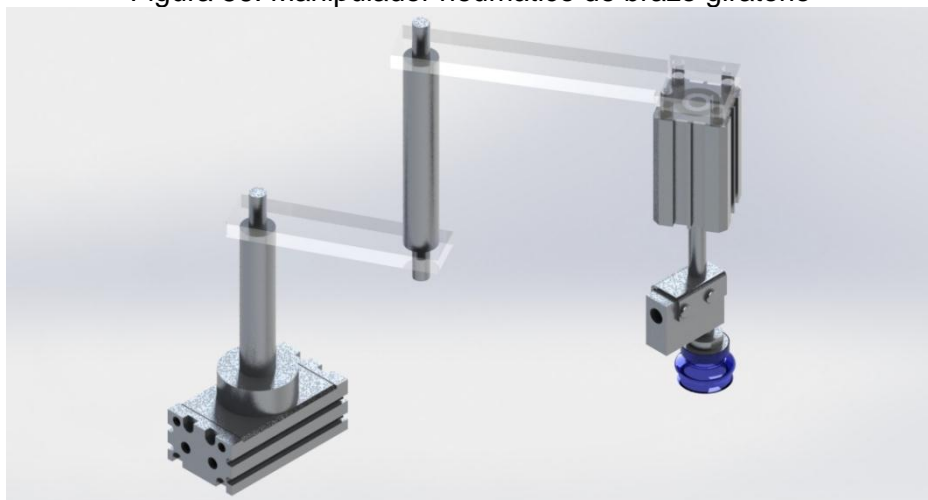
$$0,008 \frac{N}{mm^2} < 45 \frac{N}{mm^2}$$

Como el esfuerzo máximo a compresión admisible del material es superior al esfuerzo máximo a compresión de la columna, el material seleccionado resiste los pesos a los que está sometida la columna

.

### 3.6.2 Análisis estructural de manipulador neumático de brazo giratorio

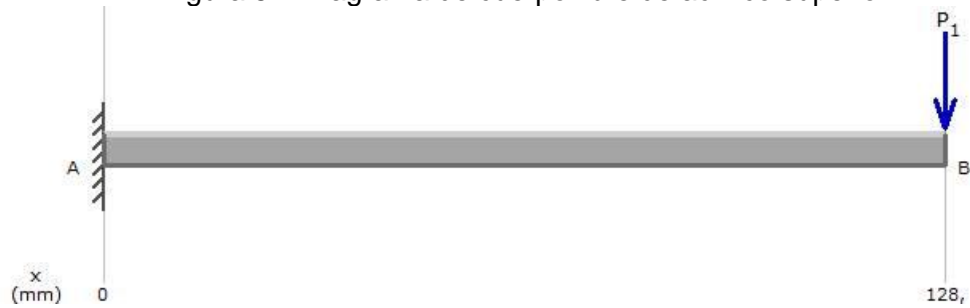
Figura 56. Manipulador neumático de brazo giratorio



Fuente: Autores

## ANÁLISIS DE ACRÍLICO SUPERIOR

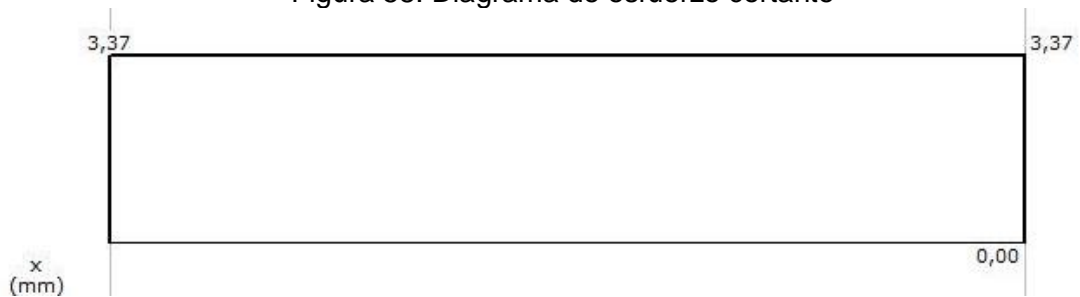
Figura 57. Diagrama de cuerpo libre de acrílico superior



Fuente: Autores

### Esfuerzo cortante

Figura 58. Diagrama de esfuerzo cortante

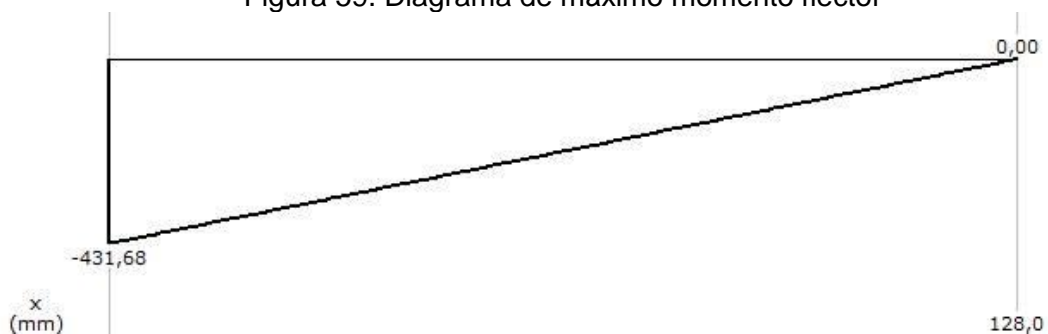


Fuente: Autores

Máximo esfuerzo cortante  $T = 3,37 N/mm^2$

### Momento flector

Figura 59. Diagrama de máximo momento flector

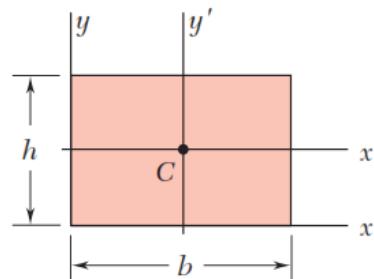


Fuente: Autores

Máximo momento flector  $M = 431,68 N \cdot mm$

## Momento de inercia

Figura 60. Momento de inercia



Fuente: Autores

Datos:

$$b = 29,5 \text{ mm}$$

$$h = 9 \text{ mm}$$

$$I = \frac{1}{12}bh^3$$

$$I = \frac{1}{12}(29,5\text{mm})(9\text{mm})^3$$

$$I = 1792,13 \text{ mm}^4$$

## Tensión normal

En la siguiente tabla podemos observar las propiedades del acrílico, donde utilizaremos el valor del límite elástico del material

Figura 61 Propiedades del acrílico

La imagen muestra la ventana 'Material' de SolidWorks. A la izquierda hay un árbol de materiales con 'Acrílico (Impacto medio-alto)' seleccionado. A la derecha, la pestaña 'Propiedades' muestra los siguientes datos:

Propiedad	Valor	Unidades
Módulo elástico	3000	N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente de Poisson	0.35	N/D
Módulo cortante	890	N/mm <sup>2</sup>
Densidad	1200	kg/m <sup>3</sup>
Límite de tracción	73	N/mm <sup>2</sup>
Límite de compresión		N/mm <sup>2</sup>
Límite elástico	45	N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente de expansión térmica	5.2e-005	/K
Conductividad térmica	0.21	W/(m·K)
Calor específico	1500	J/(kg·K)
Cociente de amortiguamiento del material		N/D

Fuente: software de diseño solidwork

Dónde:

$M$  = máximo momento flector en Nmm

$y$  = distancia

$S_y$  = límite elástico en  $\text{Nmm}^2$

$\eta$  = factor de seguridad.

$I$  = momento de inercia, en  $\text{mm}^4$

$\sigma_{max}$  = esfuerzo máximo a flexión en la viga.

$\sigma_{adm}$  = esfuerzo máximo admisible del material de la viga

$$\sigma_{max} = \frac{M \cdot y}{I}$$

$$\sigma_{adm} = \frac{S_y}{\eta}$$

$$\sigma_{max} = \frac{(431,68 \text{ N} \cdot \text{mm})(4,5 \text{ mm})}{1792,13 \text{ mm}^4}$$

$$\sigma_{adm} = \frac{45 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{2}$$

$$\sigma_{max} = 1,084 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{adm} = 22,5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

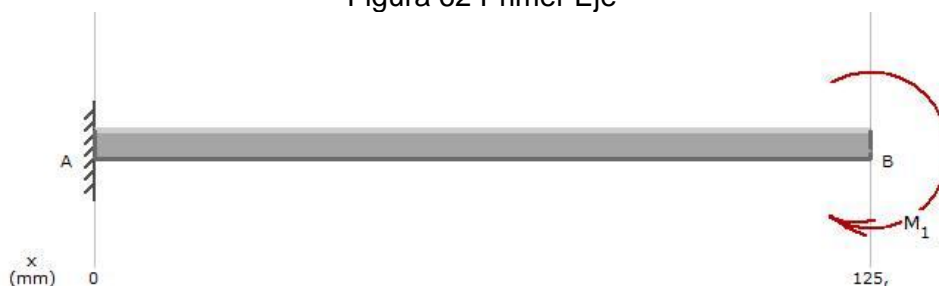
$$\sigma_{max} < \sigma_{adm}$$

$$1,084 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} < 22,5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Como el esfuerzo máximo a flexión admisible del material es superior al esfuerzo máximo a flexión en la viga, el material seleccionado resiste los pesos a los que está sometida la viga.

### Análisis de primer eje

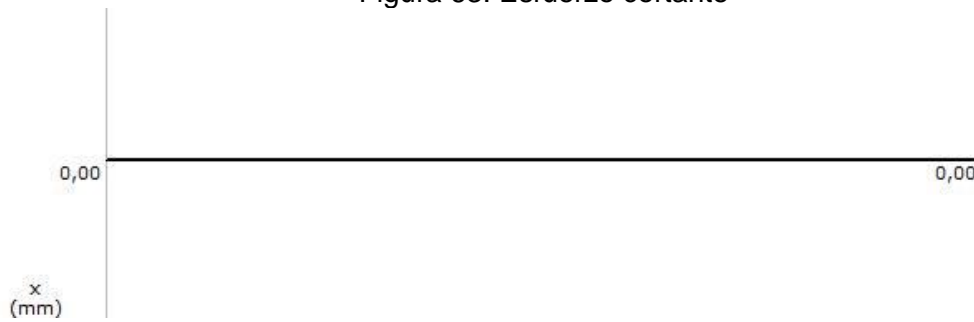
Figura 62 Primer Eje



Fuente: Autores

### Esfuerzo cortante

Figura 63. Esfuerzo cortante

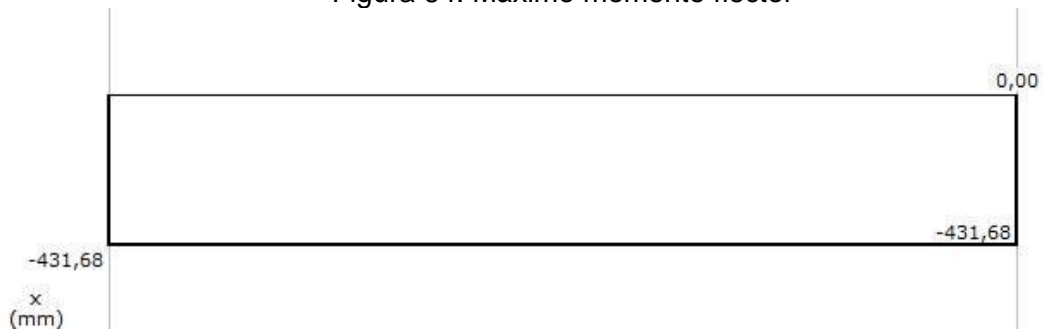


Fuente: Autores

Máximo esfuerzo cortante  $T = 0 \text{ N/mm}^2$

### Momento flector

Figura 64. Máximo momento flector



Fuente: Autores

Máximo momento flector  $M = 431,68 \text{ N} \cdot \text{mm}$

### Momento de inercia

$$I = \frac{1}{4} \pi r^4$$

$$r = 5 \text{ mm}$$

$$I = \frac{1}{4} \pi (5 \text{ mm})^4$$

$$I = 490,87 \text{ mm}^4$$

## Tensión normal

$$\sigma_{max. compr.} = \frac{M \cdot y}{I}$$

$$\sigma_{max. compr.} = \frac{(431,68 \text{ N} \cdot \text{mm})(5 \text{ mm})}{490,87 \text{ mm}^4}$$

$$\sigma_{max. compr.} = 4,40 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{adm} = \frac{S_y}{\eta}$$

$$\sigma_{adm} = \frac{90 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{2}$$

$$\sigma_{adm} = 45 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

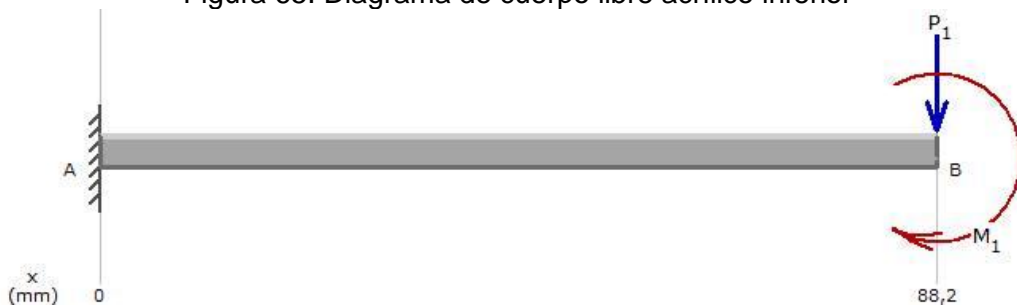
$$\sigma_{max} < \sigma_{adm}$$

$$4,40 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} < 45 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Como el esfuerzo máximo a flexión admisible del material es superior al esfuerzo máximo a flexión en la viga, el material seleccionado resiste los pesos a los que está sometida la viga.

## ACRILICO INFERIOR

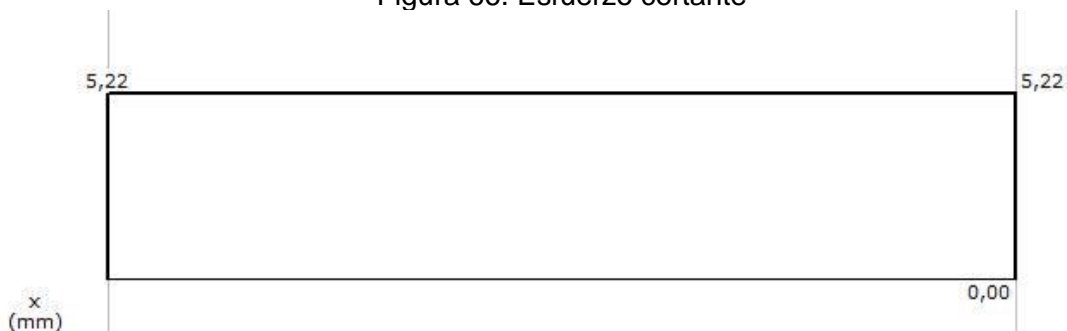
Figura 65. Diagrama de cuerpo libre acrílico inferior



Fuente: Autores

## Esfuerzo cortante

Figura 66. Esfuerzo cortante

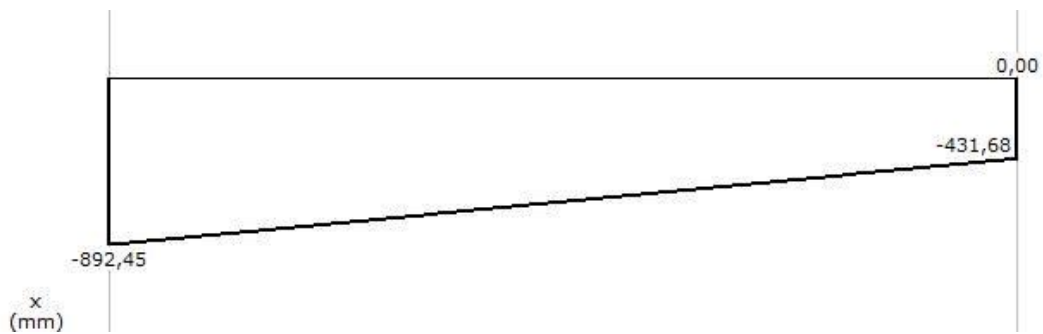


Fuente: Autores

Máximo esfuerzo cortante  $T = 5,22 \text{ N/mm}^2$

## Momento flector

Figura 67. Máximo momento flector



Fuente: Autores

Máximo momento flector  $M = 892,45 \text{ N} \cdot \text{mm}$

## Momento de inercia

$$I = \frac{1}{12}bh^3$$

$$b = 29,5 \text{ mm}$$

$$I = \frac{1}{12}(29,5\text{mm})(9\text{mm})^3$$

$$h = 9 \text{ mm}$$

$$I = 1792,13 \text{ mm}^4$$

## Tensión normal

$$\sigma_{max} = \frac{M \cdot y}{I}$$

$$\sigma_{adm} = \frac{Sy}{\eta}$$

$$\sigma_{max} = \frac{(892,45 \text{ N} \cdot \text{mm})(4,5\text{mm})}{1792,13 \text{ mm}^4}$$

$$\sigma_{adm} = \frac{45 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{2}$$

$$\sigma_{max} = 2,24 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{adm} = 22,5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{max} < \sigma_{adm}$$

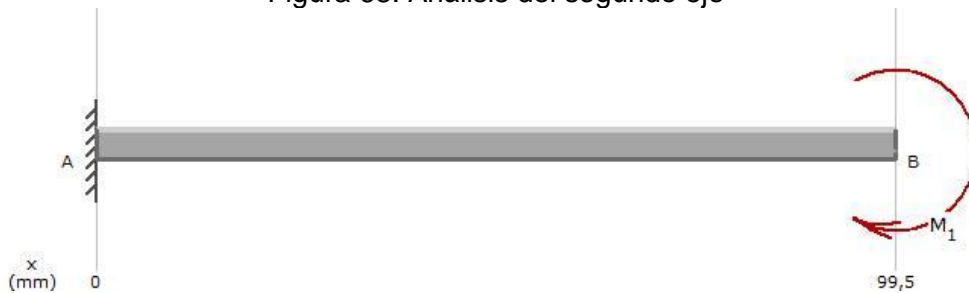
$$2,24 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} < 22,5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$



Como el esfuerzo máximo a flexión admisible del material es superior al esfuerzo máximo a flexión en la viga, el material seleccionado resiste los pesos a los que está sometida la viga.

### Análisis de segundo eje

Figura 68. Análisis del segundo eje



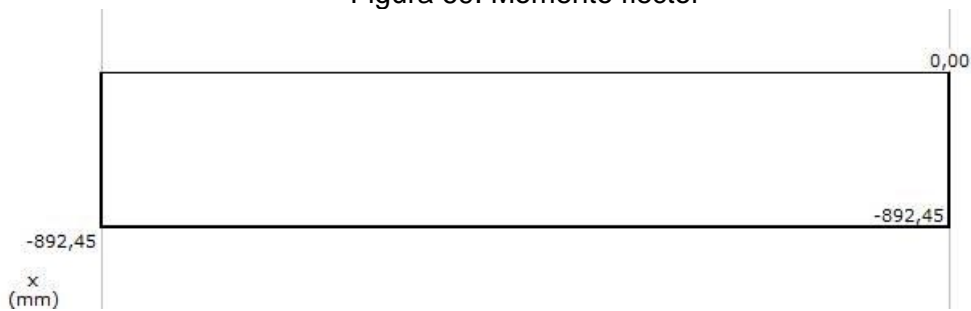
Fuente: Autores

### Esfuerzo cortante

Máximo esfuerzo cortante  $T = 0 \text{ N/mm}^2$

### Momento flector

Figura 69. Momento flector



Fuente: Autores

Máximo momento flector  $M = 892,45 \text{ N}\cdot\text{mm}$

### Momento de inercia

$$I = \frac{1}{4}\pi r^4 \qquad r = 5 \text{ mm}$$

$$I = \frac{1}{4}\pi(5\text{mm})^4$$

$$I = 490,87\text{mm}^4$$

## Tensión normal

$$\sigma_{max. compr.} = \frac{M \cdot y}{I} \qquad \sigma_{adm} = \frac{Sy}{\eta}$$

$$\sigma_{max. compr} = \frac{(892,45 \text{ N} \cdot \text{mm})(5 \text{ mm})}{490,87 \text{ mm}^4} \qquad \sigma_{adm} = \frac{90 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{2}$$

$$\sigma_{max. compr} = 9,09 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \qquad \sigma_{adm} = 45 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

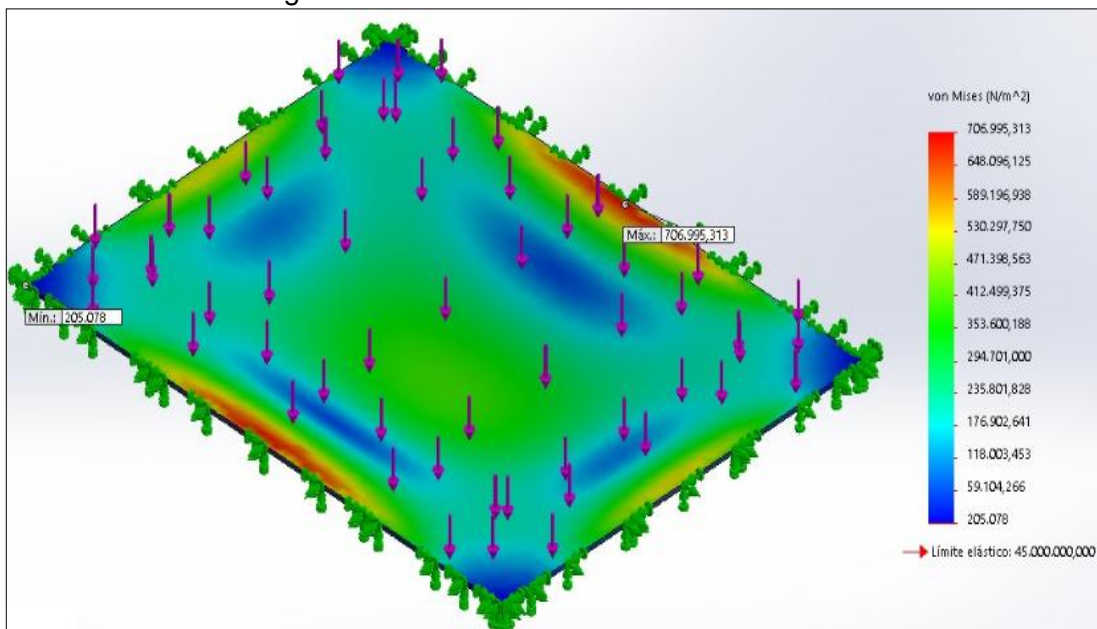
$$\sigma_{max} < \sigma_{adm}$$

$$9,09 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} < 45 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Como el esfuerzo máximo a flexión admisible del material es superior al esfuerzo máximo a flexión en la viga, el material seleccionado resiste los pesos a los que está sometida la viga.

### 3.6.3 Análisis de esfuerzos del acrílico.

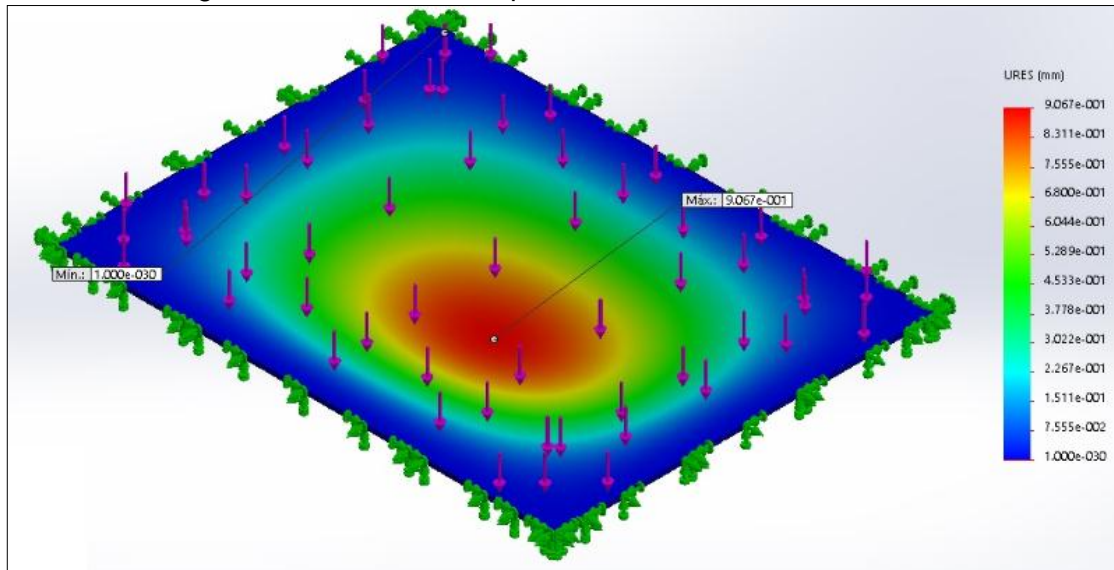
Figura 70. Análisis de esfuerzos en el acrílico



Fuente: Autores

De acuerdo al análisis estático realizado en el acrílico, el material puede soportar una tensión de hasta 706995,13 N/m<sup>2</sup>.

Figura 71. Análisis de desplazamiento estático en el acrílico



Fuente: Autores

Debido al análisis de desplazamiento estático medido en URES (mm). El desplazamiento estático que se produce en el acrílico es mínimo.

### 3.7 Montaje del PLC S7-200.

3.7.1 *Montaje del PLC en un raíl DIN y caja térmica.* Para el montaje del PLC SIMATIC S7-200 en un raíl DIN y caja térmica se realizó las siguientes operaciones.

Figura 72. Montaje del PLC S7-200 en un raíl DIN



Fuente: Autores

- Fijar la caja térmica.
- Atornillar el raíl DIN a la caja térmica dejando un espacio de 75 mm entre tornillo y tornillo.

- Abrir el gancho de retención del PLC ubicado en el lado inferior del módulo y enganchar la parte posterior del módulo en el raíl DIN.

### 3.8 Diseño eléctrico.

En el diseño eléctrico intervienen todos los equipos y accesorios eléctricos seleccionados en el módulo de selección y posicionamiento de materiales. Estos elementos se encuentran representados en el diseño eléctrico.

El diseño eléctrico del módulo consta de una línea de fase y neutro de 110VAC de tensión, para la alimentación de tensión e intensidad hacia los accesorios eléctricos. También consta de elementos generadores de señal los cuales están conectados a las entradas del PLC, y elementos receptores de señal o elementos consumidores los cuales se encuentran conectados en las salidas del PLC.

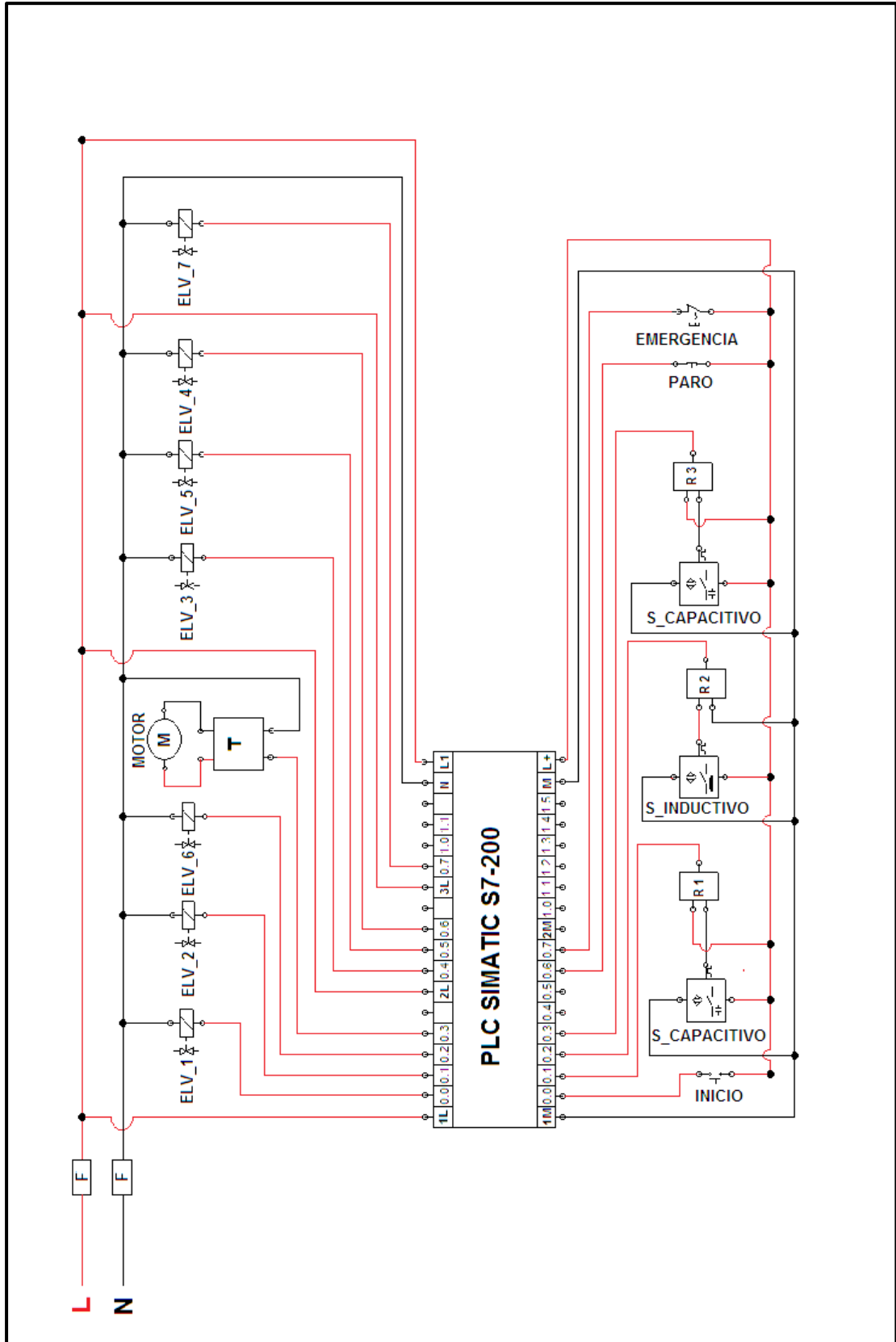
Este diseño y su estado de conexiones son fundamentales para la puesta en marcha del módulo, a continuación se describen todos los equipos y accesorios eléctricos asignados en el diseño eléctrico del módulo.

Tabla 44. Nomenclatura de accesorios eléctricos del módulo

<b>Accesorios eléctricos</b>	<b>Nomenclatura</b>	<b>Cantidad</b>
PLC SIMATIC S7-200	PLC SIMATIC S7-200	1
Relé	R	3
Sensor inductivo	S_ INDUCTIVO	1
Sensor capacitivo	S_ CAPACITIVO	2
Porta fusible doble	F	2
Motor eléctrico	M	1
Transformador de voltage	T	1
Solenoides de válvula 5/2	ELV	5
Solenoides de válvula 2/2	ELV	2
Pulsador NA	INICIO	1
Pulsador NC	PARO	1
Pulsador NC con enclavamiento	EMERGENCIA	1

Fuente. Autores

Figura 73. Diseño eléctrico



Fuente: Autores

### 3.9 Diseño electropneumático.

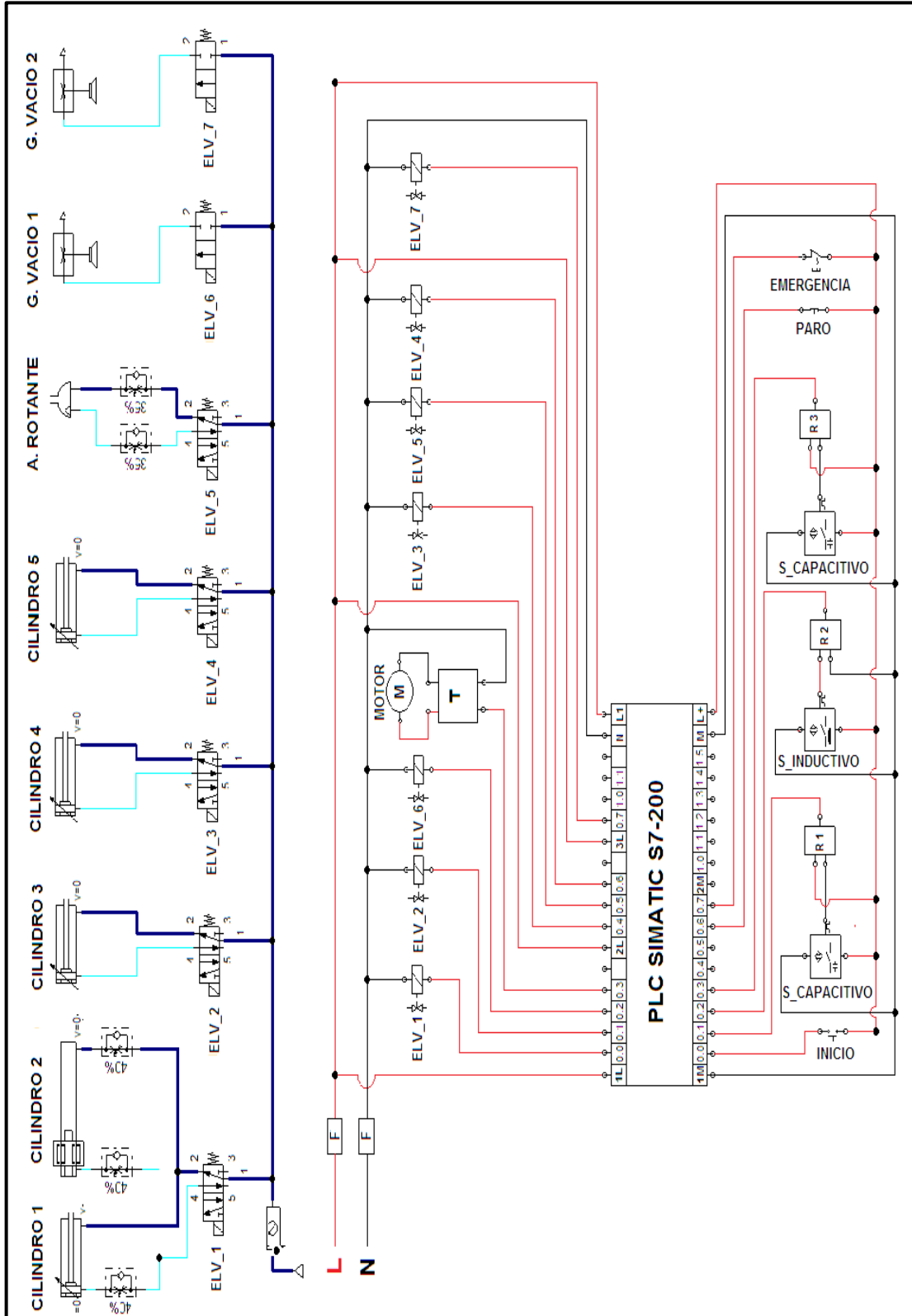
En el diseño electropneumático del módulo se encuentran representados todos los accesorios eléctricos y neumáticos seleccionados para el diseño electropneumático del módulo.

Tabla 45. Accesorios eléctricos y neumáticos del diseño electropneumático

<b>Accesorios Eléctricos</b>	<b>Nomenclatura</b>	<b>Cantidad</b>
PLC SIMATIC S7-200	PLC SIMATIC S7-200	1
Relé	R	2
Sensor inductivo	S_INDUCTIVO	1
Sensor capacitivo	S_CAPACITIVO	2
Porta fusible doble	F	2
Motor electric	M	1
Adaptador de voltage	T	1
Solenoides de válvula 5/2	ELV	5
Solenoides de válvula 2/2	ELV	2
Pulsador NA	INICIO	1
Pulsador NC	PARO	1
Pulsador NC con enclavamiento	MEMRGENCIA	1
<b>Accesorios Neumáticos</b>		
válvula 5/2	ELV	5
Válvula 2/2	ELV	2
Generador de vacío	G. VACIO 1,2	2
Cilindros de doble efecto	CILINDRO 1,3,4,5	4
Cilindro de doble vástago	CILINDRO 2	1
Actuador rotante	A. ROTANTE	1
Unidad de mantenimiento		1
Regulador de caudal		4
Ventosa		2
Silenciador neumático		12
Racor		29

Fuente: Autores

Figura 74. Diseño electroneumático del módulo



Fuente: Autores

### 3.10 Diagrama de instalación del PLC.

En el diagrama de instalación se representan todos los elementos eléctricos que fueron asignados, tanto para las entradas como para las salidas del PLC. Las entradas del PLC reciben las señales de los pulsadores de inicio, paro, y paro de emergencia y de los sensores capacitivos he inductivo. En el caso de las salidas del PLC envía señales hacia las electroválvulas y el motor provenientes de las entradas del PLC.

Para el diagrama de instalación del PLC SIMATIC S7-200 fue necesario elaborar una tabla de entradas y salidas del PLC. Para proceder a la instalación de las conexiones tanto de entradas como de salidas del PLC.

Tabla 46. Nomenclatura para los elementos de entradas

Entadas del PLC	Elementos generador de señal	Nomenclatura
I 0.0	Pulsador de inicio	INICIO
I 0.1	Sensor capacitivo 1	S_CAPACITIVO 1
I 0.2	Sensor inductivo para el aluminio	S_INDUCTIVO
I 0.3	Sensor capacitivo 2	S_CAPACITIVO 2
I 0.6	Pulsador de paro	PARO
I 0.7	Pulsador emergencia	EMERGENCIA

Fuente: Autores

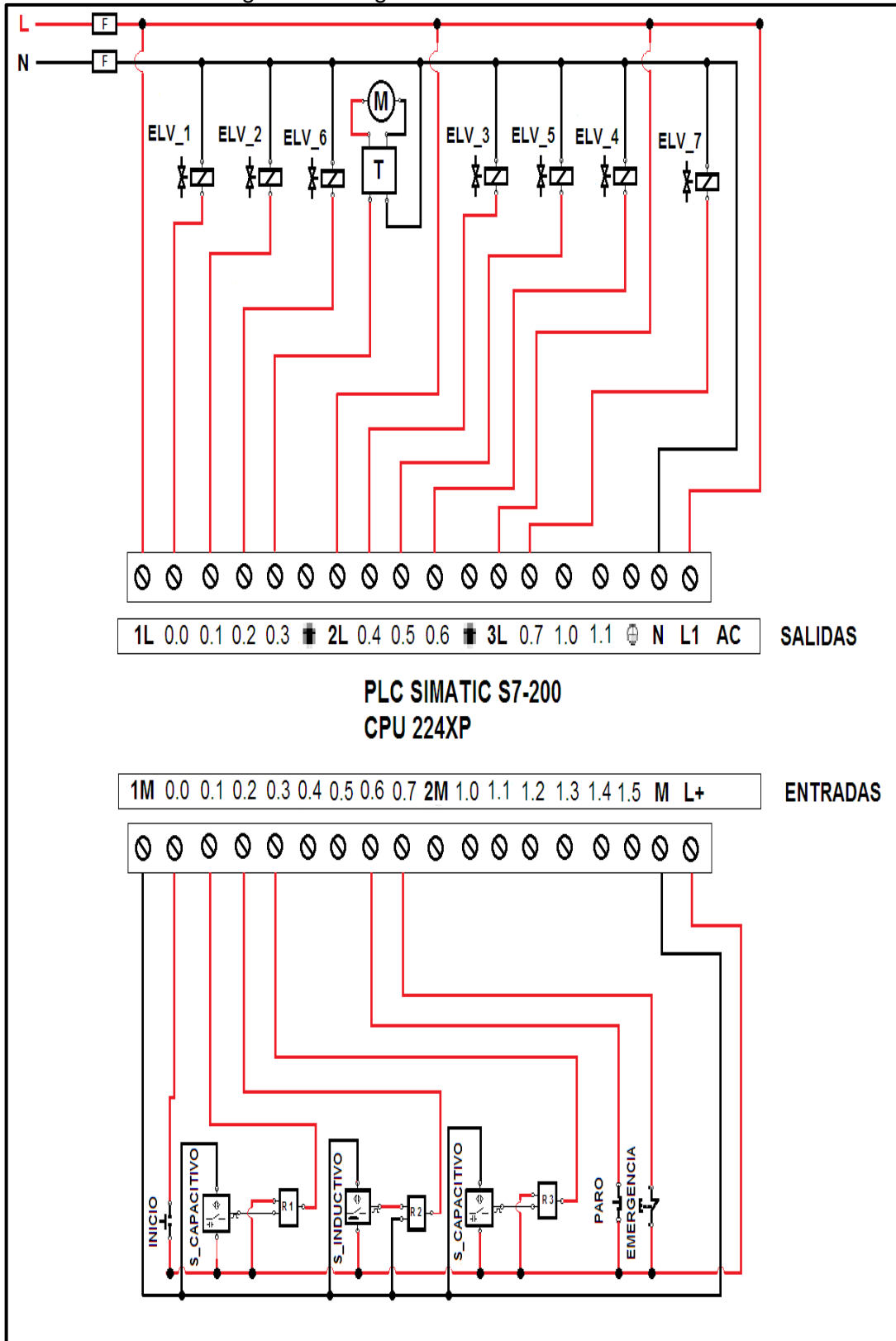
Tabla 47. Nomenclatura para los elementos de salida

Salidas	Elemento receptor de señal	Nomenclatura
Q 0.0	Electroválvula 1	ELV_1
Q 0.1	Electroválvula 2	ELV_2
Q 0.2	Electroválvula 6	ELV_6
Q 0.3	Motor de banda transportadora	MOTOR
Q 0.4	Electroválvula 3	ELV_3
Q 0.5	Electroválvula 5	ELV_5
Q 0.6	Electroválvula 4	ELV_4
Q 0.7	Electroválvula 7	ELV_7

Fuente: Autores



Figura 75. Diagrama de instalación del PLC



Fuente: Autores

### **3.11 Instalación de software.**

Para instalar el software de programación STEP 7-Micro/WIN 32, se requiere un PC o una programadora (PG) con un sistema operativo de Microsoft. El software se puede ejecutar bajo Windows 2000 Service Pack 3 (o posterior), Windows XP Home, o bien Windows XP Professional.

**3.11.1 Instrucciones previas a la instalación.** Siga los siguientes pasos antes de instalar el programa:

- Si ya está instalada una versión anterior de STEP 7-Micro/WIN 32, cree una copia de seguridad de todos los proyectos de STEP 7-Micro/WIN.
- Verifique que todas las demás aplicaciones estén cerradas, incluyendo la barra de herramientas de Microsoft Office.

**3.11.2 Instalación del software.** Para instalar el software de programación STEP 7-Micro/WIN 32, se debe seguir los siguientes pasos:

1. Cierre todas las aplicaciones, incluyendo la barra de herramientas de Microsoft Office.
2. Inserte el CD de STEP 7-Micro/WIN 32 en la unidad de CD-ROM. Si no ha desactivado la opción de inicio automático, el programa de instalación se ejecutará automáticamente. Si desea arrancar manualmente el programa de instalación, haga doble clic en el archivo "Setup.exe" localizado en el CD-ROM.
3. Siga las instrucciones que aparecen en pantalla hasta finalizar la instalación.

El software de programación STEP 7 Micro/Win ofrece potentes herramientas que permiten ahorrar mucho tiempo, lo que redundará en un enorme ahorro de costos durante el trabajo cotidiano. El software de programación se maneja de forma análoga a las aplicaciones estándar de Windows. Micro/Win está dotado de todas las herramientas necesarias para programar la serie completa de PLCs S7-200.

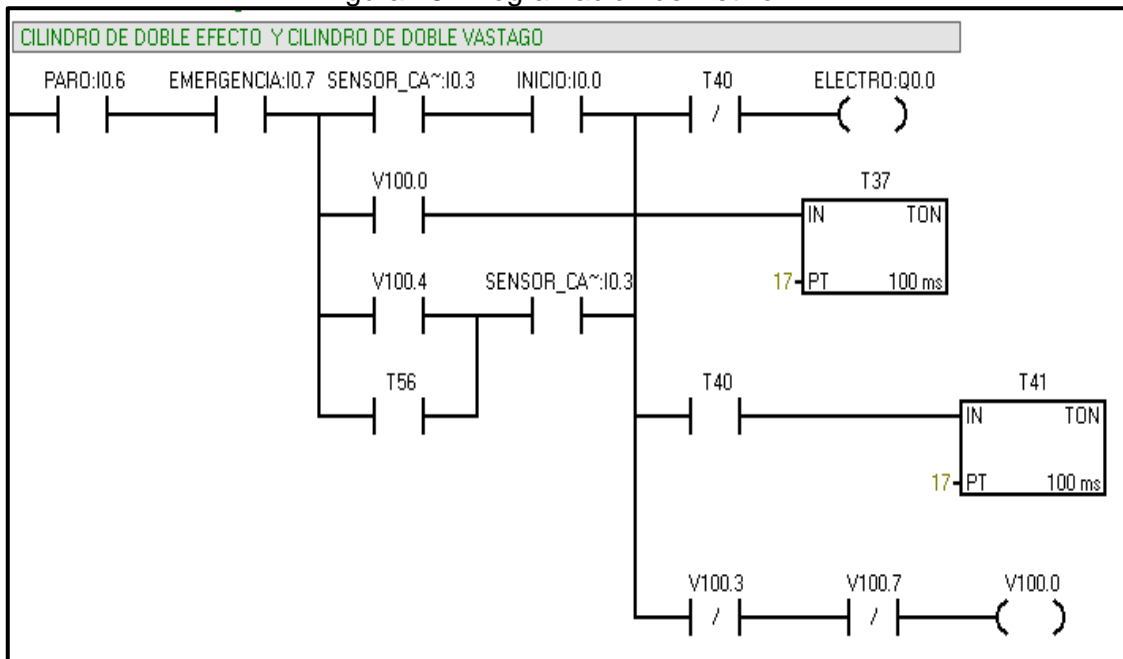
### 3.12 Elaboración de la programación en STEP 7 MICRO/WIN

La programación del módulo de selección y posicionamiento de materiales se la realizó en el software de programación STEP 7 MICRO/WIN, para lo cual se utilizó el lenguaje de programación KOP. La elaboración de la programación del módulo se realizó en 12 Networks descritos a continuación:

#### Network 1

En este Network se realizó la programación del cilindro de doble efecto y el cilindro de doble efecto con doble vástago, controlados por la electroválvula **Q 0.0**. El cilindro de doble efecto desplaza las probetas horizontalmente y el cilindro de doble efecto con doble vástago transporta las probetas horizontalmente mediante el acople de un cilindro compacto y un generador de vacío con ventosa.

Figura 76. Programación de Network 1



Fuente. Autores

Tabla 48. Símbolos de Network 1

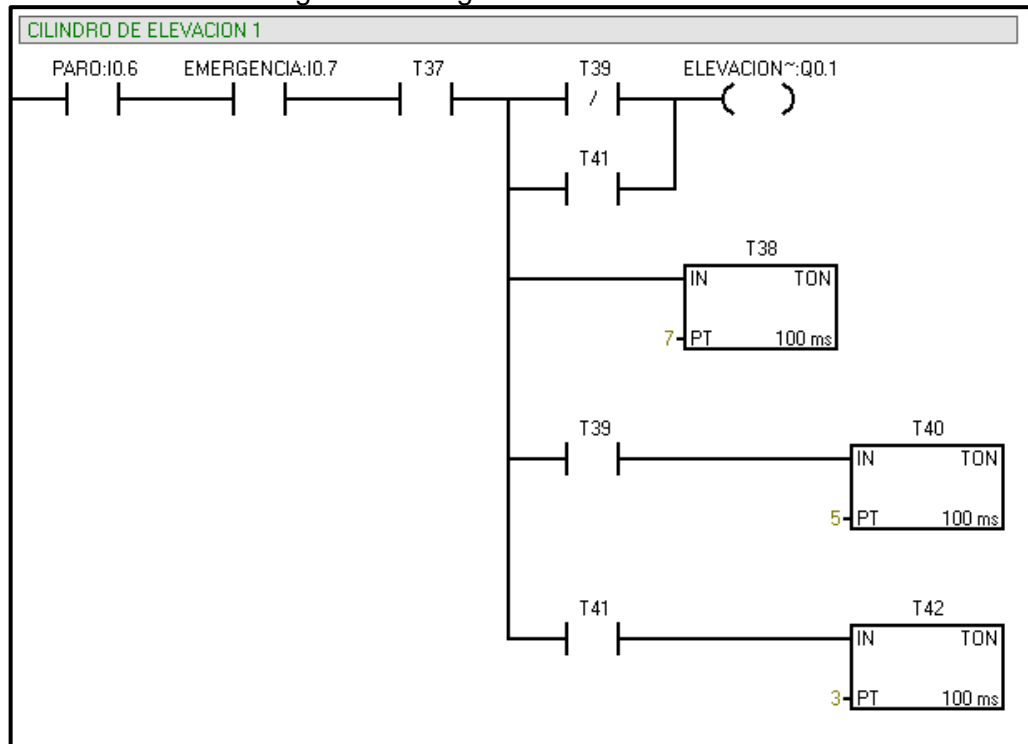
Símbolo	Dirección	Comentario
ELECTRO	Q0.0	
EMERGENCIA	I0.7	
INICIO	I0.0	
PARD	I0.6	
SENSOR_CAPACITIVO	I0.3	

Fuente. Autores

## Network 2

En este Network se realizó la programación del cilindro de elevación #1, controlado por la electroválvula **Q 0.1**. El cilindro de elevación #1 es el encargado de subir y bajar las probetas mediante el acople de un generador de vacío con ventosa en el vástago del cilindro.

Figura 77. Programación de Network 2



Fuente. Autores

Tabla 49. Símbolos de Network 2

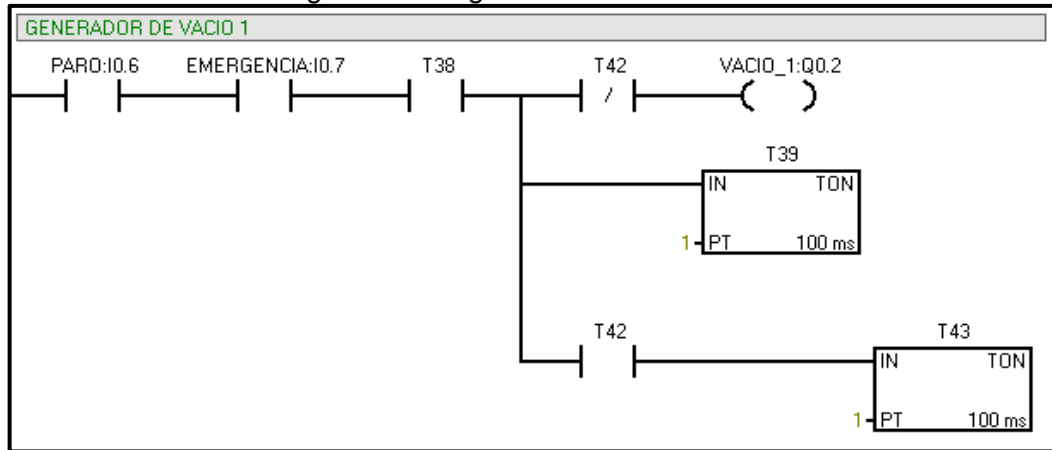
Símbolo	Dirección	Comentario
ELEVACION_1	Q0.1	
EMERGENCIA	I0.7	
PARO	I0.6	

Fuente. Autores

## Network 3

En este Network se realizó la programación del generador de vacío #1, controlado por la electroválvula **Q 0.2**. El generador de vacío #1 se encarga de sujetar y transportar las probetas.

Figura 78. Programación de Network 3



Fuente: Autores

Tabla 50. Símbolos de Network 3

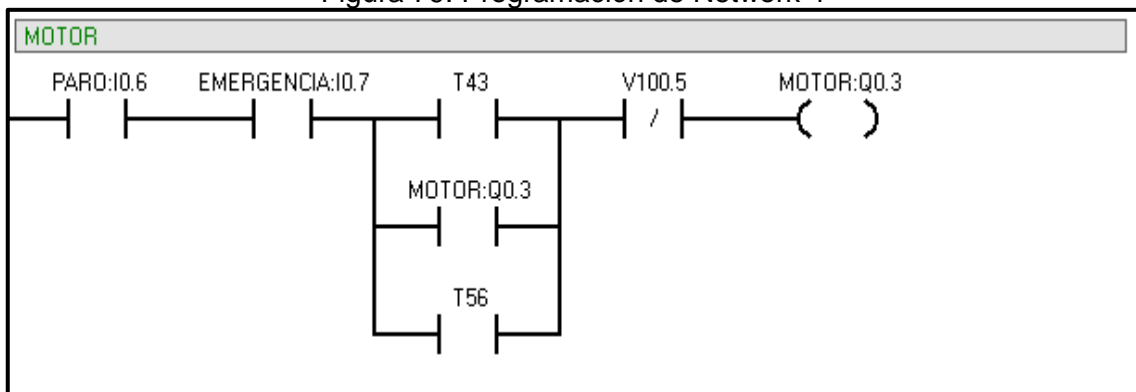
Símbolo	Dirección	Comentario
EMERGENCIA	I0.7	
PARO	I0.6	
VACIO_1	Q0.2	

Fuente: Autores

#### Network 4

En este Network se realizó la programación del motor, controlado por la electroválvula **Q 0.3**. Esta electroválvula controla la conexión y desconexión del motor que acciona una banda transportadora y transporta las probetas.

Figura 79. Programación de Network 4



Fuente: Autores

Tabla 51. Símbolos de Network 4

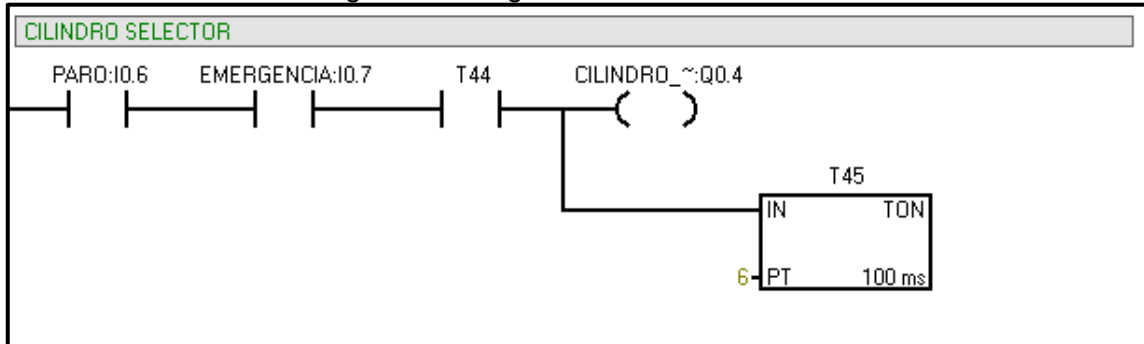
Símbolo	Dirección	Comentario
EMERGENCIA	I0.7	
MOTOR	Q0.3	
PARO	I0.6	

Fuente: Autores

## Network 5

En este Network se realizó la programación del cilindro compacto de doble efecto, controlado por la electroválvula **Q 0.4**. Este cilindro se encarga de la selección de las probetas de aluminio.

Figura 80. Programación de Network 5



Fuente: Autores

Tabla 52. Símbolos de Network 5

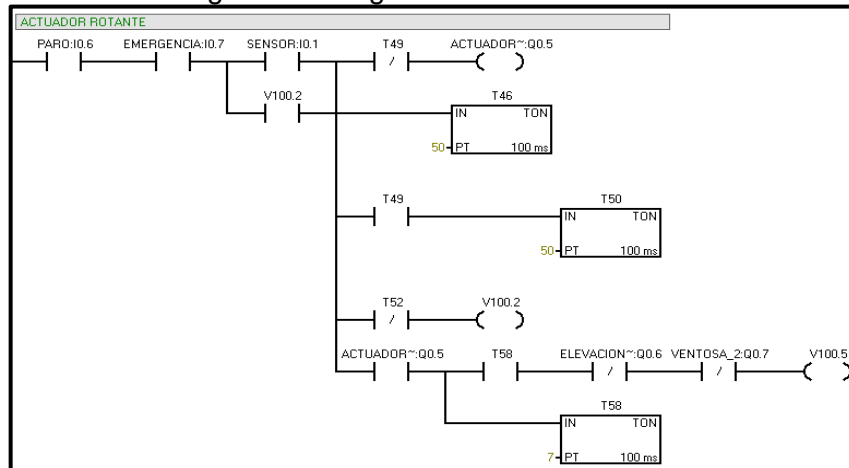
Símbolo	Dirección	Comentario
CILINDRO_SELECTOR	Q0.4	
EMERGENCIA	I0.7	
PARO	I0.6	

Fuente: Autores

## Network 6

En este Network se realizó la programación del actuador rotante, controlado por la electroválvula **Q 0.5**. El actuador rotante es el encargado de girar a 90° el brazo neumático para transportar las probetas.

Figura 81. Programación de Network 6



Fuente: Autores

Tabla 53. Símbolos de Network 6

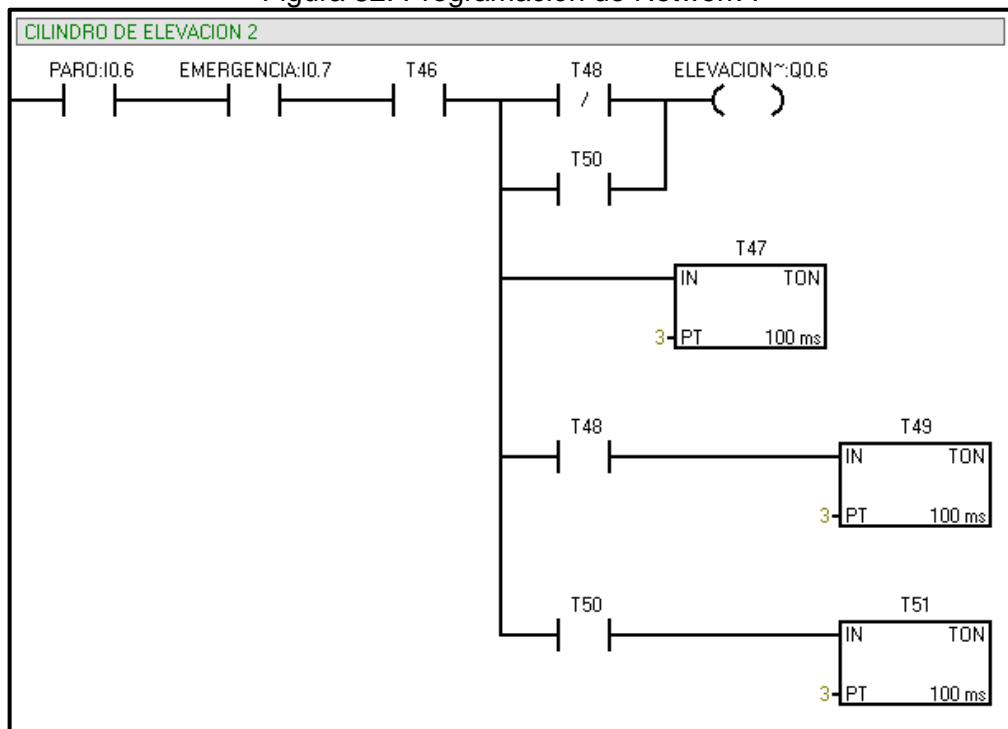
Símbolo	Dirección	Comentario
ACTUADOR_ROTAN...	Q0.5	
ELEVACION_2	Q0.6	
EMERGENCIA	I0.7	
PARO	I0.6	
SENSOR	I0.1	
VENTOSA_2	Q0.7	

Fuente: Autores

### Network 7

En este Network se realizó la programación del cilindro de elevación #2, controlado por la electroválvula **Q 0.6**. El cilindro de elevación #2 es el encargado de subir y bajar las probetas mediante el acople de un generador de vacío con ventosa en el vástago del cilindro.

Figura 82. Programación de Network 7



Fuente: Autores

Tabla 54. Símbolos de Network 7

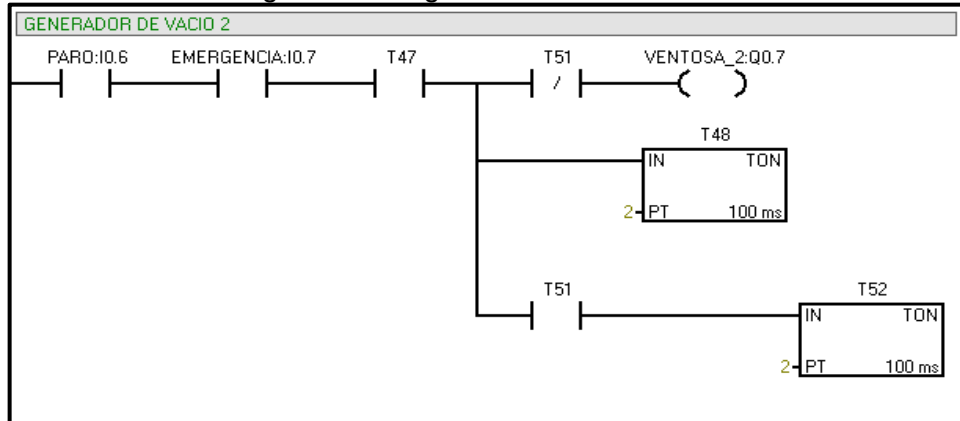
Símbolo	Dirección	Comentario
ELEVACION_2	Q0.6	
EMERGENCIA	I0.7	
PARO	I0.6	

Fuente: Autores

## Network 8

En este Network se realizó la programación del generador de vacío #2, controlado por la electroválvula **Q 0.7**. El generador de vacío #2 se encarga de sujetar y transportar las probetas.

Figura 83. Programación de Network 8



Fuente: Autores

Tabla 55. Símbolos Network 8

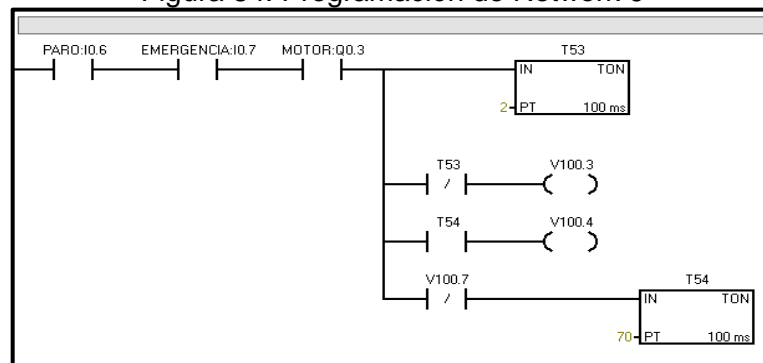
Símbolo	Dirección	Comentario
EMERGENCIA	IO.7	
PARO	IO.6	
VENTOSA_2	Q0.7	

Fuente: Autores

## Network 9

En este Network se realizó la programación del motor, controlado por la electroválvula **Q 0.3**. Esta electroválvula controla la conexión y desconexión del motor que acciona una banda transportadora y transporta las probetas.

Figura 84. Programación de Network 9



Fuente: Autores



Tabla 56. Símbolos de Network 9

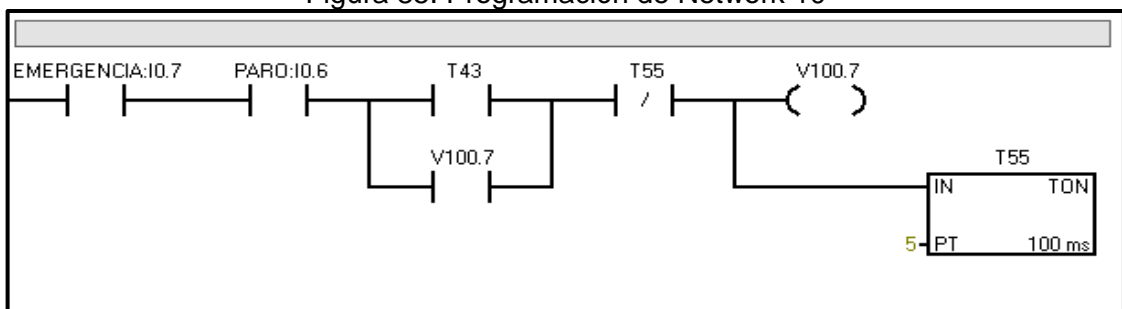
Símbolo	Dirección	Comentario
EMERGENCIA	I0.7	
MOTOR	Q0.3	
PARO	I0.6	

Fuente: Autores

### Network 10

En este Network se realizó la programación del motor, controlado por la electroválvula **Q 0.3**. Esta electroválvula controla la conexión y desconexión del motor que acciona una banda transportadora y transporta las probetas.

Figura 85. Programación de Network 10



Fuente: Autores

Tabla 57. Símbolos de Network 10

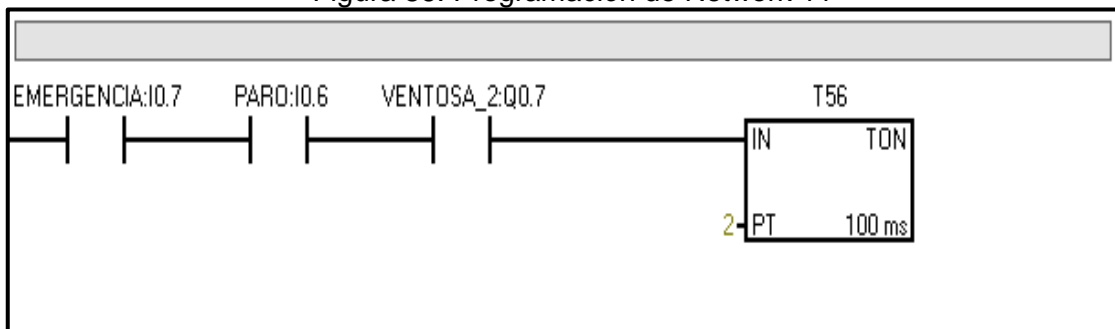
Símbolo	Dirección	Comentario
EMERGENCIA	I0.7	
PARO	I0.6	

Fuente: Autores

### Network 11

En este Network se realizó la programación del generador de vacío #2, controlado por la electroválvula **Q 0.7**. El generador de vacío #2 se encarga de sujetar y transportar las probetas.

Figura 86. Programación de Network 11



Fuente: Autores

Tabla 58. Símbolos de Network 11

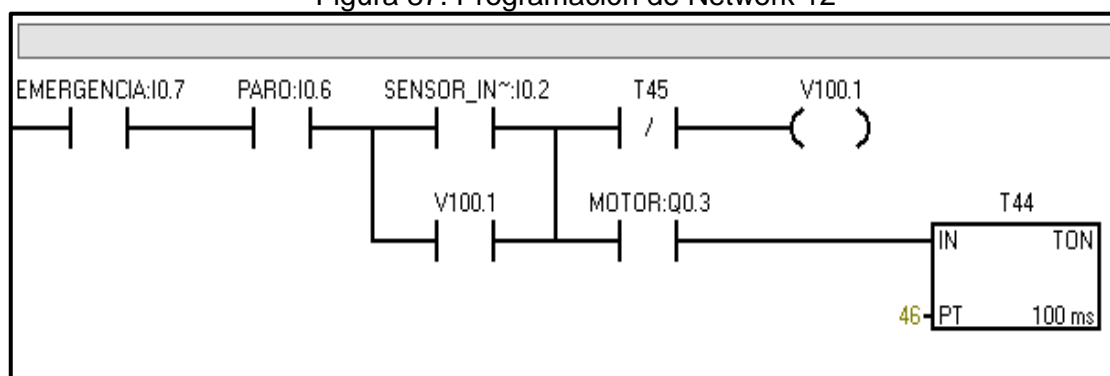
Símbolo	Dirección	Comentario
EMERGENCIA	I0.7	
PARO	I0.6	
VENTOSA_2	Q0.7	

Fuente: Autores

## Network 12

En este Network se realizó la programación del motor, controlado por la electroválvula **Q 0.3**. Esta electroválvula controla la conexión y desconexión del motor que acciona una banda transportadora y transporta las probetas.

Figura 87. Programación de Network 12



Fuente: Autores

Tabla 59. Símbolos de Network 12

Símbolo	Dirección	Comentario
EMERGENCIA	I0.7	
MOTOR	Q0.3	
PARO	I0.6	
SENSOR_INDUCTIVO	I0.2	

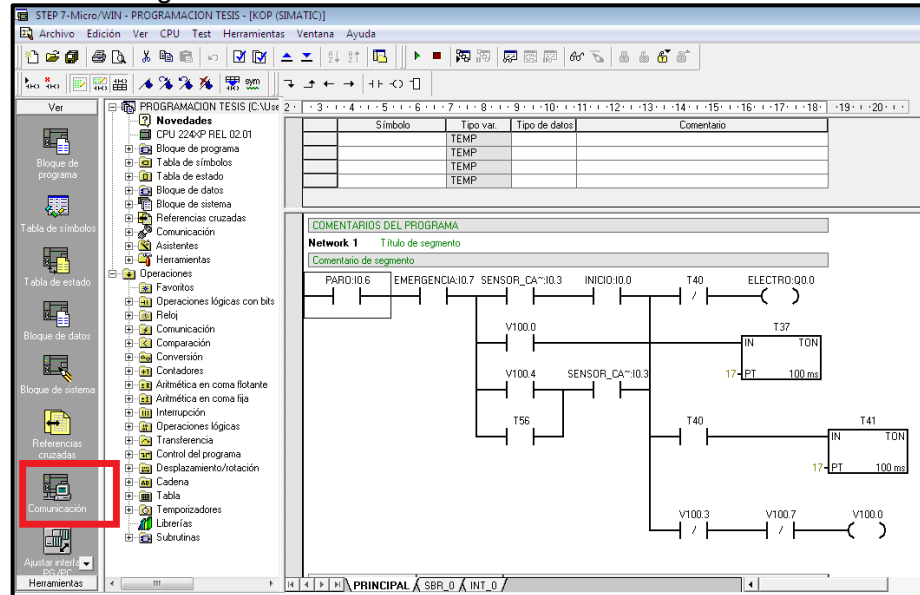
Fuente: Autores

### 3.13 Interfaz ordenador-PLC.

Para realizar la interfaz ordenador-PLC se necesita un enlace que es un cable de programación PPI multimaestro RS485. El cable de programación PPI multimaestro es el método más usual y más económico de conectar el ordenador al PLC S7-200. Este cable une el puerto de comunicación del PLC S7-200 con el puerto serie del ordenador. Para la comunicación entre el PLC y el ordenador se realizó una serie de pasos descritos a continuación:

1. Una vez conectado el cable de comunicación PPI RS485 al PLC y al puerto USB del ordenador. Abrimos nuestra programación del proyecto en nuestro software de programación STEP 7 MICRO/WIN 32, nos vamos a la barra de navegación del programa y damos clic en el icono de comunicación.

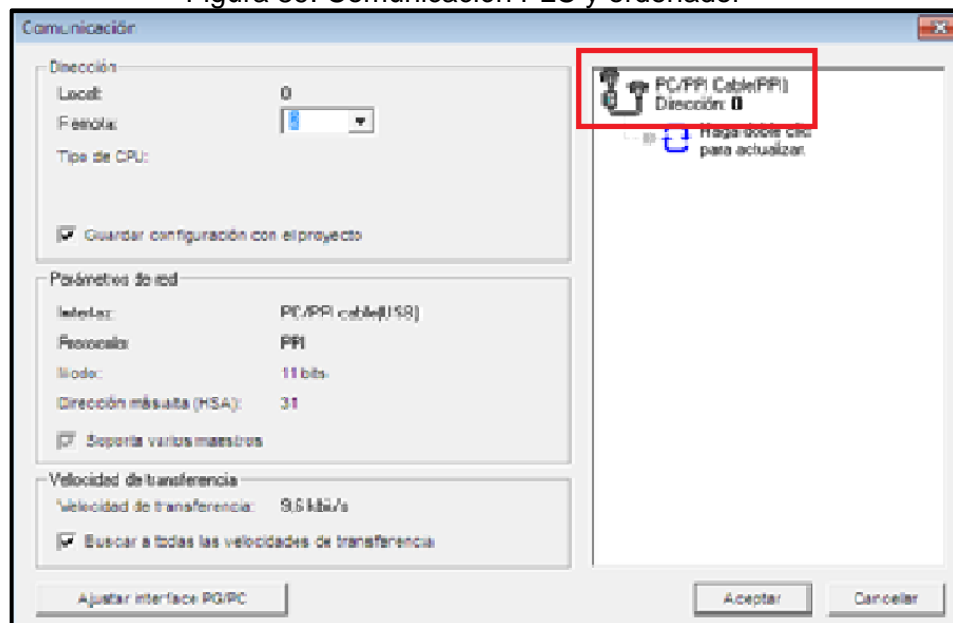
Figura 88. Software STEP 7 MICRO/WIN 32



Fuente: Autores

2. Nos aparece la ventana de comunicación damos clic en PC/PPI cable (PPI) dirección.

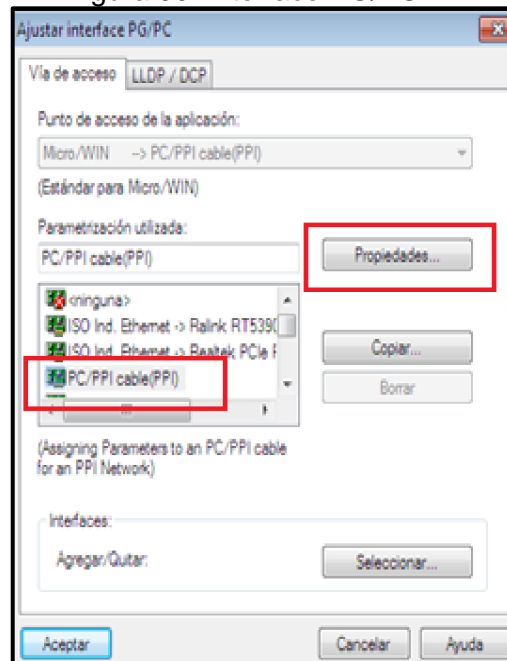
Figura 89. Comunicación PLC y ordenador



Fuente: Autores

- Nos aparece la ventana ajustar interfaz PG/PC damos clic en PC/PPI cable (PPI) vamos a propiedades conexion local seleccionamos el puerto y damos aceptar.

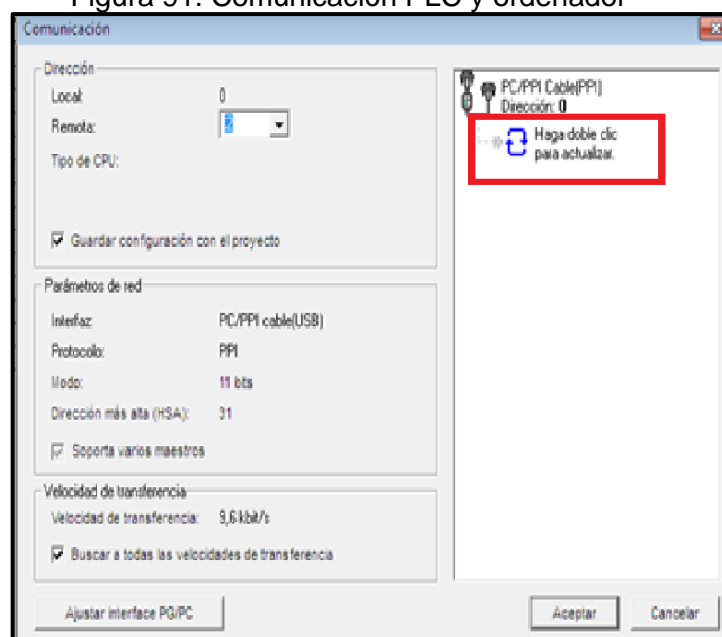
Figura 90. Interface PG/PC



Fuente. Autores

- Damos doble clic en actualizar para actualizar el PLC y que el programa pueda localizarlo.

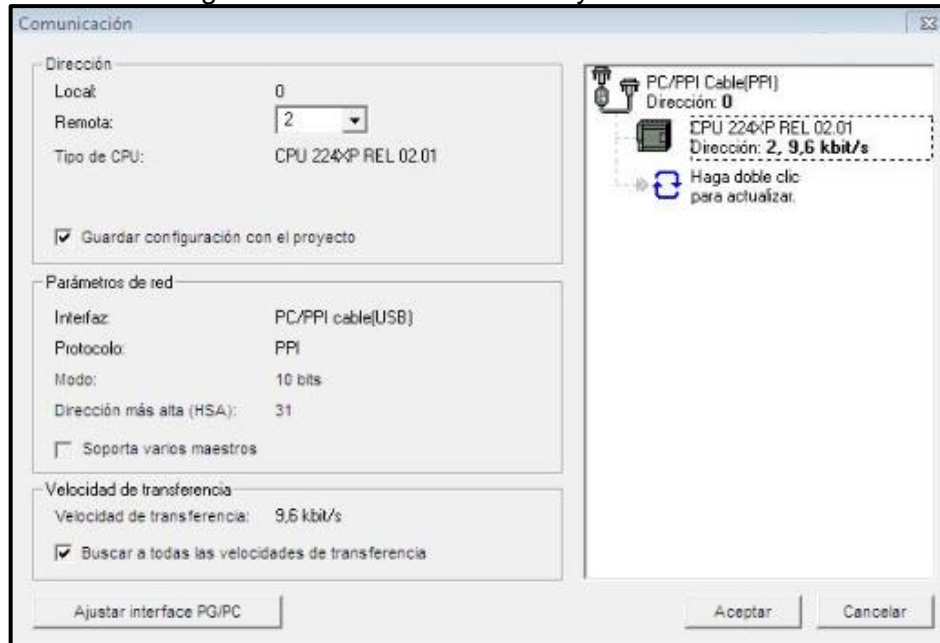
Figura 91. Comunicación PLC y ordenador



Fuente. Autores

- Una vez localizado la CPU 224XP del PLC SIMATIC S7-200 damos aceptar.

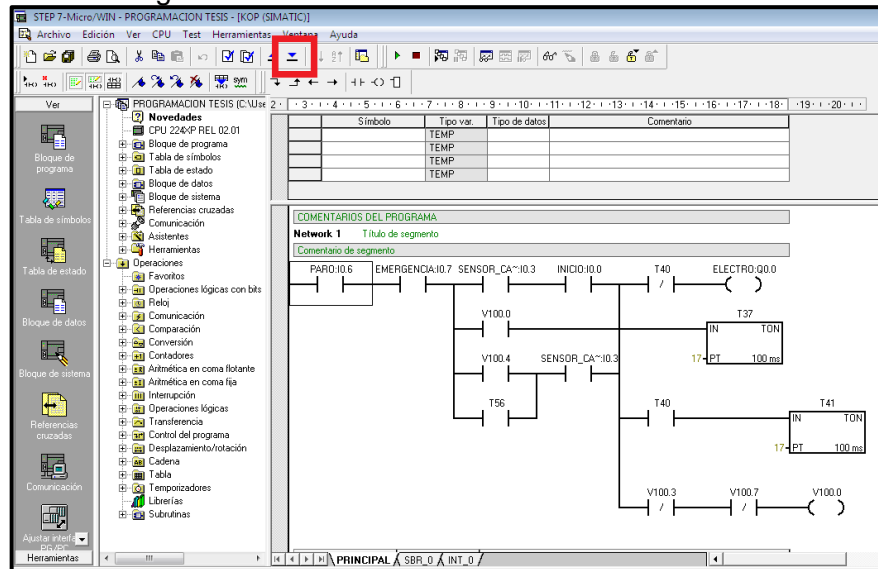
Figura 92. Comunicación PLC y ordenador



Fuente. Autores

- Luego damos click en cargar para cargar la programación a la CPU 224XP del PLC SIMATIC S7-200.

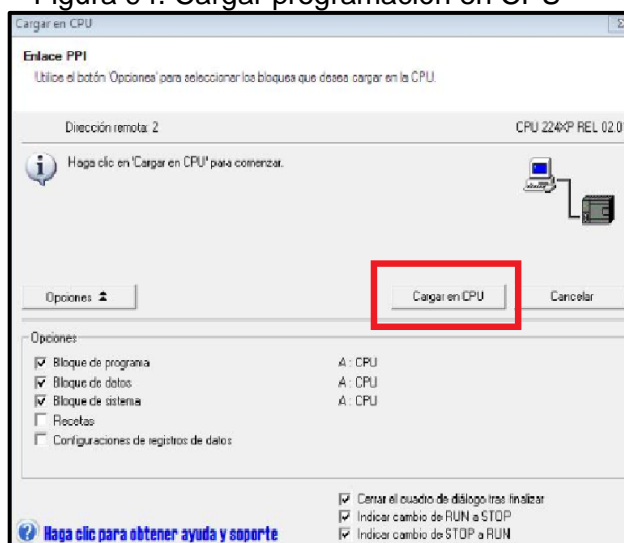
Figura 93. Software STEP 7 MICRO/WIN 32



Fuente: Autores

- Nos aparece la ventana cargar en CPU damos click en cargar en CPU.

Figura 94. Cargar programación en CPU



Fuente: Autores

Para poder cargar la programación el PLC debe estar en modo stop. Una vez cargada la programación del ordenador a la CPU 224XP del PLC ponemos el PLC en modo Run para poner en marcha nuestro sistema.

### 3.14 Pruebas y puesta a punto del módulo de selección y posicionamiento de materiales.

Una vez seleccionados los accesorios neumáticos y eléctricos del módulo, fue necesario realizar una serie de pruebas descritas a continuación para comprobar el correcto funcionamiento del módulo:

- Para realizar las pruebas y puesta a punto del módulo de selección de materiales fue necesario contar con una fuente de generación de aire comprimido. La cual fue necesaria para regular el FRL del módulo y poder obtener nuestra presión de trabajo 6 bar, para poder realizar pruebas de funcionamiento en los actuadores neumáticos del módulo.
- Se realizó pruebas neumáticas de accionamiento manual a las electroválvulas con sus respectivos actuadores neumáticos para comprobar el paso de aire comprimido.
- Se regulo la velocidad en los reguladores de caudal de los actuadores neumáticos.
- Se realizó pruebas de sujeción de las probetas a través del generador de vacío y la ventosa.

- Luego se procedió a energizar las electroválvulas con 110 VAC y encendida la fuente de generación de aire comprimido (compresor), se comprobó el correcto funcionamiento de las bobinas de las electroválvulas y el paso de aire comprimido hacia los actuadores Neumáticos.
- Una vez conectados los pulsadores de inicio, parada, parada de emergencia del sistema a las entradas del PLC SIMATIC S7-200. Se comprobó la entrada de señal eléctrica de los pulsadores al PLC, pulsando manualmente los pulsadores y verificando en el PLC el encendido de las luces de entradas a la cual fueron conectados los pulsadores.
- Al conectar los sensores tanto inductivos como capacitivos a las entradas del PLC SIMATIC S7-200. Se verifico la entrada de señal eléctrica de los sensores al PLC, realizando pruebas de detección del material a seleccionar y verificando el encendido de las luces de los sensores y de las entradas del PLC a la cual se conectó los sensores.
- Una vez comprobado el correcto funcionamiento de los accesorios neumáticos y eléctricos del módulo, Se procedió a poner en marcha el sistema cargando la programación a la CPU 224XP del PLC SIMATIC S7-200. Luego se realizó una serie de pruebas y correcciones de tiempos de conexión y desconexión del motor y de las electroválvulas en el programa STEP 7 MICRO/WIN 32 mediante la utilización de temporizadores.

### **3.15 Mediciones y monitoreo.**

La medición y monitoreo de los actuadores neumáticos del módulo de selección y posicionamiento de materiales se realizó mediante la medición de tiempos de avance y retroceso de los actuadores neumáticos en los temporizadores del programa STEEP 7 MICRO/WIN. La lectura Se realizó mediante los tiempos de conexión y desconexión de cada electroválvula asignada en los temporizadores del software de programación STEEP 7 MICRO/WIN.

#### **3.15.1 Medición y monitoreo de cilindro de doble vástago y cilindro de doble efecto.**

La electroválvula Q 0.0 controla el cilindro de doble vástago, y el cilindro de doble efecto. La electroválvula se activa durante 30 (ms) para realizar la operación de

avance de los cilindros y al desconectarse la electroválvula, los vástagos de los cilindros vuelven a su posición inicial en 17 (ms).

**3.15.2** *Medición y monitoreo de generador de vacío #1.* La electroválvula **Q 0.2** controla el generador de vacío #1 que se encarga de la sujeción de las probetas. La electroválvula se activa durante 26 (ms) para realizar la operación de sujeción de las probetas mediante el generador de vacío y se desconecta en 1(ms).

**3.15.3** *Medición y monitoreo de generador de vacío #2.* La electroválvula **Q 0.7** controla el generador de vacío #2 que se encarga de la sujeción de las probetas. La electroválvula se activa durante 58 (ms) para realizar la operación de sujeción de las probetas mediante el generador de vacío y se desconecta en 2(ms).

**3.15.4** *Medición y monitoreo del actuador rotante.* La electroválvula **Q 0.5** controla el actuador rotante que se encarga de girar el brazo neumático. La electroválvula se activa durante 58 (ms) para realizar la operación de giro y al desactivarse la electroválvula el actuador rotante regresa a su posición inicial en 54 (ms).

**3.15.5** *Medición y monitoreo del cilindro de elevación #1.* La electroválvula **Q 0.1** controla el cilindro de elevación #1 que desplaza verticalmente al generador de vacío. La electroválvula se activa durante 8 (ms) para desplazar el generador de vacío y al desactivarse la electroválvula el cilindro de elevación #1 vuelve a su posición inicial en 5 (ms).

**3.15.6** *Medición y monitoreo del cilindro de elevación #2.* La electroválvula **Q 0.6** controla el cilindro de elevación #2 que desplaza verticalmente al generador de vacío #2. La electroválvula se activa durante 5 (ms) para desplazar el generador de vacío y al desactivarse la electroválvula el cilindro de elevación #2 vuelve a su posición inicial en 3 (ms).

**3.15.7** *Medición y monitoreo del cilindro selector.* La electroválvula **Q 0.4** controla el cilindro que selecciona únicamente las probetas de aluminio, una vez que el sensor inductivo ha detectado la presencia de la probeta pasan 46 (ms) y se activa la electroválvula durante 6 (ms) para desplazar la probeta, y al desactivarse la electroválvula el vástago del cilindro vuelve a su posición inicial en 2 (ms).



**3.15.8 Medición y monitoreo del motor.** La electroválvula **Q 0.3** controla el encendido y apagado del motor. La electroválvula se activa durante 95 (ms) para tener encendido el motor para mover la banda transportadora y la electroválvula se desconecta en 1 (ms).

**3.15.9 Resultados de medición y monitoreo**

Tabla 60. Tiempos de conexión y desconexión de electroválvulas

Electroválvulas	Función	Tiempos	
		Tiempo que permanece activada la electroválvula	Tiempo de desconexión de la electroválvula
<b>Q 0.0</b>	Control de cilindro de doble vástago y cilindro de doble efecto	30(ms)	1(ms)
<b>Q 0.1</b>	Control de cilindro de elevación # 1	8(ms)	1(ms)
<b>Q 0.2</b>	Control de generador de vacío # 1	26(ms)	1(ms)
<b>Q 0.3</b>	Control del motor	95(ms)	1(ms)
<b>Q 0.4</b>	Control de cilindro selector	6(ms)	1(ms)
<b>Q 0.5</b>	Control del actuador rotante	58(ms)	1(ms)
<b>Q 0.6</b>	Control de cilindro de elevación # 2	5(ms)	1(ms)
<b>Q 0.7</b>	Control de generador de vacío # 1	58(ms)	1(ms)
<b>Total</b>		286 (ms)	8(ms)

Fuente: Autores

## **CAPÍTULO IV**

### **4. MANUAL DE OPERACIÓN, DE MANTENIMIENTO Y GUIAS DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO**

#### **4.1 Introducción**

El tiempo y el uso van acortando la vida útil de los equipos y maquinas, con el presente manual de operación y mantenimiento del módulo de selección y posicionamiento de materiales se pretende facilitar el correcto uso y el adecuado mantenimiento para lograr así opacar el transcurso del tiempo en el módulo de selección y posicionamiento de materiales, además que se tiene como propósito contar con un manual versado, preciso, claro y ordenado que garantice la óptima operación del módulo. Este manual de operación y mantenimiento incluye:

- Codificación del módulo, datos del módulo y partes principales.
- Descripción de los pasos a seguir para la operación del módulo.
- Plan de mantenimiento.
- Tablas indicativas de fallas, causas y soluciones.

Este manual de operación y mantenimiento está basado principalmente en un mantenimiento preventivo dejando como última opción el mantenimiento correctivo.

#### **4.2 Objetivos**

- Garantizar las condiciones óptimas de funcionamiento y conservación del módulo de selección y posicionamiento de materiales.
- Mantener un registro estadístico con su respectivo historial de fallas y averías con la finalidad de realizar un adecuado procedimiento de corrección y mejora continua.
- Guiar al usuario sobre la correcta utilización del módulo de selección y posicionamiento de materiales.

**Facultad**

FAME – Facultad de Mecánica

**Área – Talleres y Laboratorios**

**LE** - Laboratorio de Electrónica

**EB** - laboratorio de Electrotecnia Básica

**CI** - Laboratorio de Control Industrial

**LV**- Laboratorio de Vibraciones

**LT**- Laboratorio de Turbomáquinas

**MF**- Laboratorio de Mecánica de Fluidos

**IC** - Laboratorio de Instrumentación y Control Automático

**LM** - Laboratorio de Materiales

**RM** - Laboratorio de Resistencia de Materiales

**NA** - Laboratorio de Neumática y Automatización

**HN** - Laboratorio de sistemas Hidráulicos y Neumáticos

**TC** - Laboratorio de Transferencia de Calor

**LF** - Laboratorio de Física I, II, II

**MH**- Taller de Máquinas Herramientas

**TS** - Taller de Soldadura

**TF** - Taller de Fundición

**CE** - CEDICOM- Centro de Diseño y construcción de maquinaria.

**Equipo**

**MSPM** – Módulo de selección y posicionamiento de materiales

**Número de equipo**

**01** – Cantidad de equipos con similares o iguales características

#### **4.4 Generalidades**

Para la ejecución del mantenimiento es esencial partir de los datos técnicos del módulo de selección y posicionamiento de materiales, así como del proceso a llevar a cabo, para la respectiva ejecución de la práctica. Es importante conocer previamente el funcionamiento del módulo, sin dejar de lado la seguridad personal y la forma de proceder en caso de algún accidente antes de comenzar la práctica.

Se debe tener en cuenta que el módulo de selección y posicionamiento de materiales ha sido diseñado con el fin de ayudar al estudiante a simular el proceso de selección y posicionamiento de materiales en un proceso automatizado, utilizando accesorios neumáticos y eléctricos; por lo que estará sujeta a manipulación por parte del instructor, siendo responsabilidad del instructor fijar los límites permisibles de funcionamiento, evitando de esta manera la destrucción o la avería del módulo.

#### **4.5 Seguridad**

En toda actividad a realizar la seguridad es un factor esencial. La mayoría de los accidentes relacionados con la operación, el mantenimiento o la reparación de equipos se debe a que no se observan las precauciones y reglas básicas de seguridad. Con frecuencia se puede evitar un accidente si se reconoce una situación que pueda ser peligrosa antes de que ocurra el accidente, por tal razón se considera conveniente leer detenidamente y conocer los principios que a continuación se exponen, y como aplicarlos desde el primer momento en que se ingresa al laboratorio de neumática y Automatización. La probabilidad de que un accidente ocurra se minimiza si se observan las variadas reglas básicas de seguridad y sentido común, hasta el extremo que su aplicación disminuya el riesgo de accidentes.

#### **Recomendaciones generales:**

- Queda terminantemente prohibido fumar, beber alcohol y consumir alimentos dentro del laboratorio.
- Leer atentamente el manual de operación y mantenimiento antes de realizar la tarea y si es necesario durante la realización de la práctica.
- Analizar siempre la tarea a realizar y reflexione siempre acerca de los procedimientos.

- No permita que lo distraigan, ni distraiga a otras personas que estén realizando un trabajo riesgoso.
- Si algún módulo presenta alguna condición insegura se procederá inmediatamente a dar el respectivo conocimiento a la persona encargada del laboratorio.
- Conocer la forma de proceder en caso de algún accidente es importante antes de comenzar cualquier actividad.
- Conozca donde están ubicados los elementos de seguridad, tales como: botiquín de primeros auxilios, extintores y la salida de emergencia.
- Mantener limpio, iluminado y ordenado el sitio donde se realiza las prácticas.

**4.5.1 Riesgo mecánico.** Es aquel que puede producir lesiones corporales tales como cortes, abrasiones, punciones, contusiones, golpes por objetos desprendidos o proyectados, atrapamientos, aplastamientos, quemaduras. El riesgo mecánico puede producirse en toda operación en donde se utilicen herramientas manuales, maquinaria, manipulación de vehículos, utilización de dispositivos de elevación etc.

**Recomendaciones generales:**

- El módulo de selección y posicionamiento de materiales cuenta con dispositivos de seguridad, pulsador de paro NC y un pulsador de paro de emergencia con enclavamiento NC. NUNCA (salvo en operaciones de reparación y mantenimiento del módulo), deben quitarse estos dispositivos de seguridad.
- El módulo cuenta con esquinas metálicas que pueden provocar heridas si se realizan movimientos bruscos.
- No fumar, comer o beber durante la operación del módulo. Llevar el pelo corto o recogido y no usar prendas (corbatas, bufandas, pañuelos, colgantes, pulseras, anillos, etc.) que puedan dar lugar a atrapamientos por las partes móviles del módulo.
- Verificar la disponibilidad de iluminación suficiente en la zona de trabajo para poder desarrollar la tarea con seguridad.
- Mantener limpio y ordenado el lugar y puesto de trabajo
- En ningún caso adoptar actitudes peligrosas durante la operación del módulo.
- No utilice el modulo para fines diferentes para lo cual ha sido diseñado.

**4.5.2 Riesgo eléctrico.** Se denomina riesgo eléctrico al riesgo originado por la energía, Un riesgo eléctrico es aquel que se puede manifestar durante la operación en instalaciones eléctricas de baja, media y alta tensión, durante las operaciones de reparación y mantenimiento, durante la utilización de equipos eléctricos y electrónicos. Las lesiones corporales van desde quemaduras, electrocución y muerte.

**Recomendaciones generales:**

- Estar consciente de las condiciones del módulo y de los peligros presentes, antes de realizar la práctica.
- No trabaje sobre el piso mojado.
- No trabaje solo, es conveniente tener a un compañero cerca para que corte la corriente en caso de ser necesario.
- Evite colocarse en una posición en la que pueda recibir algún shock.
- Mantener el cableado del módulo en buen estado.
- Ante la presencia de cualquier anomalía antes, durante o después de realizada la práctica informar inmediatamente al encargado del laboratorio.


**4.5.3 Riesgo químico.** Los riesgos químicos son aquellos que se generan dentro o fuera del sistema; por acción del calor, el agua del aire tiende a combinarse químicamente y variar la composición del aire. Después viene la descomposición, donde el aire genera contaminación en forma de ácidos y óxidos.

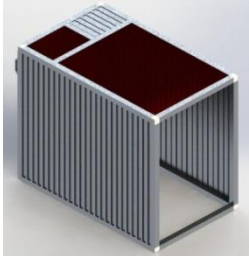

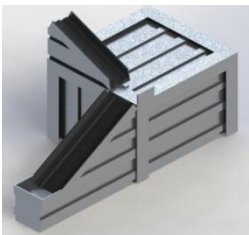

**Recomendaciones generales:**

- En el laboratorio no está permitido fumar, comer ni beber. Tampoco se almacenará comida o bebida alguna en frigoríficos situados en el mismo.
- Controlar la contaminación durante el cambio de filtros, la contaminación entra al sistema durante el cambio del filtro, si el cambio no se realiza correctamente o si se utiliza el filtro inadecuado.
- Realizar la desconexión de los equipos, purgas de agua y aire comprimido al finalizar la práctica.
- Ante la presencia de cualquier anomalía antes, durante o después de realizada la práctica informar inmediatamente al encargado del laboratorio.

#### 4.6 Componentes principales y guía de procesos.


Tabla 61. Componentes principales 1-5





	<b>MÓDULO DE SELECCIÓN Y POSICIONAMIENTO DE MATERIALES</b>	Ficha: 1-5
		Código: FAME-NA-MSPM01
	Datos técnicos – Componentes principales	Inventario:
Versión: 2015	Laboratorio de Neumática y Automatización	Manual de Fabricante:
		Sección:

#	Nombre	Características	Equipo
1	<b>Estructura del módulo de selección y posicionamiento de materiales</b>	Material: tubo cuadrado de aluminio de "1.5" y plancha de revestimiento de aluminio  Ancho: 70cm  Altura: 1m  Largo: 1.10 m	
2	<b>Estructura para el montaje de cilindros</b>	Material: perfil de aluminio 30 x30 mm de aleación de aluminio 6063-T1  Altura: 34 cm  Ancho: 56 cm	
3	<b>Estructura para montaje de cilindro</b>	Material: plancha de perfil de aluminio  Altura: 15 cm  Ancho: 19cm  Largo: 21cm	
4	<b>Banda transportadora</b>	Material: acrílico espesor de 6 mm y banda de tela nailon  Altura: 5 cm  Ancho: 10cm  Largo: 50cm	

Fuente: Autores

Tabla 62. Componentes principales 2-5


	<b>MÓDULO DE SELECCIÓN Y POSICIONAMIENTO DE MATERIALES</b>	Ficha: 2-5
		Código: FAME-NA-MSPM01
	Datos técnicos – Componentes principales	Inventario:
Manual de Fabricante:		
Versión: 2015	Laboratorio de Neumática y Automatización	Sección:

#	Nombre	Características	Equipo
5	<b>Unidad de mantenimiento</b>	Marca: WAWTIOT Serie: SFR-04 Presión de trabajo: 0-15 Mpa Toma: rosca "1/8"	
6	<b>Actuador rotante</b>	Marca: AIRWORK Presión máxima de trabajo: 7 bar Temperatura de funcionamiento: -0C° / +90C° Angulo de rotación: 0° - 180° Toma: Rosca M5	
7	<b>Cilindro compacto de doble efecto</b>	Marca: Regis Modelo: SD 25X50 Presión de trabajo: 0.1-0.9 Mpa. Toma: rosca de 1/8	
8	<b>Cilindro de doble efecto</b>	Marca: THKPC Modelo: MA 12x50 Presión de trabajo: 0.1-0.9 Mpa.	
9	<b>Generador de vacío</b>	Marca: AIRBEST Modelo: ACV-10 HS Presión de trabajo: 0- 6 BAR Toma: ROSCA DE 1/8	

Fuente: autores



Tabla 63. Componentes principales 3-5




	<b>MÓDULO DE SELECCIÓN Y POSICIONAMIENTO DE MATERIALES</b>	Ficha: 3-5
		Código: FAME-NA-MSPM01
		Inventario:
	Datos técnicos – Componentes principales	Manual de Fabricante:
Versión: 2015	Laboratorio de Neumática y Automatización	Sección:

#	Nombre	Características	Equipo
10	<b>Ventosa</b>	Marca: AIRBEST Modelo: SBF 30P(U) Material: Poli uretano Toma: Rosca 1/8"	
11	<b>Cilindro de doble vástago</b>	Marca: SMC Serie: CQ2 Configuración: doble efecto con vástago doble Diámetro del vástago: 10mm Diámetro del cilindro: 32mm Carrera: 100mm Presión máxima de trabajo: 1Mpa	
12	<b>Sensor capacitivo</b>	Marca: ACS-CONTROL-SYSTEM Modelo: CM 18-3008NA Amperaje: 200 mA Voltaje: 6 - 36 VDC Distancia de detección: 0-8mm	
13	<b>Sensor inductivo</b>	Marca: ACS-CONTROL-SYSTEM Modelo: SIG-08MGOPKSNB Amperaje: 200 mA. Voltaje de funcionamiento (V): 10-30V DC Distancia de detección: 0-8 mm	

Fuente: autores

Tabla 64. Componentes principales 4-5



	<b>MÓDULO DE SELECCIÓN Y POSICIONAMIENTO DE MATERIALES</b>	Ficha: 4-5
		Código: FAME-NA-MSPM01
	Datos técnicos – Componentes principales	Inventario:
Versión: 2015	Laboratorio de Neumática y Automatización	Manual de Fabricante:
		Sección:

#	Nombre	Características	Equipo
14	<b>PLC SIMATIC S7-200</b>	Fabricante No: 6ES7 214-2BD23-OXBO  Tipo: CPU 224XP AC/DC/RLY  Interfaces: 2 x RS 485  Altura: 80 mm  Ancho: 140 mm  Memoria de programa: 12.16 kB  Almacenamiento de datos: 10 kB  Número de salidas transistor: (Máx.) 10  Cantidad de entradas: (Máx.) 14  Tensión de funcionamiento (entradas): 24 VDC  Tensión de funcionamiento (salidas): 85 – 264 VAC	
15	<b>Electroválvula 5/2</b>	Marca: E-MC  Serie: V5211-M5  Voltaje de bobina: 110 V  Presión de trabajo: 0.15-0.8 MPa.	
16	<b>Válvulas de solenoide 2/2</b>	Marca: E-MC  Modelo: EWSLC2  Presión de trabajo: 0-120 psi  Toma: rosca ¼  Voltaje: DC 110V	

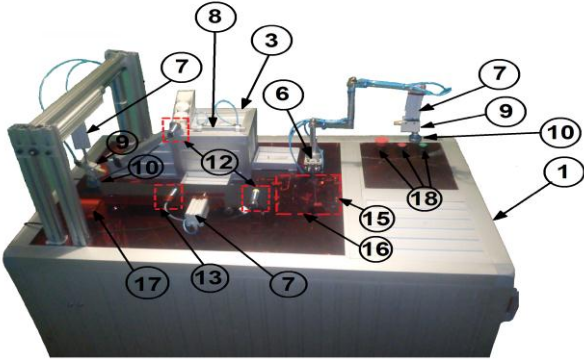
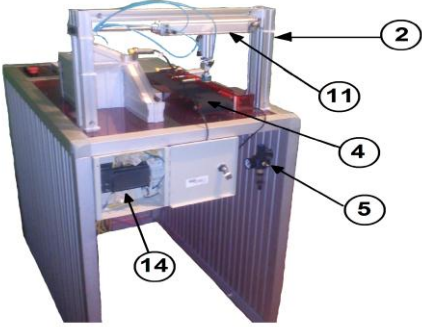
Fuente: Autores

Tabla 65. Componentes principales 5-5

	<b>MÓDULO DE SELECCIÓN Y POSICIONAMIENTO DE MATERIALES</b>	Ficha: 5-5
		Código: FAME-NA-MSPM01
	Datos técnicos – Componentes principales	Inventario:
		Manual de Fabricante:
Versión: 2014	Laboratorio de Neumática y Automatización	Sección:


#	Nombre	Características	Equipo
17	<b>Motor reductor eléctrico</b>	Motor: DC Voltaje de entrada: 12VDC, 24VDC Esfuerzo de torsión: 0.14 ~ 19.6 Nm. Velocidad de salida: 0.3 ~ 394 RPM Tipo: helicoidal, con engranajes de dientes rectos	
18	<b>Pulsadores</b>	Pulsador NA: 24VDC Pulsador NC: 24VDC Pulsador NC con enclavamiento : 24VDC	

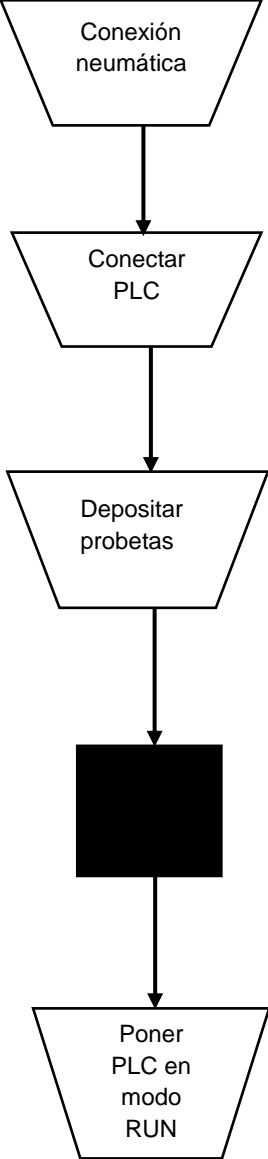
**COMPONENTES PRINCIPALES**

	<p><b>COMPONENTES PRINCIPALES</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Estructura del módulo de Selección y Posicionamiento de materiales.</li> <li>2. Estructura para el montaje de cilindros neumáticos.</li> <li>3. Estructura para montaje de cilindro.</li> <li>4. Banda transportadora.</li> <li>5. Unidad de mantenimiento.</li> <li>6. Actuador rotante.</li> <li>7. Cilindro compacto de doble efecto.</li> <li>8. Cilindro doble efecto.</li> <li>9. Generador de vacío.</li> <li>10. ventosa.</li> <li>11. Cilindro doble vástago.</li> <li>12. Sensor capacitivo.</li> <li>13. Sensor inductivo.</li> <li>14. PLC SIMATIC S7-200.</li> <li>15. Electroválvulas 5/2.</li> <li>16. Válvulas de solenoide.</li> <li>17. Motorreductor eléctrico.</li> <li>18. Pulsadores.</li> </ol>
	

Fuente: Autores

Tabla 66. Diagrama de procesos

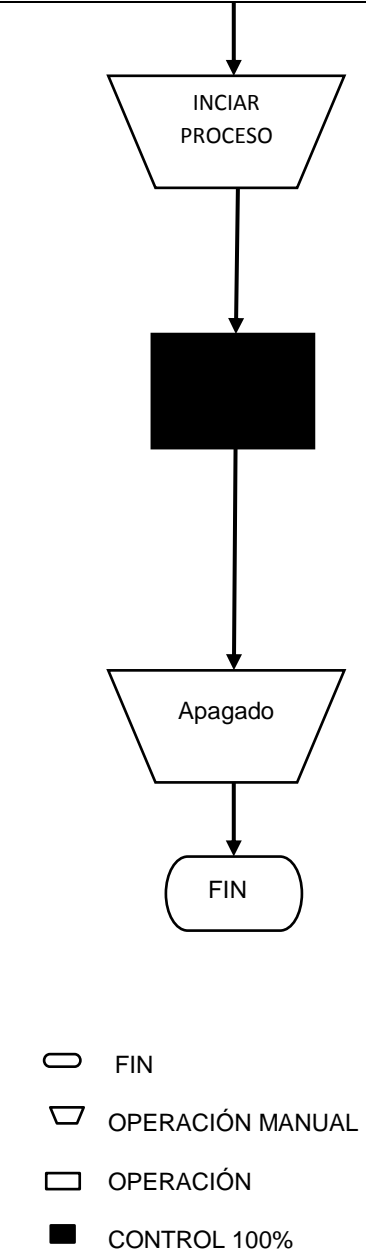
	<b>MÓDULO DE SELECCIÓN Y POSICIONAMIENTO DE MATERIALES</b>	Ficha:
		Código:FAME-NA-MSPM01
		Inventario:
	Datos técnicos – Componentes principales	Manual de Fabricante:
Versión: 2014	Laboratorio de Neumática y Automatización	Sección:

Función	Proceso	Descripción	Control
Selecciona dos tipos de materiales aluminio y duralom. El proceso de selección y posicionamiento de materiales se lleva a cabo mediante actuadores neumáticos controlados por electroválvulas que reciben señales del Controlador Lógico Programable (PLC), provenientes de los sensores y pulsadores.		Conectar la fuente de generación de aire comprimido directamente a la unidad de mantenimiento del módulo.	Verificar que al realizar la conexión no se encuentre encendida la fuente de generación de aire comprimido.
		Conectar la fuente de alimentación eléctrica del PLC (N) y (L1) a una toma de 110 VAC.	Verificar que se encienda la luz verde del PLC
<b>Seguridad</b>		Depositar las probetas de aluminio y duralom en la rampa del módulo para iniciar el proceso de selección y posicionamiento	Verificar que las probetas se encuentren bien colocadas en la rampa.
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Respete siempre las medidas de seguridad necesarias y vigile que la alimentación eléctrica del PLC SIMATIC S7--200 y de los equipos conectados se haya desconectado antes del montaje o desmontaje.</li> <li>- Al realizar las conexiones neumáticas del módulo verificar que no esté encendida la fuente de alimentación de aire comprimido y mantener una distancia prudente para evitar accidentes.</li> </ul>		Cerciorarse de que las conexiones neumáticas y eléctricas se encuentren en buen estado.	Al verificar las conexiones neumáticas y eléctricas cerciorarse de que el conductor neumático se encuentre en buen estado y los cables no se encuentren con fisuras en su parte flexible.
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mantener las manos alejadas de las partes móviles del módulo.</li> </ul>		Poner PLC en modo RUN, para poder utilizar la programación cargada al PLC e iniciar el proceso.	

Fuente: Autores

Tabla 67. Diagrama de procesos

	<b>MÓDULO DE SELECCIÓN Y POSICIONAMIENTO DE MATERIALES</b>	Ficha:
		Código: FAME-NA-MSPM01
		Inventario:
	Datos técnicos – Componentes principales	Manual de Fabricante:
Versión: 2014	Laboratorio de Neumática y Automatización	Sección:

Función	Proceso	Descripción	Control
<p>- Conocer la forma de proceder en caso de algún accidente es importante antes de comenzar cualquier actividad.</p> <p>- Antes de realizar cualquier conexión eléctrica verifique que los cables no posean aberturas en su parte flexible para evitar accidentes</p>		<p>Pulsar el interruptor ON del módulo para iniciar el proceso de selección y posicionamiento de materiales</p>	<p>Al pulsar el interruptor ON verificar que no se encuentre enclavado el pulsador de paro de emergencia</p>
		<p>Cerciorarse de que el proceso de selección y posicionamiento se esté llevando a cabo con normalidad.</p>	<p>Permitir la operación del módulo y Cerciorarse si los sensores capacitivos e inductivo se encuentren detectando el material.</p>
		<p>Una vez cumplida la práctica pulsamos el interruptor de paro OFF.</p>	

Fuente: Autores

#### 4.7 Previsiones tareas de mantenimiento

La implementación de un mantenimiento adecuado dentro de los laboratorios disminuye los riesgos de fallos asegurando la continua operación de los equipos, evitando su continua evaluación y disminuyendo el desgaste de los equipos.

Para llevar a cabo estos propósitos se debe tener en cuenta los siguientes parámetros generales:

- **Condiciones ambientales:** Analizando el ambiente en el que se encuentra el equipo. Se recomienda evaluar factores ambientales (temperatura, humedad, presencia de polvo) y factores mecánicos (exposición a vibraciones mecánicas y seguridad en la instalación).
- **Limpieza íntegra externa:** Eliminar todo tipo de desechos, polvo, moho, etc., en las partes externas que componen el Modulo.
- **Inspección externa del equipo:** Examinar atentamente el equipo, partes o accesorios que se encuentran a la vista, sin necesidad del desmontaje de las partes que conforman el Modulo. Para detectar signos de corrosión, impactos físicos, desgastes, vibración, sobrecalentamiento, fatiga, roturas, fugas, partes faltantes, o cualquier signo que obligue a sustituir las partes afectadas o a tomar alguna acción pertinente al mantenimiento preventivo o correctivo.
- **Limpieza íntegra interna:** Eliminar cualquier vestigio de suciedad, en las partes internas que componen al equipo, mediante los métodos adecuados según corresponda.
  - Limpieza de superficie interna usando limpiador líquido, lija, limpiador en pasta, etc.
  - Limpieza de residuos potencialmente infecciosos utilizando sustancias desinfectantes como bactericidas no residuales ni corrosivas.
  - Limpieza de tabletas electrónicas, contactores electrónicos, conectores, utilizando limpiador de contactos eléctricos, aspirador, brocha, etc.
- **Lubricación:** De motores, bisagras, baleros y cualquier otro mecanismo móvil. Puede ser realizado en el momento de la inspección, y debe de utilizarse los lubricantes recomendados por el fabricante o sus equivalentes.

- **Reemplazo de partes defectuosas:** La mayoría de los equipos tienen partes diseñadas para gastarse durante el funcionamiento del equipo, ayudando a la prevención del desgaste de otras partes o sistemas del mismo. Ejemplo de estos son los reguladores de caudal, silenciadores neumáticos y conductor neumático. El reemplazo de estas partes es un paso esencial en el mantenimiento preventivo, y puede ser realizado en el momento de la inspección.
- **Revisión de seguridad eléctrica:** Inspeccionar el estado de todas las conexiones eléctricas (PLC, relé, electroválvulas, motor eléctrico) La realización de esta prueba dependerá del grado de protección que se espera del equipo en cuestión.
- **Pruebas funcionales completas:** Además de las pruebas de funcionamiento realizadas, es importante poner en funcionamiento al equipo en conjunto con el operador, en todos los modos de funcionamiento que este posea, lo cual además de detectar posibles fallas en el equipo, promueve una mejor comunicación entre el técnico y el operador, así también la determinación de fallas en el proceso de operación por parte del operador o del mismo técnico.
- **Ajuste y calibración:** Para esto deberá tomarse en cuenta lo observado anteriormente en la inspección externa e interna del equipo, realizar mediciones de los parámetros más importantes de éste, de modo que sea acorde a las normas técnicas establecidas, especificaciones del fabricante o cualquier otra referencia. Luego de esto debe realizarse la calibración que se estime necesaria, poner en funcionamiento el equipo y realizar la medición de los parámetros correspondientes, estas dos actividades serán necesarias hasta lograr que el equipo no muestre signos de desgaste.

#### 4.7.1 *Materiales básicos para el mantenimiento.*

- **Cera o líquido con protección UV:** Contienen UV es uno de los principales factores de la cera ya que evita que el acrílico pierda su tonalidad original en poco tiempo, existen varias opciones, algunas sirven incluso para la limpieza de pintura, pues la mayor parte de esta son en base de silicona.
- **Detergente:** Disuelven las grasas o la materia orgánica gracias a su tenso actividad, se recomienda adquirirlo en forma líquida y no en polvo ya que este al

mezclarse con el agua tarda en formar una sustancia única sin partículas en dispersión que podrían ser difíciles de remover.

- **Agua:** Es la común y corriente, sin embargo si el agua tiene un alto contenido de cloro, el cual daña las superficies metálicas, se recomienda usar agua embotellada.
- **Alcohol Isopropílico:** Mezclado con agua, es muy utilizado en la limpieza de lentes de objetivos fotográficos y todo tipo de ópticas. Sirve para limpiar contactos de aparatos electrónicos, ya que no deja mancha y es de rápida evaporación, siendo peligrosa su inhalación.
- **Thinner:** Ayuda a disolver, diluir o adelgazar sustancia insoluble en agua, como la pintura, aceites y grasa, en ocasiones es usado para limpiar circuitos, lo cual no es recomendable ya que puede acumular carga estáticas. Es un producto altamente peligroso, concentraciones superiores a 1000 ppm.
- **Pulimento de metales:** En forma de pasta ayuda a la limpieza y mantenimiento de metales ya que su fórmula con agentes activos que actúan química y mecánicamente en las piezas a tratar ofrecen excelentes resultados de limpieza y de protección de piezas metálicas en una sola operación.
- **Esponja:** Es un material esponjoso que puede estar fabricada en fibras celulósicas o en polímeros plásticos, son especialmente buenas para absorber agua o productos químicos.
- **Franela:** Es un tejido suave de varios tipos de calidades, hecho de algodón o fibras sintéticas, esta debe tener tejidos los bordes a fin de evitar que esta se deshile.

#### **4.7.2** *Herramientas básicas para el mantenimiento.*

- **Brocha:** Es una escobilla que recoge reteniendo entre sus fibras un determinado material para luego distribuirlo uniformemente sobre una superficie, recomendamos algunos tamaños ya que será usado para limpieza o pintura.



- **Cepillo de limpieza:** Se trata de un utensilio consistente en un mango y una base, sobre la cual se fijan filamentos flexibles llamados cerdas, en este caso es recomendable que estas sean de plástico, para poder llegar a partes complicadas de alcanzar y difíciles de remover con una brocha.
- **Caja de herramientas:** Se entiende como todas las herramientas básicas para desarmar una máquina.

#### 4.7.3 *Equipos básicos para el mantenimiento.*

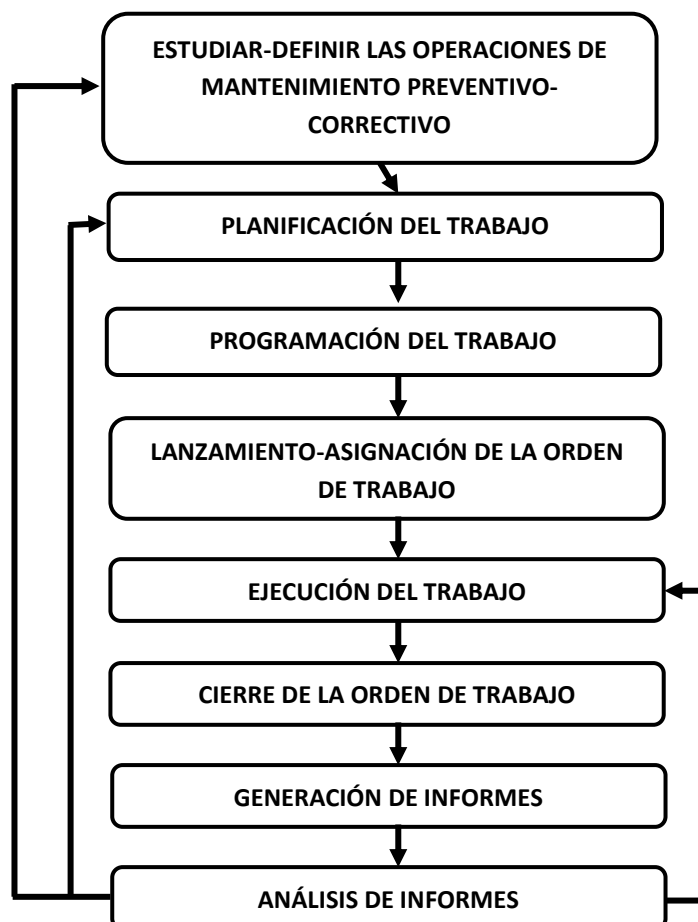
- **Compresor:** Como fuente de aire a presión, es indispensable para la limpieza por chorreado de ciertas partes de máquinas o equipos, el aire comprimido usado para la limpieza y el pintado debe ser chequeado para ver la presencia de contaminantes. En muchos casos se debe de tener control con la presión de salida dependiendo del elemento a ser limpiado.
- **Aspirador:** Ayuda a succionar del ambiente partículas de polvo que se esparcen, ya sea por el compresor o por la limpieza que se realiza sacudiendo con la brocha o la franela las partes sucias. Pero no es imprescindible ya que puede usar un paño húmedo, el cual acarrearía todo el polvo evitando que este quede suspendido en el aire.
- **Multímetro:** Es un instrumento eléctrico portátil para medir directamente magnitudes eléctricas activas como corrientes y potenciales (tensiones) o pasivas como resistencias, capacidades y otras. Las medidas pueden realizarse para corriente continua o alterna y en varios márgenes de medida cada una. Los hay analógicos y posteriormente se han introducido los digitales, cuya función es la misma.
- **Computador:** Es una máquina electrónica que recibe y procesa datos para convertirlos en información útil, en esta debe de estar instalado el software para los respectivos análisis de datos y los respectivos puertos de adquisición de datos.

#### 4.8 Plan de mantenimiento

El Módulo de Selección y Posicionamiento de Materiales, está conformado por elementos mecánicos, eléctricos y neumáticos, los cuales interactúan entre si y trabajan en conjunto. Ante esto, surge la necesidad de conocer y aplicar tecnologías básicas, que permitan realizar cualquier tipo de reparación y localización de fallas, durante la operación y mantenimiento del módulo.

En la realización del Plan de mantenimiento para el Módulo se toma como referencia a la norma NTE INEN-EN 13460:2010, la cual es autorizada y supervisada por la AENOR. En la norma NTE INEN-EN 13460:2010 se describe de forma general un flujo de trabajo de mantenimiento y en base al criterio de los autores de la tesis se realizaron adaptaciones que resulten efectivas y aplicables para el Módulo de Selección y Posicionamiento de Materiales.


Figura 95. Flujo de trabajo de mantenimiento



Fuente: NTE INEN-EN 13460:2010

4.8.1 Estudiar.

Tabla 68. Banco de tareas de mantenimiento


	<b>BANCO DE TAREAS DE MANTENIMIENTO</b>
	ESPOCH – FACULTAD DE MECÁNICA
Versión: 2015	LABORATORIO DE NEUMÁTICA Y AUTOMATIZACIÓN

EQUIPO O MÁQUINA	APLICA A :
MÓDULO SELECCIÓN Y POSICIONAMIENTO DE MATERIALES	FAME-NEA-MSPM01
TAREA DE MANTENIMIENTO	FRECUENCIA
Inspección, ajuste y limpieza del Módulo Selección y Posicionamiento de Materiales.	Trimestral
Inspección, ajuste y limpieza del Manipulador Neumático de dos Ejes.	Trimestral
Inspección, ajuste y limpieza del Manipulador del brazo Giratorio.	Trimestral
Inspección, ajuste y limpieza de Cilindros Neumáticos de Doble Efecto.	Mensual
Inspección y ajuste de los sensores(capacitivo e inductivo)	Mensual
Inspección, ajuste y limpieza del motor reductor	Trimestral
Inspección, ajuste y limpieza de las electroválvulas	Mensual
Inspección, ajuste y limpieza de los Generadores de Vacío y Ventosas.	Mensual
Inspección, ajuste y limpieza del PLC SIMATIC S7-200	Mensual
Inspección de la Unidad de Mantenimiento	Mensual
Inspección, ajuste y limpieza del Actuador Rotante	Trimestral

Fuente: Autores

4.8.2 Planificación del trabajo.

Tabla 69. Ejecución de las tareas de mantenimiento

	<b>EJECUCIÓN DE LAS TAREAS DE MANTENIMIENTO</b>	Aplica a:  FAME-NEA-MSPM01
	ESPOCH – FACULTAD DE MECÁNICA	
Versión: 2015	LABORATORIO DE NEUMÁTICA Y AUTOMATIZACIÓN	

<b>INSPECCIÓN, AJUSTE Y LIMPIEZA DEL MÓDULO SELECCIÓN Y POSICIONAMIENTO DE MATERIALES.</b>		<b>FRECUENCIA:</b> TRIMESTRAL
<b>Herramientas:</b>  Caja de herramientas	<b>Materiales:</b>  Brocha  Guaípe	<b>Equipo:</b>
<b>Procedimiento:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Cerciorarse que el equipo esté apagado y desconectado.</li> <li>Limpieza superficial de polvos y sustancias adheridas a la estructura.</li> <li>Inspeccionar el estado y sujeción de las partes componentes de la estructura.</li> <li>Realizar un ligero apriete de las partes componentes de la estructura.</li> </ul>		
<b>Observaciones:</b> Realizar ajuste periódicos de todas las uniones de perfilería.		

<b>INSPECCIÓN, AJUSTE Y LIMPIEZA DEL MANIPULADOR NEUMÁTICO DE DOS EJES</b>		<b>FRECUENCIA:</b> TRIMESTRAL
<b>Herramientas:</b>  Caja de herramientas	<b>Materiales:</b>  Brocha  Guaípe	<b>Equipo:</b>

<p><b>Procedimiento:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cerciorarse que el equipo esté apagado y desconectado.</li> <li>• Inspeccionar el estado y la sujeción a la estructura.</li> <li>• Realizar pruebas de accionamiento manual.</li> <li>• Realizar un ligero apriete de la sujeción de ser necesario.</li> <li>• Limpieza superficial de polvos y sustancias adheridas al manipulador.</li> </ul>
<p><b>Observaciones:</b></p>

INSPECCIÓN, AJUSTE Y LIMPIEZA DEL MANIPULADOR DEL BRAZO GIRATORIO.		FRECUENCIA: TRIMESTRAL
<p><b>Herramientas:</b></p> <p>Caja de herramientas</p>	<p><b>Materiales:</b></p> <p>Brocha</p> <p>Guaípe</p>	<p><b>Equipo:</b></p>
<p><b>Procedimiento:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cerciorarse que el equipo esté apagado y desconectado.</li> <li>• Realizar un ligero apriete de la sujeción de ser necesario.</li> <li>• Realizar pruebas de accionamiento manual.</li> <li>• Limpieza superficial de polvos y sustancias adheridas al manipulador.</li> </ul>		
<p><b>Observaciones:</b></p>		

INSPECCIÓN, AJUSTE Y LIMPIEZA DE CILINDROS NEUMÁTICOS DE DOBLE EFECTO.		FRECUENCIA: MENSUAL
<p><b>Herramientas:</b></p> <p>Caja de herramientas</p>	<p><b>Materiales:</b></p> <p>Brocha</p> <p>Guaípe</p>	<p><b>Equipo:</b></p> <p>Compresor</p>

<p><b>Procedimiento:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cerciorarse que el equipo esté apagado y desconectado.</li> <li>• Limpieza superficial de polvos y sustancias adheridas a los cilindros neumáticos.</li> <li>• Inspeccionar el estado y sujeción de los cilindros hacia la estructura.</li> <li>• Realizar pruebas de accionamiento con ayuda del compresor en caso de ser necesario.</li> </ul>
<p><b>Observaciones:</b></p>

<b>INSPECCIÓN Y AJUSTE DE LOS SENSORES(CAPACITIVO E INDUCTIVO)</b>		<b>FRECUENCIA:</b> MENSUAL
<b>Herramientas:</b> Caja de herramientas	<b>Materiales:</b> Brocha	<b>Equipo:</b> Multímetro
<p><b>Procedimiento:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conexión del PLC para la realización de pruebas de funcionamiento de los sensores.</li> <li>• Limpieza superficial de polvos y sustancias adheridas a los sensores.</li> <li>• Inspeccionar el estado y sujeción de los sensores.</li> <li>• Realizar pruebas de entradas de señales eléctricas de los sensores al PLC.</li> <li>• Realizar pruebas de detección de los materiales.</li> </ul>		
<p><b>Observaciones:</b></p>		

<b>INSPECCIÓN, AJUSTE Y LIMPIEZA DEL MOTOR REDUCTOR</b>		<b>FRECUENCIA:</b> TRIMESTRAL
<b>Herramientas:</b> Caja de herramientas	<b>Materiales:</b> Brocha	<b>Equipo:</b> Multímetro

<b>Procedimiento:</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cerciorarse que el equipo esté apagado y desconectado.</li> <li>• Limpieza superficial de polvos y sustancias adheridas al Motor reductor.</li> <li>• Inspeccionar el estado y sujeción del Motor reductor.</li> <li>• Inspeccionar el estado de las conexiones eléctricas del Motor reductor.</li> <li>• Realizar un ligero apriete del Motor reductor a la banda transportadora.</li> </ul>		
<b>Observaciones:</b>		

<b>INSPECCIÓN, AJUSTE Y LIMPIEZA DE LAS ELECTROVALVULAS</b>		<b>FRECUENCIA:</b> MENSUAL
<b>Herramientas:</b> Caja de herramientas	<b>Materiales:</b> Brocha Guaípe	<b>Equipo:</b> Compresor y Multímetro
<b>Procedimiento:</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cerciorarse que el equipo esté apagado y desconectado.</li> <li>• Limpieza superficial de polvos y sustancias adheridas a la superficie y partes de las electroválvulas.</li> <li>• Inspeccionar el estado, sujeción y las conexiones eléctricas de las electroválvulas.</li> <li>• Realizar un ligero apriete de las electroválvulas de ser necesario.</li> <li>• Realizar pruebas de accionamiento manual y eléctrico.</li> </ul>		
<b>Observaciones:</b>		

<b>INSPECCIÓN, AJUSTE Y LIMPIEZA DE GENERADORES DE VACIO Y VENTOSAS</b>		<b>FRECUENCIA: MENSUAL</b>
<b>Herramientas:</b> Caja de herramientas	<b>Materiales:</b> Brocha	<b>Equipo:</b> Compresor
<b>Procedimiento:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cerciorarse que el equipo esté apagado y desconectado.</li> <li>• Limpieza superficial de polvos y sustancias adheridas a los elementos.</li> <li>• Inspeccionar el estado y sujeción de los elementos.</li> <li>• Realizar pruebas de accionamiento manual.</li> <li>• La fuente de alimentación de aire comprimido debe estar encendido para realizar las pruebas.</li> </ul>		
<b>Observaciones:</b>		

<b>INSPECCIÓN, AJUSTE Y LIMPIEZA DEL PLC SIMATIC S7-200</b>		<b>FRECUENCIA: MENSUAL</b>
<b>Herramientas:</b> Caja de herramientas	<b>Materiales:</b> Brocha	<b>Equipo:</b> Multímetro
<b>Procedimiento:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cerciorarse que el equipo esté apagado y desconectado.</li> <li>• Limpieza superficial de polvos y sustancias adheridas al PLC.</li> <li>• Inspeccionar el estado y sujeción del PLC.</li> <li>• Inspeccionar el estado de las conexiones de energía al PLC.</li> <li>• Realizar un ligero apriete de los bornes de ser necesario.</li> </ul>		
<b>Observaciones:</b>  No limpie el PLC utilizando aire comprimido ni choros de vapor. No utilice nunca disolventes ni detergentes agresivos.		



<b>INSPECCIÓN DE LA UNIDAD DE MANTENIMIENTO</b>		<b>FRECUENCIA: MENSUAL</b>
<b>Herramientas:</b> Caja de herramientas	<b>Materiales:</b> Brocha Guaípe	<b>Equipo:</b> Compresor
<b>Procedimiento:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cerciorarse que el equipo esté apagado y desconectado.</li> <li>• Limpieza superficial de polvos y sustancias adheridas al FRL.</li> <li>• Encender la fuente de generación de aire comprimido para realizar pruebas de paso de aire.</li> </ul>		
<b>Observaciones:</b>		


<b>INSPECCIÓN, AJUSTE Y LIMPIEZA DEL ACTUADOR ROTANTE</b>		<b>FRECUENCIA: MENSUAL</b>
<b>Herramientas:</b> Caja de herramientas	<b>Materiales:</b> Brocha Guaípe	<b>Equipo:</b> Compresor
<b>Procedimiento:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cerciorarse que el equipo esté apagado y desconectado.</li> <li>• Limpieza superficial de polvos y sustancias adheridas al actuador rotante.</li> <li>• Inspeccionar el estado y sujeción.</li> <li>• Inspeccionar el estado de las conexiones de aire comprimido.</li> <li>• Encender la fuente de generación de aire comprimido para realizar pruebas de paso de aire.</li> </ul>		
<b>Observaciones:</b>		

Fuente: Autores



**4.8.4 Lanzamiento.** Para realizar el trabajo de mantenimiento el encargado del laboratorio es el responsable de ejecutar el trabajo. De acuerdo con la norma NTE INEN–EN 13460:2010, pero esta norma no normaliza el aspecto físico ni el contenido de los documentos por lo que a continuación se muestra un formato de la orden de trabajo.

Tabla 71. Orden de trabajo

	<b>ORDEN DE TRABAJO</b>	<b>Número:</b>
		<b>Fecha de emisión:</b>
Versión: 2015	ESPOCH – FACULTAD DE MECÁNICA	<b>Fecha de apertura:</b>
	LABORATORIO DE NEUMÁTICA Y AUTOMATIZACIÓN	<b>Fecha de cierre:</b>


<b>Peticionario:</b>	<b>Código del elemento:</b>	
<b>Personal:</b>	<b>Estimación de recursos:</b>	<b>Parte defectuosa:</b>
<b>Descripción de la intervención:</b>		
<b>Cantidad de repuestos:</b>		
<b>Otros servicios externos:</b>		<b>Aceptación:</b>

Fuente: Autores

**4.8.5 Ejecución del trabajo.** Se realizan los procedimientos concernientes a la orden de trabajo, se genera documentos adjuntos e información, que junto con la orden de trabajo se utilizan para crear registros.

Durante el mantenimiento pueden surgir eventos que necesiten mantenimiento urgente y tengan que ser intervenidos rápidamente por el departamento de mantenimiento. A continuación se muestra un formato que será adjuntado con la orden de trabajo.

Tabla 72. Recepción de elementos para mantenimiento urgente

	<b>RECEPCIÓN DE ELEMENTOS SIN VERIFICACIÓN PARA MANTENIMIENTO URGENTE</b>	
	ESPOCH – FACULTAD DE MECÁNICA	
Versión: 2015	LABORATORIO DE NEUMÁTICA Y AUTOMATIZACIÓN	


<b>Número:</b>	<b>Código del elemento:</b>	
<b>Proveedor:</b>	<b>Fecha de llegada:</b>	<b>Fecha de edición del registro:</b>
<b>Departamento que lo pide:</b>		

Fuente: Autores



**4.8.7 Generación de informes.** Se crean registros con información relacionada a las actividades de mantenimiento (orden de trabajo) y recursos que se han empleado. Las órdenes de trabajo se clasifican cronológicamente y su información se incluye en el registro como se muestra en la tabla.

Tabla 74. Registro Histórico


	<b>REGISTRO HISTÓRICO DE ACTIVIDADES Y RECURSOS</b>	Ficha:
		Código: FAME-NEA-MSPM01
		Inventario:
	ESPOCH – FACULTAD DE MECÁNICA	Manual de Fabricante:
Versión: 2015	LABORATORIO DE NEUMÁTICA Y AUTOMATIZACIÓN	Sección:

<b>Número de orden de trabajo:</b>	<b>Fecha:</b> (registro histórico)	
<b>Fecha:</b> (emisión de la orden de trabajo)	<b>Periodo de tiempo  Analizado</b>	<b>Desde:</b>
<b>Causa:</b>		<b>Hasta:</b>
<b>Cantidad de recursos empleados</b>		
<b>Nombre:</b>	<b>Código:</b>	
<b>Número de orden de trabajo:</b>	<b>Fecha:</b> (registro histórico)	
<b>Fecha:</b> (emisión de la orden de trabajo)	<b>Periodo de tiempo  Analizado</b>	<b>Desde:</b>
<b>Causa:</b>		<b>Hasta:</b>
<b>Cantidad de recursos empleados</b>		
<b>Nombre:</b>	<b>Código:</b>	

Fuente: Autores

**4.8.8 Análisis de informes.** Se realiza documentos de realineación de información, propuestas de mejora, notas de sugerencias.

Tabla 75. Análisis de informes


	<b>ANÁLISIS DE INFORMES</b>	Ficha:
		Código: FAME-NEA-MSPM01
ESPOCH – FACULTAD DE MECÁNICA	Inventario:	
	Manual de Fabricante:	
Versión: 2015	LABORATORIO DE NEUMÁTICA Y AUTOMATIZACIÓN	Sección:

<b>Número de informe:</b>	<b>Fecha:</b>
<b>Propuesta de mejora:</b>	
<b>Notas:</b>	
<b>Número de informe:</b>	<b>Fecha:</b>
<b>Propuesta de mejora:</b>	
<b>Notas:</b>	

Fuente: Autores

#### 4.9 Tablas indicativas de fallas, causas y soluciones

Tabla 76. Fallas, Causas y soluciones

	<b>TABLA INDICATIVA DE FALLAS CAUSAS Y SOLUCIONES</b>	Ficha:
		Código: FAME-NEA-MSPM01
		Inventario:
	ESPOCH – FACULTAD DE MECÁNICA	Manual de Fabricante:
Versión: 2015	LABORATORIO DE NEUMÁTICA Y AUTOMATIZACIÓN	Sección:

ANORMALIDAD	POSIBLE CAUSA	CORRECCIÓN
<b>Fallo o mal funcionamiento del Módulo Selección y Posicionamiento de Materiales.</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Sujeción de perfilería floja.</li> <li>2. Falla en las bobinas de las electroválvulas.</li> <li>3. Conexión de aire comprimido flojo.</li> <li>4. Deterioro de los conductores neumáticos.</li> <li>5. Sensores en mal estado.</li> <li>6. Sensores en mala posición.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ajuste prudente de la perfilería.</li> <li>2. Cambio de bobinas en las electroválvulas.</li> <li>3. Reajuste de las conexiones de aire comprimido. Apriete de racores.</li> <li>4. Cambio de los conductos neumáticos.</li> <li>5. Cambio de sensores.</li> <li>6. Reajustar la posición de los sensores.</li> </ol>
<b>Fallo o mal funcionamiento del Manipulador Neumático de dos Ejes.</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Sujeción de perfilería floja.</li> <li>2. Conexión de aire comprimido flojo.</li> <li>3. Deterioro de los reguladores de caudal.</li> <li>4. Deterioro de los actuadores neumáticos.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ajuste prudente de la perfilería.</li> <li>2. Reajuste de las conexiones de aire comprimido. Apriete de racores.</li> <li>3. Cambio de los reguladores de caudal.</li> <li>4. Cambio o reparación de los actuadores neumáticos.</li> </ol>
<b>Fallo o mal funcionamiento del Manipulador del brazo Giratorio.</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Sujeción de perfilería floja.</li> <li>2. Conexión de aire comprimido flojo.</li> <li>3. Deterioro de los reguladores de caudal.</li> <li>4. Deterioro del actuador</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ajuste prudente de la perfilaría.</li> <li>2. Reajuste de las conexiones de aire comprimido. Apriete de racores.</li> </ol>



	rotante.	3. Cambio de los reguladores de caudal. 4. Cambio del actuador rotante.
<b>Fallo de Cilindros Neumáticos de Doble Efecto.</b>	1. Sujeción de la base floja. 2. Falla de un Conductor neumático. 3. Deterioro de los racores	1. Ajuste del cilindro 2. Cambio del conductor neumático. 3. Cambio de los racores.
<b>Fallo o mal funcionamiento de los sensores(capacitivo e inductivo)</b>	1. Mala conexión eléctrica de los sensores. 2. Mala ubicación de los sensores.	1. Ajuste de conexiones eléctricas. 2. Correcta ubicación de los sensores.
<b>Fallo o mal funcionamiento del PLC SIMATIC S7-200</b>	1. Problemas en la alimentación. 2. Mala conexión de sensores. 3. Sobrecarga de las salidas. 4. Conexión de red. 5. Condiciones ambientales.	1. Verificar tomas y fusibles. 2. Ajustar la conexión y posición de los sensores. 3. Evitar la conexión excesiva de sensores. 4. Verificar conexiones de red. 5. Mantener el PLC en un ambiente libre de humedad y de contaminantes que pudieran afectar su normal funcionamiento.
<b>Fallo o mal funcionamiento de la unidad de mantenimiento</b>	1. Filtro sucio. 2. Acumulación de condensado.	1. Limpieza de filtro. Cambio de filtro. 2. Realizar las purgas de condensado, convenientemente después de cada práctica.
<b>Fallo o mal funcionamiento de los generadores de vacío</b>	1. Sujeción de la base floja. 2. Falla de un Conductor neumático. 3. Deterioro de los racores 4. Silenciador neumático en mal estado.	1. Apriete de la base floja. 2. Cambio del Conductor neumático. 3. Cambio de los racores 4. Cambio del Silenciador neumático en mal estado.

Fuente: Autores

4.10 Guía práctica de aplicación.



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO  
FACULTAD DE MECÁNICA  
ESCUELA DE INGENIERIA INDUSTRIAL  
CARRERA INGENIERIA INDUSTRIAL**

**GUÍA DE LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN DE PROCESOS PARA LA  
SELECCIÓN Y POSICIONAMIENTO DE MATERIALES  
PRÁCTICA No 1**

**TEMA: “MANEJO DEL MODULO EN EL PROCESO DE SELECCIÓN Y  
POSICIONAMIENTO DE MATERIALES”**

**1.- DATOS GENERALES:**

**Nombre:** Javier Benalcazar

**Código:** 728

Henry Luzón

637

**Grupo N°:** .....1.....

**Fecha de realización:**

**Fecha de entrega:**

.....

.....

**Semestre:** .....

**Laboratorio N°:** .....

**Profesor:** .....

## **2.- OBJETIVOS**

### **2.1.- OBJETIVO GENERAL**

Aprender el correcto manejo del Módulo en el proceso de selección y posicionamiento de materiales.

### **2.2.- OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- a) Identificar los principales controles del Módulo en el proceso de selección y posicionamiento de materiales.
- b) Identificar las conexiones entre el PLC y los elementos eléctricos.
- c) Identificar como se realiza el proceso de selección y posicionamiento.
- d) Familiarizarse con el manejo del PLC S7-200

## **3.- METODOLOGÍA**

En el desarrollo de la práctica del laboratorio se realizara el método científico, que consiste en la identificación de los componentes, mecánicos, neumáticos y eléctricos, análisis teórico-práctico y la comprobación de resultados esperados con los resultados obtenidos después de la práctica.

## **4.- EQUIPOS Y MATERIALES**

- Tablero de control (PLC).
- Conductores neumáticos.
- Unidad de mantenimiento.
- Probetas de Aluminio y Duralom.
- Cable de programación PPI multimaestro RS485.
- Módulo de selección y posicionamiento.
- Computador.
- Compresor.
- Voltaje de 110VCA
- Software de programación STEP7 MICRO/WIN 32.

## 5.- MARCO TEÓRICO

### **Controlador Lógico Programable (PLC)**

El PLC es un dispositivo electrónico que puede ser programado por el usuario y se utiliza en la industria para resolver problemas de secuencia en la maquinaria o procesos. Está constituido por un conjunto de tarjetas y circuitos impresos, sobre los cuales están ubicados los componentes electrónicos.

**Estructura de un PLC.-** La estructura básica del hardware de un Controlador Programable propiamente dicho está constituido por:

- Fuente de alimentación.
- Unidad de procesamiento central (CPU)
- Módulos de interfaz de entradas y salidas (E/S).
- Módulos de memorias.
- Unidad de programación.

## 6.- PROCEDIMIENTO

1. Los practicantes deben de utilizar la indumentaria adecuada para realizar la práctica.
2. Revisar en manual de operación del Módulo.
3. Inspeccionar las conexiones neumáticas y eléctricas del Módulo.
4. Identificación de las variables de entradas y salidas del PLC.
5. Colocamos manualmente los materiales para que se proceda a realizar la clasificación.
6. Elaborar la programación con ayuda del Software de programación STEP7 MICRO/WIN 32.
7. Realizar el interfaz PLC – Ordenador.
8. Cargar la programación a la CPU 224 XP del PLC S7-200.
9. Poner PLC en modo RUN.
10. Presionamos el interruptor de inicio ON.

## 7.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### CONCLUSIONES

- Se logró identificar con exactitud los dispositivos que controlan el Módulo Selección y Posicionamiento de Materiales, así como sus respectivas conexiones y dispositivos de accionamiento.
- Se identificó todos los accesorios neumáticos y eléctricos que intervienen en el Modulo y sus estado de conexiones.

### RECOMENDACIONES

- La manipulación de dispositivos de aire comprimido es de elevado riesgo, por lo cual se debe realizar la práctica de laboratorio con las debidas precauciones.
- Identificar los dispositivos de control del módulo como son pulsadores de inicio, paro y paro de emergencia.

## CAPÍTULO V

### 5. COSTOS

#### 5.1 Análisis de costos

##### 5.1.1 Análisis de costos directos

##### 5.1.1.1 Costos neumáticos.

Tabla 77. Costos neumáticos

Nº	Descripción	Cantidad	Costo. U (USD)	Costo. T (USD)
1	actuador rotante	1	200	200
2	generador de vacío	2	80	160
3	Ventosa	2	33	66
4	unidad de mantenimiento	1	85	85
5	cilindro de doble efecto	1	40	40
6	cilindro compacto doble efecto	3	60	180
7	cilindro de doble vástago	1	100	100
8	electroválvulas 5/2	5	65	325
9	válvula de solenoide 2/2	2	35	70
10	reguladores de caudal	5	5	25
11	racor recto	26	1,85	48,1
12	racor codo	3	1,85	5,55
13	silenciadores neumáticos	12	2,5	30
14	Neplo corrido	2	2,5	5
15	conector en T	8	1,5	12
16	Conector codo	2	1,5	3
17	conductor neumático	18	0,7	12,6
TOTAL				<b>1367,25</b>

Fuente: Autores

### 5.1.1.2 Costos eléctricos.

Tabla 78. Costos eléctricos

Nº	Descripción	Cantidad	Costo. U (USD)	Costo. T (USD)
1	PLC SIMATIC S7-200 CPU 224XP	1	560	560
2	cable PPI	1	160	160
3	sensor capacitivo	2	36	72
4	sensor inductivo	1	70	70
5	Relés	3	5,3	15,9
6	motor eléctrico	1	70	70
7	pulsador de inicio	1	1,8	1,8
8	pulsador de parada	1	1,8	1,8
9	pulsador de emergencia	1	3,5	3,5
10	transformador de voltaje	1	30	30
11	porta fusibles	2	8	16
12	Fusibles	2	1	2
13	Cable # 16	18	1,25	22,5
<b>TOTAL</b>				<b>1025,5</b>

Fuente: Autores

### 5.1.1.3 Costos mecánicos.

Tabla 79. Costos mecánicos

Nº	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo. U (USD)	Costo. T (USD)
1	plancha de perfil de aluminio	m <sup>2</sup>	4	65	260
2	tubo cuadrado de aluminio	m	7	25	175
3	perfil cuadrado de aluminio	m	3	30	90
4	plancha de acrílico espesor de 6mm	m <sup>2</sup>	2,5	65	162,5
5	banda transportadora (0.10 x 0.50) m		1	20	20
6	rodillos para banda transportadora		4	8	32
7	Remaches		40	0,1	4
8	pernos para sujeción de electroválvulas		14	0,15	2,1
9	pernos para sujeción de actuadores neumáticos		10	0,5	5
<b>TOTAL</b>					<b>750,6</b>

Fuente: Autores

#### 5.1.1.4 Costos por maquinaria.

Tabla 80. Costos de maquinaria

Nº	Descripción	Costo. T (USD)
1	Cortadora laser	30
2	Cortadora de aluminio	30
3	Taladro	10
4	Torno	30
TOTAL		100

Fuente: Autores

#### 5.1.1.5 Costos directos totales.

Tabla 81. Costos directos totales

Nº	Descripción	Costo. T (USD)
1	Costos neumáticos	1367,25
2	Costos eléctricos	1025,5
3	Costos mecánicos	750,6
4	Costos de maquinaria	100
TOTAL		3243,35

Fuente: Autores

#### 5.1.2 Análisis de costos indirectos

Tabla 82. Costos indirectos totales

Nº	Descripción	Costo. T (USD)
1	Imprevistos	180,00
TOTAL		180,00

Fuente: Autores

#### 5.1.3 Costos totales.

Tabla 83. Costos totales

Nº	Descripción	Costo. T (USD)
1	Cotos directos totales	3243,35
2	Costos indirectos totales	180,00
TOTAL		3423,35

Fuente: Autores



## **CAPÍTULO VI**

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

#### **6.1 Conclusiones**

Se ha realizado la selección de elementos neumáticos, eléctricos y mecánicos. Mediante la utilización de catálogos comerciales de fabricantes, considerando sus características técnicas, costos y su disponibilidad en el mercado.

Se ha elaborado los diagramas de instalación, eléctricos y electroneumático del módulo, el cual nos permite observar el estado de conexión de todos los elementos eléctricos y neumáticos del módulo.

Se ha realizado la programación del sistema y la comunicación PLC-ordenador, mediante la utilización del software de programación STEP7 MICRO/WIN.

Se ha elaborado un manual de operación y mantenimiento del módulo, el cual facilita el correcto uso y el adecuado mantenimiento del módulo. Este manual de operación y mantenimiento incluye; Codificación del módulo, datos del módulo y partes principales, Descripción de los pasos a seguir para la operación del módulo, Plan de mantenimiento, Tablas indicativas de fallas, causas y soluciones.

Se determinaron los costos directos e indirectos del Módulo, obteniendo un costo total de 3423,35 USD para la elaboración del módulo.

#### **6.2 Recomendaciones**

Utilizar el manual de mantenimiento del módulo para evitar el deterioro temprano de los componentes del módulo didáctico.

Antes de operar el módulo de Selección y Posicionamiento de Materiales, seguir las instrucciones del manual de operación del módulo, para conseguir su óptimo funcionamiento y poder evitar inconvenientes en la ejecución del proceso.

## BIBLIOGRAFÍA

**BARRETO, Bernard.** Controladores Programables. [En línea] [Citado el: 29 de 01 de 2015.] <http://www.monografias.com/trabajos75/controladores-programables/controladores-programables3.shtml>.

**BIANCO, Carina. 2006.** Controlador Logico Programable SIMATIC S7-200. [En línea] 15 de 08 de 2006. [Citado el: 19 de 07 de 2014.] [http://labelectronica.weebly.com/uploads/8/1/9/2/8192835/curso\\_de\\_plc.pdf](http://labelectronica.weebly.com/uploads/8/1/9/2/8192835/curso_de_plc.pdf).

**CABRERA, Manuel. 2011.** SIMATIC S7-200 programacion. [En línea] 19 de 03 de 2011. [Citado el: 11 de 08 de 2014.] <http://es.scribd.com/doc/51099229/SIMATIC-programacion>.

**FESTO PNEUMATIC, Automatización. 2009.** *Catálogo FESTO PNEUMATIC*. 2009.

**MAJUMDAR, S.R. 1998.** *Sistemas Neumaticos: Principios y Mantenimiento*. s.l. : McGraw-Hill, 1998. NS.

**SIEMENS . 2007.** Sotware de PLC S7-200. [En línea] 22 de 05 de 2007. [Citado el: 04 de 09 de 2014.] [www.swe.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/Documents/S7200-GETTINSTARTER.PDF](http://www.swe.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/Documents/S7200-GETTINSTARTER.PDF).

**SIEMENS. 2008.** SIMATIC S7-200. [En línea] 09 de 2008. [Citado el: 4 de 14 de 2014.] [www.siemens.com/s7-200](http://www.siemens.com/s7-200). SN.

**VALDEZ, Ernesto. 2008.** Electroneuatica basica. [En línea] 28 de 07 de 2008. [Citado el: 2014 de 08 de 03.] <http://es.scribd.com/doc/4196787/Electroneumatica>.