

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

## **ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS**

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MÓDULO DIDACTICO PARA  
SUMINISTRAR MATERIAL A LOS SITIOS DE TRABAJO POR MEDIO  
DE UNA BANDA TRANSPORTADORA PARA UNA INDUSTRIA DE  
MANUFACTURA, CONTROLADO POR UN RELÉ LÓGICO  
PROGRAMABLE.**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO  
ELECTROMECAÁNICO**

**PÁEZ AGUINAGA HUGO ERNESTO**

**chato2181@hotmail.com**

**VINUEZA CARRILLO MARIO DIVALDO**

**mrodvinueza\_c@hotmail.com**

**DIRECTOR: ING. FERNANDO JÁCOME**

**luis.jacome @epn.edu.ec**

**Quito, Junio del 2010**

## DECLARACIÓN

Nosotros, **PÁEZ AGUINAGA HUGO ERNESTO** y **VINUEZA CARRILLO MARIO DIVALDO**, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito, es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

---

**Hugo Páez A.**

---

**Mario Vinueza C.**

## **CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por **PÁEZ AGUINAGA HUGO ERNESTO** y **VINUEZA CARRILLO MARIO DIVALDO**, bajo mi supervisión.

---

**Ing. Fernando Jácome**

**DIRECTOR DE PROYECTO**

## RESUMEN

La elaboración de este proyecto se encuentra enfocado para determinar las múltiples aplicaciones de la automatización en el campo industrial. En el cual se ha analizado el comportamiento de los elementos que intervienen dentro de un sistema neumático y de igual manera para el área de control. Por lo tanto ha sido relevante el análisis y estudio de todos los aspectos necesarios para dimensionar y construir este proyecto.

Ya que este proyecto está representado para que su funcionamiento sea en forma didáctica en todo su contenido, la elaboración del mismo permite determinar que se ha logrado generalizar la mayor parte de sus tópicos. Permitiendo una fácil comprensión de todos los elementos que interactúan en el proceso, siendo primordiales para que el funcionamiento sea el óptimo.

La composición física y de ejecución de este módulo didáctico, permitirá a los estudiantes una mejor comprensión en cuanto a la manipulación de dispositivos eléctricos, neumáticos y de máquinas eléctricas, para que cuando se encuentren en el campo industrial tengan la fuerte convicción en la toma de decisiones.

El proyecto se desarrolla en tres capítulos los mismos que se fundamentan en bases teóricas, diseño de componentes, además de la construcción de componentes y se complementa con las respectivas conclusiones, recomendaciones y anexos, usando como herramientas los principios y aplicaciones de la neumática y el control industrial.

En el capítulo 1, se describen los aspectos técnicos que permitan dar una mayor comprensión y selección de los elementos necesarios para la automatización del proyecto, el artículo abarca información sobre bandas o cintas transportadoras, motorreductores, elementos neumáticos, simbologías y normas, así como fundamentos de aire comprimido, electroválvulas, actuadores eléctricos y un relé lógico programable (LOGO!).

El capítulo 2, se realiza un análisis planteado para la ejecución del proceso a desarrollar con el módulo, diseño del circuito de control, circuito neumático, plantear posible solución, partes constitutivas del módulo, el cálculo para la elección adecuada de la tubería para el consumo de aire. El capítulo también expone información sobre la programación elaborada para el correcto desarrollo del sistema de suministro de material a los sitios de trabajo.

En el capítulo 3, se describe la construcción de componentes en el cual se dimensiona elementos para el suministro de materia prima, materiales, tuberías, también se cita la construcción de la estructura metálica, circuito de control, neumático, interface y montaje de los mismos.

Finalmente se describen las conclusiones y recomendaciones obtenidas durante la elaboración del presente proyecto las cuales nos servirán para realizar posibles ajustes y rediseños en caso de futuras ampliaciones.

El documento también consta de anexos y diagramas para la mejor comprensión del lector, los anexos incluyen información sobre, elementos neumáticos, programador (LOGO!), estructura del proyecto, tablas y nomogramas capaces de brindar información adicional para futuros ajustes o ampliaciones del proyecto, además de referencias bibliográficas en las cuales se desarrollaron las investigaciones.

# INDICE

## CAPITULO 1

### ASPECTOS TECNICOS

	PAGS.
<b>1.1 PRINCIPALES FUNDAMENTOS TEORICOS.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1.1 BANDAS TRANSPORTADORAS.....</b>	<b>1</b>
1.1.1.1 Capacidad de transporte de la cinta.....	3
1.1.1.2 Bases para el cálculo de una banda transportadora.....	4
1.1.1.3 Cálculo de la capacidad de transporte de bandas en general.....	6
1.1.1.4 Cálculo de tensiones.....	8
1.1.1.5 Selección del tipo de banda.....	9
1.1.1.5.1 Coeficiente de seguridad.....	10
<b>1.1.2 MOTORREDUCTORES.....</b>	<b>11</b>
1.1.2.1 Guía para la elección del tamaño de un motorreductor.....	12
1.1.2.1.1 Características de operación.....	12
1.1.2.1.2 Características del trabajo a realizar.....	12
1.1.2.1.3 Condiciones del ambiente.....	12
1.1.2.2 Potencia de selección (Pn).....	13
1.1.2.3 Instalación.....	13
1.1.2.4 Mantenimiento.....	14
<b>1.1.3 ELEMENTOS DE SISTEMAS NEUMÁTICOS.....</b>	<b>14</b>
1.1.3.1 Estructura de sistemas neumáticos y flujo de señales.....	14
1.1.3.2 Componentes de un sistema neumático.....	15
1.1.3.3 Símbolos y normas en la neumática.....	17
1.1.3.4 Tipos de accionamiento.....	21

<b>1.1.4 AIRE COMPRIMIDO.....</b>	<b>25</b>
<b>1.1.4.1 Evolución técnica del aire comprimido.....</b>	<b>25</b>
<b>1.1.4.2 Propiedades del aire comprimido.....</b>	<b>27</b>
<b>1.1.4.3 Producción del aire comprimido.....</b>	<b>28</b>
<b>1.1.4.4 Tipos de compresores.....</b>	<b>29</b>
<b>1.1.4.5 Equipo de mantenimiento.....</b>	<b>30</b>
<i>1.1.4.5.1 Filtro de aire comprimido.....</i>	<i>31</i>
<i>1.1.4.5.2 Regulador de presión.....</i>	<i>32</i>
<i>1.1.4.5.3 Lubricador.....</i>	<i>33</i>
<b>1.1.4.6 Conservación de la unidad de mantenimiento.....</b>	<b>34</b>
<b>1.1.5 ELECTROVÁLVULAS.....</b>	<b>35</b>
<b>1.1.5.1 Electroválvulas de doble solenoide.....</b>	<b>37</b>
<b>1.1.6 CILINDROS NEUMÁTICOS.....</b>	<b>37</b>
<b>1.1.6.1 Constitución de los cilindros.....</b>	<b>38</b>
<b>1.1.6.2 Fuerza del embolo.....</b>	<b>39</b>
<b>1.1.6.3 Consumo de aire.....</b>	<b>40</b>
<b>1.1.6.4 Velocidad del embolo.....</b>	<b>40</b>
<b>1.1.6.5 Cilindro de simple efecto.....</b>	<b>41</b>
<b>1.1.6.6 Cilindro de doble efecto.....</b>	<b>42</b>
<b>1.1.7 ACTUADORES ELÉCTRICOS.....</b>	<b>43</b>
<b>1.1.7.1 Características.....</b>	<b>43</b>
<b>1.1.7.2 Utilización de un sensor de mando mecánico de una electroválvula...44</b>	
<b>1.2 INFORMACION DE PLC´S.....</b>	<b>44</b>
<b>1.2.1 ¿QUE ES UN PLC?.....</b>	<b>44</b>
<b>1.2.2 CARACTERISTICAS DE LOS PLC´S.....</b>	<b>46</b>
<b>1.2.3 VENTAJAS E INCONVENIENTES DE LOS PLC´S.....</b>	<b>47</b>

<b>1.2.4 RELE LOGICO PROGRAMABLE (LOGO).....</b>	<b>48</b>
<b>1.2.5 ENTRADAS Y SALIDAS DE LOGO.....</b>	<b>49</b>
<b>1.2.6 FUNCIONES DE LOGO.....</b>	<b>49</b>
<b>1.2.6.1 Constantes y bornes Co.....</b>	<b>50</b>
<i>1.2.6.1.1 Entradas digitales.....</i>	<i>50</i>
<i>1.2.6.1.2 Entradas análogas.....</i>	<i>50</i>
<i>1.2.6.1.3 Salidas digitales.....</i>	<i>50</i>
<i>1.2.6.1.4 Salidas análogas.....</i>	<i>51</i>
<i>1.2.6.1.5 Marcas.....</i>	<i>51</i>
<b>1.2.8.2 Lista de funciones básicas GF.....</b>	<b>52</b>
<b>1.2.8.3 Lista de funciones especiales SF.....</b>	<b>52</b>
<b>1.3 LENGUAJE DE PROGRAMACION PARA LOS PLC'S.....</b>	<b>53</b>
<b>1.3.1 LENGUAJE DE PROGRAMACION.....</b>	<b>53</b>
<b>1.3.1.1 Lenguaje de bajo nivel.....</b>	<b>53</b>
<b>1.3.1.2 Lenguaje de nivel intermedio.....</b>	<b>54</b>
<b>1.3.1.3 Lenguaje de nivel superior.....</b>	<b>54</b>
<b>1.3.2 LENGUAJES DE PROGRAMACION ORIENTADOS A PLC.....</b>	<b>55</b>
<b>1.3.2.1 Programación con diagrama en escalera.....</b>	<b>55</b>
<b>1.3.2.2 Programación con bloques funcionales.....</b>	<b>56</b>
<b>1.3.3 PROGRAMAR LOGO.....</b>	<b>57</b>
<b>1.3.3.1 Software de logo.....</b>	<b>57</b>
<b>1.3.3.2 Bloques y números de bloques.....</b>	<b>58</b>
<i>1.3.3.2.1 Bloques.....</i>	<i>59</i>
<i>1.3.3.2.2 Funciones lógicas.....</i>	<i>59</i>



## **CAPITULO 2**

### **DISEÑO DE COMPONENTES**

<b>2.1 DISEÑO DEL MODULO DIDACTICO.....</b>	<b>60</b>
<b>2.1.1 ANALISIS PLANTEADO PARA LA EJECUCION DEL PROCESO.....</b>	<b>60</b>
<b>2.1.2 COMPONENTES FUNDAMENTALES DEL MÓDULO.....</b>	<b>62</b>
2.1.2.1 Estructura Metálica.....	63
2.1.2.2 Medio de transporte para el suministro de materia prima a los puestos de trabajo.....	64
2.1.2.3 Suministro de aire comprimido para el proceso.....	64
<b>2.2 DISEÑO DEL CIRCUITO DE CONTROL.....</b>	<b>67</b>
2.2.1 GENERALIDADES EN EL SISTEMA DE CONTROL.....	67
2.2.2 SELECCIÓN DEL RELÉ LÓGICO PROGRAMABLE (LOGO).....	69
2.2.3 FUNCIONAMIENTO DEL RELÉ LÓGICO PROGRAMABLE.....	70
2.2.4 DESCRIPCIÓN LÓGICA DEL PROCESO.....	71
2.2.4.1 Sistema de censado de falta de materia prima.....	72
2.2.4.2 Diagrama de control electromecánico.....	73
2.2.4.3 Sistema accionador del proceso.....	74
2.2.5 RESUMEN DEL DISEÑO DE CONTROL.....	75
<b>2.3 DISEÑO DEL CIRCUITO NEUMÁTICO.....</b>	<b>76</b>
2.3.1 SELECCIÓN DE COMPRESORES.....	76
2.3.2 SELECCIÓN DE CILINDROS NEUMÁTICOS.....	78
2.3.2.1 Longitud de Carrera.....	78

2.3.2.2 Velocidad del émbolo.....	82
2.3.2.3 Consumo de aire en el proceso.....	82
2.3.2.4 Presión en el proceso para suministrar materia prima a los lugares de Trabajo.....	84
2.3.3 SELECCIÓN DE ELECTROVÁLVULAS.....	85
2.3.4 SELECCIÓN DE TUBERIAS.....	86
2.3.5 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO NEUMÁTICO.....	90
2.3.6 DIAGRAMA NEUMÁTICO.....	91
2.3.7 RESUMEN DEL DISEÑO NEUMÁTICO.....	92
2.4 DISEÑO DEL CIRCUITO DE LA INTERFASE.....	93
2.4.1 TABLERO DE CONTROL.....	93
2.4.2 DIAGRAMA DE BLOQUE DEL PROCESO.....	94
2.4.3 DIAGRAMA DE INTERFASE DEL PROCESO.....	103

## **CAPÍTULO 3**

### **CONSTRUCCIÓN DE COMPONENTES**

<b>3.1 CONSTRUCCION DEL MÓDULO DIDACTICO.....</b>	<b>104</b>
<b>3.1.1 ESTRUCTURA METÁLICA.....</b>	<b>104</b>
3.1.1.1 Mecanismo de traslado a los puestos de trabajo.....	106
3.1.1.2 Bandejas para los puestos de trabajo.....	108
3.1.1.3 Estantería de almacenamiento.....	109
<b>3.1.2 ELEMENTOS PARA EL SUMINISTRO DE MATERIA PRIMA.....</b>	<b>110</b>
3.1.2.1 Banda transportadora.....	110
3.1.2.2 Motor reductor de trabajo.....	111
<b>3.2 CONSTRUCCIÓN DEL CIRCUITO DE CONTROL.....</b>	<b>113</b>
<b>3.2.1 SELECCIÓN DEL TABLERO DE CONTROL.....</b>	<b>113</b>
<b>3.2.2 CABLEADO EN EL SISTEMA.....</b>	<b>114</b>
3.2.2.1 Conexión de acometida principal.....	114
3.2.2.2 Conexión del motor reductor.....	115
3.2.2.3 Conexión de los elementos de mando.....	115
3.2.2.4 Conexión de Electroválvulas.....	116
<b>3.3 CONSTRUCCIÓN DEL CIRCUITO NEUMÁTICO.....</b>	<b>117</b>
<b>3.3.1 DISTRIBUCIÓN DE AIRE PARA EL PROCESO.....</b>	<b>117</b>
<b>3.3.2 DISTRIBUCIÓN DE AIRE PARA LOS ELEMENTOS NEUMÁTICOS....</b>	<b>119</b>
.....	119
3.3.2.1 Electroválvulas.....	119

3.3.2.2 Cilindros Neumáticos.....	120
<b>3.4 CONSTRUCCIÓN DEL CIRCUITO DE LA INTERFASE.....</b>	<b>122</b>
3.4.1 ELEMENTOS PARA EMITIR SEÑALES DE COMUNICACIÓN.....	122
3.4.1.1 Pulsadores.....	122
3.4.1.2 Sensores de contactos.....	123
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>126</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>128</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>130</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>141</b>

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>ANEXO 1</b>	Elementos transformadores de energía.....	130
<b>ANEXO 2</b>	Registro de desplazamiento.....	131
<b>ANEXO 3</b>	Visualización del LOGO en modo run.....	132
<b>ANEXO 4</b>	Lista de funciones básicas.....	133
<b>ANEXO 5</b>	Listas de funciones especiales.....	134
<b>ANEXO 6</b>	Estructura del proyecto.....	138
<b>ANEXO 7</b>	Datos técnicos de cilindros de doble efecto.....	139
<b>ANEXO 8</b>	Tablas y Nomogramas (diámetro de tubería).....	140

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	Símbolo del equipo de mantenimiento.....	31
<b>Figura 2</b>	Regulador de Presión.....	34
<b>Figura 3</b>	Lubricador.....	35
<b>Figura 4</b>	Símbolos de válvulas eléctricas.....	36
<b>Figura 5</b>	Electroválvula distribuidora 3/2.....	37
<b>Figura 6</b>	Estructura de un cilindro neumático.....	40
<b>Figura 7</b>	Cilindro de simple efecto.....	43
<b>Figura 8</b>	Cilindro de doble efecto.....	42
<b>Figura 9</b>	Actuador eléctrico.....	45
<b>Figura 10</b>	Entradas y salidas de LOG.....	52
<b>Figura 11</b>	Diagrama típico de lógica de escalera.....	57
<b>Figura 12</b>	Prototipo inicial.....	63
<b>Figura 13</b>	LOGO.....	71
<b>Figura 14</b>	Diagrama de los sensores de contacto.....	74

<b>Figura 15</b>	Diagrama electromecánico.....	75
<b>Figura 16</b>	Ciclo de trabajo del compresor.....	77
<b>Figura 17</b>	Calculo de tuberías.....	89
<b>Figura 18</b>	Calculo de la tubería para el módulo.....	91
<b>Figura 19</b>	Diagrama neumático.....	92
<b>Figura 20</b>	Tablero de control.....	95
<b>Figura 21</b>	Diagrama de interface.....	104
<b>Figura 22</b>	Dimensiones de la estructura metálica.....	106
<b>Figura 23</b>	Estructura metálica.....	107
<b>Figura 24</b>	Dimensiones del mecanismo de separación.....	108
<b>Figura 25</b>	Mecanismo de separación.....	108
<b>Figura 26</b>	Bandejas para puestos de trabajo.....	109
<b>Figura 27</b>	Estantería de abastecimiento de material.....	110
<b>Figura 28</b>	Rodillo.....	111
<b>Figura 29</b>	Mecanismo de templado de la banda transportadora.....	112

<b>Figura 30</b>	Motor reductor.....	113
<b>Figura 31</b>	Dimensiones del tablero de control.....	114
<b>Figura 32</b>	Acometida principal.....	115
<b>Figura 33</b>	Circuito para energizar el motor reductor.....	116
<b>Figura 34</b>	Circuito para los elementos de mando.....	117
<b>Figura 35</b>	Conexión de electroválvulas.....	118
<b>Figura 36</b>	Regulador de presión.....	119
<b>Figura 37</b>	Diagrama de distribución de aire.....	119
<b>Figura 38</b>	Ubicación de electroválvulas.....	121
<b>Figura 39</b>	Ubicación de los cilindros neumáticos.....	122
<b>Figura 40</b>	Tuberías para los cilindros neumáticos.....	123
<b>Figura 41</b>	Pulsadores de mando.....	124
<b>Figura 42</b>	Sensores de contacto.....	125



## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1</b>	Flujo de señales.....	15
<b>Cuadro 2</b>	Esquema de distribución neumática.....	17
<b>Cuadro 3</b>	Válvulas de vías: símbolos de comunicación.....	19
<b>Cuadro 4</b>	Válvulas de vías: conexiones y posiciones.....	20
<b>Cuadro 5</b>	Tipos de accionamiento.....	22
<b>Cuadro 6</b>	Válvula antirretorno y sus variantes.....	23
<b>Cuadro 7</b>	Válvulas de estrangulación.....	24
<b>Cuadro 8</b>	Válvulas de presión.....	25
<b>Cuadro 9</b>	Compresores de desplazamiento.....	30
<b>Cuadro 10</b>	Tipos de Compresores.....	30
<b>Cuadro 11</b>	Nomenclatura del sistema.....	94

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla I</b>	Nomenclatura para el cálculo de una banda transportadora.....	4-6
<b>Tabla II</b>	Capacidad de transporte QM.....	7
<b>Tabla III</b>	Valores de K.....	8
<b>Tabla IV</b>	Coefficientes de corrección talud.....	8
<b>Tabla V</b>	Coefficientes de seguridad de bandas de carcasa textil.....	10

# CAPITULO 1

## 1 ASPECTOS TECNICOS

### 1.1 PRINCIPALES FUNDAMENTOS TEORICOS

#### 1.1.1 BANDAS TRANSPORTADORAS

El transportador de banda es de servicio intenso y adecuado para el transporte de grandes tonelajes sobre trayectorias que quedan fuera del intervalo cubierto por cualquier otro tipo de transportador. La capacidad puede ser de varios miles de toneladas por hora y las distancia de algunos metros a varios miles de toneladas por hora. La trayectoria puede ser horizontal o inclinado, hacia arriba ó hacia abajo, o una combinación de estas direcciones.

El límite de la inclinación se alcanza cuando el material tiende a resbalar sobre la superficie de la banda. Puede manipular material pulverizado, granular o en trozos o terrones, con la limitación de que la temperatura no sea bastante elevada para quemar la cubierta de caucho (aproximadamente 120 °C) <sup>1</sup>

En su forma más sencilla, el transportador consiste en una polea motriz o cabezal, una polea compensadora de la tensión, una banda o cinta sin fin, y de poleas locas de guía en el tramo de transporte y en el retorno. La separación de estas poleas guías en el lado de transporte varía con el ancho y la carga de la cinta, y es ordinariamente de 1,5 metro o menos. Las poleas guías del lado de retorno van separadas por distancia de 3 metros entre ejes (o algo menos, según el peso y ancho de la cinta). Se usan casi

---

<sup>1</sup> [www.kauman.com/](http://www.kauman.com/), información técnica, cálculos de banda transportadora

exclusivamente poleas guías blindadas o cerradas de antifricción con accesorios de lubricación a presión que requieren atención aproximadamente una vez por año.

La capacidad de un transportador de cinta depende del ancho de la misma, de su velocidad y de la densidad y características granulométricas del material a transportar. Los transportadores de cinta pueden ser de dos tipos: planos o en forma de canal o "U" abierta. Los primeros se usan más frecuentemente para trasladar paquetes o materiales a granel sobre rutas fijas y a velocidades deseadas. Los segundos se usan universalmente para trasladar materiales a granel tales como carbón, cemento, vidrio, minerales, arena, tanto húmeda como seca. El canal suele estar formado por tres rodillos, los dos de los extremos se ponen formando un ángulo de  $20^\circ$  para proporcionar el máximo volumen de carga.

La construcción estándar de las cintas de caucho tienen varias capas o lonas de algodón, tela, plástico o metálicas, pegadas o cementadas que constituyen el núcleo resistente a la tracción y van cubiertas por ambas caras con caucho para resistir la abrasión y conservarlas exentas de humedad. El espesor de la cubierta superior es determinado por la severidad del trabajo y varía de 1,5 a 12,5 mm. La cubierta inferior es ordinariamente de 1,5 mm. También llevan una capa de tejido de tramo floja, llamada "tira rompedora", que va embebida en la capa superior a continuación de la lona para aumentar la adhesión de la cubierta al relleno o núcleo de la banda. La cinta es especificada de acuerdo con la tensión a que pueda ser sometida en condiciones de seguridad y ésta es una función de la longitud del transportador.

El caucho sintético se está empleando intensamente en la construcción de cintas. Se han encontrado satisfactorias combinaciones de caucho sintético y natural. Los cauchos sintéticos son superiores bajo circunstancias especiales, por ejemplo, los sintéticos de neopreno lo son cuando se trata de ambientes contaminados con aceite y grasa.

La vida o duración de una cinta depende del material a transportar. Con material en terrones o trozos, sus golpes en el punto de carga pueden ser destructivos. Los trozos

pesados, tales como mineral y roca, atraviesan el recubrimiento protector y ponen al descubierto la armazón de la banda.

Un transportador de banda debe vaciarse después de cada período de trabajo, para evitar una deformación importante al arrancar. El motor debe tener un gran par de arranque, extracorrente moderada de arranque y buenas características cuando trabaje a plena carga. El motor trifásico de doble jaula de ardilla satisface estas necesidades.

Para tensar la cinta convenientemente, se emplean tensores de tornillo y tensores de gravedad por contrapeso. Los primeros son satisfactorios para transportadores cortos. Para transportadores largos, la dilatación y contracción de la cinta con las variaciones de temperatura hacen preferible a los segundos, sobre todo cuando se usan juntas vulcanizadas. En este caso el tensor debe ubicarse, de ser posible donde primero se produzca el aflojamiento, generalmente justo detrás de la polea impulsora.

Para la descarga se utiliza generalmente una rasqueta ubicada diagonalmente o una rasqueta en "V", pero en general el equipo más utilizado son los descargadores en "S" que vuelven la parte superior de la cinta hacia abajo, volcando su contenido en una tolva con descarga lateral.

#### **1.1.1.1 Capacidad de transporte de la cinta**

Las variables a tener en cuenta son el peso específico del material a transportar, la granulometría del mismo, la altura y velocidad de la cinta.

Para cintas planas, y a partir de valores empíricos, se obtiene que la capacidad se pueda determinar con suficiente aproximación mediante la ecuación:

$$C_p = 0,0065 * a^2 * d * v / 30$$

Para cintas tipo “U”, y a partir de valores empíricos, se obtiene que la capacidad se puede determinar con suficiente aproximación mediante la ecuación:

$$C_u = 0,0151 * a^2 * d * v / 30$$

Siendo:

- **a** – Ancho de la banda (cm)
- **d** - Peso específico o densidad del material (Tn / m3)
- **v** - Velocidad de la cinta (metros por minuto)

#### 1.1.1.2 Bases para el cálculo de una banda transportadora

Se añade este apartado de cálculo, que permite a las personas el estudio de la bandas más adecuada a su instalación, teniendo en cuenta el material a transportar, condiciones de carga, de transporte, etc.

#### NOMENCLATURA

La continuación se presenta la siguiente simbología a utilizar:

<b>SIMBOLO</b>	<b>CONCEPTO</b>	<b>UNIDAD</b>
<b>B</b>	Ancho de la banda	m.
<b>C</b>	Coeficiente en función de la longitud de transporte	---
<b>Ct</b>	Coeficiente de conversión de la capacidad de transporte, según el ángulo de talud	---
<b>e</b>	Base de los logaritmos neperianos o naturales = 2,7182	---
<b>f</b>	Coeficiente de rozamiento en los rodillos de soporte de la banda	---
<b>F</b>	Fuerza de accionamiento en el tambor motriz	Kg.
<b>Gg</b>	Peso por metro lineal de banda	Kg/m

<b>Gi</b>	Peso de las partes giratorias de los rodillos soporte en el ramal inferior	Kg/m
<b>Gm</b>	Peso de las partes móviles ( = $2 \cdot Gg \cdot \cos + Gs + Gi$ )	--
<b>Gs</b>	Peso de las partes giratorias de los rodillos soporte en el ramal superior	Kg/m
<b>H</b>	Altura vertical del transporte	m.
<b>K</b>	Coeficiente de reducción de la capacidad de transporte, según la inclinación	---
<b>L</b>	Longitud del transporte	m.
<b>N1</b>	Potencia necesaria para la marcha de la instalación Descargada	CV
<b>N2</b>	Potencia necesaria para vencer las resistencias al movimiento de la carga	CV
<b>N3</b>	Potencia necesaria para elevar la carga	CV
<b>Na</b>	Potencia total en el eje de accionamiento	CV
<b>Nm</b>	Potencia total en el motor	CV
<b>Nt</b>	Potencia absorbida en descargas intermedias ("tripper")	CV
<b>Qm</b>	Capacidad teórica de transporte, para velocidad de 1 M/seg.	$m^3/h$
<b>Qt</b>	Capacidad real de transporte	Tm/h
<b>Ri</b>	Coeficiente de reducción, por irregularidad de la carga	---
<b>S</b>	Coeficiente de seguridad	---
<b>Tg</b>	Tensión para soportar el peso propio de la banda	Kg.
<b>Tm</b>	Tensión máxima de la banda	Kg.
<b>Tq</b>	Tensión para vencer los rozamientos al movimiento de la carga	Kg.
<b>Tr</b>	Tensión para vencer los rozamientos en la instalación Descargada	Kg.

<b>Tri</b>	Tensión para los rozamientos del ramal inferior, en la instalación descargada	Kg.
<b>Trs</b>	Tensión para los rozamientos del ramal superior, en la instalación descargada	Kg.
<b>Tv</b>	Tensión necesaria para elevar la carga	Kg.
<b>v</b>	Velocidad de la banda	m/seg
<b>z</b>	Número de lonas	---
<b><math>\alpha</math></b>	Ángulo abrazado en el tambor de accionamiento	grados
<b><math>\beta</math></b>	Ángulo de la artesa	grados
$\square$	Peso específico aparente del material	Tm/m <sup>3</sup>
$\square$	Ángulo de inclinación del transporte	grados
<b><math>\partial</math></b>	Rendimiento del accionamiento motriz	---
<b><math>\mu</math></b>	Coeficiente de rozamiento entre la banda y el tambor Motriz	---

Tabla. I "Nomenclatura para el cálculo de una banda transportadora

**Fuente:** [www.kauman.com](http://www.kauman.com)

### 1.1.1.3 Cálculo de la capacidad de transporte de bandas en general

La capacidad de transporte depende básicamente del ancho y la velocidad de la banda.

Otros factores que intervienen son: el ángulo de artesa, el ángulo de talud natural del material, su densidad y la inclinación del transporte, con la corrección que se estime por las posibles irregularidades en la carga del material.

La base del cálculo está en la superficie ocupada por el material sobre la banda que, en función de la velocidad nos da el volumen transportado.



Para el cálculo se parte de la capacidad teórica **Q<sub>m</sub>** (**tabla II**), que corresponde a un transporte horizontal en condiciones de alimentación y distribución de los materiales totalmente regulares.

Como se refiere a m<sup>3</sup>/h y a una velocidad de 1 m/seg., habrá que multiplicar este valor por la velocidad **v** y por el peso específico aparente del material, **d**

Este valor se corrige en función de la inclinación del transporte según el coeficiente **K** (**tabla III**) y el ángulo de talud natural del material (**tabla IV**).

Por último, se reduce el resultado en el porcentaje que se estime por irregularidad de la carga (oscila normalmente entre el 0% y el 50%).

TABLA II.- CAPACIDAD DE TRANSPORTE Q <sub>M</sub> PARA V = 1M/SEG., EN M <sup>3</sup> /H							
Ancho	Montaje Plano	Montaje en Artesa (para valores de β indicados)					
		20°	25°	30°	35°	40°	45°
400	23	42	47	51	54	56	58
450	30	55	61	67	70	73	76
500	38	70	77	84	89	93	96
550	48	87	96	105	111	115	119
600	58	106	116	127	134	139	145
650	69	126	139	151	160	166	173
700	81	148	163	178	188	195	203
750	94	172	189	206	218	227	235
800	108	198	217	237	251	261	271
850	123	225	247	270	286	297	308
900	139	254	280	305	323	335	348
950	156	285	314	342	362	376	391
1.000	173	318	350	381	404	420	436
1.100	212	389	428	467	494	513	533
1.200	255	467	513	560	593	616	640
1.300	301	552	607	662	701	729	756
1.400	351	644	709	773	818	850	883
1.500	406	744	818	892	944	982	1.019
1.600	464	850	935	1.020	1.080	1.122	1.165
1.800	592	1.085	1.193	1.301	1.377	1.432	1.486
2.000	735	1.348	1.482	1.617	1.711	1.779	1.846
2.200	894	1.639	1.803	1.967	2.081	2.163	2.245

Tabla II. Capacidad de transporte Q

TABLA III.- VALORES DE "K"	
Inclinación $\delta$	K
0	1
2	1
4	0,99
6	0,98
8	0,97
10	0,95
12	0,93
14	0,91
16	0,89
18	0,85
20	0,81

Tabla III. Valores de K

TABLA IV.- COEFICIENTES DE CORRECCIÓN SEGÚN TALUD							
Ángulo Talud	Montaje Plano	Montaje en Artesa (para valores de $\beta$ indicados)					
		20°	25°	30°	35°	40°	45°
10	0,50	0,77	0,79	0,82	0,84	0,86	0,87
20	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
30	1,50	1,24	1,21	1,19	1,17	1,16	1,14

Tabla IV. Coeficientes de corrección Talud

**Fuente:** [www.kauman.com](http://www.kauman.com)

#### 1.1.1.4 Cálculo de tensiones

La potencia de accionamiento como se vio anteriormente, ha de traducirse en una fuerza de accionamiento sobre el tambor motriz. Esta fuerza de accionamiento se produce por la diferencia entre las tensiones de entrada y salida de la banda en el tambor motriz, que dependen a su vez del coeficiente de rozamiento entre la banda y el tambor.

La fuerza y la potencia de accionamiento están relacionadas por la siguiente ecuación:

$$F = \frac{75 * Na}{V} \quad \text{Ecuación (1)}$$

A su vez, las tensiones de entrada y salida están relacionadas por la fórmula de:

$$\frac{T1}{T2} \leq e^{u * \alpha} \quad \text{Ecuación (2)}$$

Estas tensiones serán mínimas cuando se alcance el límite de adherencia entre la banda y el tambor, en cuyo momento la expresión anterior se convierte en igualdad.

Por otra parte, tal como se aprecia en el gráfico, se cumple que:

$$F = T1 - T2 \quad \text{Ecuación (3)}$$

De estas dos últimas ecuaciones, resulta:

$$T1 = F * \left(1 + \frac{1}{e^{u * \alpha - 1}}\right) \quad \text{Ecuación (4)}$$

$$T2 = F * \frac{1}{e^{u * \alpha - 1}} \quad \text{Ecuación (5)}$$

El cálculo de la fuerza de accionamiento **F** y, por lo tanto, de las tensiones, lo haremos siguiendo el mismo sistema que el utilizado para la potencia de accionamiento, es decir:

#### **1.1.1.5 Selección del tipo de banda**

Una vez conocida la tensión máxima que ha de soportar la banda, puede pasarse a seleccionar el tipo y resistencia de la carcasa que habrá de soportarla.

### 1.1.1.5.1 Coeficiente de seguridad

En las bandas transportadoras se consideran coeficientes de seguridad elevados, ya que se deben tener en cuenta los esfuerzos adicionales en servicio, tales como la flexión en los tambores, las irregularidades de reparto de las tensiones sobre la carcasa, las irregularidades en la carga, sobretensiones de arranque, pérdida de resistencia en empalmes, impactos en la carga, envejecimiento de la banda, etc.

NÚMERO DE CAPAS (Z)	de 3 a 5	de 6 a 9	más de 9
COEFICIENTE SEGURIDAD (S)	11	12	13

Tabla V. Coeficientes de seguridad para bandas de carcasa textil

**Fuente:** [www.kauman.com](http://www.kauman.com)

Lo normal es que el número de capas no sea superior a 5, por lo que en general se toman coeficientes del orden de 11 ó 12. Es preferible además, que el número de capas sea el menor posible, ya que con ello se consigue mayor flexibilidad de la banda y mejor acoplamiento de las capas durante el trabajo. El coeficiente de seguridad depende también del tiempo en que la banda completa su recorrido, ya que de él dependen el número de flexiones en los tambores y los impactos de carga. En general, si no hay otros factores que puedan influir, puede disminuirse hasta en dos unidades, si el tiempo de recorrido es superior a 5 minutos.

Para las bandas de carcasa metálica, el coeficiente de seguridad que se recomienda, debe ser igual o superior a 8. También en este caso, si el tiempo de recorrido es superior a 10 minutos, este coeficiente puede disminuirse en una unidad.

Con ello, el número de capas textiles de refuerzo en una banda vendrá dado por la siguiente ecuación siendo indicado sus factores en la nomenclatura anterior:

$$Z = \frac{S \cdot Tm}{100 \cdot B \cdot R1} \quad \text{Ecuación (6)}$$

### **1.1.2 MOTORREDUCTORES**

Los Motorreductores son apropiados para el accionamiento de toda clase de máquinas y aparatos de uso industrial, que necesitan reducir su velocidad en una forma segura y eficiente.

Las transmisiones de fuerza por correa, cadena o trenes de engranajes que aún se usan para la reducción de velocidad presentan ciertos inconvenientes como el desgaste en correas, rotura de cadena, y para engranajes dar mantenimiento.

Al emplear motorreductores se obtiene una serie de beneficios sobre estas otras formas de reducción. Algunos de estos beneficios son:

- Una regularidad perfecta tanto en la velocidad como en la potencia transmitida.
- Una mayor eficiencia en la transmisión de la potencia suministrada por el motor.
- Mayor seguridad en la transmisión, reduciendo los costos en el mantenimiento.
- Menor espacio requerido y mayor rigidez en el montaje.
- Menor tiempo requerido para su instalación.

Los motorreductores se suministran normalmente acoplado a la unidad reductora un motor eléctrico normalizado asíncrono tipo jaula de ardilla, totalmente cerrado y refrigerado por ventilador para conectar a redes trifásicas de 220/440 voltios y 60 Hz.

Para proteger eléctricamente el motor es indispensable colocar en la instalación de todo Motorreductor un guarda motor que limite la intensidad y un relé térmico de sobrecarga. Los valores de las corrientes nominales están grabados en las placas de identificación del motor.

Normalmente los motores empleados responden a la clase de protección IP-44 (Según DIN 40050) <sup>2</sup>. Bajo pedido se puede mejorar la clase de protección en los motores y unidades de reducción.

### **1.1.2.1 Guía para la elección del tamaño de un motor reductor**

Para seleccionar adecuadamente una unidad de reducción se debe tener en cuenta la siguiente información básica:

#### *1.1.2.1.1 Características de operación*

- Potencia (HP tanto de entrada como de salida)
- Velocidad (RPM de entrada como de salida)
- Torque (par) máximo a la salida en kg-m.
- Relación de reducción (I).

#### *1.1.2.1.2 Características del trabajo a realizar*

- Tipo de máquina motriz (motor eléctrico, a gasolina, etc.)
- Tipo de acople entre máquina motriz y reductor.
- Tipo de carga uniforme, con choque, continua, discontinua etc.
- Duración de servicio horas/día.
- Arranques por hora, inversión de marcha.

#### *1.1.2.1.3 Condiciones del ambiente*

- Humedad
- Temperatura

---

<sup>2</sup> [www.automation.siemens.com](http://www.automation.siemens.com), *motorreductores-siemens*

### **1.1.2.2 Potencia de selección (Pn)**

En el trabajo diario en la industria es muy difícil que se den las condiciones idóneas para el trabajo de un elemento como un motorreductor. Por lo tanto, para calcular la potencia que debe tener un Motorreductor a acoplar a una determinada Carga, la potencia requerida por la máquina accionada a través del Motorreductor se debe multiplicar por el FACTOR DE SERVICIO; el resultado se llamará Potencia requerida. En algunos casos es más importante el PAR que puede dar un Motorreductor que la Potencia, por lo que en la elección se tendrá más en cuenta este PAR.

Para el cálculo del Factor de Servicio se tendrán en cuenta las características específicas de trabajo a realizar, enumeradas anteriormente.

### **1.1.2.3 Instalación**

Para un buen funcionamiento de las unidades de reducción es indispensable tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Las unidades deben montarse sobre bases firmes para eliminar vibraciones y desalineamientos en los ejes.
- Si la transmisión de la unidad a la máquina es por acople directo entre ejes, es indispensable garantizar una perfecta alineación y centrado. Si la transmisión se hace por cadenas o correas, la tensión dada a estos elementos debe ser recomendada por el fabricante, previas una alineación entre los piñones o poleas.
- Las unidades de acoplamiento deben montarse cuidadosamente sobre los ejes para no dañar los rodamientos y lo más cercanas a la carcasa para evitar cargas de flexión sobre los ejes.
- Antes de poner en marcha los Motorreductores, es necesario verificar que la conexión del motor sea la adecuada para la tensión de la red eléctrica.

#### **1.1.2.4 Mantenimiento**

Los engranajes y los rodamientos están lubricados por inmersión o salpique del aceite alojado en la carcasa. Se debe revisar el nivel del aceite antes de poner en marcha la unidad de reducción.

En la carcasa se encuentran los tapones de llenado, nivel y drenaje de aceite. El de llenado posee un orificio de ventilación el cual debe permanecer limpio.

Los motorreductores tienen una placa de identificación, en la cual se describe el tipo de lubricante a utilizar en condiciones normales de trabajo.

En caso de disponer de motorreductores de repuesto, estos deben permanecer completamente llenos del lubricante recomendado, para prevenir la oxidación de los elementos internos, así como protegidos los acoplamientos. Es importante "marcar" en el mismo Motorreductor la necesidad de vaciar el lubricante sobrante antes de ser puesto en servicio.

Para finalizar, debemos reiterar que los consejos aquí dados son solo recomendaciones generales, y que en lo posible sean conocidas o deben estrictamente atenderse las recomendaciones específicas del Fabricante para el modelo en cuestión.

### **1.1.3 ELEMENTOS DE SISTEMAS NEUMÁTICOS**

#### **1.1.3.1 Estructura de sistemas neumáticos y flujo de señales**

Los sistemas neumáticos están compuestos de una concatenación de diversos grupos de elementos. Estos elementos conforman una vía para la transmisión de las señales de mando desde el lado de la emisión de señales (entrada) hasta el lado de la ejecución del trabajo (salida)<sup>3</sup>.

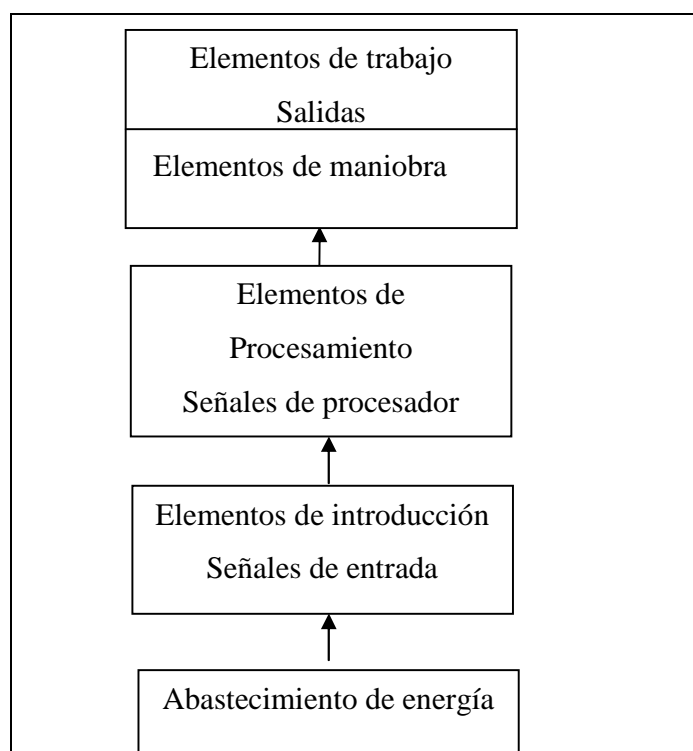
---

<sup>3</sup> Neumática, manual de estudio (FESTO DIDACTIC) pág. 19



Los órganos de maniobra como se indica en el Cuadro 1 “Flujo de Señales” se encargan de controlar los elementos de trabajo o de accionamiento en función de las señales recibidas por los elementos procesadores. Dicho de otra manera dentro de un sistema neumático inicialmente se requiere de un abastecimiento de energía, la misma que acciona elementos de entrada para consecutivamente procesar un determinado trabajo y finalmente convertirlo en un elemento de salida.

### FLUJO DE SEÑALES



Cuadro 1. Flujo de Señales

**Fuente:** Manual de Estudio “Neumática”. Pág. 20

#### 1.1.3.2 Componentes de un sistema neumático

Un sistema de control neumático está compuesto de los siguientes grupos de elementos.

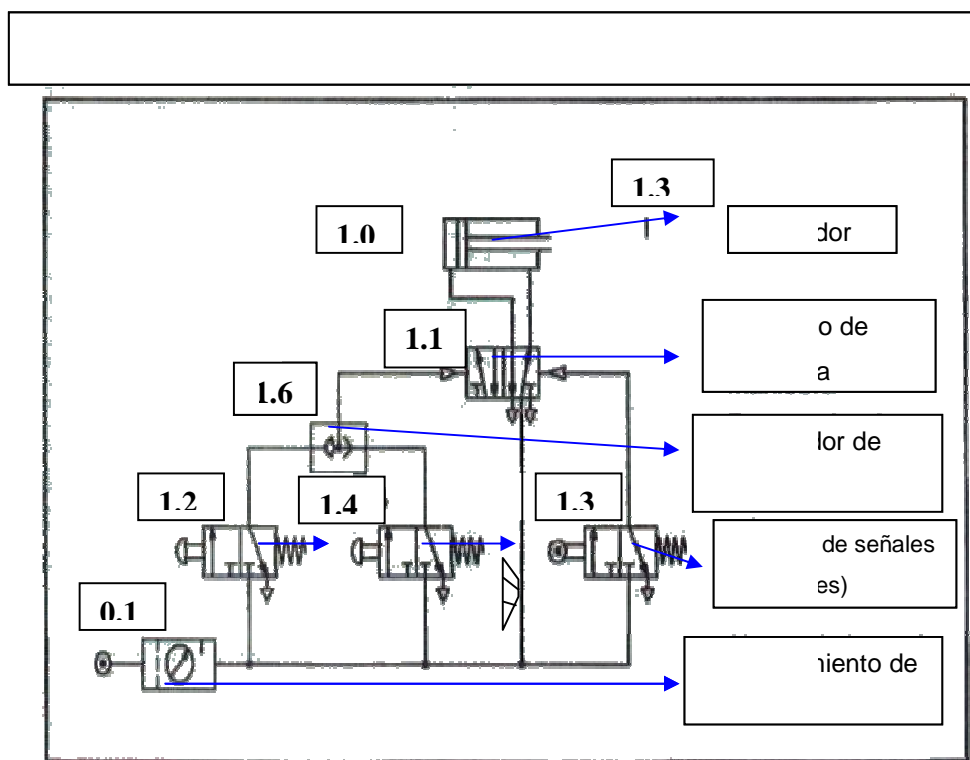
- Abastecimiento de energía
- Elementos de entrada (sensores)
- Elementos de procesamiento (procesadores)
- Órganos de maniobra y de accionamiento (actuadores)

Cuando nos referimos al abastecimiento de energía se está hablando de equipos como el compresor, acumulador, regulador de presión y la unidad de mantenimiento. En cuanto a los elementos de entrada podemos encontrar a las válvulas de vías con pulsador, válvula de rodillo, detector de proximidad, barrera de aire, mientras que en los procesadores o elementos de procesamiento tenemos: las válvulas de vías, circuitos de pasos secuenciales, válvulas de presión, temporizador, así mismo dentro de los elementos de maniobra tenemos, válvulas de vías y finalmente en cuanto a los actuadores encontramos los cilindros neumáticos, bombas giratorias y los indicadores ópticos.

Como ya se mencionó anteriormente la válvula de vías puede ser utilizada como elemento de emisión de señales, como elemento procesador o como elemento actuador. El criterio que se aplica para atribuir un elemento a un grupo es, el lugar de su inclusión en el sistema neumático.

Se puede observar en el Cuadro 2. "Esquema de distribución neumático", el mismo que identifica el punto de inicio de un esquema de distribución, para ello se inicia con el abastecimiento de energía que simplemente es la entrada de aire al sistema obviamente a esta entrada de aire se le depura mediante su respectiva unidad de mantenimiento. Posteriormente se identifica la entrada de señales del sistema, en la recepción de señales pueden intervenir dispositivos como válvulas de accionamiento manual o mecánico. Luego se identifica el o los procesadores de señales, los mismos que se encargan de analizar los estados del sistema para pasar hasta el elemento de maniobra que ejecute dicho estado. Siguiendo el esquema de distribución neumático encontramos el elemento de maniobra, que no es más que el dispositivo que ejecutará

la orden dada por todos los procesos mencionados anteriormente, los elementos de maniobra se les atribuye a las válvulas neumáticas. Y finalmente encontramos el actuador que no se trata nada más que de la activación o desactivación de un cilindro neumático.



Cuadro 2 "Esquema de distribución neumático"

**Fuente:** Manual de estudio "Neumática". Pág. 21

### 1.1.3.3 Símbolos y normas en la neumática

Para desarrollar sistemas neumáticos es necesario recurrir a símbolos uniformes que representen elementos y esquemas de distribución. Los símbolos deben informar sobre las siguientes propiedades:

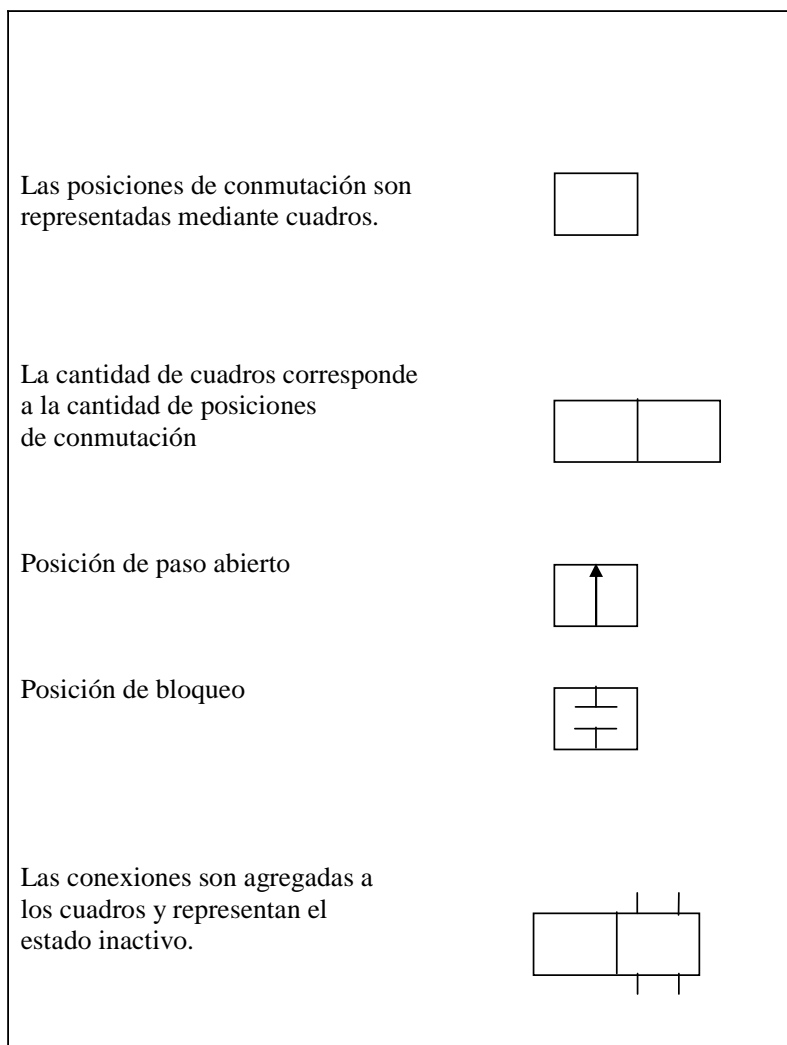
- Tipo de accionamiento.
- Cantidad de conexiones y denominación de dichas conexiones.
- Cantidad de posiciones.
- Funcionamiento.

La ejecución técnica del elemento no se refleja en el símbolo abstracto, los símbolos aplicados en la neumática corresponden a la norma industrial DIN ISO 1219 símbolo de sistemas y equipos de la técnica de fluido.

Los símbolos que se refieren al sistema de alimentación de aire a presión pueden presentar componentes individuales o una combinación de varios elementos. En este caso se indica una conexión conjunta para todos los elementos, con lo que la fuente de aire a presión puede estar representada por un solo símbolo simplificado. Observe Anexo 1. “Elementos transformadores de energía”. Detalla la simbología para algunos elementos como es el compresor y acumulador. En el caso de abastecimiento de aire se tiene un filtro, separador de agua, lubricador, regulador de presión siendo conocidos estos elementos como unidad de mantenimiento, entre otros.

A continuación se muestra el Cuadro 3. “Válvulas de Vías: Símbolos de conmutación”, el mismo que indica el símbolo que define a los diferentes elementos como son la posición de conmutación, que son representados por cuadros, la cantidad de cuadros que corresponde a la cantidad de posiciones de conmutación, también podemos observar cómo se simboliza a la posición de paso abierto, la posición de bloqueo, y las representaciones de las conexiones a los cuadros que definen estados inactivos de conmutación.

### Válvulas de vías: Símbolos de conmutación



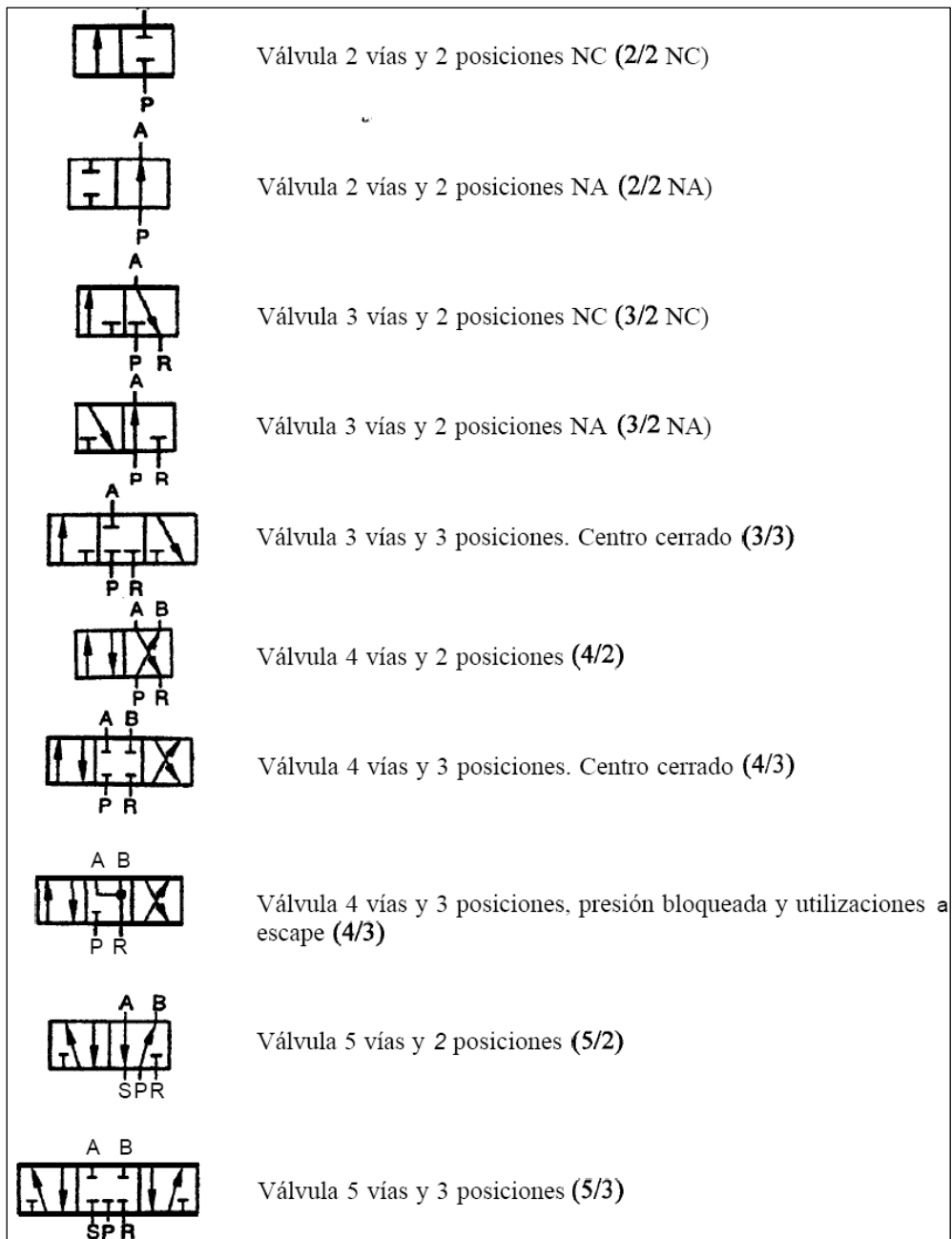
Cuadro 3. "Válvulas de vías: símbolos de comunicación"

**Fuente:** Manual de estudio "Neumática". Pág. 40

Las conexiones de las válvulas de vías pueden estar señalizadas con letras o con números. En el Cuadro 4. "Válvula de vías: conexiones y posiciones" se representan las conexiones de las válvulas y las posiciones de las mismas como parte de sus características de funcionamiento. La nomenclatura 2/2, 3/2, 4/2, 5/2 y 5/3 simplemente

representa la cantidad de conexiones de la válvula sobre la cantidad de posiciones en la que opera la misma.

### Válvula de vías: conexiones y posiciones



Cuadro 4. "Válvulas de vías: conexiones y posiciones"

**Fuente:** *Tecnología Neumática "Simbología"* Pág. 103

#### **1.1.3.4 Tipos de accionamiento**

Los tipos de accionamiento de las válvulas neumáticas dependen de las exigencias que plantee el sistema. Los tipos de accionamiento pueden encontrarse dentro de los siguientes campos de aplicación:

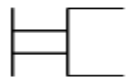
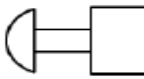
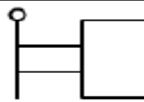
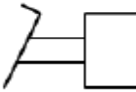
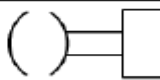
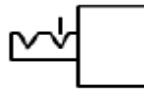
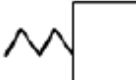
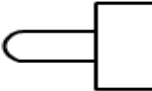
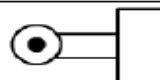

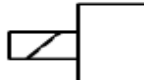
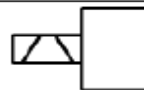
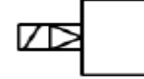
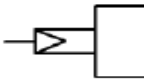
- Accionamiento mecánico
- Accionamiento neumático
- Accionamiento eléctrico
- Combinación de tipos de accionamiento

Los símbolos utilizados para representar los tipos de accionamiento están contenidos en la norma DIN ISO 1219. Para su mejor comprensión se expone en el Cuadro 5. “Tipos de accionamiento”, el mismo que permite visualizar de forma general los tipos de accionamiento y su respectiva simbología que nos ayudará a reconocer dichos accionamientos dentro de un diagrama neumático.

Tratándose de válvulas de vías, es necesario considerar su tipo básico de accionamiento y sus características de reposición. Los símbolos correspondientes son colocados, normalmente, en ambos lados de los bloques que indican las posiciones. Los tipos de accionamiento adicionales, tales como el accionamiento manual auxiliar, son indicados por separado.

La válvula de antirretorno es utilizada como elemento básico en muchas variantes. Las válvulas de antirretorno pueden estar equipadas con muelles de reposición o pueden prescindir de ellos. Tratándose de una válvula equipada con muelle de reposición, es necesario que la fuerza de la presión sea mayor que la fuerza del muelle para abrir el paso. En el Cuadro 6 “Válvula de antirretorno y sus variantes”, se exponen algunos de los nombres que puede tener una válvula antirretorno con su respectiva simbología.

### Tipos de accionamiento




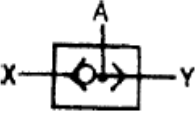

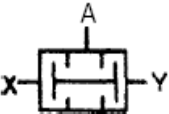
Símbolo	Descripción
	<b>Mando manual en general,</b> pulsador.
	<b>Botón pulsador, seta,</b> control manual.
	<b>Mando por palanca,</b> control manual.
	<b>Mando por pedal,</b> control manual.
	<b>Mando por llave,</b> control manual.
	<b>Mando con bloqueo,</b> control manual.
	<b>Muelle,</b> control mecánico.
	<b>Palpador,</b> control mecánico en general.
	<b>Rodillo palpador,</b> control mecánico.
	<b>Rodillo escamoteable,</b> accionamiento en un sentido, control mecánico.
	<b>Mando electromagnético con una bobina.</b>
	<b>Mando electromagnético con dos bobinas actuando de forma opuesta.</b>
	<b>Control combinado por electroválvula y válvula de pilotaje.</b>
	<b>Mando por presión.</b> Con válvula de pilotaje neumático

Cuadro 5. "Tipos de accionamiento"

**Fuente:** Unidad didáctica "Simbología Neumática e Hidráulica" de Antonio Bueno. Pág.8



### Válvulas antirretorno

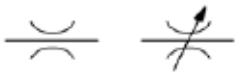
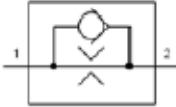
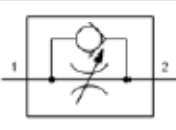
	Válvula antirretorno
	Válvula antirretorno con muelle
	Válvula antirretorno pilotada por aire
	Válvula selectora de circuito o función "O"
	Válvula de escape rápido
	Válvula de simultaneidad, de dos presiones, o función "Y"

Cuadro 6. "Válvula de antirretorno y sus variantes"

**Fuente:** *Tecnología Neumática "Simbología" Pág. 104*

Por otro lado la mayoría de las válvulas de estrangulación son ajustables y permiten reducir el caudal en una o en ambas direcciones. Si se instala paralelamente una válvula de antirretorno, la estrangulación solo actúa en una dirección. Si el símbolo de estrangulación lleva una flecha, ello significa que es posible regular el caudal. La flecha no se refiere a la dirección del flujo, a continuación se indica el Cuadro 7. "Válvulas de estrangulación" en el cuál se exponen tres tipos de válvulas estranguladoras y su respectiva simbología dentro de campo neumático.

### Válvulas de estrangulación

	<b>Estrangulación.</b> El primer símbolo es fijo, el segundo regulable.
	<b>Válvula estranguladora unidireccional a diafragma.</b>
	<b>Válvula estranguladora unidireccional.</b> Válvula antirretorno de regulación regulable en un sentido

Cuadro 7. "Válvulas de estrangulación"

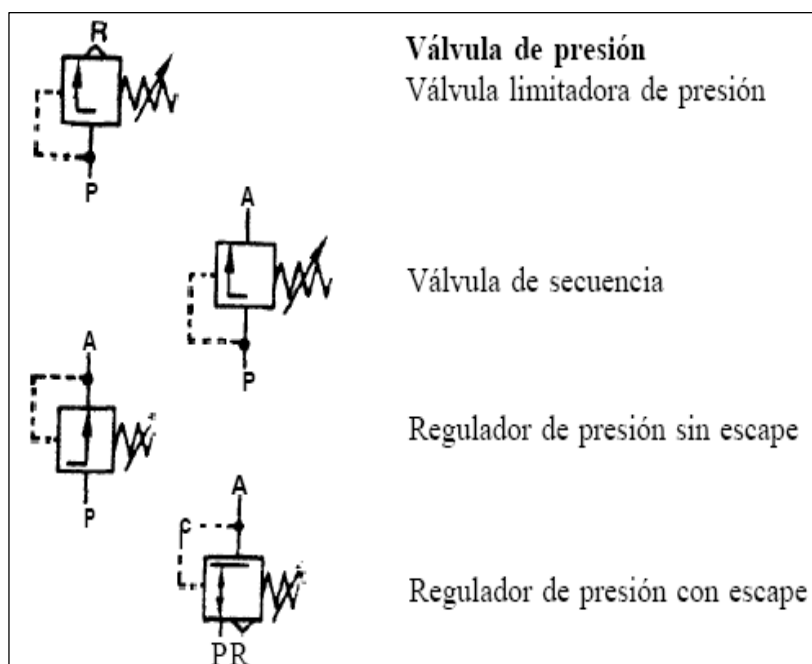
**Fuente:** Unidad didáctica "Simbología Neumática e Hidráulica" de Antonio Bueno. Pág.8

Dentro de un sistema neumático además podemos encontrar válvulas de presión, las mismas que tienen la función de intervenir en la presión de un sistema neumático parcial o completo, las válvulas de presión suelen ajustarse en función de la fuerza de un muelle. Según su aplicación pueden distinguirse entre las siguientes versiones:

- Válvula de presión sin escape
- Válvula de presión con escape
- Válvula de secuencia

El símbolo representa a las válvulas de presión como válvulas de una posición, con una vía de flujo y con la salida abierta o cerrada. En el caso de las válvulas reguladoras de presión, el paso está siempre abierto. Las válvulas de secuencia se mantienen cerradas hasta que la presión ejercida sobre el muelle alcance el valor límite que se haya ajustado, en el Cuadro 8. "Válvulas de presión" se observa la simbología de las válvulas de presión según los tipos que se ha mencionado anteriormente para su reconocimiento inmediato dentro de un diagrama neumático.

### Válvulas de presión



Cuadro 8 "Válvulas de presión"

**Fuente:** *Tecnología Neumática "Simbología" Pág. 104*

## 1.1.4 AIRE COMPRIMIDO

### 1.1.4.1 Evolución técnica del aire comprimido

El aire comprimido es una de las formas de energía más antiguas que conoce el hombre y aprovecha para reforzar sus recursos físicos<sup>4</sup>.

Aunque los rasgos básicos de la neumática se cuentan entre los más antiguos conocimientos de la humanidad, no fue sino hasta el siglo pasado cuando empezaron a investigarse sistemáticamente su comportamiento y sus reglas. Sólo desde aprox. 1950

<sup>4</sup> Neumática, introducción en la neumática, manual de estudio (FESTO DIDACTIC) pág. 9-20

podemos hablar de una verdadera aplicación industrial de la neumática en los procesos de fabricación.

A pesar de que esta técnica fue rechazada en un inicio, debido en la mayoría de los casos a falta de conocimiento y de formación, fueron ampliándose los diversos sectores de aplicación.

En la actualidad, ya no se concibe una moderna explotación industrial sin el aire comprimido. Este es el motivo que en los ramos industriales más variados se utilicen aparatos neumáticos.

#### Ventajas de la Neumática

- El aire es de fácil captación y abunda en la tierra
- El aire no posee propiedades explosivas, por lo que no existen riesgos de chispas.
- Los actuadores pueden trabajar a velocidades razonablemente altas y fácilmente regulables
- El trabajo con aire no daña los componentes de un circuito por efecto de golpes de ariete.
- Las sobrecargas no constituyen situaciones peligrosas o que dañen los equipos en forma permanente.
- Los cambios de temperatura no afectan en forma significativa.
- Energía limpia
- Cambios instantáneos de sentido

#### Desventajas de la neumática

- En circuitos muy extensos se producen pérdidas de cargas considerables
- Requiere de instalaciones especiales para recuperar el aire previamente empleado

- Las presiones a las que trabajan normalmente, no permiten aplicar grandes fuerzas
- Altos niveles de ruido generados por la descarga del aire hacia la atmósfera

#### **1.1.4.2 Propiedades del aire comprimido**

Causará asombro el hecho de que la neumática se haya podido expandir en tan corto tiempo y con tanta rapidez. Esto se debe, entre otras cosas, a que en la solución de algunos problemas de automatización no puede disponerse de otro medio que sea más simple y más económico.

¿Cuáles son las propiedades del aire comprimido que han contribuido a su popularidad?

- *Abundante*: Está disponible para su compresión prácticamente en todo el mundo, en cantidades ilimitadas.
- *Transporte*: El aire comprimido puede ser fácilmente transportado por tuberías, incluso a grandes distancias. No es necesario disponer tuberías de retorno.
- *Almacenable*: No es preciso que un compresor permanezca continuamente en servicio. El aire comprimido puede almacenarse en depósitos y tomarse de éstos. Además, se puede transportar en recipientes (botellas).
- *Temperatura*: El aire comprimido es insensible a las variaciones de temperatura, garantiza un trabajo seguro incluso a temperaturas extremas.
- *Antideflagrante*: No existe ningún riesgo de explosión ni incendio; por lo tanto, no es necesario disponer instalaciones Antideflagrante, que son caras.

- *Limpio*: El aire comprimido es limpio y, en caso de faltas de estanqueidad en elementos, no produce ningún ensuciamiento. Esto es muy importante por ejemplo, en las industrias alimenticias, de la madera, textiles y del cuero.
- *Constitución de los elementos*: La concepción de los elementos de trabajo es simple si, por tanto, precio económico.
- *Velocidad*: Es un medio de trabajo muy rápido y, por eso, permite obtener velocidades de trabajo muy elevadas. (La velocidad de trabajo de cilindros neumáticos pueden regularse sin escalones).
- *A prueba de sobrecargas*: Las herramientas y elementos de trabajo neumáticos pueden hasta su parada completa sin riesgo alguno de sobrecargas.
- *Preparación*: El aire comprimido debe ser preparado, antes de su utilización. Es preciso eliminar impurezas y humedad (al objeto de evitar un desgaste prematuro de los componentes).
- *Compresible*: Con aire comprimido no es posible obtener para los émbolos velocidades uniformes y constantes.
- *Fuerza*: El aire comprimido es económico sólo hasta cierta fuerza. Condicionado por la presión de servicio normalmente usual de 700 kPa (7 bar), el límite, también en función de la carrera y la velocidad, es de 20.000 a 30.000 N (2000 a 3000 kp).

#### **1.1.4.3 Producción del aire comprimido**

Para producir aire comprimido se utilizan compresores que elevan la presión del aire al valor de trabajo deseado. Los mecanismos y mandos neumáticos se alimentan desde

una estación central. Entonces no es necesario calcular ni proyectar la transformación de la energía para cada uno de los consumidores. El aire comprimido viene de la estación compresora y llega a las instalaciones a través de tuberías.

Es muy importante que el aire sea puro. Si es puro el generador de aire comprimido tendrá una larga duración. También debería tenerse en cuenta la aplicación correcta de los diversos tipos de compresores.

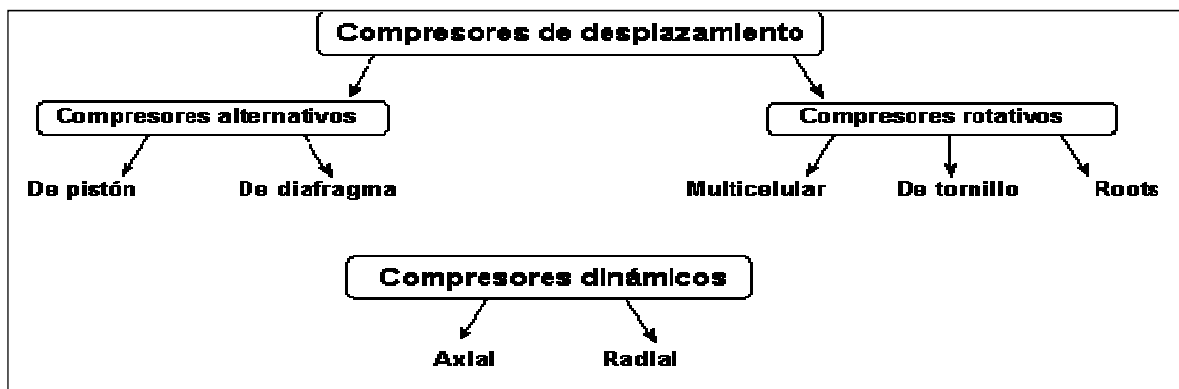
#### **1.1.4.4 Tipos de compresores**

Según las exigencias referentes a la presión de trabajo y al caudal de suministro, se pueden emplear diversos tipos de construcción.

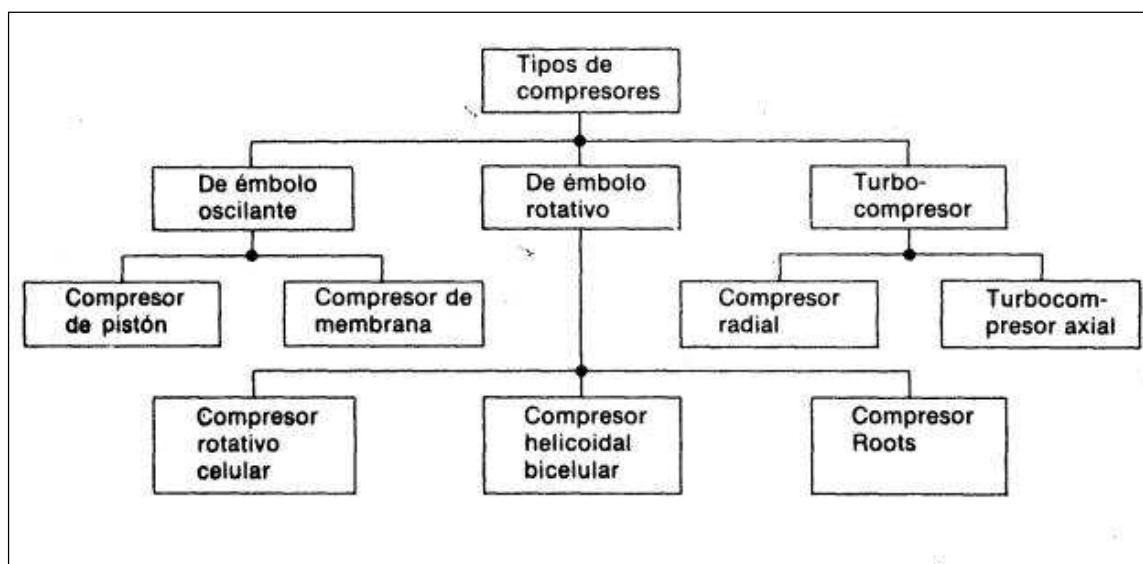
Se distinguen dos tipos básicos de compresores:

El primero trabaja según el principio de desplazamiento. La compresión se obtiene por la admisión del aire en un recinto hermético, donde se reduce luego el volumen. Se utiliza en el compresor de émbolo (oscilante o rotativo).

El otro trabaja según el principio de la dinámica de los fluidos. El aire es aspirado por un lado y comprimido como consecuencia de la aceleración de la masa (turbina). Para su mejor comprensión se presenta los siguientes cuadros, Cuadro 9. "Compresores de desplazamiento" y Cuadro 10. "Tipos de compresores".



Cuadro 9 "Compresores de desplazamiento"

Fuente: [www.sapiensman.com](http://www.sapiensman.com)

Cuadro 10 "Tipos de compresores"

Fuente: [www.sapiensman.com](http://www.sapiensman.com)

#### 1.1.4.5 Equipo de mantenimiento

Con este equipo de mantenimiento neumático se consigue una duración prolongada y el funcionamiento regular de un componente neumático que depende de la eliminación de las impurezas sólidas, de la estabilidad de la presión adecuada y una parte importante de la lubricación de las partes móviles



Este equipo de mantenimiento neumático consta de tres elementos para realizar su trabajo, también se les conoce como unidades de acondicionamiento del aire comprimido. Para que el aire comprimido sea utilizado en una forma eficaz por la máquina u otra herramienta neumática debe tener un acondicionamiento final utilizando la unidad **FRL** la cual consta de los siguientes elementos que son:

- Filtro de aire comprimido
- Regulador de presión.
- Lubricador o dosificador de aceite de aire comprimido

En la Fig. 1 “Símbolo del equipo de mantenimiento” se muestra la simbología que posee la unidad de mantenimiento dentro de los diagramas neumáticos.

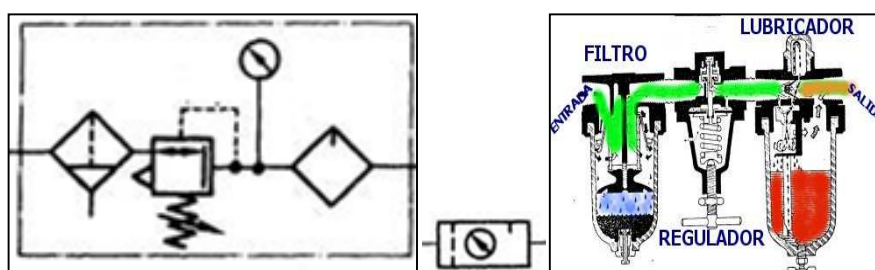


Fig. 1 “Símbolo del equipo de mantenimiento”

**Fuente:** [www.sapiensman.com](http://www.sapiensman.com)

#### 1.1.4.5.1 Filtro de aire comprimido

La función principal del filtro es eliminar toda impureza como polvo o partículas sólidas muy pequeñas que pueden llegar hasta la máquina luego de haber recorrido por la tubería.

En forma general un filtro es una materia porosa o una pantalla que se interpone al paso de un líquido o aire para eliminar ciertas impurezas no deseadas.

Esta clase de filtros para equipos neumáticos tiene diferentes materiales para los elementos filtrantes como bronce sintetizado, cerámica, nylon, polipropileno poroso y otra gama de materiales.

Los elementos filtrantes de bronce sintetizado tiene la capacidad de retener partículas de 120 hasta  $3\mu$  y los de nylon pueden retener partículas de  $30\mu$ . En el filtro existe una caída de presión la cual no debe ser mayor a  $0.35 \text{ Kg. /cm}^2$  con caudales de hasta  $3 \text{ m}^3/\text{min}$ . Y con caudales de hasta  $15 \text{ m}^3/\text{min}$  no deberán superar los  $0.42 \text{ Kg. /cm}^2$ .

El filtro de bronce sintetizado consta de un vaso por el cual va a pasar el aire y en medio de este se encontrara la malla de bronce sintetizado o de otro material , en la parte inferior del vaso existe el punto de drenaje el cual puede ser accionado automáticamente o manualmente para sacar el agua que se puede condensar dentro del vaso del filtro. Para el buen uso del filtro se debe seguir las siguientes recomendaciones:

1.- Usar Kerosén para la limpieza de los vasos.

2.- Evitar el uso de solventes tales como:

- Tiñer.
- Acetona.
- Acetato etílico.
- Tolueno.
- Tetrafluoretileno.

Estos materiales atacan a los materiales de los vasos de policarbonato.

3.- La presión máxima no debe exceder los 10.5 bar. (150 PSI).

4.- Su temperatura máxima de trabajo estará entre 10 °C a 53 °C (14°F a 127°F) para vasos de policarbonato.

5.- Se debe instalar el filtro lo más cerca posible del equipo que utilizara el aire comprimido.

#### *1.1.4.5.2 Regulador de presión*

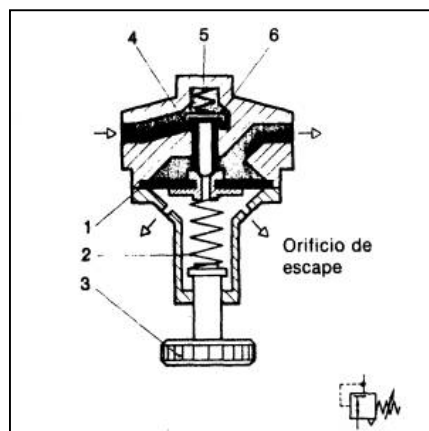
Tiene la misión de regular la presión del aire que necesita la máquina o herramienta neumática para su correcto funcionamiento.

El funcionamiento del regulador de presión es primordial para que la máquina no sufra daños o desperfectos. Se va a describir el funcionamiento de una válvula reductora de presión que a su vez es un regulador de presión.

Al girar hacia la derecha el tornillo regulador éste comprime un muelle transmitiendo una fuerza al diafragma de caucho. El diafragma activa un vástago con el cual hace que la válvula de apertura contra la resistencia del muelle de retorno. En este momento empieza a circular el aire de 4 a 5 Bar hasta que se llene de aire la tubería de salida del equipo correspondiente.

Una vez que el flujo de aire cesa la presión de salida pasa por un orificio y actúa contra la cara inferior del diafragma y por la ejercida por el muelle, la válvula cerrara por la fuerza.

Cuanto mayor sea el consumo de aire mayor será el flujo y menor será su presión en el regulador, esto reduce la fuerza que en el diafragma se opone a la tensión en el muelle y la válvula se abre en forma proporcional.



- 1.- Membrana
- 2.- Resorte
- 3.- Tornillo
- 4.- Asiento de válvula
- 5.- Amortiguador neumático o de muelle
- 6.- Platillo de válvula

Fig. 2 "Regulador de Presión"

**Fuente:** [www.sapiensman.com](http://www.sapiensman.com)

#### 1.1.4.5.3 Lubricador

El lubricador o dosificador de aceite cumple una función vital para la máquina ya que existen elementos en movimiento y necesita de lubricación para que su vida útil sea más larga y pueda rendir a su máxima capacidad. El desgaste se presenta en un pistón neumático que se puede citar como ejemplo, específicamente en los cauchos del émbolo los cuales van a estar en constante movimiento. El lubricador consta de un vaso de un material que puede resistir la presión del aire y dentro de este reposará el lubricante o aceite.

El lubricador tiene la misión de hacer llegar aceite hacia las partes en movimiento, la forma de conseguir esto es que cuando pase o entre aire al lubricador este aire lleve una cantidad adecuada del aceite que se encuentra dentro del vaso del lubricador hacia la máquina.

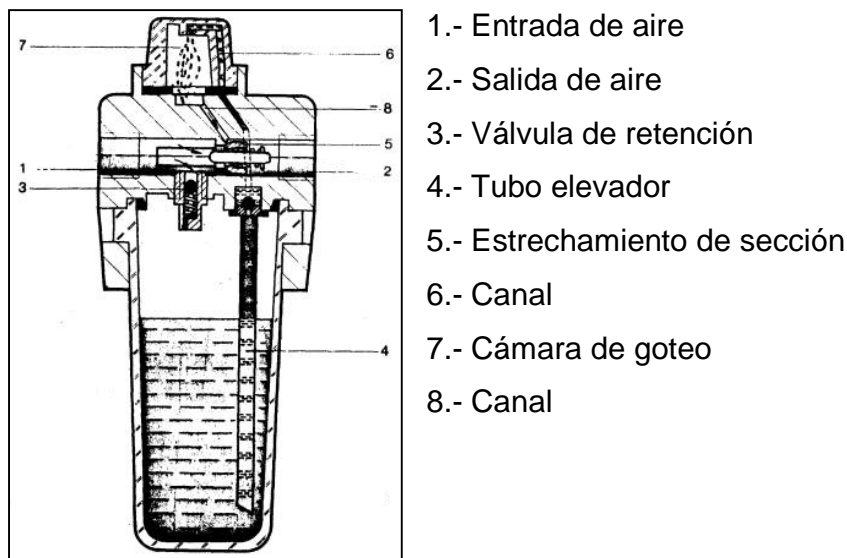


Fig. 3 "Lubricador"

**Fuente:** [www.sapiensman.com](http://www.sapiensman.com)

#### 1.1.4.6 Conservación de la unidad de mantenimiento

Es necesario efectuar en intervalos regulares los trabajos siguientes de conservación:

1. *Filtro de aire comprimido:* Debe examinarse periódicamente el nivel de agua condensada, porque no debe sobrepasar la altura indicada en la mirilla de control. De lo contrario, el agua podría ser arrastrada hasta la tubería por el aire comprimido. Para purgar el agua condensada hay que abrir el tornillo existente en la mirilla. Asimismo debe limpiarse el cartucho filtrante.
2. *Regulador de presión:* Cuando está precedido de un filtro, no requiere ningún mantenimiento.
3. *Lubricador de aire comprimido:* Verificar el nivel de aceite en la mirilla y, si es necesario, suplirlo hasta el nivel permitido. Los filtros de plástico y los recipientes de los lubricadores no deben limpiarse con tricloroetileno. Para los lubricadores, utilizar únicamente aceites minerales.

### 1.1.5 ELECTROVÁLVULAS

Llamadas también válvulas electromagnéticas. Estas válvulas se utilizan cuando la señal proviene de un temporizador eléctrico, un final de carrera eléctrico, presostatos o mandos electrónicos. En general, se elige el accionamiento eléctrico para mandos con distancias extremadamente largas y cortos tiempos de conexión.

Las electroválvulas o válvulas electromagnéticas se dividen en válvulas de mando directo o indirecto. Las de mando directo solamente se utilizan para un diámetro luz pequeña, puesta que para diámetros mayores los electroimanes necesarios resultarían demasiado grandes.

En las figuras 4 representa la simbología de las electroválvulas. Las válvulas eléctricas se clasifican según la cantidad de puertos (entradas o salidas de aire) y la cantidad de posiciones de control que poseen. Por ejemplo, una válvula 3/2 tiene 3 orificios o puertos y permite dos posiciones diferentes.

3 = Número de Puertos

2 = Número de Posiciones

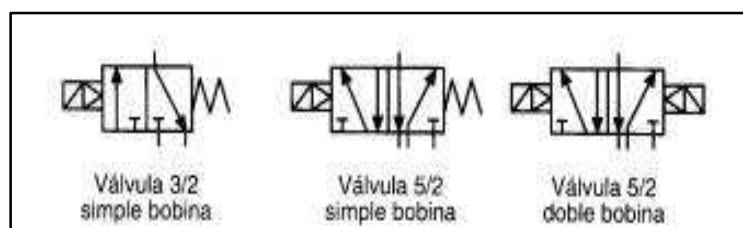


Fig. 4 “Símbolos de válvulas eléctricas”

**Fuente:** [www.sapiensman.com](http://www.sapiensman.com)

La figura 4 representa la simbología utilizada para representar los diferentes tipos de válvulas eléctricas.

Veamos el significado de las letras utilizadas en los esquemas, figura 5.

- P (Presión). Puerto de alimentación de aire
- R, S, etc. Puertos para evacuación del aire
- A, B, C, etc. Puertos de trabajo

Las válvulas de control neumático son sistemas que bloquean, liberan o desvían el flujo de aire de un sistema neumático por medio de una señal que generalmente es de tipo eléctrico, razón por la cual también son denominadas electroválvulas.

La figura.5 “Electroválvula distribuidora 3/2”, nos indica básicamente el modo de funcionamiento que posee éste tipo de válvulas.

La mayoría de las electroválvulas tienen un sistema de accionamiento manual con el cual se pueden activar sin necesidad de utilizar señales eléctricas. Esto se hace solamente en labores de mantenimiento, o simplemente para coprobar el buen funcionamiento de la válvula y cilindro, así como para verificar la existencia del aire a presión.

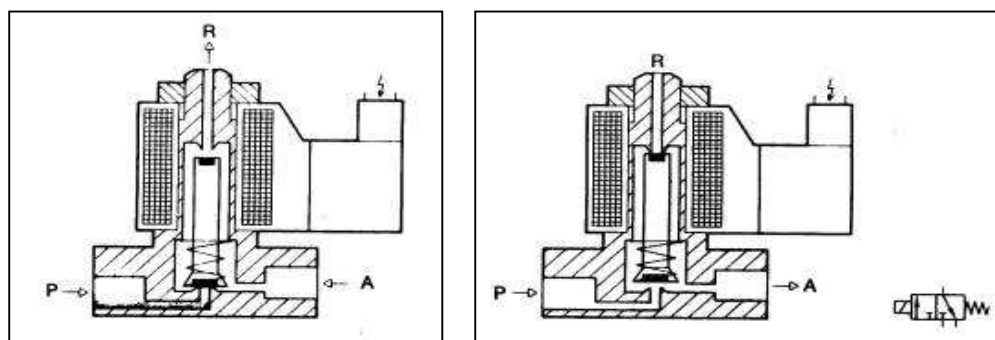


Fig. 5 “Electroválvula distribuidora 3/2”

**Fuente:** [www.sapiensman.com](http://www.sapiensman.com)

### 1.1.5.1 Electroválvulas de doble solenoide

Existen válvulas que poseen dos bobinas y cuyo funcionamiento es similar a los flip-flops electrónicos. Con este sistema, para que la válvula vaya de una posición a la otra

basta con aplicar un pequeño pulso eléctrico a la bobina que está en la posición opuesta. Allí permanecerá sin importar que dicha bobina siga energizada y hasta que se aplique un pulso en la bobina contraria. La principal función en estos sistemas es la de "memorizar" una señal sin que el controlador esté obligado a tener permanentemente energizada la bobina.

### **1.1.6 CILINDROS NEUMÁTICOS**

Los cilindros neumáticos son elementos de trabajo neumáticos. La energía del aire comprimido se transforma por medio de cilindros en un movimiento lineal de vaivén, y mediante motores neumáticos, en movimiento de giro<sup>5</sup>.

A menudo, la generación de un movimiento rectilíneo con elementos mecánicos combinados con accionamientos eléctricos supone un gasto considerable.

#### **1.1.6.1 Constitución de los cilindros**

El cilindro de émbolo se compone de: tubo, tapa posterior (fondo) y tapa anterior con cojinete (manguito doble de copa), vástago, casquillo de cojinete y aro rascador; además, de piezas de unión y juntas.

Los componentes de un cilindro neumático se observa en la Fig. 6 "Estructura de un cilindro neumático" y se describe a continuación.

El tubo cilíndrico (1) se fabrica en la mayoría de los casos de tubo de acero embutido sin costura. Para prolongar la duración de las juntas, la superficie interior del tubo debe someterse a un mecanizado de precisión (bruñido).

---

<sup>5</sup> Neumática, introducción en la neumática, manual de estudio (FESTO DIDACTIC) pág. 115-117



Para aplicaciones especiales, el tubo se construye de aluminio, latón o de tubo de acero con superficie de rodadura cromada. Estas ejecuciones especiales se emplean cuando los cilindros no se accionan con frecuencia o para protegerlos de influencias corrosivas.

Para las tapas posterior fondo (2) y anterior (3) se emplea preferentemente material de fundición (de aluminio o maleable). La fijación de ambas tapas en el tubo puede realizarse mediante tirantes, roscas o bridas.

El vástago (4) se fabrica preferentemente de acero bonificado, Este acero contiene un determinado porcentaje de cromo que lo protege de la corrosión. A deseo, el émbolo se somete a un tratamiento de temple. Su superficie se comprime en un proceso de rodado entre discos planos. La profundidad de asperezas del vástago es de 1 mm En general, las roscas se laminan al objeto de prevenir el riesgo de roturas.

Para normalizar el vástago se monta en la tapa anterior un collarín obturador (5). De la guía de vástago se hace cargo un casquillo de cojinete (6), que puede ser de bronce sinterizado o un casquillo metálico con revestimiento de plástico.

Delante del casquillo de cojinete se encuentra un aro rascador (7). Este impide que entren partículas de polvo y suciedad en el interior del cilindro. Por eso, no se necesita emplear un fuelle.

El manguito doble de copa (8) hermetiza la cámara del cilindro. Las juntas o anillos (9) se emplean para la obturación estática, porque deben pretensarse, y esto causa pérdidas elevadas por fricción en aplicaciones dinámicas.

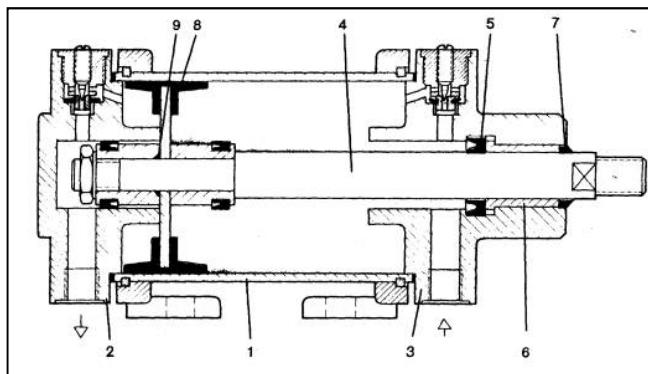


Fig. 6 "Estructura de un cilindro neumático"

**Fuente:** [www.sapiensman.com](http://www.sapiensman.com)

### 1.1.6.2 Fuerza del émbolo

La fuerza ejercida por un elemento de trabajo depende de la presión del aire, del diámetro del cilindro del rozamiento de las juntas. La fuerza teórica del émbolo se calcula con la siguiente fórmula:

$$F_{Teór} = A * P \quad \text{Ecuación (7)}$$

$$F_{Teór} = \text{Fuerza teórica del émbolo} \quad (N)$$

$$A = \text{Superficie útil del émbolo} \quad (cm^2)$$

$$P = \text{Presión de trabajo} \quad (KPa, 10^5 N/m^2, bar)$$

En la práctica es necesario conocer la fuerza real. Para determinarla hay que tener en cuenta los rozamientos. En condiciones normales de servicio (presiones de 400 a 800 kPa/4 a 8 bar) se puede suponer que las fuerzas de rozamiento representan de un 3 a un 20% de la fuerza calculada.

Cilindro de simple efecto:

$$F_n = A * P - (F_R + F_f) \quad \text{Ecuación (8)}$$

<b>Cilindro de doble efecto (en el avance)</b>	<b>Cilindro de doble efecto (en el Retorno)</b>
$F_n = A * P - F_R$	$F_n = A'' * P - F_R$
$F_n$ = Fuerza efectiva o real del émbolo	(N)
$A$ = Superficie útil del anillo del émbolo	(cm <sup>2</sup> )
$= \left( \frac{D^2 * \pi}{4} \right)$	
$P$ = Presión de trabajo	(KPa, 10 <sup>5</sup> N/m <sup>2</sup> , bar)
$F_R$ = Fuerza de rozamiento (3-20%)	(N)
$F_F$ = Fuerza del muelle de recuperación	(N)
$A$ = Diámetro del émbolo	(mm)
$d$ = Diámetro del vástago	(mm)

### 1.1.6.3 Consumo de aire

Otra característica importante es la cantidad de aire a presión necesario para el funcionamiento de un cilindro. La energía de aire comprimido que alimenta los cilindros se consume transformándose en trabajo y una vez utilizado se expulsa a la atmósfera por el escape durante la carrera de retroceso. Se entiende por consumo en cada ciclo de trabajo.

### 1.1.6.4 Velocidad del émbolo

La velocidad del émbolo en cilindros neumáticos depende de la presión y el caudal del aire, de la longitud de la tubería, de la sección entre los elementos de mando y trabajo y del caudal que circula por el elemento de mando. Además, influye en la velocidad la amortiguación final de carrera.

Cuando el émbolo abandona la zona de amortiguación, el aire entra por una válvula antirretorno y de estrangulación y produce una reducción de la velocidad.

La velocidad media del émbolo, en cilindros estándar, está comprendida entre 0,1 y 1,5 m/s. Con cilindros especiales (cilindros de impacto) se alcanzan velocidades de hasta 10 m/s.

La velocidad del émbolo puede regularse con válvulas especiales. Las válvulas de estrangulación, antirretorno y de escape rápido proporcionan velocidades mayores o menores.

#### **1.1.6.5 Cilindros de simple efecto**

Estos cilindros tienen una sola conexión de aire comprimido. No pueden realizar trabajos más que en un sentido. Se necesita aire sólo para un movimiento de traslación. El vástago retorna por el efecto de un muelle incorporado o de una fuerza externa. El resorte incorporado se calcula de modo que haga regresar el émbolo a su posición inicial a una velocidad suficientemente grande.

En los cilindros de simple efecto con muelle incorporado, la longitud de éste limita la carrera. Por eso, estos cilindros no sobrepasan una carrera de unos 100 mm.

Se utilizan principalmente para sujetar, expulsar, apretar, levantar, alimentar, etc. En la figura 7 se aprecia el "Cilindro de simple efecto".

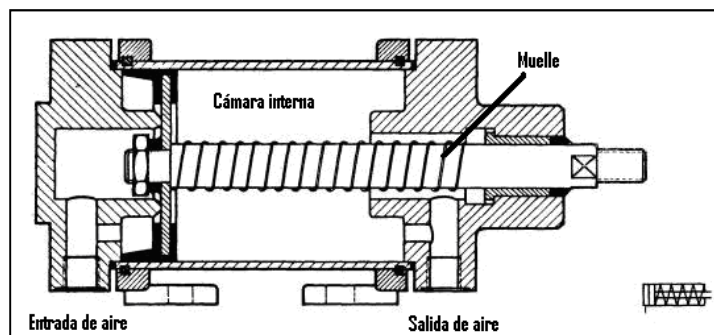


Fig. 7 "Cilindro de simple efecto"

**Fuente:** [www.sapiensman.com](http://www.sapiensman.com)

### 1.1.6.6 Cilindros de doble efecto

La fuerza ejercida por el aire comprimido anima al émbolo, en cilindros de doble efecto, a realizar un movimiento de traslación en los dos sentidos. Se dispone de una fuerza útil tanto en la ida como en el retorno.

Los cilindros de doble efecto se emplean especialmente en los casos en que el émbolo tiene que realizar una misión también al retornar a su posición inicial. En principio, la carrera de los cilindros no está limitada, pero hay que tener en cuenta el pandeo y doblado que puede sufrir el vástago salido.

También en este caso, sirven de empaquetadura los labios y émbolos de las membranas. En la siguiente figura 8 se aprecia "Cilindro de doble efecto".

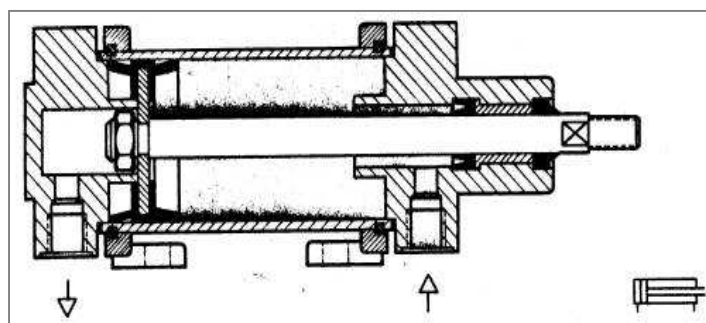


Fig. 8 "Cilindro de doble efecto"

**Fuente:** [www.sapiensman.com](http://www.sapiensman.com)

## **1.1.7 ACTUADORES ELÉCTRICOS**

La estructura de un actuador eléctrico es simple en comparación con la de los actuadores hidráulicos y neumáticos, ya que sólo se requieren de energía eléctrica como fuente de poder. Como se utilizan cables eléctricos para transmitir electricidad y las señales, es altamente versátil y prácticamente no hay restricciones respecto a la distancia entre la fuente de poder y el actuador.

Existe una gran cantidad de modelos y es fácil utilizarlos con motores eléctricos estandarizados según la aplicación. En la mayoría de los casos es necesario utilizar reductores, debido a que los motores son de operación continua.

### **1.1.7.1 Características**

Entre sus características, se destaca la unión entre el cabezal de operación y el cuerpo, que usa un innovador sistema de fijación de bayoneta del accionador, lo que permite removerlo y reposicionarlo sin la utilización de herramientas. Asimismo, los cabezales pueden rotarse sobre su eje en ángulos de 45°, y el block de contactos auxiliares puede ser retirado, para un cableado más simple.

Estos interruptores están disponibles en combinaciones de 2 y 3 contactos NA y NC, de acción rápida y de acción lenta.

Los actuadores eléctricos, son interruptores que detectan la posición de un elemento móvil, mediante accionamiento mecánico. Son muy habituales en la industria para detectar la llegada de un elemento móvil a una determinada posición.

Existen multitud de tipos de interruptores final de carrera, que se suelen distinguir por el elemento móvil que genera la señal eléctrica de salida. Se tienen, por ejemplo, los de

lengüeta, bisagra, palanca con rodillo, varilla, palanca metálica con muelle, de pulsador, etc.

### 1.1.7.2 Utilización de un sensor de mando mecánico de una electroválvula

La forma más sencilla para el accionamiento con un pistón, sería la instalación de una palanca solidaria a una bisagra adherida a una superficie paralela al eje del pistón de accionamiento y a las entradas roscadas, tal y como se observa en la figura 9 “Actuador eléctrico”.



Fig. 9 “Actuador eléctrico”

**Fuente:** [www.sapiensman.com](http://www.sapiensman.com)

El pistón eléctrico puede ser accionado por una corriente, con lo cual para su accionamiento, solo hará falta utilizar un simple relé. En caso que se decidiera alimentarlo con c.c. la corriente deberá ser del mismo valor pudiendo ser activado por una salida a transistor de un PLC.

## 1.2 INFORMACION DE PLC's

### 1.2.1 ¿QUÉ ES UN PLC?

Los **PLC** (Programmable Logic Controller en sus siglas en inglés) son dispositivos electrónicos muy usados en Automatización Industrial. Es un hardware industrial, que se utiliza para la obtención de datos. Una vez obtenidos, los pasa a través de bus (por ejemplo por Ethernet) en un servidor.

Su historia se remonta a finales de la década de 1960 cuando la industria buscó en las nuevas tecnologías electrónicas una solución más eficiente para reemplazar los sistemas de control basados en circuitos eléctricos con relés, interruptores y otros componentes comúnmente utilizados para el control de los sistemas de lógica combinacional.

Hoy en día, los PLC no sólo controlan la lógica de funcionamiento de máquinas, plantas y procesos industriales, sino que también pueden realizar operaciones aritméticas, manejar señales analógicas para realizar estrategias de control, tales como controladores proporcional integral derivativo (PID).

Los PLC actuales pueden comunicarse con otros controladores y computadoras en redes de área local, y son una parte fundamental de los modernos sistemas de control distribuido.

Existen varios lenguajes de programación, tradicionalmente los más utilizados son el diagrama de escalera (Lenguaje Ladder), preferido por los electricistas, lista de instrucciones y programación por estados, aunque se han incorporado lenguajes más intuitivos que permiten implementar algoritmos complejos mediante simples diagramas de flujo más fáciles de interpretar y mantener. Un lenguaje más reciente, preferido por los informáticos y electrónicos, es el FBD (en inglés Function Block Diagram) que emplea compuertas lógicas y bloques con distintas funciones conectados entre sí.

En la programación se pueden incluir diferentes tipos de operandos, desde los más simples como lógica booleana, contadores, temporizadores, contactos, bobinas y operadores matemáticos, hasta operaciones más complejas como manejo de tablas (recetas), apuntadores, algoritmos PID y funciones de comunicación multiprotocolo que le permitirían interconectarse con otros dispositivos.



### 1.2.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS PLC's

Un PLC está compuesto por una serie de módulos con una función determinada:

**CPU:** Ejecuta de modo continuo el programa en función de los datos contenidos en la memoria, con velocidades que actualmente alcanzan varios cientos de miles de instrucciones por segundo.

**Memoria:** La memoria, se encuentra dividida en dos partes: una memoria de programa, en la que están almacenadas las instrucciones del programa a ejecutar y una memoria de datos, en la que están almacenados los resultados intermediarios de cálculos y los diversos estados.

**Relevadores:** Existen físicamente y son externos al controlador; se conectan al mundo real y reciben señales de sensores, switches, etc.

**Relevadores internos:** Se encuentran simulados vía software, son completamente internos al PLC, por lo que los externos pueden eliminarse o remplazarse.

**Contadores:** También son simulados por software y se les programa para contar pulsos de señal.

Su utilización se da fundamentalmente en aquellas instalaciones en donde es necesario un proceso de maniobra, control, señalización, etc. Por tanto, su aplicación abarca desde procesos de fabricación industriales de cualquier tipo a transformaciones industriales, control de instalaciones, etc.

Sus reducidas dimensiones, la extremada facilidad de su montaje, la posibilidad de almacenar los programas para su posterior y rápida utilización, la modificación o alteración de los mismos, etc., hace que su eficacia se aprecie fundamentalmente en procesos en que se producen necesidades tales como:

- Espacio reducido
- Procesos de producción periódicamente cambiantes
- Procesos secuenciales
- Maquinaria de procesos variables

- Instalaciones de procesos complejos y amplios
- Chequeo de programación centralizada de las partes del proceso

Como algunos ejemplos de aplicaciones generales tenemos:

- Maniobra de máquinas
- Maquinaria industrial de plástico
- Maquinaria de embalajes
- Maniobra de instalaciones:
  - Instalación de aire acondicionado, calefacción
  - Instalaciones de seguridad

### **1.2.3 VENTAJAS E INCONVENIENTES DE LOS PLC's**

Entre las ventajas tenemos:

- Menor tiempo de elaboración de proyectos.
- Posibilidad de añadir modificaciones sin costo añadido en otros componentes.
- Mínimo espacio de ocupación.
- Menor costo de mano de obra.
- Mantenimiento económico.
- Posibilidad de gobernar varias máquinas con el mismo autómata.
- Menor tiempo de puesta en funcionamiento.
- Si el autómata queda pequeño para el proceso industrial puede seguir siendo de utilidad en otras máquinas o sistemas de producción.

Y entre los inconvenientes:

- Adiestramiento de técnicos.
- Costo.

### 1.2.4 RELE LOGICO PROGRAMABLE (LOGO)

Con LOGO se resuelven tareas de instalación y del ámbito doméstico (p.ej. alumbrado de escaleras, luz exterior, toldos, persianas, alumbrado de escaparates, etc.), así como la construcción de armarios eléctricos, máquinas y aparatos (p.ej. controles de puertas, instalaciones de ventilación, bombas de agua no potable, etc.)<sup>6</sup>.

Asimismo, LOGO se puede utilizar para controles especiales en invernaderos o jardines de invierno, para el procesamiento de señales en controles y, mediante la conexión de un módulo de comunicaciones (p. ej., ASi), para el control descentralizado “in situ” de máquinas y procesos.

Para las aplicaciones en serie en la construcción de máquinas pequeñas, aparatos y armarios eléctricos, así como en el sector de instalaciones, existen variantes especiales sin unidad de mando y visualización.

LOGO es el módulo lógico universal de Siemens que contiene integrados y también:

- Control
- Unidad de mando y visualización con iluminación
- Fuente de alimentación
- Interfaz para módulos de ampliación
- Interfaz para módulo de programación (Card) y cable para PC
- Funciones básicas habituales programadas, p.ej. para conexión retardada, desconexión retardada, relés de corriente, e interruptor de software
- Temporizador
- Marcas digitales y analógicas
- Entradas y salidas en función del modelo.

---

<sup>6</sup> Siemens Manual Logo! Edición 06/2003 pág. 1-3

### 1.2.5 ENTRADAS Y SALIDAS DE LOGO

Las entradas se designan con la letra I y una cifra. Si observa la parte frontal de LOGO, verá en la parte superior los bornes de las entradas. Sólo en los módulos analógicos LOGO AM 2 y AM 2 PT100 las entradas están en la parte inferior. Las salidas se designan con la letra Q y una cifra. Los bornes de las salidas se hallan en la parte inferior<sup>7</sup>.

Para escribir el programa se dispone de las siguientes entradas, salidas y marcas: I1 hasta I24, AI1 hasta AI8, Q1 hasta Q16, AQ1 y AQ2, M1 hasta M24 y AM1 hasta AM6. También puede utilizar los bits S1 hasta S8 del registro de desplazamiento, 4 teclas de cursor C  $\square$ , C  $\square$ , C  $\square$  y C  $\square$  y 16 salidas no conectadas X1 hasta X16.

Como bornes identificamos todas las conexiones y estados que se pueden utilizar en LOGO. Las entradas y salidas pueden tener el estado '0' o el estado '1'. El estado '0' significa que no hay tensión en la entrada. El estado '1' significa que sí hay tensión. Los bornes 'hi', 'lo' y 'x' los hemos introducido para facilitarle la elaboración del programa: figura 10.

'hi' (high) tiene asignado el estado fijo '1',  
'lo' (low) tiene asignado el estado fijo '0'.

No debe utilizar todas las conexiones de un bloque. Para las conexiones que no se utilizan, el programa adopta automáticamente el estado que garantiza el funcionamiento del bloque en cuestión. Dado el caso, es posible identificar las conexiones no utilizadas de forma especial con el borne 'x'.

### 1.2.6 FUNCIONES DE LOGO

LOGO pone a su disposición diferentes elementos en el modo de programación. Para su orientación, hemos distribuido dichos elementos en distintas 'listas', que se especifican a continuación.

---

<sup>7</sup> Siemens Manual Logo! Edición 06/2003 pág. 39-40

### 1.2.6.1 Constantes y bornes Co

**Co:** Lista de los bornes (**C**onector). Las constantes y los bornes identifican entradas, salidas, marcas y niveles de tensión fijos (constantes).

#### 1.2.6.1.1 Entradas digitales

Las entradas digitales se identifican mediante una **I**. Los números de las entradas digitales (I1, I2,...) corresponden a los números de los bornes de entrada de LOGO! Basic y de los módulos digitales conectados en el orden de montaje. En la Fig.10 se aprecia "Entradas y salidas de LOGO".

#### 1.2.6.1.2 Entradas analógicas

En las variantes de LOGO, LOGO 24, LOGO 24o, LOGO 12/24RC y LOGO 12/24RCo existen las entradas I7 y I8, que, dependiendo de la programación, también pueden utilizarse como **AI1** y **AI2**. Si se emplean las entradas como I7 y I8, la señal aplicada se interpreta como valor digital. Al utilizar AI1 y AI2 se interpretan las señales como valor analógico. Si se conecta un módulo analógico, la numeración de las entradas se realiza de acuerdo con las entradas analógicas ya disponibles.

Para las funciones especiales, que por el lado de las entradas sólo pueden conectarse con entradas analógicas, para la selección de la señal de entrada en el modo de programación se ofrecen las entradas analógicas AI1...AI8, las marcas analógicas AM1...AM6, los números de bloque de una función con salida analógica o las salidas analógicas AQ1 y AQ2.

#### 1.2.6.1.3 Salidas digitales

Las salidas digitales se identifican con una **Q**. Los números de las salidas (Q1, Q2, .Q16) correspondan a los números de los bornes de salida de LOGO! Basic y de los

módulos de ampliación conectados en el orden de montaje. En la figura 10 se aprecia “Entradas y salidas de LOGO”.

También existe la posibilidad de utilizar 16 salidas no conectadas. Estas salidas se identifican con una **x** y no pueden volver a utilizarse en un programa (a diferencia p.ej. de las marcas). En la lista aparecen todas las salidas no conectadas programadas y una salida no conectada todavía no programada. El uso de una salida no conectada es útil p.ej. en la función especial.

#### 1.2.6.1.4 Salidas analógicas

Las salidas analógicas se identifican con **AQ**. Existen dos salidas analógicas disponibles, AQ1 y AQ2. En un salida analógica sólo puede conectar un valor analógico, es decir, una función con una salida analógica o una marca analógica AM.

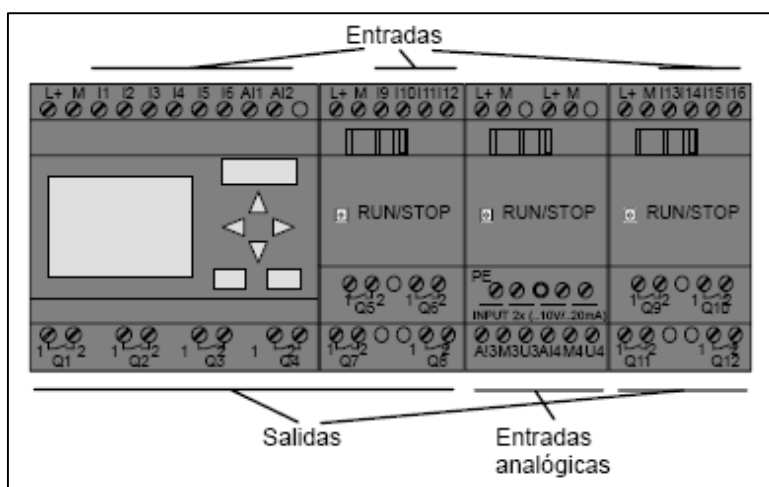


Fig. 10 “Entradas y salidas de LOGO”

**Fuente:** Manual del LOGO Siemens. Edición 06/2006 pág.91

#### 1.2.6.1.5 Marcas

Las marcas se identifican con **M** o **AM**. Las marcas son salidas virtuales que poseen en su salida el mismo valor que hay aplicado a su entrada. En LOGO hay disponibles 24 marcas digitales M1... M24 y 6 marcas analógicas AM1... AM6.

### 1.2.6.2 Lista de funciones básicas GF

**GF:** Lista de las funciones básicas AND, OR,...

Las funciones básicas son elementos lógicos sencillos del álgebra de Boole.

Las entradas y funciones básicas se pueden negar de forma individual, es decir, que si en la entrada en cuestión hay un "1", el programa utiliza un "0"; Si hay un "0", se utiliza un "1".

Al introducir un programa encontrará los bloques de funciones básicas en la lista GF. Existen varias funciones básicas por lo que en el Anexo 4 se muestra "Lista de Funciones Básicas" con su representación en un circuito eléctrico, representación en LOGO y designación de la función básica.

### 1.2.6.3 Lista de funciones especiales SF

**SF:** Lista de las funciones especiales

Las funciones especiales se distinguen a primera vista de las funciones básicas por la denominación diferente de sus entradas. Las funciones especiales contienen funciones de tiempo, remanencia y diferentes posibilidades de parametrización para adaptar el programa a sus necesidades.

Al introducir un programa en LOGO, en la lista SF aparecen los bloques de las funciones especiales.

Es posible negar entradas y funciones especiales de forma individual, es decir, que si en la entrada en cuestión hay un "1", el programa utiliza un "0"; Si hay un "0", se utiliza un "1".<sup>8</sup>

---

<sup>8</sup> Siemens Manual Logo! Edición 02/2005 pág. 89-95, 110-113

Se exponen en la tabla en el Anexo 5 las “Lista Funciones Especiales” y se indica si la función afectada posee remanencia parametrizable (Rem).

## **1.3 LENGUAJE DE PROGRAMACION PARA LOS PLC´s**

### **1.3.1 LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN**

Los lenguajes de programación ofrecen un conjunto de instrucciones con una determinada sintaxis para ejecutar una función.

Existen lenguajes de nivel bajo, intermedio y superior dependiendo del grado de comunicación que se tiene con la unidad de control de procesos (CPU) y el grado de complejidad de las instrucciones.

Los lenguajes de programación también se pueden clasificar entre si son lenguajes estructurados o no estructurados, lo que se refiere a la forma en que se escriben y agrupan las instrucciones.

Los lenguajes de programación deben ser de fácil entendimiento, de manera que permitan su modificación posterior, si es que existen nuevos requerimientos.

#### **1.3.1.1 Lenguajes de bajo nivel**

Son los lenguajes que operan con instrucciones que controlan cada bit de la CPU. Ejemplo de ello son los lenguajes *assembler* y de máquina. No obstante, están muy limitados: Por ejemplo, con estos lenguajes sólo se pueden sumar números de 8 ó 16 bits. Para realizar una suma más compleja, de números de más bits, es necesario descomponer el número en números sencillos, sumarlos uno por uno guardando el arrastre de cada suma básica, para sumarlo con el siguiente número más significativo y así sucesivamente.



Ejemplo:

Suma 2+3 en Assembler de Z80

LD A, 03H Carga 3 al acumulador A (A=3)

ADD A, 02H Suma 2 al acumulador A (A=5)

### **1.3.1.2 Lenguajes de nivel intermedio**

Con estos lenguajes de programación se dispone de un conjunto de instrucciones que ya pueden comunicarse, tanto a nivel de bit con el microprocesador, como ejecutar funciones de mayor grado de complejidad.

En estos lenguajes de nivel intermedio se incorporan las funciones aritméticas, algunas funciones matemáticas (trigonométricas, raíz cuadrada, logaritmos, etc.) y funciones de manipulación de archivos en dispositivos de almacenamiento externo.

Ejemplos de lenguajes de nivel medio: C, FORTH.

Ejemplo:

Cálculo de 20! en C:

```
s=1;  
For (i=2; i<=20; i++)  
s=s*i;
```

### **1.3.1.3 Lenguajes de nivel superior**

Con los lenguajes de nivel superior se consigue realizar con tan solo una instrucción una operación, que con los lenguajes de niveles inferiores sólo se podrían realizar con el auxilio de un conjunto de múltiples instrucciones.

Así por ejemplo, con una sola instrucción, un lenguaje de nivel superior orientado al empleo de bases de datos, puede ordenar alfabéticamente una lista de nombres.

### **1.3.2 LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN ORIENTADOS A PLC**

El lenguaje de programación de un PLC permite la creación del programa que controlará su CPU.

Mediante este lenguaje el programador podrá comunicarse con el PLC y así confiarle un programa para controlar las actividades que debe realizar el autómeta. Dependiendo del lenguaje de programación empleado, se podrá realizar un programa más o menos complejo. Junto con el lenguaje de programación, todos los fabricantes de PLC suministran un software de entorno para que el usuario pueda escribir sus programas de manera confortable. Este software es normalmente gráfico y funciona en ordenadores personales con sistemas operativos habituales.

Los sistemas de programación más habituales para programar los PLC son:

- Programación con diagrama de escalera
- Programación con bloques funcionales
- Programación con lógica booleana

#### **1.3.2.1 Programación con diagrama de escalera**

El diagrama de escalera es uno de los más utilizados en la programación de PLC. Se desarrolla a partir de los sistemas antiguos basados en relés. Que se continúe utilizando se debe principalmente a dos razones:

- Los técnicos encargados en el mantenimiento de los PLC están acostumbrados este lenguaje.
- Aunque los lenguajes de alto nivel se han desarrollado mucho, han sido pocos los que han podido cubrir de modo satisfactorio todos los requerimientos de

control en tiempo real que incluyan la representación de los estados de los puntos de entrada y salida.

Esta forma de programación se ha llamado de "lógica de escalera, porque en el diseño gráfico del diagrama se emplean una especie de "rieles" y "peldaños", como en el ejemplo de la Fig. 11 "Diagrama Típico de Lógica de Escalera".

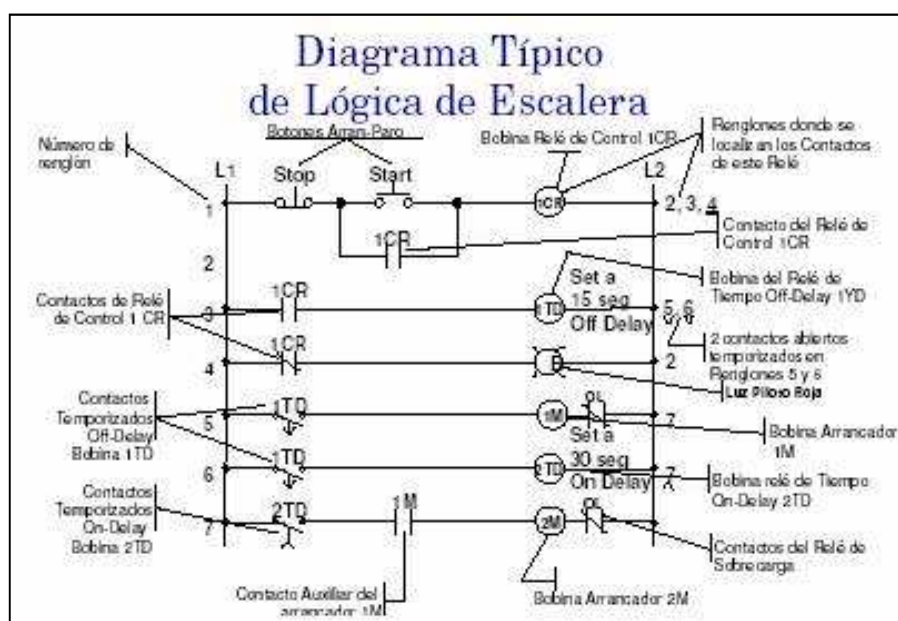


Fig. 11 "Diagrama típico de lógica de escalera"

*Fuente:* <mailto:observatorio@cnice.mec.es>

### 1.3.2.2 Programación con bloques funcionales

Hoy en día, para programar PLC, como también otros equipos, se usa una interface gráfica de bloques funcionales. Este tipo de programación ha sido diseñado para describir, programar y documentar la secuencia del proceso de control, todo en sencillos pasos.

En Europa, se utiliza el lenguaje de programación llamado GRAFCET (creado en FRANCIA, Gráfico de Orden Etapa Transición). Es un lenguaje extraordinariamente

sencillo y fácil de entender por personas sin demasiados conocimientos de automatismos eléctricos. Está especialmente diseñado para resolver problemas de automatismos secuenciales.

En la lógica secuencial, la programación con bloques funcionales es muy superior a otras formas de programación, mientras que los diagramas escalera y booleanos son mejores en lógica combinacional.

Dado que hoy en día el control de procesos se programa principalmente con lógica secuencial, la programación con bloques funcionales se convierte en el estándar para programar PLC.

Este lenguaje incluye un conjunto de símbolos y convenciones tales como pasos, transiciones, conectividades (también llamados enlaces) y condiciones.

### **1.3.3 PROGRAMAR LOGO**

Por programar se entiende la creación de programas. Básicamente, un programa de LOGO no es más que un esquema eléctrico representado de una forma diferente<sup>9</sup>.

Llegados a este punto debemos mencionar LOGO Soft Comfort, el software de programación para LOGO, que permite crear, probar, simular, modificar, guardar e imprimir los programas cómodamente. Se describe la creación del programa en el propio LOGO, ya que el software de programación LOGO Soft Comfort dispone de una ayuda en pantalla muy completa.

#### **1.3.3.1 Software de logo**

El programa LOGO Soft Comfort está disponible como paquete de programación para el PC. Con el software dispondrá, entre otras, de las siguientes funciones:

---

<sup>9</sup> Siemens Manual Logo! Edición 06/2003 pág. 42

- Creación gráfica de su programa offline como diagrama de escalones (esquema de contacto / esquema de corriente) o como diagrama de bloque de funciones (esquema de funciones)
- Simulación del programa en el ordenador
- Generación e impresión de un esquema general del programa
- Almacenamiento de datos del programa en el disco duro o en otro soporte
- Comparación de programas
- Parametrización cómoda de los bloques
- Transferencia del programa
  - desde LOGO al PC
  - del PC a LOGO
  
- Lectura del contador de horas de funcionamiento
- Ajuste de la hora
- Ajuste del horario de verano e invierno
- Prueba online: Indicación de estados y valores actuales de LOGO! en modo RUN:
  - estados de entradas y salidas digitales, de marcas, de bits de registro de desplazamiento y de teclas de cursor
  - Valores de todas las entradas y salidas analógicas y marcas
  - Resultados de todos los bloques
  - Valores actuales (incluidos tiempos) de bloques seleccionados
  
- Interrupción del procesamiento del programa desde el PC (STOP).

### **1.3.3.2 Bloques y números de bloque**

En este capítulo mostraremos cómo crear con los elementos de LOGO! un gran número de circuitos y cómo se conectan los bloques entre ellos y con las entradas y salidas.

### 1.3.3.2.1 Bloques

En LOGO, un bloque es una función que convierte información de entrada en información de salida. Antes era necesario cablear los distintos elementos en el armario eléctrico o en la caja de conexiones.

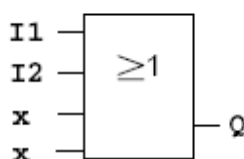
Al elaborar el programa debe conectar bornes con bloques.

A tal efecto, basta con elegir la conexión deseada en el menú **Co**. El menú Co debe su nombre al término inglés “Connector” (borne).

### 1.3.3.2.2 Funciones lógicas

Los bloques más sencillos son funciones lógicas:

- Y (AND)
- (OR)



Las entradas I1 e I2 están conectadas aquí al bloque OR. Las últimas dos entradas del bloque no se utilizan y el autor del programa las ha identificado con una 'x'.

Bastante más eficientes son las funciones especiales:

- Relé de impulsos
- Contador de avance/retroceso
- Retardo de activación
- Interruptor de software<sup>10</sup>

---

<sup>10</sup> Siemens Manual Logo! Edición 06/2003 pág. 43-46

## **CAPÍTULO 2**

### **DISEÑO DE COMPONENTES**

#### **2.1 DISEÑO DEL MÓDULO DIDACTICO**

Con el objeto de que el proceso cumpla con todos los parámetros establecidos, y de esta manera los alumnos puedan familiarizarse con elementos industriales para una adecuada formación técnica, se combinó conocimientos básicos de taller mecánico, máquinas eléctricas, control industrial y neumática. Ramas que se pueden fusionar e interactuar mutuamente dependiendo de las necesidades y requerimientos que se ejecuten en el campo industrial.

El desarrollo del proceso para suministrar material a los sitios de trabajo se inicia alimentando el tablero de control, se habilita el compresor y de esta manera se pone en marcha la banda transportadora. Esperando de una alarma visual en el tablero de control para que el operador pueda enviar material al puesto de trabajo que lo requiera, así el proceso se ejecutará de manera ordenada de acuerdo a las necesidades para los cuales fue diseñado el presente proyecto.

##### **2.1.1 ANÁLISIS PLANTEADO PARA LA EJECUCIÓN DEL PROCESO**

Como primera instancia debido a un análisis planificado y del desarrollo de una encuesta en las industrias de manufactura, se determinó que para un mejoramiento en calidad y productividad de los productos elaborados se requiere de una mejor optimización al momento de transportar y distribuir la materia prima a los sitios de trabajo, de esta manera se logrará un mejor desempeño de las actividades en el área operativa.

La incorporación de sistemas automáticos permite una gran optimización al momento de trasladar la materia prima a los lugares de trabajo. Se precisará una serie de ventajas y desventajas de los medios requeridos, tanto en lo que se refiere a los elementos de mando como también en lo que respecta a los elementos de ejecución, luego de lo mencionado se podrá desarrollar la elaboración de este proceso.

El suministro de materia prima a los lugares de trabajo se realizará mediante un mecanismo de transporte (banda transportadora), la cual permitirá el desplazamiento del material, agregando mecanismos de separación y retención a los lugares de trabajo mediante brazos salientes de forma horizontal accionados por un sistema neumático.

Los sistemas neumáticos son considerados métodos de ayuda y se desarrollan ante la situación a crear mediante un plano tentativo, este plano tendrá como objetivo realizar un bosquejo gráfico del proceso a controlar, de forma similar se elaborará un esquema de distribución el cual nos permitirá visualizar el flujo de aire que interactúa con los elementos de mando.

De forma adicional se podrá incorporar un Diagrama de pasos el cual nos ayudará en la visualización del recorrido que tendrá cada uno de los vástagos dentro del proceso.

Para la elaboración de nuestro módulo se desarrollara únicamente para cuatro puestos de trabajo, en donde cada uno tendrá un mecanismo de brazo accionado por un cilindro neumático para lograr el correcto desplazamiento al lugar de trabajo.

Este procedimiento se podrá conseguir con la correcta programación que se aplique algún tipo de controlador, que en nuestro caso es el RLP (Logo).



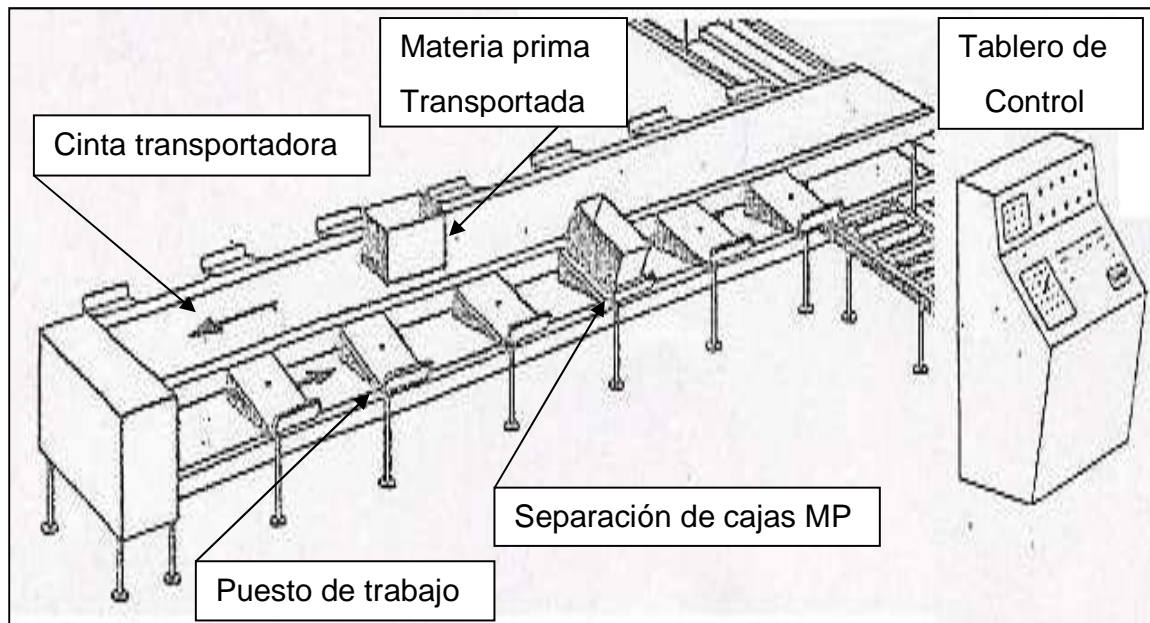


Fig. 12 "Prototipo inicial"

*Fuente: Elaborado por el autor*

Observe el Anexo 6. "Estructura del Proyecto", el mismo que proporciona la imagen real de la máquina construida.

### 2.1.2 COMPONENTES FUNDAMENTALES DEL MÓDULO

Para el correcto desarrollo en la construcción del proyecto ante las observaciones planteadas en el punto 2.1.1, se requiere analizar aspectos constructivos como:

- Estructura Metálica
- Medio de transporte para el suministro de Materia Prima a los lugares de trabajo
- Suministro de aire comprimido para el proceso

### **2.1.2.1 Estructura Metálica**

Los elementos tanto de mando como de ejecución se apoyaran sobre una estructura metálica la cual deberá ser diseñada de tal manera que soporte el peso de la banda transportadora, motor reductor, tablero de control y dispositivos tales como: elementos neumáticos, electroválvulas, cilindros neumáticos, tuberías y el cableado requerido.

Permitiendo de esta manera el fácil montaje y desmontaje de todos sus componentes dependiendo de las necesidades ya sean de mantenimiento o futuras modificaciones a implementar.

Para la construcción de la estructura se sugiere considerar aceros de construcción tales como perfiles, ángulos, tubos los mismos que se pueden someter a trabajos de suelda y ya sea el requerimiento del uso de pernos para dar una correcta fijación a la estructura.

La construcción debe priorizar una adecuada ubicación para la cinta transportadora, incorporando rodillos los cuales permitirán la adecuada movilidad que se requiere, a uno de estos rodillos se acoplará el motorreductor el cual dará una constante rotación de la cinta transportadora.

Los lugares a donde llegará la materia prima serán distribuidos de tal forma que no tengan inconvenientes al momento de distribuirlos, y serán elaborados con bandejas laterales a los lados de la banda transportadora, en donde estas bandejas deberán tener un grado de fricción mínima para obtener un adecuado desplazamiento de las cajas portadoras de materia prima.

El tipo de sujeción que deberán tener los cilindros y el acoplamiento del vástago al brazo separador de las cajas portadoras de materia prima, se elegirá con sumo cuidado ya que los cilindros solo pueden someterse a un esfuerzo axial.

Cuando se alimenta el aire comprimido al circuito neumático los cilindros se someten a esfuerzos, si los acoples y ajuste del vástago con el brazo separador son incorrectos se producirán esfuerzos indebidos en la camisa y el émbolo del cilindro, generando así graves consecuencias como el deterioro prematuro del mismo.

#### **2.1.2.2 Medio de transporte para el suministro de materia prima a los puestos de trabajo**

Ante la adecuada ubicación de rodillos en la estructura metálica, los cuales permitirán dar una constante rotación de la banda transportadora. De esta manera se podrá desplazar la materia prima a cada puesto de trabajo que lo requiera.

La banda transportadora a utilizar consta de las siguientes dimensiones: 27cm de ancho y 3.40m de longitud total de la misma. Debido al correcto posicionamiento de los rodillos los cuales permiten dar una movilidad constante a la banda.

Estos rodillos permiten la rotación al acoplar rodamientos a cada lado del tubo con su respectivo eje, el cual permitirá incorporar a la estructura metálica.

El correcto acople de uno de los rodillos con el motor reductor darán la constante rotación a la banda. El eje del rodillo se acopla a un piñón dando la junta por medio de un ajuste suave y fijo para dar la sujeción requerida.

Acoplado un piñón al motorreductor se elabora el enlace de los ejes a través de una cadena dando un giro paralelo de los mismos permitiendo la movilidad requerida de la banda transportadora.

#### **2.1.2.3 Suministro de aire comprimido para el proceso**

Un sistema de aire comprimido no solo sucede, sino es el resultado de una buena planeación. Un sistema eficiente asegura una mínima pérdida de presión y retira la

mayoría de los contaminantes (agua, óxido, aceite del compresor, suciedad y otros materiales extraños).

Un sistema eficiente da como resultado un costo menor por unidad de aire comprimido, adecuada operación de las herramientas, alarga la vida de los componentes, aumenta la capacidad de fluido y la reducción de cieno y óxido en la línea maestra y las alternas<sup>11</sup>.

Antes que se pueda utilizar el aire comprimido para operar un dispositivo operado por aire, deberá ser preparado apropiadamente. Esto se deberá secarse, limpiarse y regularse a una presión adecuada para la operación del dispositivo y en algunos casos lubricarse para reducir fricción en el dispositivo. Los dispositivos que preparan aire comprimido para un uso adecuado en herramientas operadas por aire son llamados acondicionadores.

Cuando el aire está comprimido, el contenido de agua para un volumen dado de aire se aumenta. Cuando el aire fluye a través de la línea, se forma agua condensada en la tubería, esta humedad puede oxidar la tubería, acortar la vida de los componentes, asfixiar las líneas de aire y reducir el fluido del aire y todo constituye el costoso tiempo no operable. El agua también causa imperfecciones en aplicaciones de expulsión, instalando un secador se evitará todo lo anterior.

Contaminantes atmosféricos (polvos, humedad, etc.) son atraídos hacia el sistema a través de la forma del compresor. Cieno, aceite y materia extraña, se agrega al sistema por el compresor mismo, este aire contaminado en la operación de los dispositivos a la larga los daña. Los filtros de aire comprimido instalados en el sistema, remueven estos contaminantes así como también la mayor parte de agua condensada del aire comprimido fluyente. Algunas aplicaciones requieren aire extremadamente limpio,

---

<sup>11</sup> Catálogo Norgren, productos para preparación de aire. Edición 1994 pág. 2-3

virtualmente libre de aceites y aerosoles, filtros eliminadores de aceite y de vapor de aceite se utilizan aquí.

Dispositivos operados por aire, están diseñados para trabajar a cierta presión. La mayoría de estos, trabajan a presiones mayores de las recomendadas. Al trabajar con presiones mayores causan desperdicio de aire comprimido. La mejor operación y durabilidad del dispositivo se obtiene utilizando el nivel de presión adecuado. Un regulador es utilizado para reducir y mantener una presión adecuada para el dispositivo.

La mayoría de las partes móviles requieren algún tipo de lubricación. La eficiencia en cilindros, válvulas y motores de aire se puede mejorar mucho, si estos tienen la lubricación adecuada. Dispositivos operados por aire se pueden lubricar utilizando un lubricador de línea de aire, dispositivos que adiciona aceite en forma de aerosol y es llevado hacia las herramientas, cilindros, etc. Donde este se deposita en partes con movimiento y superficies deslizantes para reducir fricción y desgaste. La mayoría de los lubricantes tienen una entrega de aceite proporcional la cual produce una constante entrega aire/aceite dentro de un gran rango de fluido de aire.

De esta manera para obtener el acondicionamiento adecuado del aire es aconsejable utilizar los siguientes elementos:

- Compresor
- Filtro de aspiración
- Acumulador de aire a presión
- Secador
- Filtro de aire a presión con separador de agua
- Regulador de presión
- Lubricador
- Trampas para condensados

La generación del aire comprimido obtenido por el compresor es impulsado hacia los elementos neumáticos del sistema y estos dispositivos son activados por medio de las electroválvulas de acuerdo a las necesidades que requiera el proceso, la óptima programación del controlador permitirá dar un correcto funcionamiento en la ejecución del proceso.

## **2.2 DISEÑO DEL CIRCUITO DE CONTROL**

La correcta operación de un sistema de control, depende de cada componente del circuito incluyendo el elemento final de control. Es por eso que se realizará un análisis de operación para desarrollar la elaboración de este proyecto.

### **2.2.1 GENERALIDADES EN EL DISEÑO DE CONTROL**

La composición básica de este proyecto se enlazan a las funciones que pueden referirse a diversos componentes funcionales diferentes, es por eso que no se puede determinar en cada caso el componente de automatización correcto, por lo que se sugiere seguir el siguiente procedimiento:

#### **✓ Paso 1**

Todas las funciones son necesarias y como dependen una de la otra, determinar qué requisitos deben cumplirse y qué condiciones secundarias inciden en la solución elegida. Para responder a estas preguntas, es recomendable confeccionar un esquema de manipulación que ofrezca una visión de conjunto ilustrativa<sup>12</sup>.

---

<sup>12</sup> Catálogo Insetec, ejemplos prácticos de aplicaciones neumáticas. Edición 2000 pág. 10-11

## ✓ Paso 2

Un sistema tiene que ejecutar una serie de funciones, tales como desplazar, girar, sujetar, presionar, prensar y posicionar. En consecuencia, es necesario definir los componentes que son necesarios para realizar dichas funciones. Al hacerlo, deberán tenerse en cuenta especialmente los tamaños y la construcción de los componentes, sus fuerzas y velocidades

## ✓ Paso 3

También deberá determinarse la forma de controlar los actuadores incluidos en un sistema. Para ello se puede recurrir a válvulas distribuidoras, reguladoras de caudal, de bloqueo y reguladoras de presión que pueden controlarse o accionarse de modo manual, mecánico, eléctrico o neumático. Al mismo tiempo deberán considerarse los caudales y la inclusión de elementos de control.

## ✓ Paso 4

Definir el modo de establecer la conexión entre los cilindros y las electroválvulas. En este caso deberán elegirse los racores, los tubos flexibles o rígidos, los silenciadores, la transmisión de energía, los diámetros y los tamaños de roscas más adecuados.

## ✓ Paso 5

Definir como obtener el aire a medida. Para hacerlo, deberán elegirse numerosos componentes, empezando por el generador de aire comprimido, las unidades de mantenimiento, los filtros, los secadores, las unidades de lubricación, los reguladores de presión, llegando hasta la válvula de cierre y demás componentes necesarios para la alimentación del aire comprimido.

## ✓ Paso 6

Finalmente deberán compaginarse las secuencias de los movimientos con el sistema de control. Ello significa elegir la electrónica de evaluación y control, sensores, los sistemas de bus y, en numerosos casos también deberá seleccionarse la forma de transmitir las señales entre la parte neumática y la parte eléctrica/electrónica y la conexión a sistemas de control de jerarquía superior.

### **2.2.2 SELECCIÓN DEL RELÉ LÓGICO PROGRAMABLE (LOGO)**

Para que el proceso cumpla con los objetivos establecidos y se garantice el correcto funcionamiento del mismo, se ha definido requisitos indispensables para la selección del Relé Lógico Programable (Logo), los mismos que permitirán definir el tipo de controlador a implementar. La relevancia que tiene este elemento es: el número de entradas, el número de salidas, la alimentación del módulo, valores nominales de corriente entre otras y las especificaciones de funcionamiento que nos permitirán realizar los diferentes requerimientos a nuestro esquema de funcionamiento.

El proyecto para suministrar materia prima a los lugares de trabajo cuenta con 8 entradas y 4 salidas de operación, en la cual cada una de las entradas corresponde a un parámetro o dato de ingreso al controlador, este valor es procesador de forma lógica por el relé lógico programable, el cual genera valores en cada una de las salidas correspondiendo así a la respuesta aplicada al proceso. Por lo cual teniendo en cuenta el número de entradas y salidas se estableció adquirir el Relé Lógico Programable (Logo), el mismo que cuenta con 8 entradas y 4 salidas de operación, satisfaciendo así los requerimientos necesarios para desarrollar el proyecto.

En la Fig. 13 “LOGO” muestra la estructura física del LOGO.



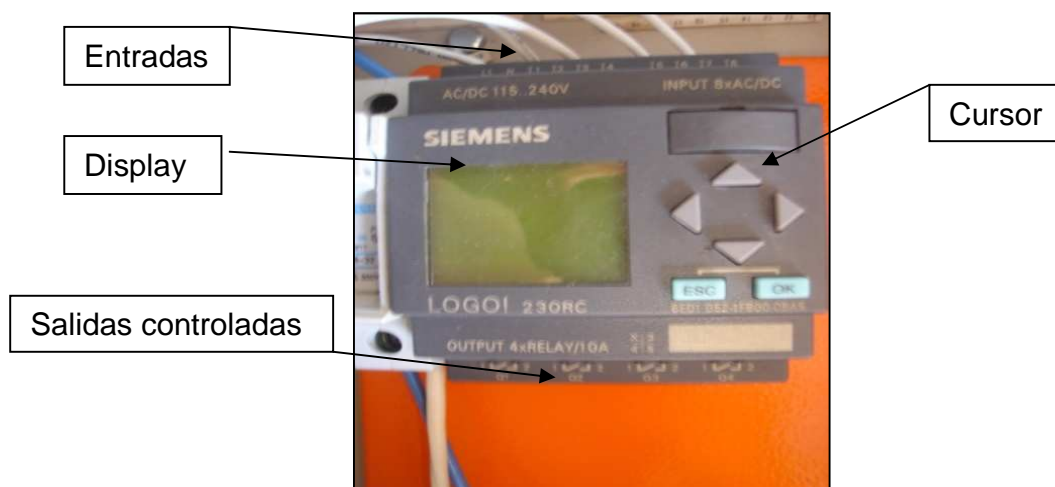


Fig. 13 "LOGO"

*Fuente: Elaborado por el autor*

### 2.2.3 FUNCIONAMIENTO DEL RELÉ LÓGICO PROGRAMABLE (LOGO)

Este controlador a través de sus elementos internos tales como integrados, relés tendrán la capacidad de reemplazar dispositivos del sistema tales como contactores, sensores, relés auxiliares y más elementos que por sus elevados costos y paros por mantenimiento han llegado a ser reemplazados por algún determinado controlador como puede ser el RLP (Logo), que por sus variados modelos y fácil programación han llegado a ganar espacio dentro de la automatización industrial.

La programación que se desarrolla en el controlador (Logo), se ejecutará de un modo manual/automático, es decir que mediante pulsaciones dadas por el operario en el tablero de control y de acuerdo a las necesidades del proceso se accionarán los cilindros neumáticos para proceder con la separación de materia prima al lugar de trabajo, la identificación de uno de los puestos de trabajo que requiere materia prima será observada mediante una alarma visual detectada en el tablero de control por el operario. En el cual el operario tendrá que estar pendiente de la activación de una de las cuatro alarmas para proceder inmediatamente con la alimentación de la materia

prima que será llevada por medio de la banda transportadora y de forma paralela ejecutará una señal de pulso para que active al controlador y permita el desplazamiento del cilindro, a través de su lógica interna como es una señal de tiempo le permitirá que el cilindro retorne a su posición inicial concluyendo así el proceso.

El display de Logo permite visualizar cuando se accione cada una de las entradas, de tal forma se podrá constatar la activación de las salidas de acuerdo a su correcta programación. En el proceso de suministrar materia prima a los lugares de trabajo deberá instalarse un paro de emergencia, el cual garantizará seguridad al operario frente algún incidente o anomalía ajeno al desarrollo del proceso, se realizará mediante un pulsador tipo hongo que permitirá paralizar directamente la alimentación eléctrica de todo el sistema.

La manipulación del Relé Lógico Programable como controlador en el proceso, permitirá sustituir varios elementos y dispositivos generando señales que simulen el funcionamiento de los mismos. De esta manera permitirá reducir espacios de los componentes que intervengan dentro del tablero de control, a demás la facilidad de conexión del controlador será una de las propiedades fundamentales que permitirá ahorrar esfuerzos al momento de ensamblar el tablero de control.

#### **2.2.4 DESCRIPCIÓN LÓGICA DEL PROCESO**

El presente proyecto Módulo Didáctico para suministrar material a los sitios de trabajo por medio de una banda transportadora, establece una lógica de operación en el sistema de control. En el cual la combinación de elementos actuadores y dispositivos de mando tales como electroválvulas, pulsadores, alarmas visuales y el elemento fundamental para hacer interactuar todos los componentes de este proyecto que es la programación lógica, conllevan a desarrollar el análisis lógico de programación que se ejecutará para el correcto funcionamiento de este proyecto.

Es así que se describe como primera instancia la primera etapa de ejecución del proceso.

El desarrollo del proceso empieza poniendo en marcha la cinta transportadora que será acoplada a un motor reductor el cual es enlazado por medio de una cadena giratoria para obtener un giro constante de la cinta transportadora, la cual permitirá transportar las cajas portadoras de materia prima a uno de los cuatro puestos de trabajo que lo requiera, siendo necesario una serie de mecanismos y elementos actuadores los cuales permitirán separar las cajas a los lugares de trabajo. Estos elementos actuadores y de mando serán previamente programados en forma lógica para cumplir con los objetivos establecidos, los cuales se describirán en los puntos 2.2.4.1; 2.2.4.2 y 2.2.4.3 que se detallan a continuación.

#### **2.2.4.1 Sistema censado de falta de materia prima**

Dentro del proceso que está definido para cubrir cuatro puestos de trabajo, el mecanismo utilizado para censar la falta de materia prima en cada uno de estos puestos es un dispositivo llamado final de carrera o sensor de contacto, que se encuentran situados al final del recorrido de un elemento móvil. Por lo que al cambiar su estado lógico en sus contactos (normalmente abierto NA a normalmente cerrado NC) e inversamente se puede llevar estas señales al controlador Logo, para que con la lógica establecida accione otros dispositivos que llevarán a la ejecución correcta del proceso.

La factibilidad de este elemento final de carrera posee tres contactos, normalmente cerrado, normalmente abierto y su común. Es por eso que el contacto normalmente cerrado llevará la señal de alarma para encender una de las cuatro luces piloto que se encuentran en el tablero de control. Cabe destacar que en cada puesto de trabajo se encuentra ubicado un final de carrera en una bandeja provista para aceptar la caja portadora de materia prima.

Los contactos normalmente abiertos enviarán una señal de entrada al controlador Logo, su lógica de operación será analizada en el transcurso de este punto.

En la Figura 14 “FINAL DE CARRERA” muestra el diagrama del final de carrera.

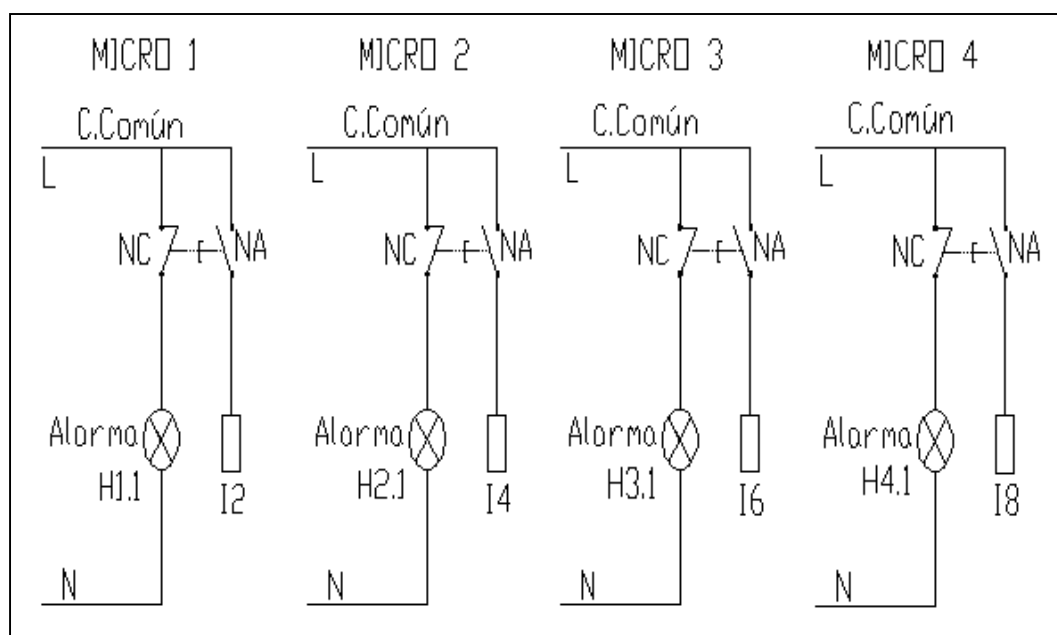


Fig. 14 “Diagrama de los sensores de contacto”

**Fuente:** Elaborado por el autor

#### 2.2.4.2 Diagrama de control electromecánico

La figura 15 es la representación electromecánica del funcionamiento del proceso, el cual se estructura de la siguiente manera.

Cada puesto de trabajo cuenta con pulsadores de mando (P1,P2,P3,P4), donde estos elementos será el medio primordial para accionar las electroválvulas, a demás estos puestos trabajo cuentan con finales de carrera que son elementos destinados a censar la falta de materia prima, a ellos se llamará (Mi1, Mi2, Mi3, Mi4). A continuación se describirá el diagrama de funcionamiento del proceso.

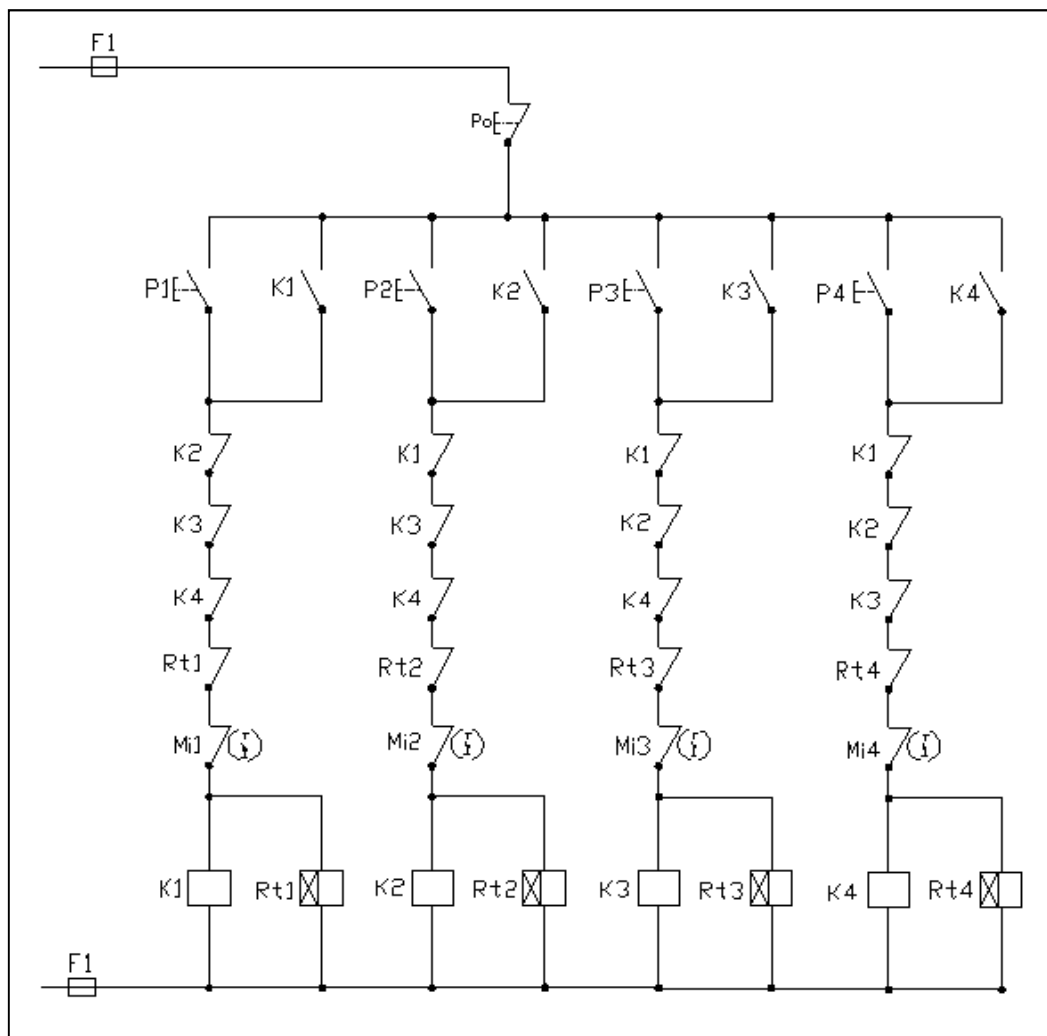


Fig. 15 "Diagrama electromecánico"

**Fuente:** Elaborado por el autor

### 2.2.4.3 Sistema accionador del Proceso

Para controlar el presente proyecto se deberá analizar los parámetros que el sistema requiere, es así que se enlazarán los diferentes dispositivos para que interactúen conjuntamente con el controlador Logo.

El proyecto para suministrar materia prima a los lugares de trabajo cuenta con 8 entradas y cuatro salidas de operación, cada una de las entradas corresponde a un parámetro o dato de ingreso al controlador, este valor es procesado lógicamente por LOGO el cual genera valores en cada una de las salidas correspondiendo a la respuesta aplicada del proceso.

Cabe destacar que el proyecto cuenta con cuatro puestos de operación, por cual cada uno de ellos contará con elementos de maniobra, es decir que constará con finales de carrera, pulsadores, alarmas visuales.

La programación lógica que se desarrolla por medio de bloques se detalla claramente en el punto 2.4.2.

### **2.2.5 RESUMEN DEL DISEÑO DE CONTROL**

Para controlar el presente proyecto de suministrar materia prima a cuatro puestos de trabajo se establece como primera instancia el accionamiento de una cinta transportadora, la cual permitirá trasladar las cajas portadoras de materia prima a los lugares que requieran. El análisis desarrollado para controlar dispositivos y elementos tanto de mando como elementos actuadores, precisan realizar la interacción mutua entre ellos y conjuntamente con el controlador el cual permitirá que el proceso se desarrolle satisfactoriamente.

Los puestos de trabajo cuentan con elementos de mando llamados pulsadores, que serán accionados cuando se detecte una alarma visual en el tablero de control, esta detección será censada por medio de finales de carrera que se encuentran incorporados en cada puesto de trabajo, es así que el operario podrá suministrar la materia prima de acuerdo sea el requerimiento.

La programación desarrollada mediante logo determina dar seguridad al sistema, es decir se incorporara una lógica de operación que permitirá accionar un elemento actuador a la vez. De esta manera se cubrirá que el funcionamiento del sistema se ejecute en forma precisa dando una óptima operación al proceso. El correcto desarrollo de este proceso está consolidado en la programación precisa que se elabore al momento de realizar la diagramación, de esta manera se obtendrá los objetivos establecidos.

## 2.3 DISEÑO DEL CIRCUITO NEUMÁTICO

### 2.3.1 SELECCIÓN DE COMPRESORES

Para determinar un compresor se debe asegurar que la capacidad del compresor  $Q_c$ , sea mayor a la capacidad del consumo  $Q_d$ . Durante el período de carga ( $t_1$ ), el compresor suministra al sistema la cantidad  $Q_c$  por unidad de tiempo, mientras que el consumo será  $Q_d$ . Es decir que esta diferencia acumulada durante el tiempo de carga  $\Delta V$ , será almacenada en el sistema y consumida durante la descarga<sup>13</sup>.

Obsérvese la figura 16 “Periodo de trabajo del compresor” el mismo que representa al compresor en su ciclo normal de trabajo.

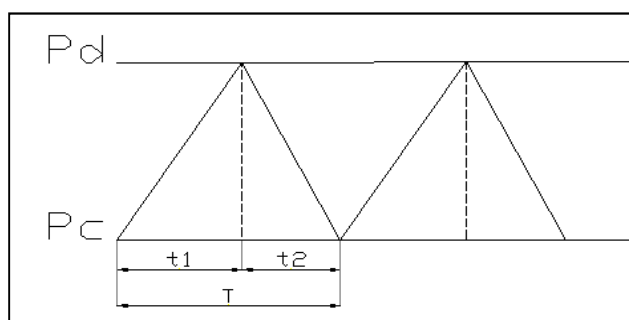


Fig. 16 “Ciclo de trabajo del compresor”

**Fuente:** *Análisis y rediseño de aire comprimido en plantas industriales, INSETEC*

<sup>13</sup> Actualización, análisis y rediseño del sistema de distribución de aire comprimido “INSETEC” pág. 22

Donde:

Pc: Presión de carga

Pd: Presión de descarga

T: Ciclo de trabajo

t1: Periodo de carga

t2: Periodo de descarga

De acuerdo a los principales fabricantes de compresores, debe procurarse que el ciclo de trabajo no sea demasiado corto ya que esto provoca el desgaste de algunos componentes del compresor y de su equipo eléctrico. Para evitar estos inconvenientes se debe verificar que el ciclo de trabajo T sea mayor a 30 segundos, o lo que es lo mismo, que la frecuencia máxima sea menor a 1/30 ciclos por segundo<sup>14</sup>.

$$\Delta V = (Q_c - Q_d) * t_1 \quad \text{Ecuación (9)}$$

$$\Delta V = Q_d * t_2 \quad \text{Ecuación (10)}$$

$$Q_c = \frac{f_{\max} \Delta V}{0.25} \quad \text{Ecuación (11)}$$

Por medio de la expresión (3) se puede calcular la capacidad del compresor del sistema de compresores. Además se debe verificar que la capacidad de acumulación del sistema sea igual a la suma del volumen del tanque acumulador y la capacidad de acumulación de la tubería sea mayor a la recomendada por la expresión (4).

$$V = \frac{0.25 * Q_c * P_1 * T_0}{f_{\max} * \Delta p * T_1} \quad \text{Ecuación (12)}$$

---

<sup>14</sup> Actualización, análisis y rediseño del sistema de distribución de aire comprimido "INSETEC" pág.23



Donde:

P1: Presión barométrica del sitio de instalación (bar)

$\Delta p$  : Diferencia entre la presión de carga y de descarga (ajuste del presostato)

T1: Temperatura de entrada (K)

To: Temperatura en el tanque acumulador (K)

F máx.: Frecuencia máxima de trabajo = 1/30 ciclos por segundo.

Es recomendable intentar alcanzar un grado de aprovechamiento del compresor del orden de 75%. Con ese fin deberá determinarse correctamente el consumo promedio y máximo de aire en el sistema neumático y, a continuación elegir el compresor que corresponda a dichos valores. Si puede partirse del supuesto que la demanda de aire a presión aumentará debido a futuras ampliaciones del sistema, es recomendable optar por equipos de suministro de aire más potentes, puesto que una ampliación posterior siempre implica costos mayores.

## **2.3.2 SELECCIÓN DE CILINDROS NEUMÁTICOS**

### **2.3.2.1 Longitud de Carrera**

La longitud de la carrera en cilindros neumáticos no debe exceder de 2000mm. Para émbolos de gran tamaño y carrera larga, el sistema neumático no resulta económico por el elevado consumo de aire.

Cuando la carrera es muy larga, el esfuerzo mecánico del vástago y de los cojinetes de guía es demasiado grande. Para evitar el riesgo de pandeo, si las carreras son grandes deben adoptarse vástagos de diámetro superior a lo normal. Además, al prolongar la carrera la distancia entre cojinetes aumenta y, con ello, mejora la guía del vástago.

Para el dimensionamiento de los cilindros neumáticos se debe considerar parámetros como: la fuerza ejercida por un elemento de trabajo, que depende de la presión del aire y el diámetro del cilindro. La fuerza teórica del émbolo se calcula de la siguiente manera:

$$F_{teórica} = P * A \quad \text{Ecuación (13)}$$

$$A = \left( \frac{\pi * D^2}{4} \right) \quad \text{Ecuación (14)}$$

Donde:

$F_{teórica}$ = Fuerza teórica del émbolo	(N)
A = Superficie útil del émbolo	(cm <sup>2</sup> )
P = Presión de trabajo	(kPa, 10 <sup>5</sup> N/m <sup>2</sup> , Bar)
D = Diámetro del émbolo	(mm)

Una vez definido el material a utilizar para transportar la materia prima a los lugares de trabajo, (madera, por ser un material ligero y de fácil transporte) las dimensiones de las cajas serán todas iguales (cuadrado de 11cm con un peso de 0.10 Kg), se determina la fuerza mínima que deberían tener los cilindros para poder desplazar estas cajas a los lugares de trabajo, a través del mecanismo acoplado al cilindro tipo brazo.

Para la elaboración del proyecto se dispone de cuatro cilindros de características idénticas:

Cilindro 1	16mm de diámetro y 25mm de recorrido
Cilindro 2	16mm de diámetro y 25mm de recorrido
Cilindro 3	16mm de diámetro y 25mm de recorrido
Cilindro 4	16mm de diámetro y 25mm de recorrido

Los mismos que de acuerdo a sus características se determinará si son aptos para formar parte de la construcción del módulo.

De acuerdo a los datos técnicos presentados en el catálogo (NORGREN<sup>15</sup>), en el Anexo 7 se observa la tabla completa sobre los “Datos técnicos de los cilindros de doble efecto” con un diámetro del émbolo de 16mm y 25mm de carrera, alcanzan una fuerza de avance de 120 N, con una presión de trabajo de 6 bar. Esta fuerza de avance sería totalmente suficiente para desplazar la caja portadora de materia prima a los lugares de trabajo.

A continuación se calcula el área de cada uno de los cilindros para determinar el volumen total que contienen los mismos. Mediante la ecuación (6) podemos calcular el área de los cilindros.

Datos:

Cilindro 1: Diámetro 16mm, carrera 25mm

Cilindro 2: Diámetro 16mm, carrera 25mm

Cilindro 3: Diámetro 16mm, carrera 25mm

Cilindro 4: Diámetro 16mm, carrera 25mm

$$A = \frac{\pi * D^2}{4} \quad \text{Ecuación (15)}$$

$$A_{C1} = \frac{\pi * 0.016^2}{4} = 0.000201061m^2$$

$$A_{C2} = \frac{\pi * 0.016^2}{4} = 0.000201061m^2$$

---

<sup>15</sup> Catálogo Norgren, productos neumáticos. Edición 9/94 pág. 21

$$A_{c3} = \frac{\pi * 0.016^2}{4} = 0.000201061m^2$$

$$A_{c4} = \frac{\pi * 0.016^2}{4} = 0.000201061m^2$$

En la práctica es necesario conocer la fuerza real. Para determinarla hay que tener en cuenta parámetros como el rozamiento en condiciones normales de servicio (de 4 a 8 bar) se puede suponer que las fuerzas de rozamiento presentan en el orden de un 3% a un 20 % de la fuerza calculada.

Del mismo modo en caso de ser consideradas las condiciones de la superficie se puede aplicar las siguientes fórmulas:

- ✓ Cilindro de simple efecto

$$Fn = (A * P) - (FR + FF) \quad \text{Ecuación (16)}$$

- ✓ Cilindros de doble efecto

$$\text{Avance: } FnA = (A * P) - FR \quad \text{Ecuación (17)}$$

$$\text{Retroseso: } FnR = \left[ (D^2 - d^2) \frac{\pi}{4} * P \right] - FR \quad \text{Ecuación (18)}$$

Donde:

Fn=	Fuerza real del émbolo
FR=	Fuerza de rozamiento (3-20%)
FF=	Fuerza del muelle de recuperación
D=	Diámetro del émbolo
d=	Diámetro del vástago

El circuito neumático se detalla en el punto 2.3.6, donde se muestra en detalle el funcionamiento de cada uno de los cilindros dentro del proceso, de igual forma se muestra los elementos esenciales que deberá tener el módulo para su funcionamiento.

### **2.3.2.2 Velocidad del émbolo**

La velocidad del émbolo en cilindros neumáticos depende de la fuerza de la presión de aire, de la longitud de la tubería, de la sección entre los elementos de mando y trabajo y del caudal que circula por el elemento de mando. Además, influye en la velocidad la amortiguación final de carrera<sup>16</sup>.

Cuando el émbolo abandona la zona de amortiguación, el aire entra por una válvula antirretorno y de estrangulación que produce una reducción de la velocidad.

La velocidad media del émbolo, en cilindros estándar, está comprendida entre 0.1 y 1.5 m/s. con cilindros especiales (cilindros de impacto) se alcanzan velocidades de hasta 10 m/s.

La velocidad del émbolo puede regularse con válvulas especiales. Las válvulas de estrangulación, antirretorno y las de escape rápido proporcionan velocidades mayores o menores.

### **2.3.2.3 Consumo de aire en el proceso**

Para disponer de aire y conocer el gasto de energía de los cilindros en el proceso, es importante conocer el consumo de la instalación, el consumo de aire es determinado por el volumen del cilindro y por la presión del aire.

---

<sup>16</sup> [www.sapiensman.com/](http://www.sapiensman.com/), información técnica, Introducción en la neumática

Según Boyle - Mariotte:

$$P_1 * V_1 = P_2 * V_2 \quad \text{Ecuación (19)}$$

De la misma forma, se puede calcular el volumen de los cilindros de acuerdo a la ecuación (11)

$$V = A * L \quad \text{Ecuación (20)}$$

Donde:

A= Diámetro del émbolo (m<sup>2</sup>)

L= longitud del cilindro (m)

De la misma forma se calcula el volumen de cada uno de los cilindros seleccionados anteriormente con la finalidad de aplicar estos resultados en la obtención de la cantidad de caudal del sistema.

Datos:

$$A_{c1} = 0.000201061m^2 \quad L1=25mm$$

$$A_{c2} = 0.000201061m^2 \quad L2=25mm$$

$$A_{c3} = 0.000201061m^2 \quad L3=25mm$$

$$A_{c4} = 0.000201061m^2 \quad L3=25mm$$

$$V = A * L \quad \text{Ecuación (21)}$$

$$V_{c1} = 0.000201061 * 0.025 = 5.026^{-6} m^3$$

$$V_{c2} = 0.000201061 * 0.025 = 5.026^{-6} m^3$$

$$V_{c3} = 0.000201061 * 0.025 = 5.026^{-6} m^3$$

$$V_{c4} = 0.000201061 * 0.025 = 5.026^{-6} m^3$$

Por otra parte, cuando fluye aire comprimido a través de un tubo en un intervalo de tiempo, el caudal (Q) se expresa en unidades de volumen divididas por unidades de tiempo como se indica en la ecuación (12).

$$Q = \frac{V}{t} \quad \text{Ecuación (12)}$$

Donde:

V= Volumen ( $m^3$ )

t= tiempo (seg)

#### **2.3.2.4 Presión en el proceso para suministrar materia prima a los lugares de trabajo**

El grado de presión a utilizar dentro del proceso se calibra mediante los valores nominales de funcionamiento de los elementos del sistema, puesto que ello repercutiría en el tiempo de vida útil de los elementos y al mismo tiempo de la eficiencia del proceso. La presión que actúa dentro del sistema se puede visualizar en el manómetro que se encuentra al inicio del circuito neumático, el cual permite revisar continuamente los niveles de presión a la cual trabaja el sistema.

Por ello los elementos neumáticos son concebidos, por lo general, para resistir una presión máxima de 8 hasta 10 bar. No obstante, para que el sistema funcione económicamente, será suficiente aplicar una presión de 6 bar. Dadas las resistencias que se oponen al flujo del aire en los diversos elementos, como pueden ser las zonas de estrangulación y en las tuberías. En consecuencia el compresor debería generar una presión de 6.5 hasta 7 bar con el fin de mantener una presión de servicio de 6 bar, esto debido a las pérdidas que se generan en las líneas<sup>17</sup>.

---

<sup>17</sup> Aire Comprimido, Fuente de Energía (FESTO-Hesse)

La presión de trabajo dentro del proceso se equilibra debido a que dentro del compresor se instala un acumulador con el fin de estabilizar la presión de aire. El acumulador tiene como finalidad compensar las oscilaciones de la presión que se produce cuando se retira aire a presión del sistema. Si la presión en el acumulador desciende por debajo de un valor determinado, el compresor lo vuelve a llenar hasta que la presión llega hasta su nivel máximo que se haya ajustado con el presostato. Ante esta configuración se evitará que el compresor tenga que funcionar ininterrumpidamente.

### **2.3.3 SELECCIÓN DE ELECTROVÁLVULAS**

La factibilidad del desarrollo de este proyecto permitió determinar la selección de válvulas electromagnéticas, en la que la fusión de estos elementos con el RLP (logo), permitirá que el proceso sea ejecutado correctamente.

Ante la tentativa de que los equipos neumáticos combinados con el RLP utilizan muy poca energía en conjunto, a comparación de la que pudiera ser utilizada en instalaciones electromagnéticas, eléctricas, mecánicas, etc. El propósito de la combinación de estos elementos es no aplicar en tareas pesadas, sino en aquellas que requieren de fineza y exactitud en el trabajo.

El tipo de válvulas electromagnéticas de este proyecto será de mando directo de una sola bobina, ya que los cilindros seleccionados para el trabajo son de diámetro pequeño, puesto que para diámetros mayores los electroimanes necesarios resultarían muy grandes.

Este tipo de válvulas para desarrollar el control neumático del proceso permiten que bloqueen, liberen o desvíen el flujo de aire del sistema neumático por medio de una señal que generalmente es de tipo eléctrico.



La conformación de cuatro puestos de trabajo en los cuales cada uno de ellos tienen las mismas funciones, se seleccionó válvulas electromagnéticas 5/2 y cilindros de doble efecto los cuales fueron seleccionados en el punto 2.3.2 página 78.

### **Nomenclatura de electroválvula 5/2**

- ✓ P (presión). Puerto de alimentación de aire.
- ✓ R, S. Puertos para evacuación del aire.
- ✓ A, B, C. Puertos de trabajo.
- ✓ Z, X, Y. Puertos de monitoreo y control.

### **2.3.4 SELECCIÓN DE TUBERIAS**

Para que la distribución del aire sea fiable y no cause problemas, es recomendable acatar una serie de puntos. Entre ellos, las dimensiones correctas del sistema de tuberías son tan importantes como la elección correcta de los materiales, de la resistencia al caudal de aire, así como la configuración del sistema de tuberías y la ejecución de los trabajos de mantenimiento.

La selección del diámetro de las tuberías no debería elegirse por simple observación de otros proyectos neumáticos, ni de acuerdo con cualquier regla empírica sino en conformidad con:

- ✓ El caudal
- ✓ La longitud de las tuberías
- ✓ La pérdida de presión (admisible)
- ✓ La presión de servicio
- ✓ La cantidad de estrangulamientos en la red

En la práctica se suelen involucrar éstos valores con la experiencia. Actualmente para elegir el diámetro de la tubería en forma rápida y sencilla nos podemos ayudar a través de diferentes nomogramas que nos permiten definir el diámetro de la tubería en base a los parámetros antes indicados.

Las resistencias de los elementos estranguladores tales como: válvulas de cierre, codos, té, reducciones, etc., se incorporan al cálculo a través de longitudes equivalentes. Las longitudes equivalentes son aquellas longitudes de tuberías rectas que ofrecen la misma resistencia al flujo que el elemento estrangulador o el punto de estrangulación.

Observar el Anexo 8 “Tablas y Nomogramas (diámetro de tubería)” en el cual se relacionan los parámetros de la longitud de la tubería y el caudal de consumo que definirán un punto en el eje 1 del nomograma, de la misma forma la relación entre la pérdida de presión de la línea y la presión de servicio definirán un punto en el eje 2 del nomograma, el cual mediante una recta se unirá éste valor hasta el punto descrito en el eje 1 cortando así la recta vertical que representa el diámetro nominal de la tubería.

A continuación se muestra un ejemplo de cálculo de una tubería, con la ayuda del nomograma que nos permitirá encontrar el diámetro de la tubería de una forma rápida y sencilla.

Ejemplo:

El consumo de aire en una industria es de  $4\text{ m}^3 / \text{min}$  ( $240\text{ m}^3/\text{h}$ ). En tres años aumentará un 300% lo que representa  $12\text{ m}^3 / \text{min}$  ( $720\text{ m}^3/\text{h}$ ).

El consumo global asciende a  $960\text{ m}^3/\text{h}$ . La red tiene una longitud de 280m. La pérdida admisible de presión es de  $\Delta p=10\text{ KPa}$  (0.1 bar). La presión de servicio es de  $800\text{ KPa}$  (8bar). Se busca, el diámetro de la tubería.

Solución:

En el nomograma, unir la línea A (longitud del tubo) con la B (cantidad de aire aspirado) y prolongar el trazo hasta C (eje 1). Unir la línea E (presión) en la F (eje 2) se obtiene una intersección. Unir los puntos de intersección de los ejes 1 y 2 cortando la línea D (diámetro nominal de la tubería) en un punto que proporciona el diámetro deseado. En este caso, se obtiene para el diámetro un valor de 90 mm.

En la figura 17 “Cálculo de la tubería” se muestra el nomograma que determina el diámetro de la tubería correspondiente al ejemplo anterior.

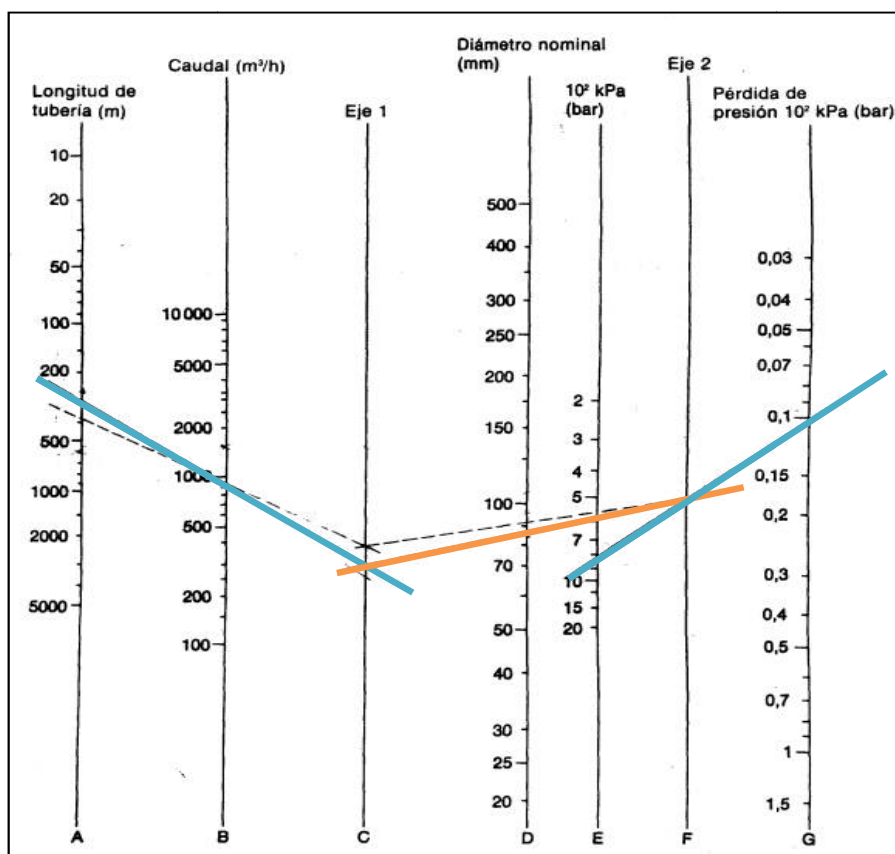


Fig. 17 “Cálculo de tuberías”

**Fuente:** Aire comprimido. Fuente de energía FESTO. Pág. 71

De forma similar determinamos el diámetro de la tubería que corresponde al diseño del proceso para suministrar materia prima a los lugares de trabajo, para ello se definen parámetros importantes que con la ayuda del nomograma expuesto en la figura 18 permitirá determinar el diámetro necesario para la tubería del proceso.

Los parámetros necesarios para ser aplicados al nomograma son los siguientes:

- Caída o pérdida de presión en bares                      0.1    Bar
  
- Presión de trabajo    6      Bar

Con la ayuda de éstos parámetros definimos un punto en la recta G, y un punto en la recta E, la unión de estos puntos determinará la ubicación de un tercer punto sobre el eje 2 o recta F.

Posteriormente se determinan los dos últimos datos necesarios para establecer el diámetro de la tubería, los datos son:

- El caudal de trabajo    0.20    m<sup>3</sup>/h
  
- Longitud de la tubería    16      m

El caudal de trabajo del sistema representa un valor extremadamente pequeño dentro de la recta B que incluso no es posible definir un punto de referencia en dicha recta, esto es producto a que el sistema es demasiado pequeño, de igual forma a pesar de tener el valor de la longitud que define un punto en la recta A su intersección sobre el eje 1 y el eje 2 daría como resultado un valor de diámetro de la longitud extremadamente pequeño, razón por la cual se ha decidido tomar un valor mínimo para el diámetro de la longitud existente en el mercado que es de 1/8". Tal como se observa en la figura 18 "Cálculo de la tubería para el módulo".

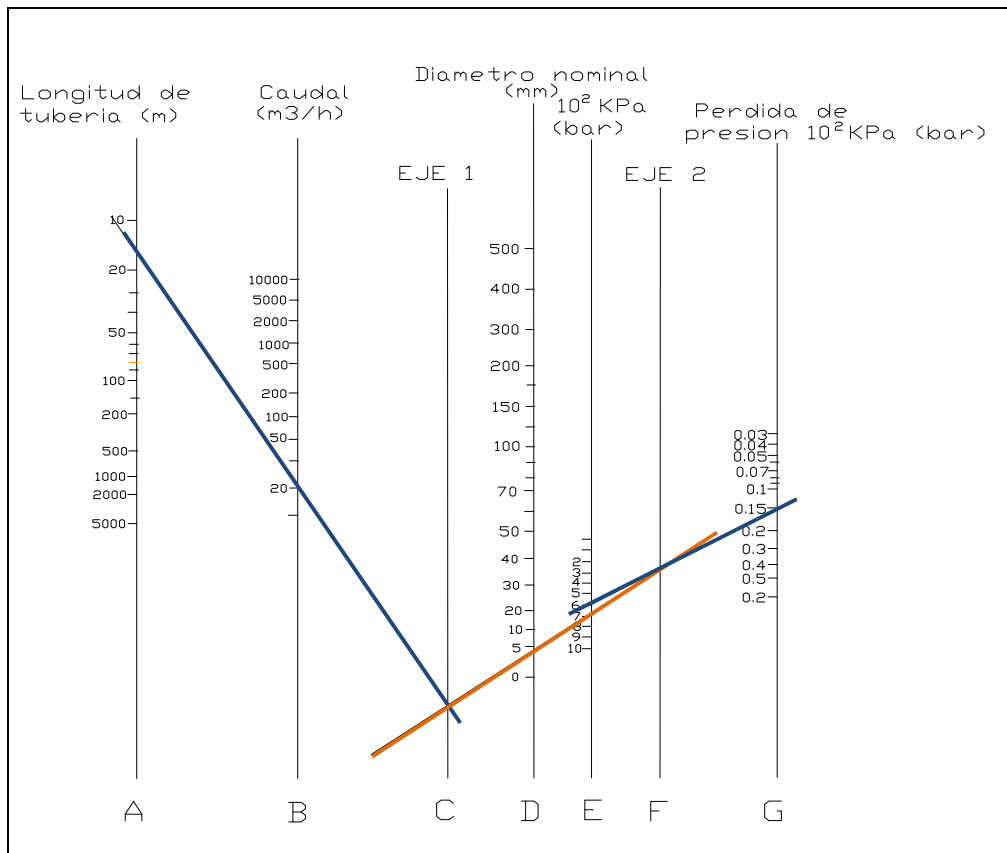


Fig. 18 "Cálculo de la tubería para el módulo"

**Fuente:** Aire comprimido. Fuente de energía. FESTO. Pág. 71

### 2.3.5 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO NEUMÁTICO

Para describir el funcionamiento del proceso neumático implica la adopción de varios pasos. En el CAPÍTULO 1 página 15 se describe un diagrama de bloque, el cual permitirá describir la distribución de las señales que componen el sistema.

Como primera instancia en el proceso neumático tenemos el abastecimiento de aire, el cual permitirá que el sistema esté listo para operar de acuerdo a las necesidades de trabajo que se requiere

Ante la descripción planteada en la página, el cual se refiere al medio por el cual es censado los lugares de trabajo que carecen de materia prima, estas señales son llevadas tanto a una alarma visual como al RLP para desarrollar con estas entradas la lógica de operación del sistema de control. El desarrollo del sistema de control es planteado de acuerdo a las necesidades de operación. El medio que accionarán los elementos de mando que en este caso serán electroválvulas son señales que provienen de pulsadores, los cuales serán ejecutados por el operador.

### 2.3.6 DIAGRAMA NEUMÁTICO

El presente diagrama neumático muestra la operación de funcionamiento que tendrá cada uno de los cilindros, a demás muestra los elementos esenciales que deberá tener el módulo para su funcionamiento.

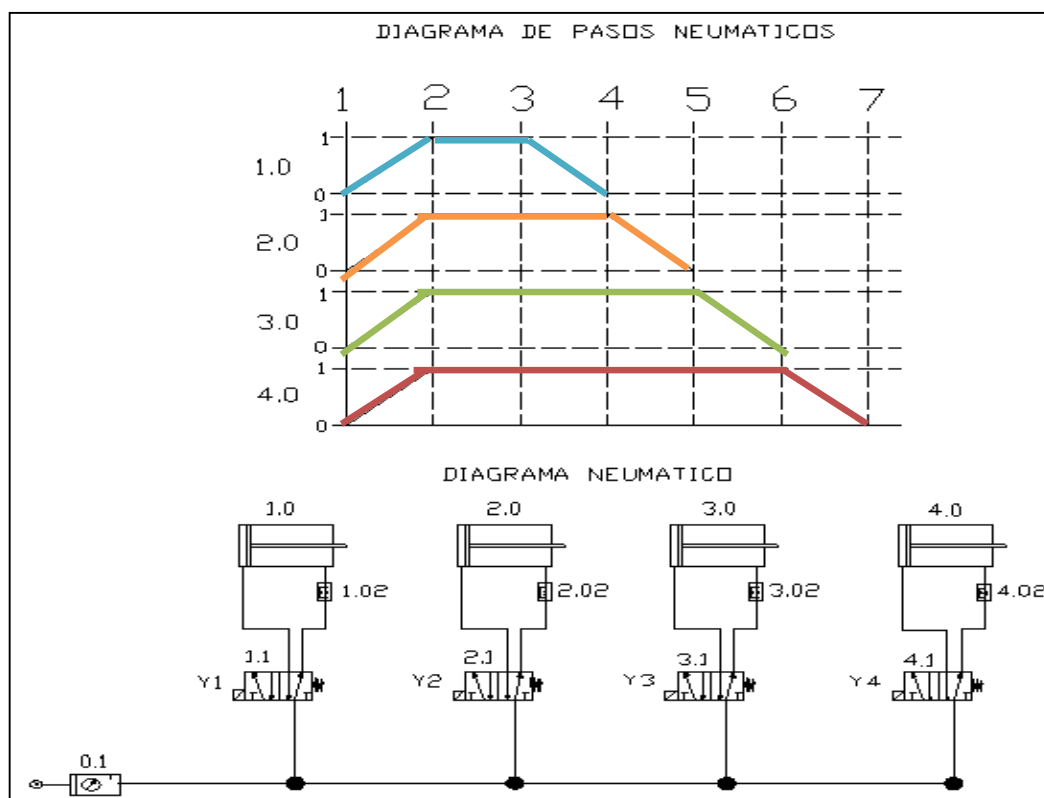


Fig. 19 "Diagramas neumáticos"

*Fuente: Elaborado por el autor*

En la figura 19, el cero (0) corresponde al estado inicial de los cilindros que de acuerdo a las condiciones del proyecto representa a los cilindros con su vástago sin salir de la cámara interna del cilindro, de igual forma el número uno (1) representa el estado final de recorrido del vástago del cilindro el mismo que se encontrará fuera de la cámara del cilindro.

### **2.3.7 RESUMEN DEL DISEÑO NEUMÁTICO**

El esquema de distribución mostrado en la figura 19, muestra el flujo que tomarán las señales y la relación existente entre los elementos de mando y las conexiones de aire a presión. Donde el sistema consta de una fuente de energía, entrada de señales, procesamiento de señales, elementos de mando y elementos de accionamiento.

El esquema muestra la identificación de elementos, conductos, y conexiones según el sistema de numeración, a demás permite atribuir los elementos a las máquinas que es objeto del control y permite la lectura del esquema de distribución.

El circuito neumático incluye cuatro cilindros de doble efecto, ya que el sistema no cuenta con secuencia de funcionamiento, el diagrama de pasos es desarrollado de tal forma que podrá activarse uno de los cuatro cilindros cuando el requerimiento del proceso lo determine.

Dado que el sistema cuenta con cilindros de doble efecto para accionar los mecanismos tipo brazo, se observa que el vástago del cilindro avanza al oprimir un pulsador. Una vez alcanzada la posición de mecanizado deberá mantenerse afuera por el lapso de un tiempo estimado, al término de este tiempo el vástago deberá retroceder automáticamente a su posición normal. La velocidad del movimiento de retroceso deberá ser regulada. El vástago solo deberá avanzar nuevamente si alcanza su posición inicial y si el sistema lo requiere de acuerdo a su composición lógica de control.

Las condiciones de mando están estipuladas para que los cilindros actúen de forma independiente, es decir que deberá operar un solo cilindro, de acuerdo sea el requerimiento de los puestos de trabajo en el proceso.

## 2.4 DISEÑO DEL CIRCUITO DE LA INTERFASE

### 2.4.1 TABLERO DE CONTROL

Como se estableció en la página 73, donde se especifica la función que tienen los elementos de mando, es por eso que a continuación presentaremos la nomenclatura de los elementos que intervienen en el sistema.

#### NOMENCLATURA USADA EN EL SISTEMA

SIMBOLO	DESCRIPCIÓN
So	Selector principal
Po	Paro general
P 1	Pulsador de accionamiento puesto de trabajo 1
H 1 ,1	Luz piloto de alarma visual puesto de trabajo 1
P 2	Pulsador de accionamiento puesto de trabajo 2
H 2,1	Luz piloto de alarma visual puesto de trabajo 2
P 3	Pulsador de accionamiento puesto de trabajo 3
H 3,1	Luz piloto de alarma visual puesto de trabajo 3
P 4	Pulsador de accionamiento puesto de trabajo 4
H 4,1	Luz piloto de alarma visual puesto de trabajo 4
RLP	Relé lógico programable (Logo)
X 1	Borneras
Mi I 2	Final de carrera puesto de trabajo 1 (NA)
Mi 1,2	Final de carrera puesto de trabajo 1 (NC)
Mi I 4	Final de carrera puesto de trabajo 2 (NA)
Mi 2,2	Final de carrera puesto de trabajo 2 (NC)
Mi I 6	Final de carrera puesto de trabajo 3 (NA)
Mi 3,2	Final de carrera puesto de trabajo 3 (NC)
Mi I 8	Final de carrera puesto de trabajo 4 (NA)



Mi 4,2	Final de carrera puesto de trabajo 4 (NC)
Y 1	Electroválvula puesto de trabajo 1
Y 2	Electroválvula puesto de trabajo 2
Y 3	Electroválvula puesto de trabajo 3
Y 4	Electroválvula puesto de trabajo 4

Cuadro 11 “Nomenclatura del sistema”

*Fuente: Elaborado por el autor*

En la figura. 20 “TABLERO DE CONTROL” muestra los elementos de mando.



Fig. 20 “Tablero de control”

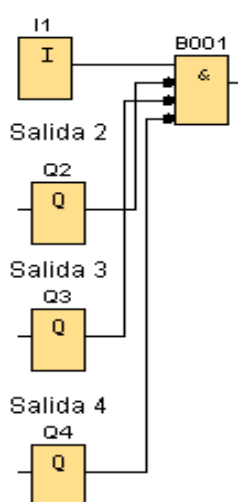
*Fuente: Elaborado por el autor*

#### 2.4.2 DIAGRAMA DE BLOQUES DEL PROCESO

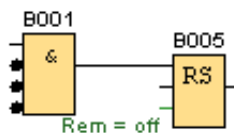
Al accionar el selector principal habilitamos para que todo el sistema quede alimentado, de esta manera estará listo para operar la programación de acuerdo a las necesidades del proceso.

## I. Primer Puesto

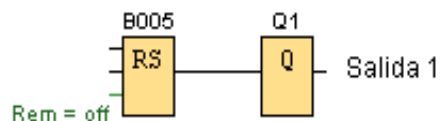
Creamos dentro de Logo el primer bloque B001 el cual representa una compuerta lógica AND, a la cual ingresará la entrada I1 que corresponde al pulsador P1 ubicado en el tablero de control. Las restantes entradas a esta compuerta corresponden a las salidas Q2, Q3, y Q4 las cuales ingresarán con un inversor de estado lógico NOT, esta lógica de operación satisface dar seguridad al sistema.



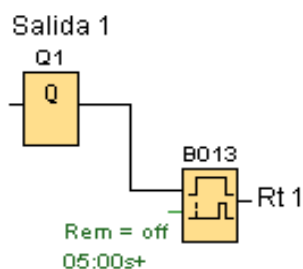
Posteriormente creamos el bloque B005 que representa un relé auto enclavador RS, en la cual la salida del bloque B001 será la que accione esta compuerta. Cuando sea pulsado el P1 y las tres salidas Q2, Q3 y Q4 estén apagadas y al contar cada una de estas salidas con inversor de estado lógico permite que esta compuerta accione al bloque B005.



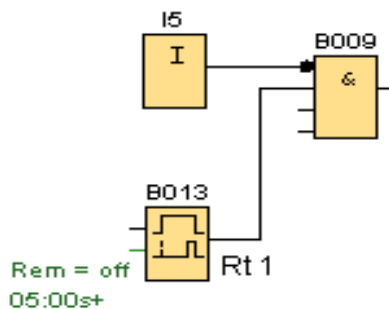
Se construye la salida Q1 que mediante el controlador se activará cuando el proceso considere necesario.



La salida Q1 accionará el bloque B013 que representa retardo a la conexión Rt 1, el cual se activará al pasar un tiempo de 05:00s.



Se creará un bloque B009 el cual representa una compuerta lógica AND, a la cual ingresa una entrada I5 la misma que pertenece al final de carrera NA, esta entrada deberá ingresar con un inversor de estado lógico. A demás ingresará a esta compuerta la salida del bloque B013, la cual se activará cuando analice las dos entradas.

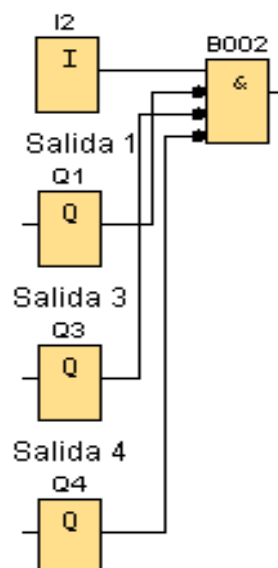


Se activará el modo reset del bloque B005 a lo que se actica el bloque B009.

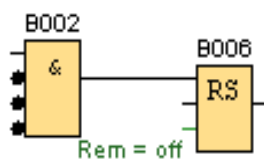


## 2. Segundo Puesto

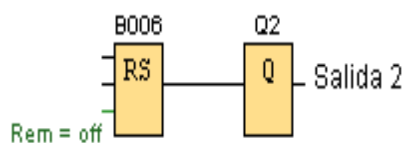
Creamos un bloque B002, el cual representa a la compuerta lógica AND, a la que ingresará la entrada I2 que corresponde al pulsador P2. A demás ingresarán a esta compuerta las salidas Q1, Q3, y Q4, el ingreso será con inversor de estado lógico NOT, permitirá dar seguridad al funcionamiento.



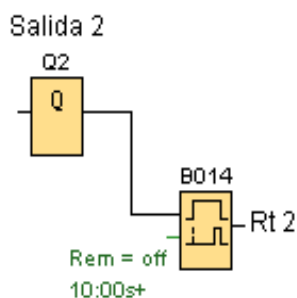
Seguidamente se creará el bloque B006 que representa un relé auto enclavador RS, donde la salida del bloque B002 accionará esta compuerta. Al momento de pulsar P2 y contando con las tres salidas Q1, Q3 y Q4 inversas de estado lógico accionará la compuerta RS.



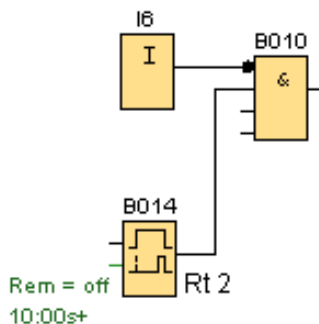
Creemos la salida Q2 la que se activará cuando el proceso considere necesario.



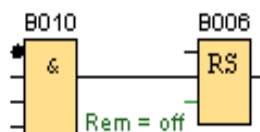
Esta salida Q2 accionará el bloque B014 que representa retardo a la conexión Rt 2, el mismo que será accionado al transcurrir un tiempo de 10:00s.



Crearemos un bloque B010 el que representa una compuerta lógica AND, a la que ingresa una entrada I6 la cual pertenece al final de carrera NA, esta entrada deberá ingresar con un inversor de estado lógico. Ingresará también la salida del bloque B014, se activará la compuerta AND al analizar las dos entradas.

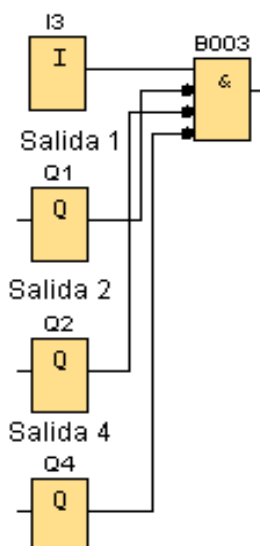


Se activará el modo reset del bloque B006 cuando se accione el bloque B010.

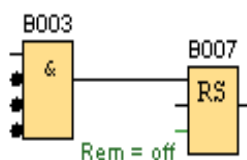


### 3. Tercer Puesto

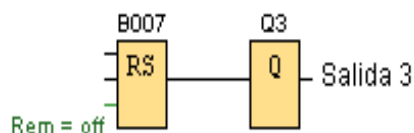
Creamos un bloque B003 el cual representa una compuerta lógica AND, a la cual ingresará la entrada I3 que corresponde al pulsador P3. Ingresarán a esta compuerta las salidas Q1, Q2 y Q4 con un inversor de estado lógico NOT.



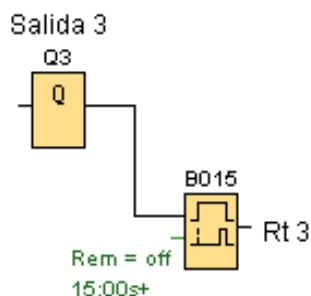
Se crea un bloque B007 que representa un relé auto enclavador RS, en el que la salida del bloque B003 accionará esta compuerta. Al pulsar P3 y estando las tres salidas Q1, Q2 y Q4 apagadas y al contar con un inversor de estado lógico permitirá que luego de procesar en el controlador accione la compuerta de bloque B007.



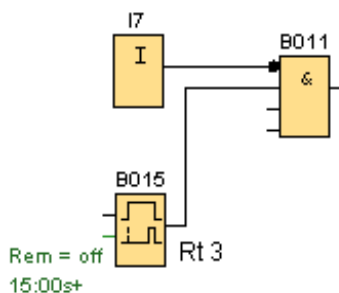
Construimos la salida Q3 que mediante el controlador se accionará cuando el proceso considere necesario.



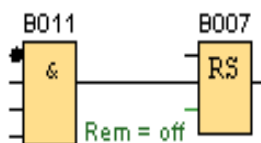
La salida Q3 accionará el bloque B015 que representa retardo a la conexión Rt 3, este bloque se activará al transcurrir un tiempo de 15:00s.



Seguidamente se creará un bloque B011 el que representa una compuerta lógica AND, a la que ingresa una entrada I7 la misma que pertenece al final de carrera NA, esta entrada ingresará con un inversor de estado lógico NOT. También ingresará a esta compuerta la salida del bloque B015 al transcurrir un tiempo. De esta forma se activará la compuerta AND.

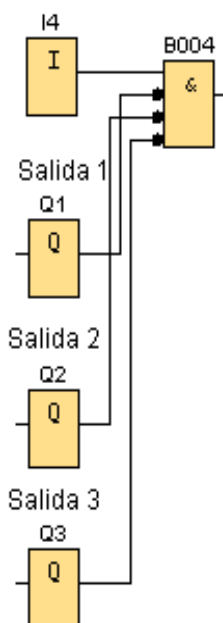


Se activará el modo reset del bloque B007 a lo que se accione el bloque B011.

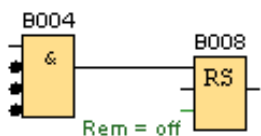


#### 4. Cuarto Puesto

Creemos un bloque B004 el que representa una compuerta lógica AND, a esta compuerta ingresarán la entrada I4 que corresponde al pulsador P4, también ingresarán las salidas Q1, Q2 y Q3 las cuales contarán con inversor de estado lógico NOT.

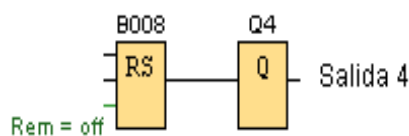


Se creará el bloque B008 que representa un relé auto enclavador RS, en donde la salida del bloque B004 accionará esta compuerta. Al pulsar P4 y estando las salidas Q1, Q2 y Q3 con inversor de estado lógico permitirá que accione la compuerta RS.

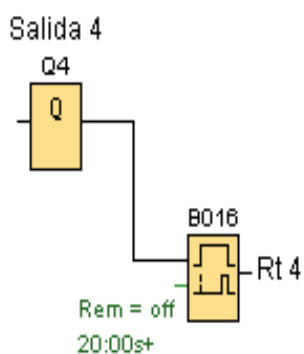


Seguidamente creamos la salida Q4 que será activada cuando el proceso considere necesario.

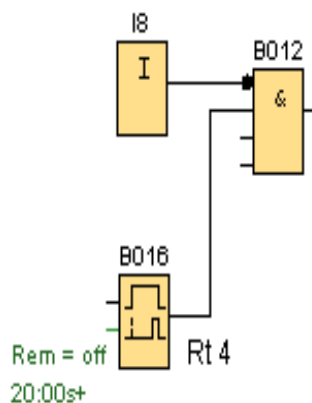




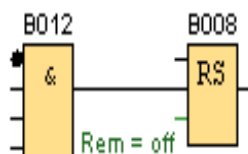
La salida Q4 activará el bloque B016 que representa retardo a la conexión Rt 4, el mismo que se accionará transcurrido un tiempo de 20:00s.



Crearemos un bloque B012 el que representa una compuerta lógica AND, ingresarán una entrada I8 la cual pertenece al final de carrera NA, esta entrada deberá ingresar con un inversor de estado lógico NOT. Ingresará también la salida del bloque B016 después de transcurrir un tiempo, por lo tanto se activará esta compuerta al analizar las dos entradas.



Se activará el modo reset del bloque B008 RS cuando se accione el bloque B012.



### 2.4.3 DIAGRAMA DE INTERFASE DEL PROCESO

Ante lo manifestado en el página 71 y sus derivaciones, se expuso que la combinación de dispositivos y elementos de mando permitirán desarrollar el correcto funcionamiento del proceso. Es así que presentamos a continuación la diagramación en modo de interface de los elementos constitutivos del proceso.

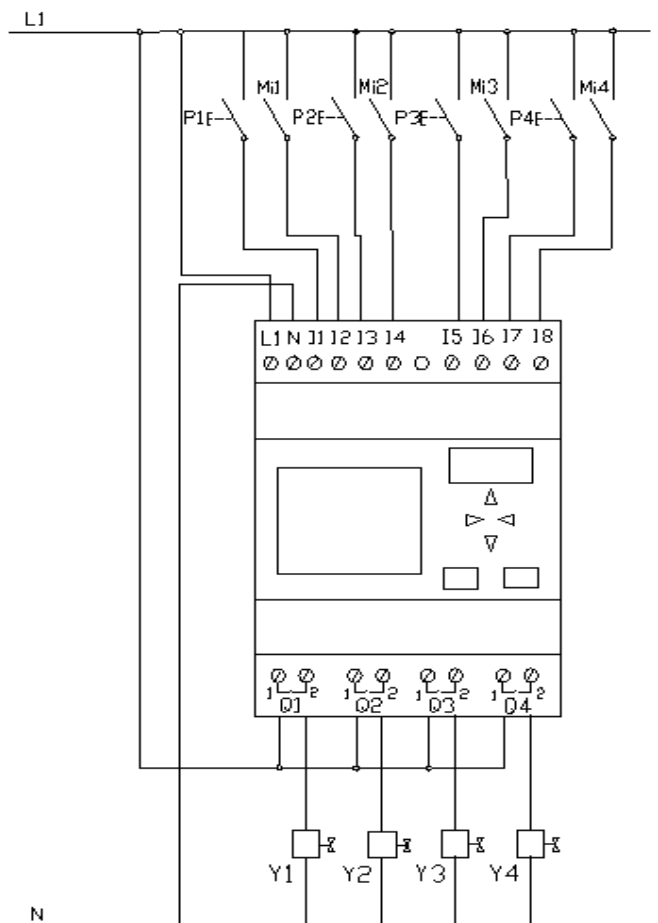


Fig. 21 "Diagrama de interface"

**Fuente:** Elaborado por el autor

## CAPÍTULO 3

### CONSTRUCCIÓN DE COMPONENTES

#### 3.1 CONSTRUCCIÓN DEL MÓDULO DIDACTICO

##### 3.1.1 ESTRUCTURA METÁLICA

La construcción del módulo para suministrar materia prima a los puestos de trabajo, se elaboró de tal manera que soporte el peso de la banda transportadora, motor reductor, tablero eléctrico y dispositivos tales como; elementos neumáticos, electroválvulas, pistones, tuberías y el cableado en general. Permitiendo el fácil montaje y desmontaje de todos sus componentes dependiendo de las necesidades y modificaciones futuras que desee incorporar al presente diseño.

Para la elaboración de la estructura se utilizó materiales de acero tales como ángulo tipo T, platinas, tubos los mismos que se pueden someter a trabajos de suelda ó el uso de pernos y tuercas para garantizar la correcta fijación a la estructura.

Como primera instancia en la construcción de donde va a ser ubicada la banda transportadora, se unió mediante suelda de electrodo 60/11 las platinas que a continuación en la siguiente figura se describen sus dimensiones.

Las dimensiones con las que se elaboró la estructura son las siguientes:

- Largo 1.40m
- Ancho 0.295m
- Platina de (0.10m;7mm de espesor)

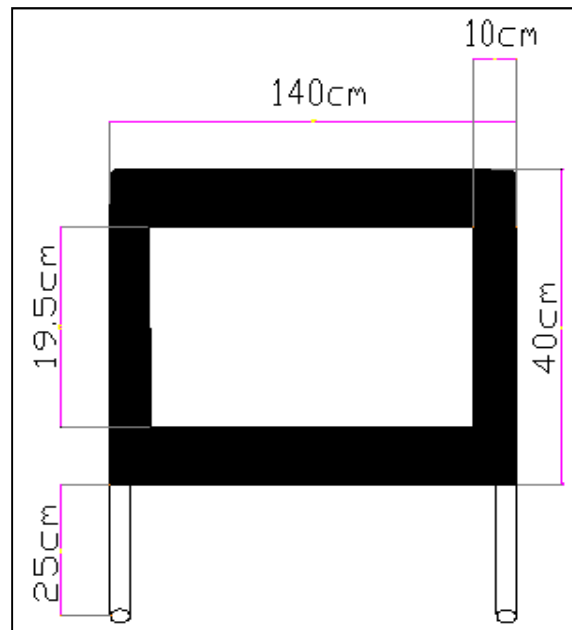


Fig. 22 "Dimensiones de la estructura metálica"

**Fuente:** Elaborado por el autor

Una vez fabricado tanto la parte frontal como la parte trasera son soldadas a platinas las cuales permitirán la fijación de las dos, por lo cual quedará lista para agregar otros elementos mecánicos.

Para llevar las tuberías a los cilindros neumáticos y una parte del cableado, se incorpora un ángulo tipo T en la parte inferior de la estructura, el cual está debidamente ubicado para que no tenga ningún tipo de roce cuando la banda transportadora sea accionada.

La banda transportadora será montada sobre platinas, las mismas que permitirán dar un correcto asiento a la misma, a continuación en la figura 23 muestra donde se ubicará la banda transportadora.

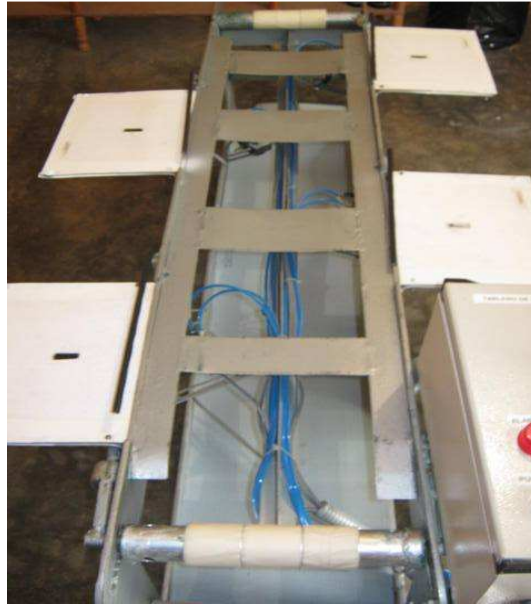


Fig. 23 "Estructura metálica"

*Fuente: Elaborado por el autor*

Toda la estructura fue montada en cuatro soportes debidamente distribuidos en sus cuatro esquinas, el material de estos soportes es tubo de 4cm de diámetro que están debidamente soldados a la estructura.

### **3.1.1.1 Mecanismo de traslado a los puestos de trabajo**

El módulo está desarrollado para simular cuatro puestos de trabajo, es decir que cada puesto dispondrá de su propio mecanismo para desplazar las cajas portadoras de materia prima, los mismos que serán accionados por cilindros neumáticos.

Este mecanismo es un brazo que se encuentra sujeto a la estructura metálica mediante una chaqueta, el cual actuará como pasador al momento que se produzca el movimiento rectilíneo del cilindro. Permitiendo así el desplazamiento del brazo el cual se convierte en un movimiento circular.

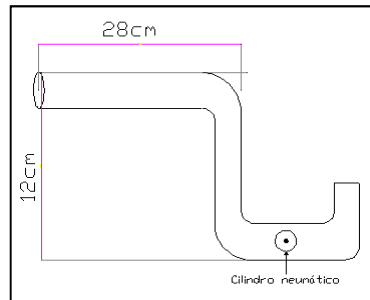


Fig. 24 “Dimensiones del mecanismo de separación”

**Fuente:** *Elaborado por el autor*

La sujeción entre el brazo y el cilindro neumático para que desarrolle el movimiento requerido es mediante una tuerca ubicada en la parte inferior del mecanismo, la misma que permitirá atornillar la parte final del vástago.

La figura 25 muestra físicamente la ubicación del mecanismo utilizado para separar las cajas portadoras de materia prima.



Fig. 25 “Mecanismo de separación”

**Fuente:** *Elaborado por el autor*

### 3.1.1.2 Bandejas para los puestos de trabajo

La ubicación de los puestos de trabajo se encuentran distribuidos alternadamente, de tal forma que no exista ningún imprevisto al momento de accionar los brazos separadores.

Cada puesto se encuentra separado cada 0.25m en lo largo de la estructura, a dicha estructura se encuentran soldadas dos platinas que permitirán apoyar las tablas debidamente cortadas a la dimensión requerida de 0.25m. La sujeción de las tablas de apoyo a las platinas se encuentran sujetas mediante pernos con tuerca, de esta manera se obtiene una correcta fijación.

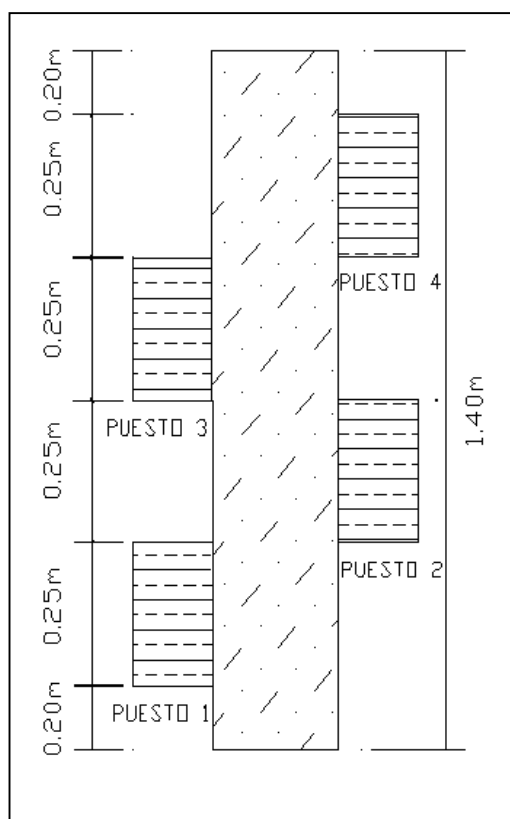


Fig. 26 "Bandejas para puestos de trabajo"

*Fuente: Elaborado por el autor*

### 3.1.1.3 Estantería de almacenamiento

La estantería será el medio de acumulación de las cajas que simulan el suministro de materia prima. La misma que se encontrará situada cerca al módulo para que cuando el proceso lo requiera el supervisor pueda acceder a las cajas con facilidad y ubique en la banda transportadora. Se encuentra construida de tal modo que tendrá cuatro compartimientos que serán destinados a ubicar las cajas para cada uno de los puestos de trabajo, de esta manera se encontrará lista para abastecer de material donde el proceso sea requerido.

Su fabricación se encuentra elaborada con ángulo tipo L de 2x2cm, su fijación está elaborada mediante suelda. A continuación se presentan sus dimensiones de construcción:

- Alto 51cm
- Ancho 31cm
- Profundidad 30cm
- Separación entre compartimientos 17cm

En la figura 27 se observa los compartimientos que contienen las cajas portadoras de materia prima.



Fig. 27 “Estantería de abastecimiento de material”

*Fuente: Elaborado por el autor*



### 3.1.2 ELEMENTOS PARA EL SUMINISTRO DE MATERIA PRIMA

#### 3.1.2.1 Banda transportadora

Para que la banda transportadora rote en forma adecuada, se instaló a la estructura metálica rodillos que se encuentran posicionados de tal modo que la banda podrá rotar adecuadamente.

Los rodillos están montados a la estructura, su fabricación consiste en un tubo metálico de 4cm de diámetro al cual se acopló un rodamiento mediante un ajuste suave, el agujero interno del rodamiento esta acoplado una varilla de 15cm de diámetro el cual actuará como eje del rodillo y permitirá ubicar a la estructura.

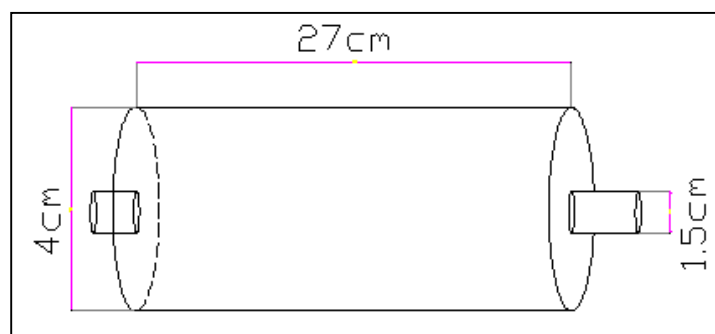


Fig. 28 "Rodillo"

**Fuente:** Elaborado por el autor

Para perder sensibilidad en el tubo del rodillo se cubrió con una fina capa de un material suave el cual dará un mejor agarre a la parte posterior de la banda.

Las dimensiones de la banda a utilizar es de 27cm de ancho 3.40m de longitud total, el material de la misma es caucho con varias capas o lonas de algodón pegadas que constituyen el núcleo resistente a la tracción que ejercerá ante una constante rotación. La fijación de sus dos extremos está constituida mediante unas vinchas tipo grapas que serán unidas por un cordón metálico.

Para establecer el templado requerido de la banda, se implemento un mecanismo de tensado con el posicionamiento de dos rodillos que tengan una holgura, los cuales permitirán dar el templado requerido mediante el ajuste de pernos que se encuentran soldados a los ejes de estos rodillos, obteniendo así el posicionamiento correcto de estos para que la banda desarrolle la rotación adecuada.

La figura 29 muestra de donde se regula el templado de la banda transportadora.

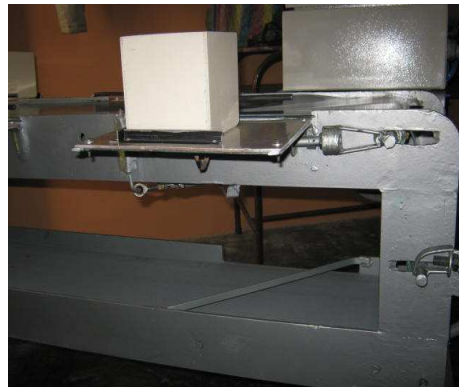


Fig. 29 "Mecanismo de templado de la banda transportadora"

*Fuente: Elaborado por el autor*

Cabe recalcar que la banda transportadora tendrá doble función, es decir que permitirá suministrar material a los lugares de trabajo y a demás por la parte inferior de la banda llevará el material ya tratado hacia la estantería de acumulación de material.

### **3.1.2.2 Motor reductor de trabajo**

A la estructura metálica se incorporaron rodillos, los cuales permitirán la rotación constante de la banda. Uno de los rodillos se encuentra sujeto al eje un piñón que servirá de medio de enlace con el eje del motor reductor, dando así la rotación requerida.

El motor reductor que permitirá el desplazamiento de la banda transportadora está considerado para esfuerzo bajo, a continuación se presenta los datos referenciales del motor:

<b>VOLTAJE: 110V</b>	<b>CORRIENTE: 1.5A</b>
<b>POTENCIA: 165W</b>	<b>RPM: 120</b>

La ubicación del motor reductor se encuentra en la parte inferior de la estructura metálica, con dos platinas metálicas verticales soldadas a la misma. La sujeción a las platinas está dada por medio de pernos.

Al eje del motor se ubico un piñón que se encuentra sujeto a través de un prisionero, el enlace entre motor rodillo se realiza con una cadena. Una vez realizada la instalación del motor empezará a trabajar la banda transportadora.

La figura 30 se muestra el enlace entre el motor reductor y rodillo que están unidos mediante una cadena.



Fig. 30 "Motor reductor"

**Fuente:** *Elaborado por el autor*

## 3.2 CONSTRUCCIÓN DEL CIRCUITO DE CONTROL

### 3.2.1 SELECCIÓN DEL TABLERO DE CONTROL

Para ubicar los elementos eléctricos y parte de los elementos neumáticos, se selecciono un tablero de 30x30cm, este tablero posee las siguientes características: metálico, pintura electrostática con lo cual cumple con las normas eléctricas.

Al tablero se le hicieron varias adecuaciones para ubicar los elementos eléctricos, por lo que en la parte frontal se ubicarán las alarmas visuales, elementos de mando, selector y un paro de emergencia. La figura 31 presenta las dimensiones para realizar las adecuaciones.

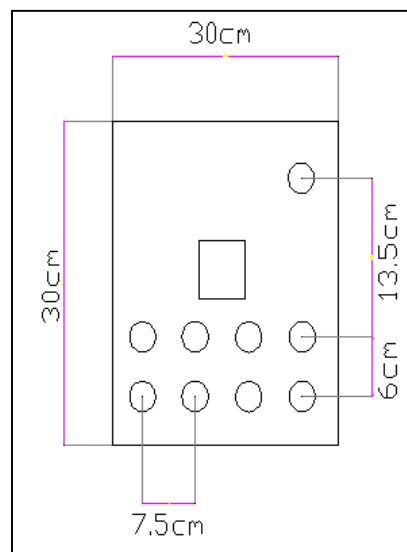


Fig. 31 "Dimensiones del tablero de control"

**Fuente:** Elaborado por el autor

El diámetro de los agujeros es de  $\frac{1}{2}$ ", donde los agujeros de la parte inferior están destinados para ubicar cuatro pulsadores de mando, los agujeros de la parte superior

es para ubicar cuatro alarmas visuales, en la parte del centro ira el selector y en la parte superior derecha se ubicará el paro de emergencia. Cabe destacar que en la vista inferior del tablero estarán cuatro agujeros que se utilizará para dirigir la acometida principal, cableado para los micros y para dirigir las tuberías hacia los cilindros neumáticos.

### 3.2.2 CABLEADO EN EL SISTEMA

#### 3.2.2.1 Conexión de acometida principal

Definiendo que todo el sistema de operación como es tanto los elementos de control como de mando e incluido el motor reductor, su voltaje de operación es de 110V. Permitiendo así que la acometida principal sea llevada de tal forma que no requiera de dispositivos externos para su funcionamiento, figura32.

Es así que la acometida principal es llevada a través de un conductor 2x12 AWG sucre, este conductor es llevado al tablero de control para así llegar a borneras de distribución que se encuentran sujetas en una riel din, quedando listo para realizar los circuitos adicionales que se requieren para este módulo.

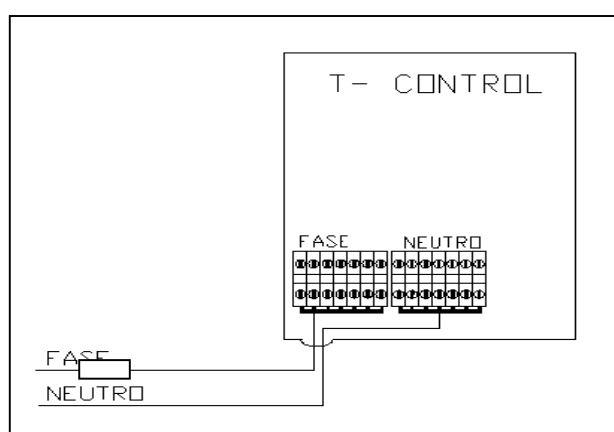


Fig. 32 "Acometida principal"

**Fuente:** Elaborado por el autor

### 3.2.2.2 Conexión del Motor reductor

El motor reductor para accionar la banda transportadora utiliza un voltaje nominal de 110V, el circuito para su funcionamiento es llevado desde la bornera de distribución hacia el motor con conductor 2x14 AWG. El motor entrará a funcionar una vez que el selector sea activado cambiando su estado lógico de cero a uno.

La figura 33 muestra el circuito para energizar al motor reductor.

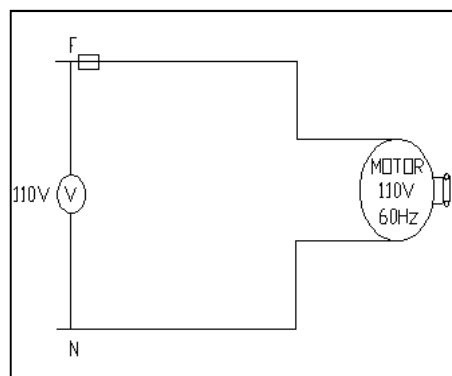


Fig. 33 “Circuito para energizar el motor reductor”

*Fuente: Elaborado por el autor*

### 3.2.2.3 Conexión de los elementos de mando

Para realizar las conexiones de los pulsadores, sus circuitos son elaborados con cable calibre 16 AWG, donde la fase es llevada hacia los pulsadores que se encuentran puenteados los cuatro pulsadores, adicional a esto cada salida de los pulsadores están dirigidos a las entradas del Relé lógico programable que están simbolizados como I1, I3, I5, I7. Al pulsar cada uno de ellos llevarán un estado lógico de operación que será receptado por LOGO, ante la programación adecuada de este accionarán las electroválvulas permitiendo el funcionamiento del sistema.

En el punto 2.2.4.1 se especificó la función de los sensores de contacto que posee cada puesto de trabajo, donde los circuitos de estos elementos están elaborados con un conductor UTP de hilos, los cuales llevarán la señal de la fase hacia el contacto común del sensor, a demás del contacto NC se llevará un cable hacia las luces piloto que actuarán como medio de alarma visual para la operación del sistema. El contacto NA será llevado en otro conductor hacia las entradas del Relé lógico programable que están simbolizadas como I2, I4, I6, I8, estas entradas llevarán un estado lógico de operación para que el sistema de control actué satisfactoriamente.

En la figura 34 se visualiza las conexiones elaboradas a los elementos de mando.

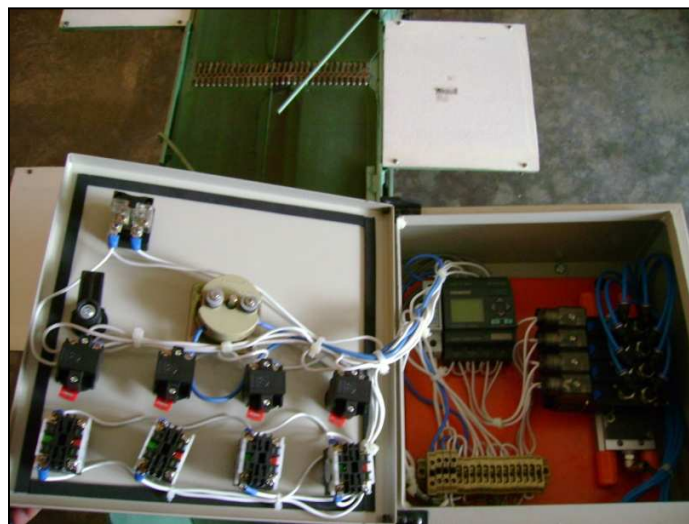


Fig. 34 "Circuitos para los elementos de mando"

*Fuente: Elaborado por el autor*

#### **3.2.2.4 Conexión de Electroválvulas**

Como las electroválvulas a utilizar el voltaje nominal de operación es de 110V, y al ser los dispositivos que son controlados a través del Relé lógico programable, las salidas de LOGO es de donde serán llevados los circuitos para energizar las electroválvulas, figura 35.

De esta manera se energizara con una fase tomada desde la bornera de distribución las salidas Q1, Q2, Q3, Q4, para que cuando el relé cierre los contactos se lleve la señal de estado lógico para accionar las electroválvulas, cerrando el circuito con un neutro.

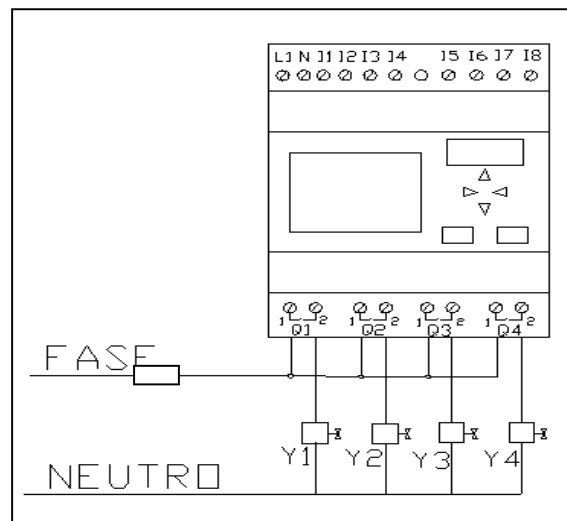


Fig. 35 "Conexión de electroválvulas"

*Fuente: Elaborado por el autor*

### 3.3 CONSTRUCCIÓN DEL CIRCUITO NEUMÁTICO

#### 3.3.1 DISTRUBUCIÓN DE AIRE PARA EL PROCESO

La alimentación de aire para el proceso se realizará a través de un compresor, donde los niveles de presión dentro del proceso serán calibrados mediante los valores nominales de funcionamiento de los elementos del sistema, puesto que ello repercutiría en el tiempo de vida útil de los elementos y al mismo tiempo de la eficiencia del proceso. La presión que actúa dentro del sistema se puede visualizar en el manómetro que se encuentra sujeto a la estructura metálica, en el cual se puede revisar continuamente los niveles de presión a la cual trabaja el sistema



Dado que los sistemas neumáticos son concebidos por lo general para resistir una presión máxima de 8 hasta 10 bar. Ante la tentativa para que el sistema funcione económicamente, se requerirá aplicar una presión de funcionamiento de 6 bar.



Fig. 36 "Regulador de presión"

*Fuente: Elaborado por el autor*

El abastecimiento de flujo de aire para el sistema ingresa a través de una manguera de 1/4", que es conducida a un racor de entrada para dar el ingreso al manómetro, en este punto se podrá regular la presión de trabajo. Para seguir con el circuito de aire la salida del manómetro será dirigida a una válvula de paso que se encuentra ubicada en la parte inferior del tablero de control, quedando listo para alimentar a los elementos neumáticos.

La figura 37 muestra el circuito de abastecimiento de aire para el sistema.

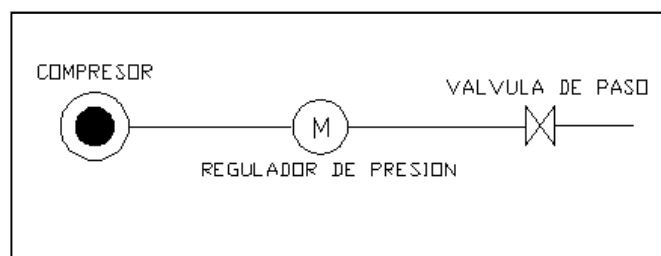


Fig. 37 "Diagrama de distribución de aire"

*Fuente: Elaborado por el autor*

### **3.3.2 DISTRIBUCIÓN DE AIRE PARA LOS ELEMENTOS NEUMÁTICOS**

#### **3.3.2.1 Electroválvulas**

Las electroválvulas a utilizar en el proceso tienen las siguientes características:

**VOLTAJE AC: 110V**

**FRECUENCIA: 60Hz**

**CORRIENTE: 53mA**

**POTENCIA APARENTE: 4.5VA**

El flujo de aire una vez que ha recorrido lo comentado en el punto 3.3.1, ingresa a un kit múltiple de distribución que es donde se ubicará las cuatro electroválvulas, para que desde este punto sea distribuido hacia los cilindros neumáticos.

El múltiple permite la instalación de las cuatro electroválvulas en una base común, esto simplifica el número de líneas de aire para las conexiones requeridas, como el suministro de aire y el puesto de extractor para todas las electroválvulas que se encuentran conectadas con los pasos comunes en el múltiple.

Al kit múltiple se conectan cuatro silenciadores que anularán el ruido de evacuación de aire, a demás se ubicará un tapón en el mismo

La siguiente figura muestra la instalación de las electroválvulas.

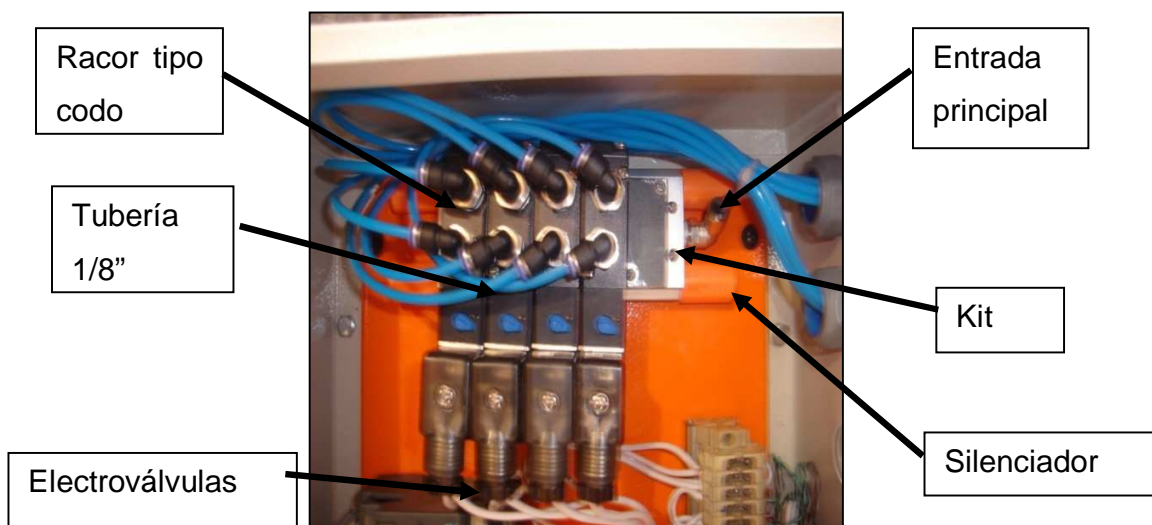


Fig. 38 "Ubicación de electroválvulas"

*Fuente: Elaborado por el autor*

El múltiple se encuentra instalado en el tablero de control ante su compacto tamaño, la sujeción de este está dado con pernos anclado al sobre fondo que posee el tablero. Desde este punto se encuentran dirigidas las tuberías para cada uno de los cilindros neumáticos.

### 3.3.2.2 Cilindros Neumáticos

Las características de los cilindros neumáticos son las siguientes:

**DIÁMETRO: 16mm**

**CARRERA: 25mm**

**PRESIÓN: 1-10 bar**

**TEMPERATURA MÁXIMA: 80 °C**

De cada una de las electroválvulas se dirige a través de tubería de 1/8" los circuitos neumáticos para cada cilindro, donde una vía será destinada para accionar la salida del cilindro ejecutando el recorrido circular del brazo, y por la otra vía será para retornar el brazo a su posición inicial.

El posicionamiento de los cilindros será llevada a tal punto que se sujetará a la estructura metálica, en la cual se encuentran soldadas una tuerca para dar la fijación del cilindro, por otra parte la sujeción del vástago al mecanismo del brazo metálico se encuentra incorporado al eje de este mecanismo una tuerca móvil que permitirá incorporar la parte roscada del vástago para quedar sujeto completamente la composición física de los cilindros.

La siguiente figura muestra la ubicación del cilindro neumático en la estructura metálica.

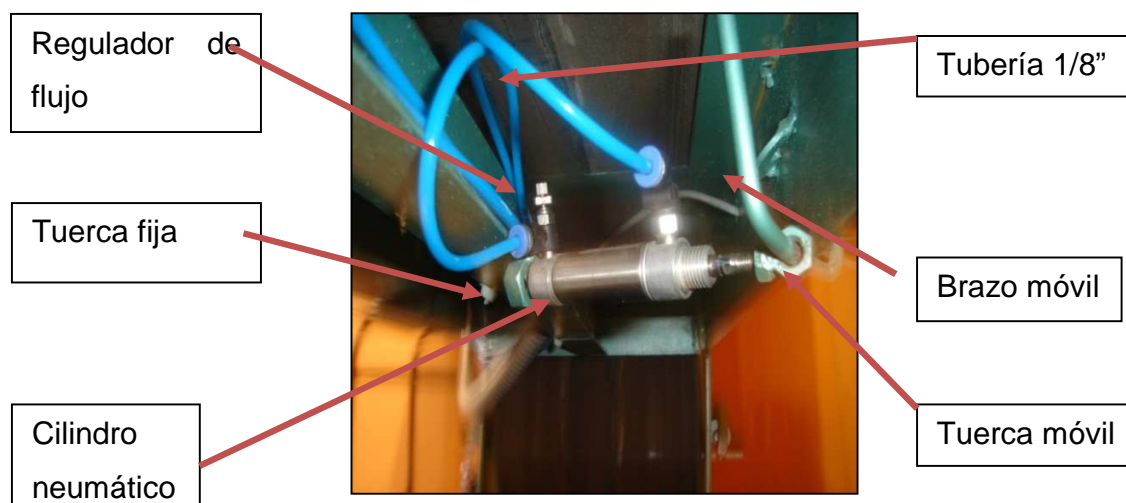


Fig. 39 "Ubicación de los cilindros neumáticos"

**Fuente:** Elaborado por el autor

Las tuberías para cada cilindro son llevados por un ángulo tipo T que se encuentra en la parte inferior de donde rota la banda transportadora.



Fig. 40 “Tuberías para los cilindros neumáticos”

*Fuente: Elaborado por el autor*

### **3.4 CONSTRUCCIÓN DEL CIRCUITO DE LA INTERFASE**

Ante la construcción de este circuito, se especifica que este circuito será el medio para intercambiar comunicación física, lógica y necesaria, que en este caso serán las señales que provienen tanto de los pulsadores como de los sensores de contacto que ingresarán a las entradas del Relé lógico programable.

#### **3.4.1 ELEMENTOS PARA EMITIR SEÑALES DE COMUNICACIÓN**

##### **3.4.1.1 Pulsadores**

Como primera instancia los pulsadores que se encuentran ubicados en el tablero de control, emitirán una señal de pulso para cuando el proceso lo requiera en cada uno de los puestos de trabajo, por lo que estas señales serán procesadas a través del circuito de control. La simbología especificada para estas entradas son: I1, I3, I5, I7.

Desde la bornera de distribución se encuentra llevada una línea de fase hacia los pulsadores, puenteadando cada uno de ellos y su retorno es conducido hacia a las entradas de Logo. La conducción de estos circuitos están elaborados con conductor calibre 16 AWG.

En la siguiente figura se observa la ubicación de los pulsadores.

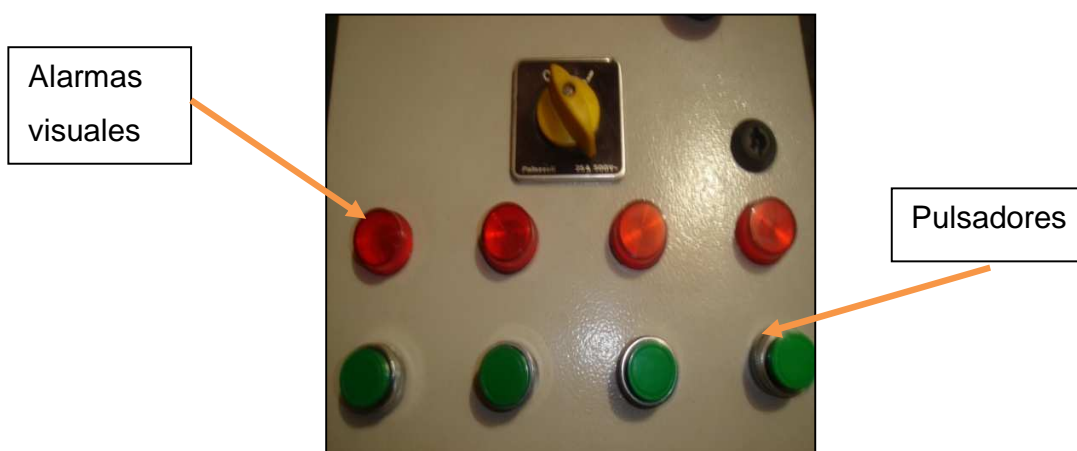


Fig. 41 "Pulsadores de mando"

*Fuente: Elaborado por el autor*

### 3.4.1.2 Sensores de contactos

De la misma manera los sensores de contacto llevarán señales al Relé lógico programable, estas señales serán procesadas por el circuito de control ante la lógica de operación determinada. La simbología especificada para estas entradas es: I2, I4, I6, I8.

La distribución para cada sensor, se emite desde la bornera de distribución llevando una fase hacia los contactos comunes del sensor. El retorno desde el contacto NA es conducido hacia Logo, para que de esta manera sean procesada estas señales. El conductor aplicado para estos circuitos es un UTP de hilos, que adicional a esto

permitirá encender las alarmas visuales en el tablero de control por medio del contacto NC.

La siguiente figura se observa la ubicación del sensor de contactos.

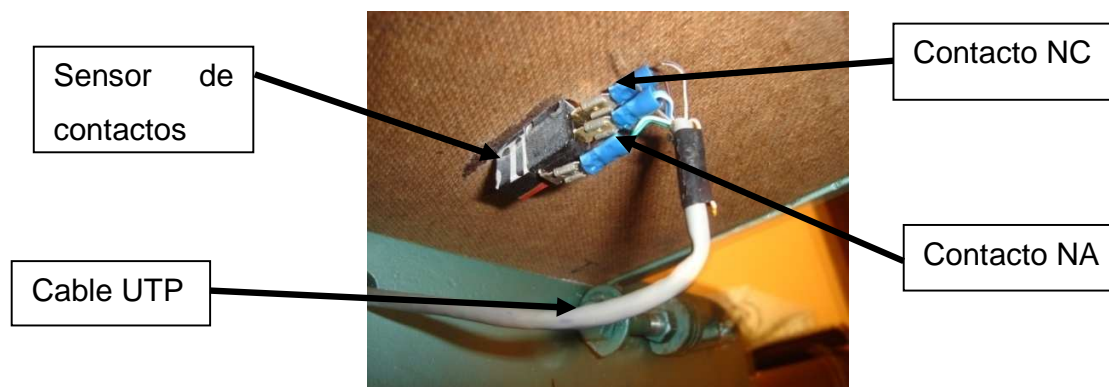


Fig. 42 "Sensor de contactos"

**Fuente:** *Elaborado por el autor*

Para concluir con el sistema de interface, se establece que las ocho entradas que son dirigidas hacia el Relé lógico programable, interactúan en conjunto con la programación elaborada para accionar los elementos controlados que son las electroválvulas.

## CONCLUSIONES

- El diseño de la estructura está enfocado para que tanto el montaje y desmontaje de sus componentes sea fácil, ya sea para mantenimiento o futuras modificaciones a implementar.
- El desplazamiento de la banda transportadora depende básicamente de la velocidad que desarrolla el motor reductor.
- En el motor reductor se establece que la capacidad nominal de operación es la que concuerde con el tipo de función que desempeña la banda transportadora.
- Las aplicaciones del RLP (LOGO), su manipulación se desarrolla con la habilidad y destreza para sustituir varios elementos gracias a sus funciones que ofrece el equipo.
- La instalación de los circuitos de control que son dirigidos al RLP (LOGO) realizo con un mínimo de esfuerzo, ya que mientras más eficiente es su diseño de montaje menos complicado es su cableado.
- La alta fiabilidad que tiene el RLP (LOGO), permite manifestar que es un equipo de bajo mantenimiento, no posee partes móviles expuestas a deterioro por agentes externos.
- La programación y cableado del módulo son necesarias que se requiere dar seguridad tanto a las corrientes de operación como los voltajes suministrados.



- En cuanto al aire comprimido, se establece que para ser eficiente debe ser mínima en cuanto a la pérdida de presión, ya que es de mucha utilidad la unidad de mantenimiento.
- La ubicación de una válvula de paso antes de que ingrese a todo el sistema, es favorable ante un eventual desperfecto que pueda ocurrir en el desarrollo del proceso. Siendo una normativa de seguridad.
- A las electroválvulas se las ubico dentro del tablero de control. Permitiendo ser conectadas con facilidad a las salidas del RLP (LOGO).
- Para la sujeción de los cilindros neumáticos a la estructura metálica, se construyo un mecanismo de rotación que permitirá el desplazamiento deseado.
- Para obtener un desplazamiento suave del vástago tanto a la salida como al retorno del mismo, se instaló un racor con regulador de flujo obteniendo así la velocidad adecuada.
- Se colocó un paro de emergencia, con la finalidad de que sea accionado al momento que los elementos puedan ser activados involuntariamente.

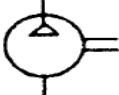



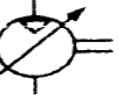
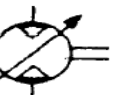
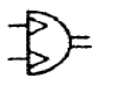
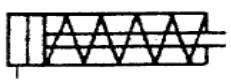
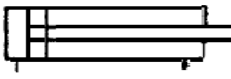
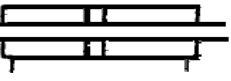
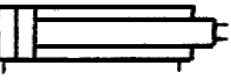
## RECOMENDACIONES

- Ante la elaboración del proyecto es importante realizar un previo diseño gráfico de lo que se va a desarrollar, estableciendo soluciones fáciles y directas de acuerdo a las necesidades del proyecto.
- En el ensamblaje de la banda transportadora se requiere de una óptima distribución del mecanismo de rodaje (rodillos), además que la banda quede tensada para dar una correcta y constante rotación.
- Antes que se pueda utilizar el aire comprimido para operar un dispositivo operado por aire, deberá ser preparado apropiadamente, por lo que se deberá secar, limpiar y regularse a una presión adecuada para la operación de dispositivos, en algunos casos deberá lubricarse para reducir fricción en los dispositivos.
- Para mayor protección en el circuito eléctrico se debe instalar un fusible a la entrada del mismo, tomando en cuenta las cargas nominales de trabajo y de arranque del circuito.
- Observar con atención las características técnicas de los dispositivos y elementos eléctricos y neumáticos para su conexión e instalación y que éstos operen con eficiencia.
- Para el ajuste de los terminales de los dispositivos y elementos eléctricos de control utilice un destornillador con un ancho de hoja de 3 mm. Para los bornes de LOGO no se requiere casquillos terminales.

- Se recomienda realizar un reajuste de los terminales eléctricos los mismos que si no están debidamente ajustados provocarán aumento en la temperatura de los terminales desencadenando un recalentamiento sobre los conductores y con ello futuras fallas eléctricas.


## ANEXO 1

### ELEMENTOS TRANSFORMADORES DE ENERGÍA

	Compresor
	Bomba de vacío
	Motor neumático, caudal fijo
	Motor neumático, caudal fijo y dos sentidos de giro
	Motor neumático de caudal variable
	Motor neumático de caudal variable y dos sentidos de giro
	Motor neumático de giro limitado
	Cilindro de simple efecto
	Cilindro de doble efecto
	Cilindro de doble vástago
	Cilindro diferencial

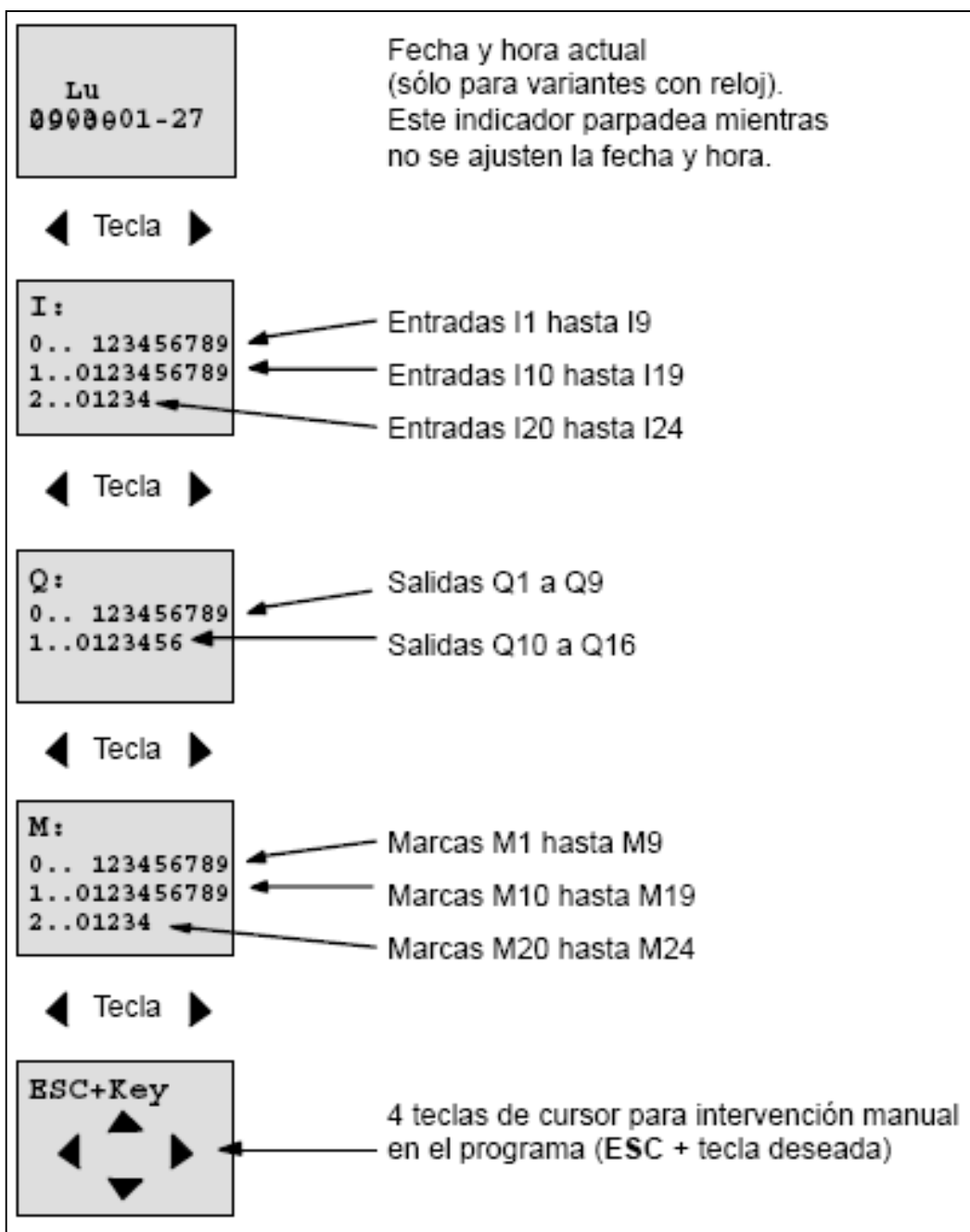
## ANEXO 2

## REGISTRO DE DESPLAZAMIENTO

Símbolo en LOGO!	Cableado	Descripción
	Entrada In	Entrada cuyo valor se consulta al inicio de la función.
	Entrada Trg	Con el flanco ascendente (cambio de 0 a 1) en la entrada Trg (Trigger) se inicia la función especial. Un cambio del estado 1 al estado 0 no es relevante.
	Entrada Dir	A través de la entrada Dir indica la dirección de desplazamiento para los bits de registro de desplazamiento S1...S8: Dir = 0: desplazamiento ascendente (S1 >> S8) Dir = 1: desplazamiento descendente (S8 >> S1)
	Parámetro	Bit de registro de desplazamiento que determina el valor de la salida Q.  Configuración posible: S1 ... S8  Remanencia: / = sin remanencia R = el estado se guarda de forma remanente.
	Salida Q	El valor de la salida corresponde al del bit de registro de desplazamiento parametrizado.

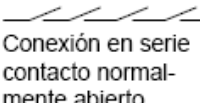
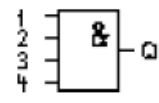
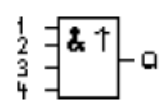
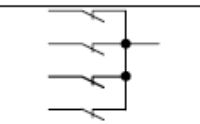
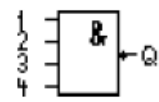
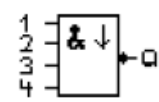
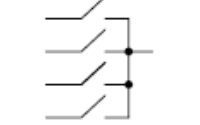
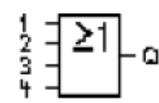
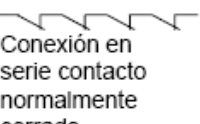
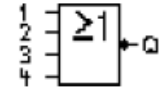
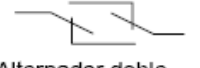
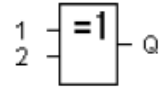
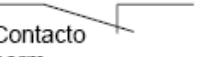
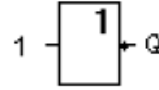
## ANEXO 3

## VISUALIZACIÓN DEL LOGO EN MODO RUN




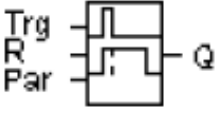
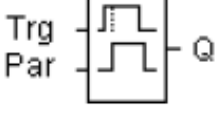
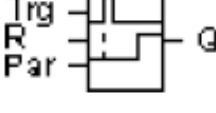
## ANEXO 4

## LISTA DE FUNCIONES BÁSICAS

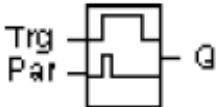
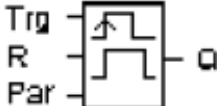
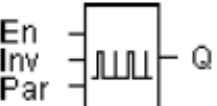


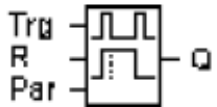
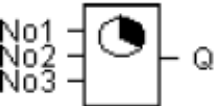

Representación en el circuito eléctrico	Representación en LOGO!	Designación de la función básica
 <p>Conexión en serie contacto normalmente abierto</p>		AND (AND) (véase la página 96)
		AND con evaluación de flanco (véase la página 96)
 <p>Conexión en paralelo contacto normalmente cerrado</p>		AND-NEGADA (NAND) (véase la página 97)
		NAND con evaluación de flanco (véase la página 98)
Representación en el circuito eléctrico	Representación en LOGO!	Designación de la función básica
 <p>Conexión en paralelo contacto normalmente abierto</p>		O (OR) (véase pág. 99)
 <p>Conexión en serie contacto normalmente cerrado</p>		O-NEGADA (NOR) (véase pág. 100)
 <p>Alternador doble</p>		O-EXCLUSIVA (XOR) (véase pág. 101)
 <p>Contacto norm. cerrado</p>		INVERSOR (NOT) (véase pág. 101)

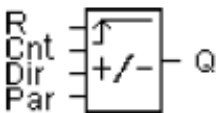
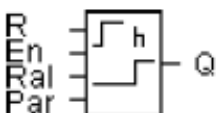




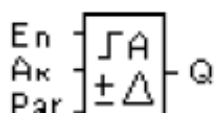
## ANEXO 5

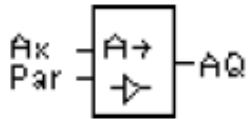

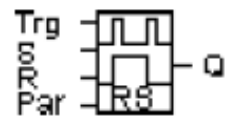
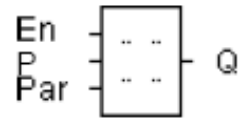
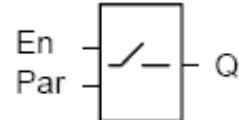
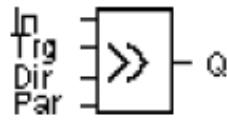
## LISTA FUNCIONES ESPECIALES

Representación en LOGO!	Designación de la función especial	Rem
<b>Tiempos</b>		
	Retardo a la conexión (véase la página 114)	Rem
	Retardo a la desconexión (véase la página 118)	Rem
	Retardo a la conexión/desconexión (véase la página 120)	Rem
	Retardo a la conexión con memoria (véase la página 122)	Rem



Representación en LOGO!	Designación de la función especial	Rem
	Relé de barrido (salida de impulsos) (véase la página 124)	Rem
	Relé de barrido disparado por flanco (véase la página 126)	Rem
	Generador de impulsos asíncrono (vea la página 129)	Rem
	Generador aleatorio (véase la página 131)	
	Interruptor de alumbrado para escalera (véase la página 133)	Rem
	Interruptor confortable (véase la página 136)	Rem
	Temporizador semanal (vea la página 139)	
	Temporizador anual (véase la página 144)	

Representación en LOGO!	Designación de la función especial	Rem
<b>Contador</b>		
	Contador avance/retroceso (vea la página 147)	REM
	Contador de horas de funcionamiento (véase la página 151)	Rem
	Interruptor de valor umbral (véase la página 156)	
<b>Interruptor</b>		
	Conmutador analógico de valor umbral (véase la página 159)	
	Interruptor analógico de valor umbral diferencial (véase la página 162)	
	Comparador analógico (véase la página 166)	
	Vigilancia del valor analógico (véase la página 171)	

Representación en LOGO!	Designación de la función especial	Rem
	Amplificador analógico (véase la página 175)	
<b>Otros</b>		
	Relé autoenclavador (véase la página 177)	REM
	Relé de impulsos (véase la página 179)	REM
	Textos de aviso (véase la página 182)	
	Interruptor de software (véase la página 189)	REM
	Registro de desplazamiento (consulte la página 193)	REM

## ANEXO 6

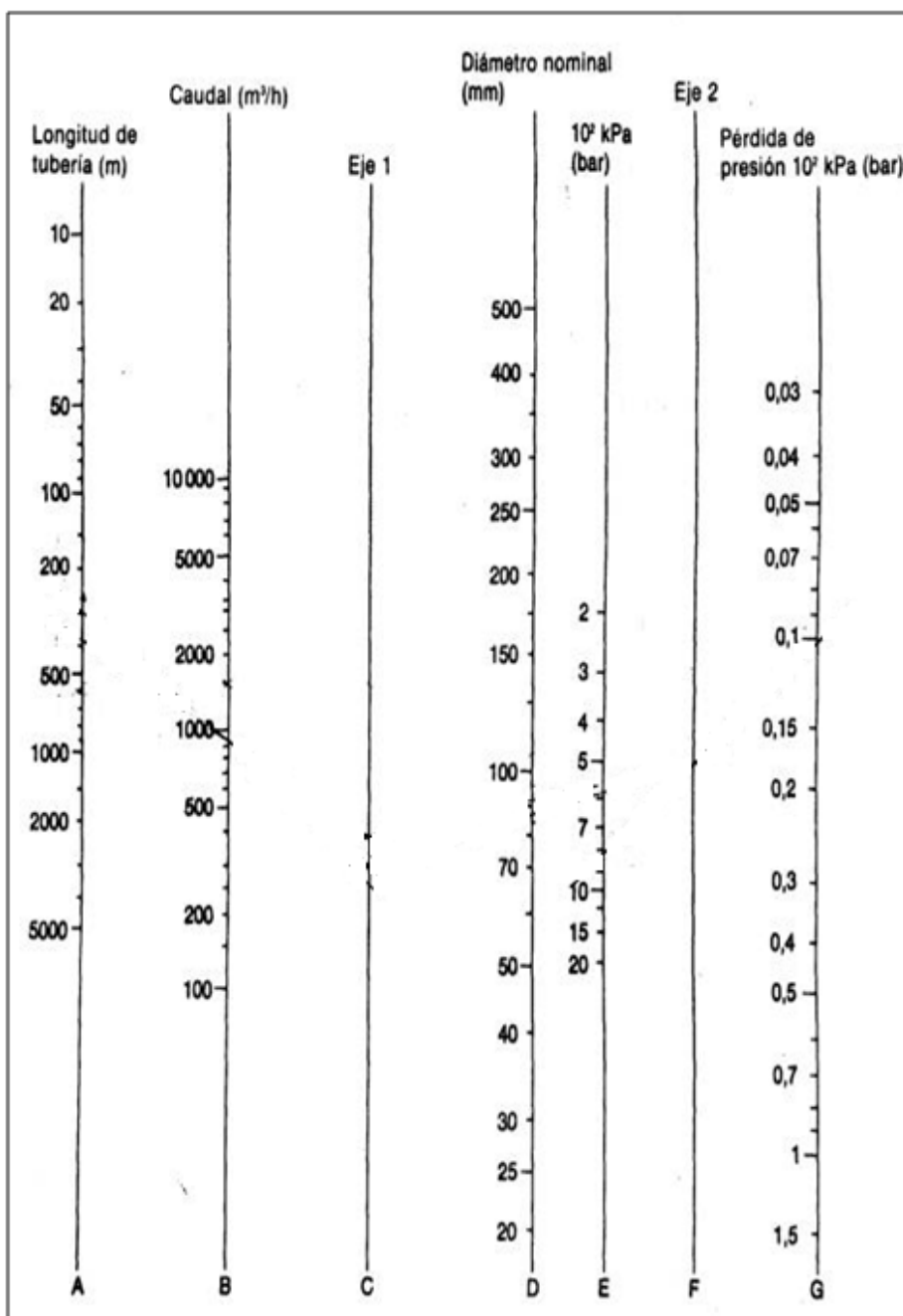
### ESTRUCTURA DEL PROYECTO





## ANEXO 8

## TABLAS Y NOMOGRAMAS (DIÁMETRO DE TUBERÍA)



## BIBLIOGRAFÍA

HESSE, Stefan (2002) Aire Comprimido Fuente de Energía Preparación y Distribución, Alemania: Esslingen, FESTO Editorial.

INSETEC Ingeniería y Servicios Técnicos (2000) 99 Ejemplos Prácticos de Aplicaciones Neumáticas.

PIERRE, Auguste Bricolaje (2001) Soldadura, España: Madrid, Paraninfo Editorial.

CROSER, P. Neumática Nivel Básico TP 101, *Manual de Estudio* FESTO DIDACTIC.

CROSER, P. Introducción a la Electroneumática, *Manual de Estudio* FESTO DIDACTIC.

MEIXNER, H. KEBIER, R (1980) Introducción en la Neumática, Manual de Estudio FESTO DIDACTIC, Alemania.

NORGREN, (1994) Pneumatic Products, USA: Colorado.

NORGREN, (1994) Productos para preparación de aire, USA: Colorado.

SIEMENS, (06/2003) Manual LOGO!, Alemania: Nuernberg.

<http://www.sapiensman.com/neumatica/>

<http://www.kauman.com/calculosdebandastransportadoras>