

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**  
**SEDE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**PROYECTO FINAL DE GRADUACIÓN**  
**PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:**  
**INGENIERO INDUSTRIAL**

**TEMA:**

**Estudio Técnico para la Implementación de un Laboratorio  
de Neumática y Electro Neumática para el Colegio  
Fiscomisional Salesiano “Domingo Comín”**

**AUTORES:**

**MIGUEL HUMBERTO CHANCAY RIVERA**  
**JORGE ALFREDO VILLAMARÍN PINO**

**DIRECTOR DE TESIS:**

**ING. LUIS CÓRDOVA**

**Guayaquil, Noviembre 2010**

# **TRIBUNAL DEL CONSEJO DE CARRERA**

---

**Presidente del Tribunal**

---

**Director de Tesis**

---

**Vocal del Tribunal**

## **DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD**

Los conceptos desarrollados, investigaciones realizadas, prácticas elaboradas, análisis y conclusiones del presente trabajo son de exclusiva responsabilidad de los autores.

Autores

(f) \_\_\_\_\_

**Miguel Humberto Chancay Rivera**

(f) \_\_\_\_\_

**Jorge Alfredo Villamarín Pino**

### **Agradecimiento.**

Agradecemos a Dios a nuestras familias y amigos que sin ellos no hubiéramos podido seguir adelante en nuestros estudios, gracias a ellos logramos ser unos profesionales. También no podemos olvidarnos de las instituciones que nos abrieron sus puertas para realizar nuestro proyecto de tesis.

Un agradecimiento especial a nuestro amigo y tutor el Ing. Luis Córdova.

**Dedicatoria**  
**Por Miguel Humberto Chancay Rivera.**

Dedico este triunfo a Dios a mis padres Humberto Chancay Rendón y Blanca Rivera a mis hermanos que estuvieron conmigo desde un comienzo hasta el final apoyándome en todo momento, en especial a la memoria de mi abuelito José Rivera Reyes que siempre estuvo conmigo anhelando verme como un ingeniero. También a mi amigo y compañero de proyecto que supo tener paciencia en todo momento.

**Dedicatoria**  
**Por Jorge Alfredo Villamarín Pino.**

Dedico este trabajo a mi madre Myriam y a mi abuelo Jorge. A mi madre por enseñarme lo que es la perseverancia y a levantarme ante una derrota, a mi abuelo porque de donde este me ha dado fuerzas y ha educado a la gran mujer que es mi madre. Con infinita gratitud y amor.

## ÍNDICE

Tribunal del Consejo de Carrera	I
Declaratoria de Responsabilidad	II
Agradecimiento	III
Dedicatoria	IV
Índice General	VI
Resumen	XXII
Introducción	XXIII
Planteamiento del Problema	
XXIII	
Justificación	
XXIII	
Viabilidad	XXV
Objetivos	XXV
Análisis FODA del Proyecto de Tesis	XXVI
Hipótesis	XXVII
Matriz de Mapa de Actores	
XXVIII	
Marco Teórico	XXX
Materiales y Métodos	XXXII
Marco Metodológico	
XXXIII	

### Capítulo I

#### La Neumática y su Entorno

1.1.Generalidades.	36
1.1.1. Historia.	36
1.1.2. El aire.	38
1.1.2.1. Composición del aire.	38
1.1.2.2. Propiedades físicas del aire.	39
1.1.2.3. Propiedades Químicas del aire.	41
1.1.2.4. Peso del aire.	43
1.1.2.5. Atmosfera.	44
1.1.2.6. Presión.	44
1.1.2.7. Medición de la presión atmosférica.	45
1.2.Principios.	48
1.2.1. Conceptos y Fundamentos.	48
1.2.1.1. Los Fluidos.	48
1.2.1.2. Propiedades de los Fluidos.	48
1.2.1.2.1. Propiedades primarias o termodinámicas.	48
1.2.1.2.2. Propiedades Secundarias.	57
1.3.La Neumática.	61
1.3.1. Fundamentos y aplicaciones.	61

1.3.1.1.	Introducción.	61
1.3.1.2.	Aplicaciones.	62
1.3.1.3.	Ventajas.	63
1.3.1.4.	Desventajas.	64
1.3.2.	Neumática básica.	64
1.3.2.1.	Magnitudes físicas.	65
1.3.2.1.1.	Magnitudes fundamentales.	65
1.3.2.1.2.	Magnitudes derivadas.	65
1.3.3.	Leyes de aplicaciones.	69
1.3.3.1.	El aire es compresible.	69
1.3.3.1.1.	Ley de Boyle – Mariotte.	69
1.3.3.2.	Volumen vs Temperatura.	69
1.3.3.2.1.	Ley de Charles – Gay Lussac.	70
1.3.3.3.	Ecuación de los gases perfectos.	70
1.3.3.4.	Principio de Pascal.	71
1.3.4.	Producción y distribución.	73
1.3.4.1.	El aire comprimido.	73
1.3.4.2.	Sistemas neumáticos.	74
1.3.4.3.	Sistemas de producción y distribución.	74
1.3.4.3.1.	El compresor.	75
1.3.4.3.1.1.	Compresor Alternativo de Pistón o Embolo.	77
1.3.4.3.1.2.	Compresor de Diafragma o Membrana.	80
1.3.4.3.1.3.	Compresor Rotativo de Paletas Deslizantes.	81
1.3.4.3.1.4.	Compresor de Anillo Líquido.	81
1.3.4.3.1.5.	Compresor de Lóbulos, (Roots).	82
1.3.4.3.1.6.	Compresor de Tornillo Helicoidal.	82
1.3.4.3.1.7.	Compresor de Flujo Axial.	83
1.3.4.3.1.8.	Compresor de Flujo Radial.	84
1.3.4.3.2.	Sistemas de Enfriamiento de los Compresores.	84
1.3.4.3.3.	Mantenimiento del Compresor.	86
1.3.4.3.4.	Preparación del Aire Comprimido.	87
1.3.4.3.5.	Deposito/Tanque/Recipiente de aire comprimido.	89
1.3.4.3.6.	Desumificación del aire.	91
1.3.4.3.7.	El filtro del aire.	95
1.3.4.3.7.1.	Operación de los filtros.	95
1.3.4.3.7.2.	Drenos en los filtros.	96
1.3.4.3.8.	El Regulador de Presión.	96
1.3.4.3.9.	Manómetros.	98
1.3.4.3.10.	El Lubricador.	99
1.3.4.4.	Distribución del aire comprimido.	101
1.3.4.4.1.	Diseño de la red.	102
1.3.4.4.2.	Dimensionado de las tuberías.	102
1.3.4.4.3.	Tendido de la red o configuración.	104
1.3.4.4.4.	Inclinación.	106
1.3.4.4.5.	Materiales de tuberías.	107

1.3.4.4.6.	Uniones.	108
1.3.4.4.7.	Unidad de mantenimiento.	111
1.3.5.	Elementos Neumáticos de Trabajo.	114
1.3.5.1.	Elementos neumáticos de movimiento rectilíneo.	114
1.3.5.1.1.	Cilindros de simple efecto.	114
1.3.5.1.2.	Cilindro de émbolo.	115
1.3.5.1.3.	Cilindros de membrana.	116
1.3.5.1.4.	Cilindros de membrana arrollable.	116
1.3.5.1.5.	Cilindros de doble efecto.	117
1.3.5.1.6.	Cilindros con amortiguación Interna.	117
1.3.5.1.7.	Cilindros de doble vástago (ejecución especial).	118
1.3.5.1.8.	Cilindro Tándem.	119
1.3.5.1.9.	Cilindro Multiposicional.	120
1.3.5.1.10.	Cilindro de Impacto.	120
1.3.5.1.11.	Cilindro de cable.	122
1.3.5.1.12.	Cilindro de giro.	122
1.3.5.1.13.	Cilindro de embolo giratorio.	123
1.3.5.1.14.	Cálculos de cilindros.	124
1.3.6.	Elementos neumáticos con movimiento giratorio.	132
1.3.6.1.	Motor de aire comprimido.	132
1.3.6.1.1.	Motores de émbolo.	132
1.3.6.1.2.	Motores de aletas.	133
1.3.6.1.3.	Motores de engranajes.	133
1.3.6.1.4.	Turbomotores.	134
1.3.7.	Válvulas.	134
1.3.7.1.	Generalidades.	134
1.3.7.2.	Válvulas distribuidoras.	135
1.3.7.2.1.	Representación esquemática de las válvulas.	135
1.3.7.2.2.	Accionamientos de válvulas.	138
1.3.7.3.	Características de construcción de válvulas Distribuidoras.	138
1.3.7.4.	Válvulas de asiento.	138
1.3.7.4.1.	Válvulas de asiento esférico.	139
1.3.7.4.2.	Válvulas de asiento plano.	139
1.3.7.5.	Válvula servopilotada.	142
1.3.7.6.	Válvulas de corredera.	144
1.3.7.6.1.	Válvula de corredera longitudinal.	144
1.3.7.6.2.	Válvula de corredera y curso lateral.	146
1.3.7.6.3.	Mando por aplicación bilateral de presión.	147
1.3.7.7.	Caudal de válvulas.	148
1.3.7.8.	Válvulas de bloqueo.	149
1.3.7.8.1.	Válvula anti retorno.	149
1.3.7.8.2.	Válvula selectora de circuito.	150
1.3.7.8.3.	Válvula anti retorno y de estrangulación.	151
1.3.7.8.4.	Válvula de escape rápido.	153

1.3.7.8.5. Válvula de simultaneidad.	154
1.3.7.9. Reguladores de presión.	155
1.3.7.9.1. Válvula de regulación de presión.	155
1.3.7.9.2. Válvula limitadora de presión.	156
1.3.7.9.3. Válvula de secuencia.	158
1.3.7.10. Válvulas de caudal.	158
1.3.7.11. Válvulas de cierre.	159
1.3.7.12. Válvulas combinadas.	159
1.3.7.12.1. Bloque de mando.	159
1.3.7.12.2. Temporizador neumático.	160
1.3.7.12.3. Válvula distribuidora 5/4.	163
1.3.7.12.4. Válvula distribuidora 8/2, de accionamiento Neumático.	164
1.3.7.12.5. Multi-vibrador.	165
1.3.7.12.6. Válvula distribuidora 3/2 con divisor binario.	166
1.3.8. Programador.	168
1.3.9. Captadores de posición sin contacto – Sensores neumáticos.	169
1.3.9.1. Captadores de presión.	169
1.3.9.1.1. Presostato.	160
1.3.9.2. Captadores de umbral de presión.	169
1.3.9.3. Captadores de posición.	169
1.3.9.3.1. Captadores de fuga.	169
1.3.9.3.2. Captadores de proximidad o réflex.	170
1.3.10. Amplificadores de señal.	170
1.3.11. Contadores neumáticos.	170
1.3.12. Detector de paso.	170
1.3.12.1. Barrera de aire.	170
1.3.12.2. De horquilla.	171
1.3.12.3. Detector de proximidad (detector réflex).	172
1.3.13. Tobera de aspiración por depresión.	174
1.3.13.1. Cabezal de aspiración por depresión.	174
1.3.14. Detector por obturación de fuga.	175
1.3.14.1. Detector por obturación de fuga con mando de Taqué.	176
1.3.15. Cilindro de conmutación sin contacto.	177
1.3.16. Interruptor neumático de proximidad.	177
1.3.17. Interruptor eléctrico de aproximación.	177
1.3.18. Electroválvulas (válvulas electromagnéticas).	178
1.3.18.1. Electroválvulas de doble solenoide.	180
1.3.18.2. Válvulas proporcionales.	180
1.3.19. Transmisión de señales por medios neumáticos.	181
1.3.20. Los PLC's y la neumática.	182
1.3.20.1. Introducción.	182
1.3.20.2. PLC's utilizados con dispositivos neumáticos.	184
1.3.20.3. Esquema de la función de un PLC.	185

1.3.21. Amplificador de presión (de una etapa).	185
1.3.22. Amplificador de presión (de dos etapas).	186
1.3.23. Convertidor de señal neumático-eléctrico.	187
1.3.23.1. Convertidor de señal.	187
1.3.23.2. Contactor neumático.	188
1.3.23.2.1. Mando o inversión de motores eléctricos.	188

## **Capítulo II**

### **Estudio Técnico para la Implementación del Laboratorio**

2.1. Estudio Técnico del Proyecto de Tesis.	191
2.1.1. Generalidades.	191
2.1.2. Objetivos.	191
2.1.3. Justificación del proyecto.	192
2.1.4. Elementos del estudio técnico para el proyecto.	193
2.2. Localización del laboratorio.	194
2.2.1. Macro Localización.	194
2.2.2. Micro Localización.	195
2.2.3. Factores Positivos.	196
2.2.4. Factores Negativos.	196
2.2.5. Método de Selección.	197
2.2.5.1. Factores.	197
2.2.5.2. Calificación y Ponderación.	197
2.3. Determinación del tamaño del laboratorio.	198
2.3.1. Identificación de la demanda.	198
2.3.2. Datos del estudio de mercado.	198
2.3.2.1. Encuesta a Estudiantes.	199
2.3.2.2. Encuesta a Profesores.	205
2.4. Distribución del Laboratorio.	210
2.4.1. Red de Distribución.	210
2.4.2. Puestos de Prácticas – Ubicación.	211
2.4.3. Cuarto del compresor – Ubicación.	212
2.4.4. Inmuebles generales del laboratorio.	213
2.5. Diseño de Obras Físicas.	214
2.5.1. Red de Distribución y almacenamiento de aire Comprimido.	214
2.5.1.1. Consumo de Aire del Laboratorio.	214
2.5.1.2. Acumulador de aire comprimido.	218
2.5.1.3. Distribución del aire comprimido.	218
2.5.1.3.1. Cálculo de tubería.	219
2.5.1.3.2. Tendido de la red.	220
2.5.1.3.3. Material de tuberías.	221
2.5.1.4. Elección del compresor.	221
2.5.2. Instalaciones Eléctricas.	222
2.5.2.1. Puntos de energía.	222

2.5.2.2. Planos Eléctricos del Laboratorio.	223
2.5.2.3. Análisis de Carga.	225
2.5.2.4. Número de Polos para Paneles.	226
2.5.2.5. Descripción de Acometidas y Breaker.	227
2.6. Implementación de materiales y suministros para el Laboratorio de Neumática y Electroneumática.	228
2.6.1. Para la red.	228
2.6.2. Para los tableros de Prácticas.	229
2.6.3. Para la construcción del tablero.	230
2.6.4. Para el Ambiente Físico.	230
2.6.5. Para la Instalación Eléctrica.	231
2.7. Factores de Seguridad Industrial.	232
2.7.1. Consideraciones de la Seguridad Industrial.	232
2.7.1.1. Filtro de Admisión de aire al compresor.	232
2.7.1.2. Compresores.	233
2.7.1.3. Líneas de Conducción.	236
2.7.2. Objetivos de Seguridad Industrial.	239
2.7.3. Medios de Egreso.	239
2.7.4. Definiciones de Seguridad.	241
2.8. Cuadros de Costos y tablas de elementos.	245
2.8.1. Cuadro de Inversión.	245
2.8.2. Costos y elementos de la red de distribución.	245
2.8.3. Cuadro de construcción de tableros.	246
2.8.4. Costos y elementos tableros de prácticas.	246
2.8.5. Instalaciones Eléctricas.	247
2.8.6. Inmuebles del laboratorio.	248
2.8.7. Cuadro de mano de obra directa.	248
2.8.8. Cuadro de mano de obra indirecta.	249
2.8.9. Cuadro de Servicios.	249

### Capítulo III

#### Construcción de Selladora de Cajas

3.1. Resumen.	252
3.2. Introducción.	253
3.3. Aplicación en la Industria.	254
3.4. Justificación.	256
3.5. Tema del Proyecto de tesis.	257
3.5.1. Descripción del Proyecto.	257
3.6. Etapas de diseño y construcción del proyecto de tesis.	258
3.6.1. Diseño del Proyecto de Tesis.	258
3.6.1.1. Esquema electroneumático del proyecto.	258
3.6.1.1.1. Planteamiento del proyecto de tesis.	258
3.6.1.1.2. Circuito neumático y electroneumático del proyecto.	259

3.6.1.1.3. Secuencia del Circuito.	260
3.6.1.2. Diseño de la estructura del proyecto.	266
3.6.1.2.1. Estructura General del Proyecto.	266
3.6.1.2.2. Elementos del Proyecto de Tesis.	268
3.6.1.2.2.1. Banda Transportadora.	269
3.6.1.2.2.2. Proceso de Sellado y Expulsado.	274
3.6.1.2.2.3. Rampa y Depósito.	284
3.6.1.2.2.4. Panel de Control.	286
3.7. Análisis de tiempo.	289
3.7.1. Interpretación de valores.	289
3.7.1.1. Tiempo de Inicio.	289
3.7.1.2. Duración de sellado.	290
3.7.1.3. Duración de expulsado.	291
3.8. Tablas referentes al proyecto.	292
3.8.1. Elementos utilizados para la construcción del tablero.	292
3.8.2. Mano de obra directa MOD.	293
3.8.3. Gastos de telefonía.	293
3.8.4. Alimentación.	293
3.8.5. Inversión total.	294

## APÉNDICES

Apéndice A	Circuitos Neumáticos.	296
Apéndice B	Circuitos Electroneumáticos.	307
Apéndice C	Circuitos Propuestos.	318
Anexos		328
Conclusiones		350
Recomendaciones		351
Bibliografía		352

## ÍNDICE DE FIGURAS

### Capítulo I

1.1	Propiedades del Aire.	38
1.2	Otros Gases.	39
1.3	Compresibilidad del Aire.	39
1.4	Elasticidad del Aire.	40
1.5	Difusibilidad del Aire.	40
1.6	Expansibilidad del Aire.	41
1.7	Carta Psicométrica del Aire.	42
1.8	Corrosión de metales.	42
1.9	Formación de Ozono.	42

<b>1.10 Aire frío vs Aire caliente.</b>	<b>43</b>
<b>1.11 Cámara gaseosa de la Atmosfera.</b>	<b>44</b>
<b>1.12 Barómetro de Mercurio.</b>	<b>46</b>
<b>1.13 Barómetro Aneroides.</b>	<b>46</b>
<b>1.14 Barógrafo.</b>	<b>47</b>
<b>1.15 Instrumentos medidores del estado del tiempo.</b>	<b>47</b>
<b>1.16 Temperatura seca.</b>	<b>53</b>
<b>1.17 Temperatura radiante.</b>	<b>53</b>
<b>1.18 Termómetro de bulbo.</b>	<b>53</b>
<b>1.19 Diagrama de referencia de presión.</b>	<b>67</b>
<b>1.20 Diagrama de caudal.</b>	<b>68</b>
<b>1.21 Ley de Boyle – Mariotte.</b>	<b>69</b>
<b>1.22 Principio de Pascal.</b>	<b>72</b>
<b>1.23 (a) movimiento descendente del embolo. (b) movimiento Ascendente del embolo.</b>	<b>77</b>
<b>1.24 (a) válvula de admisión bloqueada. (b) válvula de descarga Bloqueada.</b>	<b>79</b>
<b>1.25 Compresor de doble efecto.</b>	<b>80</b>
<b>1.26 Compresor de Membrana.</b>	<b>80</b>
<b>1.27 Compresor de Paletas deslizantes.</b>	<b>81</b>
<b>1.28 Compresor Roots.</b>	<b>82</b>
<b>1.29 Compresor Tornillo Helicoidal.</b>	<b>83</b>
<b>1.30 Compresor Flujo Axial.</b>	<b>83</b>
<b>1.31 Compresor Flujo Radial.</b>	<b>84</b>
<b>1.32 Sistema de enfriamiento agua.</b>	<b>85</b>
<b>1.33 Enfriador Posterior.</b>	<b>89</b>
<b>1.34 Elementos del Acumulador de Aire Comprimido.</b>	<b>91</b>
<b>1.35 Secado por refrigeración.</b>	<b>92</b>
<b>1.36 Secado por absorción.</b>	<b>93</b>
<b>1.37 Secado por adsorción.</b>	<b>94</b>
<b>1.38 Descripción del filtro de aire comprimido.</b>	<b>95</b>
<b>1.39 Regulador de presión.</b>	<b>97</b>
<b>1.40 Filtro regulador.</b>	<b>98</b>
<b>1.41 Manómetro tubo de Bourdon.</b>	<b>99</b>
<b>1.42 Lubricador.</b>	<b>100</b>
<b>1.43 Monograma Diámetro de tubería.</b>	<b>103</b>
<b>1.44 Nomograma Longitudes suplementarias.</b>	<b>104</b>
<b>1.45 Red abierta de distribución de aire comprimido.</b>	<b>105</b>
<b>1.46 Red cerrada de distribución de aire comprimido.</b>	<b>105</b>
<b>1.47 Red cerrada con interconexión.</b>	<b>106</b>
<b>1.48 Porcentaje de inclinación de la red.</b>	<b>106</b>
<b>1.49 Racor de anillo cortante.</b>	<b>108</b>
<b>1.50 Racor de anillo de sujeción.</b>	<b>108</b>
<b>1.51 Racor con borde recalcado.</b>	<b>109</b>
<b>1.52 Racor con reborde.</b>	<b>109</b>

<b>1.53</b>	<b>Base de enchufe rápido.</b>	<b>109</b>
<b>1.54</b>	<b>Racor de enchufe.</b>	<b>110</b>
<b>1.55</b>	<b>Boquilla con tuerca.</b>	<b>110</b>
<b>1.56</b>	<b>Boquilla simple.</b>	<b>110</b>
<b>1.57</b>	<b>Racores rápidos.</b>	<b>111</b>
<b>1.58</b>	<b>Racor CS.</b>	<b>111</b>
<b>1.59</b>	<b>Unidad de Mantenimiento.</b>	<b>112</b>
<b>1.60</b>	<b>Simbología y equivalencia de la unidad de mantenimiento.</b>	<b>112</b>
<b>1.61</b>	<b>Caudal en las unidades de mantenimiento.</b>	<b>114</b>
<b>1.62</b>	<b>Cilindro de simple efecto.</b>	<b>115</b>
<b>1.63</b>	<b>Cilindro de membrana.</b>	<b>116</b>
<b>1.64</b>	<b>Cilindro de membrana arrollable.</b>	<b>116</b>
<b>1.65</b>	<b>Cilindro de doble efecto.</b>	<b>117</b>
<b>1.66</b>	<b>Cilindro con amortiguación interna.</b>	<b>118</b>
<b>1.67(a)</b>	<b>amortiguación en los dos lados no regulable. (b) amortiguación en el lado del embolo no regulable.</b>	<b>118</b>
	<b>(c) amortiguación en el lado del embolo regulable.</b>	<b>118</b>
<b>1.68</b>	<b>Cilindro de doble vástago.</b>	<b>119</b>
<b>1.69</b>	<b>Cilindro Tándem.</b>	<b>119</b>
<b>1.70</b>	<b>Cilindro Multiposicional.</b>	<b>120</b>
<b>1.71</b>	<b>Cilindro de Impacto.</b>	<b>121</b>
<b>1.72</b>	<b>Cilindro de cable.</b>	<b>122</b>
<b>1.73</b>	<b>Cilindro de Giro.</b>	<b>122</b>
<b>1.74</b>	<b>Cilindro embolo giratorio.</b>	<b>123</b>
<b>1.75(a)</b>	<b>Cilindros de vástago reforzado. (b) juntas de émbolo para Presiones elevadas (c) cilindros de juntas resistentes a altas Temperaturas.</b>	<b>123</b>
<b>1.75 (d)</b>	<b>Camisa de cilindro, de latón, (e) superficies de deslizamiento, De cromo (f) vástago de acero anticorrosivo, (g) cuerpo recubierto De plástico y vástago de acero anticorrosivo.</b>	<b>124</b>
<b>1.76</b>	<b>Diagrama: Presión – Fuerza.</b>	<b>126</b>
<b>1.77</b>	<b>Diagrama de Pandeo.</b>	<b>127</b>
<b>1.78</b>	<b>Diagrama: Consumo de Aire.</b>	<b>128</b>
<b>1.79(a)</b>	<b>motor de embolo axial, (b) motor de embolo radial.</b>	<b>132</b>
<b>1.80</b>	<b>Motor de aleta.</b>	<b>133</b>
<b>1.81(a)</b>	<b>válvula 2/2 de asiento esférico, (b) válvula 3/2 utilizada También como distribuidora.</b>	<b>139</b>
<b>1.82(a)</b>	<b>Válvula distribuidora 3/2 abierta, (b) válvula distribuidora 3/2 cerrada.</b>	<b>140</b>
<b>1.83</b>	<b>Válvula distribuidora 3/2 cerrada en posición de reposo.</b>	<b>144</b>
<b>1.83</b>	<b>Válvula distribuidora 3/2 abierta en posición de reposo.</b>	<b>141</b>
<b>1.84</b>	<b>Válvula 4/2 – combinación de dos válvulas 3/2</b>	<b>141</b>
<b>1.85</b>	<b>Válvulas 5/2 – principio de válvulas de disco flotante.</b>	<b>142</b>
<b>1.86</b>	<b>Válvula distribuidora 3/2 (cerrada en posición de reposo).</b>	<b>142</b>
<b>1.87</b>	<b>Válvula distribuidora 3/2 (abierta en posición de reposo).</b>	<b>143</b>

1.88Válvula distribuidora 4/2 (servopilotada).	143
1.89Válvula distribuidora 5/2 (principio de corredera longitudinal).	144
1.90Diferentes métodos de estanqueidad entre el émbolo y el cuerpo.	145
1.91Válvula corredera longitudinal manual (válvula Distribuidora 3/2).	146
1.92Válvula de corredera y cursor lateral (válvula distribuidora 4/2 Inversión por efecto de presión).	147
1.93Válvula de corredera y cursor lateral (válvula distribuidora 4/2 Mando por depresión).	148
1.94(a) Válvula anti retorno.	149
1.94(b) Válvula anti retorno por muelle.	149
1.94(c) Válvula anti retorno esquema.	149
1.95(a) válvula selectora – posición X	150
1.95(b) válvula selectora – posición Y	150
1.96(a) válvula anti retorno y estrangulación.	151
1.96 (b) válvula con acople de racores.	151
1.97 Esquema de estrangulación primaria.	152
1.98 Regulador unidireccional – regulable con rodillo.	153
1.99 Válvula de escape rápido.	153
1.100 Expulsor neumático.	154
1.101 (a) válvula de simultaneidad.	155
1.101 (b) esquema de circuito con válvula.	155
1.102 (a) Regulador de presión sin orificio de escape.	156
1.102 (b) Regulador de presión con orificio de escape.	156
1.103 Válvula de secuencia.	157
1.104 Válvula de caudal.	158
1.105 Válvula de cierre.	159
1.106 Bloque neumático de mando (pilotaje a presión).	160
1.107 (a) Temporizador – esquema interno.	161
1.107 (b) Temporizador (cerrado en posición de reposo).	161
1.107 (c) Temporizador (abierto en posición de reposo).	162
1.108 (a) combinación de cinco válvulas 2/2	163
1.108 (b) válvula 5/4 segunda posición.	163
1.108 (c) válvula 5/4 tercera posición.	163
1.108 (d) válvula 5/4 cuarta posición.	164
1.109 (a) válvula 8/2	165
1.109 (b) alimentador neumático.	165
1.110 Multivibrador.	166
1.111 Válvula distribuidora 3/2 con divisor primario.	167
1.112 (a) Programador de rejilla.	168
1.112 (b) esquema de programador.	169
1.113. Barrera de aire.	171
1.114 Detector tipo horquilla.	172
1.115 Detector de proximidad – esquema	172
1.116 Detector de proximidad – símbolo	173

1.117 Diagrama de presión de mando vs separación	174
1.118 Tobera de aspiración por depresión	175
1.119 Cabezal de aspiración por depresión	176
1.120 Detector por obturación de fuga.	176
1.121 Detector por obturación con mando de taqué.	176
1.122 Interruptor neumático de proximidad.	177
1.123 Interruptor eléctrico de proximidad.	178
1.124 Válvula distribuidora 3/2 (de mando electromagnético).	178
1.125 Símbolos de válvulas.	179
1.126 Rutas del fluido con una válvula de 5/2.	179
1.127 Válvulas proporcionales. Permiten regular el caudal que Pasa a través de ellas.	180
1.128 Control de lazo cerrado con válvulas proporcionales.	180
1.129 Secuencia con válvula proporcional.	181
1.130 Válvula electromagnética y de mando indirecto.	182
1.131 Amplificador de presión – una etapa	186
1.132 Amplificador de presión – dos etapas	186
1.133 Convertidor de señal	187
1.134 Mando o inversor de motor eléctrico	189

## Capítulo II

2.1 Mapa del Ecuador.	194
2.2 Mapa de la ciudad de Guayaquil.	194
2.3 Mapa parroquia Ximena.	194
2.4 El plano completo de la Institución.	195
2.5 Ubicación del espacio designado para el laboratorio.	195
2.6 El área aproximada del laboratorio.	195
2.7 Primera pregunta de encuesta.	199
2.8 Segunda pregunta de encuesta.	199
2.9 Tercera pregunta de encuesta.	200
2.10 Cuarta pregunta de encuesta.	200
2.11 Quinta pregunta de encuesta.	201
2.12 Sexta pregunta de encuesta.	201
2.13 Séptima pregunta de encuesta.	201
2.14 Octava pregunta de encuesta.	202
2.15 Novena pregunta de encuesta.	202
2.16 Décima pregunta de encuesta.	203
2.17 Porcentaje de la pregunta ocho.	203
2.18 Porcentaje de la pregunta diez.	203
2.19 Primera pregunta de encuesta.	205
2.20 Segunda pregunta de encuesta.	205
2.21 Tercera pregunta de encuesta.	206
2.22 Cuarta pregunta de encuesta.	206
2.23 Quinta pregunta de encuesta.	207

2.24 Sexta pregunta de encuesta.	207
2.25 Séptima pregunta de encuesta.	207
2.26 Octava pregunta de encuesta.	208
2.27 Novena pregunta de encuesta.	208
2.28 Décima pregunta de encuesta.	209
2.29 Porcentaje de pregunta a profesores.	209
2.30 Porcentaje de preguntas a profesores.	210
2.31 La longitud de las paredes.	210
2.32 Altura de la red tres metros a nivel del suelo.	211
2.33 Vista de puestos de prácticas.	211
2.34 Cada puesto de prácticas tendrá una computadora para poder Realizar prácticas de simulación mediante un software.	211
2.35 El cuarto del compresor tiene un área de cuatro metros cuadrados.	212
2.36 Climatización del cuarto del compresor.	212
2.37 Inmuebles generales del laboratorio.	213
2.38 Ubicación de sistema de climatización.	213
2.39 PD-Panel de distribución de cargas ubicado atrás de la puerta Principal del laboratorio.	222
2.40 PD-1 Panel de distribución de cargas del cuarto de compresor.	222
2.41 Plano eléctrico a escala.	223
2.42 Simbología utilizada.	223
2.43 Punto de energía de 110v, Panel de distribución electroneumática 110v – 220v.	224
2.44 Distribución de iluminación del laboratorio.	224

### Capítulo III

3.1 Esquema electroneumático.	259
3.2 Circuito electroneumático.	259
3.3 Flujo de aire inicio de secuencia.	260
3.4 Señal eléctrica inicio de secuencia.	260
3.5 Señal eléctrica – segundo paso de secuencia.	261
3.6 Tercer paso de secuencia.	262
3.7 Secuencia eléctrica – tercer paso.	262
3.8 Cilindro A activado. Posición final S2.	262
3.9 Secuencia eléctrica – cuarto paso.	263
3.10 Cilindro B activado. Posición final.	263
3.11 Secuencia y señal electroneumática – quinto paso.	264
3.12 Secuencia y señal electroneumática – reinicio de secuencia.	265
3.13 Dimensiones de la caja de madera.	266
3.14 Longitud de estructura de proyecto.	266
3.15 Ancho de estructura del proyecto.	267
3.16 Alto de estructura del proyecto.	267
3.17 Área total de estructura del proyecto.	268
3.18 Banda transportadora.	270

<b>3.19 Movimiento banda transportadora.</b>	<b>270</b>
<b>3.20 Movimiento rodillos de banda.</b>	<b>270</b>
<b>3.21 Elementos para sistema de movimiento.</b>	<b>271</b>
<b>3.22 Vista frontal sistema de movimiento.</b>	<b>271</b>
<b>3.23 Banda transportadora y sistema de motor.</b>	<b>271</b>
<b>3.24 Dimensiones de estructura para banda.</b>	<b>272</b>
<b>3.25 Vista de estructura para banda.</b>	<b>272</b>
<b>3.26 Estructura y guardas de seguridad para cajas.</b>	<b>273</b>
<b>3.27 Ubicación rodillo tensor y motor.</b>	<b>273</b>
<b>3.28 Ubicación rodillo tensor y motor.</b>	<b>273</b>
<b>3.29 Ubicación Unidad de mantenimiento – electroválvulas 5/2</b>	<b>276</b>
<b>3.30 Actuadores de sellado y expulsado.</b>	<b>276</b>
<b>3.31 Dimensiones estructuras de actuadores.</b>	<b>277</b>
<b>3.32 Soporte para actuadores.</b>	<b>278</b>
<b>3.33 Vistas Base actuador sellado/impreso.</b>	<b>279</b>
<b>3.34 Base soporte vertical actuador sellado/impreso.</b>	<b>280</b>
<b>3.35 Medidas soporte horizontal – actuador expulsado.</b>	<b>281</b>
<b>3.36 Visualización soportes de actuadores.</b>	<b>281</b>
<b>3.37 Medidas soportes adicionales.</b>	<b>282</b>
<b>3.38 Descripción de elementos adicionales.</b>	<b>282</b>
<b>3.39 Sistema de posicionamiento.</b>	<b>283</b>
<b>3.40 Dimensiones rampa de rodillos locos.</b>	<b>284</b>
<b>3.41 Recorrido de cajas hasta el depósito.</b>	<b>285</b>
<b>3.42 Rampa y depósito en movimiento.</b>	<b>285</b>
<b>3.43 Vista frontal de panel de control.</b>	<b>286</b>
<b>3.44 Indicadores de secuencia.</b>	<b>287</b>
<b>3.45 Ubicación de microswitch – sensor de presencia.</b>	<b>287</b>
<b>3.46 Ubicación de selenoides – electroválvulas 5/2 biestable.</b>	<b>288</b>
<b>3.47 Ubicación de interruptores marcha – paro.</b>	<b>288</b>
<b>3.48 Secuencia desde inicio hasta detección de cajas.</b>	<b>289</b>
<b>3.49 Duración de sellado/impreso.</b>	<b>290</b>
<b>3.50 Sellado/impreso de cajas de madera.</b>	<b>290</b>
<b>3.51 Proyecto Sellado/impreso de cajas de madera.</b>	<b>291</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

### Capítulo I

<b>1.1 Presión a diferentes alturas.</b>	<b>44</b>
<b>1.2 Conversiones de presión.</b>	<b>49</b>
<b>1.3 Densidades de elementos.</b>	<b>51</b>
<b>1.4 Conversión de Temperatura.</b>	<b>54</b>
<b>1.5 Calor Específico – Capacidad Calorífica.</b>	<b>56</b>
<b>1.6 Propiedades de algunos materiales (unidades SI).</b>	<b>58</b>
<b>1.7 Aceites recomendados.</b>	<b>101</b>
<b>1.8 Llenado de cámaras secundarias de un cilindro.</b>	<b>131</b>

## Capítulo II

2.1 Factores.	197
2.2 Calificación y Ponderación.	197
2.3 Media anual.	204
2.4 Cilindro de simple efecto.	215
2.5 Cilindro de doble efecto.	215
2.6 Acumulador de aire comprimido.	218
2.7 Cálculo de tubería.	219
2.8 Longitudes supletorias.	220
2.9 Datos del compresor.	221
2.10 Análisis de carga del laboratorio.	225
2.11 Número de Polos para Paneles.	226
2.12 Descripción de acometidas y Breaker.	226
2.13 Acometida principal.	226
2.14 Elementos para la red de aire comprimido.	228
2.15 Elementos para tableros de práctica.	229
2.16 Costos de construcción de tableros.	230
2.17 Inmuebles del laboratorio.	230
2.18 Elementos para instalaciones eléctricas.	231
2.19 Cuadro de inversión.	245
2.20 Cuadro de red de distribución.	245
2.21 Construcción de tableros.	246
2.22 Elementos y costos tablero de práctica.	246
2.23 Instalaciones Eléctricas.	247
2.24 Cuadro de Inmuebles Generales.	248
2.25 Cuadro de M.O.D.	248
2.26 Cuadro de M.O.I.	249
2.27 Cuadro de gastos de alimentación.	249
2.28 Cuadro de gastos de telefonía.	250

## Capítulo III

3.1 Dimensiones de la caja de madera.	266
3.2 Datos técnicos Banda transportadora.	269
3.3 Datos técnicos Motor y Poleas.	269
3.4 Datos técnicos rodillos de la banda.	270
3.5 Datos técnicos estructura para rodillos.	272
3.6 Elementos de sellado y expulsado.	275
3.7 Datos técnicos estructura de actuadores.	277
3.8 Datos técnicos estructura de actuadores.	278
3.9 Datos técnicos rampa y depósito.	284
3.10 Elementos eléctricos del panel de control.	286
3.11 Análisis de tiempo del proceso.	289

<b>3.12 Elementos del proyecto.</b>	<b>292</b>
<b>3.13 Mano de Obra Directa.</b>	<b>293</b>
<b>3.14 Telefonía.</b>	<b>293</b>
<b>3.15 Alimentación.</b>	<b>293</b>
<b>3.16 Inversión total del proyecto de tesis.</b>	<b>294</b>

## **RESUMEN.**

Este proyecto consiste en un claro, preciso y veraz estudio técnico para la implementación de un laboratorio de neumática y electroneumática en instituciones educativas que requieran de este laboratorio. El Colegio Técnico Fiscomisional Salesiano “Domingo Comín” será tomado como espacio para el análisis del proyecto.

Tendrá información básica de las teorías, sus leyes y formulas, además, de los orígenes de la neumática y electroneumática, sus avances y todas sus aplicaciones en la industria. Dando a conocer todo lo que rodea la neumática y electroneumática.

En este estudio técnico encontrarán datos sobre dimensiones de espacio, cálculos de red de distribución de aire comprimido, módulos didácticos de prácticas, además, esquemas de circuitos neumáticos y electroneumáticos tanto para el docente como esquemas propuestos y medidas de seguridad para la implementación de todo el laboratorio.

Así mismo, cálculos de compresor, acumulador, dimensiones de tuberías, elección de unidad de mantenimiento, elección de las fuentes de poder, planos eléctricos y todo para el ambiente didáctico que necesite el laboratorio. Presentaremos un presupuesto del laboratorio, proveedores de elementos, materiales y equipos necesarios en caso que deseen implementarlo.

Y como complemento al proyecto de tesis, se demostrará mediante una maqueta, los pasos de un sistema neumático-electroneumático. Con sus elementos, justificación, aplicación en la industria y su presupuesto.

## INTRODUCCIÓN

En este mundo de avance tecnológico y científico, no podemos quedarnos de brazos cruzados y ver que el mundo gire sin ser partícipes de los cambios, ni plantear preguntas y más aún sin dar una respuesta a estas.

La tecnología es sinónimo de progreso, y debe darse desde los inicios de nuestra formación educativa y no obviarla en nuestro camino a la profesionalización, ya que obviar nuestras metas sería ir por un camino ya recorrido y no construir el nuestro.

Nuestra educación a nivel de bachillerato debe estar en constante crecimiento y desde este nivel deben plantearse ideas innovadoras, permitiendo al estudiante desarrollar su ingenio y aumentando su capacidad de plantear y resolver problemas. Para este desarrollo las instituciones educativas deben ofrecer el más completo espacio físico e intelectual a sus estudiantes.

Dotar a las escuelas y colegios de materiales didácticos acordes a su enseñanza, es decir; si el colegio ofrece la especialización de mecánica industrial, esta institución deberá de ofrecer talleres con elementos y maquinas para el desarrollo del estudiante, de otro modo no podrán brindar un nivel de educación de alta calidad.

Los laboratorios en un colegio, cualquiera que sea su enfoque (electrónico, informático, contable), deberán satisfacer las necesidades no solo del entorno sino las necesidades del estudiante que lo utilice. Es por tal razón que la implementación de uno, conlleva primero un estudio técnico para reconocer dichas necesidades.

En este estudio se obtendrá un resultado de alta calidad, con sus medidas de seguridad, impacto al medio ambiente, contribución a la educación y al avance científico y tecnológico y ayuda al crecimiento social.

Se eligió el colegio salesiano “Domingo Comín” para el estudio por el interés que presentan en el campo de la tecnología y en el desarrollo de nuevas metas académicas y en el aporte a la comunidad.

El colegio se caracteriza por ser experimental, además, por ser salesiano, están estructurados académicamente por el Proyecto Salesiano de Innovación Educativa y Curricular (PROSIEC), con respaldo del Ministerio de Educación por el acuerdo ministerial No. 485 en el que reconoce el proyecto mencionado como modelo educativo salesiano y puesto en práctica en todos los centros educativos con modalidad de experimentales. *El enfoque adoptado en el PROSIEC es el holístico, sistémico y por procesos*, porque resume los principales aportes de la investigación científica en educación.

En la realización de la tesis se aportó con un estudio detallado y con información de gran ayuda para la institución educativa. Nuestro universo estará constituido por los

estudiantes del diversificado. Este estudio beneficiará tanto a estos estudiantes como a profesores y directivos de la institución.

El colegio prestó total colaboración con nuestro estudio, prestando el espacio y tiempo necesario para desarrollar la tesis, y reconociendo que el principal beneficiario serán ellos mismos.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA:**

En Ecuador, el desarrollo de tecnología va a pasos lentos y la dedicación en el campo son de muy pocas personas, es de importancia para todos el fomentar el interés, del desarrollo de tecnologías, desde los niveles de educación básicos (escuelas, colegios, institutos, academias).

En la ciudad de Guayaquil no existe una guía específica para la implementación de laboratorios en el campo de la neumática y la electroneumática a niveles de bachillerato, ni un documento que pueda ofrecer información detallada conjunta sobre medidas, cálculos, proveedores, sistemas de seguridad, propuestas de diseños, enfocados para colegios técnicos, es decir, que ayuden al progreso de la educación desde sus inicios.

Ahora los colegios o instituciones educativas que brindan una opción técnica necesitan de pautas, guías para implementar laboratorios de distintas ramas. De ahí parte de este proyecto. Facilitarles a los colegios manuales o solo guías para una implementación de un laboratorio de neumática y electroneumática, en donde se encuentre datos, pruebas y más información relacionada al campo.

### **JUSTIFICACION.**

Según el proyecto de reforzamiento de la educación técnica en el acuerdo ministerial No. 3425 del 27 de Agosto de 2004, para que las instituciones o colegios sean considerados técnicos, deberán proporcionar las instalaciones y personal necesario para el desarrollo de la malla curricular establecido por el estado y por las mismas instituciones o colegios.

El personal deberá estar calificado y preparado para dictar las materias establecidas; las instalaciones deberán estar equipadas con laboratorios que ayuden al desarrollo de la materia.

La implementación traerá un avance tecnológico en las instituciones, se desarrollarán nuevas metas académicas e impulsarán al estudiante a realizar trabajos en neumática y electro neumática, desarrollando destrezas de la inteligencia y técnica profesional.

## **VIABILIDAD.**

La Universidad Politécnica Salesiana y la Carrera de Ingeniería Industrial nos ofrecieron los conocimientos necesarios para ejecutar este proyecto, su estudio tendrá la colaboración, aprobado por el rector, del colegio. Se tiene la disponibilidad del recurso humano e intelectual.

## **OBJETIVOS.**

### **OBJETIVO GENERAL.**

Realizar un estudio para la implementación de un Laboratorio de Neumática y Electroneumática bajo normas de seguridad industrial y calidad, ofreciendo un espacio de desarrollo tecnológico para el colegio salesiano “Domingo Comín”.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS.**

- a.- Proponer el diseño del laboratorio de neumática y electroneumática bajo las condiciones físicas del colegio.
- b.- Determinar los gastos y costos para la implementación del laboratorio.
- c.- Calcular aspectos concernientes a las inversiones y financiamientos para el montaje de un laboratorio de neumática y electroneumática.
- d.- Construir una maqueta para la demostración de un sistema neumático y electroneumática.
- e.- Representar, en el proyecto, la estructura y el flujo de señales que conforman un sistema neumático.
- f.- Proponer prácticas para el profesor y los estudiantes concernientes a la neumática y electroneumática.

## **ANÁLISIS FODA DEL PROYECTO DE TESIS.**

### **FORTALEZAS.**

Se trabajó en constante perseverancia para obtener los resultados.

Apoyo de ingenieros de la Universidad Politécnica Salesiana.

Colaboración de profesores del colegio salesiano “Domingo Comín”.

Conocimiento del área de trabajo y acceso al mismo.

Coordinación al momento de realizar las diferentes actividades requeridas.

Credibilidad y confianza entre nosotros al reflejar un criterio.

Actualización constante del libro de tesis.

Buena utilización de una metodología de investigación.

Formación humana y cristiana ética profesional adquirida en la universidad.

Infraestructura y ambiente de trabajo acorde a las necesidades.

Apoyo de instituciones.

El compañerismo y la confianza en nosotros mismos.

### **OPORTUNIDADES.**

Donación de algunos elementos que se utilizaron el proyecto.

Seguir trabajando con amor y eficiencia guiados por Don Bosco y María Auxiliadora.

Trabajar con profesionales en las distintas aéreas que se requerían.

### **DEBILIDADES.**

Falta de recursos económicos para la compra de materiales y equipos para el proyecto.

Falta de espacio adecuado para realizar la construcción de nuestro proyecto.

Falta de tiempo destinado al proyecto de nuestra tesis.

Incumplimiento del cronograma por actividades y eventos inesperados.

## **AMENAZAS.**

La crisis económica existente en nuestros hogares.

Falta de credibilidad, hacia nosotros, al momento de desarrollar este proyecto de tesis.

Ausencia de materiales y elementos que se necesitaban.

Falta de interés en el tema de tesis por escasez de recursos económicos.

Poca paciencia y retraso en los trabajos, podría aplazar el tiempo de entrega la tesis.

## **HIPOTESIS.**

El estudio técnico para la implementación del laboratorio de neumática y electro neumática en las instalaciones del colegio salesiano Fiscomisional Domingo Comín, ayudará a sus alumnos y a sus docentes encargados, a mejorar el entendimiento de la neumática y electro neumática no solo desde el campo teórico sino también desde el campo práctico. Plasmando los conocimientos adquiridos en el aula, en este laboratorio. De esta manera se desarrollará nuevas ideas tecnológicas y se incrementarán proyectos a nivel de bachillerato en este colegio.

**MATRIZ DE MAPA DE ACTORES.**

**MATRIZ DE ACTORES.**

<b>Grupo de Actores Sociales</b>	<b>Actor</b>	<b>Rol en la Tesis</b>	<b>Relaciones Predominantes</b>	<b>Jerarquización Poder</b>
<b>Colegio Fiscomisional Salesiano “Domingo Comín”</b>	Rector del Plantel	Autorización para el ingreso y para utilizar sus instalaciones para realizar el estudio pertinente.	A Favor	Predominio una alta influencia en el estudio.
	Alumnos	Principales beneficiarios con este estudio e implementación en caso de suceder.	A Favor	Se consideró medio-alto la jerarquización de ellos porque podrían ser influenciados.
<b>Universidad Politécnica Salesiana</b>	Tutor de Tesis	Colaboró y fue guía para la elaboración de la tesis.	A Favor	Este actor tiene un nivel de influencia alto, pero más influyente a los autores.
	Autores de tesis	Desarrollan el estudio técnico, realizan la tesis planteada. En ellos está el satisfacer las hipótesis planteadas.	A Favor	Los autores tienen un nivel medio de jerarquización

<b>Persona Externas (Proveedores)</b>	Talleres Mecánicos	Construcción de estructura del proyecto de tesis. Selladora de Cajas.	A Favor	La influencia de los talleres es media-baja, ya que se podrían recomendar pero la decisión es de los autores y de las personas que vayan a implementar el estudio.
	Ferreterías	Proveedores de los insumos, materiales de construcción, repuestos.	Indiferente	El nivel de influencia de los proveedores en la tesis es media alta. La ausencia de una de ellos atrasa el estudio.
	Papelerías, Bazares, Cybers y centros de copiado.	Facilitaron las copias de documentos, información necesaria para analizarla.	Indiferente	Influencia similar al de las ferreterías.

## MARCO TEÓRICO.

### La evolución en la 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.

El descubrimiento consciente del aire como medio - materia terrestre - se remonta a muchos siglos, lo mismo que un trabajo más o menos consciente con dicho medio.

El primero del que sabemos con seguridad es que se ocupó de la neumática, es decir, de la utilización del aire comprimido como elemento de trabajo, fue el griego KTESIBIOS. Hace más de dos mil años, construyó una catapulta de aire comprimido. Uno de los primeros libros acerca del empleo del aire comprimido como energía procede del siglo I de nuestra era, y describe mecanismos accionados por medio de aire caliente. De los antiguos griegos procede la expresión "Pneuma", que designa la respiración, el viento y, en filosofía, también el alma. Como derivación de la palabra "Pneuma" se obtuvo, entre otras cosas el concepto Neumática que trata los movimientos y procesos del aire.

La **neumática** es la tecnología que emplea el aire comprimido como modo de transmisión de la energía necesaria para mover y hacer funcionar mecanismos. El aire es un material elástico y por tanto, al aplicarle una fuerza, se comprime, mantiene esta compresión y devolverá la energía acumulada cuando se le permita expandirse, según la ley de los gases ideales.

Los mandos neumáticos están constituidos por elementos de señalización, elementos de mando y un aporte de trabajo. Los elementos de señalización y mando modulan las fases de trabajo de los elementos de trabajo y se denominan válvulas. Los sistemas neumáticos están constituidos por:

- Elementos de información
- Órganos de mando
- Elementos de trabajo

Para el tratamiento de la información y órganos de mando es preciso emplear aparatos que controlen y dirijan el fluido de forma preestablecida, lo que obliga a disponer de una serie de elementos que efectúen las funciones deseadas relativas al control y dirección del flujo del aire comprimido.

La gran evolución de la neumática han hecho, a su vez, evolucionar los procesos para el tratamiento y amplificación de señales, y por tanto, hoy en día se dispone de una gama muy extensa de válvulas y distribuidores que nos permiten elegir el sistema que mejor se adapte a las necesidades.

### **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 ruidos generados por la descarga del aire hacia la atmósfera.

## **MATERIALES Y METODOS**

### **LUGAR DE LA INVESTIGACIÓN**

El estudio se realizará en el colegio salesiano Fiscomisional “Domingo Comín”. En el colegio se realizó una encuesta para medir la aceptación de un laboratorio de neumática y electroneumática y el interés hacia la materia se obtuvieron datos importantes.

### **PERIODO DE LA INVESTIGACIÓN**

El periodo de la investigación comprendió los meses de Enero del 2010 hasta Septiembre del mismo año.

### **RECURSOS EMPLEADOS**

#### **RECURSOS HUMANOS**

- El Tutor de Tesis.
- Autores.
- Profesores de la Facultad.
- Docentes de otros colegios técnicos.
- Mecánicos Artesanales.
- Estudiantes del colegio “Domingo Comín”.

#### **RECURSOS FÍSICOS**

- Computadoras
- Impresoras
- Hojas de papel bond
- Libros relacionados para el estudio técnico
- Bolígrafos

#### **UNIVERSO**

Nuestro universo estará conformado por todos los estudiantes del colegio “Domingo Comín”.

## **MARCO METODOLÓGICO.**

El proyecto registra algunas necesidades en las cuales se aplicaran métodos de investigación para satisfacer estas necesidades.

Partimos de una hipótesis esencial; al realizar un estudio técnico para la implementación de un laboratorio de neumática y electro neumática, que no tendrá un uso totalmente industrial pero si se podrán realizar prácticas de nivel de bachillerato, ¿El proyecto que se desarrollará cumplirá con las expectativas de las personas que lo soliciten?, ¿Este proyecto ayudará a desarrollar nuevos proyectos en el campo de la neumática y electro neumática a nivel de bachillerato?

Ante estas preguntas se realizaron dos actividades. Las cuales fueron las siguientes:

### *Encuesta a los estudiantes:*

En esta encuesta se obtuvieron algunos datos que con su respectivo análisis se llegaron a diferentes conclusiones.

### *Encuesta a los profesores:*

Aquí se encontró el nivel de predisposición y conocimiento en esta materia de neumática y electroneumática.

## **TIPO DE INVESTIGACIÓN**

1. Para realizar el estudio técnico se utilizará el Método de Análisis

- Se recopilarán documentos que se relacione con la Neumática y Electroneumática.
- Se identificarán conceptos básicos necesarios, herramientas a utilizar, elementos neumáticos y electroneumáticos, prácticas, etc.
- Se realizará un examen crítico de todos los elementos identificados.
- Se enumerará y se tendrán un orden lógico.

2. Para las propuestas de los diseños de los tableros, el laboratorio y el sistema de distribución del aire comprimido se aplicará el método dinámico de investigación.

- Este método consistirá en realizar observaciones bajo hechos y fenómenos, tomando en cuenta métodos y normas de seguridad, cálculos necesarios sin olvidar el alcance y límites identificados.

- Se tomarán en cuentas criterios de construcción, normas de seguridad, mantenimientos de equipos, instalaciones eléctricas, instalaciones de equipos auxiliares.

3. Los cálculos de tuberías, compresores y elementos necesarios para el laboratorio se utilizará el método de Deductivo de la siguiente forma:

- Se investigará los cálculos de tuberías para circuitos neumáticos generales.
- Se investigará los cálculos de compresor y se ofrecerán diferentes alternativas de elementos que se podrán implementar en el laboratorio.
- Con relación a la adquisición de los elementos y equipos que conforma un laboratorio se facilitarán listas de proveedores, precios y lugares en que se podrán adquirir estos.

## ***CAPÍTULO I***

### ***LA NEUMÁTICA Y SU ENTORNO***

---

# CAPÍTULO I

## LA NEUMÁTICA Y SU ENTORNO

### 1.1. Generalidades.

#### 1.1.1. Historia.

Leonardo Da Vinci cita una frase que nos demuestra una de las posibilidades de aprovechamiento del aire, una técnica de la que ocurre hoy en día en gran escala. “*Por las razones mencionadas, se puede llegar a la conclusión de que el hombre dominará y podrá elevarse sobre el aire mediante grandes alas construidas por él, contra la resistencia de la gravedad*”<sup>1</sup>.

Como medio de racionalización del trabajo, el aire comprimido viene encontrando, cada vez más, campos de aplicación en la industria, así como el agua, la energía eléctrica, etc.

Solamente en la segunda mitad del siglo XXI es que el aire comprimido adquiere importancia industrial. Sin embargo, Da Vinci, lo utilizó en diversos inventos.

En el Viejo Testamento, fueron encontradas referencias del uso del aire comprimido: en la fundición de plata, hierro, plomo y estaño. Los antiguos griegos fueron unos de los primeros en aprovechar este poder, del aire, al inventar la navegación con vela. Los antiguos aprovechaban aún la fuerza generada por la dilatación del aire caliente de la fuerza producida por el viento.

En Alejandría (Centro Cultural poderoso del mundo helénico), fueron construidas las primeras maquinas reales, del siglo III A. C. En este mismo periodo, Ctesibios fundó la escuela de mecánicos, también en Alejandría, convirtiéndose, por tanto, en el precursor en la técnica para comprimir el aire. La escuela de mecánica era especializada en alta mecánica, y eran construidas maquinas impulsadas por el aire comprimido.

Para el siglo III D. C., un griego escribe un trabajo sobre las aplicaciones del aire comprimido y de vacío, pero la falta de recursos de materiales y los mismos incentivos, contribuyeron para que la mayor parte de estas primeras aplicaciones no fueran prácticas o no pudiesen ser desarrolladas convenientemente. Este griego, Herón, tuvo su mayor logro al inventar la primera máquina a vapor, conocida como eolípila de Herón y la fuente de Herón. Es autor de numerosos tratados de **mecánica**, como *La neumática* donde estudia la **hidráulica**, y *Los autómatas*. En *La dioptra* describe el funcionamiento de este aparato, similar al actual **teodolito**, usado en observaciones terrestres y astronómicas durante siglos. También es en este libro donde describe *el odómetro*, utilizado para medir distancias recorridas por un vehículo. Descubrió, de forma arcaica, la **ley de acción-reacción de Isaac Newton**, experimentando con vapor de agua. Generalizó el principio de la **palanca de Arquímedes**. Además, realizó una descripción detallada del **hídraulis** de Ctesibios (un **órgano** que funcionaba con agua).

---

<sup>1</sup> **Parker Training**. Tecnología Neumática Industrial. Apostilla M1001 BR. Enero 2003.

La historia demuestra que hace más de 2000 años, los técnicos construían máquinas neumáticas.

Durante un largo periodo, el desarrollo de la energía neumática sufrió una paralización, renaciendo apenas en los siglos XVI y XVII, con los descubrimientos de grandes pensadores y científicos como Galileo, Otto Von Guericke, Robert Boyle, Bacon y otros, que pasaron a observar las leyes naturales de compresión y expansión de los gases.

La técnica que utiliza el aire como vehículo para transmitir energía, se la comenzó a conocer con el uso de los molinos de viento, obteniendo energía mecánica de los mismos.

Leibniz, Huyghens, Papin y Newcomen son considerados los padres de la física experimental, siendo que los dos últimos consideraban la presión atmosférica como una fuerza enorme contra el vacío efectivo, que era objeto de las ciencias naturales, filosofía y de la especulación teológica desde Aristóteles hasta el final de la época Escolástica. Y a partir de la segunda mitad del siglo XVII el estudio de los gases comenzó, y científicos como Torricelli, Pascal, Mariotte, Boyle y Gay Lussac comenzaron a estudiar su comportamiento y aplicaciones.

Unos de los sucesos más notables en el avance del uso de aire comprimido por orden cronológico son los siguientes (“Neumática”, 2002 p.2):

- 1688 Máquina de embolo por Papin
- 1762 Cilindro soplante por John Smeaton
- 1776 Prototipo de compresor por John Wilkinson
- 1857 Perforación túnel MontCenis
- 1869 Freno de aire para FFCC por Westinghouse
- 1888 Red de distribución de aire para distribución neumática de correspondencia en Paris

Además están los inventos de Evangelista Torricelli con el barómetro, instrumento de mercurio para medir la presión atmosférica. También la máquina de vapor inventada por Watts, que dio inicio a la era de la máquina. Así fueron surgiendo los más extraordinarios conocimientos físicos y algunos instrumentos.

Un largo camino fue recorrido, de las máquinas impulsadas por aire comprimido en Alejandría a los ingenieros de neuma-electrónicos de nuestros días. De esta forma el hombre intentado capturar esta fuerza para colocarla a su servicio con el único objetivo: controlarla y manipularla cuando sea necesaria.

El término neumática es derivado del griego Pneumos o Pneuma (respiración, soplo), la neumática es una rama de la mecánica que estudia las propiedades mecánicas de los gases, y forma parte de la física ocupando la dinámica y fenómenos físicos relacionado a los gases o vacíos.

Las aplicaciones para el aire comprimido se han ido expandiendo a todas las industrias donde se necesita automatizar algún proceso continuo como la industria de la alimentación, los sistemas robotizados, y el ensamblaje y manipulación. Es decir el control del aire suplanta los mejores grados de eficiencia, ejecutando operaciones sin fatiga, economizando tiempo, herramientas y materiales, además de fortalecer seguridad al trabajo.

### 1.1.2. El Aire.

Se denomina aire a la mezcla de gases que constituye la atmosfera terrestre, que permanece alrededor de la tierra por la fuerza de gravedad. El aire es esencial para la vida en el planeta, es particularmente delicado y está compuesto en proporciones ligeramente variables por sustancias tales como el nitrógeno (78%), oxígeno (21%), vapor de agua (ente 0-7%), ozono, dióxido de carbono, hidrogeno y algunos gases nobles como el criptón o el argón, es decir, 1% de otras sustancias.

#### 1.1.2.1. Composición del aire.

La atmosfera terrestre se divide en cuatro capas de acuerdo a la altitud, temperatura y composición del aire: troposfera, estratósfera, mesosfera y termosfera. La presión o peso del aire disminuye con la altitud.

Las capas más importantes son las dos capas más cercanas a la tierra: la troposfera y la estratosfera. El aire en la troposfera es el que interviene en la respiración y está compuesto, aproximadamente, por un 78,8% de nitrógeno  $N_2$ , un 20,94% de oxígeno  $O_2$ , un 0,035% de dióxido de carbono  $CO_2$  y un 0,93% de gases inertes como el argón y el neón. En esta capa, de 17 Km de altura en los polos y 16 Km en los trópicos, se encuentran las nubes y casi todo el vapor de agua, se producen todos los fenómenos atmosféricos que originan el clima. Más arriba, aproximadamente a 25 Km de altura, en la estratosfera, se encuentra la importante capa de ozono que protege a la tierra de los rayos ultravioletas UV.

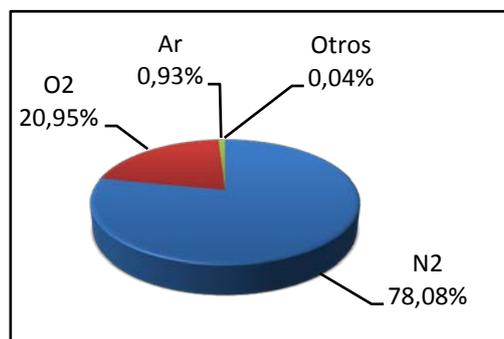


Figura 1.1 Propiedades del Aire

Fuente: Autores

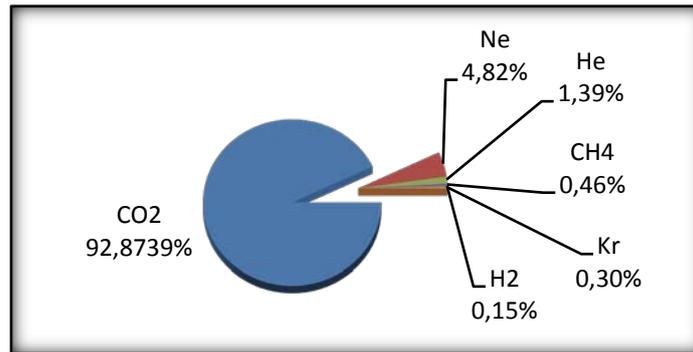


Figura 1.2. Otros Gases  
Fuente: Autores

### 1.1.2.2. Propiedades físicas del aire.

A pesar de ser insípido, incoloro e inodoro, percibimos el aire a través de vientos, aviones y pájaros que en él flotan y se mueven; sentimos también su impacto sobre nuestro cuerpo. Concluimos fácilmente, que el aire tiene existencia real y concreta, ocupando lugar en el espacio que nos rodea.

#### Compresibilidad.

El aire, así como todos los gases, tiene la propiedad de ocupar todo el volumen de cualquier recipiente, adquiriendo su forma propia. Así, podemos encerrarlo en un recipiente con un volumen determinado y paulatinamente provocarle una reducción a su volumen usando su propiedad – *la compresibilidad*.

Podemos concluir que el aire permite ser reducido, en volumen, cuando está sometido a la acción de una fuerza externa.

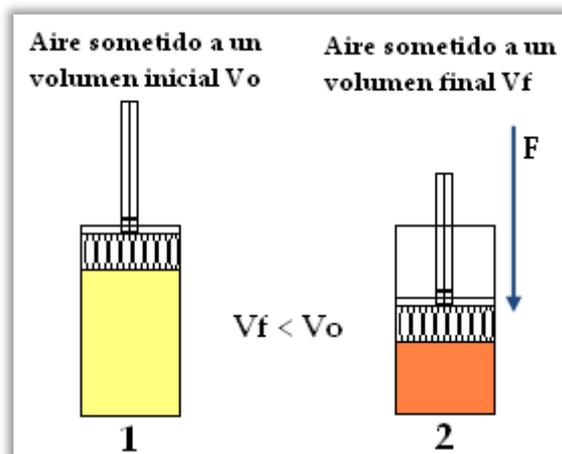


Figura 1.3. Compresibilidad del Aire  
Fuente: Autores

### Elasticidad.

Esta propiedad permite al aire regresar a su estado inicial una vez desaparecido el efecto – fuerza responsable de la reducción del volumen.

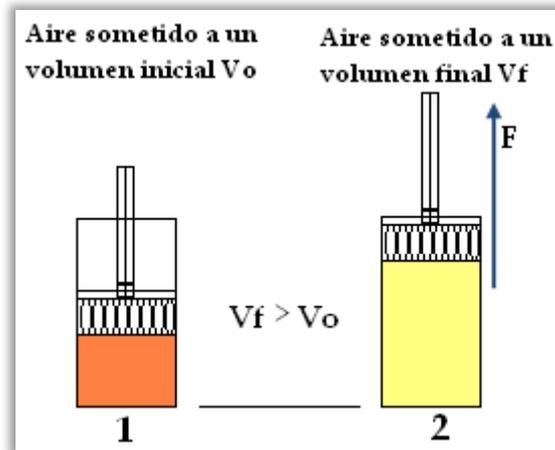
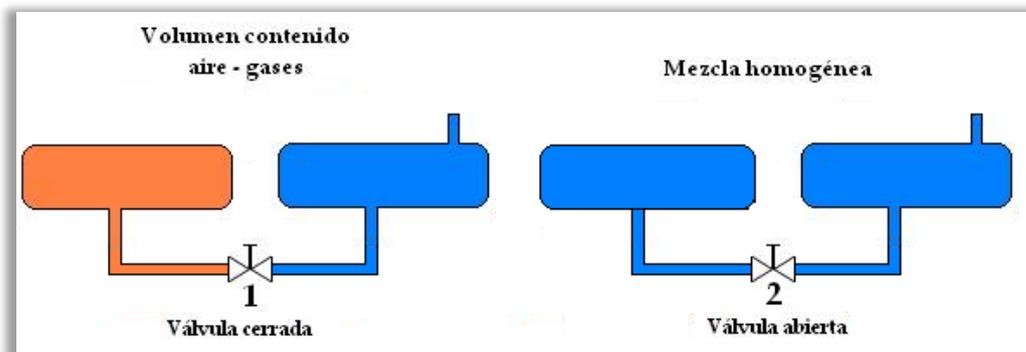


Figura 1.4. Elasticidad del Aire

Fuente: Autores

### Difusibilidad.

Propiedad que le permite, al aire, mezclarse de forma homogénea con cualquier medio gaseoso que no esté saturado.



### Expansibilidad.

Esta propiedad del aire es la que le permite poder ocupar todo el espacio o volumen del recipiente que lo contenga, de esta manera adquiere la forma del mismo, ya que el aire no posee forma propia.

Figura 1.5. Difusibilidad del Aire

Fuente: Autores

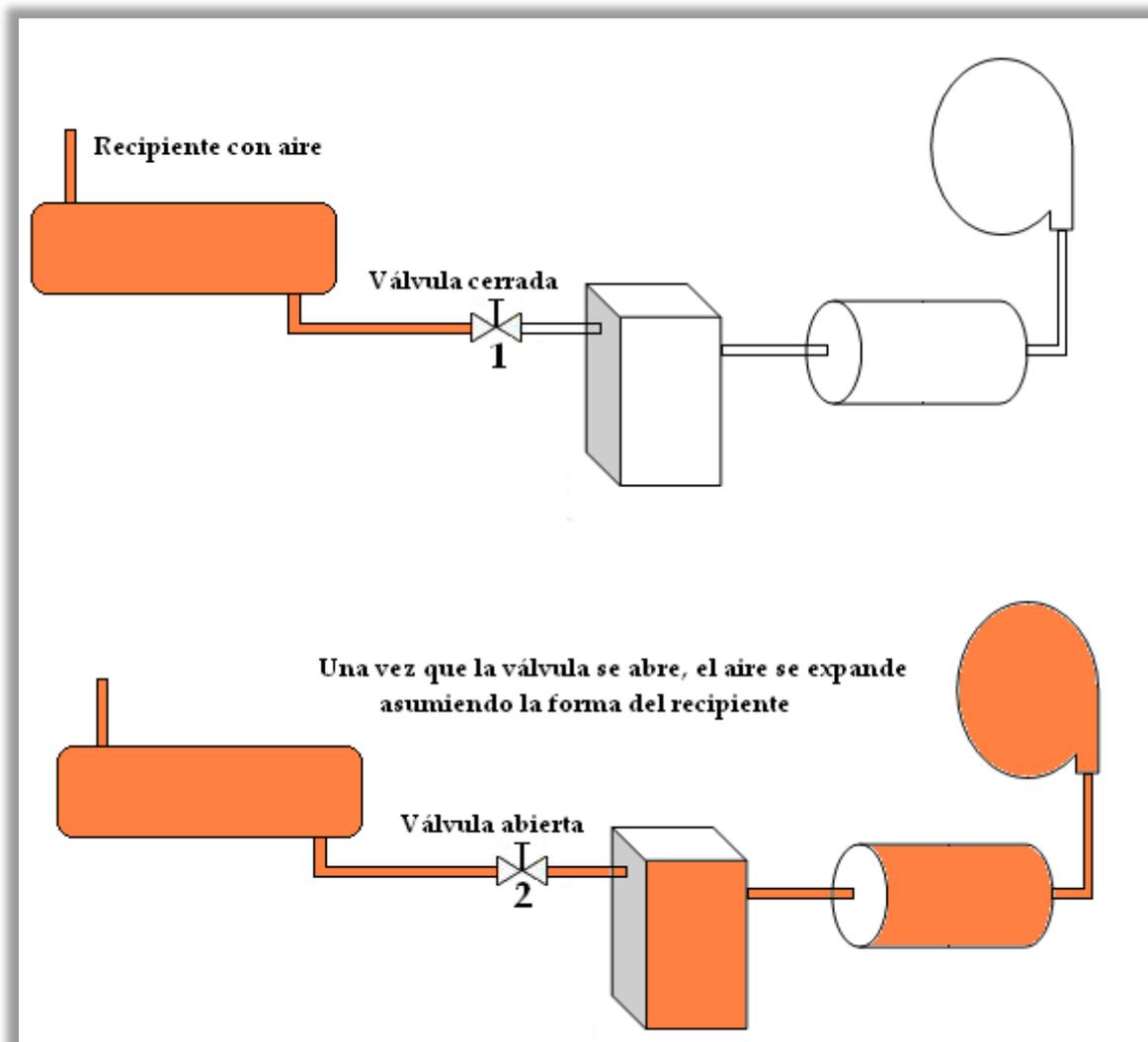


Figura 1.6. Expansibilidad del Aire

Fuente: Autores

Otras propiedades del aire que debemos recordar son las siguientes:

- Es de menor peso que el agua.
- Es de menor densidad que el agua.
- No existe en el vacío.
- Es inodoro, incoloro e insípido.

### 1.1.2.3. Propiedades Químicas del aire.

- Una de las propiedades químicas del aire es la capacidad de captar y retener cargas de agua. Nos podemos dar cuenta de esto mediante una carta de temperaturas, entalpías y volumen específico, utilizando las cartas psicométrica del aire.

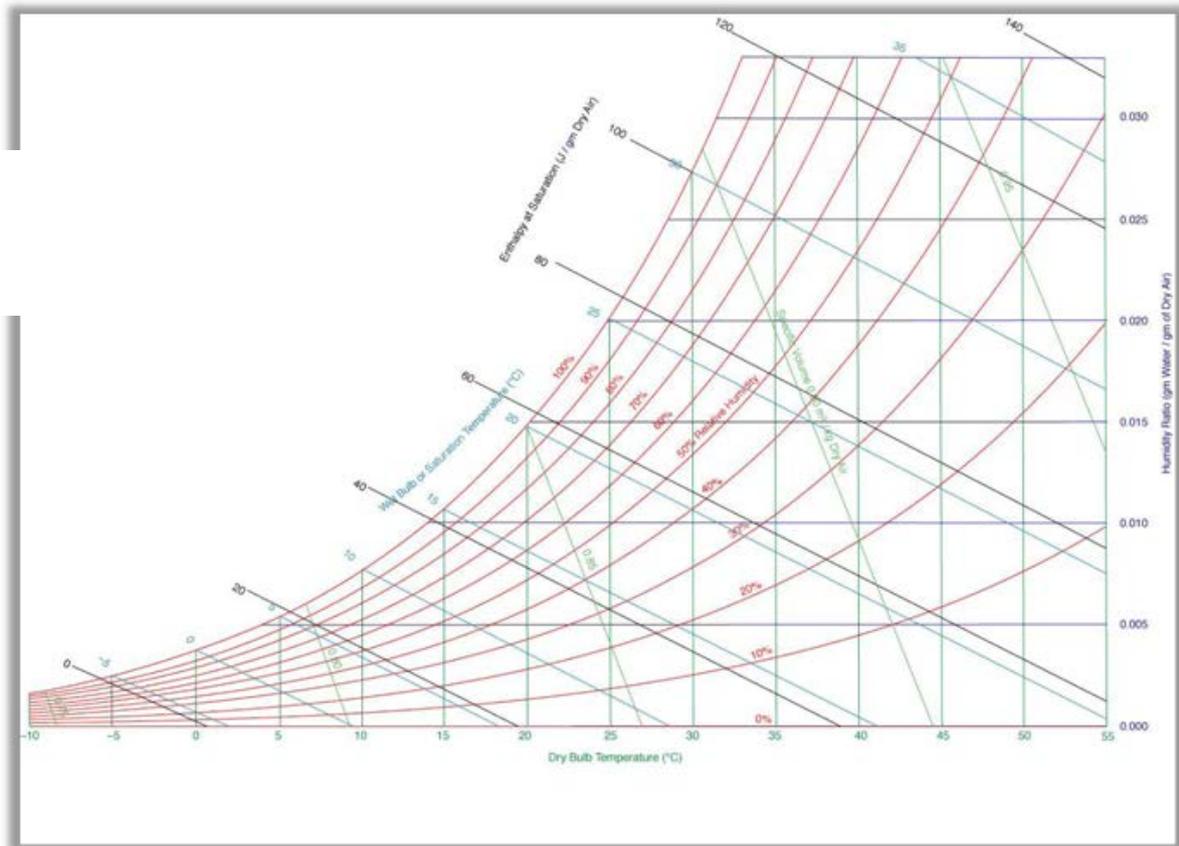


Figura 1.7. Carta Psicométrica del Aire.

Fuente: [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)

- El aire tiene la reacción, a temperatura bajas, de condensarse en hielo y produciendo corrientes de aire.
- Además el aire está compuesto por varios elementos entre ellos el oxígeno ( $O_2$ ) y el dióxido de carbono ( $CO_2$ ) que son básicos para la vida.
- Una de las reacciones más visibles del aire es la conocida oxidación y corrosión de materiales, dado por el oxígeno y humedad que contiene el aire.
- También el aire, al contener oxígeno, es promotor de los fenómenos de combustión, además, estando en la atmosfera superior puede darse procesos importantes de disociación en sus moléculas de oxígeno, así como otros ya sea ionización y formación de ozono.



Figura 1.8. Corrosión de metales

Fuente: [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)

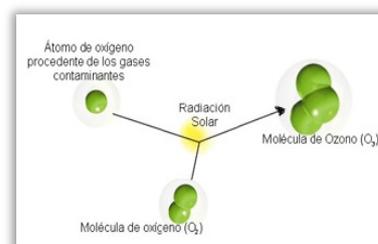


Figura 1.9. Formación de Ozono

Fuente: [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)

#### 1.1.2.4. Peso del aire.

En nuestra superficie terrestre, por cada metro cuadrado, descansan columnas de aire con un peso aproximado de 10.000 Kg, es decir, que sobre nuestro planeta gravita un peso de 5.000 billones de toneladas, que los seres vivos se han acostumbrado a resistir ya que equilibra la tensión de nuestros líquidos internos del cuerpo. Un litro de aire pesa algo más que un gramo 1,293 g.

#### Aire frío vs Aire Caliente

La atmosfera pesa a una media de 1013 milibares al nivel del mar, pero cuando el aire se enfría o baja su temperatura, aumenta la presión y provoca estabilidad formando un anticiclón térmico.

Todo lo contrario ocurre cuando se aumenta la temperatura y se obtiene un aire caliente. Cuando el aire está caliente asciende y baja la presión provocando inestabilidad y formando un ciclón o borrasca térmica.

Además, el aire frío y el cálido tienden a no mezclarse, debido a la diferencia de **densidad**, y cuando se encuentran en la superficie el aire frío empuja hacia arriba al aire caliente provocando un descenso de la presión e inestabilidad, por causas dinámicas, se forma entonces un ciclón o **borrasca dinámica**. Esta zona de contacto es la que se conoce como **frente**. Cuando el aire frío y el cálido se encuentran en altura descienden en convergencia dinámica, haciendo aumentar la presión y provocando estabilidad, y el consiguiente aumento de la temperatura, se forma entonces, un **anticiclón dinámico**.

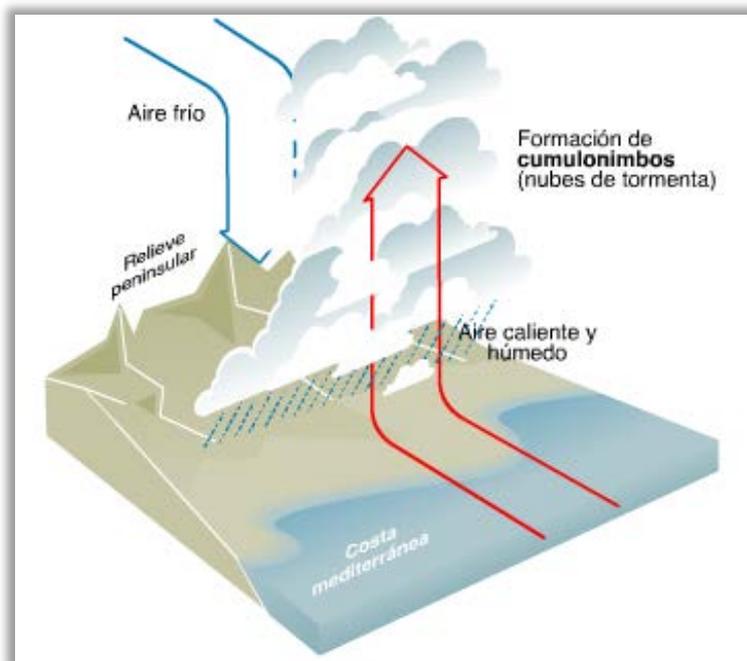


Figura 1.10. Aire frío vs Aire caliente

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

### 1.1.2.5. Atmosfera.

La atmósfera, que al planeta tierra rodea, es una capa formada de gases, principalmente de oxígeno O<sub>2</sub> y nitrógeno N<sub>2</sub>, es responsable de la existencia de vida en el planeta.



Figura 1.11. Cámara gaseosa de la Atmósfera.

Fuente: Autores

Este gráfico nos indica que a medida que nos acercamos a la superficie terrestre, las capas son más densas que las más alejadas, además, las capas que se encuentran más lejos de la superficie, comprimen a las que se encuentran cerca de la misma. Esto ocurre por el simple hecho de que el aire tiene peso.

### 1.1.2.6. Presión

#### Presión Atmosférica.

La atmósfera ejerce sobre nosotros una fuerza equivalente a su peso pero no la podemos sentir ya que esta fuerza es ejercida en todas las direcciones con la misma intensidad.

La presión atmosférica es originada por el peso de las capas de aire que rodea la tierra y depende de la densidad de las atmósferas y de la altura. Por estos motivos la presión atmosférica no tiene un valor constante.

Altitud (m)	Presión (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Altitud (m)	Presión (Kgf/cm <sup>2</sup> )
0	1.033	1000	0.915
100	1.021	2000	0.810
200	1.008	3000	0.715
300	0.996	4000	0.629
400	0.985	5000	0.552
500	0.973	6000	0.481
600	0.960	7000	0.419
700	0.948	8000	0.363
800	0.936	9000	0.313
900	0.925	10000	0.270

Tabla 1.1. Presión a diferentes alturas

Fuente: Autores

## **Presión Atmosférica normal.**

La presión atmosférica normal o estándar, establecida a 1 atmosfera, está definida al nivel del mar y es de 101.325 Pa (Pascuales), o 760 Torr. A partir de 1982, la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada *IUPAC*, recomendó que para propósitos de especificar las propiedades físicas de las sustancias, es decir el *estándar de presión*, la presión se definiría a 100 KPa o 750.062 Torr. Este dato tiene una ventaja práctica ya que 100 KPa equivale a una altitud aproximada de 112 metros, que está cercana al promedio de 194 m. de la población mundial.

### **1.1.2.7. Medición de la presión atmosférica.**

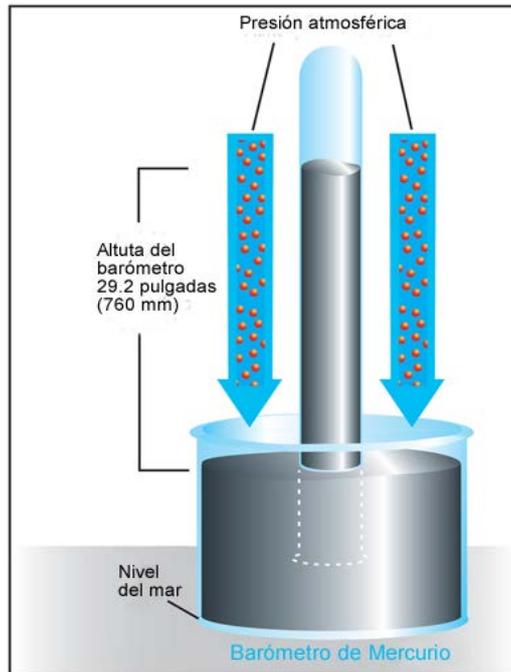
En la antigüedad estaban lejos de sospechar el peso del aire. Lo consideraban como un cuerpo que por su *naturaleza* tendía a elevarse; explicándose la ascensión de los líquidos en las bombas por el *fuga vacui*, "horror al vacío", que tiene la *naturaleza*.

En Florencia, los jardineros del a época quisieron elevar el agua con una bomba de hélice, apreciaron que no podían superar la altura de 10,33 m (cerca de 34 *pies*). Para ese entonces el físico Galileo Galilei, quien realizaba diferentes estudios, determinó éste, que el horror de la naturaleza al vacío se limitaba con una fuerza equivalente al peso de 10,33 m de agua (1 atm de presión), y denominó a dicha altura como: *altezzalimitatissima*.

Un año después de su fallecimiento de Galileo, 1643, *Torricelli* tomó un tubo de vidrio de un metro de longitud y lo llenó de "*plata viva*" (*mercurio*). Conocido en la actualidad como barómetro, tenía una sección del mercurio expuesta a la atmosfera y evidenció que el metal descendía hasta formar una columna de altura de 13,6 veces menor que la que se obtenía al realizar el experimento con agua. Como sabía que el mercurio era 13,6 veces más pesado que el agua, dedujo que ambas columnas de líquido resistían igual contrapeso, sospechando que sólo el aire era capaz de realizar dicha fuerza.

Estos experimentos de Torricelli llegan a oídos de Blaise Pascal, a través del Padre *Mersenne*. Aunque aceptando inicialmente la teoría del horror al vacío, no tardó Pascal en cambiar de idea al observar los resultados de los experimentos que realizó. Empleando un tubo encorvado y usándolo de forma que la atmósfera no tuviera ninguna influencia sobre el líquido, observó que las columnas llegaban al mismo nivel. Sin embargo, cuando permitía la acción de la atmósfera, el nivel variaba.

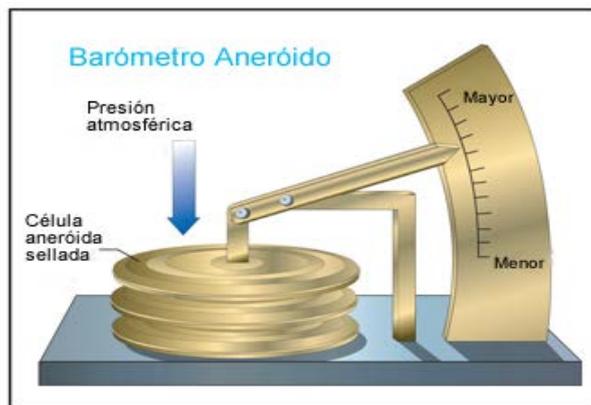
En la actualidad existen diferentes medios para medir la presión atmosférica, entre ellos tenemos el ya mencionado barómetro mercurial (Figura 1.12), las medidas del barómetro mercurial están definidas en milímetros de mercurio o pulgadas (mm. Hg).



**Figura 1.12. Barómetro de Mercurio**

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

También existe el barómetro aneróide, que es más fácil de transportar y en ocasiones es más fácil de leer. Este instrumento contiene celdas selladas que se contraen o se expanden en función de los cambios de presión atmosférica. Es decir en un aumento de presión, las celdas se oprimirán entre sí, caso contrario las celdas aumentarán de tamaño. Este cambio de celdas moverá un brazo mecánico que indicará si la presión aumenta o disminuye. (Figura 1.13).



**Figura 1.13. Barómetro Aneróide**

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

Existe también el Barógrafo, que puede registrar constantemente la presión sobre un papel o lámina de aluminio envuelto en un tambor, que puede hacer una revolución por día, semana o mes. (Figura 1.14).

Actualmente los instrumentos de estado del tiempo han sido substituidos por equipos electrónicos que pueden registrar la presión atmosférica en una computadora. (Figura 1.15)

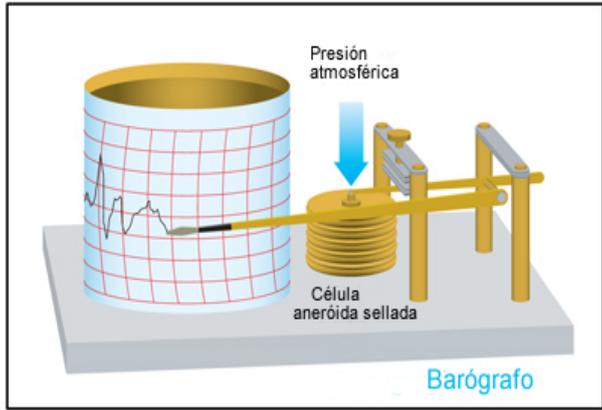


Figura 1.14. Barógrafo

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

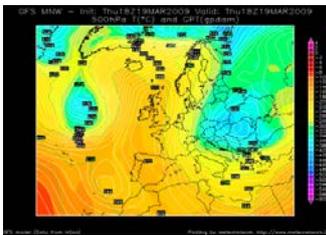


Figura 1.15. Instrumentos medidores del estado del t

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

## **1.2. Principios.**

### **1.2.1. Conceptos y Fundamentos**

#### **1.2.1.1. Los Fluidos.**

Un fluido es una sustancia o medio continuo, que fluye con facilidad, es decir, líquidos o gases. Esta sustancia se puede deformar con el tiempo frente a la aplicación de una sollicitación o tensión tangencial, sin importar la magnitud de esta.

Las características principales de los fluidos son:

- La posición relativa entre sus moléculas puede cambiar continuamente.
- Los gases son ligeros y se pueden comprimir.
- Los líquidos son más pesados y muy difíciles de comprimir; se necesitan 200 bares para reducir un 1% su volumen.
- Tienen viscosidad.
- Dependiendo de su viscosidad fluyen con mayor o menor velocidad, es decir mientras más viscoso es el fluido menor velocidad tiene.
- Su viscosidad está con relación a la densidad del fluido.
- La temperatura varía con relación a la densidad.

Estos fluidos se pueden clasificar, de acuerdo a sus características, en:

- Newtonianos.
- No Newtonianos.

O también en líquidos o gaseosos.

#### **1.2.1.2. Propiedades de los fluidos.**

Las propiedades de un fluido, sea este líquido o gaseoso, son las que definen el comportamiento del mismo tanto en reposo como en movimiento. Dentro de las propiedades estas se separan en primarias o termodinámicas y secundarias que se caracterizan por el comportamiento específico de los fluidos.

##### **1.2.1.2.1. Propiedades primarias o termodinámicas.**

#### **Presión.**

La presión es la magnitud que relaciona la fuerza aplicada en un área determinada, es decir, equivale a la fuerza que actúa sobre la unidad de superficie

Si a una superficie plana de área  $A$  aplicamos una fuerza normal  $F$  de manera perpendicular y uniforme a la superficie, la presión está dada por:

$$P = \frac{F}{A} \quad (1)$$

Sabemos que la fuerza puede estar distribuida de una forma no uniforme y en diferentes direcciones, en este caso la presión esta dada por:

$$P = \frac{d\vec{F}}{dA} \cdot \vec{n} \quad (2)$$

Fuente: Transferencia de Calor - Karlekar

En donde  $\vec{n}$  es un vector unitario y normal en el punto donde se quiere medir la presión.

También existe la presión absoluta y relativa. En determinadas aplicaciones, la presión se mide no como presión absoluta sino como la presión por encima de la presión atmosférica, denominada presión relativa, presión normal, presión de gauge o presión manométrica. Consecuentemente, la presión absoluta es la presión atmosférica mas la presión manométrica. Para encontrar la presión en sus diferentes unidades, se necesita conocer los factores de conversión entre ellas. (Tabla 1.2)

Factores de Conversión de Presión							
Unidades	Pascal	Bar	N/mm <sup>2</sup>	Kp/m <sup>2</sup>	Kp/cm <sup>2</sup>	Atm	Torr
<b>1 Pa(N/m<sup>2</sup>)</b>	1	10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-6</sup>	0.102	0.102*10 <sup>-4</sup>	0.987*10 <sup>-5</sup>	0.0075
<b>1 bar (daN/cm<sup>2</sup>)</b>	100000	1	0.1	1020	1.02	0.987	750
<b>1 N/mm<sup>2</sup></b>	10 <sup>6</sup>	10	1	1.02*10 <sup>5</sup>	10.2	9.87	7500
<b>1 Kp/m<sup>2</sup></b>	9.81	9.81*10 <sup>-5</sup>	9.81*10 <sup>-6</sup>	1	10 <sup>-4</sup>	0.968*10 <sup>-4</sup>	0.0736
<b>1 Kp/cm<sup>2</sup></b>	98100	0.981	0.0981	10000	1	0.968	736
<b>1 Atm (760 torr)</b>	101325	1.013	0.1013	10330	1.033	1	760
<b>1 Torr (mmHg)</b>	133	0.00133	1.33*10 <sup>-4</sup>	13.6	0.00132	0.00132	1

Tabla 1.2. Conversiones de Presión

Fuente: Autores

### Densidad.

La densidad está simbolizada con la letra griega  $\rho$  y se denomina en ocasiones como masa específica. Es una magnitud referida a la masa contenida en un determinado volumen y puede utilizar en términos absolutos o relativos.

La densidad es una relación entre masa y volumen de un cuerpo y sus unidad es el Kilogramo por metro cubico Kg/m<sup>3</sup> (S.I.). Además hay que conocer que la densidad es una magnitud intensiva.

La densidad o densidad absoluta expresa la masa por unidad de volumen.

Donde la  $\rho$  es la densidad, m la masa y V el volumen de cuerpo:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (3)$$

Fuente: Transferencia de Calor - Karlekar

Ahora también existe la *densidad relativa* o llamada *gravedad específica* o *peso específico*, y es la relación entre la densidad de una sustancia y la de otra, tomada como patrón. Generalmente para sólidos y líquido se emplea el agua destilada y para los gases el aire o el hidrogeno.

Donde la  $\rho_r$  es la densidad relativa,  $\rho_o$  es la densidad de la sustancia y  $\rho$  es la densidad absoluta.

$$\rho_r = \frac{\rho_o}{\rho} \quad (4)$$

Fuente: Transferencia de Calor - Karlekar

Para los líquidos y sólidos, la densidad de referencia debe de estar a una presión de 1 atm y a una temperatura de 4 °C., bajo estas condiciones el agua destilada se encuentra con una densidad absoluta de 1000 Kg/m<sup>3</sup>, es decir, 1 Kg/L.

En el caso de los gases, la densidad de referencia debe estar bajo una presión de 1 atm y una temperatura de 0 °C.

Las unidades más conocidas de densidades son:

- Kilogramo por metro cúbico Kg/m<sup>3</sup>.
- Kilogramo por litro Kg/L.
- 

Para los gases suele usarse el gramo por litro g/L, ya que de esta forma se puede simplificar con la constante de universal de los gases ideales. (R).

$$R = 0,082 \frac{\text{atm} \cdot \text{L}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \quad (5)$$

Fuente: Transferencia de Calor - Karlekar

En general cuando se varía la presión y la temperatura, la densidad de una sustancia puede variar.

Cuando aumenta la presión, la densidad de cualquier material también aumenta y como regla general al aumentar la temperatura, la densidad disminuye, si la presión permanece constante. Sin embargo existen notables excepciones a esta regla.

El efecto de la temperatura y la presión en los sólidos y líquidos es muy pequeño, por lo que la compresibilidad de los sólidos o líquidos es de 10<sup>-6</sup> bar<sup>-1</sup> (1 bar = 0.1 MPa) y el coeficiente de dilatación térmica es de 10<sup>-5</sup> K<sup>-1</sup>.

En cambio en los gases, por la presión y la temperatura, son fuertemente afectados. Estas tres magnitudes se relacionan matemáticamente en la ley de los gases ideales,

donde R es la constante universal antes mencionada, p la presión del gas, M masa molar y T es la temperatura absoluta.

$$\rho = \frac{pM}{RT} \quad (6)$$

Fuente: Transferencia de Calor - Karlekar

Para un sistema homogéneo la fórmula planteada anteriormente de densidad, masa/volumen, puede aplicarse en cualquier región obteniendo el mismo resultado. Pero para en sistema heterogéneo, se presenta diferentes densidades en diferentes partes. Para este caso hay que medir la densidad media dividiendo la masa del objeto por su volumen o densidad puntual que será distinta en cada punto del sistema. Esta densidad esta en Kg/m<sup>3</sup> (tabla 1.3) y definida por:

$$\rho = \lim_{V \rightarrow 0} \frac{m}{V} = \frac{dm}{dV} \quad (7)$$

Fuente: Transferencia de Calor - Karlekar

<b>TABLA DE DENSIDADES</b>	
<b>Sustancia</b>	<b>Densidad Media Kg/m<sup>3</sup></b>
<b>Aceite</b>	920
<b>Acero</b>	7850
<b>Agua destilada (4 °C)</b>	1000
<b>Agua de mar</b>	1027
<b>Aire</b>	1.2
<b>Aerogel</b>	1 – 2
<b>Alcohol</b>	780
<b>Magnesio</b>	1740
<b>Aluminio</b>	2700
<b>Carbono</b>	2260
<b>Caucho</b>	950
<b>Cobre</b>	8960
<b>Cuerpo humano</b>	950
<b>Diamante</b>	3515
<b>Gasolina</b>	680
<b>Helio</b>	0.18
<b>Hielo</b>	920
<b>Hierro</b>	7874
<b>Hormigón armado</b>	2500 – 3500
<b>Madera</b>	600 – 900
<b>Mercurio</b>	13580
<b>Oro</b>	19300
<b>Wolframio</b>	19250
<b>Uranio</b>	19050
<b>Tántalo</b>	16650
<b>Torio</b>	11724

Tabla 1.3. Densidades de Elementos

Fuente: Autores

## Temperatura.

La temperatura es una propiedad física que da referencia al frío o al calor, en términos generales la temperatura es propiedad que poseen los sistemas físicos a nivel macroscópico, la cual tiene una causa a nivel microscópico, nos referimos la energía promedio por cada partícula.

La energía interna se relaciona íntimamente con la temperatura y con la entalpía del sistema, es decir, a mayor temperatura como consecuencia tendremos mayor entalpía y mayor energía interna del sistema.

Podremos decir que la temperatura es una propiedad intensiva, en otras palabras, no depende del tamaño del sistema, sino que una propiedad inherente y no depende del material del compuesto ni de la cantidad de la sustancia.

La temperatura en los gases: Para un gas ideal, utiliza mecánica estadística para relacionar temperatura con el promedio de energía total de los átomos en el sistema, (teoría cinética). El promedio de la energía está relacionada exclusivamente con la temperatura del sistema, sin embargo, cada partícula tiene su propia energía, la cual puede como no, corresponder con la energía promedio.

La energía de los gases ideales monoatómicos se relaciona con su temperatura por medio de la siguiente fórmula, en donde:

n es el número de moles, R es la constante de gases ideales, T temperatura.

$$E_t = \frac{3}{2} nRT \quad (8)$$

Fuente: Transferencia de Calor - Karlekar

Y para un gas diatómico la fórmula es:

$$E_t = \frac{5}{2} nRT \quad (9)$$

Fuente: Transferencia de Calor - Karlekar

Pero también existen diferentes temperatura o características de las mismas entre ellas están:

Temperatura seca: se la llama así a la temperatura de aire, prescindiendo de la radiación calorífica de los cuerpos que rodean ese ambiente y de los efectos de la humedad relativa y por último de los movimientos del aire. Se puede obtener con el termómetro de mercurio, respecto a cuyo bulbo, reflectante y de color blanco brillante, se concluye que no absorbe radiación. (Figura 1.16)

Temperatura radiante: toma en cuenta el calor emitido por radiación de los cuerpos del entorno, esto se lo toma con un *termómetro de bulbo*, que tiene el depósito de mercurio encerrado en un bulbo metálico de color negro, de esta forma parecerlo a un cuerpo negro y pueda absorber la radiación máxima. (Figura 1.17)

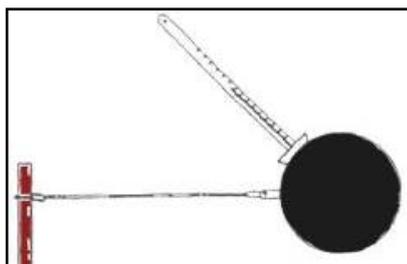
Y por ultimo tenemos temperatura húmeda: la temperatura de bulbo húmedo o temperatura húmeda es la temperatura que da un termómetro en una sombra, con el bulbo envuelto en una mecha de algodón húmedo y bajo una corriente de aire.

El funcionamiento comienza produciendo la corriente de aire, al evaporarse el agua absorbe el calor, rebajando la temperatura, este efecto lo reflejará el termómetro. (Figura 1.18)



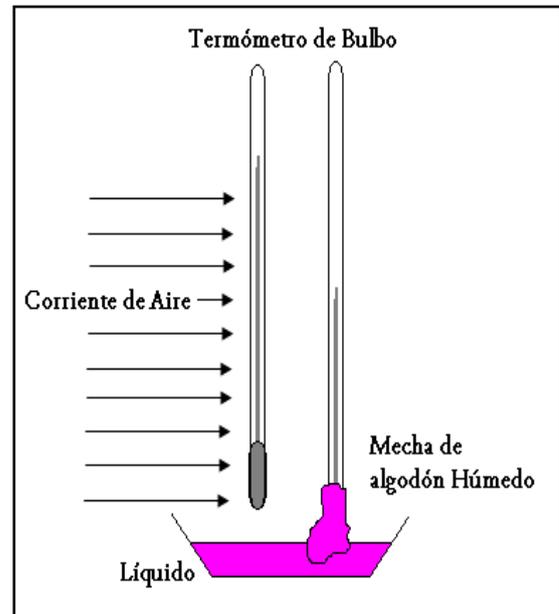
*Figura 1.16. Temperatura  
seca*

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



*Figura 1.17. Temperatura  
radiante*

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



*Figura 1.18. Termómetro  
de bulbo*

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

Unidades	Kelvin	Grado Celsius	Grado Fahrenheit	Grado Rankine	Grado Réaumur	Grado Rømer	Grado Newton	Grado Delisle
<b>Kelvin</b>	<b>K = K</b>	$K = C + 273,15$	$K = (F + 459,67) \frac{5}{9}$	$K = Ra \frac{5}{9}$	$K = Re \frac{5}{4} + 273,15$	$K = (Ro - 7,5) \frac{40}{21} + 273,15$	$K = N \frac{100}{33} + 273,15$	$K = 373,15 - De \frac{2}{3}$
<b>Grado Celsius</b>	$C = K - 273,15$	<b>C = C</b>	$C = (F - 32) \frac{5}{9}$	$C = (Ra - 491,67) \frac{5}{9}$	$C = Re \frac{5}{4}$	$C = (Ro - 7,5) \frac{40}{21}$	$C = N \frac{100}{33}$	$C = 100 - De \frac{2}{3}$
<b>Grado Fahrenheit</b>	$F = K \frac{9}{5} - 459,67$	$F = C \frac{9}{5} + 32$	<b>F = F</b>	$F = Ra - 459,67$	$F = Re \frac{9}{4} + 32$	$F = (Ro - 7,5) \frac{24}{7} + 32$	$F = N \frac{60}{11} + 32$	$F = 121 - De \frac{6}{5}$
<b>Grado Rankine</b>	$Ra = K \frac{9}{5}$	$Ra = (C + 273,15) \frac{9}{5}$	$Ra = F + 459,67$	<b>Ra = Ra</b>	$Ra = Re \frac{9}{4} + 491,67$	$Ra = (Ro - 7,5) \frac{24}{7} + 491,67$	$Ra = N \frac{60}{11} + 491,67$	$Ra = 171,67 - De \frac{5}{6}$
<b>Grado Réaumur</b>	$Re = (K - 273,15) \frac{4}{5}$	$Re = C \frac{4}{5}$	$Re = (F - 32) \frac{4}{9}$	$Re = (Ra - 491,67) \frac{4}{9}$	<b>Re = Re</b>	$Re = (Ro - 7,5) \frac{32}{21}$	$Re = N \frac{80}{33}$	$Re = 80 - De \frac{8}{15}$
<b>Grado Rømer</b>	$Ro = (K - 273,15) \frac{21}{40} + 7,5$	$Ro = C \frac{21}{40} + 7,5$	$Ro = (F - 32) \frac{7}{24} + 7,5$	$Ro = Ra - 491,67 \frac{7}{24} + 7,5$	$Ro = Re \frac{21}{32} + 7,5$	<b>Ro = Ro</b>	$Ro = N \frac{35}{22} + 7,5$	$Ro = 60 - De \frac{7}{20}$
<b>Grado Newton</b>	$N = (K - 273,15) \frac{33}{100}$	$N = C \frac{22}{100}$	$N = (F - 32) \frac{11}{60}$	$N = (Ra - 491,67) \frac{11}{60}$	$N = Re \frac{33}{80}$	$N = (Ro - 7,5) \frac{22}{35}$	<b>N = N</b>	$N = 33 - De \frac{11}{50}$
<b>Grado Delisle</b>	$De = (373,15 - K) \frac{3}{2}$	$De = (100 - C) \frac{5}{6}$	$De = (121 - F) \frac{3}{2}$	$De = (671,67 - Ra) \frac{6}{5}$	$De = (80 - Re) \frac{8}{15}$	$De = (60 - Ro) \frac{20}{7}$	$De = (33 - N) \frac{50}{11}$	<b>De = De</b>

Tabla 1.4. Conversión de Temperatura

Fuente: Autores

## **Energía Interna.**

Al energía interna  $U$  de un sistema, intenta ser un reflejo de la energía a escala microscópica y es la suma de la energía cinética interna y la energía potencial interna.

La energía interna no incluye la energía cinética ni potencial, en lo rotacional del sistema y en la localización en un campo gravitacional o electrostático externo.

En un gas ideal monoatómico bastará en considerar la energía cinética de traslación de sus moléculas.

En un gas ideal poliatómico, debemos considerar además de la energía cinética de traslación, también la energía vibracional y rotacional de las mismas.

Y en los sólidos y líquidos tendremos que considerar la energía potencial que representan las interacciones moleculares.

## **Entalpía.**

La entalpía es una magnitud de la termodinámica representada con la letra  $H$ , la variación de la entalpía representa o expresa una medida de la cantidad energía absorbida o cedida, en otras palabras es la cantidad energía que un sistema puede intercambiar con el entorno.

## **Entropía.**

La entropía es considerada como una magnitud que mide la energía que no puede ser utilizada para realizar un trabajo. Es también considerada el grado de irreversibilidad alcanzada después de un proceso que implique transformación de energía.

## **Calor Específico.**

El *calor específico* es la cantidad de calor que hay que suministrar a la unidad de masa del sistema considerado, para elevar su temperatura en una unidad kelvin o Celsius, a partir de una temperatura dada. Se la representa con la letra  $c$  (minúscula) o con  $C_p$ .

Se define como *capacidad calorífica* a la cantidad de calor que se debe suministrar para elevar la temperatura a una unidad kelvin o Celsius. Se la representa con la  $C$  (mayúscula).

La relación que guardan, el calor y capacidad calorífica es:

$$C_p = C/m^3 \quad (10)$$

Fuente: Transferencia de Calor - Karlekar

Sustancia	Fase	$c_p$ (másico) $\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$	$c_p$ (molar) $\text{J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$	$c_v$ (molar) $\text{J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$	Capacidad calorífica volumétrica $\text{J cm}^{-3}\text{ K}^{-1}$
<b>Gas monoatómico (Ideal)</b>	gas		$\frac{5}{2}R = 20.8$	$\frac{3}{2}R = 12.5$	
<b>Helio</b>	gas	5,1932	20,8	12,5	
<b>Argón</b>	gas	0,5203	20,8	12,5	
<b>Gas diatómico (Ideal)</b>	gas		$\frac{7}{2}R = 29.1$	$\frac{5}{2}R = 20.8$	
<b>Hidrógeno</b>	gas	<b>14,30</b>	28,82	20,4	
<b>Nitrógeno</b>	gas	1,040	29,12	20,8	
<b>Oxígeno</b>	gas	0,918	29,4	21,1	
<b>Aire (en condiciones típicas de habitación)</b>	gas	1,012	29,19		
<b>Aluminio</b>	sólido	0,897	24,2		2,422
<b>Amoníaco</b>	líquido	4,700	80,08		3,263
<b>Antimonio</b>	sólido	0,207	25,2		1,386
<b>Arsénico</b>	sólido	0,328	24,6		1,878
<b>Berilio</b>	sólido	1,82	16,4		3,367
<b>Cobre</b>	sólido	0,385	24,47		3,45
<b>Diamante</b>	sólido	0,5091	<b>6,115</b>		1,782
<b>Etanol</b>	líquido	2,44	112		1,925
<b>Gasolina</b>	líquido	2,22	228		
<b>Oro</b>	sólido	0,1291	25,42		2,492
<b>Grafito</b>	sólido	0,710	8,53		1,534
<b>Hierro</b>	sólido	0,450	25,1		3,537
<b>Plomo</b>	sólido	0,127	26,4		1,44
<b>Litio</b>	sólido	3,58	24,8		1,912
<b>Magnesio</b>	sólido	1,02	24,9		1,773
<b>Mercurio</b>	líquido	0,1395	27,98		1,888
<b>Neón</b>	gas	1,0301	20,7862	12,4717	
<b>cera de parafina</b>	sólido	2,5	<b>900</b>		2,325
<b>Sílice (fundido)</b>	sólido	0,703	42,2		1,547

Tabla 1.5. Calor Específico – Capacidad Calorífica

Fuente: Autores

**Coefficiente de Viscosidad.**

Existe el coeficiente de viscosidad dinámico, designado como  $\eta$  o  $\mu$ , y su unidad es el Pa\*s que es igual al  $\text{Kg}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$ . Otra unidad es el Poise ( $\text{gr}/\text{cm} \cdot \text{seg}$ ).

También existe el coeficiente de viscosidad cinético, designado como  $\nu$ , y que resulta ser igual al coeficiente de viscosidad dinámico entre la densidad. Es decir:

$$\nu = \mu / \rho \quad (11)$$

*Fuente:* Transferencia de Calor - Karlekar

La unidad es el  $\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$ , y en el sistema cegesimal es el Stoke St. La definición, de las unidades de la viscosidad, es la siguiente:

- 1 Poise = 0.1  $\text{Kg} / \text{m}\cdot\text{s}$
- 1 Stoke = 0.0001  $\text{m}^2/\text{s}$

Existen factores de conversión con los otros sistemas de unidades.

#### 1.2.1.2.2. Propiedades Secundarias.

##### Viscosidad.

Es la oposición de un fluido a las deformaciones tangenciales; un fluido sin viscosidad es considerado como fluido ideal, pero en la realidad todos los fluidos presentan un nivel de viscosidad. La viscosidad, o coeficiente de viscosidad, es característica de todos los fluidos, tanto líquidos como gases, pero si bien en este último su efecto suele ser despreciable y por lo tanto puede ser considerado como fluido ideal. Encontrará algunos valores de viscosidad de algunos gases y líquidos en la Tabla 1.6

##### Conductividad Térmica.

Propiedad física de los materiales que mide la capacidad de conducción de los materiales, es decir la conductividad térmica; es la capacidad de transmitir energía cinética entre las moléculas adyacentes o de contacto. Tabla 1.6

Material	Temperatura $T, K$	Densidad $\rho, \text{Kg} / \text{m}^3$	Calor Específico $C_p,$ $\text{kJ} / \text{Kg}\cdot\text{K}$	Conductividad Térmica $\kappa, \text{W} / \text{m}\cdot\text{K}$	Viscosidad
----------	-----------------------	--	--	--	------------

**Sólidos no metálicos**

<b>Arcilla</b>	300	1460	0.880	1.30
<b>Arena</b>	300	1515	0.80	0.30
<b>Asbesto</b>	300	2100	1.047	0.156
<b>Aserrín</b>	300	215		0.059
<b>Asfalto</b>	300	2115	0.920	0.062
<b>Concreto</b>	300	2300	0.880	1.40
<b>Ebonita</b>	300		1.382	
<b>Fibra de vidrio</b>	300	220		0.035
<b>Hielo</b>	273	920	2.00	2.20
<b>Hule</b>				
<b>Espuma</b>	300	70		0.032
<b>Duro</b>	300	1190	2.01	0.16
<b>Ladrillo</b>				
<b>Común</b>	300	1600	0.840	0.70
<b>Refractario</b>	1000	2640	0.960	1.50
<b>Mampostería</b>	300	1700	0.837	0.66
<b>Lámina de corcho</b>	300	160	1.90	0.045
<b>Lámina de fieltro</b>	300			0.035
<b>Lana</b>	300	90		0.036
<b>Lana de roca</b>	300	160		0.040
<b>Lana de vidrio</b>	300	40	0.70	0.038
<b>Lana mineral (colchonetas)</b>	300			0.039
<b>Madera</b>				
<b>Balsa</b>	300	140		0.055
<b>Pino (amarillo)</b>	300	640	2.805	0.15
<b>Encino</b>	300	545	2.385	0.17
<b>Terciada</b>	300	550	1.200	0.12
<b>Nieve</b>				
<b>Suelta</b>	273	110		0.05
<b>Empacada</b>	273	500		0.19
<b>Piedra</b>				
<b>Granito</b>	300	2630	0.775	2.79
<b>Caliza</b>	300	2320	0.810	2.15
<b>Arenisca</b>	300	2150	0.745	2.90
<b>Piel (humana)</b>	300		3.60	0.37
<b>Poliestireno (espuma de estireno)</b>	300	37		0.029
<b>Poliuretano (espuma rígida)</b>	300	40		0.023
<b>Suelo</b>	300	2050	1.840	0.52
<b>Tabla roca</b>	300	817	1.084	0.107

Material	Temperatura $T, K$	Densidad $\rho, \text{Kg} / \text{m}^3$	Calor Específico $C_p,$ $\text{kJ} / \text{Kg} * \text{K}$	Conductivida d Térmica $\kappa,$ $\text{W} / \text{m} * \text{K}$	Viscosidad
----------	-----------------------	--	--	---	------------

<b>Teflón ®</b>	<b>300</b>	<b>2200</b>	<b>1.00</b>	<b>0.35</b>	
<b>Vermiculita</b>					
<b>Suelta</b>	300	80	0.835	0.068	
<b>Vidrio</b>	300	2500	0.750	1.40	
<b>Gases</b>					
<b>Aire</b>	300	1.178	1.007	0.026	0.0181
<b>Amoniaco</b>	300	0.689	2.096	0.025	0.0102
<b>Dióxido de carbono</b>	300	1.81	0.844	0.017	0.0148
<b>Hidrógeno</b>	300	0.0817	14.302	0.190	0.0090
<b>Metano</b>	300	0.655	2.227	0.020	0.0134
<b>Monóxido de carbono</b>	300	1.16	1.040	0.025	0.0182
<b>Nitrógeno</b>	300	1.15	1.040	0.026	0.0176
<b>Oxígeno</b>	300	1.31	0.911	0.027	0.0200
<b>Vapor de agua</b>	800	0.272	1.186	0.067	0.914
<b>Sólidos metálicos</b>					
<b>Acero</b>					
<b>Al carbón</b>	300	7800	0.473	43	
<b>Inoxidable</b>	300	7900	0.477	14	
<b>Aluminio</b>	300	2700	0.902	236	
<b>Cobre</b>	300	9800	0.385	400	
<b>Hierro</b>					
<b>Colado</b>	300	7270	0.420	39	
<b>Dulce</b>	300	7850	0.460	51	
<b>Latón</b>	300	8520	0.382	114	
<b>Plomo</b>	300	11340	0.129	36	
<b>Silicio</b>	300	2330	0.691	159	
<b>Líquidos</b>					
<b>Aceite de motor (sin usar)</b>	300	886	1.89	0.145	712.0
<b>Agua</b>	300	997	4.18	0.608	0.857
<b>Alcohol etílico</b>	300	788	2.395	0.168	1.2
<b>Alcohol metílico</b>	300	793	2.55	0.202	0.53
<b>Amoniaco</b>	300	605	4.80	0.520	0.22
<b>Benceno</b>	300	985	1.81	0.159	0.65
<b>Etilenglicol</b>	300	1116	2.385	0.257	21.4
<b>Glicerina</b>	300	1260	2.39	0.287	1490
<b>Metales líquidos</b>					
<b>Bismuto</b>	600	9997	0.145	16.4	1.61
<b>Litio</b>	600	498	4.190	48.0	0.57
<b>Mercurio</b>	600	12816	0.134	14.2	0.84
<b>Plomo</b>	700	10476	0.157	17.4	2.15
<b>Potasio</b>	600	766	0.783	44.0	0.23
<b>Sodio</b>	600	871	1.309	76.0	0.32

Tabla 1.6. Propiedades de algunos materiales (unidades SI)

Fuente: Autores

Presión de Vapor.

Comúnmente como presión de saturación es la presión, para una temperatura dada, en que la fase de líquido y el vapor se encuentran en equilibrio dinámico. Este fenómeno también lo presentan los sólidos, cuando un sólido pasa al estado gaseoso sin pasar por el líquido (sublimación).

El equilibrio dinámico se alcanza rápidamente si la superficie de contacto es mayor, entre el líquido y el vapor, de esta forma se favorece la evaporación del líquido.

### **1.3. La Neumática.**

### **1.3.1. Fundamentos y aplicaciones**

#### **1.3.1.1. Introducción.**

La neumática y la tecnología que encierra, juega papeles importantes en la mecánica y en la industria en generales. Tiene un extenso campo de aplicación en las industrias, como rotar, mover, levantar, prensar controlando su movimiento, dirección y fuerza. Además es incluida cada vez más en el desarrollo de aplicaciones en sistemas automatizados.

Estas posibilidades que brinda hacen que sea un soporte indudable para renovar procesos dentro de las industrias y no dudar en la automatización de dichos procesos.

Con esta visión, la neumática es utilizada para la ejecución de diferentes funciones o procesos tales como:

- Detección de estados mediante sensores.
- Accionamiento de actuadores mediante elementos de control.
- Procesamiento de información mediante controladores lógicos.
- Automatización de líneas de producción de plásticos.
- Ejecución de trabajos mediante actuadores.

Para controlar las maquinas y los equipos se es necesario efectuar una sucesión lógica y compleja de estados y conexiones; esto se logra mediante la actuación conjunta de elementos que constituirá el lazo cerrado de procedimientos neumáticos.

Desde sensores, procesadores y más elementos de operación darán un sistema neumático o parcialmente neumático. El progreso experimentado en relación con materiales y métodos de montaje y fabricación ha tenido como resultado una mejora de la calidad y diversidad de elementos neumáticos, constituyendo así a una mayor difusión de la neumática en el sector de la automatización.

Todos los elementos neumáticos conllevan al uso del aire a presión o en depresión siendo esta la principal fuente de energía, en donde nos permite transformar la energía mecánica en diferentes movimientos como:

- Movimientos Lineales.
- Movimientos Rotativos.
- Mando de Válvulas.
- Transporte de Materiales.

Todos estos movimientos están con la finalidad de accionamiento, sensorización, control o gobierno de maquinas.

El motivo de uso del aire en estos equipos es por ser un elemento renovable, se encuentra en todo el planeta, no contamina, se puede transformar y es de fácil almacenaje, además, es barato en relación a otras fuentes de energía. Además la

transportación, en grandes o pequeñas cantidades, es fácil y es empleada mediante tuberías, no es causante de incendios o inflamaciones.

La palabra neumática proviene de los antiguos griegos en donde etimológicamente la palabra “Pneuma” significa viento y en filosofía expresa “el alma”; como derivación se obtuvo, entre diferentes conceptos, *neumática que trata los movimientos y procesos del aire*.

Aunque los rasgos de la neumática se cuentan entre los más antiguos conocimientos de la humanidad, no fue sino hace más de dos siglos atrás que comenzó la investigación sistemática del comportamiento y sus reglas. Podemos hablar que desde 1950 empezaron las primeras aplicaciones industriales de la neumática en los procesos de fabricación. Aunque ya se conocían algunas aplicaciones y ramas de la explotación en la minería y en la construcción de ferrocarriles (*frenos de aire comprimido*), sin embargo la irrupción verdadera de la neumática en la industria, no se inicio, sin embargo, hasta que llegó a hacerse más acuciante la exigencia de una automatización y racionalización de los procesos de trabajo.

A pesar de que esta técnica fue rechazada en un inicio, debido a la falta de conocimiento y formación, fueron aplicándose lentamente en la industria y ya en la actualidad no se concibe una moderna explotación industrial sin el uso del aire comprimido y la utilización de equipos y elementos neumáticos.

### **1.3.1.2. Aplicaciones.**

En la actualidad las aplicaciones que tiene la neumática son diversas y de gran alcance, estas se han fusionado con otras ramas o tecnologías existiendo la robótica, mecatrónica y de más ramas en donde los elementos neumáticos se aplican.

Pero entre todas se caracterizan las siguientes:

- Sujeción de piezas.
- Desplazamientos de piezas.
- Posicionamiento de piezas.
- Orientación de piezas.
- Bifurcación del flujo de materiales.

Esto conlleva a la aplicación de diferentes técnicas especializadas con el embalaje, llenado, dosificado, bloqueo, accionamiento de ejes, abrir y cerrar puertas, transporte de materiales, giro o rotación de piezas, separador de piezas, apilado de piezas, estampado y/o prensado de piezas, desviación o movimientos de cintas transportadoras, accionamientos de cuchillas, etc.

Todas las aplicaciones han ayudado en las diferentes técnicas de fabricación existentes: perforado, torneado, fresado, corte, acabado, deformado, control, comprimido y en general en la automatización de los diferentes procesos industriales.

En resumen podremos mencionar que poder realizar una lista de las diferentes aplicaciones de la neumática sería algo en vano por lo interminable que podría ser. Es mejor decir que la neumática puede estar en cualquier proceso industrial sea este manual o semiautomático que requiera incrementar su producción mejorando la calidad del producto final.

La continua sustitución de la mano del hombre por energías alternativas como la neumática, hidráulica y eléctrica responde por un intento en minimizar los costos de producción y conseguir la automatización de todos los sectores industriales: automotriz, producción de energía, industria textil, refinerías e industrias petrolíferas, imprenta y artes gráficas, maquinas de embalaje, calzado, construcción y obras públicas, agricultura y cárnicas, siderurgia y minería, industria química, industria maderera, la robótica y la alimentación.

### **1.3.1.3. Ventajas.**

Para poder denotar las diferentes ventajas y desventajas tenemos que entender que nos referimos al aire comprimido como tal. Las diferentes aplicaciones mencionadas y procesos que tienen elementos neumáticos, tienen al aire en un estado de comprensión.

Dentro de las ventajas podemos mencionar:

- Se puede combinar varias acciones a la vez.
- El aire comprimido no alberga riesgos en relación con fuego o explosiones.
- Es muy económico.
- El aire comprimido no lubricado no contamina el ambiente.
- Es abundante e ilimitado.
- Se comprime fácilmente.
- No hace falta circuito de retorno.
- Las herramientas y los elementos neumáticos pueden funcionar hasta su detención total, por lo que no sufren sobrecarga.
- Puede ser almacenado y transportado en depósitos.
- El aire comprimido es inherente a oscilaciones de la temperatura.
- Los elementos de trabajo son de composición sencilla.
- El aire comprimido es un medio de trabajo rápido, puesto que permite obtener elevadas velocidades de movimiento.
- Los tiempos de conmutación son cortos.
- El mantenimiento de sus elementos y equipos son de ágil procedimiento.
- Los circuitos son sencillos y de fácil instalación.
- Existe seguridad aunque se produzcan escapes del aire.
- El trabajo con aire no daña los componentes de un circuito por efecto de golpes de ariete.
- Es una energía limpia.
- Se pueden producir cambios instantáneos de sentidos.

#### **1.3.1.4. Desventajas.**

Las desventajas que se reconocen en la aplicación de sistemas neumáticos son obtenidas por evaluación, ya que todo sistema debe estar en constante depuración, y de estas evaluaciones se obtuvieron las siguientes:

- Produce ruido cuando se vierte al exterior, en algunos casos puede resultar incomodo y hasta molesto.
- El aire comprimido tiene que ser accionado, de lo contrario puede producirse un desgaste precoz de los elementos neumáticos por efecto de partículas de suciedad y agua condensada.
- El aire comprimido debe ser tratado antes de su utilización eliminando impurezas y humedad.
- No se puede transmitir grandes potencias; se necesitan 7 bares para mover 3.000 Kg.
- El aire comprimido es económico solamente hasta determinados niveles de fuerza. Entre 20.000 y 30.000 N., según la carrera y la velocidad.
- En circuitos muy extensos se producen pérdidas de caras considerables.
- Es necesario implementar un sistema de escape para recuperar el aire previamente utilizado.
- Elevados costos de los generadores de aire comprimido.
- Elevados niveles de ruido y de vibraciones en los compresores.
- Es una fuente de energía cara de generar pero menos costosa de utilizar frente a su alta rentabilidad.

#### **1.3.2. Neumática básica.**

El aire que es utilizado para los sistemas neumáticos, está ubicado en la troposfera que va desde los 18 Km de ecuador hasta unos 8 Km de los polos aproximadamente.

Este aire está compuesto, como se lo menciono anteriormente, por una mezcla de diversos gases, entre ellos los de más volumen son: nitrógeno con un 78%, oxígeno con un 21%, el helio, neón y argón con 1.3% y otros gases completando el total en la atmosfera.

Sin embargo, al aire de nuestra atmosfera contiene huellas de dióxido de carbono, hidrógeno, criptón y xenón, vapor de agua y partículas solidas.

### 1.3.2.1. Magnitudes físicas.

#### 1.3.2.1.1. Magnitudes fundamentales.

Las magnitudes fundamentales ya las hemos reconocido anteriormente, por tal motivo solo las mencionaremos dando sus unidades correspondientes.

Magnitudes:

**Temperatura** con sus unidades de mayor aplicación: grados Kelvin  $^{\circ}\text{K}$ ., y grados Celsius  $^{\circ}\text{C}$ .

**Tiempo** medido en segundos (seg.) según el sistema internacional de medidas S.I.

**Longitud** como magnitud lineal en el sistema técnico S.T. y en el S.I. esta dada en metros (m). Y como magnitud angular su unidad es el radian (rad) o revolución (r); giro completo.

(12)

$$1\text{r} = 2\pi\text{ rad}; 1\text{ rad} = 0.16\text{r}$$

Fuente: Física – Raymond A. Serway

**Masa** como unidad tiene el kilogramo (Kg).

**Intensidad Eléctrica** medida en amperios (A).

Las unidades en el sistema internacional S.I. y en el sistema técnico S.T. están en la tabla 9.0

#### 1.3.2.1.2. Magnitudes derivadas.

Las magnitudes que se relacionan con la neumática y que llamaremos derivadas son:

- **Fuerza:** es una magnitud que se deriva de la “*ley de newton*” y es el producto de la masa por la aceleración. La unidad es el **Newton (N)**. Un newton (1N) es la fuerza que produce la aceleración de  $1\text{ m/s}^2$  en un cuerpo de masa de 1 Kg.

$$\text{Fuerza} = \text{masa} * \text{aceleración}$$

Hay que recordar que en el sistema técnico S.T. la unidad es el Kilopondio (Kp) que es la fuerza que ejerce un kilogramo 1 Kg a nivel del mar.

- **Presión:** es el cociente de la fuerza aplicada y la superficie de aplicación. La unidad es el **Pascal (Pa)**. Un pascal (1Pa) es la presión ejercida por una fuerza de un newton sobre una superficie de un metro cuadrado ( $1\text{ m}^2$ ).

$$\text{Presión} = \text{Fuerza} / \text{masa}$$

Como un pascal es aproximadamente la fuerza que ejerce una carpeta sobre una mesa, al ser tan pequeña se utiliza otras unidades como:

- 1 Kilo Pascal = 1000 Pascal = 1000 Pa.
- 1 Mega Pascal = 1000000 Pascal = 1000000 Pa.
- 1 Bar = 101.325 Pascal = 101.325 Pa.
- 1 Bar = 1 Kg/cm<sup>2</sup>
- 1 Atmosfera = 1 Atm. = 760 mm Hg
- 1 Atm. = 1024 bar

Los datos están relacionados con una presión de referencia que suele ser la presión atmosférica y esta oscila 0.98 y 1.04 bar según las condiciones climatológicas.

Además, tenemos que en el sistema técnico (S.T.) la unidad es la atmósfera técnica (at), y es equivalente a un kilopondio (1Kp) sobre centímetro cuadrado (cm<sup>2</sup>).

$$1 \text{ at} = 1 \text{ Kp} / \text{cm}^2$$

Existen otras unidades utilizadas para medir la presión como la atmosfera física (atm), el metro de columna de agua (mca), el milímetro de columna de mercurio o Torricelli (Torr). Y en el sistema inglés está dada en libra por pulgada cuadrada (psi).

Todos los trabajos con energía neumática, se lo realiza dentro de la masas del mismo gas y éste en estado libre somete a todos los elementos que se encuentren en su interior a una presión variable con una altura y en condiciones ambientales, denominada presión atmosférica, y cuyo valor a nivel del mar es de 1.033 Kp/cm<sup>2</sup> (1 atm).

La presión que se mide desde la atmosfera o línea de referencia variable ( $p_o$ ) se la denomina **Presión Relativa (Pr)**.

La presión que se mide desde el vacío absoluto se la denomina **Presión Absoluta (Pab)**.

Existe la denominada **Depresión**, esta es la presión que se mide desde la atmosfera hacia abajo, es decir hacia el vacío absoluto. (Figura 1.19)

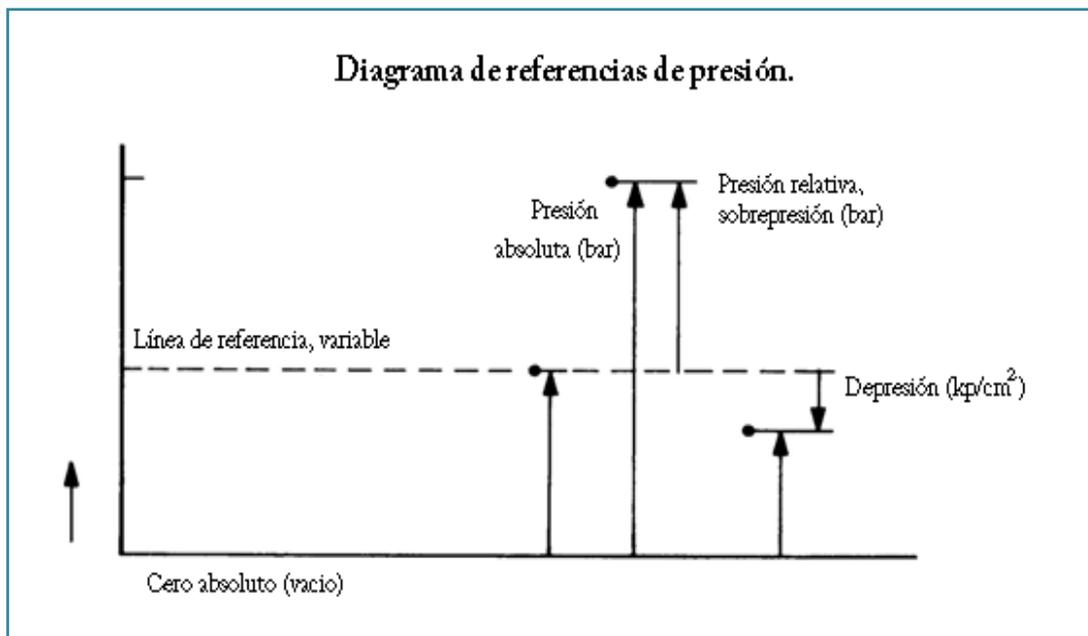


Figura 1.19. Diagrama de referencias de presión

Fuente: Autores

Los instrumentos de medición de todas estas presiones son el *barómetro* para la presión atmosférica, el *manómetro* para la presión relativa y para medir la depresión se usa el *vacuómetro*.

- **Caudal ( $Q$ ):** es la cantidad de fluido que atraviesa una sección en la unidad de tiempo; puede ser expresado en masa o en volumen. Es la magnitud derivada del cociente entre el volumen ( $V$ ) y el tiempo ( $t$ ).

(13)

$$Q = V / t$$

Fuente: Física – Raymond A. Serway

Existen dos formas de representar el caudal; **caudal másico ( $Q_{mas}$ ):** se lo expresa en kilogramo sobre segundos ( $Kg/seg$ ) y el **caudal volumétrico ( $Q_{vol}$ ):** que se lo representa en metros cúbicos sobre segundos ( $m^3/seg$ ) o en litros sobre minutos ( $l/min$ ). Entre estos dos caudales están relacionados por la densidad del fluido (masa/volumen).

$$Q_{mas} = Q_{vol} * \rho \quad (14)$$

Fuente: Física – Raymond A. Serway

No hay que olvidar que la densidad varía con la temperatura y la presión.

Un litro de aire se considera que está en condiciones normales cuando su masa ocupa un volumen de un litro (1 l) a cero grados Celsius ( $0\text{ }^{\circ}C$ .) y a presión atmosférica.

El caudal medio es el volumen ( $V$ ) ocupado dividido por el tiempo ( $t$ ). ( $V/t$ ), sabemos que el volumen es igual a la sección o área ( $S$ ) por la longitud ( $L$ ). Ahora tendríamos que el caudal es igual a la sección por la longitud dividida por el tiempo ( $S*L / t$ ). Por último el cociente entre la longitud y el tiempo es igual a la velocidad, así obtenemos que la nueva ecuación de caudal sería sección por la velocidad ( $S*V$ ).

El caudal es igual a la multiplicación entre la sección (S) y la velocidad (V). (Figura 1.20)

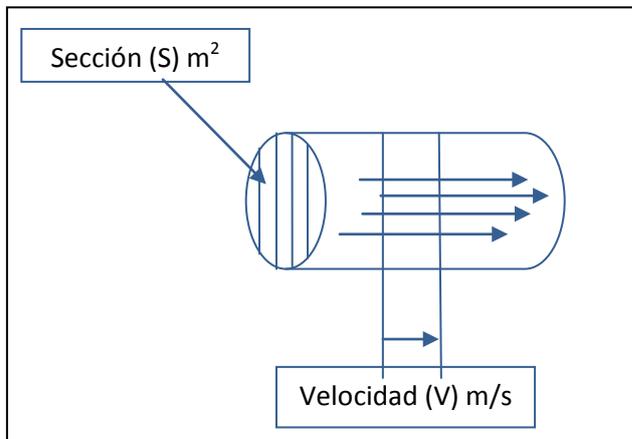


Figura 1.20. Diagrama de caudal

Fuente: Autores

- **Trabajo (W):** es el resultado de aplicar una fuerza en una determinada dirección provocando un desplazamiento. La unidad de medida es el Joule. Podemos encontrar el trabajo de la multiplicación de la fuerza (F) con la distancia (d).

$$W = F * d \quad (15)$$

Fuente: Física – Raymond A. Serway

- **Potencia (P):** es la magnitud resultante del cociente entre la energía (E) y el tiempo (t). Pero también se cumple que la potencia es igual al caudal (Q) por la presión (P), además, es el trabajo realizado en la unidad de tiempo.

- Potencia = E / t
- Potencia = Q \* P
- Potencia = W / t

- **Humedad (H):** representa la unidad de agua, en forma de vapor, que hay en el aire, y depende de la temperatura del mismo. La humedad se distingue en humedad absoluta (H) y en humedad relativa (Hr).

La humedad absoluta (H) nos representa la cantidad total de vapor de agua que hay en el aire, su unidad es el gramo sobre metro cubico ( $gr/m^3$ ), como mencionamos que depende de la temperatura este dato no es objetivo y como resultado no se lo usa. Y la humedad relativa (Hr) que nos indica la relación entre la humedad del aire (mv) y la máxima humedad que podríamos tener a una temperatura dada, es decir, obtener masa de vapor saturado (ms). Esta humedad es a dimensional.

$$Hr = mv / ms \quad (16)$$

Fuente: Introducción a la mecánica – Robert Fox

### 1.3.3. Leyes de aplicaciones.

#### 1.3.3.1. El aire es compresible.

Como hemos mencionado en las propiedades del aire, este es capaz de ocupar, con libertad, la forma del recipiente que lo contiene, permitiéndose comprimirse o expandirse.

Esta característica del aire y en general de los gases ha sido determinada bajo diferentes leyes establecidas, considerando a los gases como perfectos para su análisis.

Considerando que los gases son perfectos podemos aplicar los siguientes conceptos:

##### 1.3.3.1.1. Ley de Boyle – Mariotte.

Si consideramos a un gas perfecto encerrado en un cilindro en el que provocamos una expansión isométrica, es decir, a temperatura constante, se cumple que:

El volumen ocupado por una masa invariable es inversamente proporcional a su presión. (Figura 1.21)

(16)

$$\frac{P_1}{V_2} = \frac{P_2}{V_1} = \text{cte.} ; \Delta T = 0$$

Fuente: Física – Raymond A. Serway

Ilustración Ley Boyle - Mariotte

▪ **Explicación – ejemplo:**

Si el volumen  $V_1 = 1 \text{ m}^3$ , que se encuentra a presión atmosférica  $P_1 = 100 \text{ KPa}$ . (1 bar), se comprime con la fuerza  $F_2$  hasta alcanzar el volumen  $V_2 = 0.5 \text{ m}^3$ , permaneciendo la temperatura constante, obtenemos:

$$(16) \quad P_1 * V_1 = P_2 * V_2$$

Despejando  $P_2$  obtendremos:

$$P_2 = \frac{P_1 * V_1}{V_2}$$

$$P_2 = \frac{100 \text{ KPa} * 1 \text{ m}^3}{0.5 \text{ m}^3} = 200 \text{ KPa} (2 \text{ bar})$$

Figura 1.21. Ley de Boyle - Mariotte  
Fuente: [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)

#### 1.3.3.2. Volumen vs Temperatura.

Si la presión se mantiene constante y su nivel de temperatura aumenta un grado kelvin ( $1 \text{ }^0\text{K}$ ), partiendo desde los  $273 \text{ }^0\text{K}$ , consideramos que el aire se dilatará  $1/273$  de su volumen.

Considerando a la temperatura como absoluta y en grados kelvin, de ser otra unidad se deberá realizar el cambio de unidades.

### 1.3.3.2.1. Ley de Charles – Gay Lussac.

*Gay Lussac:* Dice que a presión constante, el volumen ocupado por una masa dada de gas, es directamente proporcional a su temperatura absoluta, esto es:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} = \frac{V_3}{T_3} = Cte. \quad (17)$$

Fuente: Física – Raymond A. Serway

*Charles:* A volumen constante, la presión absoluta de una masa de gas determinada es directamente proporcional a la temperatura. Esto significa que entre más se comprime un gas, más aumenta su temperatura y está representada por:

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} = \frac{P_3}{T_3} = Cte. \quad (18)$$

Fuente: Física – Raymond A. Serway

### 1.3.3.3. Ecuación de los gases perfectos.

Para poder obtener esta ecuación, solo es necesario considerar al aire como un gas perfecto y recordando las anteriores leyes podemos decir que:

$$\frac{P_1 * V_1}{T_1} = \frac{P_2 * V_2}{T_2} = \frac{P_3 * V_3}{T_3} = Cte. \quad (19)$$

Fuente: Física – Raymond A. Serway

Además:

$$p * V = n * R * T \quad (20)$$

Fuente: Física – Raymond A. Serway

En donde:

p: presión del gas.

V: volumen que ocupa el gas.

n: número de moles que tenemos de gas.

R: constante de los gases perfectos.  $(0.082 \frac{atm * l}{K * mol} = 8.314 \frac{kJ}{kmol * K})$

T: temperatura absoluta en Kelvin  $^0K$ . ( $0K = -273 ^0C$ .)

Esta ley de gases perfectos enlaza íntimamente a las magnitudes de presión, volumen y temperatura, relacionándose con la expansión y compresión del aire.

Estas tres magnitudes pueden estar en constante cambio y estos cambios dan origen a diferentes procesos que veremos a continuación:

**Proceso a temperatura constante:** nos refleja el estudio de la compresibilidad a temperatura constante.

$$p * V = Cte.$$

$$p1 * V1 = p2 * V2 = cte.$$

$$\frac{p2}{p1} = \frac{V1}{V2}$$

**Proceso a presión constante:** estudio relacionado a la dilatación a presión constante.

$$\frac{V}{T} = cte.$$

$$\frac{V1}{T1} = \frac{V2}{T2} = cte.$$

Aquí decimos que el gas se dilata más cuando aumenta la temperatura y podemos definir un coeficiente de dilatación ( $\alpha$ ), de los gases, como:

$$\alpha = \frac{V2 - V1}{V1 * (T2 - T1)} = \frac{1}{273} = cte.$$

**Proceso a volumen constante:** nos referimos al estudio de la variación de presión a volumen constante.

$$\frac{p}{T} = cte.$$

$$\frac{p1}{T1} = \frac{p2}{T2} = cte. \quad (21)$$

Fuente: Física – Raymond A. Serway

Aquí también podemos definir un coeficiente de dilatación ( $\beta$ ), pero a volumen constante, como:

$$\beta = \frac{p2 - p1}{p1 * (T2 - T1)} = \frac{1}{273} = cte. \quad (22)$$

Fuente: Física – Raymond A. Serway

#### 1.3.3.4. Principio de Pascal.

Se puede constatar que el aire es muy compresible bajo la acción una pequeña fuerza. Cuando está contenido en un recipiente cerrado, el aire ejerce una presión igual sobre todas las paredes del recipiente que lo contiene, en todos los sentidos. (Figura 1.22)

Según lo menciona el físico francés Blaise Pascal<sup>2</sup> “*el incremento de presión aplicando en una superficie de un fluido incompresible, contenido en un recipiente indeformable, se transmite con el mismo valor a cada una de sus partes*”

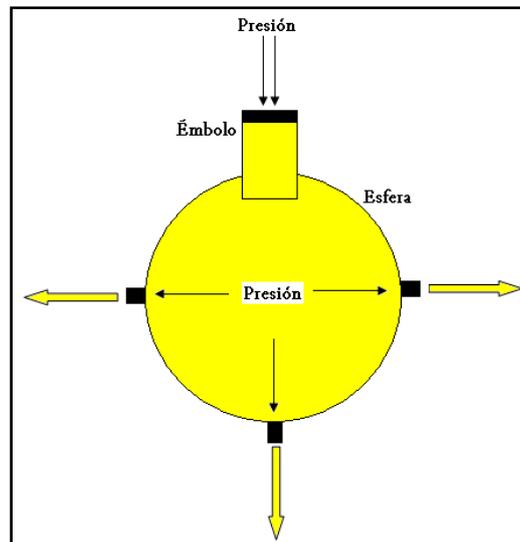


Figura 1.22. Principio de Pascal

Fuente: Autores

**Explicación del gráfico:** imaginemos un recipiente lleno de un fluido, el cual es incompresible prácticamente por su estado.

Si aplicamos una fuerza de 10 Kgf en el émbolo que se encuentra en la parte superior y que tiene un área de 1 cm<sup>2</sup>.

Tendrás como resultado una presión de 10 Kgf/cm<sup>2</sup> en las diferentes paredes de la esfera o recipiente que lo contenga.

Con esta explicación obtendremos la siguiente fórmula de aplicación:

$$p = \frac{F}{A} \quad (23)$$

En donde:

Fuente: Física – Raymond A. Serway

p: presión [Newton / m<sup>2</sup>]

F: fuerza [Newton]

A: área [m<sup>2</sup>]

En esta ley Blaise Pascal no menciona al factor de fricción que existe cuando los líquidos están en movimiento, es decir fue considerada de forma estática y no en los líquidos en movimiento.

<sup>2</sup> **Blaise Pascal:** Filósofo occidental del siglo XVI, nació el 19 de junio de 1623 en Clermont-Ferrand, Auvernia, Francia y falleció el 19 de agosto de 1662 en París, Francia. Interesado en la Teología, Física, Matemáticas, Pneumática, Hidráulica, Hidrostática y dinámica. Ideas Notables: Triángulo de pascal, calculadoras, prensa hidráulica, jeringa y cofundador con Pierre de Fermat de la teoría de la probabilidad. Influído por el gran Evangelista Torricelli y otros más.

### **1.3.4. Producción y distribución.**

Los sistemas neumáticos están compuestos por una serie de elementos y dispositivos que se encuentran encadenados dándole sentido y dirección al flujo de aire en una industria o espacio en que se utilice el aire comprimido como energía.

#### **1.3.4.1. El aire comprimido.**

El aire comprimido se comenzó a utilizar como soplador de metales para su enfriamiento. El invento del fuelle favoreció la creación de nuevos metales al alcanzar temperaturas más elevadas en los hornos.

Pero a partir del siglo XIX se comenzaría a estudiar al aire como sistema de transporte de energía.

El aire comprimido es una tecnología o aplicación técnica que hace uso del aire que se encuentra bajo una presión por medio de un compresor. En la mayoría de sus aplicaciones no solo se comprime, también se deshumifica y se filtra. Tiene ventaja sobre los sistemas hidráulicos, de ser más rápidos, aunque no son tan precisos en el posicionamiento de los mecanismos y no permite fuerzas grandes.

Estos sistemas, utilizando el aire comprimido, facilitan a las industrias en varios de sus procesos y ahora más cuando existen los procesos automatizados; aquí encajan los sistemas neumáticos, en donde son sencillos y económicos en su aplicación.

#### **Ventajas del aire comprimido.**

Las ventajas más importantes del aire comprimido son:

- El aire comprimido puede acumularse fácilmente.
- El aire está disponible en todas partes y en cantidades ilimitadas.
- No es necesario devolver el aire comprimido a su lugar de origen. Una vez realizado el trabajo, puede dejarse escapar al exterior.
- Se la puede transportar cómodamente mediante tuberías y por distancias extensas.
- Al aire comprimido es insensible a las variaciones de temperaturas, garantizando un trabajo seguro incluso en condiciones de altas temperaturas.
- Esta a prueba de explosiones, de esta forma no se precisa el alto costo de medios de prevención de incendios y contra explosiones.
- El aire comprimido es limpio, esto garantiza el uso en industrias alimenticias, textiles, de cuero, de madera y farmacéuticas.
- La construcción de elementos o dispositivos de trabajo que funcionen con aire comprimido son económicos y sencillos.
- La fuerza que entrega y las velocidades de los elementos neumáticos pueden ser regulables sin perturbaciones.
- Las herramientas y trabajo están a prueba de sobrecargas.
- Se pueden obtener movimientos rectilíneos.
- Al ser rápido nos permite trabajar a elevadas velocidades.
- 

#### **Desventajas del aire comprimido.**

Algunos inconvenientes del uso del aire comprimido son:

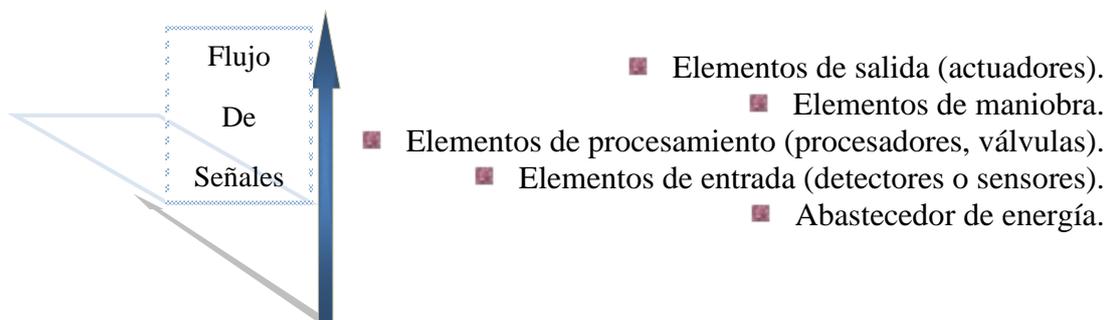
- El aire de los escapes es ruidoso, aunque existen elementos que aportan a la reducción del ruido provocado.
- El aire comprimido es rentable cuando se lo utiliza hasta un determinado esfuerzo. El rango de utilización es de los 700 kPa o 7 bares hasta los 20000-30000 newtones influidos sin dejar de considerar el recorrido y la velocidad.
- Es preferible, si se pasan los rangos antes mencionados, utilizar sistemas hidráulicos.
- No se puede obtener velocidades uniformes constante, debido a la compresión del aire.
- El aire comprimido exige una excelente preparación, sin humedad y sin restos sólidos en su composición.
- La niebla aceitosa, que se aporta al aire por efecto de lubricación de los aparatos o elementos, se pierde al realizar el escape al exterior.
- El aire comprimido es una fuente de energía relativamente costosa, pero compensa su alto costo con la utilización de equipos y elementos sencillos y económicos.

#### 1.3.4.2. Sistemas neumáticos.

Todos los sistemas neumáticos o electroneumáticos están constituidos por dos secciones principales.

- Sistema de producción y distribución de aire.
- Sistema de consumo de aire o utilización.

Los sistemas neumáticos tienen una estructura y flujos de señales, es decir el sistema de control neumático está compuesto por:



Todos estos grupos de elementos conforman un camino para la transmisión de las señales de mando, emitidos por las señales de entrada, hasta la ejecución del trabajo obtenidas de las señales de salida.

Los elementos de maniobra se encargan de controlar el trabajo o el accionamiento, en función de las señales recibidas por los procesadores.

#### 1.3.4.3. Sistema de producción y distribución.

El sistema de producción y distribución de aire comprimido básicamente está compuesto por la unidad compresora (el compresor), además, para obtener un aire adecuado es necesario otros elementos como: el depósito (tanque de almacenamiento de aire comprimido), motor eléctrico, filtros, reguladores de caudal, lubricadora, unidad de purga y elementos de medición de presión (manómetro).

Para nuestro estudio comenzaremos a dar información acerca de los compresores y su clasificación.

#### **1.3.4.3.1. El Compresor.**

**Definición:** los compresores son máquinas diseñadas para elevar la presión de un gas o una mezcla de gases y vapores llevándolos de un volumen a otro. El fluido se eleva reduciendo el volumen específico del mismo durante su paso a través del compresor.

Los compresores se emplean para elevar la presión de una gran variedad de gases y vapores para un sin número de aplicaciones entre estas mencionamos:

- Compresores para trabajos de pintura.
- Compresores para transporte.
- Para inflar neumáticos.
- Para actividades de limpieza.
- Para herramientas neumáticas.
- Para perforadoras.

Una de las más comunes es el compresor de refrigeración, en donde es empleado para comprimir el gas del vaporizador. Otras aplicaciones las encontramos en procesos químicos, conducción de gas, construcciones y turbinas de gas.

#### ***Clasificación y definición según los principios de trabajo.***

Según los principios de trabajo fundamentalmente se clasifican en:

- a) Desplazamiento Positivo,
- b) Desplazamiento Dinámico.

#### ***a) Desplazamiento Positivo.***

Se basa en la reducción del volumen básicamente. El aire es almacenado en una cámara aislada del medio exterior, en donde gradualmente se disminuye el volumen produciéndose una compresión. Cuando se alcanza una presión determinada, las válvulas dan apertura a la descarga o simplemente el aire es transmitido al tubo de descarga, produciéndose en el proceso una disminución del volumen en la cámara de compresión.

#### ***b) Desplazamiento Dinámico.***

Aquí existe una conversión de energía (de energía cinética a energía de presión) para poder elevar la presión durante su paso al compresor.

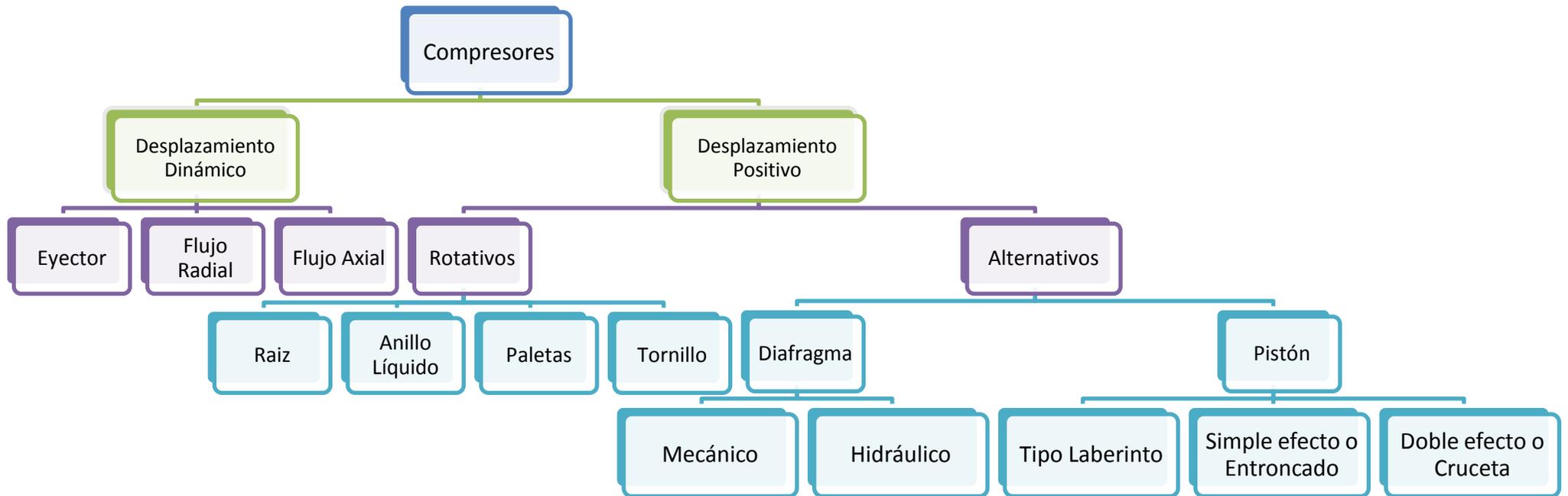
El aire almacenado es colocado en contacto con el rotor laminado (impulsores), dotado de alta velocidad. Debido a las altas velocidades obtenidas, los impulsores transmiten energía cinética al aire; posteriormente, la salida es pausada por los *difusores*<sup>3</sup>, obligando a una elevación de presión.

---

<sup>3</sup> **Difusor:** Especie de ducto que provoca la disminución en la velocidad de circulación de un fluido, causando aumento de presión. Parker Training, Tecnología Neumática Industrial – Apostilla M1001 BR; Enero 2003.

*Tipos fundamentales de compresores.*

Podemos clasificarlos de la siguiente manera<sup>4</sup>:



<sup>4</sup> **Clasificación de Compresores:** desarrollada por Parker, esta clasificación no descarta ningún tipo de compresores. Todos los tipos; por trabajo, modelos y uso están contemplados en este cuadro.

A continuación mencionaremos los compresores más utilizados a nivel industrial.

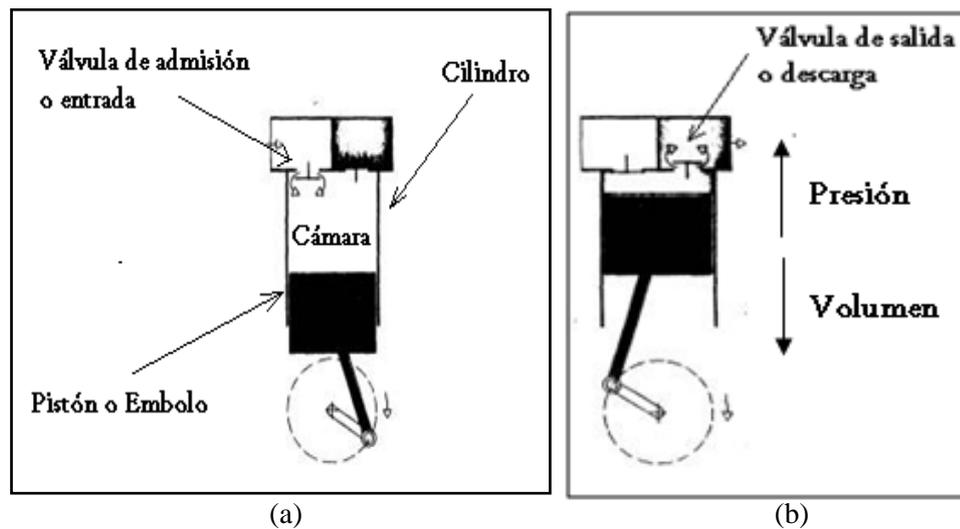
### ***Compresores de desplazamiento positivo.***

#### **1.3.4.3.1.1. Compresor Alternativo de Pistón o Embolo.**

Estos compresores funcionan con el principio adiabático, este es uno de los compresores más difundidos en la industria actualmente. Apropiado para la compresión a baja, mediana y alta presión.

El campo de acción de trabajo va desde los 0.1012 kPa (1 bar) hasta varios miles kilo pascales o bares.

Mediante un mecanismo de excentricidad que controla el movimiento alternativo del embolo en el cilindro que lo contiene. Cuando el pistón o embolo realiza el movimiento de retroceso, aumenta el volumen en la cámara del cilindro y por ende disminuye la presión interna, este movimiento provoca la apertura de las válvulas de entrada o de admisión; *figura 1.23 (a)*. Una vez que el pistón ha llegado a su punto muerto o fin de su recorrido descendente, comienza su carrera ascendente cerrando la válvula de admisión y comprimiendo el aire o gas que se encuentre en su interior. Este movimiento provoca la disminución de volumen y el aumento de la presión del aire contenido; *figura 1.23 (b)*.



**Figura 1.23. (a) movimiento descendente del embolo. (b) movimiento ascendente del embolo**

Al aumentar la presión se abre la válvula de descarga o salida permitiendo el escape del aire al acumulador o almacenador de aire. Dependiendo del trabajo este aire puede trasladarse a una segunda etapa del compresor.

Para obtener el aire a presiones elevadas es necesario tener varias etapas de compresión, es decir, el primer embolo o etapa somete al aire aspirado a una compresión previa, seguidamente se refrigera para pasar el segundo embolo o etapa en donde el volumen es más pequeño garantizando el aumento de la presión y así, de ser necesario, podrá pasar a un tercer embolo o etapa. Este proceso deberá tener un sistema de refrigeración ya que el paso de etapa genera calor en todo el proceso.

Los compresores de embolo o pistón se clasifican dependiendo de su trabajo y presión requerida en:

- 1era etapa: hasta 400kPa – 4 bares.
- 2da etapa: 1500 kPa – 15 bares.
- 3era etapa o más: mayor a 1500 kPa – 15 bares.

Los compresores de desplazamiento positivo, puede ser del tipo lubricado o sin lubricar. Si el proceso lo permite, es preferible tener un compresor lubricado, porque las piezas durarán más, teniendo en cuenta, que la excesiva lubricación de las piezas puede ocasionar adherencias y sobrecalentamiento por la carbonización del aceite en las válvulas, además, los tubos de descarga saturados con aceite son un riesgo potencial de incendio, por lo que se recomienda poner corriente abajo un separador para eliminar el aceite.

Los problemas más frecuentes en los compresores con cilindros lubricados son la suciedad y la humedad, pues destruyen la película de aceite dentro del cilindro; todas estas partes están sujetas a desgaste por fricción.

La forma de evitar la mugre o suciedad es utilizando coladores temporales en la succión para tener un sistema limpio al arranque. La humedad y los condensables que llegan a la succión del compresor se pueden evitar con un separador eficaz colocado lo más cerca que sea posible del compresor. Si se va a comprimir un gas húmedo, habrá que pensar en camisas de vapor o precalentamiento del gas de admisión, corriente abajo del separador.

Un dato importante es que en los compresores no lubricados, los anillos del pistón y de desgaste se suelen hacer con materiales rellenos con teflón, bronce, vidrio o carbón, según sea el gas que se comprime. La empaquetadura es susceptible del mismo desgaste que los anillos del pistón. Las empaquetaduras de teflón sin lubricación suelen necesitar enfriamiento por agua, porque su conductividad térmica es muy baja. Si se manejan gases a temperatura inferior a IOIF, el fabricante debe calcular la cantidad de precalentamiento del gas mediante recirculación interna. Esto significa que se necesitará un cilindro un poco más grande para mover el mismo peso de flujo.

Los compresores alternativos o de desplazamiento positivo deben tener, de preferencia, motores de baja velocidad, de acoplamiento directo, en especial si son de más de 300 HP; suelen ser de velocidad constante. El control de la velocidad se logra mediante válvulas descargadoras, y estas deben ser de tipo de abatimiento de la placa de válvula o del tipo de descargador con tapón o macho. Los descargadores que levantan toda la válvula de su asiento pueden crear problemas de sellamiento. La descarga puede ser automática o manual; los pasos normales de descarga son:

- 0 – 100%
- 0 – 50 – 100%
- 0 – 25 – 60 – 75 – 100%

Se pueden obtener pasos intermedios con cajas de espacio muerto o botellas de despejo, teniendo en cuenta que no se los podrá utilizar si hay presencia de polimerización<sup>5</sup>, salvo que se tomen las medidas adecuadas de prevención de accidente.

Estos compresores se clasifican en:

- **Monofásicos o de Simple Efecto:** lleva este nombre por tener solo una cámara de compresión, es decir solo la parte superior del pistón aspira y el aire se comprime; la cámara de la parte inferior esta en conexión con el Carter<sup>6</sup>. El pistón está ligado al cigüeñal por medio de una biela, denominado tronco, que proporciona el movimiento alternativo de arriba y abajo del pistón y el empuje es transmitido directamente al cilindro de compresión.

Con el movimiento descendente el aire es aspirado por medio de la válvula de admisión, llenando la cámara de compresión, *figura 1.24 (a)*, esta compresión tiene inicio con el movimiento ascendente del pistón bloqueando la válvula de admisión y dando apertura a la válvula de descarga siendo expulsado el aire al sistema, *figura 1.24 (b)*.

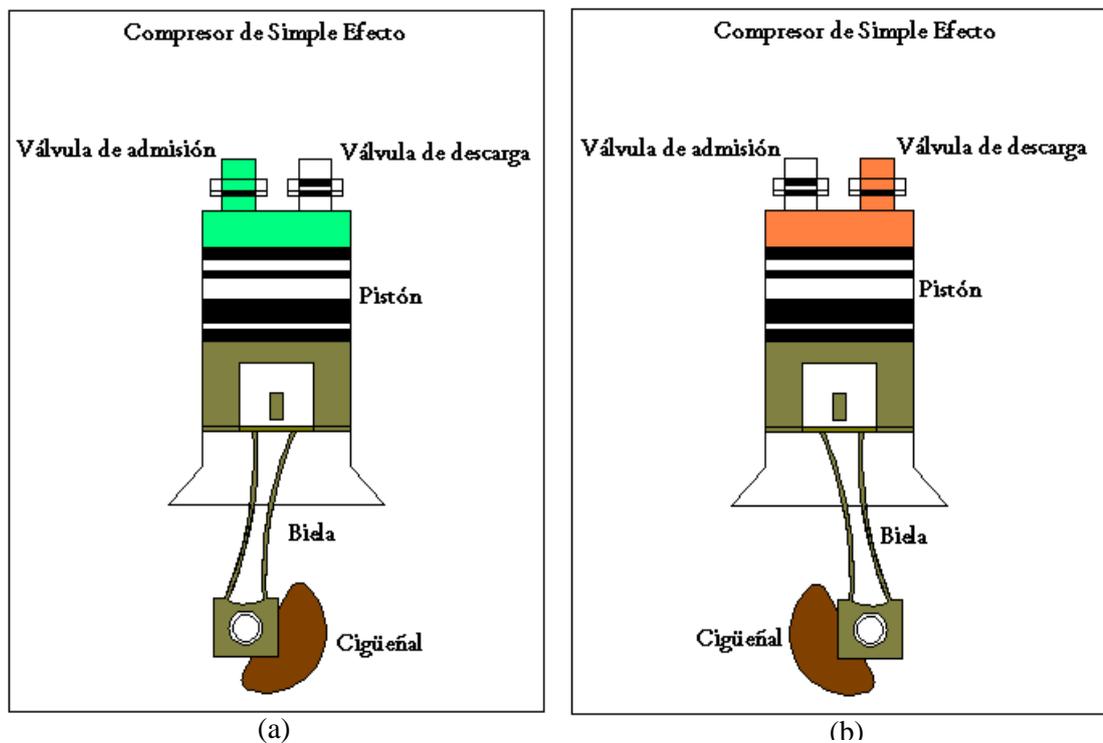


Figura 1.24.(a) válvula de admisión bloqueada. (b) válvula de descarga bloqueada

Fuente:Parker Training

<sup>5</sup> **Polimerización:**(De *polímero*). f. Reacción química en la que dos o más moléculas se combinan para formar otra en la que se repiten unidades estructurales de las primitivas y su misma composición porcentual cuando estas son iguales. Diccionario Encarta Premium 2009.

<sup>6</sup> **Cárter:**(De H. *Carter*, muerto en 1903, ingeniero inglés que lo inventó). m.*Mec.* En los automóviles y otras máquinas, pieza o conjunto de piezas que protege determinados mecanismos y a veces contiene el lubricante. || **2.Mec.** Pieza de la bicicleta destinada a proteger la cadena de transmisión. Diccionario Encarta Premium 2009

**Bifásicos o de Doble Efecto:** es llamado así por tener dos cámaras, es decir, los dos lados del pistón aspiran y comprimen. El cigüeñal está ligado a una cruceta por una biela; la cruceta está ligada al pistón por un vástago, de esta manera consigue transmitir un movimiento alternativo al pistón.

El pistón realiza el movimiento descendente y el aire es admitido a la cámara superior, en cuanto que el aire contenido en la cámara inferior es comprimido y expedido; ejecutando el movimiento inverso, al ascender la cámara que efectuaba la admisión procede a comprimir y la que comprimía efectúa la admisión, figura 1.25

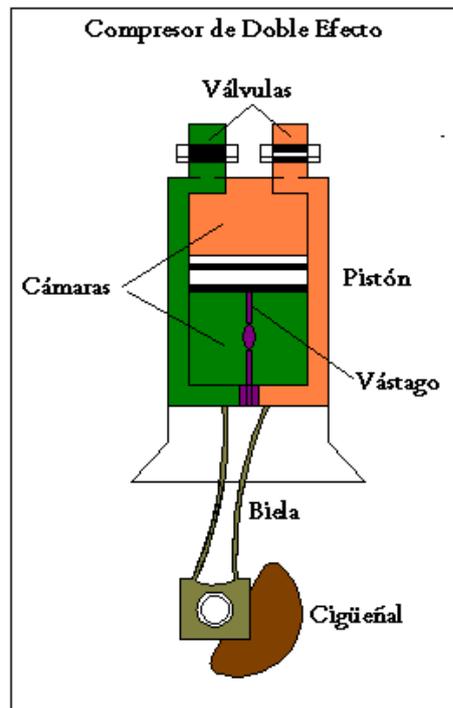


Figura 1.25. Compresor Doble efecto

Fuente: Parker Training

#### 1.3.4.3.1.2. Compresor de Diafragma o Membrana.

Pertenece al grupo de los compresores de tipo pistón, contiene una membrana que separa el embolo de la cámara de trabajo; el aire no entra en contacto con las piezas móviles, dándonos un aire exento de aceite.

El movimiento obtenido por el motor nos acciona una excéntrica y el conjunto biela-pistón, que al ser accionado la membrana realiza el movimiento de vaivén con movimientos cortos e intermitentes, desarrollando el principio de admisión y compresión de los compresores.

Este compresor es recomendado para trabajos en industrias alimenticias, farmacéuticas, químicas y en hospitales, debido a que las partes o piezas que se encuentran lubricadas no entran en contacto con el aire, obteniendo un aire de mayor pureza.

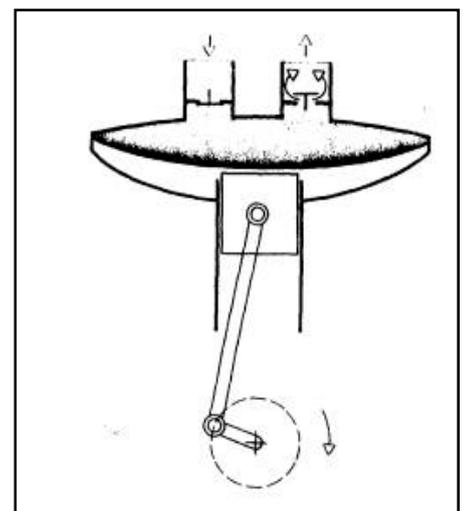


Figura 1.26. Compresor de Membrana

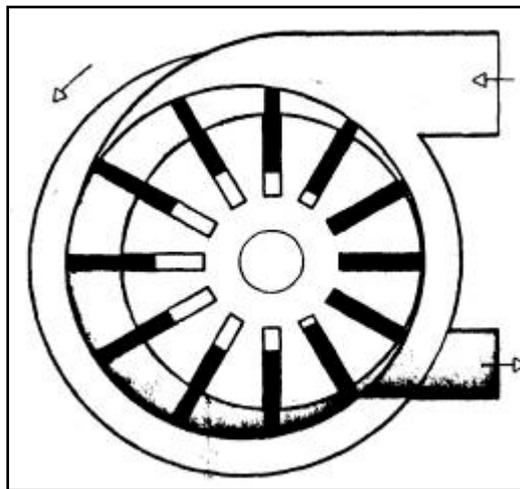
Fuente: [www.kalipedia.com](http://www.kalipedia.com)

#### 1.3.4.3.1.3. Compresor Rotativo de Paletas Deslizantes.

Este tipo de compresores consisten en una cavidad cilíndrica, utilizando unas paletas colocadas excéntricamente, estas paletas se encuentran colocadas en un rotor con ranuras profundas. Al girar, las paletas rectangulares se deslizan libremente dentro de las ranuras y por la fuerza centrífuga generada, las paletas se empujan contra las paredes del cilindro; el espacio entre las paletas se va reduciendo, con lo que el aire atrapado en esas cavidad se comprime, se lo emplea cuando se necesita bajas exigencias de caudal.

*Figura 1.27*

Los ventiladores son compresores de baja presión con una rueda de paletas de poca velocidad periférica, de 10 a 500 mm de columna de agua; tipos especiales hasta 1000 mm. Las máquinas soplantes rotativas son compresores centrífugos de gran velocidad tangencial, de 120 a 300 m/seg, y una relación de presión por escalón ( $p_2/p_1 = 1.1$  a  $1.7$ ),



*Figura 1.27. Compresor de paletas*

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

#### 1.3.4.3.1.4. Compresor de Anillo Líquido.

Son compresores de desplazamiento positivo que emplea un rotor de álabes<sup>7</sup> dentro de una envolvente elíptica, que está parcialmente llena de líquido. Al girar el rotor, los álabes ponen el líquido en movimiento, penetran dentro de la película de líquido y comprimen el aire que queda atrapado. El líquido en las paletas (álabes), forma una serie de bolsas que salen y vuelven alternadamente (dos veces por cada revolución); la paleta se llena de aire a medida que el líquido sale de la bolsa; cuando el líquido vuelve a la bolsa, el aire se comprime. Son compresores libres de aceite, apropiados para el manejo de sustancias inflamables, explosivas o bio-sanitarias, además, en laboratorios y hospitales.

---

<sup>7</sup> **Álabe:**(Etim. disc.) Mec. Cada una de las paletas curvas de la turbina que reciben el impulso del fluido.

|| **2.Mec.** Cada uno de los dientes de la rueda, que sucesivamente levantan y luego abandonan a su propio peso los mazos de un batán u otro mecanismo análogo.

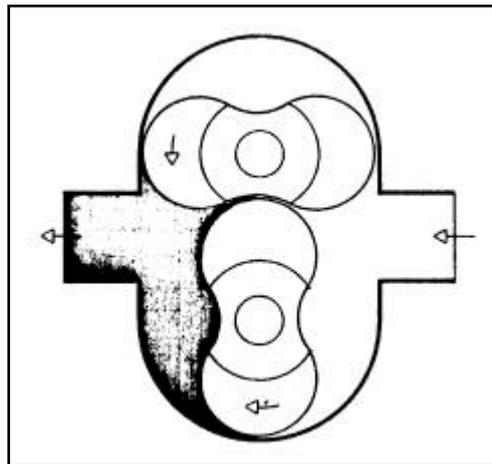
#### 1.3.4.3.1.5. Compresor de Lóbulos, (Roots).

Funcionan de manera similar a una bomba de engranaje. Al girar, el aire atrapado entre los lóbulos del rodete<sup>8</sup> y la carcasa de la máquina es impulsado hacia la salida. Estas máquinas aportan poca compresión, ya que está asociada básicamente al movimiento de los lóbulos, *figura 1.28*.

Estos compresores son conocidos como de doble rotor o de doble impulsor; aquellos que trabajan con dos rotores acoplados, montados sobre ejes paralelos, para una misma etapa de compresión.

En estos compresores el aire es llevado de un lado a otro sin que el volumen sea modificado. En el lado de la impulsión, la estanqueidad se asegura mediante los bordes de los embola rotatorios. El accionamiento también se asegura exteriormente, ya que por la forma de los elementos y la acción del roce, no es conveniente que los émbolos entren en contacto.

Como ventaja presenta el hecho que puede proporcionar gran caudal, lo que lo hace especial para empresas que requieren mover gran cantidad de aire, soplar; aunque su uso es limitado.



*Figura 1.28. Compresor Roots*

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

#### 1.3.4.3.1.6. Compresor de Tornillo Helicoidal.

Este compresor está conformado de una carcasa donde giran dos rotores helicoidales en sentidos opuestos. Uno de los rotores posee lóbulos convexos y el otro una depresión cóncava y son denominados, rotor macho y hembra, respectivamente.

Estos rotores son sincronizados por medio de engranajes, sin embargo existe diferentes accionamientos de estos dos rotores. Los tornillos helicoidales logran engranar con sus perfiles de ese modo logran reducir el espacio de que dispone el aire. Esta situación provoca un aumento de la presión interna del aire y además, por la rotación y el sentido de las hélices es impulsado el aire hacia el extremo opuesto.

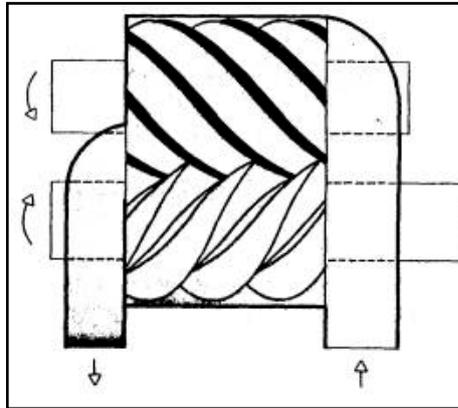
Los ciclos se traslapan, lo cual produce un flujo continuo. A fin de evitar el desgaste de los tornillos, estos no se tocan entre sí ni tampoco con la carcasa, lo que obliga utilizar

---

<sup>8</sup> **Rodete:** m. *Mec.* En diferentes maquinarias, pieza giratoria cilíndrica achatada y de canto plano sobre el cual pasan las correas sin fin. || **2.Mec.** Rueda horizontal con paletas de una turbina hidráulica.

un sistema de transmisión externo, como lo mencionado anteriormente (sincronización por medio de engranajes), *figura 1.29*.

Entrega caudales y presiones medios altos, entre los 600 a 4000 m<sup>3</sup>/h y 25 bares, con menos presencia de aceite que en los compresores de paletas, es utilizado en la industria maderera, por su limpieza y capacidad entregada al momento de su trabajo.



*Figura 1.29. Compresor Tornillo Helicoidal*

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

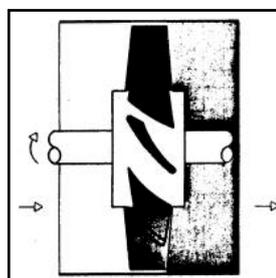
### ***Compresores de desplazamiento dinámico.***

#### **1.3.4.3.1.7. Compresor de Flujo Axial.**

Estos compresores, considerados turbocompresores, trabajan bajo el principio dinámico de los fluidos, y son apropiados para grandes caudales.

El proceso de obtener un aumento de energía a la salida del compresor se logra mediante la rotación acelerada del fluido en el sentido axial, transmitiéndole una gran cantidad de energía cinética a la salida del compresor, y por su forma de construcción, se le facilita un gran espacio al aire de manera que se obliga a una reducción de la velocidad. Esta reducción provoca la reducción de la energía cinética, justificada por la transformación a energía de presión, *figura 1.30*.

Con estos compresores se logra grandes caudales desde 200.000 a 500.000 m<sup>3</sup>/h, con un flujo uniforme pero con presiones relativamente bajas aproximadamente de 5 bares.



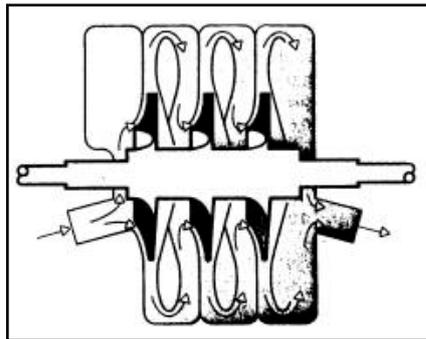
*Figura 1.30. Compresor Flujo Axial*

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

#### **1.3.4.3.1.8. Compresor de Flujo Radial.**

La presión del aire, en este tipo de compresores, tiene el mismo principio del compresor axial, con la diferencia que en este caso el fluido es impulsado una o más veces en el sentido radial; por este efecto de rotación, los alabes comunican energía cinética y la dirigen de forma radial para su exterior hasta encontrar con la carcasa que lo regresa al centro cambiando su dirección. En este proceso el aire dispone de un espacio mayor disminuyendo por tanto la velocidad y la energía cinética, como resultando la transformación de presión.

Este proceso se lo puede realizar una o varias veces, dependiendo del número de etapas que contenga el compresor. Al igual que el axial se obtiene grandes caudales con presión uniforme pero baja, *figura 1.31*.



*Figura 1.31. Compresor Flujo Radial*

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

#### **1.3.4.3.2 Sistema de Enfriamiento de los Compresores.**

Existen diferentes implementaciones para el enfriamiento de los compresores entre ellos tenemos:

##### ***Enfriamiento Intermedio***

Este enfriador tiene como objetivos:

- ✦ Mantener baja la temperatura de las válvulas del aceite lubricante y del aire que está siendo comprimido; con la caída de la temperatura del aire la humedad es removida.
- ✦ Aproximar la compresión isotérmica, sin embargo ésta difícilmente puede ser alcanzada, debido a la pequeña superficie para el intercambio de aceite.
- ✦ Evitar la deformación del bloque<sup>9</sup> y cabezales (cilindros), debido a las altas temperaturas.

El sistema de enfriamiento comprende de dos fases:

- ✦ Enfriamiento de los cilindros de compresión.
- ✦ Enfriamiento del enfriador intermedio.

Un *sistema de refrigeración ideal* es aquel en que la temperatura del aire en la salida del enfriador intermedio es igual a la temperatura de admisión de este aire. El enfriamiento puede ser realizado por medio del aire en circulación, ventilación forzada y agua, siendo el enfriamiento del agua lo ideal porque provoca la condensación de humedad; los demás no provocan condensación.

---

<sup>9</sup> **Bloque:** Se lo utiliza como medio de enfriamiento, suele ser de hierro fundido y camisas de acero.

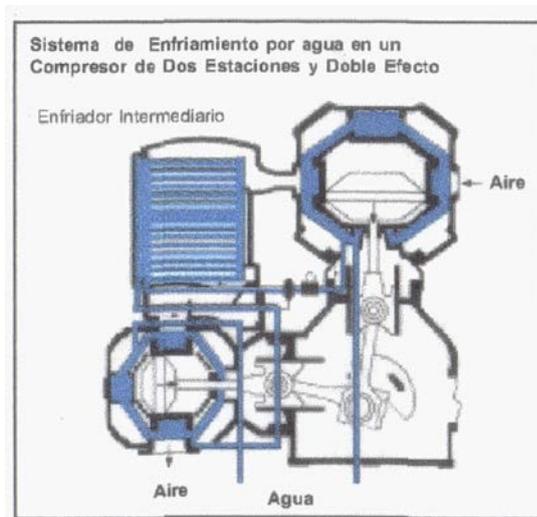
**Enfriamiento por agua.** Los bloques del cilindro son dotados con paredes dobles, entre las cuales circula agua. La superficie que exige un mejor enfriamiento es la del cabezal, pues permanece en contacto con el gas al final de la compresión. En el enfriador intermedio se emplean, por general, tubos con aletas. El aire al ser enfriado, pasa el entorno de los tubos, transfiriendo el calor para el agua en circulación.

Esta construcción es preferida, pues permite mayor salida y mayor intercambio de calor. El agua utilizada para este fin debe tener baja temperatura, presión suficiente, estar libre de impurezas y ser suave, es decir, contener poco contenido de sales de calcio u otras sustancias.

El proceso de enfriamiento inicia, generalmente, por la circulación del agua a través de la cámara de baja presión, entrando posteriormente en contacto con el enfriador intermedio. Además de provocar el enfriamiento del aire, una considerable cantidad de humedad es retenida, y como consecuencia provoca una caída de temperatura en el flujo del aire proveniente del estado de baja presión.

En seguida, el agua es dirigida para la cámara de alta presión, siendo eliminada del interior del compresor, hacia las torres o piscinas de enfriamiento. Aquí, todo el calor adquirido es eliminado del agua, para que haga condiciones de reaprovechamiento.

Determinado tipos de compresores necesitan de grandes cantidades de agua y por lo tanto, no habiendo un reaprovechamiento, habrá gastos. Este reaprovechamiento se lo realiza cuando el agua es disponible en cantidades racionalmente para uso general.



*Figura 1.32. Sistema de enfriamiento por agua. Fuente Parker Training*

### **Enfriamiento por Aire**

Compresores pequeños y medianos pueden ser, ventajosamente, enfriados por aire, siendo un sistema muy práctico, particularmente en instalaciones al aire libre o donde el calor puede ser retirado fácilmente de las dependencias. En estos casos, el enfriamiento por aire es la alternativa conveniente.

Existen dos modos básicos de enfriamiento por aire:

- ◆ *Circulación:* los cilindros y cabezales<sup>10</sup>, generalmente son aletos a fin de proporcionar mayor intercambio de calor, logrando por medio de la circulación de aire ambiente y con auxilio de hélices en las poleas de transmisión.
- ◆ *Ventilación Forzada:* la refrigeración interna de los cabezales y enfriador intermedio es conseguida a través de ventilación forzada, ocasionada por una ventosa, obligado al aire a circular en el interior del compresor.

#### **1.3.4.3.3. Mantenimiento del Compresor.**

Esta es una tarea importante dentro del sector industrial. Es imprescindible seguir las indicaciones impuestas por el fabricante. El, mejor que ninguno, conoce los puntos vitales de mantenimiento.

Un plan de mantenimiento, sea este semanal, trimestral, dependiendo de las condiciones de uso, debe ser previsto y en él será programada una verificación del nivel de lubricación, en los lugares apropiados y, en particular, en los cojinetes del compresor, motor y el cárter.

En este mismo periodo será prevista la limpieza del filtro de aire y la verificación experimental de la válvula de seguridad, para comprobar su funcionamiento real. También será verificada las tensiones de las correas.

Periódicamente, será verificada las fijaciones del volante sobre el eje de las manivelas.

#### ***Consideraciones sobre irregularidades en la compresión.***

Mediante la compresión el aire es calentado, es normal el calentamiento del compresor, pero, a veces el calentamiento exagerado puede ser debido a las siguientes causas:

- ◆ Falta de aceite en el cárter.
- ◆ Válvulas trabadas.
- ◆ Ventilación insuficiente.
- ◆ Válvulas sucias.
- ◆ Aceite del cárter excesivamente viscoso.
- ◆ Válvulas de regulación dañada o rota.
- ◆ Filtro de aire obstruido.

En caso de golpes o ruidos anormales, revisar los siguientes ítems:

- ◆ Daños en el pistón.
- ◆ Fugas y desgates en los pines que sujetan las bocinas de los pistones.
- ◆ Fuga en los cojinetes de las bocinas del eje de las manivelas.
- ◆ Desgastes en los cojinetes principales.
- ◆ Válvulas mal asentadas.
- ◆ Volante suelto.

Si los periodos de funcionamiento son más largos de los adecuados o requeridos (el compresor opera más tiempo del estimado), esto puede ser debido a:

---

<sup>10</sup> **Cabezales:** fabricados en hierro fundido perlítico, con buena resistencia mecánica, con dureza suficiente y buenas características de lubricación.

- ◆ Obstrucción del filtro de aire.
- ◆ Perdida de aire en las líneas.
- ◆ Válvulas sucias u obstruidas.
- ◆ Necesidad de mayor capacidad de aire.

#### **1.3.4.3.4. Preparación del aire Comprimido.**

##### ***Humedad.***

El aire atmosférico es una mezcla de gases, principalmente de oxígeno y nitrógeno, y contiene contaminantes de tres tipos básicos: agua, aceite y polvo. Las partículas de polvo, en general abrasiva, y el aceite quemado en el ambiente de lubricación del compresor, son responsables de manchas en los productos. El agua es responsable de otras series de inconvenientes que encontraremos más adelante.

El compresor, al admitir el aire, aspira también sus compuestos y, al comprimir, adiciona a esta mezcla el calor por efecto de la presión y temperatura, además, de agregar aceite lubricante a la mezcla. Los gases permanecen en su estado normal de temperatura y presión en el empleo de la neumática. Pero los componentes con agua sufrirán condensación y esto ocasionará problemas.

La cantidad de vapor de agua contenida en un volumen de aire sin ocurrir condensación dependerá de la temperatura de saturación o punto de rocío al que está sometido este volumen. El aire comprimido tiene aire saturado. El aire estará saturado cuando la presión parcial del vapor de agua sea igual a la presión de saturación del vapor de agua y se encuentre a temperatura local. El vapor es sobrecalentado cuando la presión parcial del vapor de agua sea menor a la presión de saturación. En cuanto tengamos una presencia de agua en forma de vapor, normalmente sobrecalentado, ningún problema ocurrirá.

La capacidad de retención de agua por el aire está relacionada por la temperatura, siendo así, no habrá precipitación en las cámaras de compresión. La precipitación de agua ocurrirá cuando el aire sufra un enfriamiento ya sea en el enfriador o en la línea de distribución. Esto explica porque en el aire comprimido existe siempre aire saturado con vapor de agua en suspensión que se precipita a lo largo de las tuberías en la proporción que se enfría.

Cuando él es enfriado a presión constante, la temperatura disminuye entonces, la parte de vapor será igual a la presión de saturación en el punto de rocío<sup>11</sup>. Cualquier enfriamiento adicional provocará condensación de la humedad.

La presencia de esta agua condensada en las líneas de aire, causada por la disminución de temperatura, traerá como consecuencia lo siguiente:

- ◆ Oxidación de las tuberías y componentes neumáticos.
- ◆ Destrucción de la película lubricante existente entre las dos superficies que están en contacto, causando desgaste prematuro y reduciendo la vida útil de las piezas, válvulas, cilindros, etc.

---

<sup>11</sup> **Punto de rocío:** Se denomina punto de rocío o estado termodinámico correspondiente al inicio de la condensación del vapor de agua, cuando el aire húmedo es enfriado y la presión parcial del vapor es constante

- ◆ Perjudicará la producción de piezas.
- ◆ Arrastrará partículas solidas que perjudicarán el funcionamiento de los componentes neumáticos.
- ◆ Aumentará el índice de mantenimiento.
- ◆ Imposibilitará la aplicación en equipos de pulverización.
- ◆ Provocará golpes de ariete en superficies adyacentes.

Por lo tanto es de mayor importancia que gran parte del agua, asó como los residuos de aceite, sean removidos del aire para evitar la reducción en la vida útil de todos los dispositivos y máquinas neumáticas.

### ***Enfriador Posterior.***

La humedad presente en el aire comprimido es perjudicial. Suponiendo que la temperatura de descarga de un compresor sea de 130°C., su capacidad de retención de agua es de 1496 Kg/m<sup>3</sup> y a medida que esta temperatura disminuya el agua se precipita en el sistema de distribución causando serios problemas.

Para resolver de manera eficaz el problema inicial del agua en las instalaciones del aire comprimido, el equipo más completo es el enfriador posterior, localizado entre la salida del compresor y el depósito por el hecho que el aire comprimido alcanza su mayor temperatura en la salida.

El enfriador posterior es simplemente un cambiador de calor utilizado para enfriar el aire comprimido. Como consecuencia de este enfriamiento, se permite retirar cerca de 75% a 90% de vapor de agua contenido en el aire, así como los vapores de aceite; además de evitar que la línea de distribución sufra una dilatación, causada por la alta temperatura de descarga del aire. Más aun debido a las paradas y a la presencia de humedad, podemos tener en las líneas choques térmicos y contracciones, causando agrietamientos en las uniones soldadas que vendrías hacer puntos de fuga para el aire, además se debe mantener la temperatura del aire compatible con los sellos sintéticos utilizados por los componentes neumáticos.

Un enfriador posterior está constituido básicamente por dos partes:

Un cuerpo, generalmente, cilíndrico donde se alojan grupos de tubos confeccionados con materiales de buena conducción de calor, formando en el interior del cuerpo una especie de colmena. La segunda parte es un separador de condensado dotado de drenó.

El aire proveniente del compresor está obligado a pasar a través de tubos siempre en sentido opuesto del flujo de agua de refrigeración, que es cambiado constantemente de dirección por placas deflectoras garantizando de esta forma una mayor de disipación de calor.

La salida está en el separador. Debido a la sinuosidad del camino que el aire debe recorrer, provoca la eliminación de agua condensada quedando retenida en una cámara. La parte inferior del separador está dotada de un drenó manual o automático en la mayoría de los casos, a través del cual el agua condensada es expulsada para la atmosfera.

Se debe observar cuidadosamente la temperatura del agua provista para el enfriamiento del aire. De lo contrario si el fluido refrigerante circula con una temperatura elevada o si

el volumen necesario del agua para el enfriamiento es insuficiente, el desempeño del enfriador podrá ser comprometido.

La temperatura en la salida del enfriador dependerá de la temperatura con que el aire es descargado, de la temperatura del agua de refrigeración y del volumen del agua necesario para la refrigeración. Ciertamente, la capacidad del compresor influye directamente en el comportamiento del enfriador.

Debido al enfriamiento el volumen del aire disponible es reducido y por tanto su energía sufre una reducción. Sin embargo, el empleo del enfriador posterior no representa pérdida real de energía ya que el aire debería de cualquier forma ser enfriado en la tubería de distribución causando los efectos indeseables ya mencionados. Con el enfriador estos problemas son minimizados.

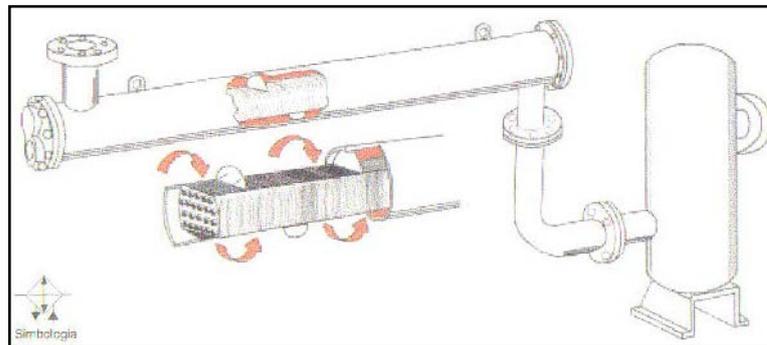


Figura 1.33. **Enfriador Posterior.** Fuente Parker Training

#### 1.3.4.3.5. Depósito/Tanque/Recipiente de aire comprimido.

Un sistema de aire comprimido, generalmente, está dotado de uno o más recipiente o depósitos, desempeñando una importante función junto al proceso de producción de aire.

En general, el depósito posee las siguientes funciones:

- ◆ Almacenar el aire comprimido.
- ◆ Enfriar el aire ayudando a la eliminación de condensado.
- ◆ Compensar las fluctuaciones de presión en todo el sistema de distribución.
- ◆ Estabilizar el flujo de aire.
- ◆ Controlar las marchas de los compresores, etc.

Conforme a la norma PNB 109 de A.B.N.T.<sup>12</sup> recomienda que ningún recipiente debe operar con una presión por encima de la presión máxima de trabajo permitida, excepto cuando la válvula de seguridad esté dando vacío; en esta condición, la presión no debe ser excedida en más del 6% de su valor.

Además, los depósitos o conocidos también como calderines, tienen como misión:

- ◆ Amortiguar los pulsos de presión convirtiendo un flujo discontinuo en uno continuo.
- ◆ Acumular el aire para que el compresor no funcione constantemente.

<sup>12</sup> A.B.N.T.: Asociación Brasileira de Normas Técnicas.

- ✦ Hacer frente a las demanda de caudal en las horas pico de trabajo. Se dimensiona teniendo en cuenta un factor de utilización.
- ✦ Realizar en enfriamiento estático por la superficie del calderín, a la vez que se elimina el agua por condensación.

Los depósitos/tanques/acumuladores/recipientes/calderines deben de estar acompañados por los siguientes elementos (*figura 1.34*):

- ✦ Entrada y salida de aire.
- ✦ Válvula de seguridad.
- ✦ Grifo para purgar de los condensados.
- ✦ Presostato para producir el arranque del compresor cuando la presión inferior baje a un valor determinado y para producir la parada del compresor cuando la presión interior suba por encima de un determinado valor.
- ✦ Válvula de alivio.
- ✦ Manómetro.
- ✦ Escotilla para inspección (Dependiendo del fabricante.)
- ✦ Placa de identificación.

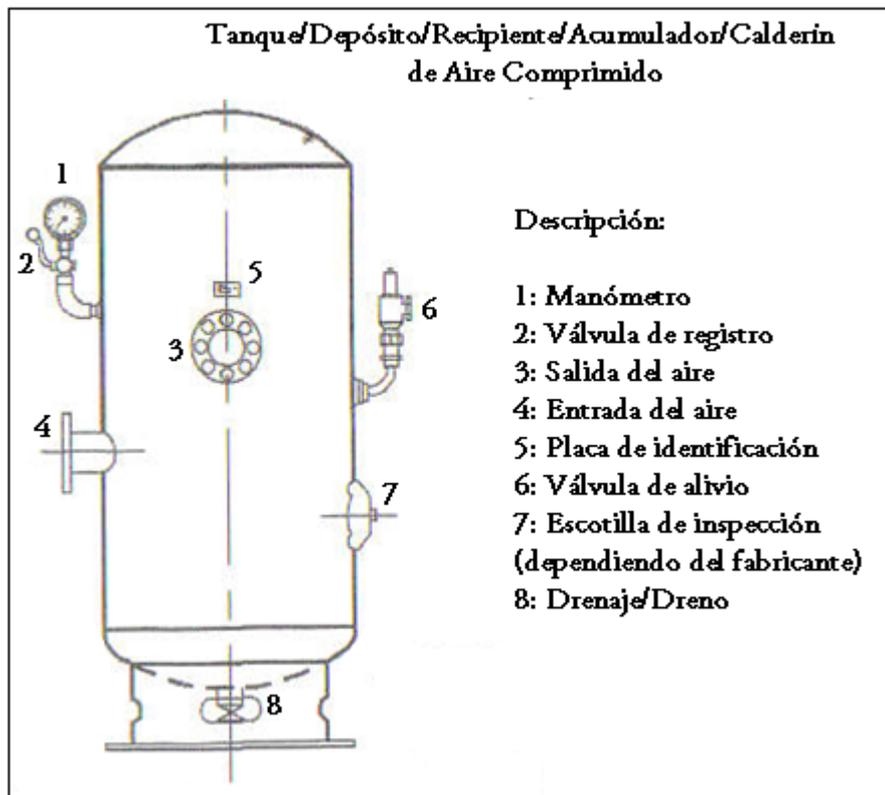
Es muy importante que se cumpla que el caudal del compresor multiplicado por el factor de utilización de la instalación, sea mayor que el valor medio de la demanda (caudal medio de consumo para la instalación). Así mismo, la presión del depósito debe ser mayor a la de consumo.

*Nota: en principio no se calcula el depósito teniendo en cuenta los picos de consumo, sino que se realiza el cálculo en valores medios y se multiplica por un factor de seguridad para compensar los picos de consumo mencionados.*

### **Localización.**

Los tanques deben ser instalados de modo que todos los drenos, conexiones y aberturas de inspección sean fácilmente accesibles. En ninguna condición, el recipiente debe ser ocultado o instalado en lugares de difícil acceso.

Debe ser instalado, de preferencia, fuera del espacio destinado al compresor, y a la sombra, para facilitar la condensación de la humedad y del aceite contenido en el aire comprimido; debe poseer un drenó en la parte más baja para hacer la remoción de los condensados acumulados por 8 horas de trabajo; el drenó, preferiblemente, deberá ser automático.



*Figura 1.34. Elementos del Acumulador de Aire Comprimido*

ker Training

#### 1.3.4.3.6. Desumificación del aire.

La presencia de humedad en el aire comprimido es siempre perjudicial para las automatizaciones neumáticas, pues causa serias consecuencias.

Es necesario eliminar o reducir al máximo esta humedad. Lo ideal sería eliminarla del aire comprimido de modo absoluto, lo que es prácticamente imposible. Con las debidas preparaciones, se consigue la distribución del aire con valores de humedad bajos y tolerables en las aplicaciones encontradas.

La adquisición de un secador de aire comprimido puede figurar en el presupuesto de una empresa como una alta inversión. En algunos casos, se verifica que un secador llega a costar un 25% del valor total de la instalación del aire.

Los principales perjuicios causados por el aire húmedo son:

- ◆ Sustitución de componentes neumáticos.
- ◆ Sustitución de filtros y válvulas
- ◆ Cilindros dañados.
- ◆ Imposibilidad de aplicar el aire en determinadas operaciones (pintura, pulverización).
- ◆ Productos defectuosos en la producción.

Existen diferentes medios de secar el aire, y los tres más importantes, por los resultados finales obtenidos como por su difusión son:

## Secado por refrigeración.

Este método consiste en someter el aire a una temperatura suficientemente baja, con el fin de que la cantidad de agua existente sea retirada en gran parte y no perjudique de modo alguno el funcionamiento de los equipos, porque, como mencionamos anteriormente la capacidad del aire de retener humedad está en función de la temperatura.

Además de remover el agua, produce en el compartimiento de enfriamiento, una emulsión con el aceite lubricante del compresor, ayudando a la remoción de cierta cantidad de aceite.

### Descripción del método:

El aire comprimido A.C. entra, inicialmente, en un pre enfriador (A) (cambiator de calor), sufriendo una caída de temperatura causado por el aire que sale del enfriador principal (B).

En el enfriador principal el aire es enfriado aun más, pues está en contacto con un circuito de refrigeración. Durante esta fase, la humedad presente en el A.C. forma pequeñas forma de agua corriente llamadas condensadas y que son eliminadas por el separador (C), donde el agua depositada es evacuada a través de un drenó (D) para la atmosfera.

La temperatura del A.C. es mantenida entre 0,65 y 3,2°C en el enfriador principal, por medio de un termostato que actúa sobre el compresor de refrigeración (E). El aire seco retorna al intercambiador, causando el pre enfriamiento en el aire húmedo de entrada, recogiendo parte del calor de este aire.

El calor adquirido sirve para recuperar su energía y evitar el enfriamiento por expansión, que ocasionaría la formación de hielo, en caso que llegara a una baja temperatura en la red de distribución, debido a la alta velocidad.

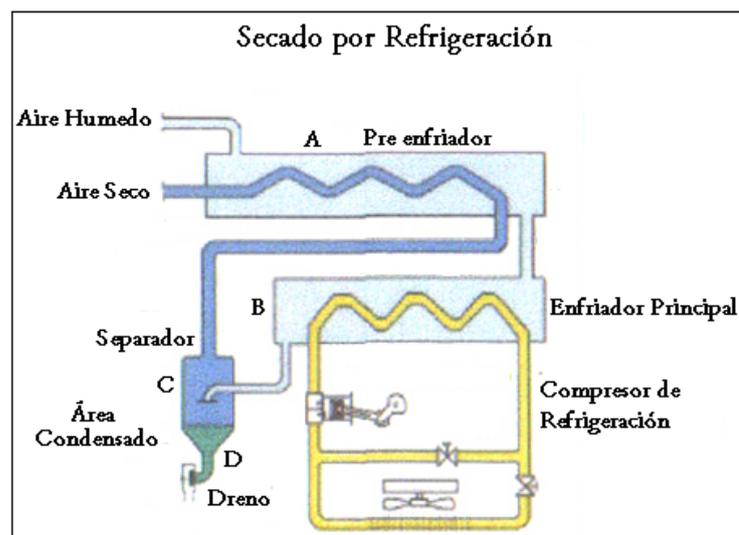


Figura 1.35. Secado por refrigeración

## Secado por Absorción.

Es el método en el cual se utiliza en un circuito una sustancia sólida o líquida, con capacidad de absorber otra sustancia líquida o gaseosa. Este proceso es también llamado *Proceso Químico de Secado*, pues el aire es conducido en el interior de un volumen a través de una masa higroscópica<sup>13</sup>, insoluble y deliquescente<sup>14</sup> que absorbe la humedad del aire, ocurriendo una reacción química.

Las sustancias higroscópicas son clasificadas como insolubles cuando reaccionan químicamente con el vapor de agua, sin licuar. Y son deliquescentes cuando, al absorber el vapor del agua, reaccionan y se convierten en líquidas.

En este proceso las principales sustancias utilizadas son:

- ◆ Cloruro de calcio.
- ◆ Cloruro de Litio.
- ◆ Dry-o-lite.

Con la consecuente disolución de las sustancias, es necesaria una reposición regular, en caso contrario, el proceso sería deficiente. La humedad retirada y las sustancias diluidas son depositadas en la parte inferior del tanque, en el punto de drenado, de donde son eliminadas hacia la atmosfera.

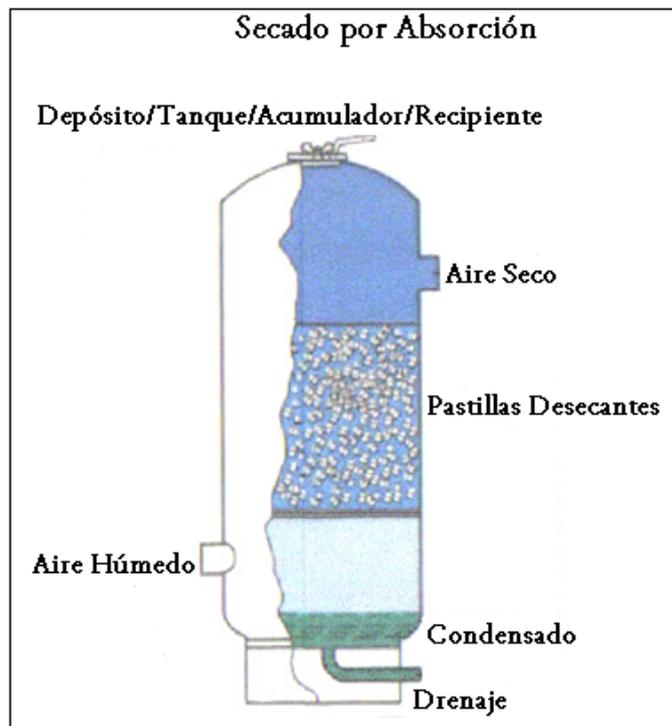


Figura 1.36. Secado por absorción

Fuente: Parker Training

<sup>13</sup> **Higroscopicidad:** (de *Higroscópico*). F. Fís. Propiedad de algunas sustancias de absorber y exhalar la humedad según el medio en que se encuentre.

<sup>14</sup> **Deliquescente:** (Del lat. *deliquescens*, -entis, part. act. de *deliquescere*, liquidarse). Quim. Que tiene la propiedad de atraer la humedad del aire y disolverse lentamente.

## Secado por Adsorción.

Este método es conocido como *Proceso de Físico de Secado* pero sus detalles son desconocidos. Es aceptado como teoría, que en la superficie de los cuerpos sólidos existen fuerzas desbalanceadas, influenciando moléculas líquidas y gaseosas a través de su fuerza de atracción; se admite por lo tanto que estas fuerzas son adsorbidas en las cámaras mono o multimoleculares de los cuerpos sólidos, para efectuar un balance semejante a la *Ley de los Octetos de los Átomos*<sup>15</sup>. el proceso de adsorción es regenerativo; la sustancia adsorbente, después de estar saturada de humedad. Permite la liberación de agua cuando es sometida a un calentamiento regenerativo.

Para secar el aire por adsorción existen dos tipos básicos de secadores, a continuación mencionaremos una de ellas:

**Torres Dobles:** es el tipo más común. Las torres son rellenas con Oxido de Silicio ( $\text{SiO}_2$ ), Aluminio Activo ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) y otros materiales.

A través de una válvula direccional, el aire húmedo es orientado hacia una torre donde se realizará el secado del aire. En la otra torre ocurrirá la regeneración de la sustancia adsorbente que se llevará a cabo por la inyección del aire caliente; en la mayoría de los casos por resistencia o circulación del aire seco.

Terminado un periodo de trabajo preestablecido, se invierte la función de las torres, por control manual o automático. Es decir la torre que seca el aire pasa a ser regeneradora y la otra inicia el secado.

Se deberá tomar en cuenta lo siguiente:

- ◆ Estar atento a la máxima temperatura del aire seco.
- ◆ Verificar la temperatura de regeneración de la sustancia.
- ◆ A la salida del aire, colocar un filtro para eliminar el polvo de las sustancias.
- ◆ Colocar un filtro de Carbón Activo antes del secado. (Eliminará los residuos de aceite).

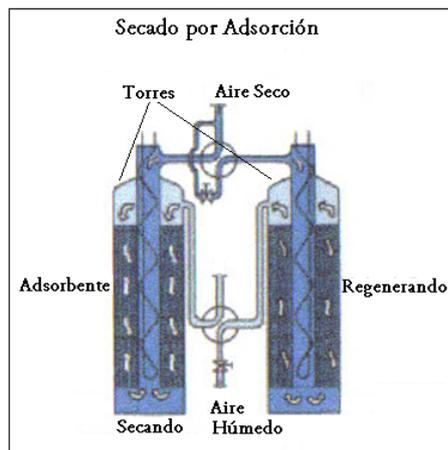


Figura 1.37. Secado por adsorción.

Fuente: Parker Training

<sup>15</sup> **Ley de los Octetos de los Átomos:** la regla del octeto, enunciada en 1917 por Gilbert Newton Lewis, dice que la tendencia de los átomos de los elementos del sistema periódico es completar sus últimos niveles de energía con una cantidad de 8 electrones tal que adquiere una configuración semejante a la de un gas noble

### 1.3.4.3.7. El Filtro de Aire.

Está diseñado para una alta eficiencia en la remoción de la humedad. Debido al sistema de deflectores, el agua y las partículas sólidas contenidas en el aire comprimido son totalmente separadas. Una gran superficie de elemento filtrante garantiza la baja de presión y el aumento de su vida útil.

#### 1.3.4.3.7.1. Operación de los filtros.

El aire entra por el orificio en el cuerpo del filtro y fluye a través del deflector superior causando una acción de turbulencia en el aire comprimido. La humedad y las partículas sólidas contenidas en el aire son lanzadas contra la pared del vaso debido a la acción centrifuga del aire comprimido en estado turbulento por efecto del deflector. Hay bastante humedad en las partículas sólidas que escurren por la pared del cuerpo, debido a la fuerza de gravedad. La pantalla asegura que la acción de turbulencia ocurra siempre que el aire pasa directamente a través del elemento filtrante.

El deflector inferior separa la humedad y las partículas sólidas, depositándolas en el fondo del vaso, evitando así la entrada de las mismas en el sistema de aire comprimido. Después de este proceso el aire comprimido fluirá a través del elemento filtrante donde las partículas más pequeñas serán retenidas.

El aire, de esta forma, vuelve al sistema, dejando la humedad y las partículas sólidas contenidas en el fondo del vaso, que debe ser drenado antes que el nivel alcance la altura donde pueda retornar hacia el flujo del aire. Este drenado puede ser manual girando un obturador o de forma automática, que libera el líquido cuando este ha alcanzado un nivel predeterminado. (Figura 1.38).

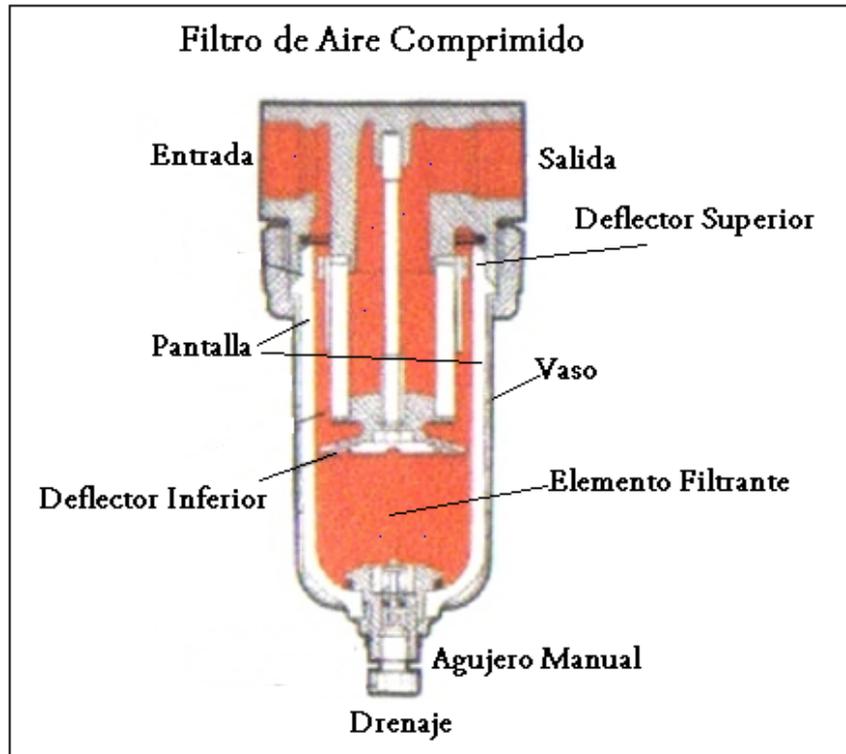


Figura 1.38. Descripción del filtro de aire comprimido

#### **1.3.4.3.7.2. Drenos en los filtros.**

Los drenados en los filtros son dispositivos fijados en la parte inferior del vaso y sirven para la eliminar el condensado y las impurezas, retenidas por acción de filtración. Estos pueden ser manuales o automáticos.

##### ***Drenos Manuales.***

El acumulador del condensado permanece inactivo, dentro del vaso. Para eliminar el condensado acumulado es necesaria la intervención humana, que permitirá manualmente la apertura del obturador, creando el paso para que el agua y las impurezas salgan del filtro con la presión que actúa dentro del vaso. Después de que las impurezas salgan deberá regresar a la posición inicial.

##### ***Drenos Automáticos.***

El volumen de agua condensada, a medida que es removido por el filtro, se acumula en la zona neutra del interior del vaso, hasta provocar la elevación de una boya. Cuando la boya se mueve, permite el paso del aire comprimido a través de un orificio pequeño. El ingreso del aire provoca el movimiento de una membrana que origina el desplazamiento del obturador, que bloque el agujero de comunicación con el ambiente.

Siendo liberada esta comunicación, el agua condensada dentro del vaso es expulsada por la presión del aire comprimido. Con la salida del agua, la boya vuelve a su posición original, cerrando el orificio que había liberado, e impidiendo la sobrecarga de presión en la cámara donde está la membrana.

#### **1.3.4.3.8. El Regulador de Presión.**

Un gran número de equipos operando simultáneamente en un determinado intervalo de tiempo hace que la presión caiga, debido al pico de consumo. Estos inconvenientes se evitan usando reguladores de presión él debe:

- ✦ Compensar automáticamente el volumen de aire requerido por los equipos neumáticos.
- ✦ Mantener constante la presión de trabajo (presión secundaria) independiente de las fluctuaciones de presión en la entrada (presión primaria).

*Nota:* La presión primaria deber ser siempre mayor a la secundaria, independiente de los picos.

- ✦ Funcionar como válvula de seguridad.

Los reguladores fueron diseñados para proporcionar una respuesta rápida y una regulación de presión perfeccionada para un mayor número de aplicaciones industriales. Las características principales de los reguladores de presión son:

- ✦ Respuesta rápida y regulación precisa.
- ✦ Gran capacidad de reversión de flujo.
- ✦ Diafragma proyectado para proporcionar un aumento de vida útil del producto.
- ✦ Dos orificios destinados al manómetro, que pueden ser usados como orificios de salida.
- ✦ Mantenimiento fácil.

El aire comprimido entra y sale por sus orificios principales, esto solo si la válvula de asiento está abierta. La sección de paso regulable está situada debajo de la válvula de asiento. Girando totalmente la manopla en el sentido contrario de las agujas de reloj (resorte sin compresión), el conjunto de válvula de asiento estará cerrado. Y, girando en el sentido de las agujas del reloj, se aplica la carga de un resorte calibrado con regulación, haciendo que el diafragma y la válvula de asiento se desplacen hacia abajo, permitiendo el paso del flujo del aire comprimido para su utilización.

La presión sobre el diafragma esta balanceada a través del orificio de equilibrio cuando el regulador está en funcionamiento. La presión secundaria, al exceder una presión regulada, causará, por medio del orificio, en el diafragma, un movimiento ascendente contra el resorte de regulación, abriendo el orificio de sangría contenido en el diafragma. El excedo de aire es expulsado hacia la atmosfera a través del orificio en la tapa del regulador. Existen reguladores que están equipados con amortiguadores de resorte o aire comprimido.

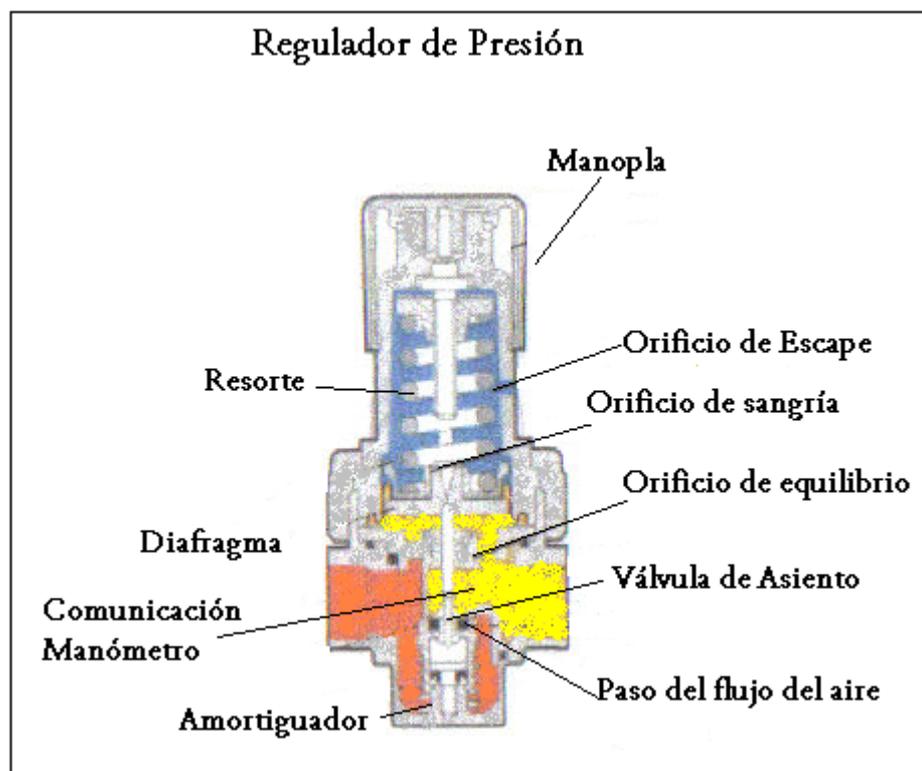


Figura 1.39. Regulador de presión

Fuente: Parker Training

### Filtro-Regulador

Economiza espacio, pues ofrece el filtro y regulador en un solo conjunto para un mayor desempeño y eficiencia en la remoción de la humedad.

Girando la manopla en el sentido contrario a las agujas del reloj, se aplica una carga al resorte de regulación, haciendo que el diafragma y el conjunto de la válvula de asiento se desplace hacia abajo, permitiendo el paso del flujo de aire filtrado por el orificio. La presión sobre el diafragma esta balanceada cuando el conjunto filtro/regulador está en funcionamiento, si la presión secundaria excede la presión regulada, causará al diafragma un movimiento ascendente contra el resorte de regulación, abriendo el

orificio de sangría contenido en el diafragma. El exceso de aire es expulsado hacia la atmósfera a través del orificio de la tapa del conjunto filtro/regulador.

El funcionamiento es similar al de un filtro, con los movimientos de sus deflectores superiores e inferiores; filtrando el aire y dejándolo pasar por el área de asiento para la conexión de salida al proceso.

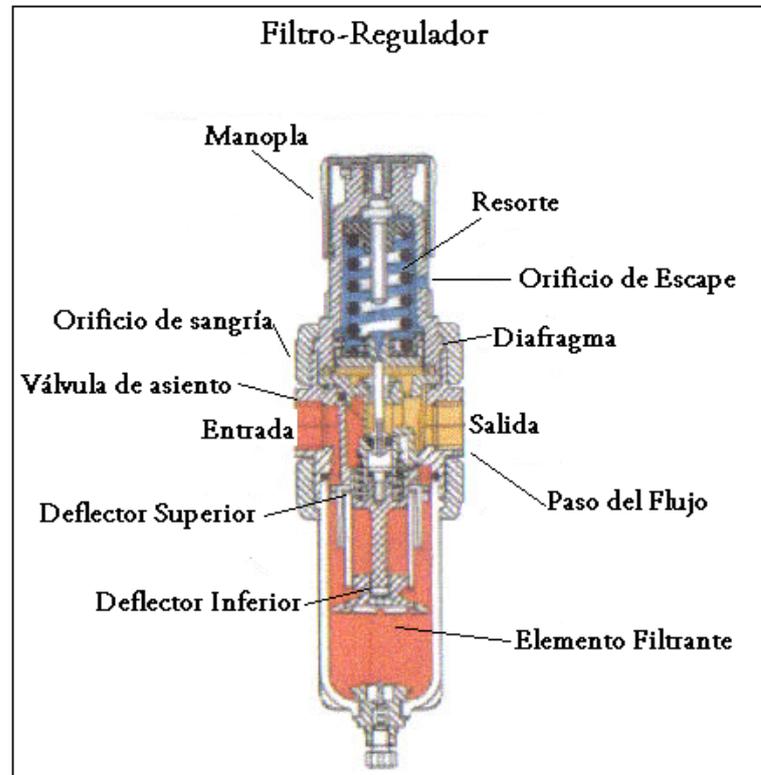


Figura 1.40. Filtro regulador

Fuente: Parker Training

#### 1.3.4.3.9. Manómetros

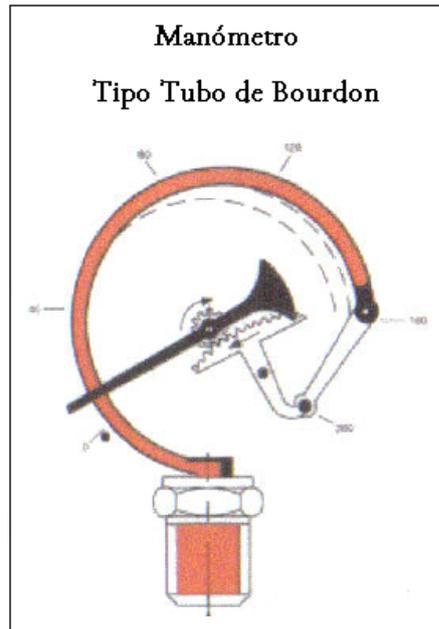
Son los instrumentos utilizados para medir e indicar la intensidad de presión del aire comprimido, aceite, etc. En los circuitos neumáticos e hidráulicos, los manómetros son utilizados para indicar el ajuste de la intensidad de presión en las válvulas, la cual influye en la fuerza o torque, de un convertidor de energía. Existe dos tipos principales de manómetros entre ellos mencionaremos el Tubo de BourdonSchrader (tipo hidráulico).

##### ***Tubo de Bourdon.***

Consiste en una escala circular sobre la cual gira un puntero junto con un juego de engranajes y palancas. Este conjunto está ligado a un tubo curvado, cerrado en uno de los extremos y abierto en otro, y se une con la entrada de presión. Aplicando presión en la entrada, el tubo tiende a enderezarse, uniendo las palancas con el engranaje, se transmite el movimiento para el indicador y registra la presión sobre la escala.

**Nota:** Conviene recordar que existen dos tipos de presión: la absoluta y la relativa (manométrica).

Absoluta: es la suma de presión manométrica con la presión atmosférica. Relativa: es la presión indicada en los manómetros, exenta de presión atmosférica.



*Figura 1.41. Manómetro Tubo de Bourdon*

*Fuente: Parker Training*

#### **1.3.4.3.10. El Lubricador**

Genera la distribución proporcional de aceite en una larga franja de flujo de aire. El sistema de inyección asegura una distribución de aceite repetitiva; permite el llenado del vaso aun con la línea presurizada.

La operación de estos lubricadores es de la siguiente manera: el aire comprimido fluye a través del lubricador por dos direcciones. En caudales bajos, la mayor parte del flujo de aire es a través del orificio Venturi y la otra parte fluye deflactando la membrana de restricción y al mismo tiempo presuriza el vaso a través de la válvula de asiento, tipo esfera de la placa inferior. La velocidad del aire que fluye por el orificio de Venturi provoca una depresión del orificio superior, que, es sumada a la presión positiva del vaso a través del tubo de succión, lo cual hace que el aceite se consuma a través del conjunto de goteo. Este flujo es controlado por la válvula de regulación, y el aceite gotea a través del paso, encontrando el flujo de aire que pasa por el orificio de Venturi, provocando así su pulverización.

Cuando el flujo de aire aumenta, la membrana de restricción impide el paso del aire, haciendo que la mayor parte pase por el orificio de Venturi, de esta manera se asegura que la distribución del aceite aumente linealmente con el incremento del vacío de aire. El vaso puede llenarse sin necesitar despresurizar la línea de aire, debido a la acción de la esfera. Cuando el tapón del relleno es retirado, el aire contenido en el vaso se escapa hacia la atmosfera y la esfera impide el paso de aire hacia el vaso, evitando así, la presurización. Una pequeña porción de aire entra de nuevo al vaso cuando se pone de nuevo el tapón y cuando está totalmente presurizado, la lubricación vuelve a la normalidad.

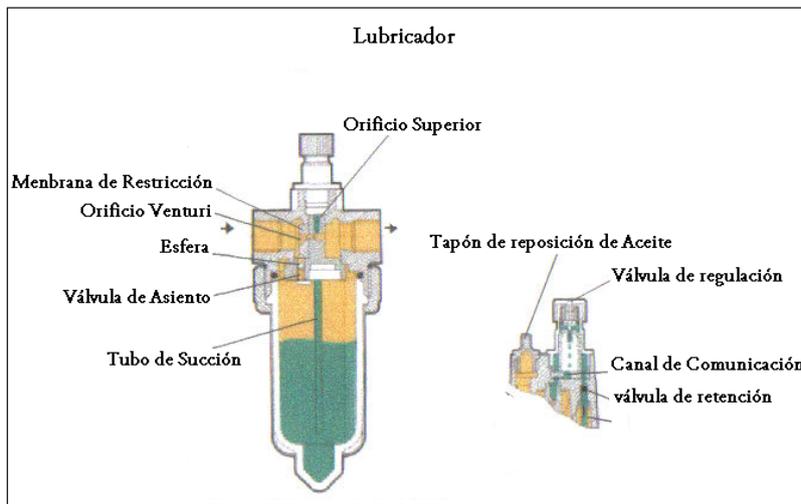


Figura 1.42. Lubricador

### Mantenimiento.

- ◆ Usar solamente algodón para limpiar, no usar estopa.
- ◆ Lavar solo con kerosén.
- ◆ Evitar llenar demasiado el vaso con aceite.
- ◆ Verificar que las empacaduras y sellos no estén dañados.
- ◆ Verificar si en los extremos del tubo de succión del filtro no están obstruidos.
- ◆ Evitar forzar demasiado el tornillo de control de flujo, al intentar cerrar el paso del aceite.

### Características de los lubricantes.

Predominan los lubricantes con base de petróleo, sin embargo se está teniendo un incremento en la utilización de aceites sintéticos. Los aceites pertenecen a tres clases principales: parafínicos, nafténicos y aromáticos.

**Parafínicos:** en general, se caracterizan por un alto índice de viscosidad, alta estabilidad contra el oxido, menor tendencia en la formación de barnices, alto punto de fluidez y baja densidad.

**Nafténicos:** Presentan bajo índice de viscosidad, menor estabilidad contra el oxido, mayor tendencia en la formación de barnices, punto de fluidez más alto y densidad elevada.

Sin embargo, su poder solvente es menor que los parafínicos y el tipo de carbono formado al quemarse es menos duro que el formado por los primeros.

No todos los lubricantes son apropiados para sistemas neumáticos, existen muchos aceites empleados que crean serios inconvenientes para el funcionamiento perfecto de las válvulas, cilindros y los demás elementos. La mayoría de los aceites contienen aditivos especiales para ciertos trabajos, inadecuados para otras aplicaciones.

El aceite apropiado para sistemas neumáticos debe tener antioxidante, es decir no debe oxidarse al ser nebulizado con el aire.; debe contener aditivos antiespumantes para no formar espuma al nebulizarlo. Otro factor importa en los aceites es su índice de viscosidad, que debe ser mantenido lo más uniforme posible con las variaciones de

temperatura. Un factor determinante en la selección del tipo de aceite más adecuado, es el hecho de que los sellos de los componentes neumáticos sean de goma nítrica. (Buna N).

El aceite no debe alterar el estado del material. Ya que el aceite llega a un punto en donde provoca la dilatación, contracción y ablandamiento de los sellos. Un sistema lubricado apropiadamente no presenta inconvenientes en relación a los sellos.

<b>Marca</b>	<b>Clasificación</b>
<b>Shell</b>	Shell Tellus C-10
<b>Esso</b>	Turbine Oil-32
<b>Esso</b>	Spinesso-22
<b>MobilOil</b>	MobilOil DTE-24
<b>Valvoline</b>	Valvoline R-60
<b>Castrol</b>	CastrolHyspin AWS-32
<b>Lubrax</b>	HR 68 EP
<b>Lubrax</b>	Ind CL 45 Of
<b>Texaco</b>	Kock Tex-100

*Tabla 1.7. Aceites recomendados*

*Fuente: Autores*

#### **1.3.4.4. Distribución del aire comprimido**

Como resultado de la racionalización y automatización de los dispositivos de fabricación, las empresas precisan continuamente una mayor cantidad de aire. Cada máquina y mecanismo necesita una determinada cantidad de aire, siendo abastecido por un compresor, a través de una red de tuberías.

El diámetro de las tuberías debe elegirse de manera que si el consumo aumenta, la pérdida de presión entre el depósito y el consumidor no sobrepase 10 kPa (0,1 bar). Si la caída de presión excede de este valor, la rentabilidad del sistema estará amenazada y el rendimiento disminuirá considerablemente. En la planificación de instalaciones nuevas debe preverse una futura ampliación de la demanda de aire, por cuyo motivo deberán dimensionarse generosamente las tuberías. El montaje posterior de una red más importante supone costos dignos de mención.

En otras palabras una red de distribución de aire comprimido comprende todos los conductos que salen del depósito (tanque, reservorio), pasando por el secador y todos juntos dirigen el aire comprimido hasta los puntos individuales de utilización o uso.

La red posee las siguientes funciones básicas:

- ✦ Comunicar la fuente productora con los equipos donde se hace el consumo de aire.
- ✦ Funcionar como un reservorio para atender las exigencias del sistema.

Un sistema de distribución perfectamente ejecutado debe presentar los siguientes requisitos:

- a) Debe existir una pequeña caída de presión entre el compresor y los puntos de consumo; manteniendo la presión dentro de los límites permitidos.
- b) No presentar escape de aire, porque habría pérdidas de potencia.
- c) Presentar gran capacidad para realizar la separación de condensado.

Hay que considerar ciertas reglas al efectuar el proyecto y la instalación de una planta cualquiera de distribución.

#### **1.3.4.4.1. Diseño de la red.**

Es importante la definición de diseño para desarrollar mejor la ejecución de una distribución de aire.

Esta debe ser construida de forma isométrica y con apropiada escala, permitiendo la adecuada obtención de longitud de los conductos en los diversos trechos. El layout representa la red principal de distribución, sus ramificaciones, todos los puntos de consumo, incluyendo futuras aplicaciones; presión de estos puntos, la posición de las válvulas de cerramiento, moduladoras, conexiones, curvaturas, proporcionando economía en el uso del aire comprimido.

#### **1.3.4.4.2. Dimensionado de las tuberías**

El diámetro de las tuberías no debería elegirse conforme a otros tubos existentes ni de acuerdo con cualquier regla empírica, sino en conformidad con:

- el caudal
- la longitud de las tuberías
- la pérdida de presión (admisibles) la presión de servicio la cantidad de estrangulamientos en la red

En la práctica se utilizan los valores reunidos con la experiencia. Un nomograma (*figura 1.43*) ayuda a encontrar el diámetro de la tubería de una forma rápida y sencilla.

*Cálculo de una tubería:*

El consumo de aire en una industria es de 4 m<sup>3</sup>/min (240 m<sup>3</sup>/h). En 3 años aumentará un 300%, lo que representa 12 m<sup>3</sup>/min (720 m<sup>3</sup>/h).

El consumo global asciende a 16 m<sup>3</sup>/min (960 m<sup>3</sup>/h) La red tiene una longitud de 280 m; comprende 6 piezas en T, 5 codos normales, 1 válvula de cierre. La pérdida admisible de presión es de  $\Delta p = 10 \text{ kPa}$  (0,1 bar). La presión de servicio es de 800 kPa (8 bar).

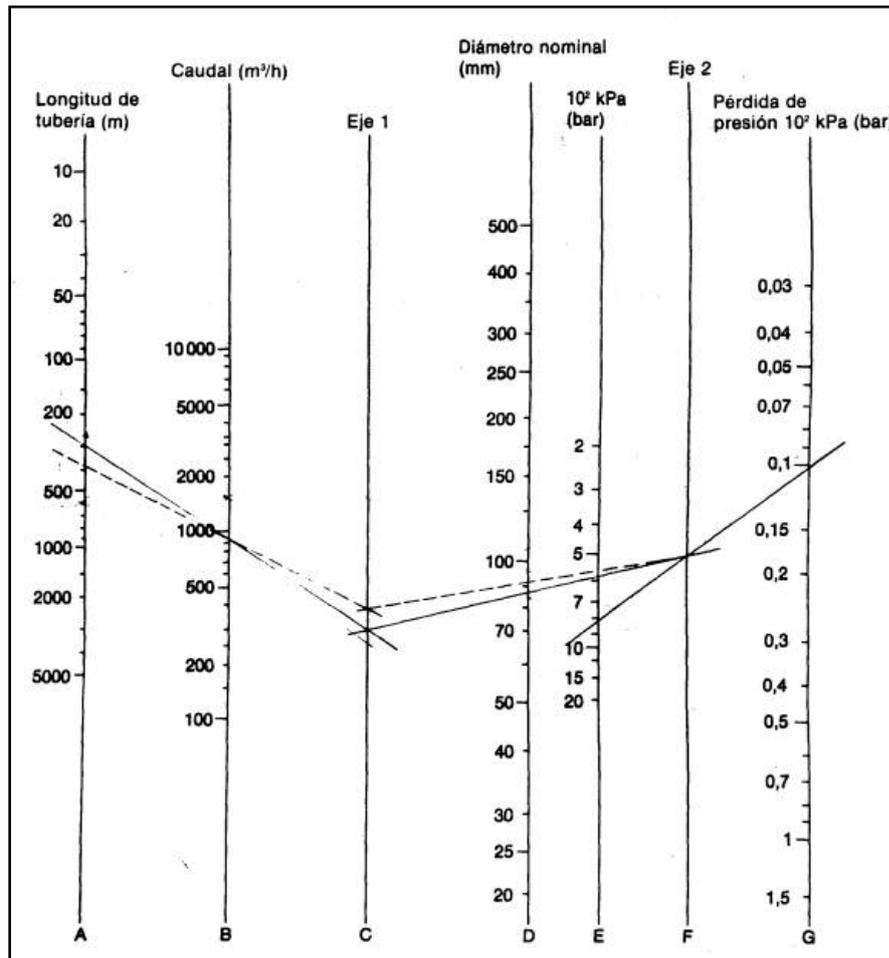


Figura 1.43. Monograma Diámetro de tubería

Domingo Savio

*Se busca:* El diámetro de la tubería

El nomograma I de la *figura 1.43*, con los datos dados, permite determinar el diámetro provisional de las tuberías.

*Solución:*

En el nomograma, unir la línea A (longitud M tubo) con la B (cantidad de aire aspirado) y prolongar el trazo hasta C (eje 1). Unir la línea E, (presión). En la línea F (eje 2) se obtiene una intersección. Unir los puntos de intersección de los ejes 1 y 2. Esta línea corta la 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.

Las resistencias de los elementos estranguladores (válvula de cierre, válvula esquinera, pieza en T, compuerta, codo normal) se indican en longitudes supletorias. Se entiende por longitud supletoria la longitud de una tubería recta que ofrece la misma resistencia al flujo que el elemento estrangulador o el punto de estrangulación. La sección de paso de la "tubería de longitud supletoria" es la misma que la tubería.

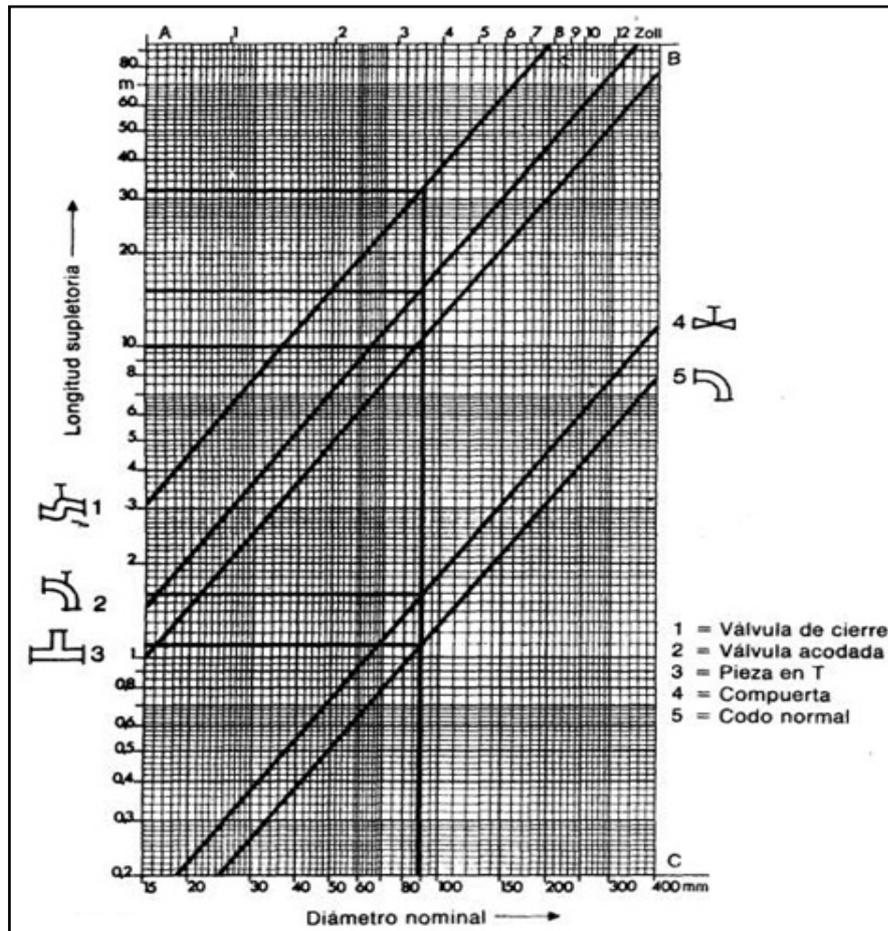


Figura 1.44. Nomograma Longitudes suplementarias

Domingo Savio

En el nomograma II (figura 1.44) permite averiguar rápidamente las longitudes supletorias.

#### Longitudes Supletorias

6 piezas en T (90 mm)	$6 * 10.5 = 63 \text{ m}$
1 válvula de cierre (90 mm)	$= 32 \text{ m}$
5 codos normales (90 mm)	$5 * 1 \text{ m} = 5 \text{ m}$
100 m	

<u>Longitud de la tubería</u>	<u>280 m</u>
<u>Longitud total de tubería</u>	<u>300 m</u>

Con esta longitud total de tubería de 380 m, el consumo de aire, la pérdida de presión y la presión de servicio se puede determinar, como en el problema anterior, con ayuda del nomograma I (figura 1.43) el diámetro definitivo de las tuberías.

En este caso, el diámetro es de 95 mm.

#### 1.3.4.4.3. Tendido de la red o Configuración

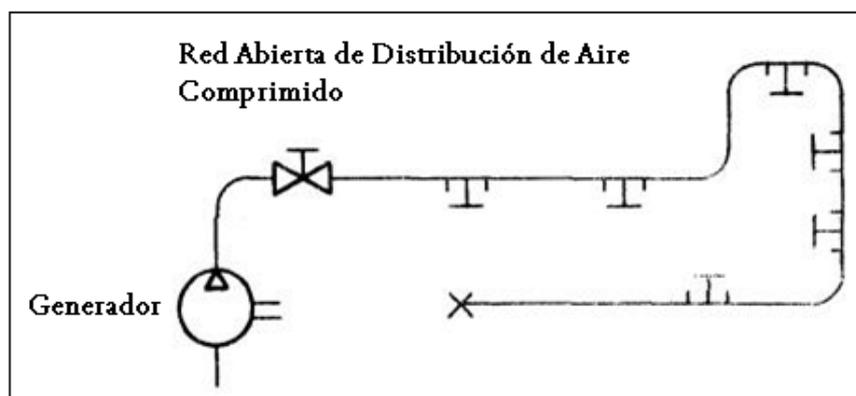
No solamente importa el dimensionado correcto de las tuberías, sino también el tendido de las mismas.

Las tuberías requieren un mantenimiento y vigilancia regulares, por cuyo motivo no deben instalarse dentro de obras ni en emplazamientos demasiado estrechos. En estos casos, la detección de posibles fugas se hace difícil. Pequeñas faltas de estanqueidad ocasionan considerables pérdidas de presión.

### **Red Abierta.**

Se constituye por una sola línea principal de la cual se desprenden las secundarias y las de servicio tal como muestra la *figura 1.45*. En la red se pueden implementar inclinaciones para su evacuación de su condensado.

La principal desventaja de este tipo de redes es su mantenimiento. Ante su reparación es posible que se detenga todo el suministro de aire “aguas abajo” del punto de corte, lo que implica una detención de la producción.

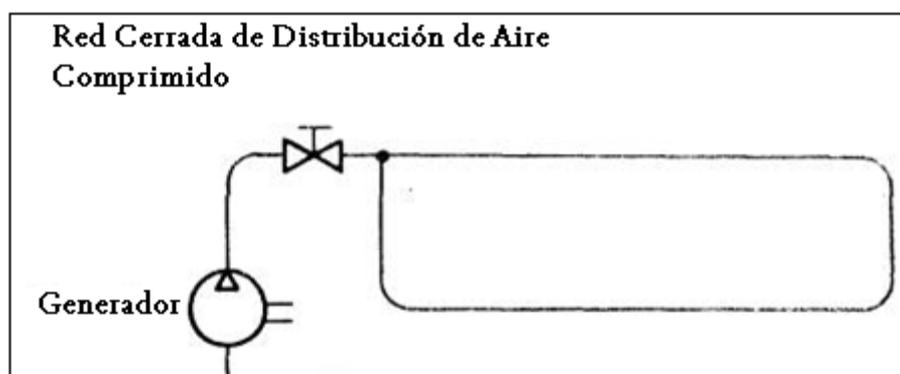


*Figura 1.45. Red abierta de distribución de aire comprimido*  
Fuente: [www.kalipedia.com](http://www.kalipedia.com)

### **Red Cerrada de Distribución de Aire Comprimido.**

En la mayoría de los casos, la red principal se monta en circuito cerrado. Desde la tubería principal se instalan las uniones de derivación.

Con este tipo de montaje de la red de aire comprimido se obtiene una alimentación uniforme cuando el consumo de aire es alto. El aire puede pasar en dos direcciones.



*Figura 1.46. Red cerrada de distribución de aire comprimido*

### Red Cerrada con interconexiones.

En la red cerrada con interconexiones hay un circuito cerrado, que permite trabajar en cualquier sitio con aire, mediante las conexiones longitudinales y transversales de la tubería de aire comprimido.

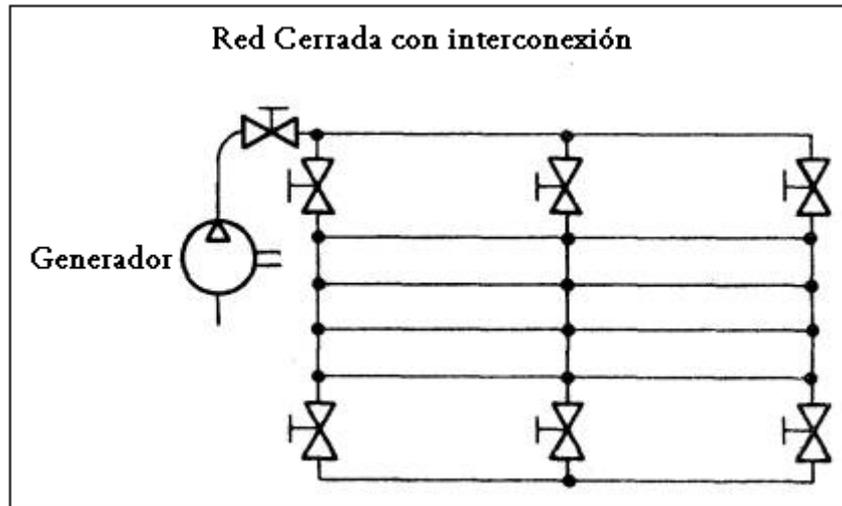


Figura 1.47. Red cerrada con interconexión

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

### 1.3.4.4.4. Inclinación.

Ciertas tuberías de aire comprimido pueden ser bloqueadas mediante válvulas de cierre (correderas) si no se necesitan o si hay que separarlas para efectuar reparaciones y trabajos de mantenimiento. También existe la posibilidad de comprobar faltas de estanqueidad.

En el tendido de las tuberías debe cuidarse, sobre todo, de que la tubería tenga un descenso en el sentido de la corriente, del 1 al 2%.

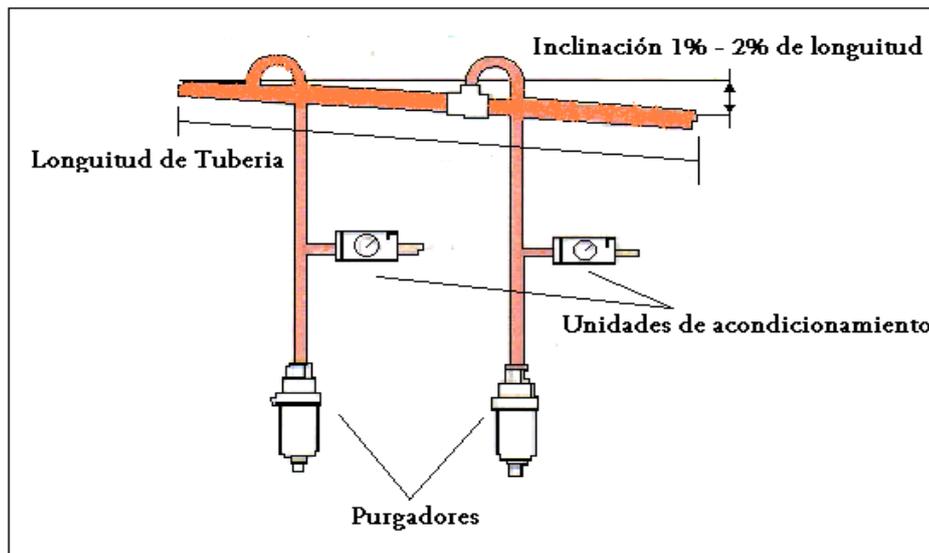


Figura 1.48. Porcentaje de inclinación de la red

Fuente: Parker Training

En consideración a la presencia de condensado, las derivaciones para las tomas de aire en el caso de que las tuberías estén tendidas horizontalmente, se dispondrán siempre en la parte superior del tubo.

Así se evita que el agua condensada que posiblemente se encuentre en la tubería principal llegue a través de las tomas. Para recoger y vaciar el agua condensada se disponen tuberías especiales en la parte inferior de la principal.

#### **1.3.4.4.5. Material de tuberías**

##### **Tuberías principales**

Para la elección de los materiales brutos, tenemos diversas posibilidades:

- ◆ Cobre Tubo de acero negro
- ◆ Latón Tubo de acero galvanizado
- ◆ Acero fino Plástico

Las tuberías deben poderse desarmar fácilmente, ser resistentes a la corrosión y de precio módico.

Las tuberías que se instalen de modo permanente se montan preferentemente con uniones soldadas. Estas tuberías así unidas son estancas y, además de precio económico. El inconveniente de estas uniones consiste en que al soldar se producen cascarillas que deben retirarse de las tuberías. De la costura de soldadura se desprenden también fragmentos de oxidación; por eso, conviene y es necesario incorporar una unidad de mantenimiento.

En las tuberías de acero galvanizado, los empalmes de rosca no siempre son totalmente herméticos. La resistencia a la corrosión de estas tuberías de acero no es mucho mejor que la del tubo negro. Los lugares desnudos (roscas) también se oxidan, por lo que también en este caso es importante emplear unidades de mantenimiento. Para casos especiales se montan tuberías de cobre o plástico.

##### **Derivaciones hacia los receptores**

Los tubos flexibles de goma solamente han de emplearse en aquellos casos en que se exija una flexibilidad en la tubería y no sea posible instalar tuberías de plástico por los esfuerzos mecánicos existentes. Son más caros y no son tan manipulables como las tuberías de plástico.

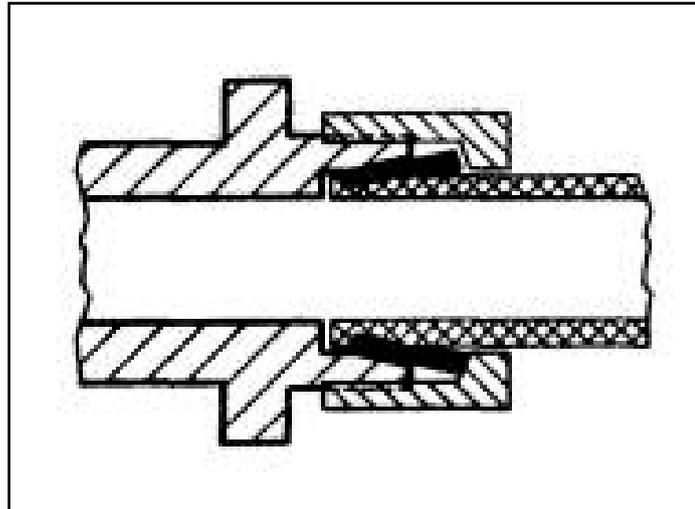
Las tuberías de polietileno y poliamida se utilizan cada vez más en la actualidad para unir equipos de maquinaria. Con racores rápidos se pueden tender de forma rápida, sencilla y económica.

#### **1.3.4.4.6. Uniones**

Describimos en lo sucesivo los dispositivos de uso común en neumática basándonos básicamente en los modelos Festo, para más información sobre esta marca ingresar a su página web.

### **Racores**

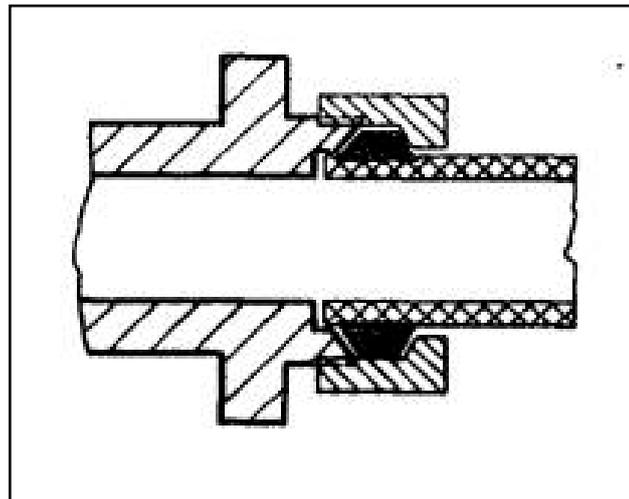
Racores de anillo cortante. El empalme puede soltarse y unirse varias veces.



*Figura 1.49. Racor de anillo cortante*

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

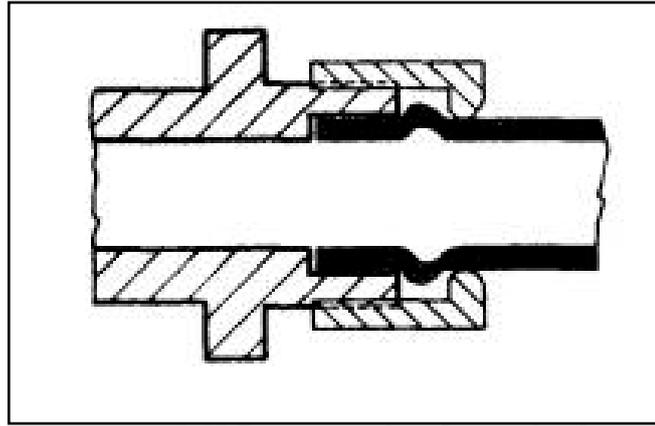
Racor con anillo de sujeción para tubos de acero y cobre, con anillo interior especial (bicono) también para tubos de plástico.



*Figura 1.50. Racor de anillo de sujeción*

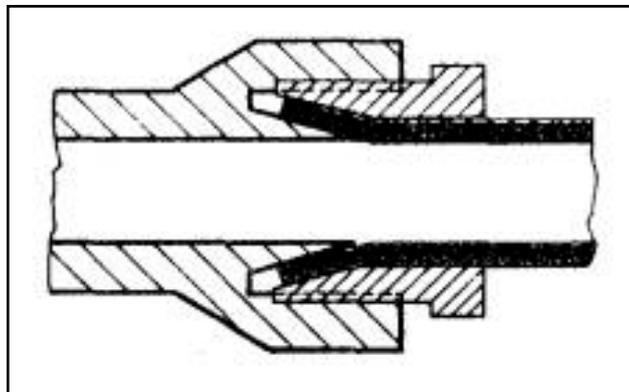
Fuente:[www.sapiensman.com](http://www.sapiensman.com)

Racor con borde recalcado



*Figura 1.51. Racor con borde recalcado*

Racor especial con reborde (para tubo de cobre con collarín)

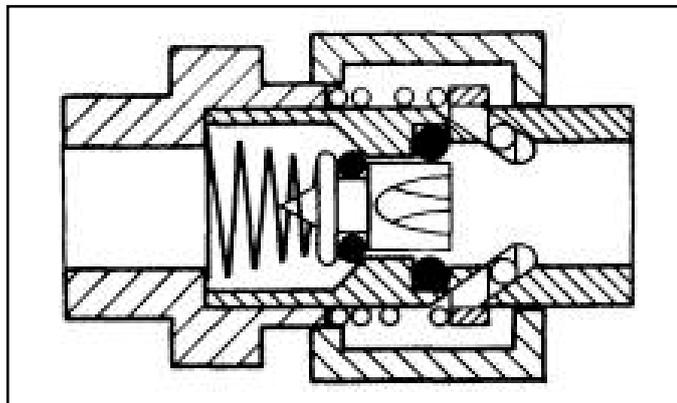


*Figura 1.52. Racor con reborde*

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

## Acoplamientos

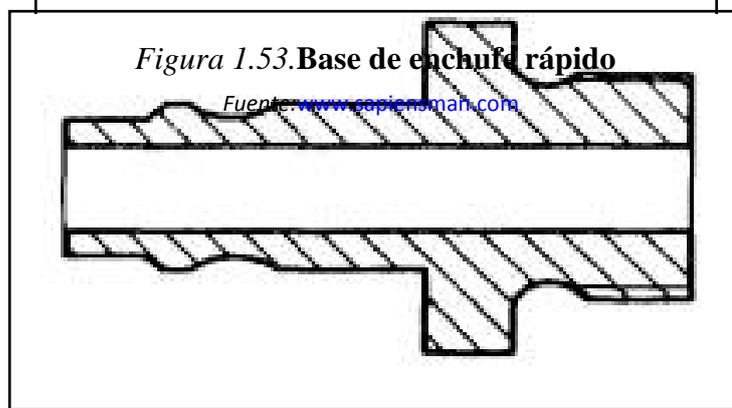
Base de enchufe rápido



*Figura 1.53. Base de enchufe rápido*

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

Racor de



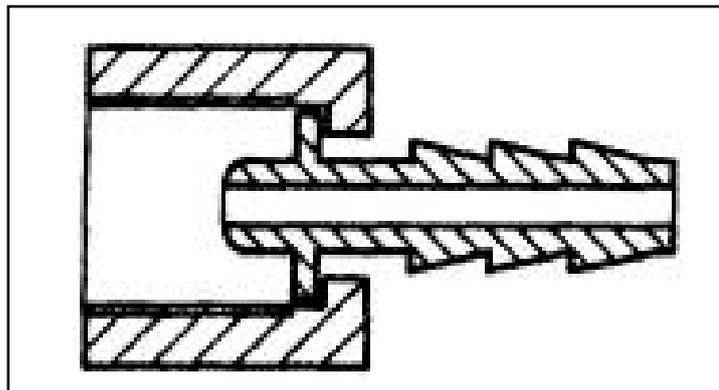
enchufe

rápido

*Figura 1.54. Racor de enchufe*

### **Racores para tubos flexibles**

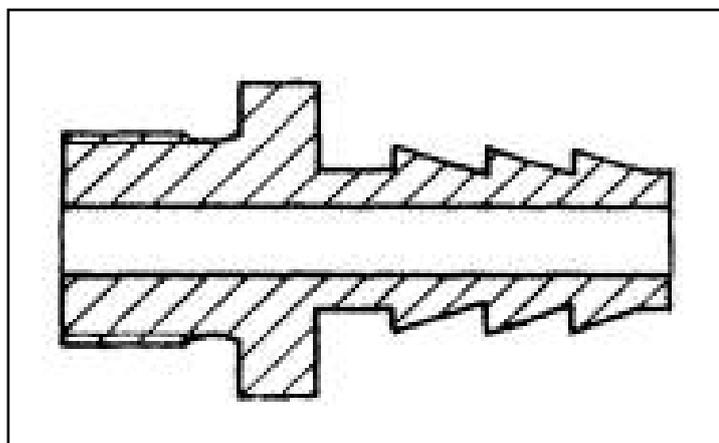
Boquilla con tuerca de racor



*Figura 1.55. Boquilla con tuerca*

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

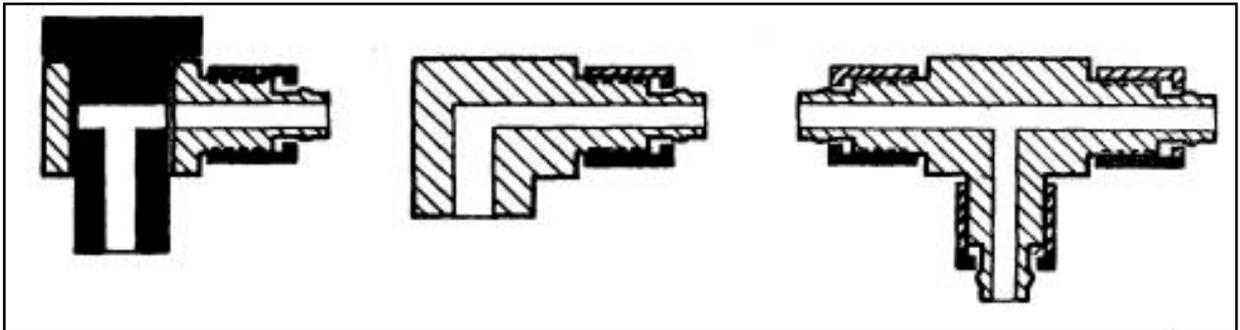
Boquilla



*Figura 1.56. Boquilla simple*

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

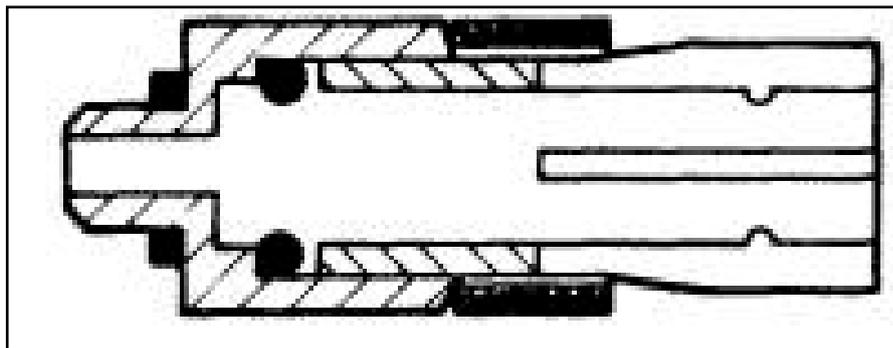
Racores rápidos para tubos flexibles de plástico



*Figura 1.57. Racores rápidos*

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

Racor CS



*Figura 1.58. Racor CS*

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

#### **1.3.4.4.7. Unidad de mantenimiento**

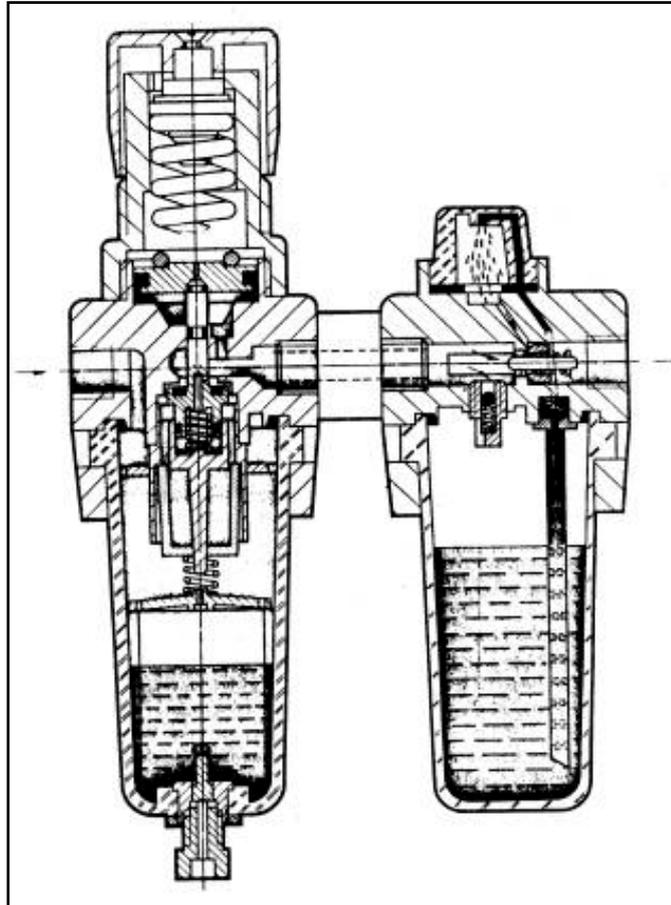
La unidad de mantenimiento representa una combinación de los siguientes elementos:

- ◆ Filtro de aire comprimido
- ◆ Regulador de presión
- ◆ Lubricador de aire comprimido

Deben tenerse en cuenta los siguientes puntos:

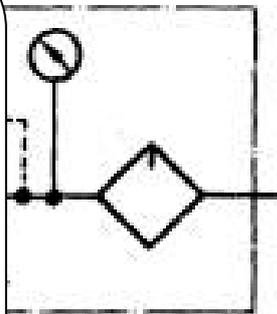
**1.** El caudal total de aire en  $m^3/h$  es decisivo para la elección del tamaño de unidad. Si el caudal es demasiado grande, se produce en las unidades una caída de presión demasiado grande. Por eso, es imprescindible respetar los valores indicados por el fabricante.

2. La presión de trabajo no debe sobrepasar el valor estipulado en la unidad, y la temperatura no deberá ser tampoco superior a 50 C (valores máximos para recipiente de plástico).



*Figura 1.59. Unidad de Mantenimiento*

Fuente: Parker Training



*Figura 1.60: Simbología y equivalencia de la unidad de mantenimiento*

Fuente: Parker Training

## **Conservación de las unidades de mantenimiento**

Es necesario efectuar en intervalos regulares los trabajos siguientes de conservación

*Filtro de aire comprimido:* Debe examinarse periódicamente el nivel del 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.

*Regulador de presión:* Cuando está precedido de un filtro, no requiere ningún mantenimiento.

*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 tricloro etileno. Para los lubricadores, utilizar únicamente aceites minerales.

## **Caudal en las unidades de mantenimiento**

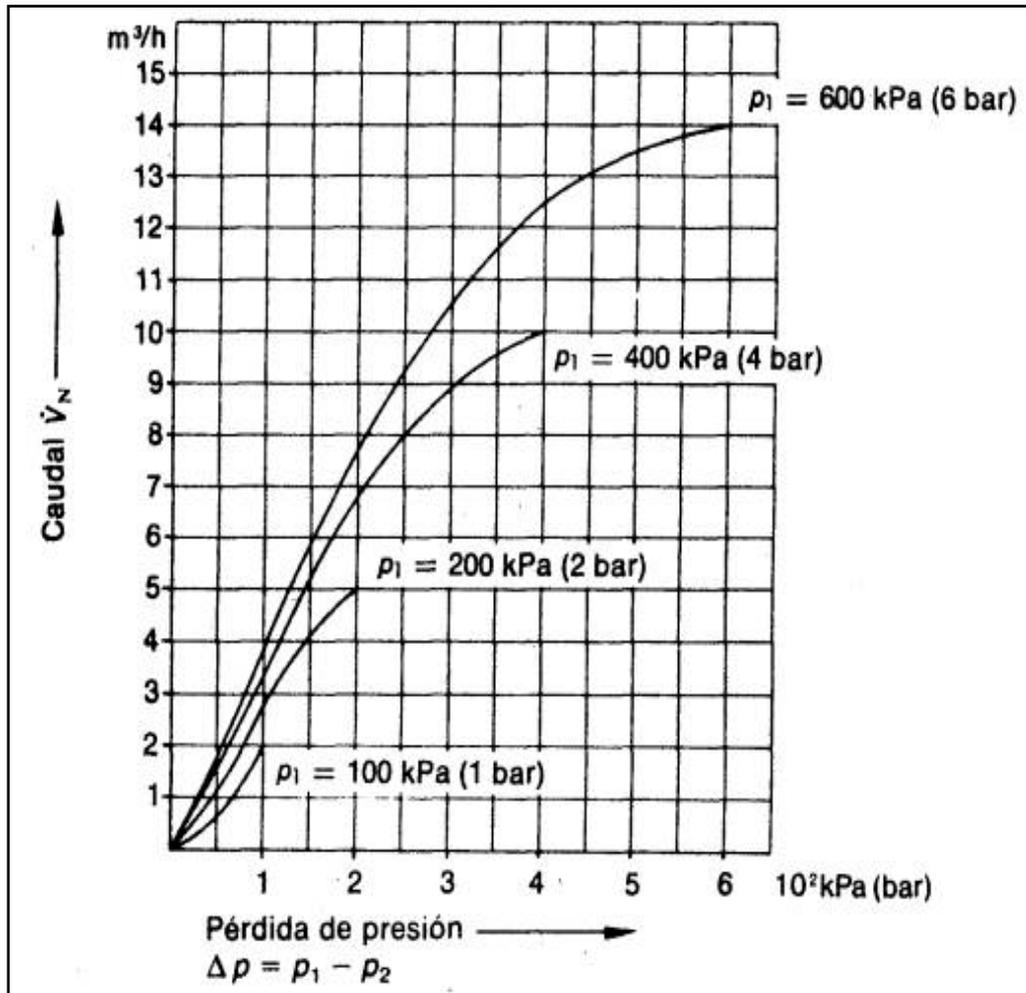
Todos los aparatos poseen una resistencia interior, por lo que se produce una caída de presión -hasta que el aire llega a la salida. Esta caída de presión depende del caudal de paso y de la presión de alimentación correspondiente. En el diagrama están representadas varias curvas, por ejemplo, para presiones de entrada  $p_1$  en la unidad de 100kPa (1 bar), 200 kPa (2 bares), 400 kPa (4 bares) y 600 kPa (6 bares).

En la abscisa está indicada la pérdida de presión  $\Delta p$ . Esta es la diferencia entre la presión reinante en el regulador de presión ( $p_1$ ) y la presión a la salida de la unidad ( $p_2$ ). La pérdida máxima de presión  $\Delta p$  puede corresponder por tanto a la presión  $P_2$ . En este caso, la resistencia después de la unidad ha disminuido hasta el valor cero y, por tanto, se dispone del caudal máximo de flujo.

*Ejemplo:*

*El flujo con  $p_1 = 600 \text{ kPa}$  (6 bar) y  $\Delta p = 50 \text{ kPa}$  (0.5 bar) [ $p_2 = 550 \text{ kPa}$  (5.5 bar)] es de un caudal de  $1.8 \text{ m}^3/\text{h}$ , aproximadamente.*

La unidad de mantenimiento debe elegirse cuidadosamente según el consumo de la instalación. Si no se dispone de un depósito, hay que considerar el consumo máximo por unidad de tiempo. *Figura 1.61 Unidad de mantenimiento de R 1/8”.*



### 1.3.5. Elementos Neumáticos de Trabajo

Lo energía del aire comprimido se transforma por medio de cilindros en un movimiento lineal de vaivén, y mediante motores neumáticos, en movimiento de giro.

#### 1.3.5.1 Elementos neumáticos de movimiento rectilíneo

(Cilindros neumáticos)

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

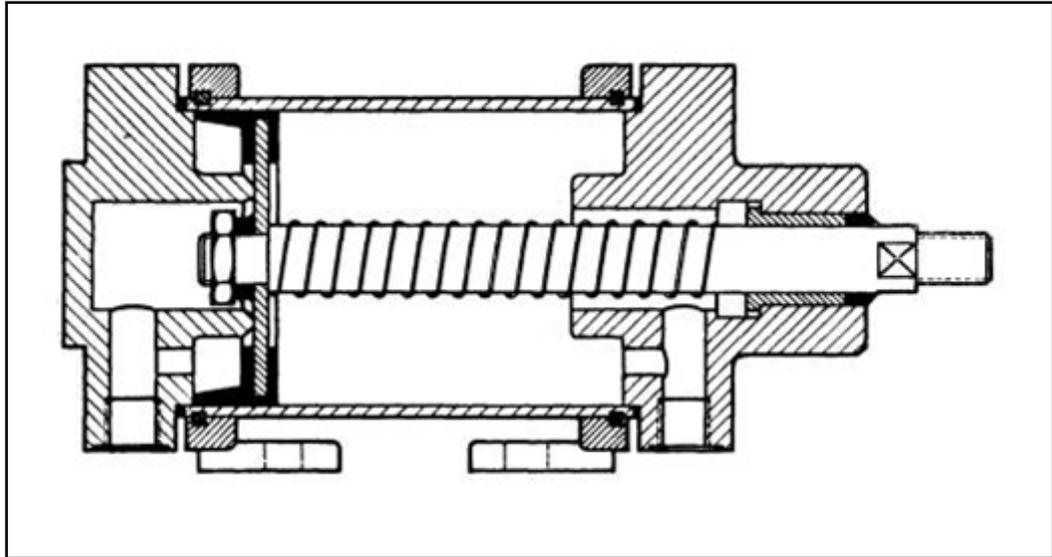
##### 1.5.1.1.1 Cilindros de simple efecto

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. *Figura 1.62.*

Se utilizan principalmente para sujetar, expulsar, apretar, levantar, alimentar, etc.



*Figura 1.62. Cilindro de simple efecto*

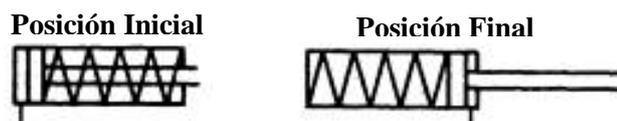
Fuente: [Parker Training](#)

### 1.3.5.1.2. Cilindro de émbolo

La estanqueidad se logra con un material flexible (perbunano), que recubre el pistón metálico o de material plástico. Durante el movimiento del émbolo, los labios de junta se deslizan sobre la pared interna del cilindro.

En la segunda ejecución aquí mostrada, el muelle realiza la carrera de trabajo; el aire comprimido hace retornar el vástago a su posición inicial.

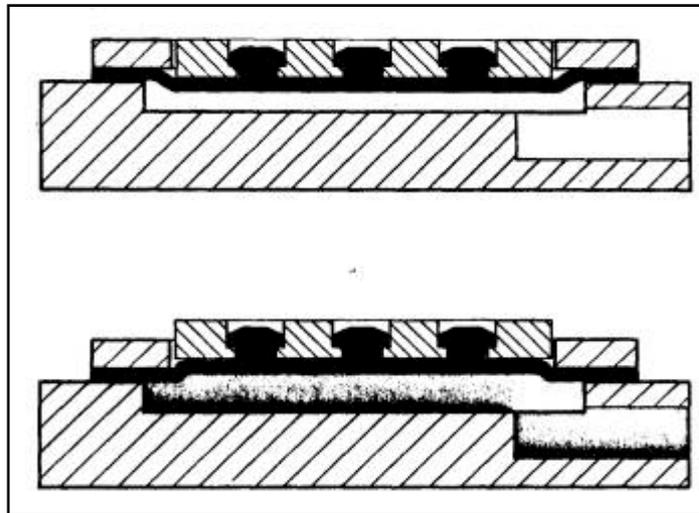
- ✦ Aplicación: frenos de camiones y trenes.
- ✦ Ventaja: frenado instantáneo en cuanto falla la energía.



### 1.3.5.1.3. Cilindros de membrana

Una membrana de goma, plástico o metal reemplaza aquí al émbolo. El vástago está fijado en el centro de la membrana. No hay piezas estancadas que se deslicen, se produce un rozamiento únicamente por la dilatación del material. *Figura 63.0*

Aplicación: Se emplean en la construcción de dispositivos y herramientas, así como para estampar, remachar y fijar en prensas.

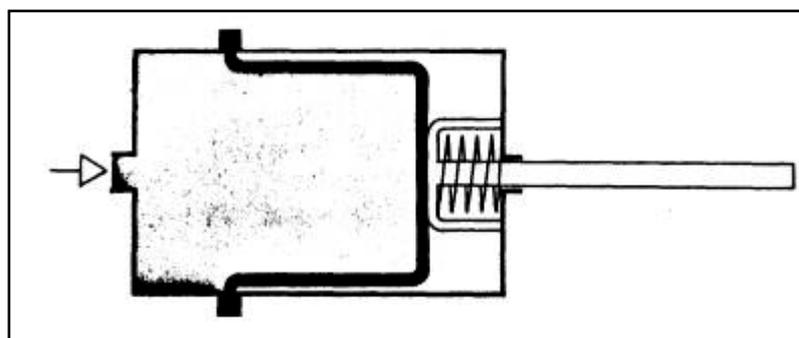


*Figura 1.63. Cilindro de membrana*

nte:Parker Training

#### 1.3.5.1.4. Cilindros de membrana arrollable

La construcción de estos cilindros es similar a la de los anteriores. También se emplea una membrana que, cuando está sometida a la presión del aire, se desarrolla a lo largo de la pared interior del cilindro y hace salir el vástago. Las carreras son mucho más importantes que en los cilindros de membrana (aprox. 50-80 mm). El rozamiento es mucho menor. *Figura 1.64*



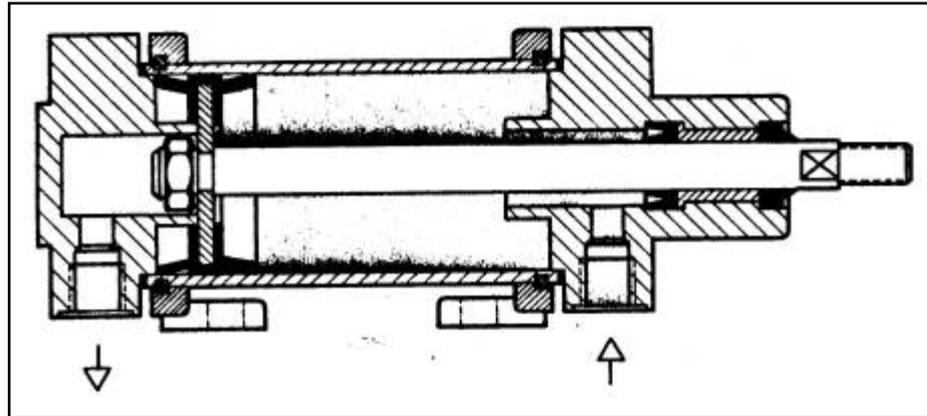
*Figura 1.64. Cilindro de membrana arrollable*

apiensman.com

#### 1.3.5.1.5. 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. *Figura 1.65.*

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.

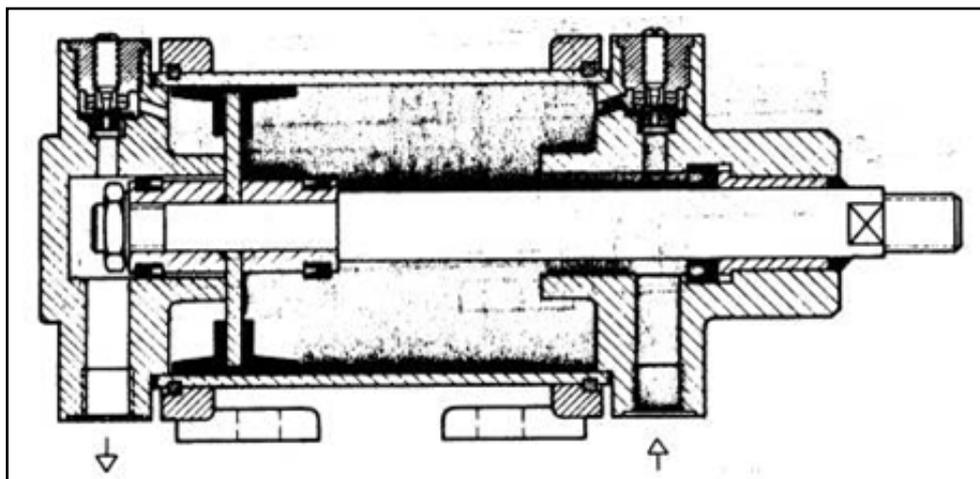


*Figura 1.65. Cilindro de doble efecto*

#### **1.3.5.1.6. Cilindros con amortiguación Interna**

Cuando las masas que traslada un cilindro son grandes, al objeto de evitar un choque brusco y daños es utiliza un sistema de amortiguación que entra en acción momentos antes de alcanzar el final de la carrera. Antes de alcanzar la posición final, un émbolo amortiguador corta la salida directa del aire al exterior. En cambio, es dispone de una sección de escape muy pequeña, a menudo ajustable. *Figura 1.66*

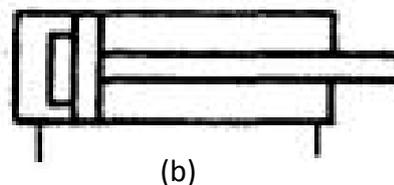
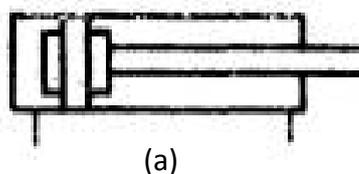
El aire comprimido se comprime más en la última parte de la cámara del cilindro. La sobrepresión producida disminuye con el escape de aire a través de las válvulas anti retorno de estrangulación montada (sección de escapo pequeña). El émbolo se desliza lentamente hasta su posición final. En el cambio de dirección del émbolo, el aire entra sin obstáculos en la cámara del cilindro por la válvula anti retorno.



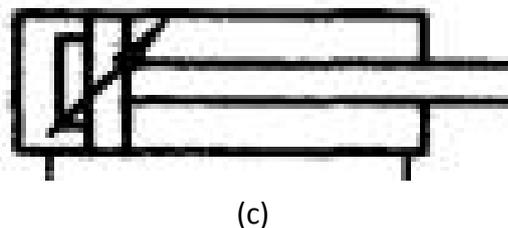
*Figura 1.66. Cilindro con amortiguación interna*

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

*Otros tipos de amortiguación:*



*Figuras 1.67. (a) Amortiguación en los dos lados, no regulable. (b) Amortiguación en el lado del embolo, no regulable.*

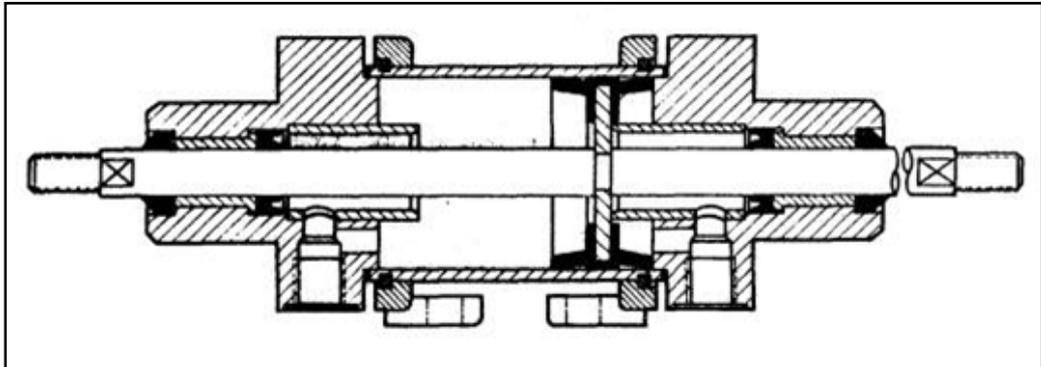


*Figura 1.67. (c) Amortiguación en el lado del embolo, regulable.*

### **1.3.5.1.7. Cilindros de doble vástago (ejecución especial)**

Este tipo de cilindros tiene un vástago corrido hacia ambos lados. La guía del vástago es mejor, porque dispone de dos cojinetes y la distancia entre éstos permanece constante.

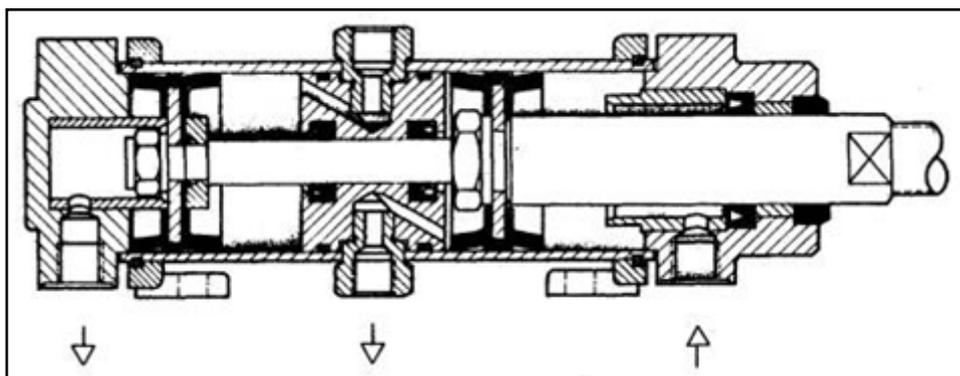
Por eso, este cilindro puede absorber también cargas pequeñas laterales. Los elementos señalizadores pueden disponerse en el lado libre M vástago. La fuerza es igual en los dos sentidos (los superficies del émbolo son iguales). *Figura 1.68.*



*Figura 1.68. Cilindro de doble vástago*

#### 1.3.5.1.8. Cilindro tándem

Está constituido por dos cilindros de doble efecto que forman una unidad. Gracias a esta disposición, al aplicar simultáneamente presión sobre los dos émbolos se obtiene en el vástago una fuerza de casi el doble de la de un cilindro normal M mismo diámetro. Se utiliza cuando se necesitan fuerzas considerables y se dispone de un espacio determinado, no siendo posible utilizar cilindros de un diámetro mayor. *Figura 1.69*



*Figura 1.69. Cilindro tándem*

### 1.3.5.1.9. Cilindro Multiposicional

Este cilindro está constituido por dos o más cilindros de doble efecto. Estos elementos están acoplados como muestra el esquema. Según el émbolo al que se aplique presión, actúa uno u otro cilindro. En el caso de dos cilindros de carreras distintas, pueden obtenerse cuatro posiciones.

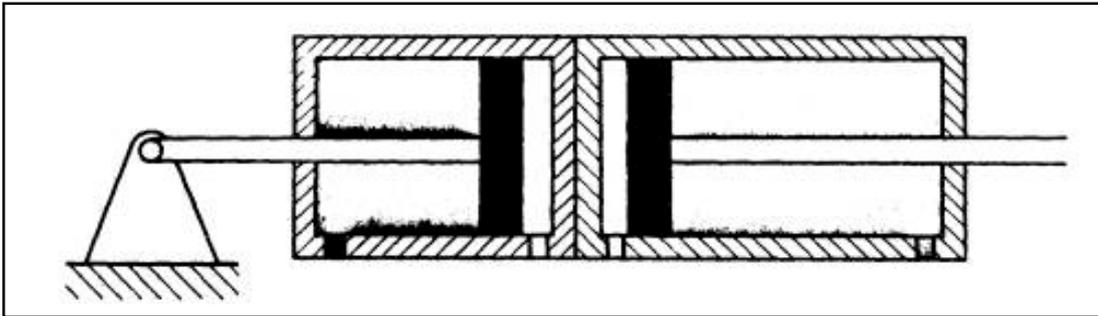


Figura 1.70. Cilindro Multiposicional

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

*Aplicación:*

- Colocación de piezas en estantes, por medio de cintas de transporte
- Mando de palancas
- Dispositivos de clasificación (piezas buenas, malas y a ser rectificadas)

### 1.3.5.1.10. Cilindro de Impacto

Si se utilizan cilindros normales para trabajos de conformación, las fuerzas disponibles son, a menudo, insuficientes. El cilindro de impacto es conveniente para obtener energía cinética, de valor elevado. Según la fórmula de la energía cinética, se puede obtener una gran energía de impacto elevando la velocidad.

$$E = \frac{m * v^2}{2}$$

$$E = \frac{Kg * m^2}{s^2} = Nm = Joules$$

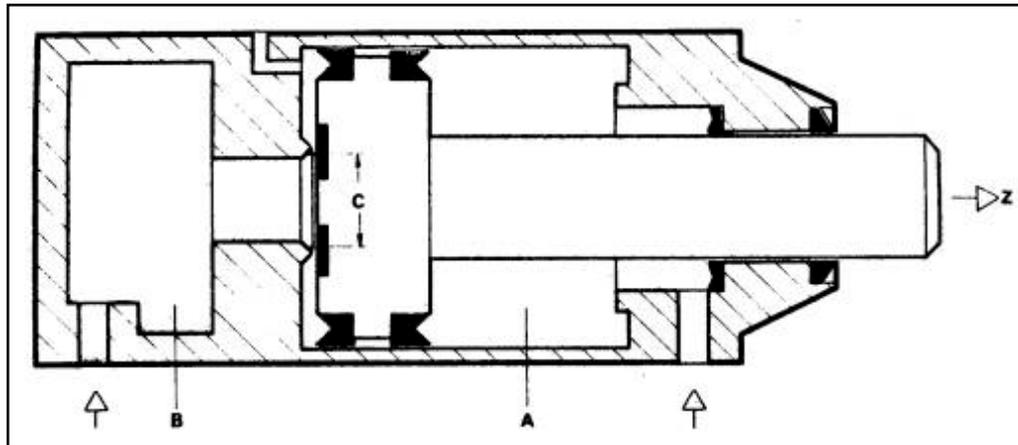
Los cilindros de impacto desarrollan una velocidad comprendida entre 7,5 y 10 m/s (velocidad normal 1 a 2 m/s). Sólo una concepción especial permite obtener estas velocidades.

La energía de estos cilindros se utiliza para prensar, rebordear, remachar, estampar, etc.

La fuerza de impacto es digna de mención en relación con sus dimensiones. En muchos casos, estos cilindros reemplazan a prensas. Según el diámetro del cilindro, pueden obtenerse desde 25 hasta 500 Nm. *Figura 1.71*

**Atención:**

*Cuando las carreras de conformación son grandes, la velocidad disminuye rápidamente y, por consiguiente, también la energía de impacto; por eso, estos cilindros no son apropiados cuando se trata de carreras de conformación grandes.*



*Figura 1.71. Cilindro de impacto*

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

**Funcionamiento:**

La cámara A está sometida a presión. Al accionar una válvula, se forma presión en la cámara B, y en la A se purga el aire. Cuando la fuerza que actúa sobre la superficie C es mayor que la que actúa en la superficie anular de la cámara A, el émbolo se mueve en dirección Z. Al mismo tiempo queda libre toda la superficie del émbolo y la fuerza aumenta. El aire de la cámara B puede fluir rápidamente por la sección entonces más grande, y el émbolo sufre una gran aceleración.

### 1.3.5.1.11. Cilindro de cable

Este es un cilindro de doble efecto. Los extremos de un cable, guiado por medio de poleas, están fijados en ambos lados del émbolo. Este cilindro trabaja siempre con tracción. Aplicación: apertura y cierre de puertas; permite obtener carreras largas, teniendo dimensiones reducidas.

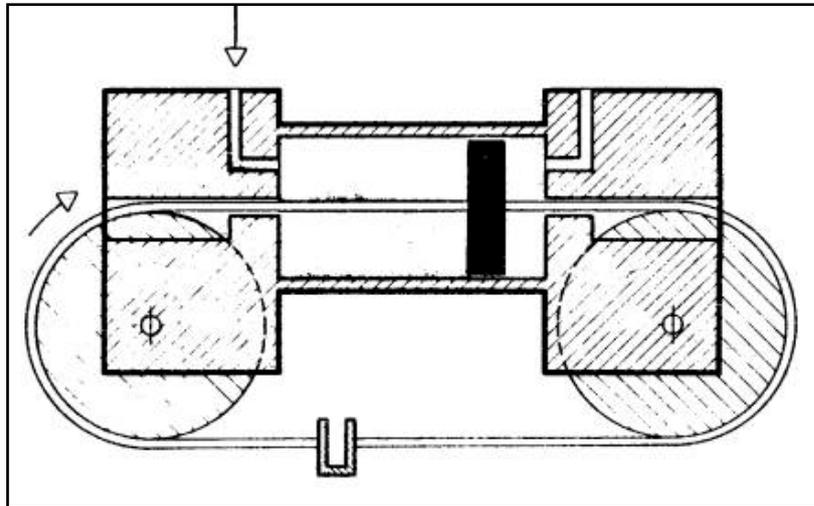


Figura 1.72. Cilindro de cable

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

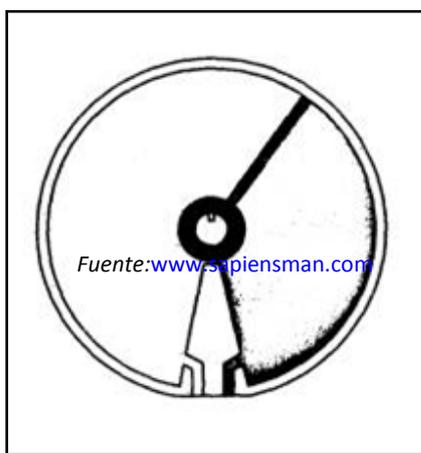
### 1.3.5.1.12. Cilindro de giro

En esta ejecución de cilindro de doble efecto, el vástago es una cremallera que acciona un piñón y transforma el movimiento lineal en un movimiento giratorio hacia la izquierda o hacia la derecha, según el sentido del émbolo. Los ángulos de giro corrientes pueden ser de 45°, 90°, 180°, 290° hasta 720°. Es posible determinar el margen de giro dentro del margen total por medio de un tornillo de ajuste. *Figura 1.73.*

El par de giro es función de la presión, de la superficie del émbolo y de la desmultiplicación. Los accionamientos de giro se emplean para voltear piezas, doblar tubos metálicos, regular acondicionadores de aire, accionar válvulas de cierre, válvulas de tapa, etc.

### 1.3.5.1.13. Cilindro de embolo giratorio.

Como los cilindros de giro, éste también puede realizar un movimiento angular limitado, que rara vez sobrepasa los 300°. La estanqueidad presenta dificultades y el diámetro o el ancho obtienen sólo pares de cilindros no se utilizan pero en hidráulica se ven *Figura 1.74.*

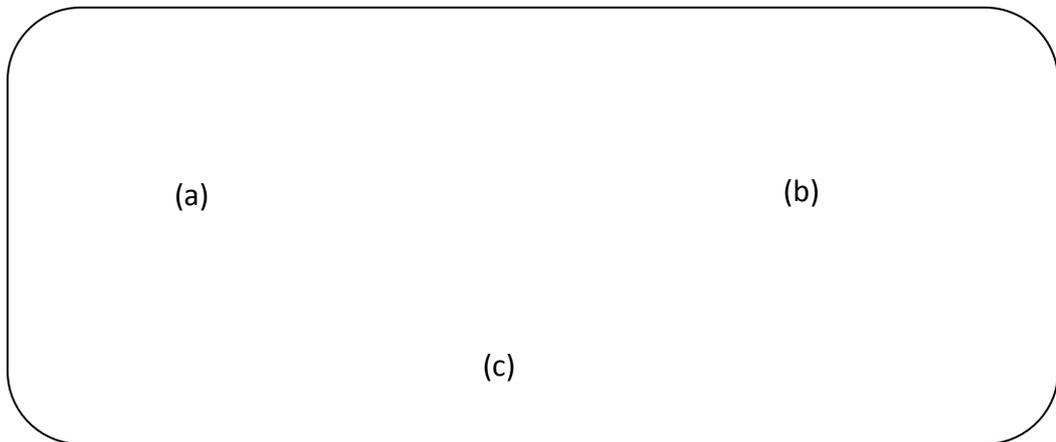


Fuente: [www.sapiensman.com](http://www.sapiensman.com)

**Figura 1.74. Cilindro embolo giratorio**

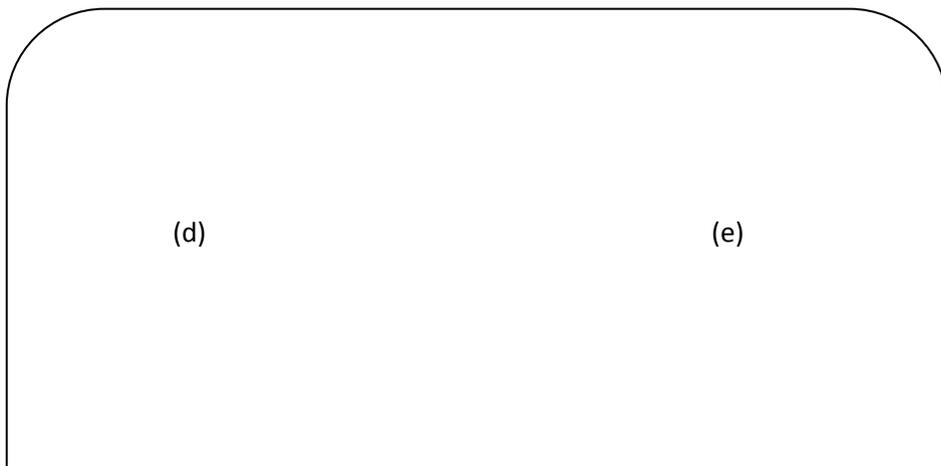
Fuente: [www.sapiensman.com](http://www.sapiensman.com)

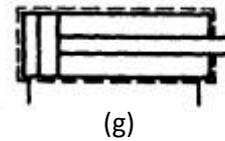
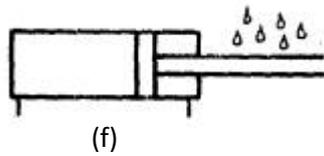
***Ejecuciones especiales de cilindro.***



**Figura 1.75. (a) Cilindros de vástago reforzado. (b) Juntas de émbolo, para presiones elevadas (c) Cilindros de juntas resistentes a altas temperaturas**

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





tón. (e) Superficies de deslizamiento, de cromo (f) Vástago de acero  
vástago de acero anticorrosivo

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

### 1.3.5.1.14. Cálculos de cilindros

#### 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:

$$F_{teor} = A * p$$

$F_{teor}$  = Fuerza Teórica del émbolo. (N)

$A$  = Superficie útil del émbolo. ( $cm^2$ )

$p$  = presión del émbolo. (KPa,  $10^5$  N/m<sup>2</sup>, 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 bares) se puede suponer que las fuerzas de rozamiento representan de un 3 a un 20% de la fuerza calculada.

Cilindro de simple efecto.

$$Fn = A * p - (F_R + F_F)$$

Cilindro de doble efecto (en el avance).	Cilindro de doble efecto (en el retorno)
$Fn = A * p - F_R$	$Fn = A' * p - F_R$

$Fn$  = Fuerza efectiva o real del émbolo. (N)

$A$  = Superficie útil del émbolo. ( $cm^2$ )

$$\frac{D^2 * \pi}{4}$$

$A'$  = Superficie útil del anillo de émbolo. ( $cm^2$ )

$$(D^2 - d^2) \frac{\pi}{4}$$

$p$  = Presión de trabajo. (kPa,  $10^5$  N/m, bar)

$F_R$  = Fuerza de rozamiento (3 – 20%). (N)

$F_F$  = Fuerza del muelle de recuperación. (N)

$D$  = Diámetro del émbolo. (mm)

$d$  = Diámetro del vástago. (mm)

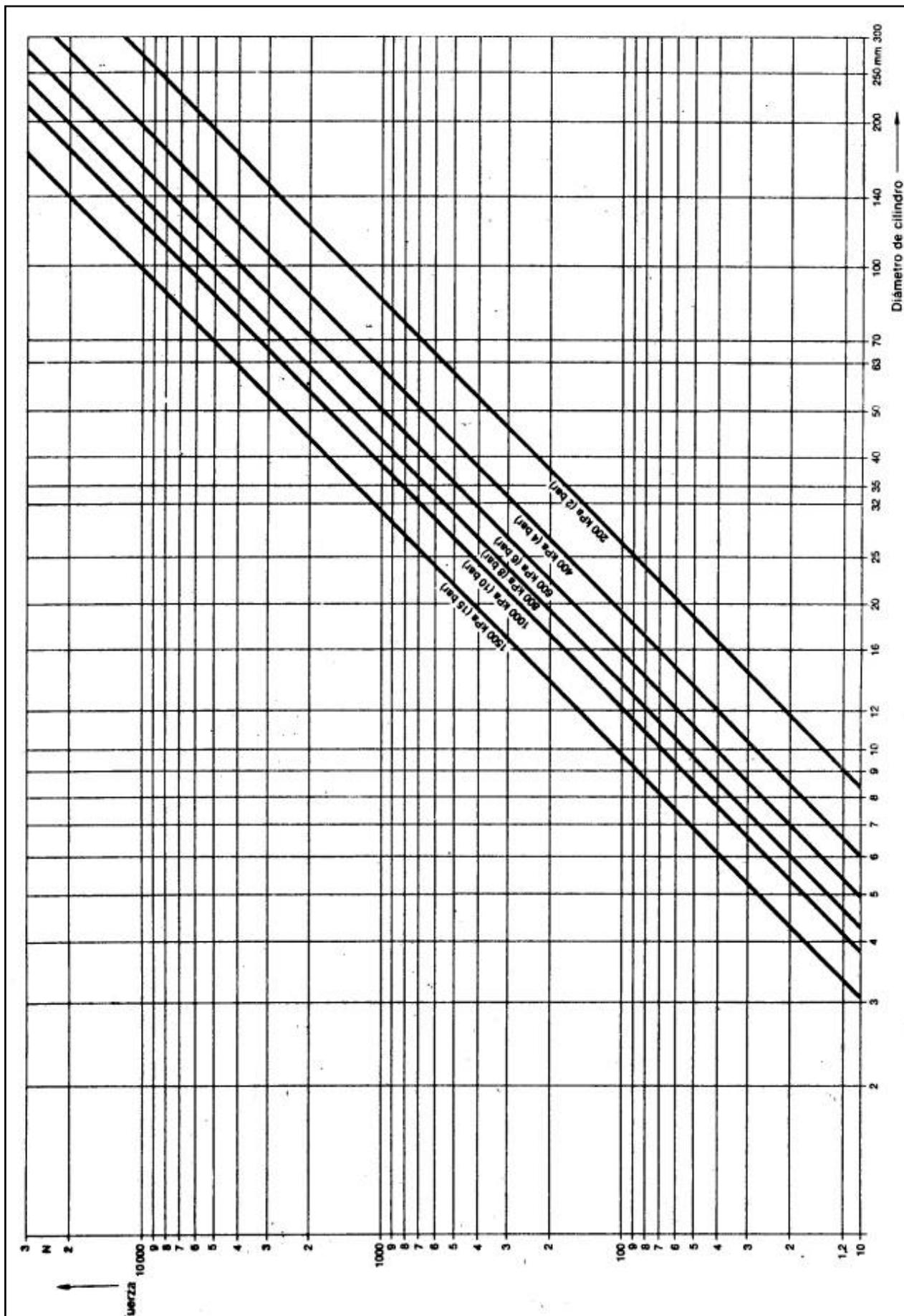


Figura 1.76. DIAGRAMA: Presión - Fuerza

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

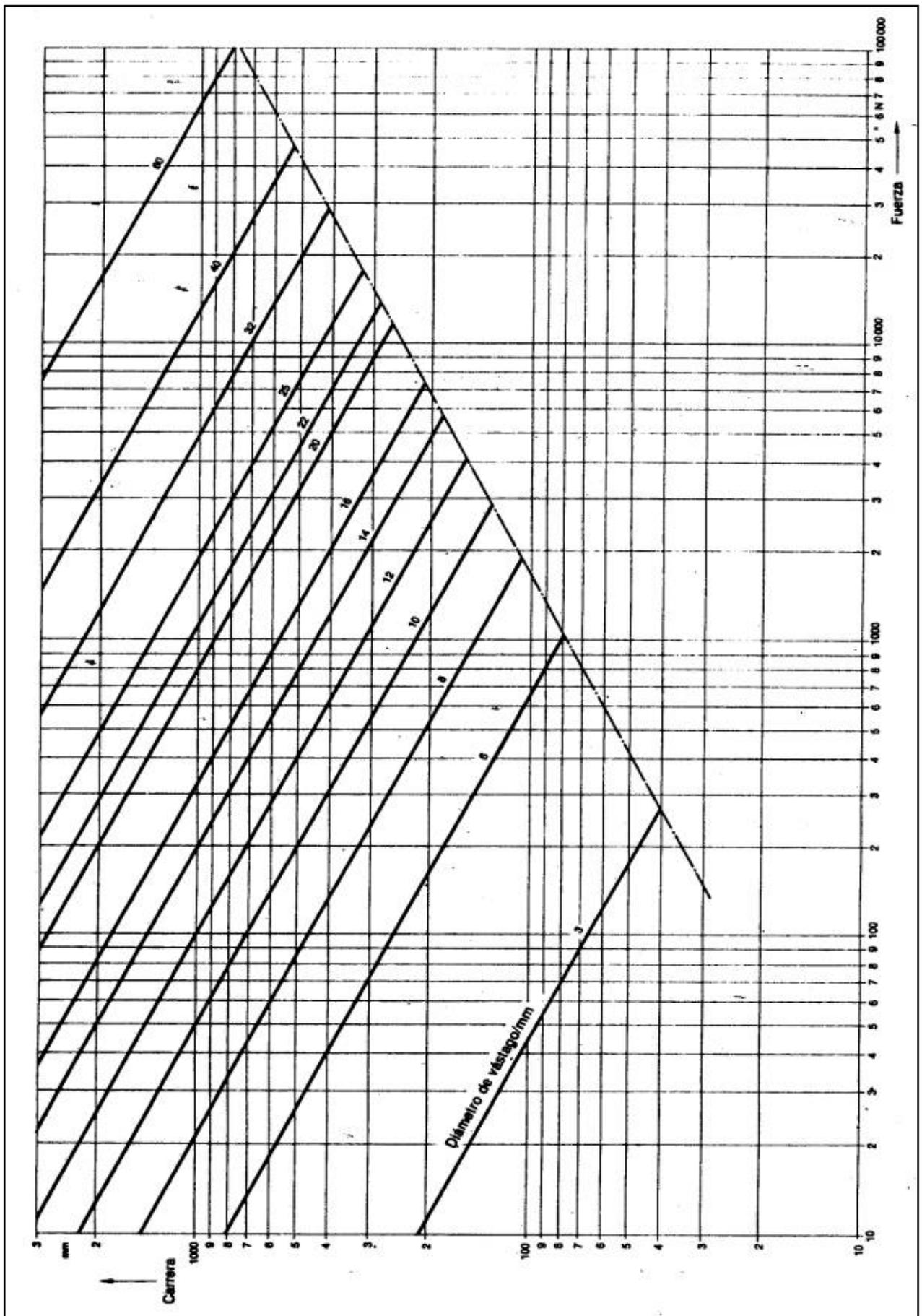


Figura 1.77. DIAGRAMA de Pandeo

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

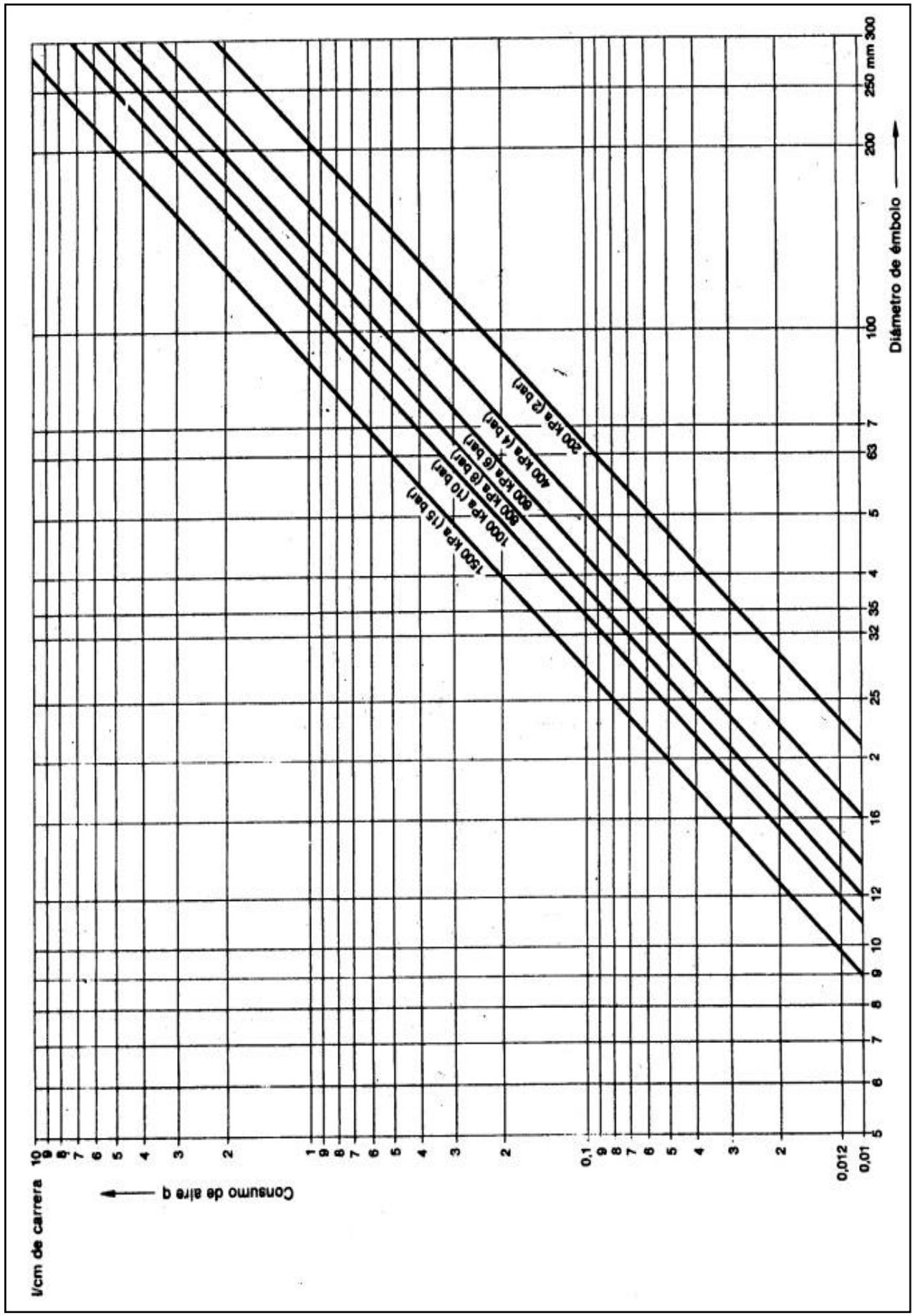


Figura 1.78. Diagrama: Consumo de Aire  
Fuente: [www.sapiensman.com](http://www.sapiensman.com)

## Longitud de carrera

La longitud de carrera en cilindros neumáticos no debe exceder de 2000 mm. Con 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.

## Velocidad del émbolo

La velocidad del émbolo en cilindros neumáticos depende de la fuerza antagonista de la presión 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 anti retorno 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, anti retorno y de estrangulación, y las de escape rápido proporcionan velocidades mayores o menores (véase el diagrama en la figura 1.71).

Para disponer de aire y conocer el gasto de energía, es importante conocer el consumo de la instalación.

Para una presión de trabajo, un diámetro y una carrera de émbolo determinado, el consumo de aire se calcula como sigue:

*Relación de comparación. Superficie del émbolo. Carrera.*

La relación del compresor  $p_e2:p_e1$  se calcula de la longitud siguiente:

$101.3 + \text{presión del trabajo} / 101.3$ ; en kPa (referida al nivel del mar)

Con ayuda de la tabla de la figura 78, se pueden establecer los datos del consumo de aire de una manera más sencilla y rápida. Los valores están expresados por cm de carrera para los diámetros más corrientes de cilindros y para presiones de 200 a 1.500 kPa (2 a 15 bar).

El consumo se expresa en los cálculos en litros (aire aspirado) por minuto.

Fórmulas para calcular el consumo de aire

Cilindro de simple efecto:

$$V = S * n * \frac{d^2 * \pi}{4} * \text{relación de compresión} \left( \frac{l}{\text{min}} \right)$$

Cilindro de doble efecto:

$$V = \left[ s * \frac{D^2 * \pi}{4} + s * \frac{(D^2 - d^2) * \pi}{4} \right] * n * \text{relación de compresión} \left( \frac{l}{\text{min}} \right)$$

$V =$  cantidad de aire (l/min)

$S =$  longitud de carrera (cm)

$n =$  ciclos por minuto

Ejemplo: Calcular el consumo de aire de un cilindro de doble efecto de 50 mm de diámetro (diámetro del vástago: 12 mm) y 100 mm de longitud de carrera,

El cilindro trabaja con 10 ciclos por minuto. La presión de trabajo es de 600 KPa (6 bar)

Relación de compresión:

$$\frac{101.3 + \text{presión de trabajo}}{101.3} = \frac{101.3 \text{ kPa} + 600 \text{ kPa}}{101.3 \text{ kPa}} = \frac{701.3}{101.3} = 6.9$$

Consumo de aire:

$$V = \left[ s * \frac{D^2 * \pi}{4} + s * \frac{(D^2 - d^2) * \pi}{4} \right] * n * \text{relación de compresión}$$

$$V = \left[ 10 * \frac{25 \text{ cm}^2 * \pi}{4} + 10 * \frac{(25 \text{ cm}^2 - 1.44 \text{ cm}^2) * \pi}{4} \right] * 10 \text{ min} * 6.9$$

$$V = [169.25 \text{ cm}^2 + 184.94 \text{ cm}^2] * 10 \text{ min} * 6.9$$

$$V = 381.2 \text{ cm}^2 * 69 \text{ min}$$

$$V = 26302.8 \text{ cm}^2 / \text{min} = 26.3 \text{ l/min}$$

La fórmula para calcular el consumo de aire conforme al diagrama de la figura 78.0 es la siguiente:

Cilindro de simple efecto

$$V = s * n * q \left( \frac{l}{\text{min}} \right)$$

Cilindro de doble efecto

$$V = 2 * (s * n * q) \left( \frac{l}{\text{min}} \right)$$

V = cantidad de aire (l/min)

s = longitud de carrera (cm)

n = ciclos por minutos

q = consumo de aire por cm de carrera (l/cm)

En caso de emplear el diagrama de consumo de aire de la figura 78.0, para nuestro ejemplo se obtiene la fórmula siguiente:

$$V = 2 * (s * n * q) \text{ l/min}$$

$$V = 2 * \left( 10 \text{ cm} * 10 /\text{min} * 0.134 \frac{l}{\text{cm}} \right) \text{ l/min}$$

$$V = 2 * 13.4 \text{ l/min}$$

$$V = 26.8 \text{ l/min}$$

En los cálculos del consumo de aire hay que tener en cuenta el llenado de las cámaras secundarias, que se rellenan en cada carrera. Los valores al respecto están reunidos para cilindros Festo en la tabla 1.8.

Diámetro de embolo mm	Lado anterior (tapa) cm <sup>3</sup>	Lado posterior (fondo) cm <sup>3</sup>	Diámetro de embolo mm	Lado anterior (tapa) cm <sup>3</sup>	Lado posterior (fondo) cm <sup>3</sup>
12	1	0.5	70	27	31
16	1	1.2	100	80	88
25	5	6	140	128	150
35	10	13	200	425	448
50	16	19	250	2005	2337
<b>1000 cm<sup>3</sup> = 1 litro</b>					

Tabla 1.8. Llenado de cámaras secundarias de un cilindro

Fuente: Autores

### 1.3.6. Elementos neumáticos con movimiento giratorio

Estos elementos transforman la energía neumática en un movimiento de giro mecánico. Son motores de aire comprimido.

#### 1.3.6.1. Motor de aire comprimido

Su ángulo de giro no está limitado y hoy es uno de los elementos de trabajo más empleados que trabajan con aire comprimido. Según su concepción, se distinguen:

- ✦ Motores de émbolo
- ✦ Motores de aletas
- ✦ Motores de engranajes
- ✦ Turbomotores

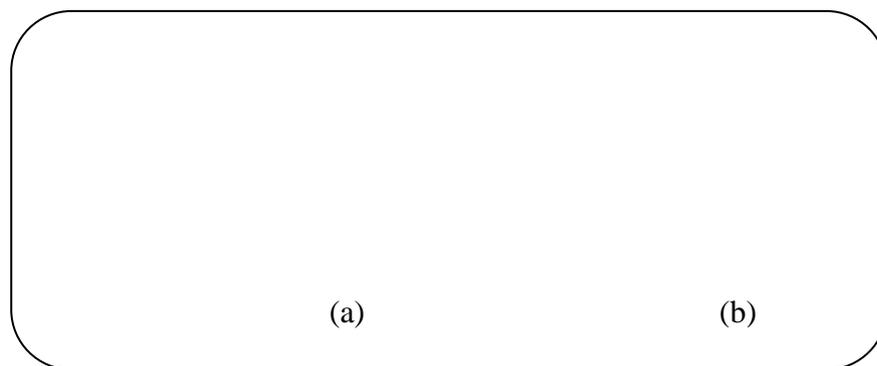
##### 1.3.6.1.1. Motores de émbolo

Este tipo se subdivide además en motores de émbolo axial y de émbolo radial. Por medio de cilindros de movimiento alternativo, el aire comprimido acciona, a través de una biela, el cigüeñal del motor. Se necesitan varios cilindros con el fin de asegurar un funcionamiento libre de sacudidas. La potencia de los motores depende de la presión de entrada, del número de émbolos y de la superficie y velocidad de éstos. *Figura 1.79 (a)*.

El funcionamiento del motor de émbolo axiale, *figura 1.79 (b)* es idéntico al de émbolos radiales. En cinco cilindros dispuestos axialmente, la fuerza se transforma por medio de un plato oscilante en un movimiento rotativo. Dos cilindros reciben cada vez aire comprimido simultáneamente al objeto de equilibrar el par y obtener un funcionamiento tranquilo.

Estos motores de aire comprimido se ofrecen para giro a derechas y giro a izquierdas.

La velocidad máxima es de unas 5000 revoluciones por minuto, y la potencia a presión normal, varía entre 1,5 y 19 Kw (2-25 CV).



**Figura 1.79.(a) motor de embolo axial. (b) motor de embolo radial**

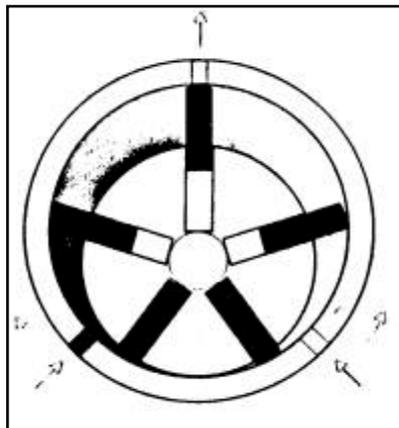
### 1.3.6.1.2. Motores de aletas

Por su construcción sencilla y peso reducido, los motores de aire comprimido generalmente se fabrican como máquinas de rotación. Constituyen entonces, en su principio, la inversión del compresor multicelular (compresor rotativo).

Un rotor excéntrico dotado de ranuras gira en una cámara cilíndrica. En las ranuras se deslizan aletas, que son empujadas contra la pared interior del cilindro por el efecto de la fuerza centrífuga, garantizando así la estanqueidad de las diversas cámaras. Bastan pequeñas cantidades de aire para empujar las aletas contra la pared interior del cilindro, en parte antes de poner en marcha el motor.

En otros tipos de motores, las aletas son empujadas por la fuerza de resortes. Por regla general estos motores tienen de 3 a 10 aletas, que forman las cámaras en el interior del motor. En dichas cámaras puede actuar el aire en función de la superficie de ataque de las aletas. El aire entra en la cámara más pequeña y se dilata a medida que el volumen de la cámara aumenta. *Figura 1.80.*

La velocidad del motor varía entre 3.000 y 8.500 rpm. También de este motor hay unidades de giro a derechas y de giro a izquierdas, así como de potencias conmutables de 0,1 a 17 Kw (0,1 a 24 CV).



*Figura 1.80. Motor de aleta*

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

### 1.3.6.1.3. Motor de engranajes

En este tipo de motor, el par de rotación es engendrado por la presión que ejerce el aire sobre los flancos de los dientes de piñones engranados. Uno de los piñones es solidario con el eje del motor.

Estos motores de engranaje sirven de máquinas propulsoras de gran potencia 44 Kw (60 CV). El sentido de rotación de estos motores, equipados con dentado recto o helicoidal, es reversible.

#### **1.3.6.1.4. Turbomotores**

Pueden utilizarse únicamente para potencias pequeñas, pero su velocidad es muy alta (tornos neumáticos del dentista de hasta 500.000 rpm). Su principio de funcionamiento es inverso al de los turbocompresores.

#### **Características de los motores de aire comprimido**

Regulación sin escalones de la velocidad de rotación y del par motor.

- a) Gran selección de velocidades de rotación.
- b) Pequeñas dimensiones (y reducido peso).
- c) Gran fiabilidad, seguros contra sobrecarga.
- d) Insensibilidad al polvo, agua, calor y frío.
- e) Ausencia de peligro de explosión.
- f) Reducido mantenimiento.
- g) Sentido de rotación fácilmente reversible

#### **1.3.7. Válvulas**

##### **1.3.7.1 Generalidades**

Los mandos neumáticos están constituidos por elementos de señalización, elementos de mando y una parte de trabajo. Los elementos de señalización y mando modulan las fases de trabajo de los elementos de trabajo y se denominan válvulas. Los sistemas neumáticos lo constituyen:

- ✦ Elementos de información
- ✦ Órganos de mando
- ✦ Elementos de trabajo

Para el tratamiento de la información y órganos de mando es preciso emplear aparatos que controlen y dirijan el flujo de forma preestablecida, lo que obliga a disponer de una serie de elementos que efectúen las funciones deseadas relativas al control y dirección del flujo del aire comprimido.

En los principios del automatismo, los elementos rediseñados se mandan manual o mecánicamente. Cuando por necesidades de trabajo se precisaba efectuar el mando a distancia, se utilizaban elementos de comando por émbolo neumático (servo).

Actualmente, además de los mandos manuales para la actuación de estos elementos, se emplean para el comando de procedimientos servo-neumáticos y electro-neumáticos que efectúan en casi su totalidad el tratamiento de la información y de la amplificación de señales.

La gran evolución de la neumática y la hidráulica han hecho, a su vez, evolucionar los procesos para el tratamiento y amplificación de señales, y por tanto, hoy en día se

dispone de una gama muy extensa de válvulas y distribuidores que nos permiten elegir el sistema que mejor se adapte a las necesidades.

Hay veces que el comando se realiza neumáticamente y otras nos obliga a recurrir a la electricidad por razones diversas, sobre todo cuando las distancias son importantes y no existen circunstancias adversas.

Las válvulas en términos generales, tienen las siguientes misiones:

- ✦ Distribuir el fluido
- ✦ Regular caudal
- ✦ Regular presión

Las válvulas son elementos que mandan o regulan la puesta en marcha, el paro y la dirección, así como la presión o el caudal del fluido enviado por una bomba hidráulica o almacenada en un depósito. En lenguaje internacional, el término "válvula" o "distribuidor" es el término general de todos los tipos tales como válvulas de corredera, de bola, de asiento, grifos, etc.

Esta es la definición de la norma DIN/ISO 1219 conforme a una recomendación del CETOP<sup>16</sup>.

Según su función las válvulas se subdividen en 5 grupos:

- ✦ Válvulas de vías o distribuidoras
- ✦ Válvulas de bloqueo
- ✦ Válvulas de presión
- ✦ Válvulas de caudal
- ✦ Válvulas de cierre

### **1.3.7.2 Válvulas distribuidoras**

Estas válvulas son los componentes que determinan el camino que ha de tomar la corriente de aire, a saber, principalmente puesta en marcha y paro (Start-Stop). Son válvulas de varios orificios (vías) los cuales determinan el camino que debe seguir el fluido bajo presión para efectuar operaciones tales como puesta en marcha, paro, dirección, etc.

Pueden ser de dos, tres, cuatro y cinco vías correspondiente a las zonas de trabajo y, a la aplicación de cada una de ellas, estará en función de las operaciones a realizar.

#### **1.3.7.2.1 Representación esquemática de las válvulas**

Para representar las válvulas distribuidoras en los esquemas de circuito se utilizan símbolos; éstos no dan ninguna orientación sobre el método constructivo de la válvula; solamente indican su función. Hay que distinguir, principalmente:

---

<sup>16</sup> **CETOP**: Comité Européen des Transmissions Oléohydrauliques et Pneumatiques. Comité europeo de transmisiones oleo hidráulicas y neumáticas.

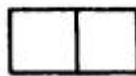
Las vías, número de orificios correspondientes a la parte de trabajo.

Las posiciones, las que puede adoptar el distribuidor para dirigir el flujo por una u otra vía, según necesidades de trabajo.

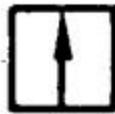
Las posiciones de las válvulas distribuidoras se representan por medio de cuadrados.



La cantidad de cuadrados yuxtapuestos indica la cantidad de posiciones de la válvula distribuidora.



El funcionamiento se representa esquemáticamente en el interior de las casillas (cuadros).



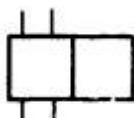
Las líneas representan tuberías o conductos. Las flechas, el sentido de circulación del fluido.



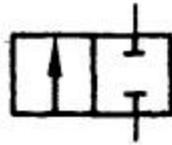
Las posiciones de cierre dentro de las casillas se representan mediante líneas transversales. La unión de conductos o tuberías se representa mediante un punto.



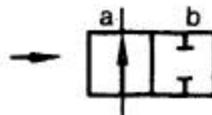
Las conexiones (entradas y salidas) se representan por medio de trazos unidos a la casilla que esquematiza la posición de reposo o inicial.



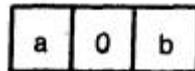
La otra posición se obtiene desplazando lateralmente los cuadrados, hasta que las conexiones coincidan.



Las posiciones pueden distinguirse por medio de letras minúsculas a, b, c y 0.



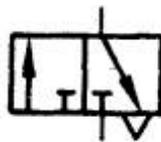
Válvula de 3 posiciones. Posición intermedia = Posición de reposo.



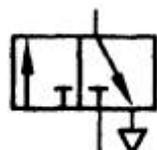
Por posición de reposo se entiende, en el caso de válvulas con dispositivo de reposición, p. ej., un muelle, aquella posición que las piezas móviles ocupan cuando la válvula no está conectada.

La posición inicial es la que tienen las piezas móviles de la válvula después del montaje de ésta, establecimiento de la presión y, en caso dado conexión de la tensión eléctrica. Es la posición por medio de la cual comienza el programa preestablecido.

Conductos de escape sin empalme de tubo (aire evacuado a la atmósfera). Triángulo directamente junto al símbolo.



Conductos de escape con empalme de tubo (aire evacuado a un punto de reunión). Triángulo ligeramente separado del símbolo.



Para evitar errores durante el montaje, los empalmes se identifican por medio de letras mayúsculas:

Rige lo siguiente:

- ◆ Tuberías o conductos de trabajo A, B, C.
- ◆ Empalme de energía P.
- ◆ Salida de escape R, S, T.
- ◆ Tuberías o conductos de pilotaje Z, Y, X.

#### **1.3.7.2.2 Accionamiento de válvulas**

Según el tiempo de accionamiento se distingue entre:

##### ***1. Accionamiento permanente, señal continua***

La válvula es accionada manualmente o por medios mecánicos, neumáticos o eléctricos durante todo el tiempo hasta que tiene lugar el reposicionamiento. Este es manual o mecánico por medio de un muelle.

##### ***2. Accionamiento momentáneo, impulso***

La válvula es invertida por una señal breve (impulso) y permanece indefinidamente en esa posición, hasta que otra señal la coloca en su posición anterior.

#### **1.3.7.3 Características de construcción de válvulas distribuidoras**

Las características de construcción de las válvulas determinan su duración, fuerza de accionamiento, racores y tamaño.

Según la construcción, se distinguen los tipos siguientes:

- Válvulas de asiento: esférico
- Disco plano
- Válvulas corredoras: de émbolo
- Émbolo y cursor
- De disco giratorio

#### **1.3.7.4 Válvulas de asiento**

En estas válvulas, los empalmes se abren y cierran por medio de bolas, discos, placas o conos. La estanqueidad se asegura de una manera muy simple, generalmente por juntas elásticas. Los elementos de desgaste son muy pocos y, por tanto, estas válvulas tienen gran duración. Son insensibles a la suciedad y muy robustas.

Las válvulas de asiento presentan el problema de que el accionamiento en una de las posiciones de la válvula debe vencer la fuerza ejercida por el resorte y aquel producto de la presión. Esto hace necesario una fuerza de accionamiento relativamente alta.

En general presentan un tipo de respuesta pequeña, ya que un corto desplazamiento determina que pase un gran caudal.

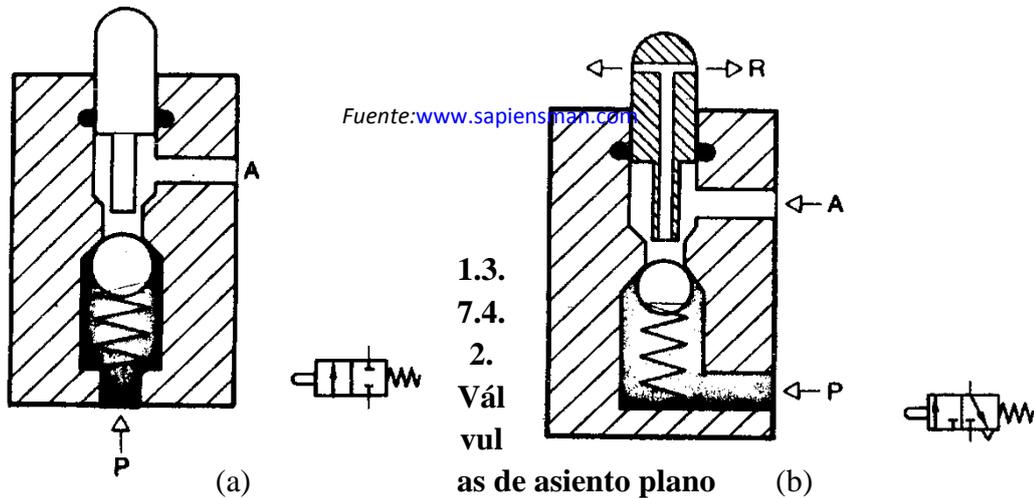
La fuerza de accionamiento es relativamente elevada, puesto que es necesario vencer la resistencia del muelle incorporado de reposicionamiento y la presión del aire.

### 1.3.7.4.1. Válvulas de asiento esférico

Estas válvulas son de concepción muy simple y, por tanto, muy económicas. Se distinguen por sus dimensiones muy pequeñas.

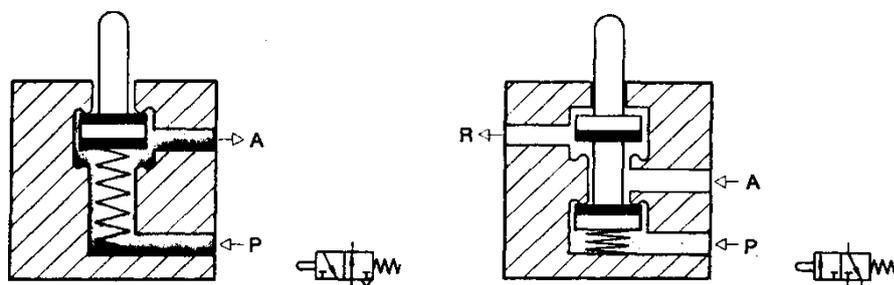
Un muelle mantiene apretada la bola contra el asiento; el aire comprimido no puede fluir del empalme P hacia la tubería de trabajo A. Al accionar el taqué, la bola se separa del asiento. Es necesario vencer al efecto la resistencia M muelle de reposicionamiento y la fuerza del aire comprimido. Estas válvulas son distribuidoras 2/2, porque tienen dos posiciones (abierta y cerrada) y dos orificios activos (P y A). *Figura 1.81 (a)*.

Con escape a través del taqué de accionamiento, se utilizan también como válvulas distribuidoras 3/2. El accionamiento puede ser manual o mecánico. *Figura 1.81 (b)*.



*Figura 1.81. (a) Válvula 2/2 de asiento esférico. (b) válvula 3/2 utilizada también como distribuidora.* Las válvulas representadas en la *figura 1.82 (a)*, tienen una junta simple que asegura la estanqueidad necesaria. El tiempo de respuesta es muy pequeño, puesto que un desplazamiento corto determina un gran caudal de paso, También estas válvulas son insensibles a la suciedad y tienen, por eso, una duración muy larga.

Al accionar el taqué, en un margen breve, se unen los tres empalmes P, A y R. Como consecuencia, en movimientos lentos una cantidad grande de aire comprimido escapa de P hacia R, a la atmósfera, sin haber rendido antes trabajo. Estas son válvulas que no tienen escape exento de solapo *figura 1.82 (b)*.



(a)

(b)

**Figura 1.82.(a) Válvula distribuidora 3/2 abierta. (b) Válvula distribuidora 3/2 cerrada**

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

Las válvulas construidas según el principio de disco individual tienen un escape sin solapo. No se pierde aire cuando la conmutación tiene lugar de forma lenta, *figura 1.83 (a)*.

Al accionar el taqué se cierra primeramente el conducto de escape de A hacia R, porque el taqué asienta sobre el disco. Al seguir apretando, el disco se separa del asiento, y el aire puede circular de P hacia A. El reposicionamiento se realiza mediante un muelle. *Figura 1.83 (b)*.

Las válvulas distribuidoras 3/2 se utilizan para mandos con cilindros de simple efecto o para el pilotaje de servo elementos.

En el caso de una válvula abierta en reposo (abierta de P hacia A), al accionar se cierra con un disco el paso de P hacia A. Al seguir apretando, otro disco se levanta de su asiento y abre el paso de A hacia R. El aire puede escapar entonces por R. Al soltar el taqué, los muelles reposicionan el émbolo con los discos estanqueizantes hasta su posición inicial *figura 1.83 (c)*.

Las válvulas pueden accionarse manualmente o por medio de elementos mecánicos, eléctricos o neumáticos.



**3/2 Cerrada en posición de**

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



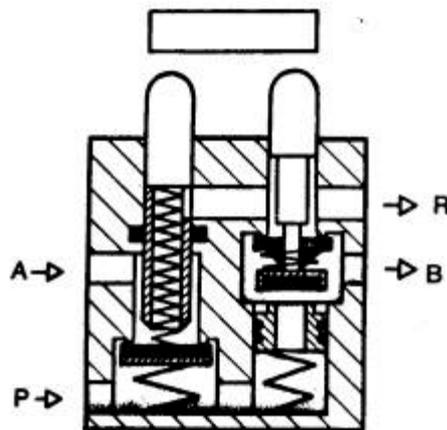
**Figura 1.83. Válvula distribuidora 3/2 Abierta en posición de reposo**

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

Una válvula 4/2 que trabaja según este principio es una combinación de dos válvulas 3/2, una de ellas cerrada en posición de reposo y la otra, abierta en posición de reposo.

En la figura 1.84, los conductos de P hacia B y de A hacia R están abiertos. Al accionar simultáneamente los dos taqués se cierra el paso de P hacia B y de A hacia R. Al seguir apretando los taqués contra los discos, venciendo la fuerza de los muelles de reposicionamiento se abre el paso de P hacia A y de B hacia R.

Esta válvula tiene un escape sin solapo y regresa a su posición inicial por la fuerza de los muelles. Se emplea para mandos de cilindros de doble efecto.



**Figura 1.84. Válvula 4/2 – combinación de dos válvulas 3/2**

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

La figura 1.85 muestra una válvula distribuidora 5/2 que trabaja según el principio de las válvulas de disco flotante. Se invierte alternativamente por aire comprimido y permanece en la posición correspondiente hasta que recibe un impulso inverso. Al recibir presión, el émbolo de mando - como en una corredera longitudinal - se desplaza. En el centro de dicho émbolo se encuentra un disco con una junta anular, que une los conductos de trabajo A o B con empalme de presión P o los separa de este. El escape se realiza a través de R ó S.

Una placa de montaje universal, sobre la cual se fijan las válvulas, garantiza una intercambiabilidad rápida de las diversas válvulas.

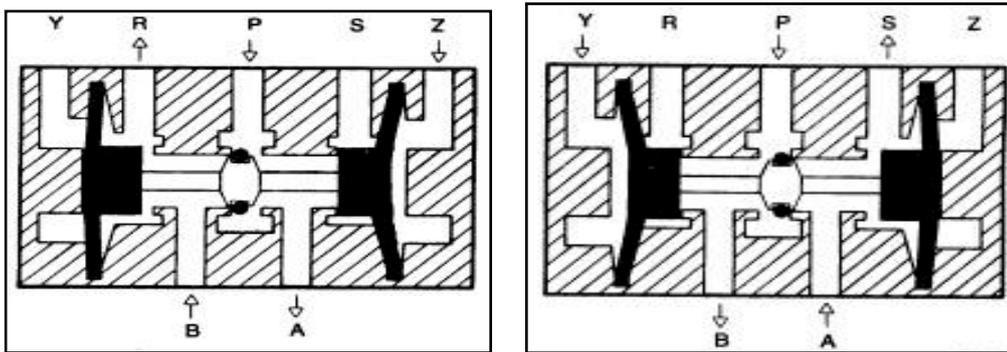


Figura 1.85. Válvulas 5/2 – principio de válvulas de disco flotante

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

### 1.3.7.5. Válvula servopilotada.

#### Válvula distribuidora 3/2, servopilotada (principio de junta de disco)

Para que las fuerzas de accionamiento no sean grandes, las válvulas de mando mecánico se equipan también con válvulas de servo pilotaje.

La fuerza de accionamiento de una válvula es decisiva para el caso de aplicación. En la válvula descrita de 1/8", con 600 kPa (6 bar), es de 1,8 N (180 p), aprox.

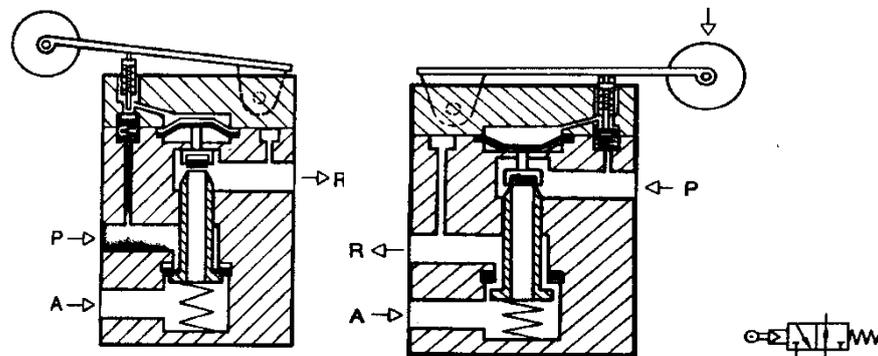


Figura 1.86: Válvula distribuidora 3/2 (cerrada en posición de reposo)

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

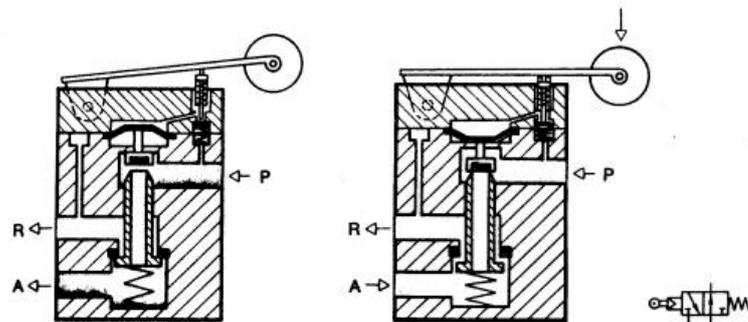
#### Funcionamiento:

La válvula de servo pilotaje está unida al empalme de presión (P) por medio de un taladro pequeño. Cuando se acciona el rodillo, se abre la válvula de servo pilotaje. El aire comprimido circula hacia la membrana y hace descender el platillo de válvula.

La inversión se realiza en dos fases:

En primer lugar se cierra el conducto de A hacia R, y luego se abre el P hacia A. La válvula se re-posiciona al soltar el rodillo. Se cierra el paso de la tubería de presión hacia la membrana y se purga de aire. El muelle hace regresar el émbolo de mando de la válvula principal a su posición inicial.

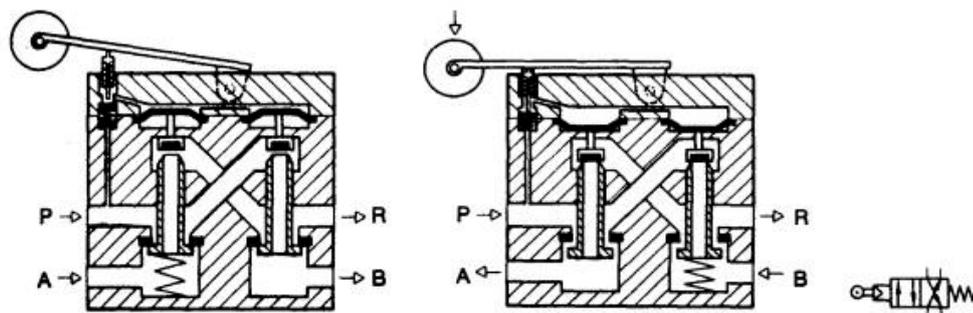
Este tipo de válvula puede emplearse opcionalmente como válvula normalmente abierta o normalmente cerrada. Para ello sólo hay que permutar los empalmes P y R e invertir el cabezal de accionamiento 180°.



*Figura 1.87: Válvula distribuidora 3/2 (abierta en posición de reposo)*

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

En la válvula distribuidora 4/2 servopilotada, a través de la válvula de servo pilotaje reciben aire comprimido dos membranas, y dos émbolos de mando unen los diversos empalmes. La fuerza de accionamiento no varía; es también de 1,8 N (180 p).



*Figura 1.88: Válvula distribuidora 4/2 (servopilotada)*

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

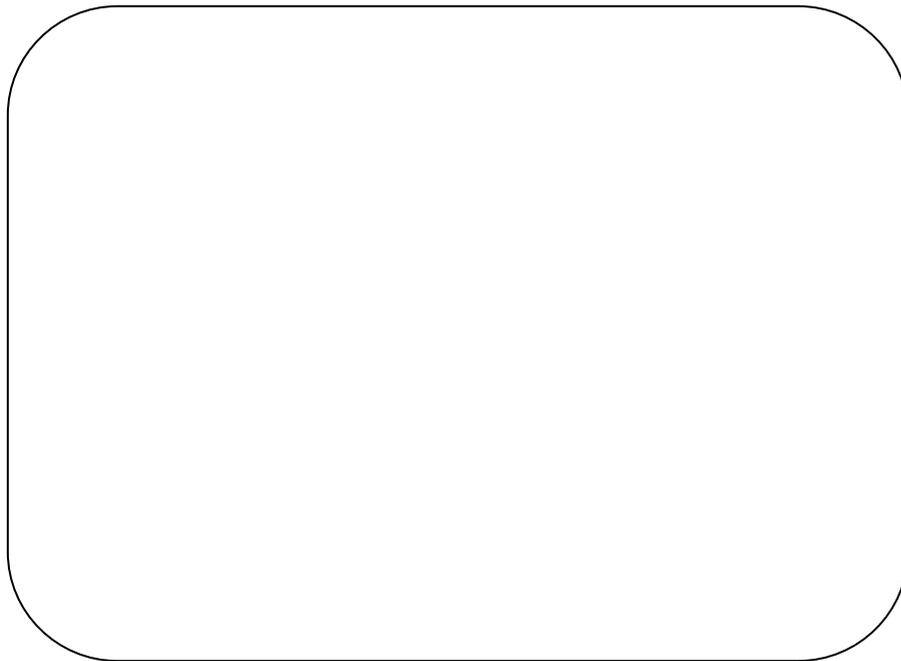
### 1.3.7.6 Válvulas de corredera

En estas válvulas, los diversos orificios se unen o cierran por medio de una corredera de émbolo, una corredera plana de émbolo o una corredera giratoria. Consiste en un cuerpo que en su interior contiene una parte móvil y una serie de pasajes internos. La parte

móvil puede (al adoptar diversas posiciones) desconectar o comunicar entre sí, de diversas formas, a estos pasajes internos. La parte móvil la constituye una pieza torneada que puede deslizarse (como si fuera un pistón) dentro de una cavidad cilíndrica que tiene el cuerpo de la válvula. La forma de esta parte móvil en el caso de las válvulas direccional se asemeja a un grupo de varios émbolos pequeños, unidos a un eje que los atraviesa por el centro y que los mantiene separado entre sí. En inglés este tipo de obturador recibe el nombre de "spool".

#### **1.3.7.6.1. Válvula de corredera longitudinal**

El elemento de mando de esta válvula es un émbolo que realiza un desplazamiento longitudinal y une o separa al mismo tiempo los correspondientes conductos. La fuerza de accionamiento es reducida, porque no hay que vencer una resistencia de presión de aire o de muelle (como en el principio de bola o de junta de disco). Las válvulas de corredera longitudinal pueden accionarse manualmente o mediante medios mecánicos, eléctricos o neumáticos. Estos tipos de accionamiento también pueden emplearse para re-posicionar la válvula a su posición inicial. La carrera es mucho mayor que en las válvulas de asiento plano.



*Figura 1.89: Válvula distribuidora 5/2 (principio de corredera longitudinal)*

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

En esta ejecución de válvulas de corredera, la estanqueidad representa un problema. El sistema conocido "metal contra metal" utilizado en hidráulica exige un perfecto ajuste de la corredera en el interior del cilindro. Para reducir las fugas al mínimo, en neumática, el juego entre la corredera y el cilindro no debe sobrepasar 0,002 a 0.004 mm. Para que los costos de fabricación no sean excesivos, sobre el émbolo se utilizan

juntas toroidales<sup>17</sup> (anillos toroidales) o de doble copa o juntas toroidales fijas en el cuerpo. Al objeto de evitar que los elementos estanqueizantes se dañen, los orificios de empalme pueden repartirse en la superficie del cilindro.

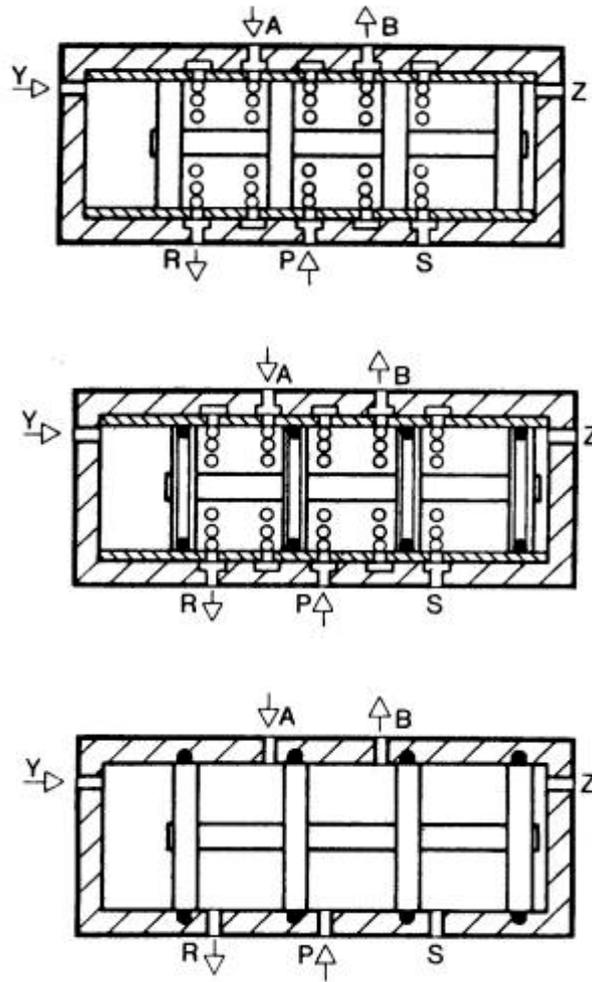


Figura 1.90: Diferentes métodos de estanqueidad entre el émbolo y el cuerpo.

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

La figura 1.91 muestra una válvula sencilla de corredera longitudinal manual. Al desplazar el casquillo se unen los conductos de P hacia A y de A hacia R. Esta válvula, de concepción muy simple se emplea como válvula de cierre (válvula principal) delante de los equipos neumáticos.

<sup>17</sup>**Toroide.** m. *Geom.* Superficie de revolución engendra por la rotación de una recta fija de su plano, que no la

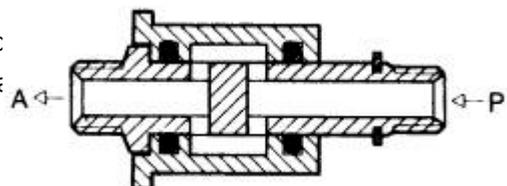
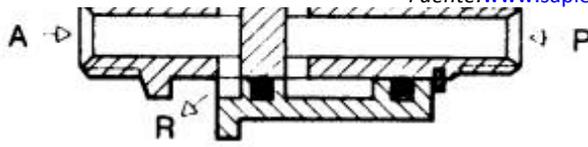


Figura 1.91: Válvula de corredera longitudinal manual (válvula distribuidora 3/2)

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



### 1.3.7.6.2. Válvula de corredera y cursor lateral

En esta válvula, un émbolo de mando se hace cargo de la función de inversión. Los conductos se unen o separan, empero, por medio de una corredera plana adicional. La estanqueidad sigue siendo buena aunque la corredera plana se desgaste, puesto que se reajusta automáticamente por el efecto del aire comprimido y del muelle incorporado. En el émbolo de mando mismo, hay anillos toroidales que hermetizan las cámaras de aire. Estas juntas no se deslizan nunca por encima de los orificios pequeños. En este tipo de válvula, la comunicación entre las distintas conexiones se realiza gracias a la acción de un cursor. La ventaja en la utilización de este elemento, radica en el hecho de que el resorte lo apoya continuamente, supliendo el desgaste natural del cursor por efecto del rozamiento interno, en la válvula vista anteriormente, el rozamiento no es compensado de manera que el desgaste de la corredera puede permitir la filtración a otras conexiones.

En este tipo de válvulas, las fuerzas de accionamiento son comparativamente pequeñas, comparadas con las válvulas de asiento.

La válvula representada en la figura 1.92 es una válvula distribuidora 4/2 (según el principio de corredera y cursor lateral). Se invierte por efecto directo de aire comprimido. Al recibir el émbolo de mando aire comprimido del empalme de mando Y, une el conducto P con B, y el aire de la tubería A escapa hacia R. Si el aire comprimido viene del orificio de pilotaje Z, se une P con A, y el aire de B escapa por R. Al desaparecer el aire comprimido de la tubería de mando, el émbolo permanece en la posición en que se encuentra momentáneamente, hasta recibir otra señal del otro lado.

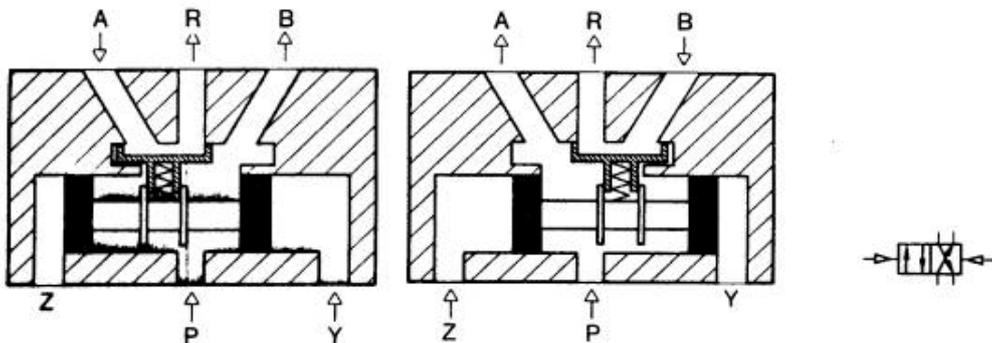


Figura 1.92: Válvula de corredera y cursor lateral (válvula distribuidora 4/2) inversión por efecto de presión.

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

### 1.3.7.6.3. Mando por aplicación bilateral de presión:

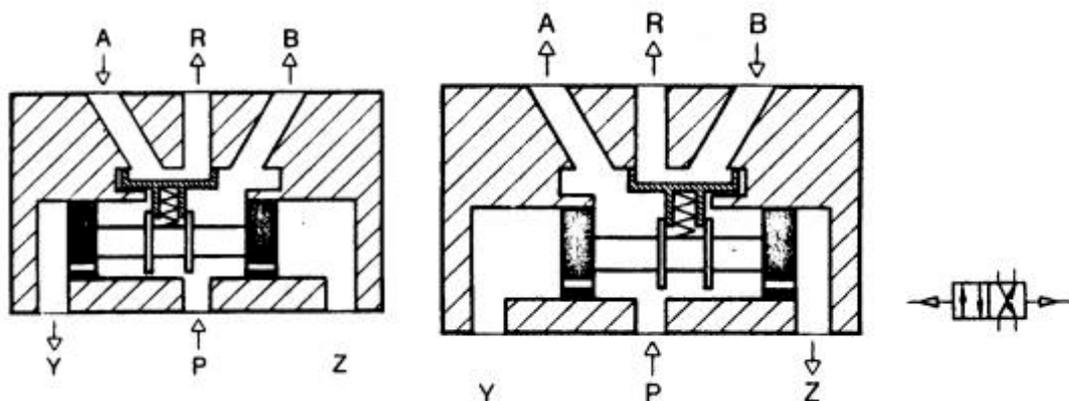
Existe otro tipo de distribuidor que se distingue del precedente por su modo de accionamiento. Se trata de un distribuidor de impulsos negativos de presión.

En este caso el aire es evacuado de las dos cámaras de pilotaje. Por eso, el émbolo de mando tiene en ambos lados orificios pequeños que comunican con el empalme de presión P. Cuando hay aire comprimido en este empalme, también reciben presión los dos lados del émbolo de mando. Reina equilibrio.

Cuando el empalme de mando Y abre el paso, en este lado disminuye la presión. En el otro lado Z reina una presión mayor, que empuja el émbolo de mando hacia el lado del que acaba de escapar aire. El empalme P se une con el conducto de trabajo B, y el conducto de trabajo A con el de escape de aire R.

Después de cerrar el empalme de mando Y, en esta cámara se forma de nuevo presión, y el émbolo de mando permanece en la posición en que se encuentra hasta que se abre el empalme Z y tiene lugar una inversión en el otro sentido. La segunda tubería de trabajo A se une entonces con el empalme de presión P y B con R.

La estructura de un mando con estas válvulas es sencilla y económica, pero el mando no es seguro, porque en caso de rotura de una tubería la válvula invierte automáticamente. No pueden resolverse los mandos y las exigencias adicionales en todo caso. Si las longitudes de tubería de mando (volumen) son muy variadas, en el momento de conectar la presión puede producirse una inversión automática. Para garantizar una inversión correcta, es necesario que el volumen de aire de las dos cámaras sea lo más pequeño posible.



*Figura 1.93: Válvula de corredera y cursor lateral (válvula distribuidora 4/2. Mando por depresión.*

### 1.3.7.7. Caudal de válvulas

Los datos de pérdida de presión y de caudal de aire de válvulas neumáticas son muy interesantes para la persona que las aplique. Para la elección de las válvulas deben conocerse:

- ✦ Volumen y velocidad del cilindro
- ✦ Cantidad de conmutaciones exigidas
- ✦ Caída de presión admisible

Es indispensable, pues, marcar las válvulas neumáticas con su caudal nominal  $V_N$ . En el cálculo de los valores de paso deben tenerse en cuenta diversos factores.

Los factores son los siguientes:

$p_1$  = presión en la entrada de la válvula (kPa/bar)

$p_2$  = presión en la salida de la válvula (kPa/bar)

$\Delta P$  = presión diferencial ( $p_1 - p_2$ ) (kPa/bar)

$T$  = temperatura ( $^{\circ}k$ )

$V_N$  = Caudal nominal (l/min)

En la medición, el aire fluye a través de la válvula en un solo sentido. Se conoce la presión de entrada, y puede medirse la de salida. La diferencia entre estos dos valores es igual a la presión diferencial  $\Delta p$ . Con un caudalímetro se mide la cantidad de aire que pasa a través de la válvula.

El valor  $V_N$  es un valor de calibración, referido a una presión de 600 kPa (6 bares), una caída de presión  $\Delta p = 100$  kPa (1 bar) y una temperatura de 293  $^{\circ}K$  (20  $^{\circ}C$ ). Si se trabaja con otras presiones, caídas de presión y temperaturas, hay que calcular con el valor  $V_N$  (caudal de aire). El dato del caudal nominal lo da el monograma que esta a continuación.

### 1.3.7.8 Válvulas de bloqueo

Son elementos que bloquean el paso  $M$  caudal preferentemente en un sentido y lo permiten únicamente en el otro sentido. La presión del lado de salida actúa sobre la pieza obturadora y apoya el efecto de cierre hermético de la válvula.

#### 1.3.7.8.1. Válvula anti retorno

Las válvulas anti retorno impiden el paso absolutamente en un sentido; en el sentido contrario, el aire circula con una pérdida de presión mínima. La obturación en un sentido puede obtenerse mediante un cono, una bola, un disco o una membrana.

Símbolo:

Válvula anti retorno, que cierra por el efecto de una fuerza que actúa sobre la parte a bloquear.

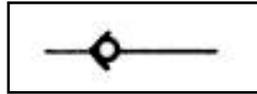


Figura 1.94.(a) Válvula anti retorno

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

Válvula anti retorno con cierre por contrapresión, p.ej., por muelle. Cierra cuando la presión de salida es mayor o igual que la de entrada.

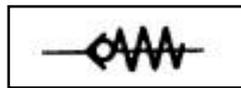


Figura 1.94.(b) Válvula anti retorno por muelle

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

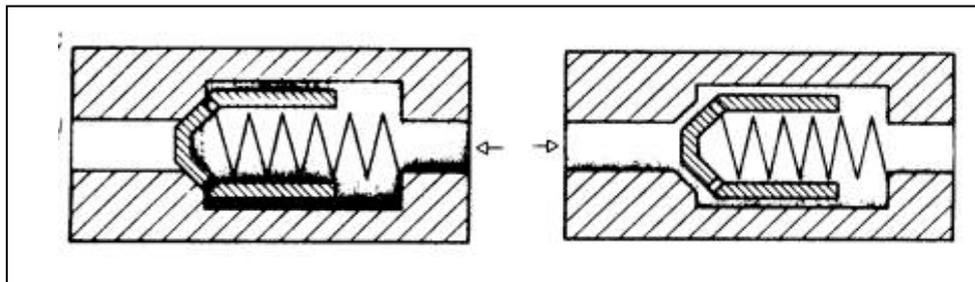


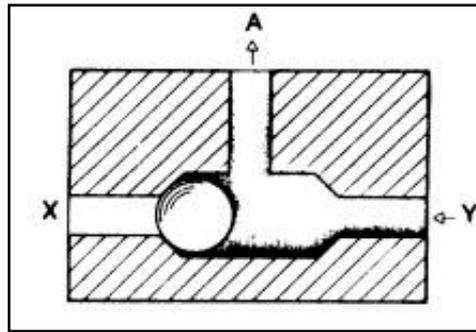
Figura 1.94(c) válvula anti retorno esquema

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

### 1.3.7.8.2. Válvula selectora de circuito

También se llama válvula anti retorno. De doble mando o anti retorno doble.

Esta válvula tiene dos entradas X y Y y una salida A. Cuando el aire comprimido entra por X, la bola obtura o bloquea la entrada Y y el aire circula de X a A. Inversamente, el aire pasa de Y a A cuando la entrada X está cerrada. Cuando el aire regresa, es decir, cuando sale el aire de un cilindro o una válvula, la bola, por la relación de presiones, permanece en la posición en que se encuentra momentáneamente, figura 1.95 (a).

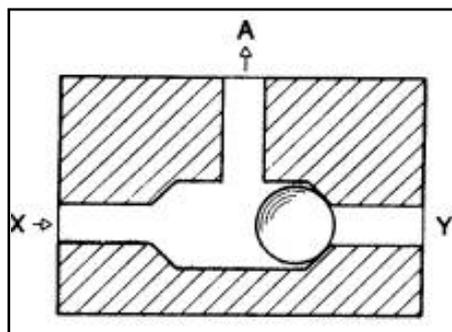


**Figura 1.95(a) válvula selectora – posición X**

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

Esta válvula se denomina también «elemento 0 (OR)»; aísla las señales emitidas por válvulas de señalización desde diversos lugares e impide que el aire escape por una segunda válvula de señalización.

Si se desea mandar un cilindro o una válvula de mando desde dos o más puntos, será necesario montar esta válvula, *figura 1.95 (b)*.



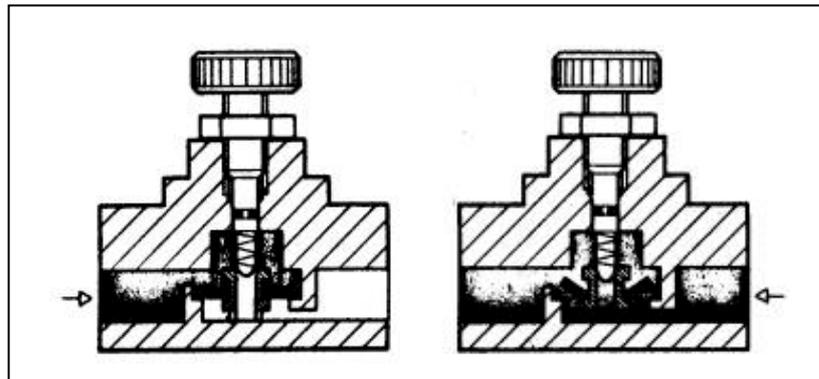
**Figura 1.95(b) válvula selectora – posición Y**

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

### 1.3.7.8.3. Válvula anti retorno y de estrangulación

También se conoce por el nombre de regulador de velocidad o regulador unidireccional. Estrangula el caudal de aire en un solo sentido. Una válvula anti retorno cierra el paso del aire en un sentido, y el aire puede circular sólo por la sección ajustada. En el sentido contrario, el aire circula libremente a través de la válvula anti retorno abierta. Estas válvulas se utilizan para regular la velocidad de cilindros neumáticos.

Para los cilindros de doble efecto, hay por principio dos tipos de estrangulación. Las válvulas anti retorno y de estrangulación deben montarse lo más cerca posible de los cilindros, *figura 1.96 (a)*.

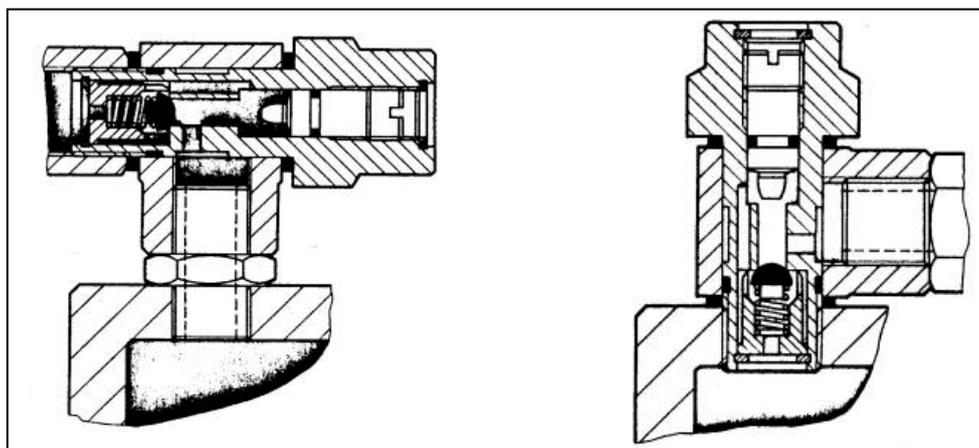


*Figura 1.96 (a)* válvula anti retorno y estranguladora

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

La figura siguiente muestra otro principio de construcción. La función es la misma, sólo que en este caso el paso del aire comprimido no se cierra mediante una membrana. Se hace cargo de hermetizar una espiga con cabeza semi-redonda.

Estas válvulas se montan directamente en el cilindro. Pueden emplearse para limitar el caudal de ampo o también el caudal de alimentación. En este último caso, hay que montar adicionalmente dos racores. *Figura 1.96 (b)*.



*Figura 1.96(b)* válvula con acople de racores

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

### ***Limitación del caudal de alimentación: (estrangulación primaria)***

En este caso, las válvulas anti retorno y de estrangulación se montan de modo que se estrangule el aire que va al cilindro. El aire de escape puede escapar libremente por la válvula anti retorno. La más mínima variación de la carga, p.ej. el momento de pasar sobre un final de carrera, supone una gran variación de la velocidad de avance. Por eso,

esta limitación de caudal se utiliza únicamente para cilindros de simple efecto y de volumen pequeño.

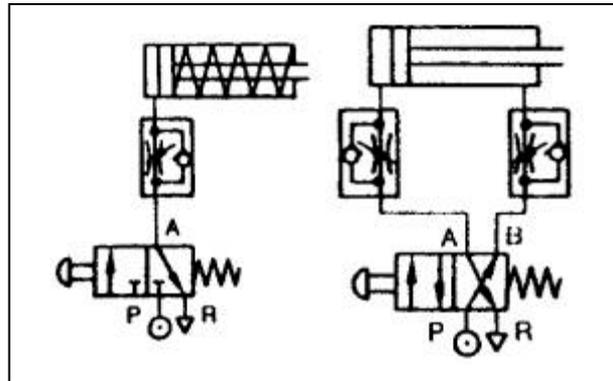


Figura 1.97. Esquema de estrangulación primaria

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

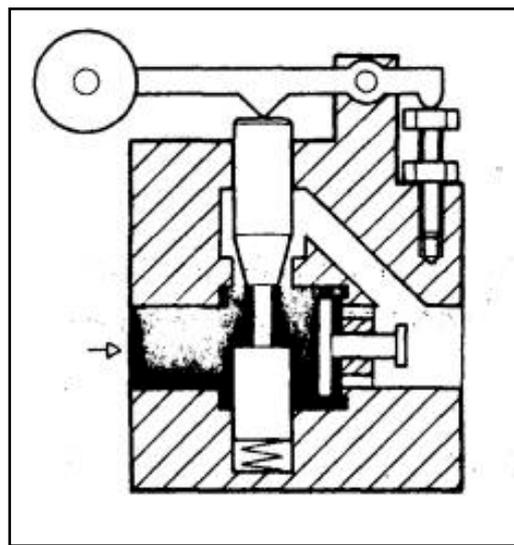
### ***Regulador unidireccional, con estrangulador regulable mecánicamente (con rodillo)***

Estas válvulas se emplean para variar, durante el movimiento, la velocidad de los émbolos de cilindros de simple o doble efecto.

Para los cilindros de doble efecto, esta válvula puede servir de amortiguación final de carrera. Antes de alcanzar el cilindro su extremo, la masa M émbolo es frenada por obturación o a minoración oportuna de la sección de escape del aire. Este sistema se utiliza cuando el amortiguador interno del cilindro es insuficiente.

Por medio de un tornillo puede ajustarse la velocidad inicial del émbolo. La forma de la leva que acciona el rodillo, en su descenso, aminora correspondientemente la sección de paso. *Figura 1.98.*

Al purgar de aire el elemento de trabajo, un disco estanqueizantes se levanta de su asiento, y el aire puede pasar libremente. Esta válvula puede emplearse como válvula normalmente abierta o normalmente cerrada.



**Figura 1.98. Regulador unidireccional – regulable con rodillo**

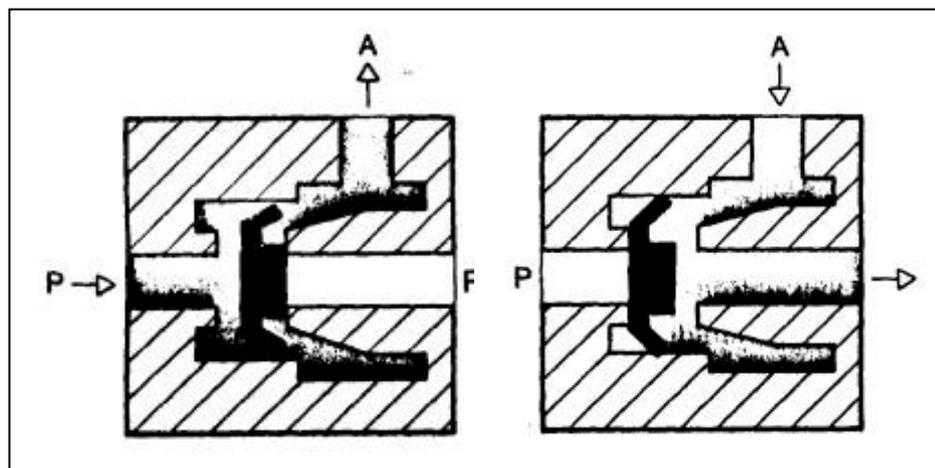
Fuente: [www.sapiensman.com](http://www.sapiensman.com)

**1.3.7.8.4. Válvula de escape rápido**

Esta válvula permite elevar la velocidad de los émbolos de cilindros. Con ella se ahorran largos tiempos de retorno, especialmente si se trata de cilindros de simple efecto.

La válvula tiene un empalme de alimentación bloqueable P, un escape bloqueable R y una salida A.

Cuando se aplica presión al empalme P, la junta se desliza y cubre el escape R. El aire comprimido circula entonces hacia A. Si se deja de aplicar aire comprimido a P, el aire proveniente de A empuja la junta contra el empalme P cerrando éste. Puede escapar rápidamente por R, sin recorrer conductos largos y quizá estrechos hasta la válvula de mando. Se recomienda montar esta válvula directamente sobre el cilindro o lo más cerca posible de éste. *Figura 1.99.*



**Figura 1.99. Válvula de escape rápido**

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

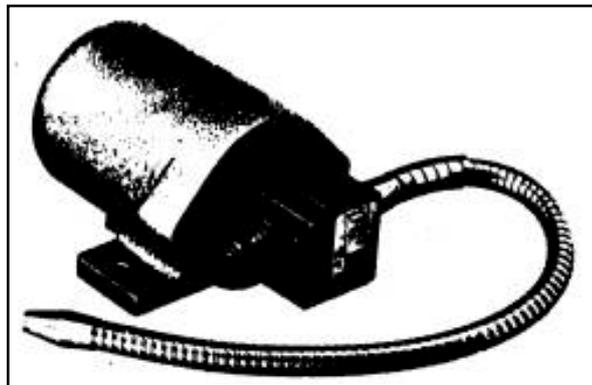
**Expulsor neumático**

En la industria hace tiempo que el aire comprimido se utiliza para soplar y expulsar las piezas elaboradas. Entonces se produce un gran consumo de aire. En contraposición al método empleado hasta ahora, en el que se tomaba aire continuamente de la red de aire comprimido, se puede trabajar económicamente con un expulsor, puesto que se

compone de un depósito y una válvula de escape rápido incorporado. El volumen del depósito se adapta a la cantidad de aire precisada. *Figura 1.100.*

Una válvula distribuidora 3/2, abierta en posición inicial, se emplea como elemento de señalización. El aire atraviesa dicha válvula y la válvula de escape rápido en el depósito, rellenando éste. Al accionar la válvula distribuidora 3/2 se cierra el paso hacia el depósito, y la tubería se pone a escape hacia la válvula de escape rápido. El aire del depósito escapa entonces rápidamente por la válvula de escape rápido al exterior. El chorro concentrado de aire permite expulsar piezas de dispositivos y herramientas de troquelado, de cintas de transporte, de dispositivos clasificadores y de equipos envasadores.

La señal de expulsión puede darse de forma manual o mediante medios mecánicos, neumáticos o eléctricos.



**Figura 1.100. Expulsor neumático**

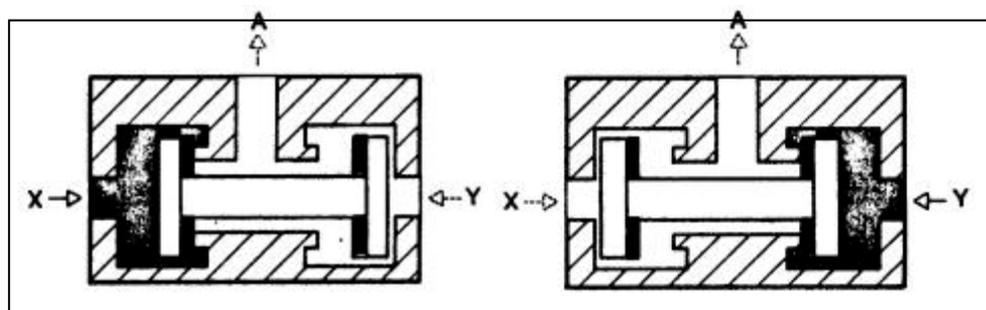
Fuente: [www.sapiensman.com](http://www.sapiensman.com)

#### 1.3.7.8.5. Válvula de simultaneidad

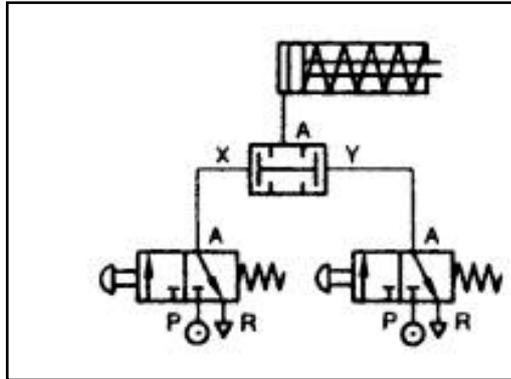
Esta válvula tiene dos entradas X o Y una salida A. El aire comprimido puede pasar únicamente cuando hay presión en ambas entradas. Una señal de entrada en X ó Y interrumpe el caudal, en razón M desequilibrio de las fuerza que actúan sobre la pieza móvil. Cuando las señales están desplazadas cronológicamente, la última es la que llega a la salida A. Si las señales de entrada son de una presión distinta, la mayor cierra la válvula y la menor se dirige hacia la salida A.

Esta válvula se denomina también «módulo Y (AND)».

Se utiliza principalmente en mandos de enclavamiento, funciones de control y operaciones lógicas. *Figura 1.101 (a).*



*Figura 1.101(a) válvula de simultaneidad*



*Figura 1.101(b) esquema de circuito con válvula*

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

### 1.3.7.9. Reguladores de presión

Estas válvulas influyen principalmente sobre la presión, o están acondicionadas al valor que tome la presión. Se distinguen:

- ◆ Válvulas de regulación de presión
- ◆ Válvulas de limitación de presión
- ◆ Válvulas de secuencia

#### 1.3.7.9.1. Válvula de regulación de presión

Tiene la misión de mantener constante la presión, es decir, de transmitir la presión ajustada en el manómetro sin variación a los elementos de trabajo o servo elementos, aunque se produzcan fluctuaciones en la presión de la red. La presión de entrada mínima debe ser siempre superior a la de salida.

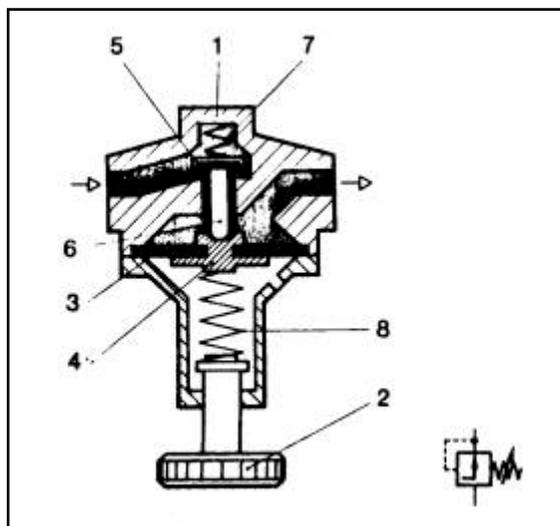


Figura 1.102 (a) **Regulador de presión sin orificio de escape**  
*de escape*

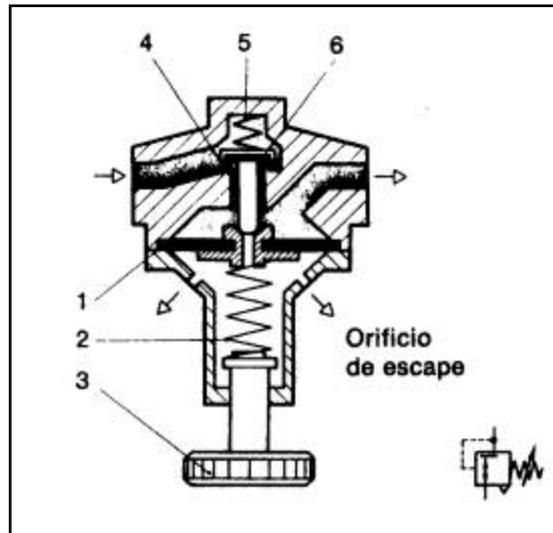


Figura 1.102(b) **Regulador de presión con orificio**

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

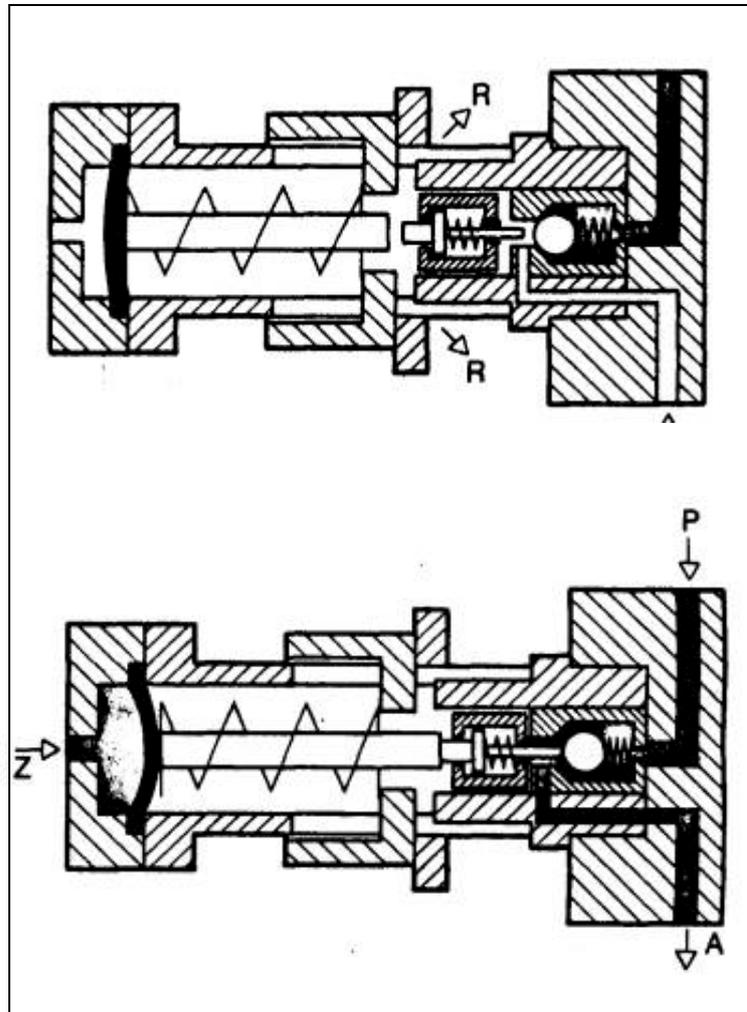
### 1.3.7.9.2. Válvula limitadora de presión

Estas válvulas se utilizan, sobre todo, como válvulas de seguridad (válvulas de sobrepresión). No admiten que la presión en el sistema sobrepase un valor máximo admisible. Al alcanzar en la entrada de la válvula el valor máximo de presión, se abre la salida y el aire sale a la atmósfera. La válvula permanece abierta, hasta que el muelle incorporado, una vez alcanzada la presión ajustada en función de la característica del muelle, cierra el paso.

### 1.3.7.9.3. Válvula de secuencia.

Su funcionamiento es muy similar al de la válvula limitadora de presión. Abre el paso cuando se alcanza una presión superior a la ajustada mediante el muelle. El aire circula de P hacia la salida A. Esta no se abre, hasta que en el conducto de mando Z no se ha formado una presión ajustada. Un émbolo de mando abre el paso de P hacia A, *figura 1.103*.

Estas válvulas se montan en mandos neumáticos que actúan cuando se precisa una presión fija para un fenómeno de conmutación (mandos en función de la presión). La señal sólo se transmite después de alcanzar la presión de sujeción.



*Figura 1.103. Válvula de secuencia*

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

### **1.3.7.10. Válvulas de caudal**

Estas válvulas influyen sobre la cantidad de circulación de aire comprimido; el caudal se regula en ambos sentidos de flujo. *Figura 1.104.*

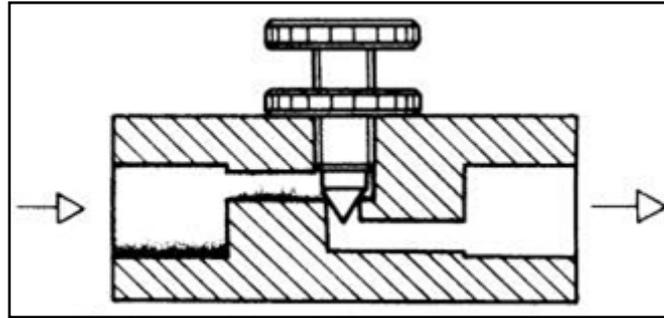
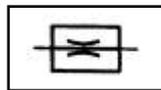


Figura 1.104. Válvula de caudal

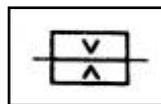
Fuente: [www.sapiensman.com](http://www.sapiensman.com)

**Válvulas reguladoras de caudal, de estrangulación constante:**

*Válvula de estrangulación.* En esta válvula, la longitud del tramo de estrangulación es de tamaño superior al diámetro.

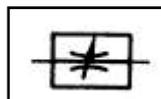


*Válvula de restricción de turbulencia.* En esta válvula la longitud del tramo de estrangulación es de tamaño inferior al diámetro.

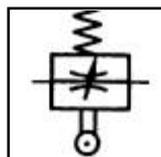


**Válvulas reguladoras de caudal, de estrangulación variable:**

*Válvula de estrangulación regulable.*



*Válvula de estrangulación de accionamiento mecánico, actuando contra la fuerza de un muelle.* Aquí resulta más conveniente incorporar las válvulas de estrangulación a los cilindros.



**1.3.7.11. Válvulas de cierre**

Son elementos que abren o cierran el paso del caudal, sin escalones.

Utilización sencilla: Grifo de cierre.

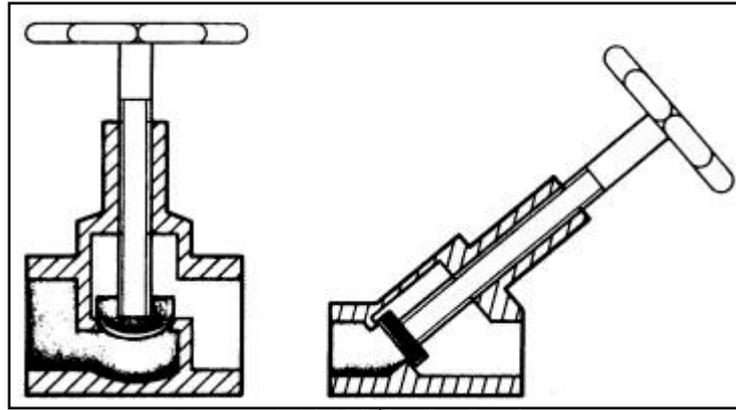


Figura 1.105. Válvula de cierre

www.sapiensman.com

### 1.3.7.12. Válvulas combinadas

#### 1.3.7.12.1. Bloque de mando

El bloque de mando consta de:

- ◆ 1 válvula distribuidora 5/2 (aplicación bilateral de presión)
- ◆ 2 válvulas distribuidoras 3/2 (accionamiento mecánico)
- ◆ 2 válvulas selectoras de circuito
- ◆ 2 válvulas reguladoras de caudal

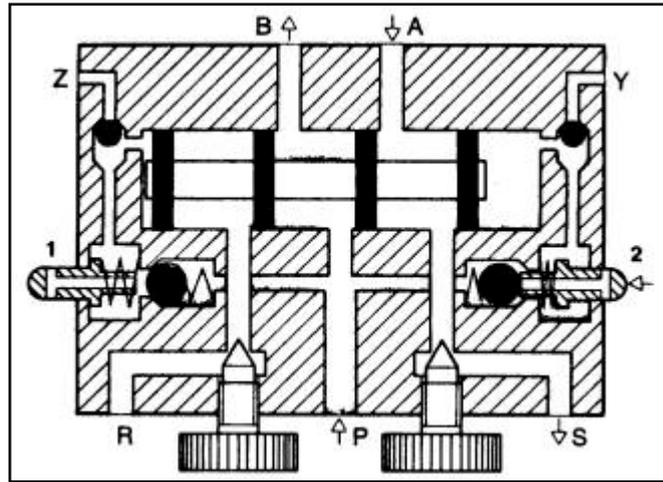
El bloque de mando puede invertirse accionando mecánicamente las válvulas distribuidoras 3/2 o aplicando aire comprimido a través de las válvulas selectoras de circuito (módulos 0 [OR]).

La figura 106.0 muestra el estado cuando se acciona mecánicamente la válvula 2. Las dos válvulas distribuidoras 3/2 (válvulas 1 y 2) están unidas al conducto P. Al accionar la válvula 2, el aire de pilotaje pasa al lado Y. El aire comprimido circula de P hacia B. El conducto A se pone en escape hacia S. Al accionar la válvula 1 tiene lugar el mismo proceso en el lado izquierdo del émbolo de mando. Este se conmuta, y se establece la unión de P hacia A, y de B hacia R.

Si esta válvula debe ser conmutada desde otro punto y no directamente desde ella misma, mandamos la señal a Z ó Y, a través de las válvulas selectoras de circuito. El proceso dentro de la válvula es idéntico al de accionamiento directo.

En el bloque de mando están incorporados dos reguladores de caudal. Con ellos se puede limitar el aire de escape en las salidas R ó S.

Con esta válvula y otra de doble efecto se pueden efectuar movimientos individuales o alternativos.



*Figura 1.106. Bloque neumático de mando  
(pilotaje a presión)*

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

### 1.3.7.12.2. Temporizador neumático.

El temporizador neumático, es una unidad formada por tres elementos básicos:

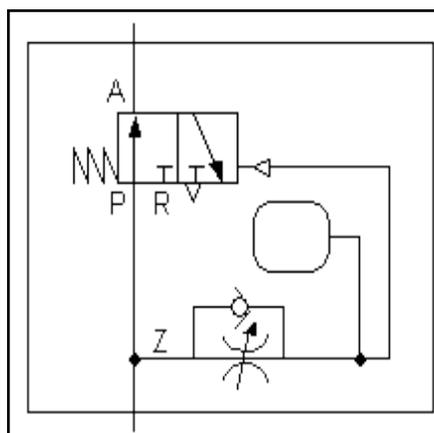
- ◆ Una válvula direccional
- ◆ Una válvula reguladora de caudal unidireccional
- ◆ Un acumulador

La regulación del tiempo se logra estrangulando el paso del fluido que llega por la línea Z al acumulador. Cuando la cantidad de aire que ha ingresado al acumulador genera una presión suficiente para vencer el resorte se acciona la válvula direccional para bloquear la señal de presión y establecer comunicación entre A y R.

Cuando la línea Z se pone en descarga, el fluido sale del acumulador a través del conducto que en primera instancia cerraba la membrana flexible (anti retorno) en lugar de seguir por la estrangulación ya que esto significa un mayor esfuerzo.

El temporizador de la figura es normalmente abierto y cuando actúa, corta la señal de presión. *Figura 1.107 (a).*

El temporizador normalmente cerrado, cuando actúa comunica señal de presión a la línea A.

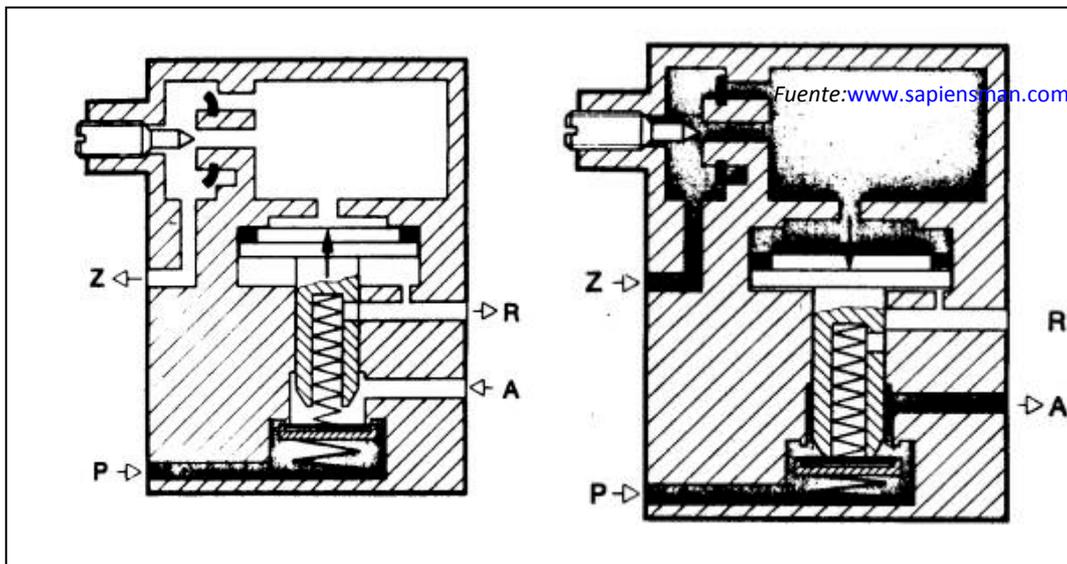


*Figura 1.107.(a) Temporizador – esquema interno*

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

***Mando neumático de Inversión retardado (temporizador)***

Estas válvulas se componen de una válvula distribuidora 3/2, de accionamiento neumático, un regulador unidireccional (válvula anti retorno y de estrangulación) y un depósito pequeño de aire.

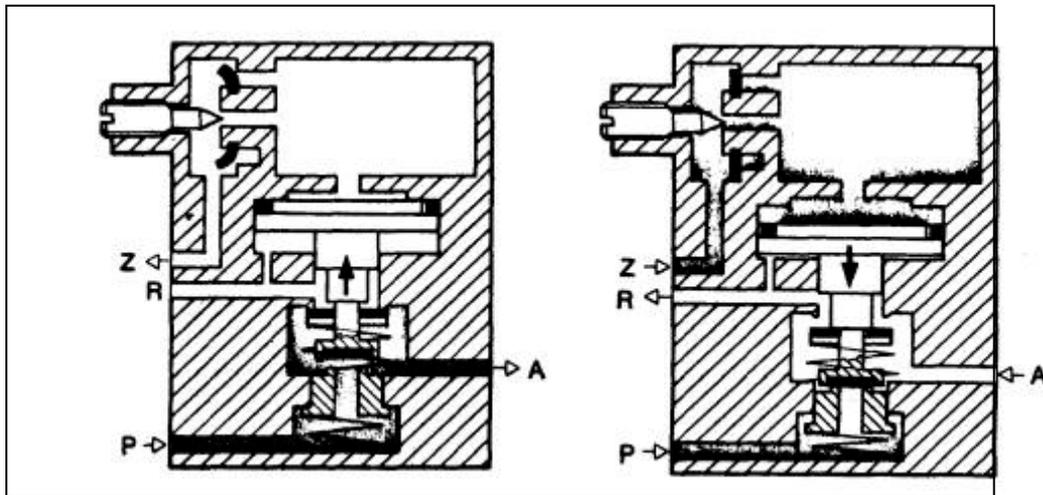


*Figura 1.107 (b). Temporizador (cerrado en posición de reposo).*

***Funcionamiento:***

El aire comprimido entra en la válvula por el empalme P. El aire de mando entra en la válvula por el empalme Z y pasa a través de un regulador unidireccional; según el ajuste del tornillo de éste, pasa una cantidad mayor o menor de aire por unidad de tiempo al depósito de aire incorporado. Una vez que existe la suficiente presión de mando en el depósito, se mueve el émbolo de mando de la válvula distribuidora 3/2 hacia abajo. Este émbolo cierra el escape de A hacia R. El disco de válvulas se levanta de su asiento, y el aire puede pasar de P hacia A. El tiempo en que se forma presión en el depósito corresponde al retardo de mando de la válvula.

Para que el temporizador recupere su posición inicial, hay que poner en escape el conducto de mando Z. El aire del depósito escapa a través del regulador unidireccional y del conducto de escape de la válvula de señalización a la atmósfera. Los muelles de la válvula vuelven el émbolo de mando y el disco de la válvula a su posición Inicial. El conducto de trabajo A se pone en escape hacia R, y P se cierra. *Figura 1.107 (b)*.



*Figura 1.107 (c)* Temporizador (abierto en posición de reposo)

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

#### *Funcionamiento:*

Aquí también tenemos una combinación de elementos: Una válvula distribuidora 3/2, un regulador unidireccional (válvula anti retorno y de estrangulación) y un depósito de aire. La válvula distribuidora 3/2 está normalmente abierta en posición de reposo.

El aire de mando entra también aquí por el empalme Z. Cuando se ha formado la presión de mando necesaria en el depósito, se pilota la válvula 3/2. Esta cierra el paso de P hacia A. El conducto de trabajo A se pone en escape a través de R. El tiempo de retardo corresponde nuevamente al tiempo en que se forma presión en el acumulador. Cuando se evacua el aire del empalme Z, la válvula 3/2 adopta su posición inicial.

En ambos tipos de temporizadores, el tiempo de retardo normal es de 0 a 30 segundos. Este tiempo puede prolongarse con un depósito adicional. Si el aire es limpio y la presión constante, se obtiene una temporización exacta. *Figura 1.107 (c)*.

### 1.3.7.12.3. Válvula distribuidora 5/4

Esta combinación de elementos consta de cuatro válvulas distribuidoras 2/2 normalmente cerradas en posición de reposo. En la posición inicial, todos los conductos están bloqueados.

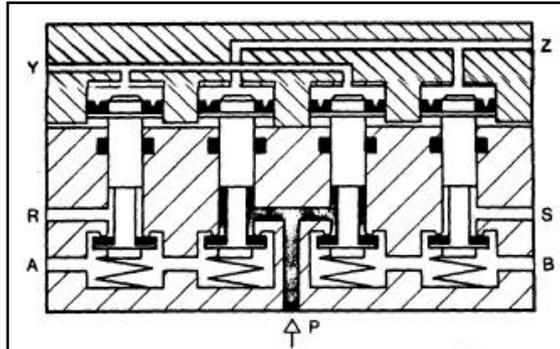


Figura 1.108(a) combinación de cinco válvulas 2/2

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

Cuando entra aire comprimido por Z, las válvulas ocupan la siguiente posición: El aire pasa de P hacia A, y el conducto B se pone en escape hacia S.

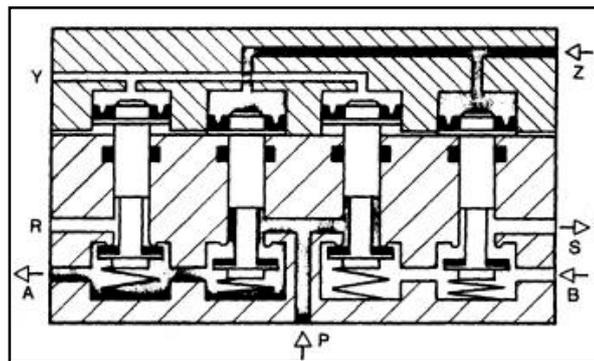


Figura 1.108(b) válvula 5/4 segunda posición

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

Cuando entra aire comprimido por Y, se obtiene la siguiente posición: El aire pasa de P hacia B, y el conducto A se pone en escape hacia R.

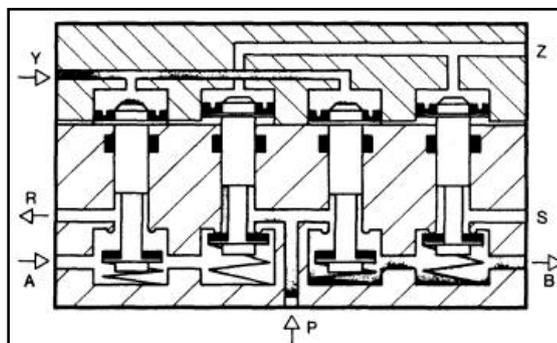
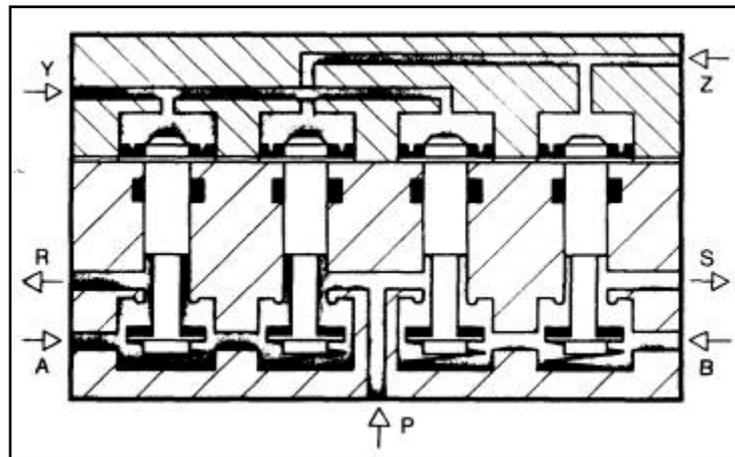


Figura 1.108 (c) válvula 5/4 tercera posición

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

Para obtener la cuarta posición, debe aplicarse aire comprimido en las dos entradas de señal Z y Y. En esta posición, los conductos A, B y P se ponen en escape hacia R y S.



*Figura 1.108(d). Válvula 5/4 cuarta posición*

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

Este tipo de válvulas es especialmente apropiado para detener un cilindro de doble efecto en la posición que se desee, para posicionar elementos y para efectuar el paro de emergencia.

Se obtiene la posición básica por medio de muelles centradores; todos los conductos están cerrados.

Al fallar el aire comprimido en el empalme P, en la posición básica los émbolos del cilindro permanecen sometidos a presión. La válvula puede invertirse mediante aire comprimido o por medio de un electroimán y aire comprimido.

#### **1.3.7.12.4. Válvula distribuidora 8/2, de accionamiento neumático. (Dos válvulas distribuidoras 4/2)**

Esta combinación de válvulas se aplica para el mando de alimentadores neumáticos, consiste en dos válvulas de corredera con émbolo diferencial. *Figura 1.109.*

En la posición básica, el conducto P está comunicado con B y D; los conductos A y C están en escape a través de R y S respectivamente. Al pilotar el primer émbolo de mando (1), se establece a través de Z, la unión de P hacia A y de B hacia R. En combinación con un alimentador neumático, la pinza de transporte del carro elevador se pone en escape. Después de un corto tiempo de retardo [inversión del émbolo de mando (1)] también se invierte el émbolo de mando (2). El conducto de P hacia C recibe aire, y D se pone en escape hacia S.

El carro se desliza hacia adelante. Al anular la señal en Z, las dos válvulas distribuidoras 4/2 vuelven a su posición inicial, por la presión proveniente del empalme P, que actúa sobre las superficies pequeñas de los émbolos de mando (1) y (2). La pinza de sujeción recibe aire y sujeta el material. La pinza de transporte se pone en escape, y el carro retrocede a su posición inicial trasera.

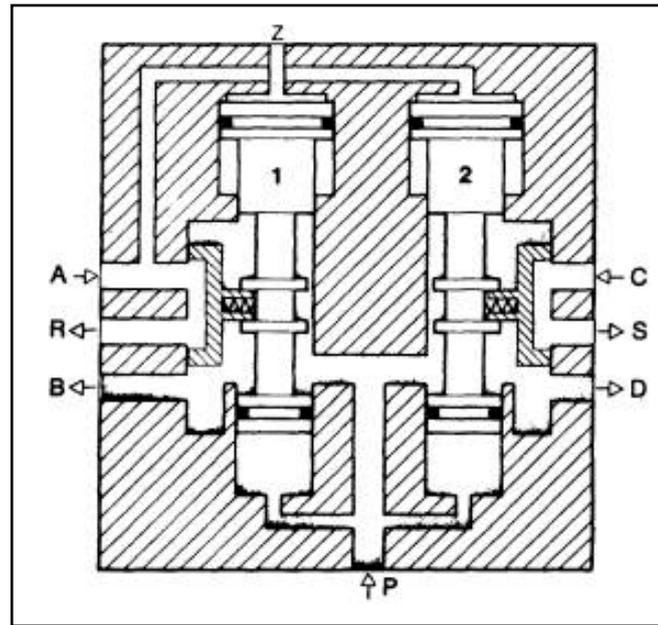


Figura 1.109(a) Válvula 8/2

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

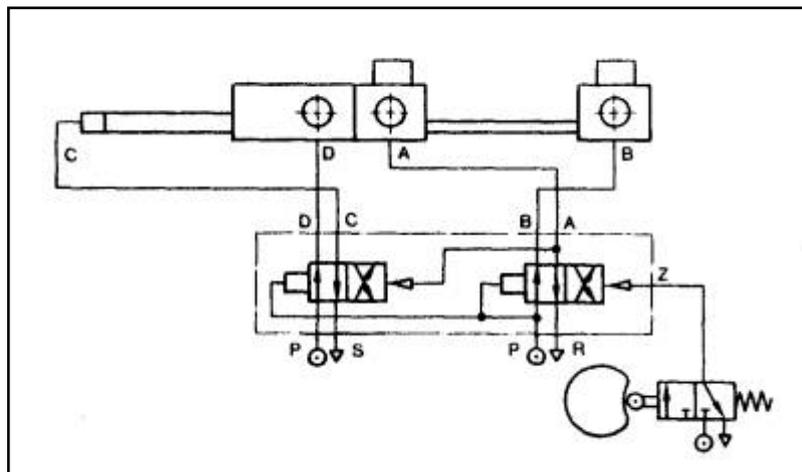


Figura 1.109(b) Alimentador neumático

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

### 1.3.7.12.5. Multi-vibrador

Esta combinación de válvulas consiste en:

- ◆ 1 válvula distribuidora 3/2 cerrada en posición de reposo
- ◆ 1 válvula distribuidora 3/2 abierta en posición de reposo
- ◆ 2 reguladores de caudal (válvulas anti retorno y de estrangulación).

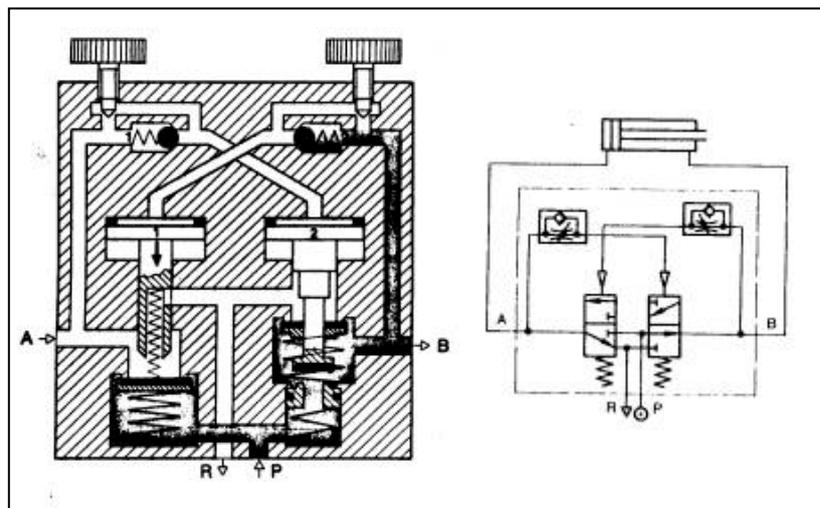
### *Funcionamiento:*

En la posición de reposo, el aire pasa de P hacia B: el conducto A se pone en escape a través de R. Por un conducto de mando que se encuentra dentro de la válvula, el aire pasa de B hacia el émbolo de mando (1) de la otra válvula 3/2 (cerrada en posición de reposo), a través del regulador unidireccional (2). El émbolo (1) cierra el escape hacia R y deja circular el aire de P hacia A. Por el conducto de mando de empalme A, el aire pasa por el regulador unidireccional (1) y llega al émbolo de mando (2), cerrando el paso de aire de P hacia B. El conducto B se pone en escape a través de R.

La presión que actúa sobre el émbolo de mando (1) disminuye cuando el conducto B está en escape. Se cierra el paso de aire de P hacia A (A se pone en escape a través de R). Debido a esto, no actúa más aire sobre el émbolo de mando (2), y la válvula abre el paso de P hacia B. En la salida B hay aire a presión, y el proceso empieza nuevamente. *Figura 1.110.*

Según el ajuste de los dos reguladores unidireccionales, se pueden obtener diferentes intervalos de mando.

El multi-vibrador se emplea para generar rápidos movimientos en los cilindros (transportadores oscilantes, cribas vibratorias). La cadencia del multi-vibrador depende de la presión y de la carga que actúa en el cilindro.



*Figura 1.110. Multivibrador*

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

### **1.3.7.12.6. Válvula distribuidora 3/2 con divisor binario**

Este elemento consiste en una válvula distribuidora 3/2 cerrada en posición de reposo, un émbolo de mando con una biela solidaria y un disco de leva. Se acciona por medio de aire comprimido. *Figura 1.111.*

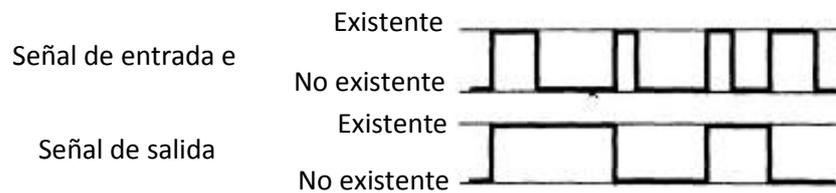
Cuando no actúa éste sobre el émbolo de mando, la biela se encuentra fuera del alcance de la leva (a). Al mandar aire a presión a través del empalme de mando Z, el émbolo de

mando se mueve con la biela hacia la válvula distribuidora 3/2. La biela ataca en el rebajo del disco de leva y acciona el émbolo de mando de la válvula 3/2. Así se establece la unión de P hacia A y se cierra el escape R (b).

Al quitar el aire del empalme de mando Z, el émbolo vuelve junto con la biela a su posición inicial. El disco de leva se auto retiene (por fricción) y permanece en esta posición; la válvula 3/2 se mantiene abierta (c).

Al presentarse una nueva señal en Z, la biela entra en el segundo rebajo del disco de leva. Al borrar la señal en Z, el émbolo vuelve junto con la biela a la posición inicial. Así se libera el vástago de la válvula 3/2. Esta cierra el paso de P hacia A, y el conducto de trabajo A se pone en escape a través de R (a).

Aplicación al avance y retroceso alternativos de un cilindro.



El registro de las señales de entrada y salida muestra claramente que se necesita dos veces la señal de entrada e, para que desaparezca la de salida a.

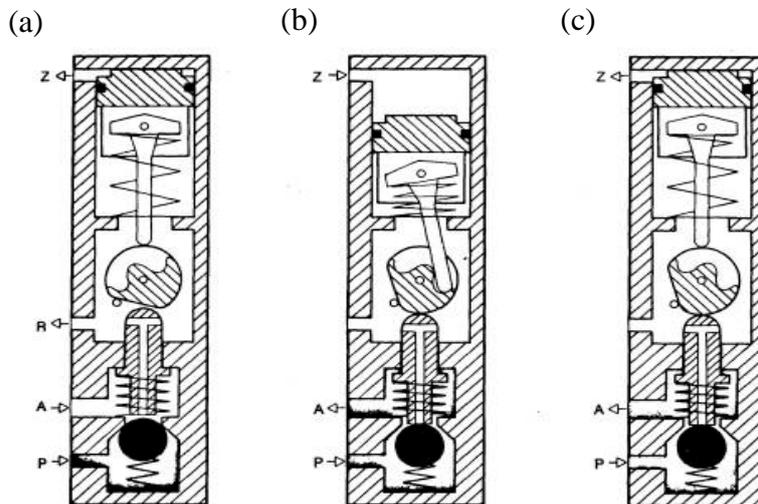


Figura 1.111. Válvula distribuidora 3/2 con divisor primario

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

### 1.3.8. Programador

Con programas se pueden mandar determinados procedimientos de mando desde una estación central. Por medio de árboles motrices con levas circulares o rejillas se pueden accionar diferentes válvulas de mando.

En neumática, por medio de las llamadas levas circulares se accionan válvulas distribuidoras 3/2 ó 4/2. Esas levas consisten en dos segmentos giratorios uno en sentido contrario al del otro. El recorrido de accionamiento puede ajustarse sin escalones entre 180° y 360°

Las válvulas distribuidoras y finales de carrera se montan en una placa base en batería. Según el caso, pueden montarse en calidad de válvulas normalmente abiertas o normalmente cerradas.

El árbol de levas puede propulsarse a elección:

- ◆ Con un accionamiento independiente.
- ◆ Con un motor reductor.
- ◆ Con un accionamiento regulable (con motor ajustable sin escalonamiento).

Si se necesitan mandos neumáticos que realicen un programa que se desarrolle en un determinado orden, lo más adecuado es emplear programadores de rejilla de levas. Estas rejillas pueden ser sustituidas rápidamente para hacer desarrollar los más diversos programas.

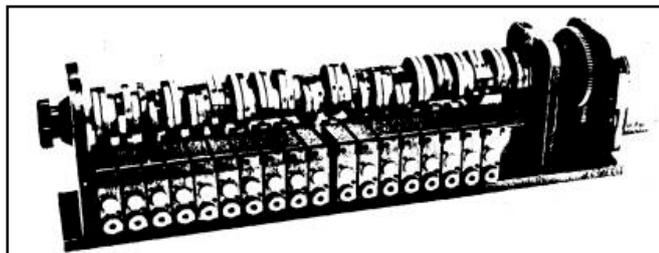
La rejilla está constituida por diversos eslabones y varillas de unión. Se acciona mediante un motor reductor ajustable sin escalonamiento

Al igual que en el programador de levas circulares, también aquí se utilizan elementos neumáticos (válvulas distribuidoras 3/2 ó 4/2) o interruptores finales eléctricos, sobre una placa base.

La duración de los programas es de 9 segundos hasta 24 horas.

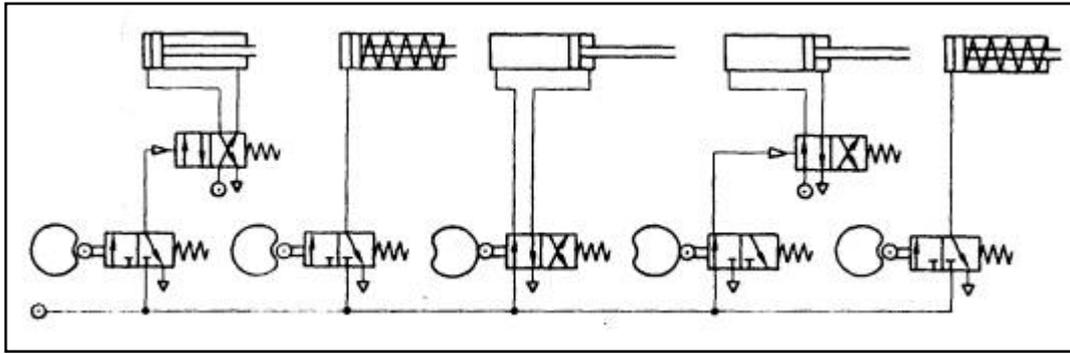
Con ambas variantes (levas circulares o rejillas) se pueden realizar mandos directos e indirectos.

Aplicación: Taladradoras revólver, taladradoras y tornos automáticos. *Figura 1.112 (a).*



*Figura 1.112(a) Programador de rejilla.*

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



### 1.3.9. Captadores de posición sin contacto - Sensores neumáticos

Los sensores neumáticos se dividen básicamente en dos, los que captan la posición de un objeto por el objeto en sí y otros que captan la presencia por cambios en las magnitudes físicas.

Ninguno necesita energía eléctrica, lo que ha fomentado el uso de estos elementos.

Los sensores se dividen básicamente en los siguientes grupos:

#### 1.3.9.1. Captadores de presión

##### 1.3.9.1.1. Presostato

Es un transductor, convierte la señal neumática o hidráulica en una señal eléctrica la que es utilizada para energizar una electroválvula o des energizar un motor.

##### 1.3.9.2. Captadores de umbral de presión

Estos elementos realizan la función lógica NO. Ante la ausencia de presión en la entrada comunica presión a la salida, habiendo aún que sea un mínimo de presión en la entrada se anula la de salida.

Son muy usados en automatismos secuenciales ya que no ocupan espacio al instalarlos en las tuberías

#### 1.3.9.3. Captadores de posición

##### 1.3.9.3.1. Captadores de fuga

Son muy apropiados para usarlos como final de carrera, su funcionamiento se basa sobre el contacto con la pieza, es muy seguro y versátil, tanto en su construcción como en la presión de trabajo la que fluctúa entre 0,1 y 8 bar. De acuerdo a la presión de trabajo se verá la necesidad de incorporarle un amplificador de presión.

Son también denominados como "detector por obturación de fuga", debido a esto es posible alimentarles solo cuando debe dar una señal.

### **1.3.9.3.2. Captadores de proximidad o réflex**

Su funcionamiento está basado sobre la detección del aire que se refleja cuando se interpone una pieza en la corriente de salida.

Son capaces de detectar objetos delicados o blandos, incluso a gran velocidad de desplazamiento, ya que no es necesario el contacto físico con la pieza. Su capacidad de captación fluctúa entre los 2 mm y 10 m (los de largo alcance).

### **1.3.10. Amplificadores de señal**

Estos elementos reciben una señal de presión baja o muy baja y emiten una señal a la presión normal de trabajo. Pueden ser de una o dos etapas.

Su funcionamiento corresponde al de una válvula 3/2 normalmente cerrada con accionamiento neumático amplificado, debido a esto se le representa con ese símbolo.

### **1.3.11. Contadores neumáticos**

Estos elementos transducen la señal neumática, cuenta ciclos, en señal eléctrica, se pueden incorporar directamente en el mando neumático.

Se usan para accionar elementos eléctricos, tales como electroválvulas, embragues electromagnéticos, desconectar motores.

La tendencia de aumentar la rentabilidad de las instalaciones de producción y montaje, la seguridad para el hombre y la fiabilidad de la máquina impone cada vez nuevas exigencias a los medios de automatización. En numerosos casos, sólo es posible transmitir señales sin contacto. Al efecto se pueden emplear captadores neumáticos.

### **1.3.12. Detector de paso**

#### **1.3.12.1. Barrera de aire**

El detector de paso consta de un emisor y un receptor. Ambos se alimentan de aire, exento de agua y aceite, por el empalme Px La presión de alimentación es de 10 a 20 kPa (0,1 a 0,2 bar). El consumo de aire es, por eso, reducido ( $V = 0,5 \sim 0,8 \text{ m}^3/\text{h}$ )

Para mantener el aire de alimentación exento de agua y aceite, antes de la instalación se emplea un filtro regulador de presión baja. Al objeto de garantizar un funcionamiento exacto, la distancia entre emisor y receptor no debe ser superior a 100 mm.

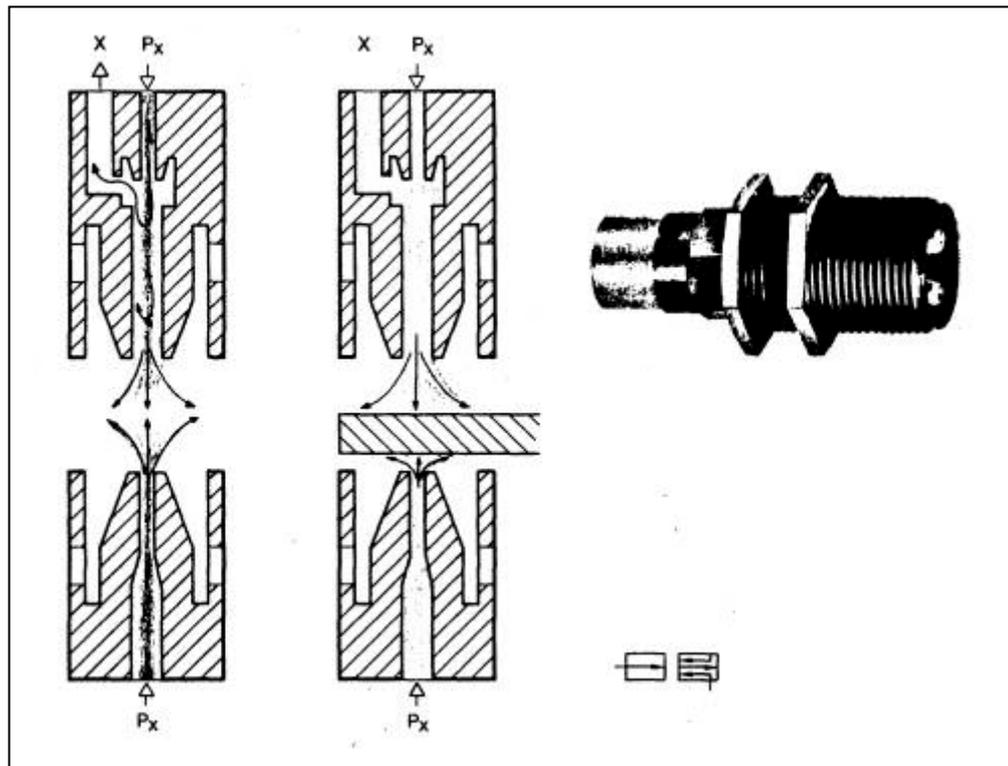
#### ***Funcionamiento:***

Se emite aire de ambas toberas (emisor y receptor). La tobera receptora emite aire para reducir el peligro de ensuciamiento y recibir una señal impecable en la conmutación. Por lo tanto, el chorro de aire de la tobera emisora perturba la salida libre del aire de la tobera receptora. Se crea una turbulencia, que produce una señal en la salida X de la tobera receptora [- 0,5 kPa (0,005 bar)] Mediante un amplificador se refuerza esta señal hasta la presión deseada. Si se introduce un objeto entre ambas toberas, desaparece la

señal en X de la tobera receptora y la válvula post-conectada puede conmutar (la señal X es vuelve 0). *Figura 1.113.*

El detector de paso es sensible a las corrientes de aire, pues producen una desviación en el flujo que sale con poca energía. Por este motivo, debería Instalarse en un lugar lo más protegido posible.

Aplicación: Contactor en máquinas, puestos de montaje, control de objetos - hay pieza/ no hay pieza -, montaje en salas en que existe el riesgo de explosiones.



*Figura 1.113. Barrera de aire*

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

### 1.3.12.2. De horquilla

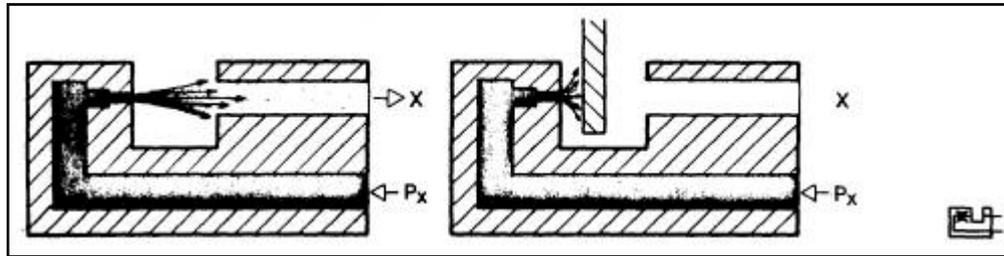
#### *Funcionamiento*

El detector de paso se alimenta de aire comprimido por el empalme  $P_x$ . Cuando no se encuentra ningún obstáculo entre el receptor y el emisor, aparece en la salida  $X$  una corriente de aire (señal). Cuando un objeto interrumpe el flujo de aire de  $P_x$  a  $X$ , desaparece dicha señal en  $X$ . Esto permite realizar la conmutación de una válvula conectada. *Figura 1.114.*

La presión de alimentación en el empalme  $P$ , es de 10 a 800 kPa (0,1 a 8 bar). Para reducir el consumo de aire cuando las presiones son altas, recomendamos montar en la tubería de aire  $P$ , un regulador de caudal (válvula de estrangulación).

### **Aplicación:**

Detección sin contacto de objetos de hasta 5 mm de anchura, conteo y control de objetos.



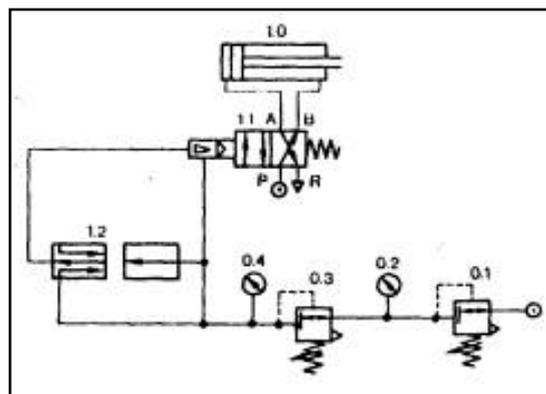
**Figura 1.114. Detector tipo horquilla**

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

### **1.3.12.3 Detector de proximidad (detector réflex)**

Más simple o insensible a toda influencia perturbadora proveniente del ambiente es el principio de detección por reflexión. El detector de proximidad trabaja según este principio. Las toberas receptoras y emisoras están reunidas y forman un solo elemento. El detector de proximidad consiste en una tobera receptora, una tobera emisora, un estrangulador y una vaina protectora.

El empalme P, se alimenta de aire comprimido (presión de alimentación, 10-20 kPa/0,1 -0,2 bar). Esta presión sale a la atmósfera por el canal anular exterior. Por la salida del aire comprimido se produce una depresión en la tobera interior



**Figura 1.115. Detector de proximidad - esquema**

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

### **Funcionamiento.**

Cuando un objeto interrumpe la salida de aire delante del canal anular, se forma una sobrepresión en la tobera receptora. En la salida X aparece una señal. Un amplificador capta esta señal y la transmite amplificada. Así se pueden mandar otras válvulas. El

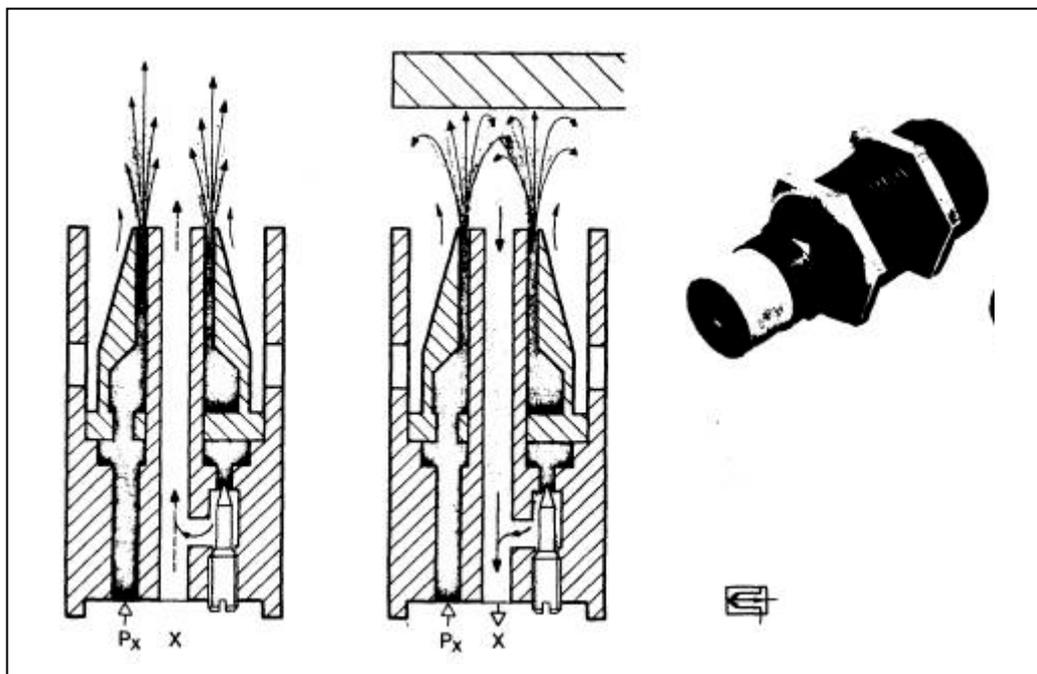
estrangulador garantiza una transmisión Impecable de la señal. La separación entre la tobera y el objeto es, según la ejecución, de 1 a 6 mm.

En ejecuciones especiales, la separación es de 20 mm.

Las suciedades, ondas sonoras, peligros de explosión, oscuridad, objetos - transparentes o antimagnéticos no tienen ninguna influencia desfavorable sobre su funcionamiento.

*Figura 1.116.*

Este detector se utiliza en todos los sectores de la industria, por ejemplo, en los dispositivos de control de herramientas de prensado y estampado, en mandos de centrado automático, de conteo y control de objetos, ya sea en la Industria textil o de envases, como control de cargadores y detector de partes chapadas de muebles en la Industria maderera.



*Figura 1.116. Detector de proximidad - símbolo*

### ***Características de detectores de proximidad.***

En los dos diagramas se representa la presión de mando en función de la separación. La figura 1.117 (a) muestra la precisión de la detección axial con una presión de alimentación de  $p = 15 \text{ kPa}$  (0,15 bar). La figura 1.117 (b) muestra la precisión de la detección radial también con una presión de alimentación de  $p = 15 \text{ kPa}$  (0,15 bar).

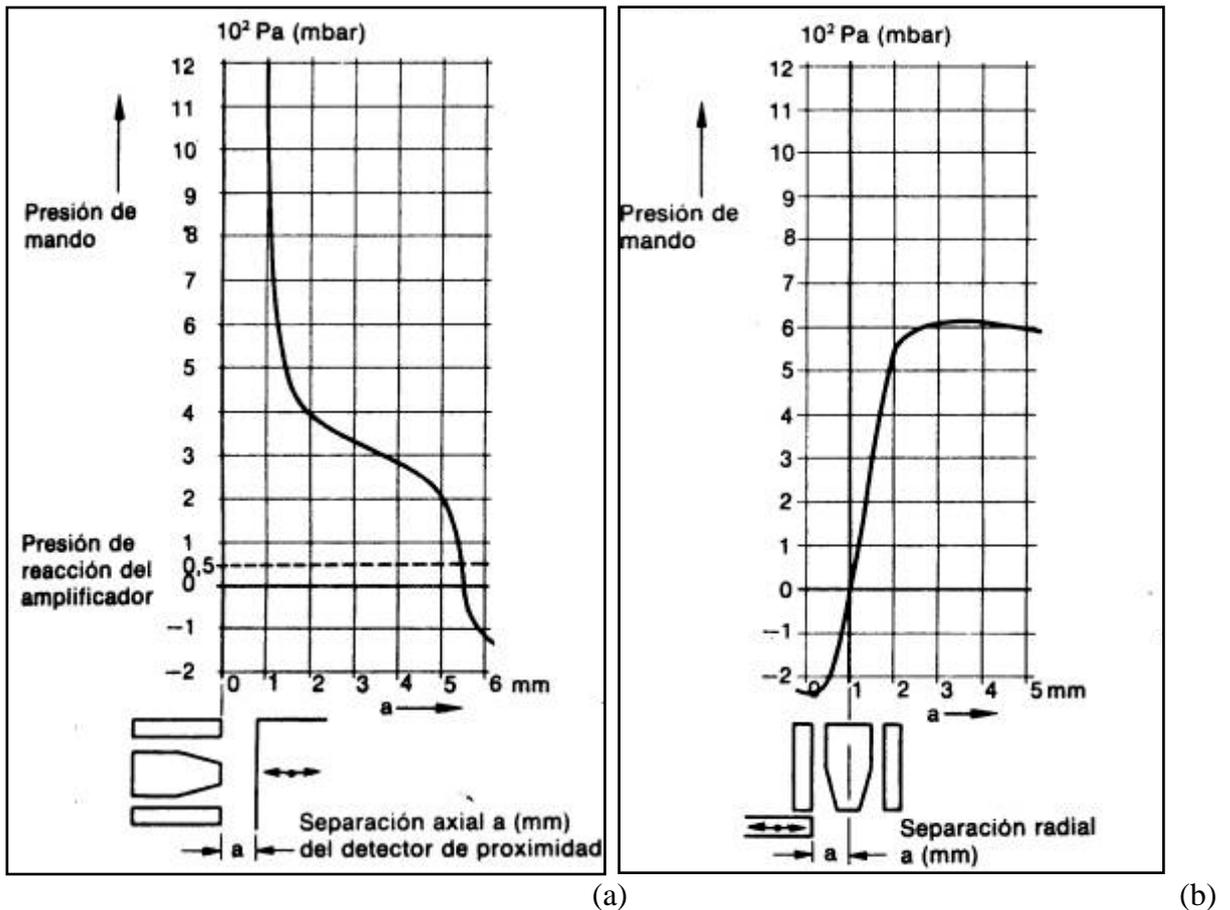


Figura 1.117. Diagrama presión de mando vs separación

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

### 1.3.13. Tobera de aspiración por depresión

Esta tobera se emplea junto con la ventosa como elemento de transporte. Con ella se pueden transportar las más diversas piezas. Su funcionamiento se basa en el principio de Venturi (depresión).

La presión de alimentación se aplica a la entrada P. Por el estrechamiento de la sección, la velocidad del aire hacia R aumenta y en el empalme A, o sea, en la ventosa, se produce una depresión (efecto de succión). *Figura 1.118.*

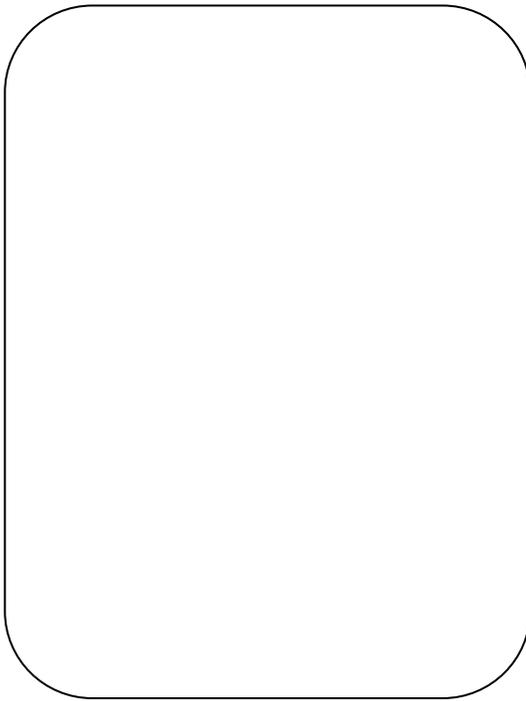
Con este efecto se adhieren piezas y pueden transportarse. La superficie debe estar muy limpia, al objeto de alcanzar un buen efecto de succión.

#### 1.3.13.1. Cabezal de aspiración por depresión

El funcionamiento de este cabezal también se basa en el mismo principio (Venturi).

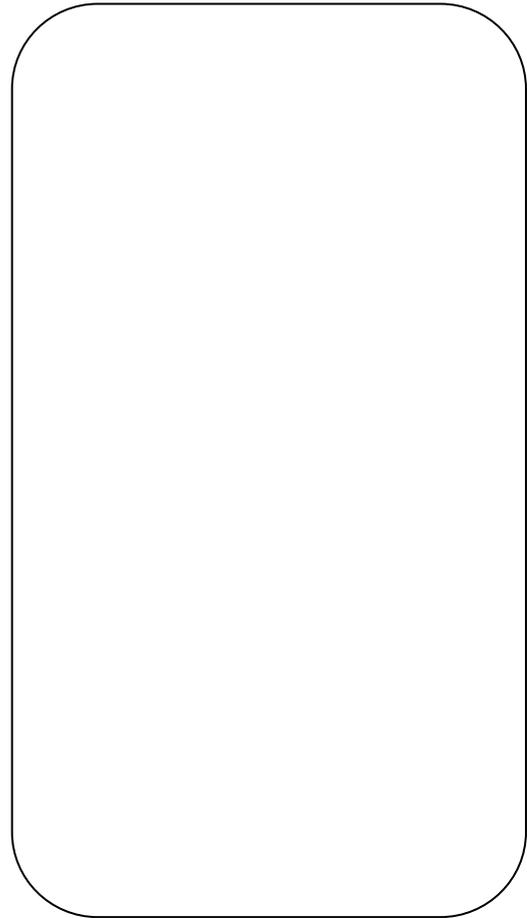
Se diferencia del elemento anterior en un depósito incorporado adicionalmente. Este depósito se llena de aire durante el proceso de succión. Al quitar la presión de la entrada, el aire de este depósito sale a través de una válvula de escape rápido, por

encima de la ventosa, produciendo un golpe de presión y separando la pieza adherida a la ventosa. *Figura 1.119.*



**Figura 1.118. Tobera de aspiración por depresión**

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



**Figura 1.119. Cabezal de aspiración por depresión**

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

Estos dos elementos tienen las ventajas siguientes: - Gran depresión - Favorable consumo de aire - Poco ruido

#### **1.3.14. Detector por obturación de fuga**

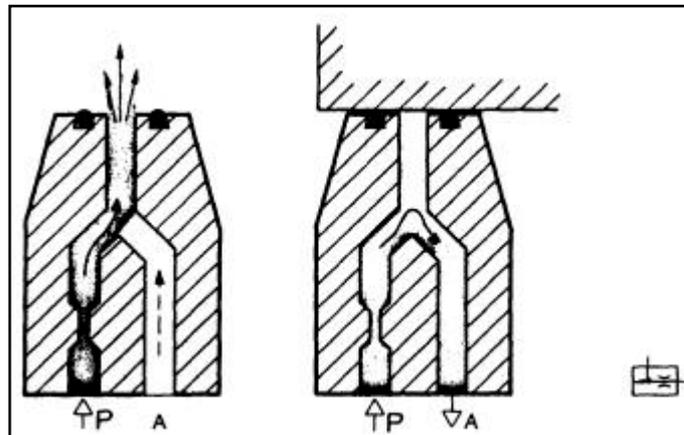
Una corriente continua de aire pasa por el empalme de alimentación P hasta la salida del detector (presiones de 10 a 800 kPa/0,1 a 8 bares). El estrangulador incorporado limita el caudal de flujo de aire.

Al cerrar la fuga de aire, aparece una señal en la salida A. Estando completamente cerrada dicha fuga, la presión de la señal sube hasta alcanzar el valor de la presión de alimentación P. Generalmente no se necesita amplificarla.

Al objeto de que no se produzca una gran pérdida de aire, el detector por obturación de fuga se puede alimentar de aire únicamente cuando se debe dar una señal. Incorporando adicionalmente una válvula de estrangulación en el conducto de aire P, se puede ajustar exactamente la sensibilidad del detector. *Figura 1.120.*

### **Aplicación:**

Emisor de señal en función del recorrido, como final de carrera o tope fijo. Es muy apropiado para utilizarlo como final de carrera y en el control de posiciones.



**Figura 1.120. Detector por obturación de fuga**

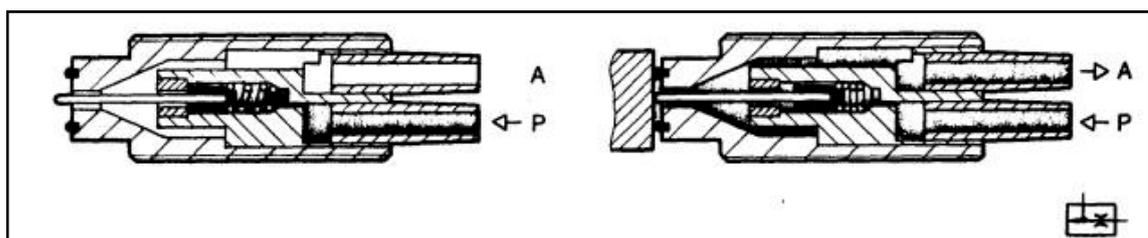
Fuente: [www.sapiensman.com](http://www.sapiensman.com)

### **1.3.14.1. Detector por obturación de fuga con mando de Taqué<sup>18</sup>**

Este detector, en comparación con la ejecución normal, tiene adicionalmente un taqué móvil con un elemento estanqueizador.

Cuando se acciona el taqué, no pasa aire de P hacia A. El aire comprimido escapa a la atmósfera, hasta que la tobera está completamente cerrada. No se forma una presión en A hasta que la tobera no está completamente cerrada. *Figura 1.121.*

Este taqué y el elemento de junta reducen considerablemente el consumo de aire.



**Figura 1.121. Detector por obturación con mando de taqué**

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

<sup>18</sup> **Taqué:** (Del fr. *taquet*). m. *Mec.* Cada uno de los vástagos que transmiten la acción del árbol de levas a las válvulas de admisión y de escape del motor.

### 1.3.15. Cilindro de conmutación sin contacto

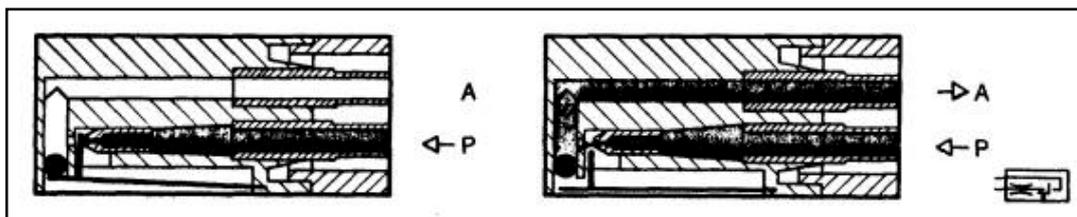
En muchas máquinas e Instalaciones el colocar señalizadores (finales de carrera) representa un problema. A menudo falta espacio, el tamaño de los elementos es demasiado pequeño o los finales de carrera no deben tener contacto con suciedad, agua refrigerante, aceite, etc.

Estas dificultades pueden superarse en gran parte mediante interruptores neumáticos o eléctricos de proximidad.

### 1.3.16. Interruptor neumático de proximidad

Este elemento corresponde en su funcionamiento a una barrera neumática. En un cuerpo está dispuesta una lengüeta de mando. Esta lengüeta interrumpe el paso de la corriente de aire de P hacia A. Al acercarse el émbolo con el imán permanente, la lengüeta es atraída hacia abajo y abre el paso de la corriente de P hacia A.

La señal en A es una señal de baja presión y, por eso, todavía tiene que ser amplificada. Al retirar el émbolo con el imán permanente, la lengüeta regresa a su posición inicial. El paso de P hacia A se cierra de nuevo. *Figura 1.122.*



*Figura 1.122.* Interruptor neumático de proximidad

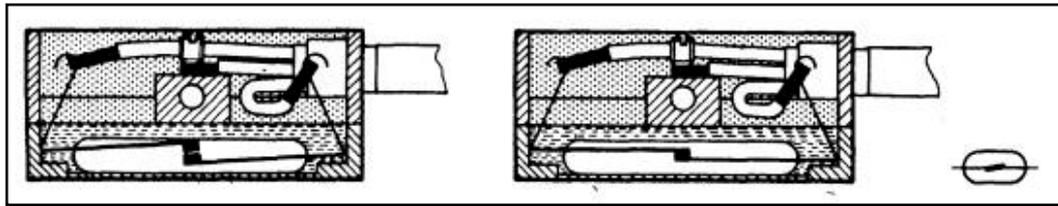
Fuente: [www.sapiensman.com](http://www.sapiensman.com)

### 1.3.17. Interruptor eléctrico de aproximación

Un contacto Reed está cableado y empotrado en una caja fundida a presión y en un zócalo de poliamida. Dicho contacto se compone de dos lengüetas, que se encuentran encerradas en un tubito de vidrio lleno de gas protector.

Cuando el émbolo con el imán permanente se acerca a las lengüetas de contacto, éstas son atraídas y se tocan repentinamente. Este contacto proporciona una señal eléctrica. Al retirar el émbolo, las lengüetas se desmagnetizan y vuelven a su posición final. *Figura 1.123.*

La velocidad de sobrepaso de ambos interruptores de aproximación depende de los elementos post-conectados



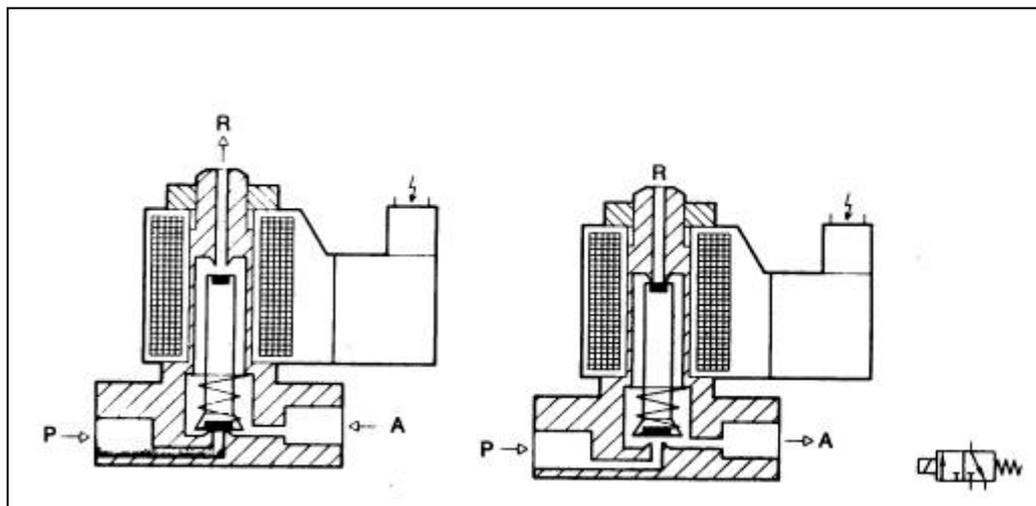
**Figura 1.123. Interruptor eléctrico de proximidad**

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

### 1.3.18. Electroválvulas (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. *Figura 1.124.*

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.



**Figura 1.124. Válvula distribuidora 3/2 (de mando electromagnético)**

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

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, ver figura 100. 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.** *Figura 1.124.*

3 = Número de Puertos

2 = Número de Posiciones

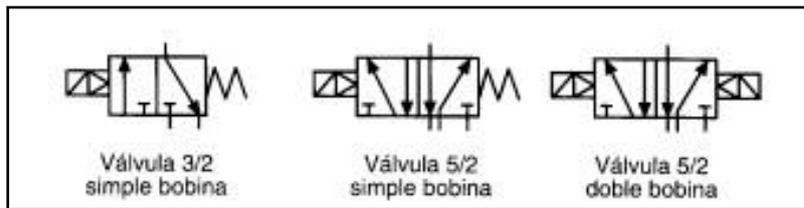


Figura 1.125. Símbolos de válvulas

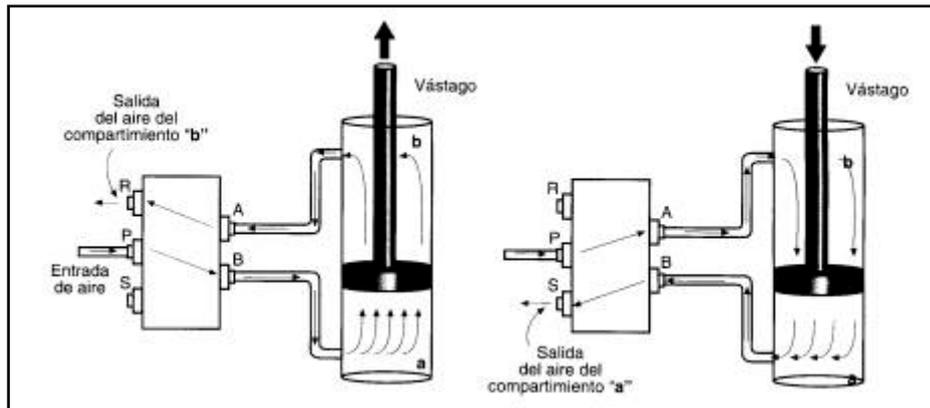
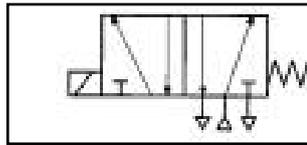


Figura 1.126. Rutas del fluido con una válvula de 5/2. Observe que este tipo de válvulas es apto para cilindros de doble efecto

En la figura 127.0 podemos apreciar la simbología utilizada para representar los diferentes tipos de válvulas eléctricas. Veamos el significado de las letras utilizadas en los esquemas, figura:

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

En la figura 126.0 aparece la ruta que sigue el aire a presión con una válvula 5/2 y un cilindro de doble efecto. 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 corroborar el buen funcionamiento de la válvula y del cilindro, así como para verificar la existencia del aire a presión.



**Figura 1.127. Válvulas proporcionales. Permiten regular el caudal que pasa a través de ellas.**

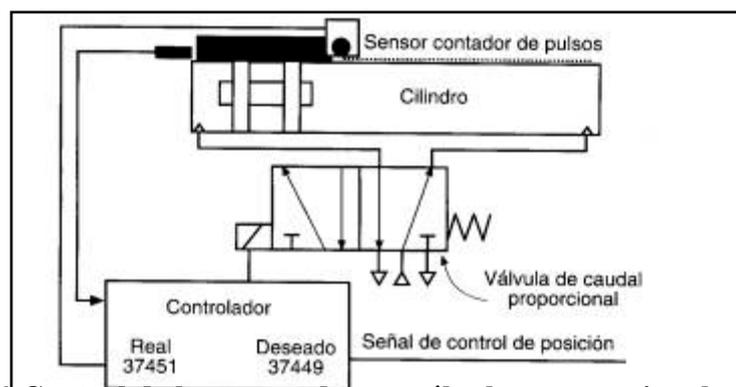
Fuente: [www.sapiensman.com](http://www.sapiensman.com)

### 1.3.18.1. 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.

### 1.3.18.2. Válvulas proporcionales.

Este tipo de válvulas regula la presión y el caudal a través de un conducto por medio de una señal eléctrica, que puede ser de corriente o de voltaje, figura 1.125. Su principal aplicación es el control de posición y de fuerza, ya que los movimientos son proporcionales y de precisión, lo que permite un manejo más exacto del paso de fluidos, en este caso del aire. *Figura 1.128.*



**Figura 1.128. Control de lazo cerrado con válvulas proporcionales. Por medio de un dispositivo de procesamiento se puede ubicar un actuador en puntos muy precisos**

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

Por medio de una válvula proporcional podemos realizar un control de posición de lazo cerrado, figura 1.128, donde el actuador podría ser un cilindro, el sensor un sistema óptico que envía pulsos de acuerdo a la posición de dicho cilindro, y el controlador un procesador que gobierne el dispositivo en general. El número de impulsos se incrementa a medida que el pistón se desplaza a la derecha y disminuye cuando se mueve a la izquierda.

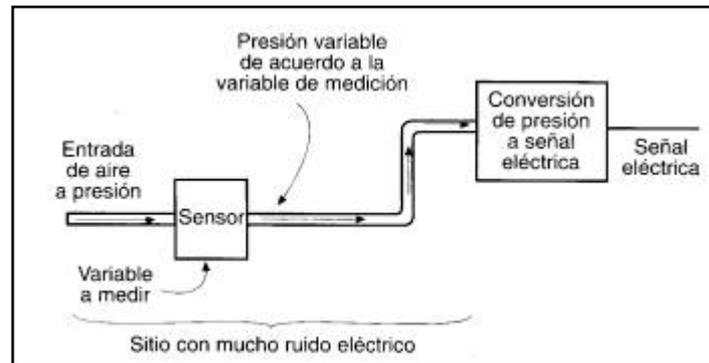


Figura 1.129. Secuencia con válvula proporcional

www.sapiensman.com

### 1.3.19. Transmisión de señales por medios neumáticos.

Cuando, en el sitio donde se mide la variable física, el ruido eléctrico o el peligro de explosión no permiten el uso de cableado, podemos transmitir señales por medios neumáticos para que sean convertidas al modo eléctrico en lugares distantes.

La señal enviada por el controlador hacia la válvula proporcional depende de la cantidad de pulsos, que a la vez indican la distancia que falta para alcanzar la posición deseada. Cada vez que la presión del aire, la temperatura o cualquier otro parámetro de perturbación ocasionen un cambio de posición, el controlador tendrá la capacidad de hacer pequeños ajustes para lograr la posición exacta del cilindro.

Al conectar el imán, el núcleo (inducido) es atraído hacia arriba venciendo la resistencia del muelle. Se unen los empalmes P y A. El núcleo obtura, con su parte trasera, la salida R. Al desconectar el electroimán, el muelle empuja al núcleo hasta su asiento inferior y cierra el paso de P hacia A. El aire de la tubería de trabajo A puede escapar entonces hacia R. Esta válvula tiene solapo; el tiempo de conexión es muy corto.

Para reducir al mínimo el tamaño de los electroimanes, se utilizan válvulas de mando indirecto, que se componen de dos válvulas: Una válvula electromagnética de servo pilotaje (3/2, de diámetro nominal pequeño) y una válvula principal, de mando neumático. Válvula distribuidora 4/2 (válvula electromagnética y de mando indirecto).

Figura 1.129

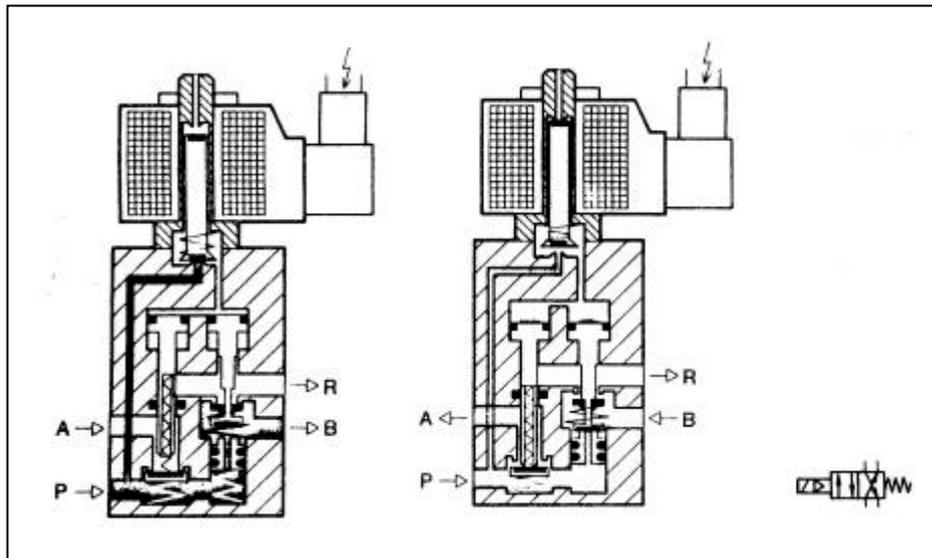


Figura 1.130. Válvula electromagnética y de mando indirecto

sapiensman.com

### ***Funcionamiento:***

El conducto de alimentación P de la válvula principal tiene una derivación interna hacia el asiento de la válvula de mando indirecto. Un muelle empuja el núcleo contra el asiento de esta válvula. Al excitar el electroimán, el núcleo es atraído, y el aire fluye hacia el émbolo de mando de la válvula principal, empujándolo hacia abajo y levantando los discos de válvula de su asiento. Primeramente se cierra la unión entre P y R (la válvula no tiene solapo). Entonces, el aire puede fluir de P hacia A y escapar de B hacia R.

Al desconectar el electroimán, el muelle empuja el núcleo hasta su asiento y corta el paso del aire de mando. Los émbolos de mando en la válvula principal son empujados a su posición inicial por los muelles

## **1.3.20. Los PLC's y la neumática**

### **1.3.20.1. Introducción**

La carrera de la automatización a pegado fuerte en cuanto a maquinaria industrial se refiere, actualmente una persona, ni un grupo de ellas, son capaces de realizar ciertas tareas aún cuando pongan el mayor empeño en sus actividades, es por ello que surgen sistemas automáticos que permiten que esas labores sean realizadas a distancia y sin la intervención de alguien en el proceso. Los **PLC's (Programmable Logic Controller)** son dispositivos electrónicos que permiten controlar varios dispositivos a distancia con la simple inserción de datos a su estructura, en tal configuración que realizarán sus acciones en un tiempo e intervalo de tiempo establecido, con determinadas características, con cierta preponderancia, etc. Pero no sólo se puede realizar una tarea, también se puede inferir en la recopilación de datos e

información para saber cómo se está llevando a cabo un proceso, esto se realiza con dispositivos sensitivos que se colocan en el lugar donde se dan las acciones.

Los PLC's pueden ser utilizados en combinación con infinidad de dispositivos, entre ellos los neumáticos, permitiendo una total libertad en la elección de las formas en cómo se realizará un proceso. Todo depende de las características de seguridad, rapidez y eficiencia que se quiera obtener, por ejemplo, en una planta de ensamblaje lo requerido es obtener productos en el menor tiempo posible con una calidad aceptable, mientras que un sistema de monitoreo lo más importante es preservar la seguridad con análisis detenidos y constantes; con lo anterior se puede observar que hay diferentes tipos de PLC's, acordes a las necesidades y uso que se les dará.

Cuando se utilizan dispositivos electrónicos de mando con aquellos basados en principios neumáticos se obtienen algunas ventajas, como:

- **Automatización:** Las actividades se realizan sin la intervención del humano, mas de aquella que significa indicar qué es lo que se desea.

- **Economía:** Los equipos neumáticos y los PLC's utilizan muy poca energía en conjunto, a comparación de la que pudiera ser utilizada en instalaciones electromagnéticas, eléctricas, mecánicas, etc. Es decir, el propósito de la combinación PLC's – neumática no es ser aplicada en tareas pesadas, sino en aquellas que requieran de fineza y exactitud en el trabajo.

Por otro lado, no se necesitará demasiada mano de obra en un área de trabajo, ni de funciones como la supervisión, el accionamiento de controles, etc., conllevando a una economía de movimientos y de dineros.

- **Seguridad:** Los arreglos se pueden utilizar en ambientes extremosos, inflamables, tóxicos, etc., porque intervienen corrientes eléctricas pequeñas y, además, están contruidos acordes a las condiciones existentes. Cuando se maneja aire, en este tipo de casos, no se infiere en presiones demasitados elevadas, sino aquellas que permiten movilizar partes metálicas pequeñas, lo que conduce al manejo y aplicación de fuerzas, en su mayoría, casi despreciables.

Los PLC's funcionan en base a registros y situaciones, por lo que cada actividad se realizará sustentada en un justificación y una necesidad, es decir, el PLC actuará en el momento preciso con acciones acordes a la situación, a esto se le conoce como ejecución de tareas en tiempo real.

### **1.3.20.2. PLC's utilizados con dispositivos neumáticos**

Además de tener las características básicas para todos los PLC's, los utilizados en neumática tienen también (controlador CIM 2000):

- La posibilidad para procesar datos digitales y manipular entradas (sensaciones) y salidas (acciones) simultáneamente.
- Gran cantidad de memoria para la inserción de información referente a cómo será y debe ser el proceso en ciertas condiciones.
- Puede ser programado con una computadora de uso específico, como con una de uso general.

¿Cómo se pone en marcha? y ¿Cómo está compuesto el arreglo de un PLC?

Los PLC's vienen montados en tarjetas sólidas con una gran cantidad de componentes que permiten su función conjunta con una computadora, es decir, la tarjeta va insertada y forma parte de la estructura de una computadora.

#### ***Programación***

Lo primero que se debe saber es el origen del componente para así conocer quién lo elaboró y cuál es la forma de insertar datos e información. Cada marca tiene su propia forma y código para comunicarse con el PLC, esto presenta un inconveniente por no compartir un mismo lenguaje de programación. Los más nuevos vienen más estandarizados y manejan una inserción de datos en escalera.

Es necesario programar y conocer electrónicamente el componente porque se manejan arreglos demasiado complejos en su interior, esto infiere en que sean sutiles a cambiar constantemente en la forma en cómo funcionan con la simple variación de una característica.

Con la inserción de datos se marcan márgenes, posibilidades, tiempos de acción, medidas a tomar, etc. Todo queda guardado en la memoria del dispositivo, esta puede ser volátil ó permanente, si es volátil se tendrá que reprogramar constantemente, mientras que en el modo permanente sólo se hará tal acción cuando se necesite.

#### ***Sensores***

Los dispositivos de sensación (sensores) van montados a las entradas del arreglo, los más comunes pueden indicar variaciones en:

- ◆ Temperatura.
- ◆ Presión.
- ◆ Humedad.
- ◆ Velocidad.
- ◆ Contacto.
- ◆ Movimiento.

Estos se comunican con la tarjeta con variaciones de un voltaje generado en la propia estructura del sensor, pero también lo pueden hacer con variaciones en su resistencia eléctrica. Estos cambios son detectados por el PLC y se procesan para saber si están acordes a los límites preestablecidos en la programación.

### **Actuadores**

Los dispositivos de salida (actuadores) son los que hacen el trabajo pesado, con ellos se hacen funciones como:

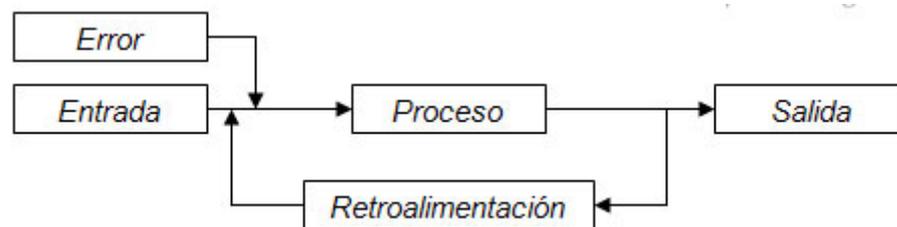
- ✦ Movimientos.
- ✦ Transmisión de fuerza.
- ✦ Posicionamiento.

Lo anterior significa poder activar un equipo a distancia con la transmisión de una señal de mando interpretada por el actuador.

Los actuadores neumáticos son las válvulas, pistones, controles, etc., los cuales se acomodan y se configuran hasta llegar a un planteamiento inicial. Las válvulas son movidas por solenoides de desplazamiento longitudinal, mientras que los controles son accionados con relevadores.

### **1.3.20.3. Esquema de la función de un PLC**

A continuación se describe el funcionamiento básico de cualquier arreglo:



### **1.3.21. Amplificador de presión (de una etapa)**

Muchos de los elementos que hemos enseñado, tales como detectores de paso, detectores de proximidad, etc., trabajan con bajas presiones. Por lo tanto, las señales deben ser amplificadas.

El amplificador de presión es una válvula distribuidora 3/2, dotada de una membrana de gran superficie en el émbolo de mando.

Para mandos neumáticos que trabajan con baja presión y que tienen una presión de mando de 10 a 50 kPa (0,1 a 0,5 bar), se emplean amplificadores simples.

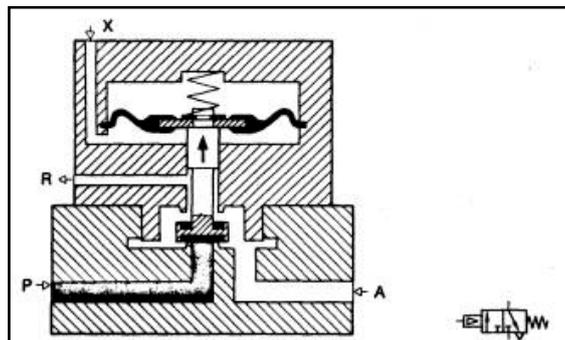
En la posición de reposo, el paso de P hacia A está cerrado. El conducto de A está en escape hacia R. A P puede aplicarse la presión normal (de hasta 800 kPa/8 bar). Al dar una señal X, la membrana recibe directamente presión. El émbolo de mando invierte su

movimiento, y abre el paso de P hacia A. Esta señal obtenida en A se emplea para accionar elementos que trabajan con presiones altas. Al desaparecer la señal X, el émbolo de mando cierra el paso de P hacia A; el conducto A se puede poner en escape a través de R. Este amplificador no necesita alimentación adicional. *Figura 1.131.*

### 1.3.22. Amplificador de presión (de dos etapas)

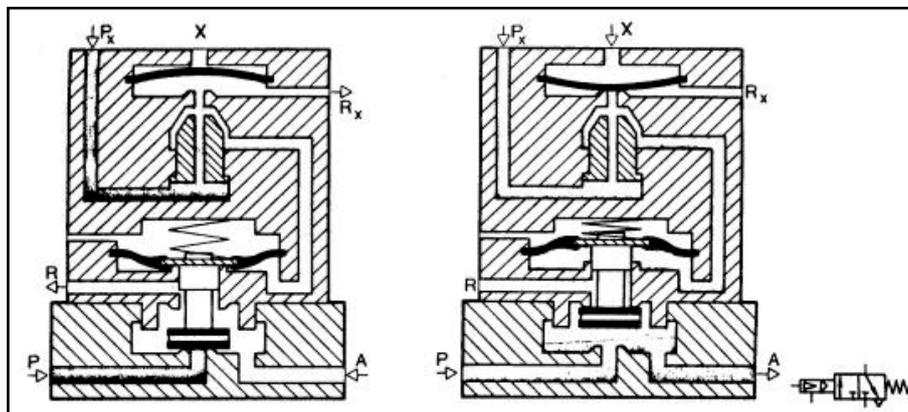
Este elemento se compone del amplificador anteriormente descrito y de un preamplificador. Se aplica en caso de que haya de trabajar con señales de presión de mando muy débiles.

No habiendo realizado ningún accionamiento, la válvula distribuidora 312 cierra el paso de P hacia A. En la entrada P, está presente aire continuo de alimentación (presión  $P_x$  10-20 kPa/0,1 -0,2 bar); este aire sale por R, a la atmósfera (consumo continuo de aire). Cuando hay una señal en la entrada de mando X, la membrana del amplificador cierra el paso de aire de P, hacia R. El aire comprimido de alimentación presente en  $P_x$  actúa por eso sobre la membrana de mando del amplificador. Debido a este contacto. El émbolo de mando abre el paso de P hacia A. Cuando desaparece la señal X, el muelle de compresión que actúa en la membrana y en el émbolo de mando cierra el paso de P hacia A. El aire comprimido de alimentación P, escapa entonces de nuevo a la atmósfera por R. *Figura 1.132.*



*Figura 1.131. Amplificador de presión – una etapa*

Fuente: Parker Training



*Figura 1.132. Amplificador de presión – dos etapas*

### 1.3.23. Convertidor de señal neumático-eléctrico

La automatización progresiva en los diferentes ramos de la industria exige una combinación de la neumática y la electricidad. Como elemento de unión entre el mando neumático y el elemento de mando eléctrico se necesita el convertidor neumático-eléctrico.

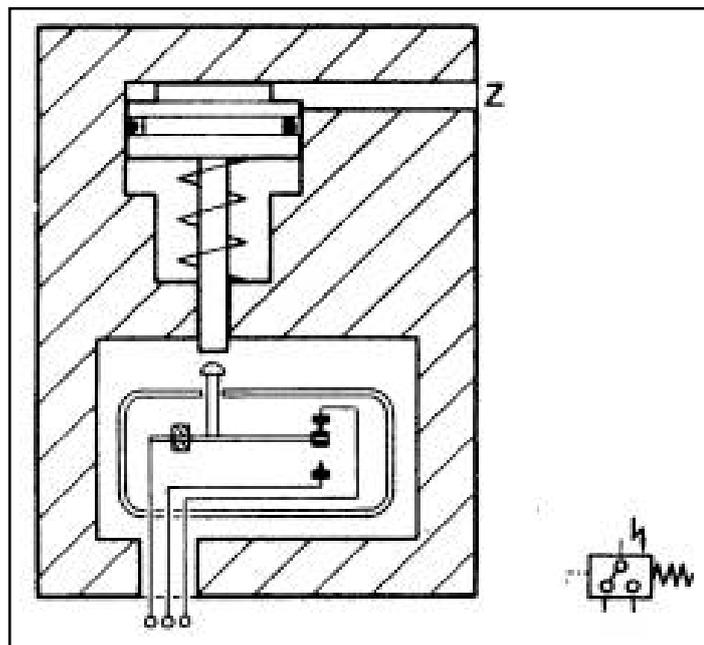
#### 1.3.23.1. Convertidor de señal

La combinación más simple es un interruptor final de carrera eléctrico, accionado por medio de un cilindro neumático de simple efecto.

Al aplicar aire comprimido al cilindro de simple efecto, éste conmuta el interruptor final de carrera. Los dos elementos están montados en un bloque. Según la conexión, el interruptor final de carrera puede emplearse como contacto normalmente abierto, normalmente cerrado o como conmutador. *Figura 1.133.*

La escala de presiones de esta combinación es de 60 a 1000 kPa (0,6 a 10 bar).

Para baja presión existen elementos especiales (con otro bloque), que trabajan con una presión de reacción de 10 kPa ó 0,05 kPa (0,1 ó 0,0005 bar), respectivamente.



*Figura 1.133. Convertidor de señal*

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

### **1.3.23.2. Contactor neumático**

El Contactor neumático se compone de:

- ✦ Cámara de conexiones (parte eléctrica).
- ✦ Cilindro de simple efecto (parte neumática).
- ✦ Embolo de mando

Las señales provenientes de mandos neumáticos pueden usarse para accionar directamente los contactores. Estos contactores convertidores de señal se pueden incorporar directamente en el mando neumático.

Estos contactores se utilizan para accionar elementos eléctricos (electroválvulas, acoplamientos electromagnéticos), vigilar neumáticamente piezas en la fabricación, desconectar Motores de accionamiento (detector de paso, detector de aproximación).

#### **1.3.23.2.1. Mando o inversión de motores eléctricos:**

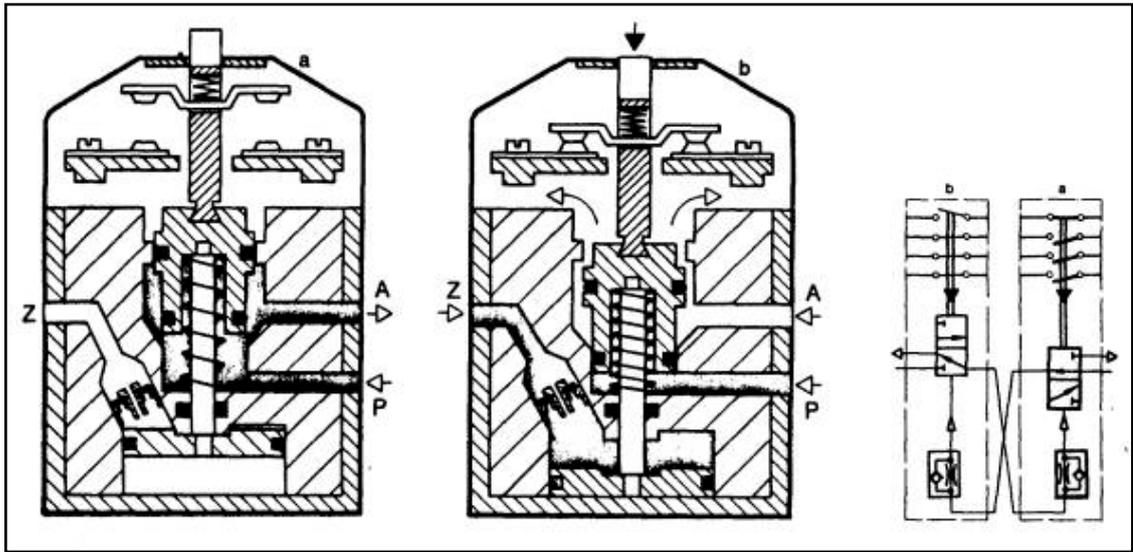
Para invertir motores eléctricos o en casos de aplicación similares se utilizan pares de contactores reversibles. Al aplicar esta combinación es necesario asegurarse de que los contactos de ambos no estén nunca cerrados simultáneamente. Cuando un Contactor está accionado, evita mediante un bloqueo neumático el accionamiento del otro Contactor.

##### ***Funcionamiento:***

Cuando en la entrada Z aparece una presión de mando (150-800 kPa/1,5-8 bar), el aire comprimido actúa sobre el cilindro de simple efecto.

En la cámara de conexiones se cierran los contactos. Para el bloqueo del otro Contactor, el émbolo situado en el cilindro de simple efecto cierra el paso de aire de P hacia A.

Al disminuir la presión en Z, el cilindro de simple efecto abre los contactos y se dispone nuevamente de paso de P hacia A. figura



*Figura 1.134. Mando o inversor de motor*

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

## ***CAPÍTULO II***

### ***ESTUDIO TÉCNICO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL LABORATORIO***

---

## **CAPÍTULO II**

### **ESTUDIO TÉCNICO PARA IMPLEMENTACIÓN DEL LABORATORIO**

#### **2.1. ESTUDIO TÉCNICO DEL PROYECTO DE TESIS**

##### **2.1.1. Generalidades.**

La importancia de realizar este estudio radica en la posibilidad técnica de la elaboración de un laboratorio de neumática y electroneumática en una institución educativa a nivel de bachillerato, bajo todas las condiciones y prevenciones de seguridad y de calidad.

Además, analizaremos y determinaremos el tamaño óptimo, la localización óptima, los equipos, las instalaciones, mano de obra calificada, tanto para la construcción como para la preservación y mantenimiento del laboratorio y la organización para realizar este laboratorio. Pretendemos resolver las preguntas referentes a dónde, cuánto, cómo y con qué se podrá realizar este laboratorio, de esta forma reconoceremos el aspecto técnico-operativo, relacionado al funcionamiento y la operatividad del laboratorio.

##### **2.1.2. Objetivos.**

###### **Objetivo General.**

Investigar, recaudar, analizar y redactar una guía óptima para la elaboración de un laboratorio de neumática y electroneumática bajo parámetros de calidad y seguridad que beneficien la integridad de los practicantes y el avance tecnológico a nivel de estudiantes de bachillerato del colegio Fisco misional Salesiano “Domingo Comín”.

###### **Objetivos específicos.**

- ◆ Determinar el tamaño óptimo del laboratorio de neumática y electroneumática y reconocer las ventajas y desventajas de su ubicación dentro de la institución educativa.
- ◆ Determinar la ubicación del laboratorio, de esta manera reconocer criterios estratégicos, institucionales, e incluso, de preferencias emocionales para maximizar la rentabilidad del laboratorio.
- ◆ Fijar las instalaciones eléctricas necesarias para el laboratorio de neumática y electroneumática.
- ◆ Realizar el diseño y distribución de todo los elementos necesarios para el laboratorio de neumática y electroneumática.
- ◆ Describir las unidades y equipos que se utilizarán tanto en la elaboración del laboratorio como una vez terminada y puesta en marcha.
- ◆ Determinar los costos para la ejecución del proyecto. En construcción, instalaciones (eléctricas y aire comprimido), equipos a instalar, climatización,

sistema de distribución o red de aire comprimido, seguridad industrial, señalización, mantenimiento y luminosidad e imprevistos.

- ◆ Establecer un posible calendario para el desarrollo y/o ejecución para la construcción del laboratorio de neumática y electroneumática en cuyo caso que deseen implementarlo.
- ◆ Recomendar proveedores, lista de elementos y equipos a utilizar, precauciones al momento de su ejecución.
- ◆ Establecer parámetros para realizar pruebas adquisición de equipos y elementos neumáticos y electroneumáticos, de funcionamiento de la red de distribución del aire, de los tableros de práctica, de funcionamiento de compresores.
- ◆ Proponer medidas de seguridad para la ejecución y utilización del laboratorio una vez implementado.
- ◆ Proponer prácticas de neumática y electroneumática para los alumnos y docentes que utilizarán el laboratorio.
- ◆ Proponer un plan de mantenimiento preventivo del laboratorio una vez implementado, tanto para los equipos como para los elementos de práctica.

### **2.1.3. Justificación del proyecto.**

El proyecto de reforzamiento de la educación técnica en el acuerdo ministerial No. 3425 del 27 de agosto del 2004 menciona: para que las instituciones o colegios sean considerados técnicos, deberán proporcionar las instalaciones y personal necesario para el desarrollo de la malla curricular establecido por el estado y por las mismas instituciones o colegios.

En relación a las instalaciones expone: las instalaciones deberán estar equipadas con laboratorios que ayuden al desarrollo de la materia y garantice el aprendizaje y entendimiento de los alumnos. De esta forma los laboratorios pueden dar una breve visión del campo real del trabajo.

La institución en donde se realizará el estudio técnico es el colegio Fiscomisional Salesiano “Domingo Comín”, institución que se caracteriza por graduar a bachilleres en la rama técnica especializados en electrónica industrial, electrónica computacional y electromecánica.

El colegio se caracteriza por ser experimental, además, por ser salesiano, están estructurados académicamente por el Proyecto Salesiano de Innovación Educativa y Curricular (PROSIEC)<sup>19</sup>, con respaldo del Ministerio de Educación por el acuerdo ministerial No. 485 en el que reconoce, al proyecto mencionado, como modelo educativo salesiano y puesto en práctica en todos los centros educativos con modalidad de experimentales. El enfoque adoptado en el PROSIEC es el holístico,

---

<sup>19</sup> **PROSIEC.** 1ª edición: Sociedad Salesiana en el Ecuador. Consejo Nacional de Educación Salesiana (CONESA) Enero 2007.

sistémico y por procesos porque resume los principales aportes de la investigación científica en educación<sup>20</sup>.

La institución en donde se realizará el estudio de tesis, tiene un respaldo físico técnico en donde se desarrollan las materias de las distintas especializaciones y, además de ser un colegio experimental que está en constante crecimiento, es de nuestro interés ofrecer una nueva propuesta académica presentando este estudio técnico.

Este estudio dará un avance tecnológico en la institución, se desarrollará nuevas metas académicas e impulsará al estudiante a realizar trabajos aplicando la neumática y la electroneumática desarrollando la destreza del pensamiento y la técnica profesional.

#### **2.1.4. Elementos del estudio técnico para el proyecto.**

Los elementos constituyentes del estudio técnico son los siguientes:

- ◆ Localización del laboratorio.
- ◆ Determinación del tamaño del laboratorio.
- ◆ Distribución del espacio físico del laboratorio.
- ◆ Disponibilidad de materiales e instalaciones.
- ◆ Selección de materiales, elementos y equipos.
- ◆ Factores ambientales.
- ◆ Diseños y planos.
- ◆ Costos del proyecto.

---

<sup>20</sup> PROSIEC. Capítulo I, Orientaciones Teleológicas, pp. 23-30.

## 2.2. Localización del laboratorio.

### 2.2.1. Macro Localización.

El laboratorio de neumática y electroneumática estará ubicada en el Ecuador (figura 2.1), en la ciudad o cantón de Guayaquil de la provincia del Guayas (figura 2.2), específicamente en la parroquia Ximena al sur de la ciudad (figura 2.3).

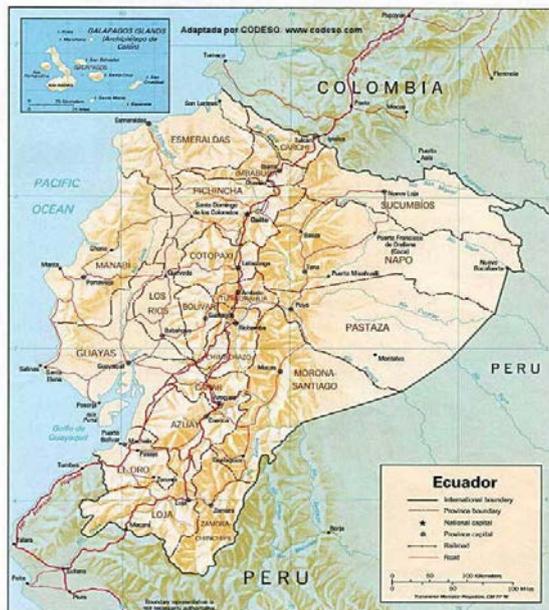


Figura 2.1. Mapa del Ecuador  
Fuente: [www.googlemap.com](http://www.googlemap.com)



Figura 2.3. Mapa parroquia Ximena  
Fuente: [www.googlemap.com](http://www.googlemap.com)



Figura 2.2. Mapa de la ciudad de Guayaquil  
Fuente: [www.googlemap.com](http://www.googlemap.com)

### 2.2.2. Micro localización.



Figura 2.4. El plano completo de la institución está en la sección de anexos.

Fuente: Autores.

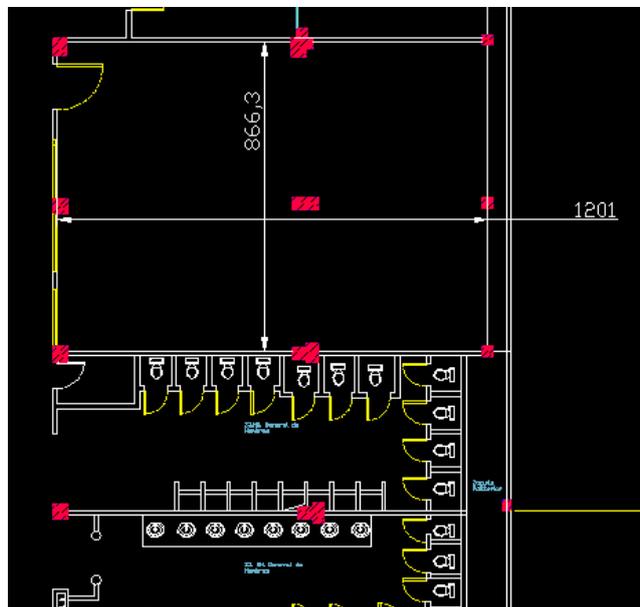


Figura 2.5. Ubicación del espacio designado para el laboratorio, junto a los baños de varones de la Institución.

Fuente: Autores.

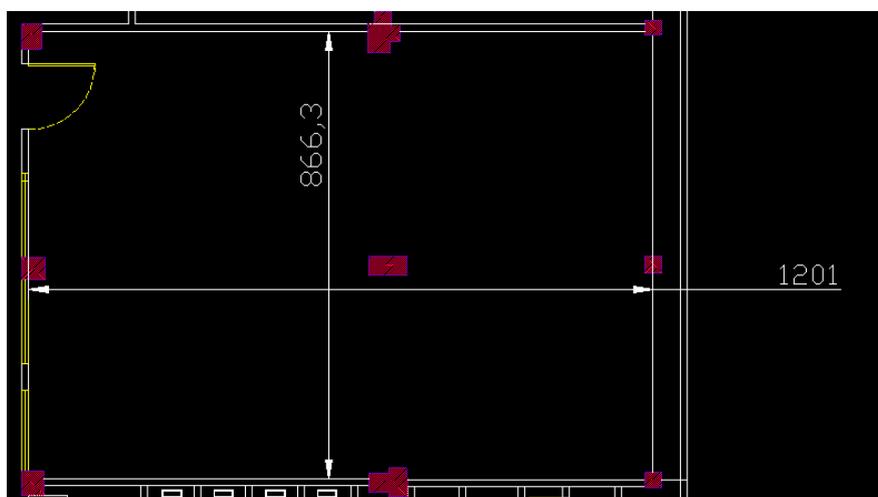


Figura 2.6. El área aproximada del laboratorio es de 96 metros cuadrados.

Fuente: Autores.

El laboratorio estará ubicado en la planta baja de la institución, junto a los laboratorios de maquinas y herramientas y el de maquinaria eléctrica I.

Los factores identificados para la elección del área son los siguientes:

### **2.2.3. Factores Positivos.**

***Cercanía a una fuente de energía eléctrica.*** Esto nos facilitará la fuente de energía eléctrica para el laboratorio, el costo del mismo depende de la distancia en que se encuentre la fuente.

***Se encuentra a nivel de la planta baja.*** Esto facilitará el transporte de elementos y maquinaria necesaria para la adecuación del laboratorio; optimizando recursos económicos y de logística.

***Seguridad al momento de un accidente o siniestro.*** Al estar en la planta baja tiene acceso inmediato a los patios de la institución, garantizará la seguridad de las personas que se encuentren dentro de ella.

***Área técnica.*** El laboratorio estará ubicado junto a otros similares, esto da una visión de orden y estética del área total. Facilitando su ubicación y orientación de los otros laboratorios que lo rodean.

***Dispensario médico cerca.*** El laboratorio se encontrará a 5 metros, aproximadamente, del departamento médico de la institución; en caso de ocurrir un accidente la atención será inmediata.

***Se utilizará infraestructura existente.*** Al utilizar un espacio ya construido solo se necesitará implementar los equipos y materiales correspondientes a la red de aire, tableros, generador de aire (compresor), mesas de trabajo, suministros de oficina necesarios.

### **2.2.4. Factores Negativos.**

***Instalaciones eléctricas existentes.*** El espacio identificado y preseleccionado ya posee instalaciones eléctricas, aquí se debe realizar un mantenimiento de las instalaciones existentes y corroborar si están aptas para re-utilizarlas.

***Espacio limitado.*** Aunque se tenga un espacio de similares dimensiones que los otros laboratorios o aulas, no será el necesario para satisfacer la demanda existente; se diseñará una alternativa en que puedan trabajar todos a futuro. Las instalaciones y diseño de todo el laboratorio será el mismo, la diferencia está en que se lo adaptará a las dimensiones existentes.

***Remodelación de infraestructura.*** Se considerará la remodelación o construcción de espacios que se requiera dentro del área, reubicación de mesas de trabajo y tableros, cuarto de compresor, sistema de ventilación, medios de evacuación (salida de emergencia).

### 2.2.5. Método de Selección.

Para la selección del espacio, descrito anteriormente, se identificaron tres alternativas, y se aplicó un método de calificación.

El método aplicado fue el Método Cualitativa Por Puntos<sup>21</sup>, en donde se establecieron factores determinantes para, al final, bajo criterios y fundamentos, evaluar cada factor y ver cuál de las alternativas es la apropiada.

#### 2.2.5.1. Factores.

En la tabla 2.1, se detalla los factores determinantes y el peso adoptado para la medición, este peso suma 1.00.

Ítem	Factor	Peso
1	Materia Prima Disponible.	0.35
2	Seguridad Integral	0.15
3	M.O. Disponible	0.10
4	Espacio de Construcción	0.40
<b>Total</b>		<b>1.00</b>

Tabla 2.1. Factores  
Fuente: Autores.

#### 2.2.5.2. Calificación y Ponderación.

Después de ponderar cada factor, es necesario calificarlos sobre 10 y de su operación saldrá el valor más alto, que representará la alternativa más óptima y mejor opción.

Factor	Peso	ZONA					
		A		B		C	
		Calificación	Ponderación	Calificación	Ponderación	Calificación	Ponderación
1	0.35	6	2.10	6	2.10	6	2.10
2	0.15	7	1.05	5	0.75	6	0.90
3	0.10	4	0.40	7	0.70	7	0.70
4	0.40	5	2.00	4	1.60	8	3.20
<b>Total</b>	<b>1.00</b>		<b>5.55</b>		<b>5.15</b>		<b>6.90</b>

Tabla 2.2. Calificación y ponderación  
Fuente: Autores.

<sup>21</sup>**Método Cualitativo por Puntos.** Consiste en definir los principales Factores determinantes de una Localización, para asignarles valores ponderados de peso relativo, de acuerdo con la importancia que se les atribuye.

**Zona A:** Construcción del Laboratorio en la parte posterior del Colegio.

**Zona B:** Construcción del Laboratorio en un área de 45 metros cuadrados.

**Zona C:** Construcción del Laboratorio uniendo dos aulas de la planta baja del colegio.

Una vez realizadas las operaciones podemos deducir que la opción más alta es la alternativa o zona C. Esta alternativa significa que se realizará la unión de dos aulas para poder construir el laboratorio.

### **2.3. Determinación del tamaño del laboratorio.**

#### **2.3.1. Identificación de la demanda.**

El laboratorio está destinado para los estudiantes de la siguiente especialización:

2<sup>do</sup> año de bachillerato especialización: *sistemas eléctricos*.

En este curso o nivel de estudio de bachillerato, la institución los prepara dictándoles materias técnicas, existiendo en su pensum materias como: instalaciones industriales, neumática, redes eléctricas, electrónica analógica, inglés técnico y gestión y administración, complementándolas con las ciencias exactas, sociales y formación religiosa.

Esta especialización está formada por dos cursos o secciones, que a lo largo de sus años, ha constado con un total aproximado de **45 estudiantes**. Total determinado como: *demanda activa promedio. (Dap)*. Para el 2009 existieron dos secciones de 24 y 28 alumnos de la especialización de sistemas eléctricos y para el 2010 existe **48 estudiantes** distribuidos en dos secciones; este último total determinado como: *demanda real existente.(Dre); para el presente año.*

#### **2.3.2. Datos del estudio de mercado.**

Se realiza un pequeño estudio de mercado para conocer la demanda de la población estudiantil. En este estudio se formulan 11 preguntas, que van desde el nivel de conocimiento de la rama de neumática y electroneumática, intereses en las mismas hasta el nivel de aceptación de un laboratorio dentro de la institución.

Esta encuesta se la realiza a dos niveles del colegio; a los 4<sup>tos</sup> cursos y a los 5<sup>tos</sup> cursos, que en total hacen una población de 311 estudiantes.

Se efectúa la encuesta a los estudiantes del 4<sup>to</sup> curso debido a que, desde ese nivel, la institución los prepara para la elección de su especialización, ofreciendo información valiosa de las distintas materias tanto técnicas, exactas, humanas y físicas para que el estudiante, con una buena base académica, logre su correcta elección profesional al siguiente año de estudio.

Con estos datos se proyectará nuevas demandas para los años posteriores, conocer el interés de los estudiantes por la neumática y electroneumática, y por aplicar los conocimientos de las mismas.

La muestra encuestada es de 276 *estudiantes*, y 12 *profesores*; obteniendo los siguientes datos:

### 2.3.2.1. Encuesta a Estudiantes

11 Preguntas relacionadas a conocimientos, aplicaciones e interés sobre la neumática y electroneumática y su laboratorio.



Figura 2.7. Primera pregunta de encuesta  
Fuente: Autores.



Figura 2.8. Segunda pregunta de encuesta  
Fuente: Autores.

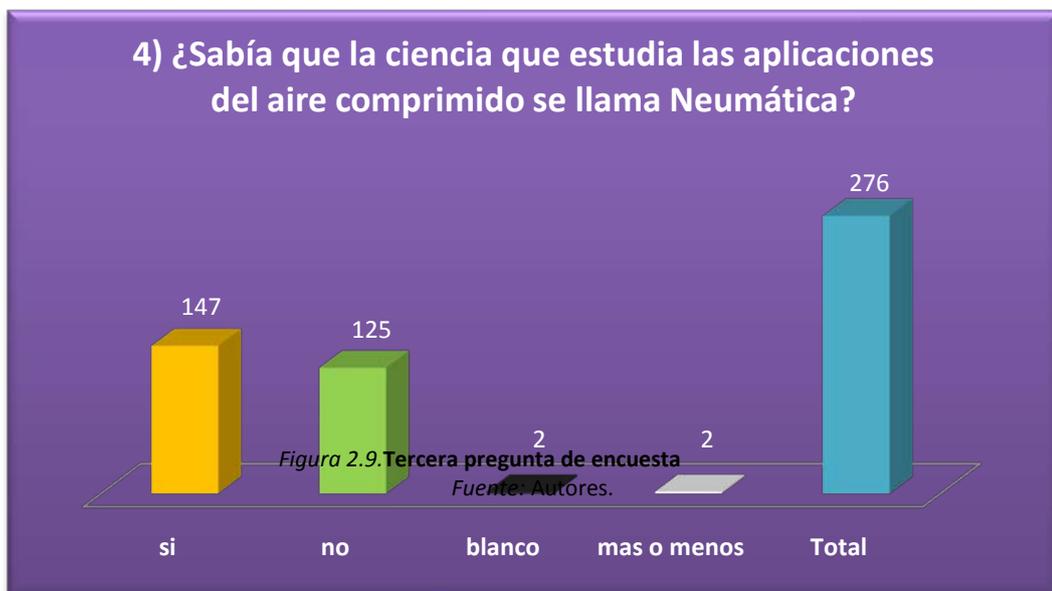
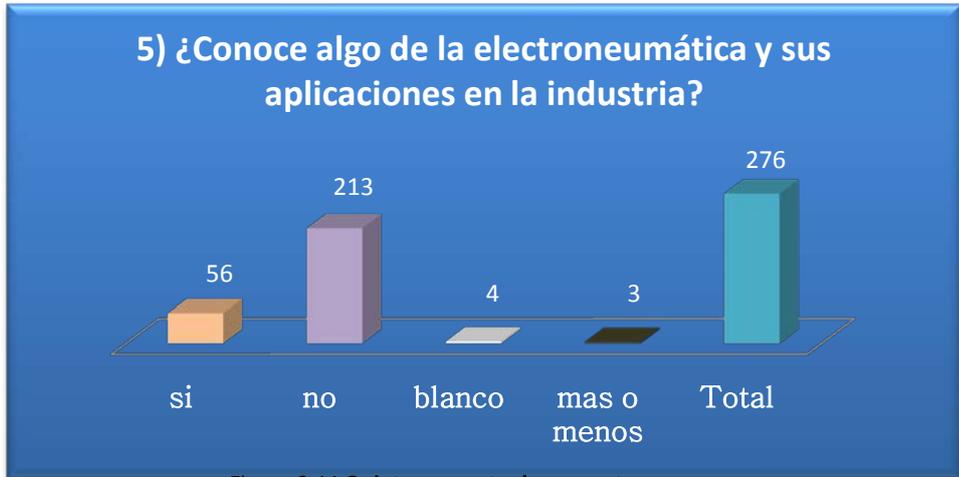
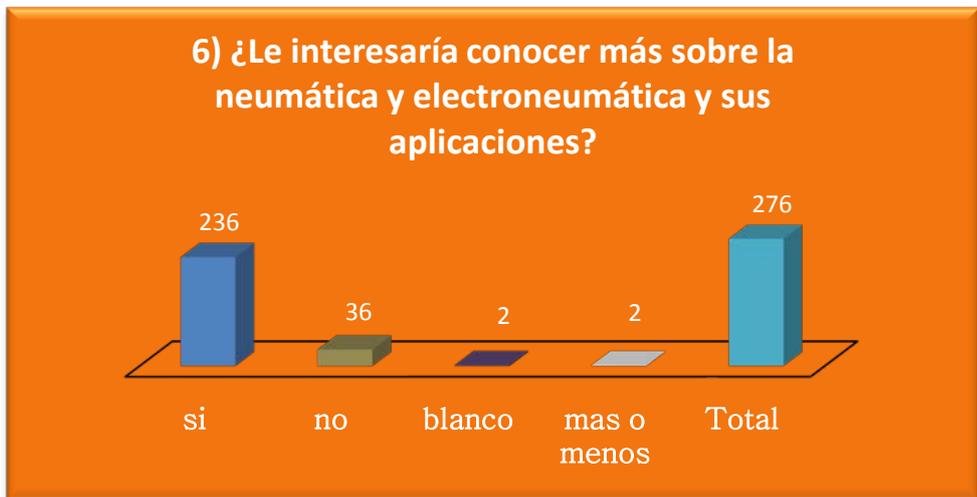


Figura 2.10. Cuarta pregunta de encuesta  
Fuente: Autores.



*Figura 2.11. Quinta pregunta de encuesta*  
Fuente: Autores.



*Figura 2.12. Sexta pregunta de encuesta*  
Fuente: Autores.

Figura 2.13. Séptima pregunta de encuesta  
Fuente: Autores.

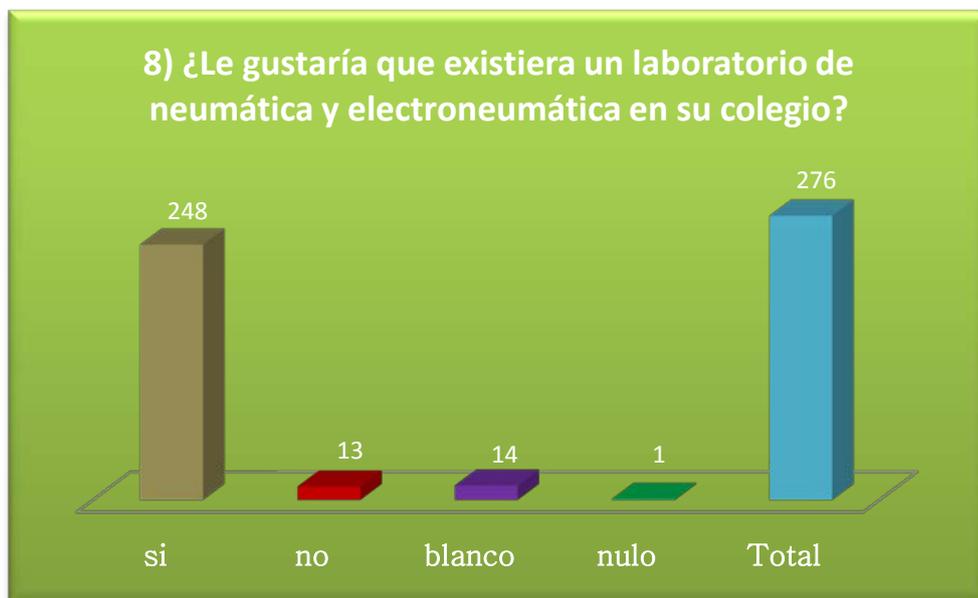


Figura 2.14. Octava pregunta de encuesta  
Fuente: Autores.

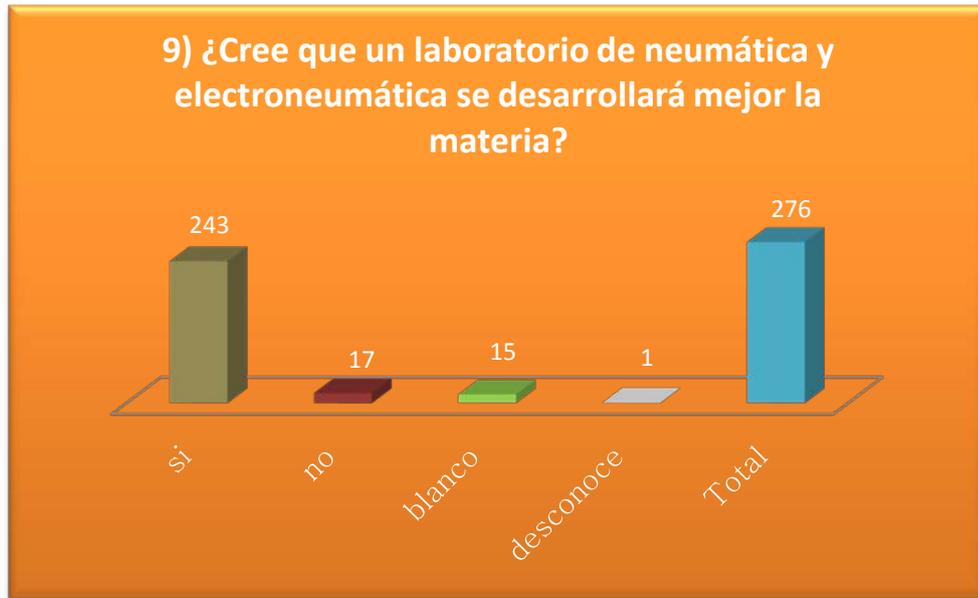


Figura 2.15. Novena pregunta de encuesta  
Fuente: Autores.

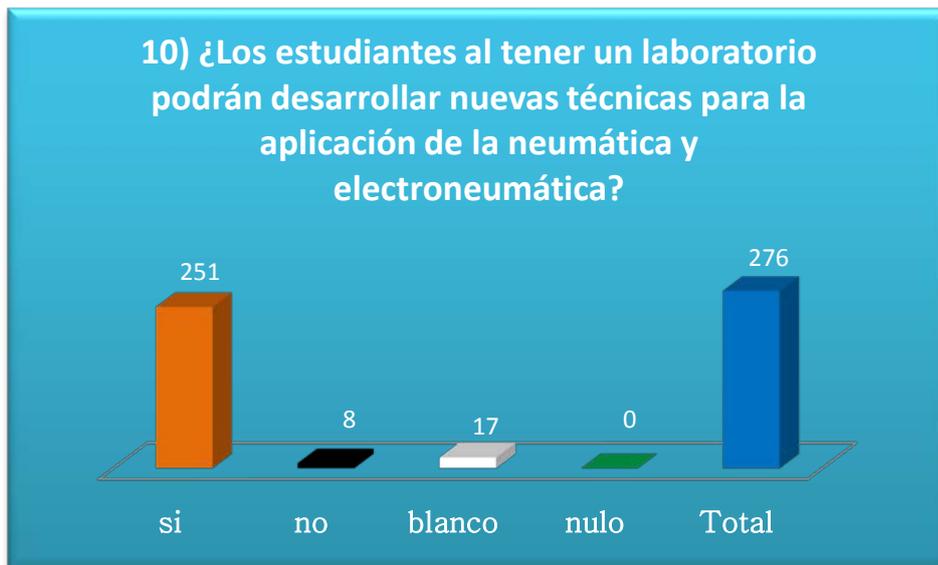


Figura 2.16. Decima pregunta de encuesta  
Fuente: Autores.

Concerniente a la pregunta 11 mencionamos:

**¿Qué le gustaría aprender de las ramas mencionadas? (neumática y electroneumática)**

Existieron respuestas algo insistentes a la pregunta, pero validas en el contexto; entre ellas fueron: las aplicaciones de la electroneumática, circuitos complejos y de aplicación, todo lo relacionado a las materias de neumática y electroneumática.

### Tabulación en porcentajes

Del 100% de los estudiantes de 4tos y 5 tos cursos el 89.9% les gustaría tener un laboratorio de neumática y electroneumática.

Este resultado se corrobora con el 90.94% de estudiantes que podrán desarrollar las aplicaciones de las mismas ramas teniendo un laboratorio.

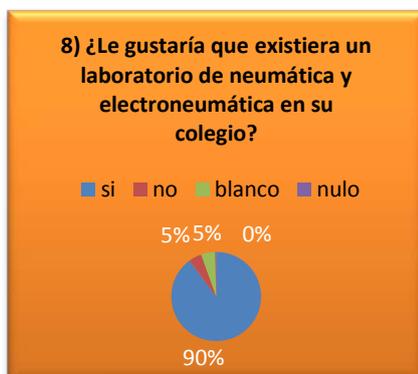


Figura 2.17. Porcentaje pregunta ocho  
Fuente: Autores.

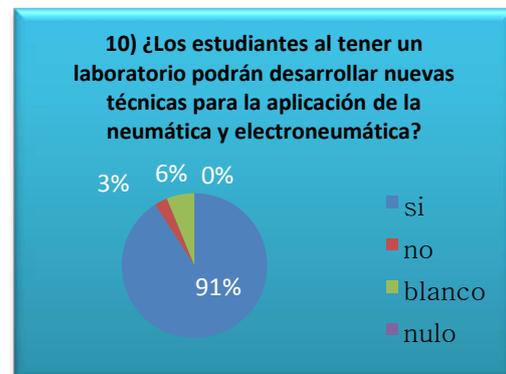


Figura 2.18. Porcentaje pregunta diez  
Fuente: Autores.

Estos datos nos ayudan para próximas proyecciones en diferentes proyectos que la institución deseara realizar.

### **Datos adicionales:**

■ Cálculo del incremento promedio anual. (*IPA*):

*Estudiantes del año anterior: 45*

*Estudiantes del presente año: 48*

$$\pm \frac{(48-45)}{48} * 100 = \pm 6.25\%$$

***IPA*** =  $\pm 6.25\%$  (*solo del crecimiento de los 5<sup>tos</sup> cursos*).

■ Cálculo de la demanda anual promedio. (*DAP*):

Durante los últimos 10 años: (2000 – 2009)

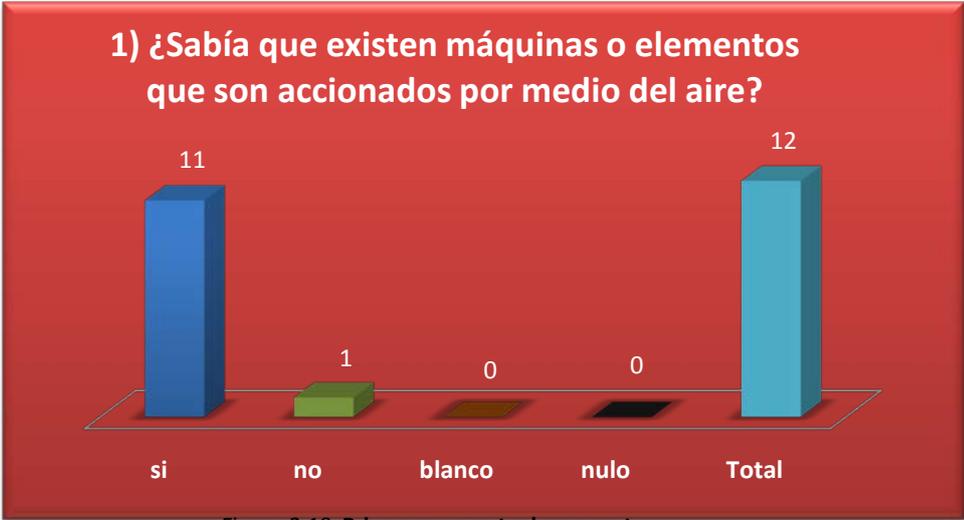
Año	Estudiantes
2009:	42
2008:	50
2007:	35
2006:	38
2005:	40
2004:	31
2003:	33
2002:	33
2001:	35
2000:	29
Total	366

*Tabla 2.3. Media anual: 366 / 10 = 36.6 estudiantes. DAP: 37 estudiantes.*

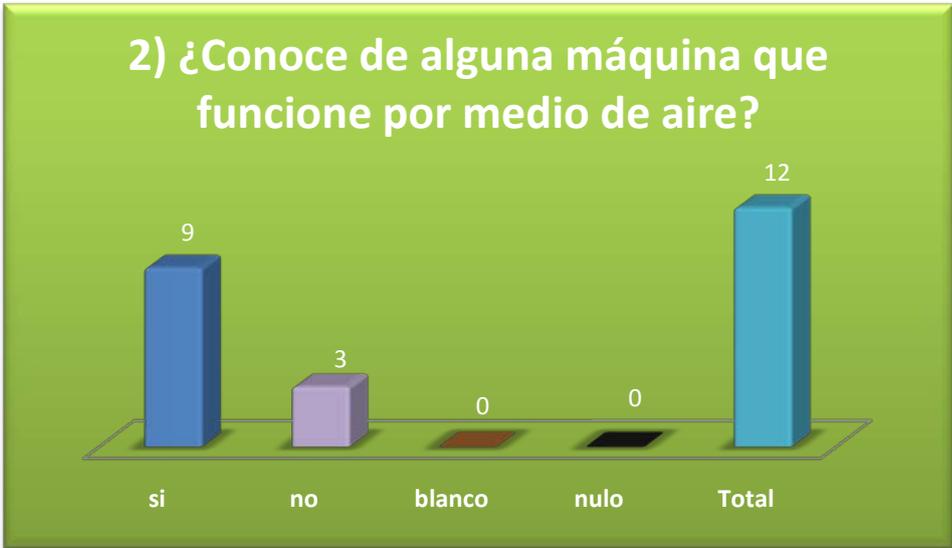
*Fuente: Autores.*

### **2.3.2.2. Encuesta a Profesores.**

*Se realizaron las mismas preguntas a los profesores del área técnica y se obtuvieron los siguientes datos:*

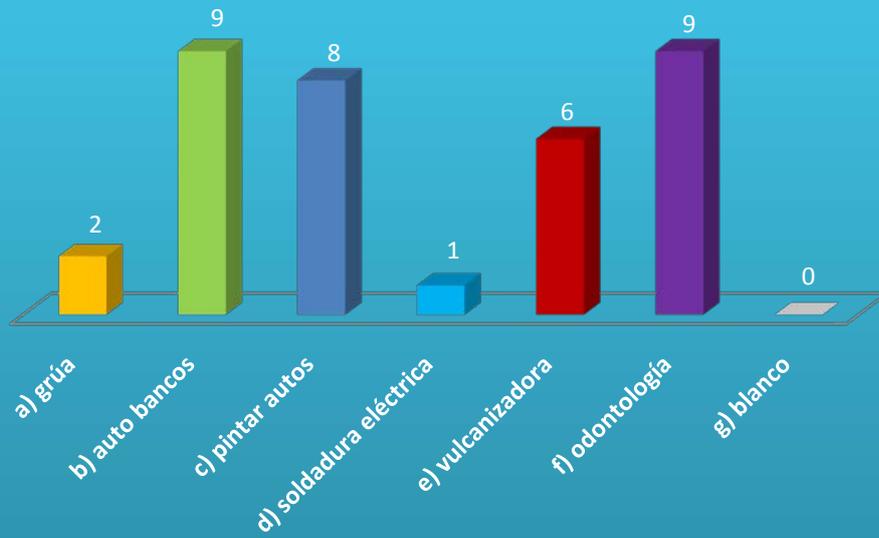


*Figura 2.19. Primera pregunta de encuesta*  
*Fuente: Autores.*

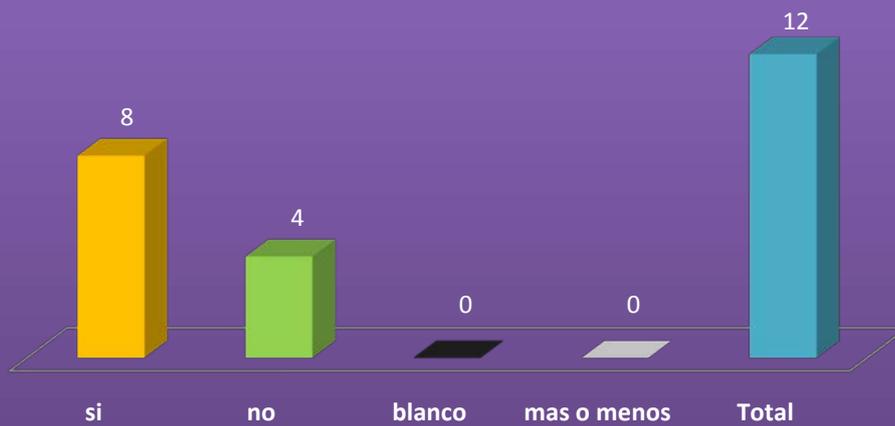


*Figura 2.20. Segunda pregunta de encuesta*  
*Fuente: Autores.*

3) Señale las máquinas o trabajos que piensa usted que haga uso del aire



4) ¿Sabía que la ciencia que estudia las aplicaciones del aire comprimido se llama Neumática?



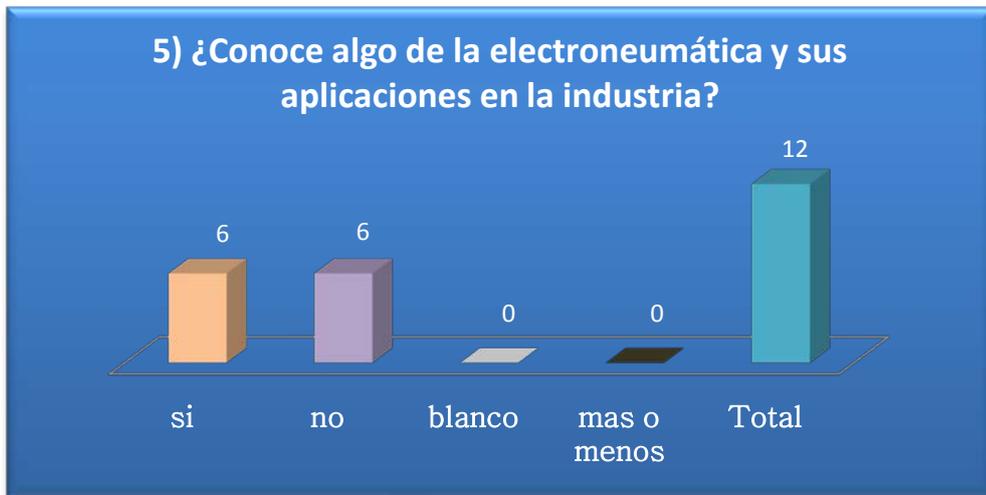


Figura 2.23. Quinta pregunta de encuesta  
Fuente: Autores.

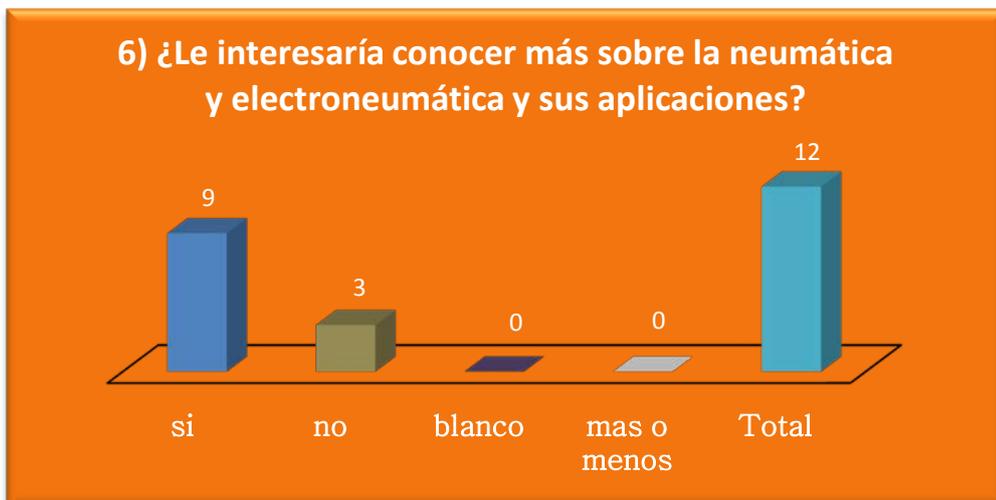
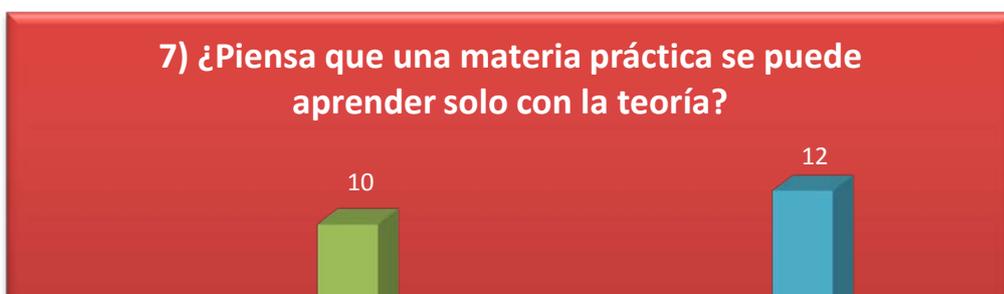


Figura 2.24. Sexta pregunta de encuesta  
Fuente: Autores.



8) ¿Le gustaría que existiera un laboratorio de neumática y electroneumática en su colegio?

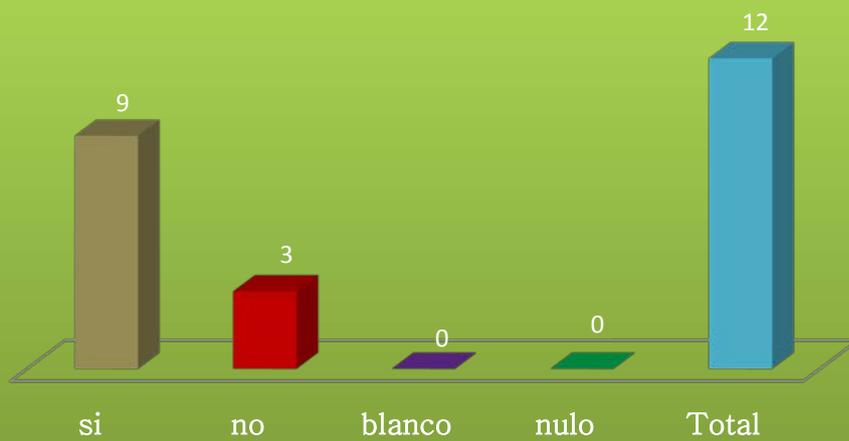


Figura 2.26. Octava pregunta de encuesta  
Fuente: Autores.

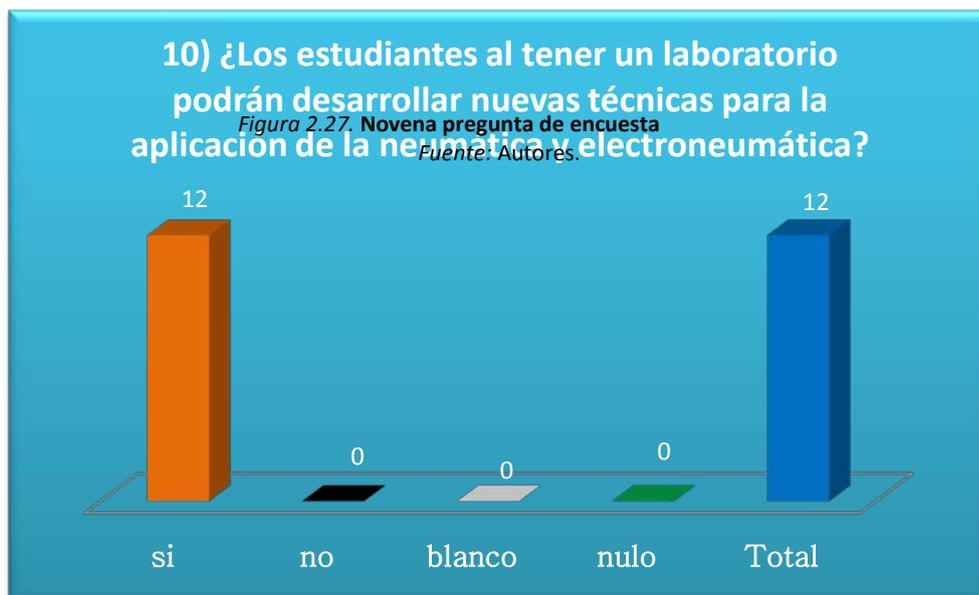
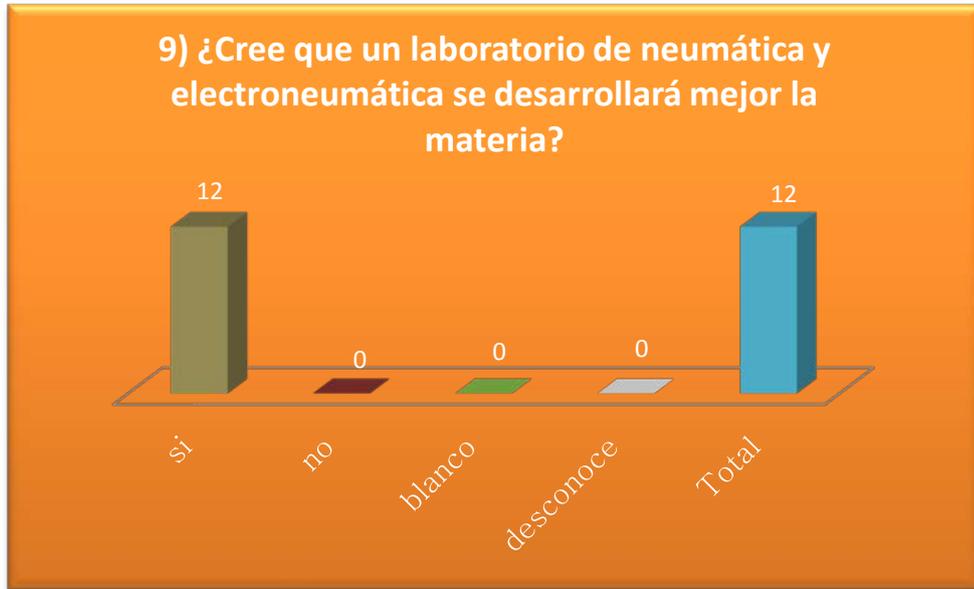


Figura 2.28. Decima pregunta de encuesta  
Fuente: Autores.

Relacionado a la pregunta 11 mencionamos:

**¿Qué le gustaría aprender de las ramas mencionadas? (neumática y electroneumática)**

Existieron respuestas diversas entre ellas: las aplicaciones entre las materias y otras, automatización de tareas con aire comprimido, aplicaciones de solo circuitos electroneumáticos, generación de energía.

---

### Tabulación en Porcentajes.

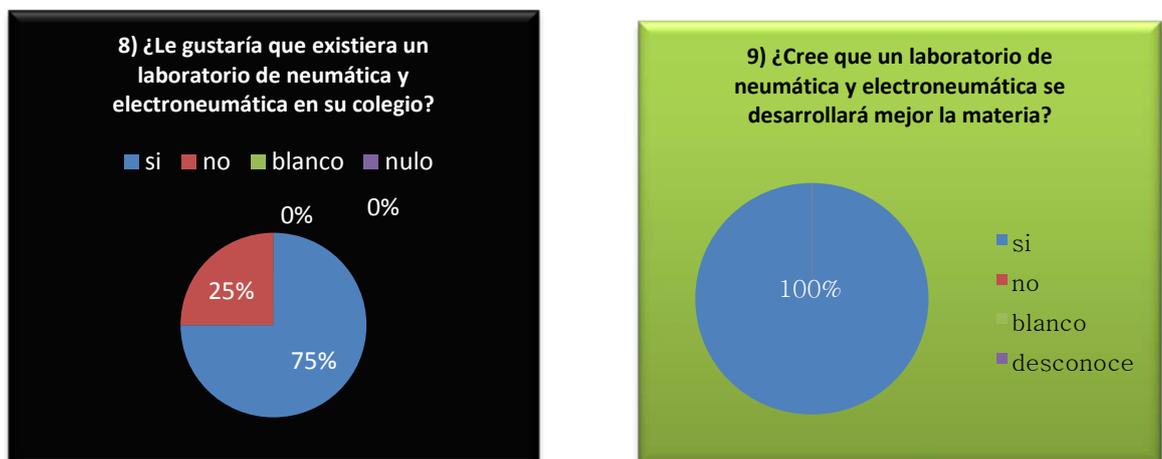
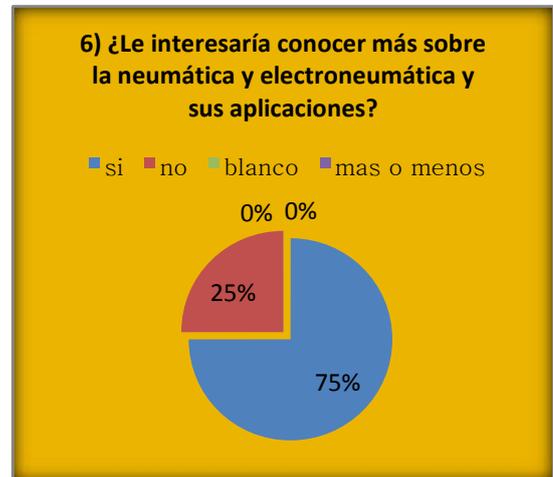
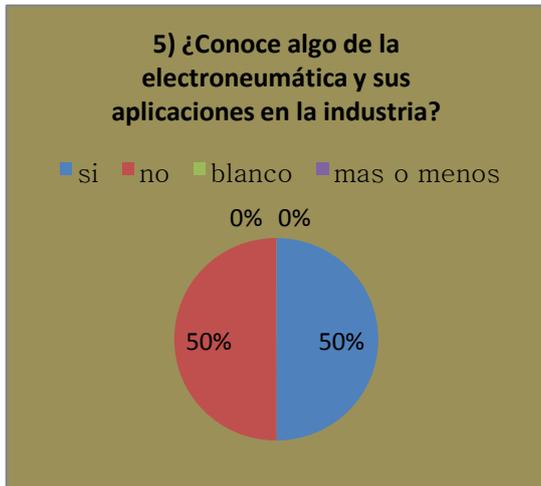


Figura 2.29. Porcentaje preguntas a profesores  
Fuente: Autores.

El total de profesores que fueron encuestados es de 12 (solo docentes del área técnica). Al igual que los estudiantes, los profesores concuerdan en que es necesario

un laboratorio en su institución de neumática y electroneumática con un 75% y con un 100% en que con este laboratorio se desarrollará de mejor forma la materia.

También podemos darnos cuenta que los profesores están interesados en conocer más de la neumática y electroneumática; su porcentaje, un 75%, es importante para que la institución considere una capacitación de sus profesores. Además concuerda con el porcentaje de conocimiento que



tienen de las materias; 50%.

## 2.4. Distribución del Laboratorio.

### 2.4.1. Red de Distribución.

El laboratorio consta con una red de distribución de aire comprimido en todo el perímetro del laboratorio. Tendrá un diseño de lazo abierto, y estará ubicada a una altura determinada con extensiones que bajarán por las paredes laterales hacia cada puesto de prácticas.

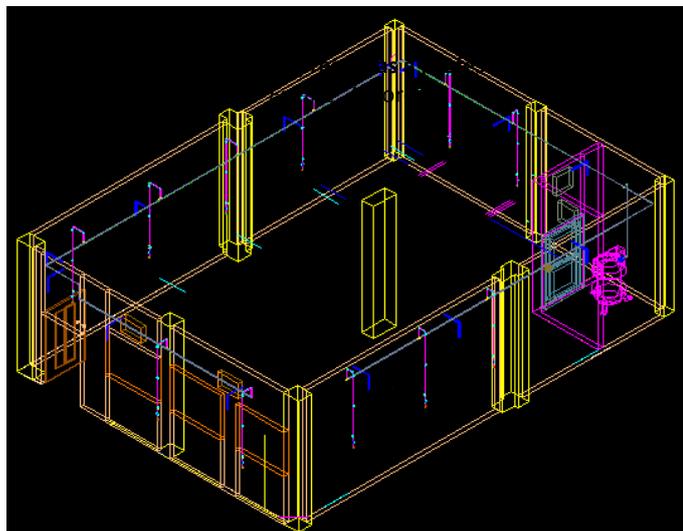


Figura 2.31. La longitud de las paredes. 12 metros x 8.6 metros aproximadamente.

Fuente: Autores.

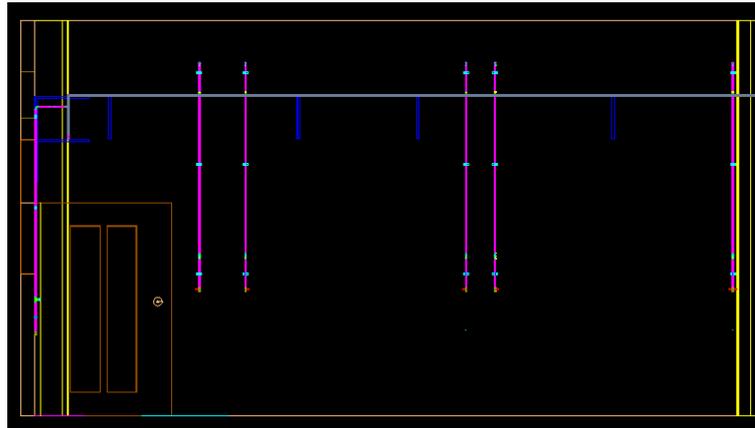


Figura 2.32. Altura de la Red 3 metros del nivel del suelo. Extensiones 1.20 metros del suelo aproximadamente.  
Fuente: Autores.

### 2.4.2. Puestos de Prácticas – Ubicación.

Debido al área en que se está diseñando el Laboratorio, consideramos ubicar 11 puestos de prácticas siguiendo la forma de la red de aire comprimido. Es decir tendremos igual números de tableros y extensiones.

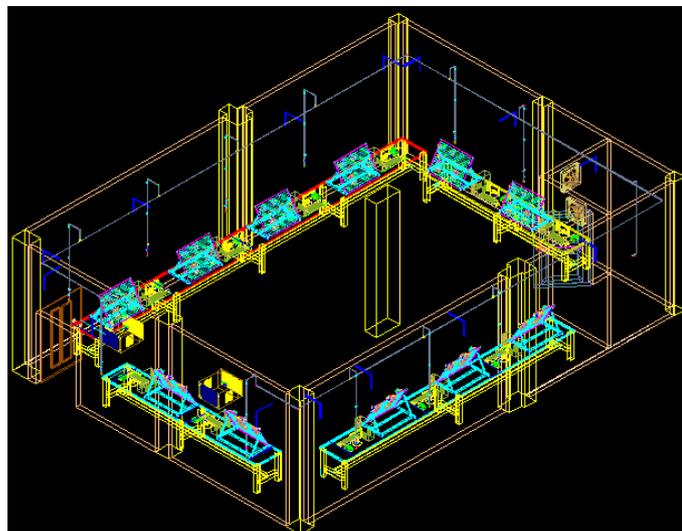


Figura 2.33. Vista de puestos de práctica  
Fuente: Autores.

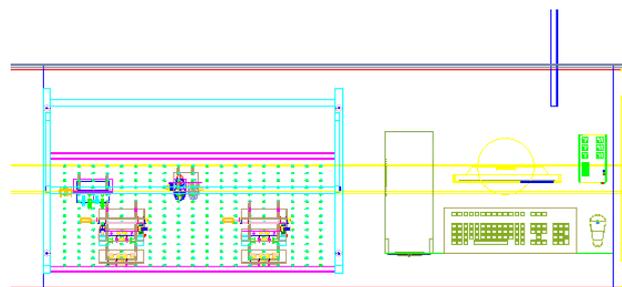


Figura 2.34. Cada puesto de prácticas tendrá una computadora para poder realizar prácticas de simulación mediante un software.  
Fuente: Autores.

### 2.4.3. Cuarto del compresor – Ubicación

El cuarto del compresor estará ubicado a un extremo derecho del laboratorio (figura 2.10), aquí se generará el aire comprimido para los diferentes puestos de práctica. En el cuarto existirán dos extractores de aire que estarán ubicados en la parte superior de las paredes del mismo figura 2.11.

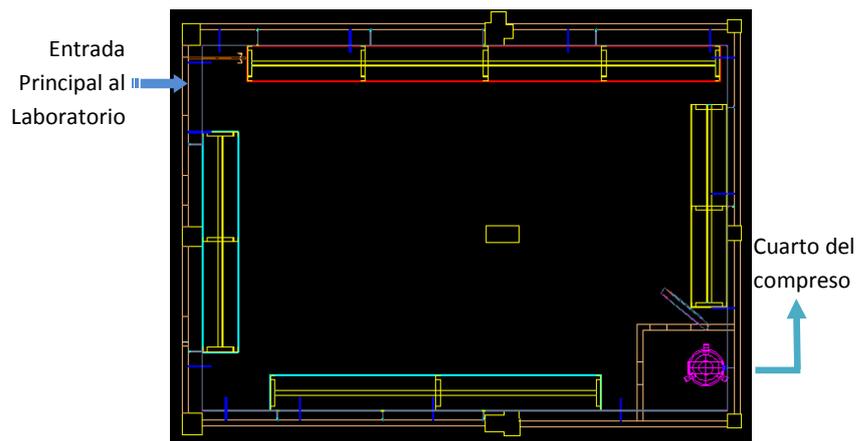


Figura 2.35. El cuarto del compresor tiene un área de 4 metros cuadrados Aproximadamente.  
Fuente: Autores.

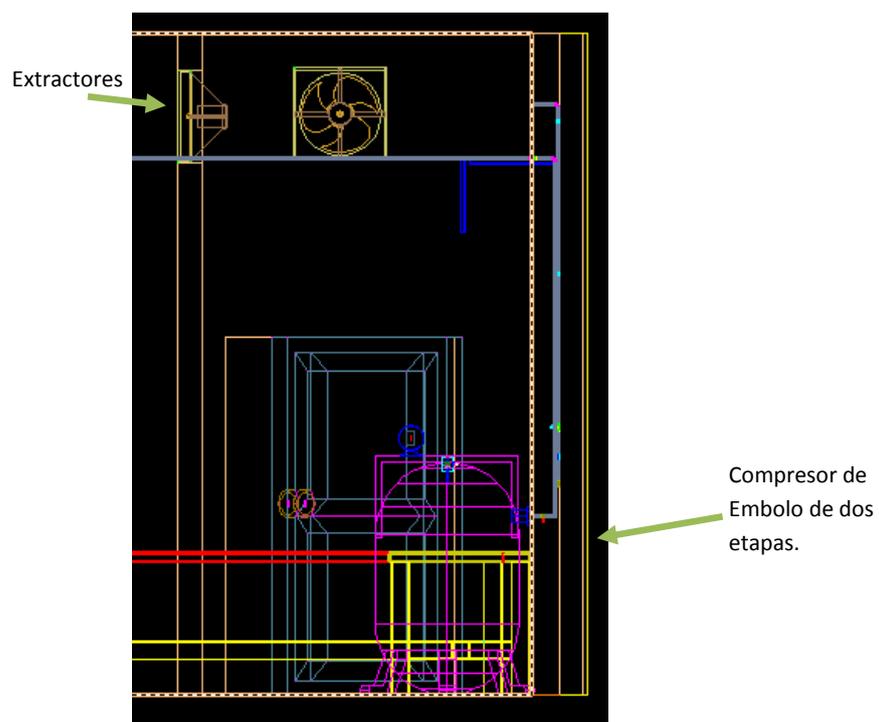
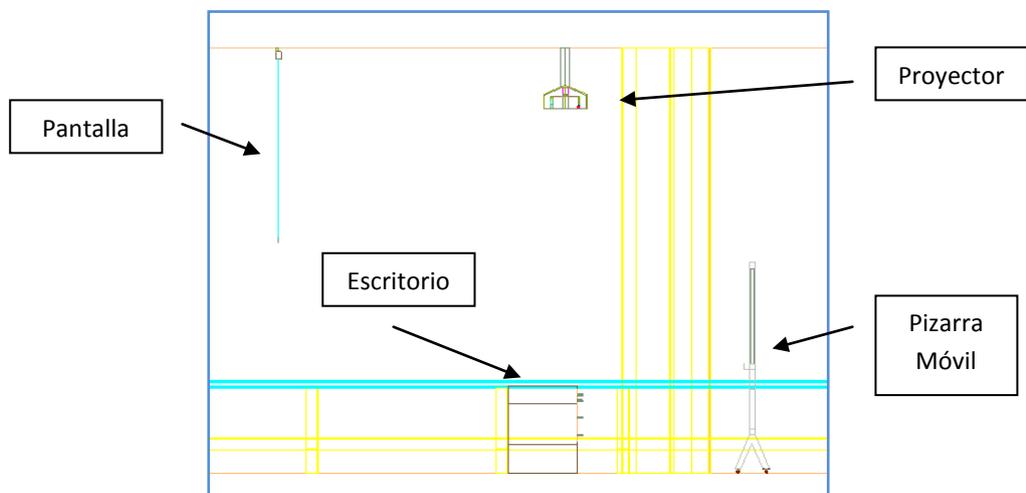


Figura 2.36. Climatización del cuarto del compresor  
Fuente: Autores.

#### 2.4.4. Inmuebles generales del laboratorio

Para facilitar la disposición de los elementos neumáticos y electroneumáticos, el laboratorio tendrá un armario en donde podrán almacenar los mismo. Además, existirá un escritorio destinado al profesor. (Figura 2.13)

Para mejorar la didáctica del laboratorio, tendrá un proyector con una pantalla y un pizarrón móvil. Por último el laboratorio estará climatizado por dos acondicionadores de aire y tendrá dos ventanas junto a la entrada principal que ayudará a la iluminación de laboratorio. (Figura 2.14)



2.37. Inmuebles generales del laboratorio

Fuente: Autores.

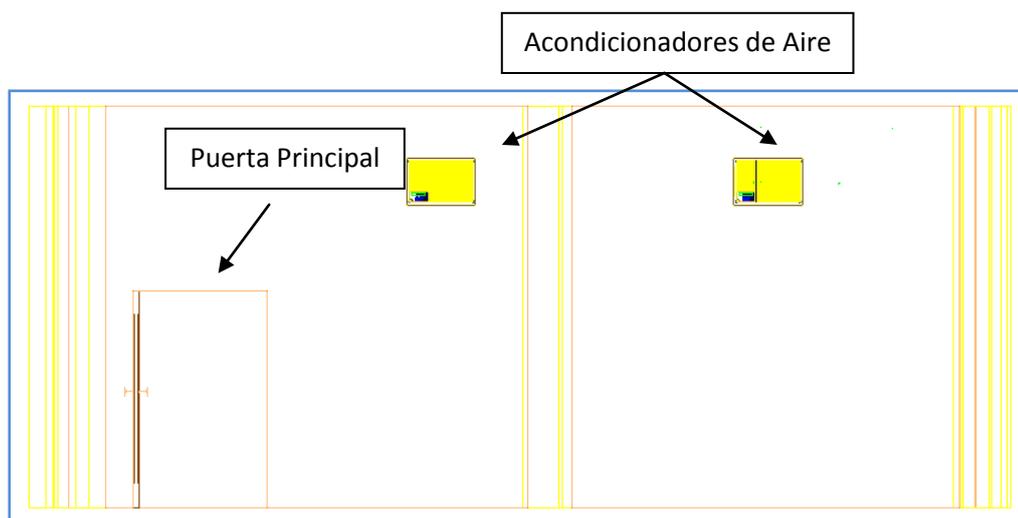


Figura 2.38. Ubicación de sistema de climatización

Fuente: Autores.

## 2.5. Diseño de Obras Físicas.

### 2.5.1. Red de Distribución y Almacenamiento de Aire Comprimido.

#### 2.5.1.1. Consumo de Aire del Laboratorio.

Para disponer de aire y conocer su gasto de energía, es importante conocer el consumo de la instalación.

Para este cálculo tenemos la siguiente información técnica del laboratorio:

- Presión de Trabajo: 600 KPa – 6 bares.
- Presión de Servicio: 700 KPa – 7 bares.
- Diferencia de Presión: 1 bar.

Además se calcula la relación de compresión:

Relación de Compresión:

$$\frac{101.3 + \textit{Presión de trabajo}}{101.3}$$

$$\frac{101.3 + 600}{101.3} = \frac{701.3}{101.3} = 6.923$$

Para poder realizar el cálculo de consumo se aire, se reconoce las siguientes cargas:

- Cilindros de Simple Efecto.
- Cilindros de Doble Efecto.
- Ventosas.

Estas cargas estarán en cada tableo de prácticas que existirá en el laboratorio. De aquí observaremos, además del consumo de aire, la longitud total de laboratorio, capacidad el acumulador o depósito de aire, identificaremos el total de elementos que se necesitarán en la red y al final recomendaremos el uso de una clase de compresor.

## Cálculo Teórico.

### Cilindro de Simple Efecto (S.E.).

Para calcular el consumo de los cilindros tenemos los siguientes datos técnicos:

Datos Técnicos	
Diámetro del émbolo [d]	25 mm.
Longitud de la Carrera [s]	100 mm.
Ciclos por minutos [n]	10 min <sup>-1</sup>

Tabla 2.4. Cilindro de simple efecto

Fuente: Autores.

Aplicamos la siguiente fórmula:

$$V = s * n * \frac{d^2 * \pi}{4} * \text{relación de compresión}$$

$$V = 100 \frac{cm}{min} * \frac{2.5 \text{ cm}^2 * 3.1416}{4} * 6.923$$

$$V = 3398.293 \frac{cm^3}{min}$$

$$V = 3.398 \frac{l}{min}$$

### Cilindro de Doble Efecto (D.E.).

Para calcular el consumo de los cilindros tenemos los siguientes datos:

Datos Técnicos	
Diámetro del Émbolo [D]	25 mm.
Diámetro del Vástago [d]	10 mm.
Longitud de Carrera [s]	100 mm.
Ciclos por minutos [n]	10 min <sup>-1</sup>

Tabla 2.5. Cilindro de doble efecto

Fuente: Autores.

Utilizaremos la siguiente fórmula:

$$V = \left[ s * \frac{D^2 * \pi}{4} + s * \frac{D^2 - d^2 * \pi}{4} \right] * n * \text{relación de compresión}$$

$$V = [49.0875 + 41.2335] * 10 * 6.923$$

$$V = 6552.92283 \frac{cm^3}{min} ; V = 6.5529 \frac{l}{min}$$

**Ventosas (v).**

El consumo de las ventosas representan la quinta parte del consumo de un cilindro de doble efecto, esto quiere decir que el consumo de una ventosa es de:

$V=6.5529 \text{ l/min} \implies$  cilindro de Doble Efecto.

$V=6.5529/5 = \mathbf{1.31058 \text{ l/min.}}$

### **Consumo Total.**

Para este valor debemos tener en cuenta, además del consumo de cada elemento, lo siguiente:

- Cantidad de elementos por cada tablero.
- Cantidad de puestos de trabajo.

Y aplicar la siguiente fórmula:

Consumo total [Vt]= Consumo por unidad de elemento \* Elementos por tablero \* Número de tableros.

**S.E.  $\implies 3.3982 * 1 * 11 = \mathbf{37.3802 \text{ l/min.}}$**

**D.E.  $\implies 6.5529 * 2 * 11 = \mathbf{144.1638 \text{ l/min.}}$**

**v.  $\implies V_t = 1.31058 * 1 * 11 = \mathbf{14.416 \text{ l/min.}}$**

Podemos concluir diciendo que en el cálculo teórico de consumo de aire del laboratorio será igual a:

$VT= 37.3802 + 144.1638 + 14.4161$

**$VT= \mathbf{195.96 \text{ litros/minutos} \implies \mathbf{11.7576 \text{ m}^3/\text{h}}$**

### **Cálculo Práctico.**

En esta sección utilizaremos diferentes diagramas y nomogramas para encontrar nuestro consumo de aire del laboratorio.

#### ***Cilindro de Simple Efecto. S.E.***

Aplicamos la siguiente fórmula:

$$V = s * n * q$$

La letra q nos representa el consumo de aire por centímetro de carrera, en unidades de [l/cm].

Adicionalmente para obtener el valor de q, utilizaremos el diagrama de consumo de consumo de aire. Anexo.

Reemplazando los datos tendremos:

$$V = 10 \text{ cm} * 10 \text{ min}^{-1} * 0.035 \frac{\text{l}}{\text{cm}}$$

$$V = 3,5 \text{ l/min}$$

**Cilindro de Doble Efecto. D.E.**

Aplicaremos en este caso la siguiente fórmula:

$$V = 2 * s * n * q$$

$$V = 2 * 10 \text{ cm} * 10 \text{ min}^{-1} * 0.035 \frac{\text{l}}{\text{cm}}$$

$$V = 7 \text{ l/min}$$

**Ventosas. v.**

Para las ventosas es la quinta parte de un cilindro de doble efecto.

$$V = 7 / 5$$

$$V = 1,4 \text{ l/min}$$

**Consumo Total.**

Al igual que en el cálculo teórico, debemos tener en cuenta lo siguiente:

- Cantidad de elementos por cada tablero.
- Cantidad de puestos de trabajo.

Y aplicar la siguiente fórmula:

Consumo total [Vt]= Consumo por unidad de elemento \* Elementos por tablero \*  
Número de tableros.

$$S.E. \Rightarrow 3.5 * 1 * 11 = 38.5 \text{ l/min.}$$

$$D.E. \Rightarrow 7 * 2 * 11 = 154 \text{ l/min.}$$

$$v. \Rightarrow Vt = 1.4 * 1 * 11 = 15.4 \text{ l/min.}$$

El consumo de aire del laboratorio en el cálculo práctico es igual a:

$$VT = 38.5 + 154 + 15.4$$

$$VT = 207,9 \text{ litros/minutos.} \Rightarrow 12.42 \text{ m}^3/\text{h}$$

**2.5.1.2. Acumulador de aire comprimido.**

Sabemos que el acumulador o depósito sirve para estabilizar el suministro de aire comprimido. Compensa las oscilaciones de presión en la red de tuberías a medidas

que se consume aire comprimido, adicionalmente ya en el capítulo I, mencionamos este elemento, parte esencial en un circuito neumático.

- El tamaño de un acumulador de aire comprimido depende de:
- El caudal de suministro del compresor.
- El consumo de aire.
- La red de tuberías (volumen suplementario).
- Tipo de regulación.
- Diferencia de presión admisible en el interior de la red.

Para nuestro laboratorio recomendamos que el funcionamiento del compresor sea intermitente, esto nos da un dato técnico, la frecuencia de conmutación cada hora.

Conociendo el consumo de aire, calculado anteriormente, tenemos los siguientes datos:

Datos Técnicos	
Caudal [V]	12.42 m <sup>3</sup> /h
Frecuencia de conmutación /h [z]	20
Diferencia de presión [ $\Delta P$ ]	1 bar

Tabla 2.6. Acumulador de aire comprimido  
Fuente: Autores.

Utilizando el diagrama capacidad de acumulador, se encuentra la capacidad del acumulador. Anexo.

La capacidad del depósito es de: **0,7 m<sup>3</sup>**.

### 2.5.1.3. Distribución del aire comprimido.

El diámetro de la tubería no se debe elegir conforme a otros tubos existentes ni de acuerdo con cualquier regla empírica, sino conforme con:

- El caudal.
- La longitud de la tubería.
- La pérdida de presión admisible.
- La presión de servicio.
- La cantidad de estrangulamiento en la red.

Se utilizará diferentes nomogramas a medida que avance el cálculo, mencionará y dará la ruta para su observación.

#### 2.5.1.3.1. Cálculo de tubería.

**DATOS TÉCNICOS**

<b>Consumo de aire</b>	12.42 m <sup>3</sup> /h
<b>Longitud de tubería</b>	65.5 metros
<b>Presión de servicio</b>	700 KPa – 7 bares
<b>Diferencia de presión</b>	1 bar
<b>Elementos de la red</b>	
<b>Piezas en T</b>	23
<b>Piezas codo a 90<sup>0</sup></b>	26
<b>Válvula de cierre</b>	12

Tabla 2.7. Cálculo de tubería

Fuente: Autores.

Con estos datos y un aumento de 300% en dos años, en las instalaciones y espacio del laboratorio, se realiza el cálculo del diámetro y longitud total de la red de aire comprimido.

Con la ayuda del nomograma diámetro de tubería, *anexos*, y los datos anteriores, se determinará el diámetro provisional de las tuberías.

Uso del nomograma:

Primero se une la línea A (longitud de tubo) con la línea B (cantidad de aire aspirado) y se prolonga el trazo hasta el eje C (eje 1).

Segundo, en el se une la línea E (presión) con la línea G (perdida de presión admitida). En la línea F (eje 2) se obtiene una intersección.

Para finalizar se une los puntos de intersección de los ejes 1 y 2. Este trazo corta a la línea D (diámetro nominal de la tubería) en un punto que proporciona el diámetro deseado.

Resultado:

Para el laboratorio y sus datos se obtienen el **diámetro nominal un valor de 18 mm.**

Con este valor encontrado, y la ayuda del nomograma de longitudes supletorias, encontramos nuestra nueva longitud del laboratorio. Anexos.

Longitudes Supletorias <sup>22</sup>				
Ítem	Elemento de la red	Valor de la Tabla	Cantidad de elementos	Total

<sup>22</sup>**Longitud Supletoria:** se entiende por longitud supletoria a la longitud de una tubería recta que ofrece la misma resistencia al flujo que el elemento estrangulador o el punto de estrangulación.

1	Piezas en Tee	<b>0.20</b>	<b>26</b>	5.2 m
2	Piezas codos 90 <sup>0</sup>	<b>1.2</b>	<b>23</b>	27.6 m
3	Válvula de cierre	<b>3.6</b>	<b>12</b>	43.2 m
<b>Total de Longitud Supletoria</b>			<b>76 metros</b>	
Longitud de la Tubería			<b>65.5 metros</b>	
<b>Total de Tubería de la red</b>			<b>141.5 metros</b>	

Tabla 2.8. Longitudes supletorias  
Fuente: Autores.

Con este nuevo valor de longitud se regresa al nomograma diámetro de tubería, *anexo*, y se averigua el nuevo y definitivo valor de diámetro de la tubería.

**Como resultado el diámetro será de 22 milímetros. La equivalencia de este diámetro en el mercado es de 1”.**

#### 2.5.1.3.2. Tendido de la red.

No solamente importa el dimensionamiento correcto de las tuberías, sino también el tendido de las mismas.

Las tuberías requieren un mantenimiento y vigilancia regulares, por cuyo motivo no deben instalarse dentro de obras ni en emplazamientos demasiados estrechos. En estos casos, la detección de posibles fugas se torna algo difícil. Pequeñas faltas de estanqueidad ocasionan considerables pérdidas de presión.

En el tendido de las tuberías se debe considerar una inclinación o que tenga un descenso, en el sentido de la corriente de aire. Esta inclinación se recomienda que sea de 1 al 2 %, con relación a la horizontal.

En las mayorías de los casos, la red principal se monta en circuito cerrado. Desde la tubería principal se instalan las uniones de derivación. Con este tipo de montaje de la red de aire comprimido se obtiene una alimentación uniforme cuando el consumo de aire es alto. El aire puede pasar en dos direcciones.

#### 2.5.1.3.3. Material de tuberías.

Las tuberías de una red de aire pueden ser de los siguientes materiales:

- Cobre.
- Latón.
- Acero fino.

- Tubo de acero negro.
- Tubo de acero galvanizado.
- Plástico.

Por material y costos, se recomienda que el material del laboratorio sea **tubo de acero galvanizado**.

Pero se debe tomar en cuenta que en las tuberías de tubo galvanizado, los empalmes de roscas no siempre son totalmente herméticos. La resistencia a la corrosión de estas tuberías de acero no es mucho mejor que la del tubo negro.

#### 2.5.1.4. Elección del compresor.

Reconocimiento de los datos técnicos del laboratorio.

<b>Datos Generales Técnicos</b>	
<b>Consumo del Laboratorio</b>	12.42 m <sup>3</sup> /h
<b>Consumo mínimo en la tabla.</b>	100 m <sup>3</sup> /h
<b>Diámetro de tubería</b>	1" (una pulgada)
<b>Presión de Trabajo</b>	600 KPa – 6 bares
<b>Presión de Servicio</b>	700 KPa – 7 bares

*Tabla 2.9. Datos del compresor*

*Fuente: Autores.*

Con este cuadro de datos técnicos y el diagrama de caudal/presión, encontramos el compresor más indicado para nuestro laboratorio. Anexo

Como resultado se tiene un consumo aproximadamente 40 m<sup>3</sup>/h y una presión de 700 KPa, el laboratorio tendrá un **Compresor de Émbolo de Dos Etapas**.

## 2.5.2. Instalaciones Eléctricas.

### 2.5.2.1. Puntos de energía.

El laboratorio tendrá un nuevo diseño eléctrico, en donde será utilizado un nuevo sistema de distribución de puntos de energía (por Electro canales), esto dará una visión industrial al laboratorio.

En cada puesto de práctica existirá un punto de energía, que proporcionará la alimentación para las prácticas de electroneumática (contactores, motores, etc.). En estos puntos existirá alimentación de 110 voltios y 220 voltios.

Además, cada puesto tendrá un punto de 110 voltios para alimentación de las computadoras. Adicionalmente, el puesto del docente o instructor del laboratorio tendrá su propio punto de energía para alimentar su computadora y su proyector.

Para no ocasionar un desbalance de cargas en el laboratorio, todos los puntos mencionados en los párrafos anteriores, la iluminación y la climatización estarán en un panel de distribuidor de cargas, ubicado en la entrada del laboratorio. Figura 2.15

En el cuarto del compresor existirá un panel de distribución de cargas para la alimentación del compresor, iluminación y extractores. Estará independientemente alimentado del panel del laboratorio. Figura 2.16

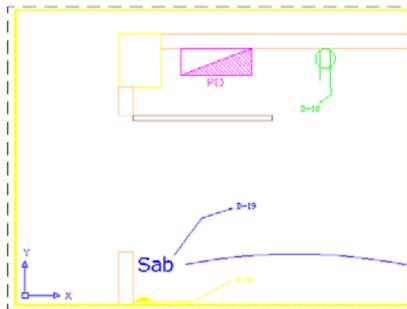


Figura 2.39. PD-Panel de Distribución de Cargas ubicado atrás de la puerta principal de laboratorio.

Fuente: Autores.

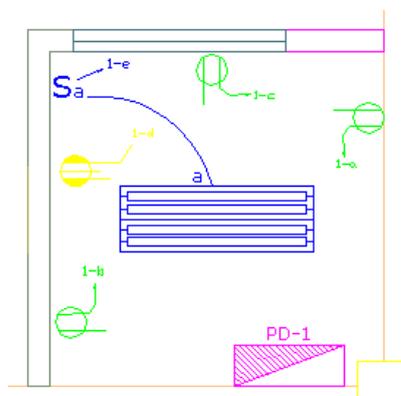


Figura 2.40. PD-1. Panel de Distribución de Cargas del cuarto de compresor.

Fuente: Autores.

### 2.5.2.2. Planos Eléctricos del Laboratorio.

Planos podrán ser visualizados de mejor forma en la sección de anexos, aquí se presenta una vista de los mismos planos pero a escala pequeña.

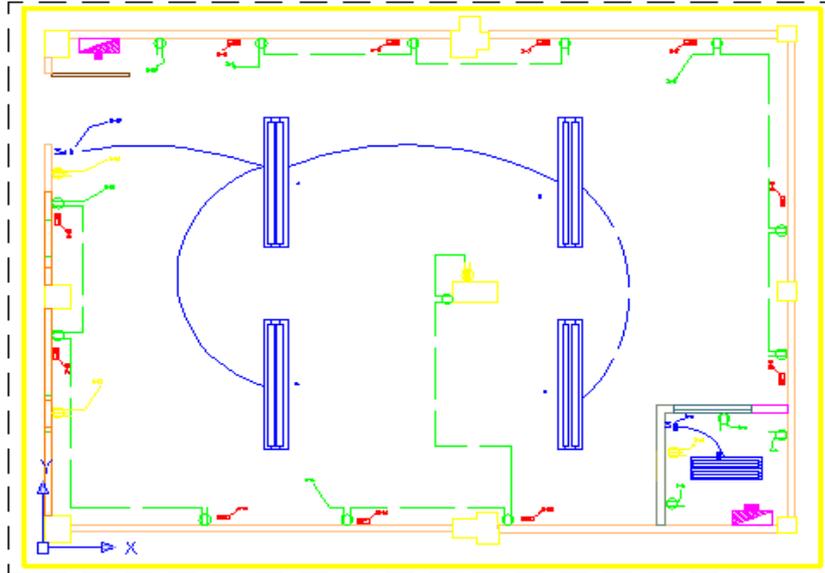


Figura 2.41. Plano eléctrico a escala  
Fuente: Autores.

SIMBOLOGÍA	
ELEMENTO	DESCRIPCIÓN
	TONACORRIENTE DOBLE POLARIZADO 120V
	Panel Pruebas Electroneumáticas
	LANPARA DE TUMBADO 2x310W
	LANPARA DE TUMBADO 4x40V
	INTERRUPTOR SENCILLO
	TUBERÍA POR TUMBADO
	TUBERÍA POR PISO O PARED
	PANEL DE DISYUNTORES 2x34
	TONACORRIENTE SENCILLO 220V H=
	TONACORRIENTE SENCILLO 120V EN TUMBADO
	EXTRACTOR DE AJRE
	INTERRUPTOR DOBLE

Figura 2.42. Simbología utilizada  
Fuente: Autores.

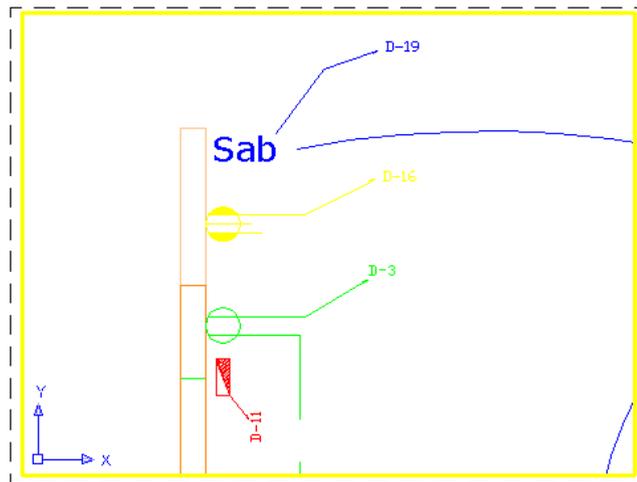


Figura 2.43. En cada puesto existirá:

- Punto de energía de 110v.
- Panel de Distribución Electroneumática 110v. – 220v.

Fuente: Autores.

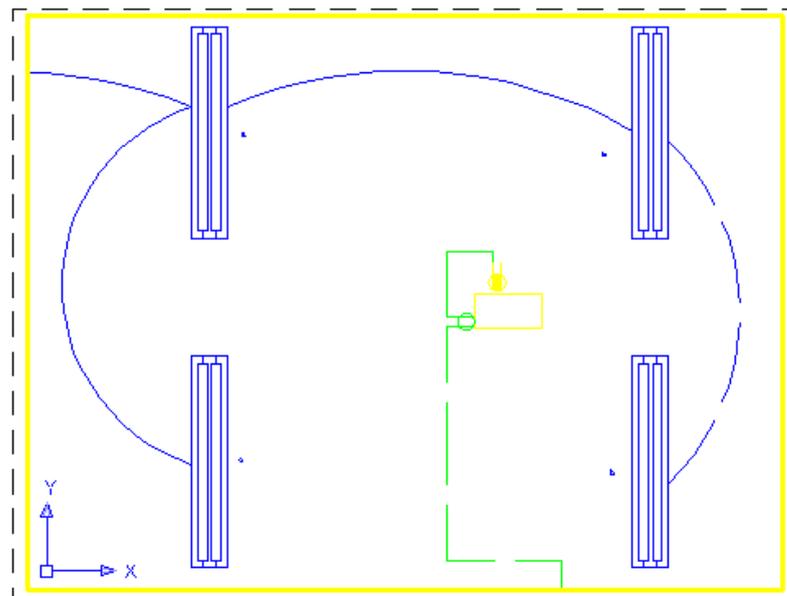


Figura 2.44. Distribución de iluminación del laboratorio

Fuente: Autores.

### 2.5.2.3. Análisis de Carga.

Análisis de Carga						
Descripción Técnica	Descripción General	Cantidad	P. Unitaria	P. Sub. Total	Factor de Coincidencia	Potencia Total
D-1	Tomacorrientes compuestos	3	800w	2400w	0.8	1920
D-2	Tomacorrientes compuestos	3	800w	2400w	0.8	1920
D-3	Tomacorrientes compuestos	3	800w	2400w	0.8	1920
D-4	Tomacorrientes compuestos	4	800w	3200w	0.8	2560
D-5	Panel de prueba 220V-3HP / 110V-5HP	1	3750w	3750w	0.9	3375
D-6	Panel de prueba 220V-3HP / 110V-5HP	1	3750w	3750w	0.9	3375
D-7	Panel de prueba 220V-3HP / 110V-5HP	1	3750w	3750w	0.9	3375
D-8	Panel de prueba 220V-3HP / 110V-5HP	1	3750w	3750w	0.9	3375
D-9	Panel de prueba 220V-3HP / 110V-5HP	1	3750w	3750w	0.9	3375
D-10	Panel de prueba 220V-3HP / 110V-5HP	1	3750w	3750w	0.9	3375
D-11	Panel de prueba 220V-3HP / 110V-5HP	1	3750w	3750w	0.9	3375
D-12	Panel de prueba 220V-3HP / 110V-5HP	1	3750w	3750w	0.9	3375
D-13	Panel de prueba 220V-3HP / 110V-5HP	1	3750w	3750w	0.9	3375
D-14	Panel de prueba 220V-3HP / 110V-5HP	1	3750w	3750w	0.9	3375
D-15	Panel de prueba 220V-3HP / 110V-5HP	1	3750w	3750w	0.9	3375
D-16	Aire Acondicionado 24000 BTU	1	5000w	5000w	0.9	4500
D-17	Aire Acondicionado 24000 BTU	1	5000w	5000w	0.9	4500
D-18	Tomacorriente SG	1	800w	800w	0.8	640
D-19	Iluminación	1	880w	880w	1	880
1-a	Extractor 1	1	800w	800w	0.6	480
1-b	Extractor 2	1	800w	800w	0.6	480
1-c	Tomacorriente	1	800w	800w	0.8	640
1-d	Tomacorriente 220 VAC	1	3916w	3916w	0.9	3524.4
1-e	Iluminación	1	160w	160w	1	160
					<b>Total</b>	<b>61249,4W</b>
					<b>61249,4W = 61KW</b>	
				<b>Factor de coincidencia 2</b>	<b>0,6 x 61KW = 36,6KW</b>	

Tabla 2.10. Análisis de carga del laboratorio

Fuente: Autores.

Datos: Intensidad del conductor principal = 198 Amp. Intensidad del conductor del panel PD-1= 40 Amp.

#### 2.5.2.4. Número de Polos para Paneles.

Número de Polos para Paneles				
Descripción Técnica	Líneas de Energía	Neutro	Tierra	# de Polos
D-1	L1	N	T	1
D-2	L2	N	T	1
D-3	L1	N	T	1
D-4	L2	N	T	1
D-5	L1 - L2	N	T	2
D-6	L1 - L2	N	T	2
D-7	L1 - L2	N	T	2
D-8	L1 - L2	N	T	2
D-9	L1 - L2	N	T	2
D-10	L1 - L2	N	T	2
D-11	L1 - L2	N	T	2
D-12	L1 - L2	N	T	2
D-13	L1 - L2	N	T	2
D-14	L1 - L2	N	T	2
D-15	L1 - L2	N	T	2
D-16	L1 - L2		T	2
D-17	L1 - L2		T	2
D-18	L1	N	T	1
D-19	L1 - L2	N	T	2
1-a	L1	N	T	1
1-b	L2	N	T	1
1-c	L1	N	T	1
1-d	L1 - L2	N	T	2
1-e	L2	N	T	1

Tabla 2.11. Número de Polos para Paneles

Fuente: Autores.

### 2.5.2.5. Descripción de Acometidas y Breaker.

Descripción de acometidas y Breaker				
Descripción Técnica	Acometida			Breaker
	LINEAS	NEUTRO	TIERRA	
D-1	1#12	1#14	1#16	1P - 20A
D-2	1#12	1#14	1#16	1P - 20A
D-3	1#12	1#14	1#16	1P - 20A
D-4	1#12	1#14	1#16	1P - 20A
D-5	2#10	1#12	1#14	2P - 40A
D-6	2#10	1#12	1#14	2P - 40A
D-7	2#10	1#12	1#14	2P - 40A
D-8	2#10	1#12	1#14	2P - 40A
D-9	2#10	1#12	1#14	2P - 40A
D-10	2#10	1#12	1#14	2P - 40A
D-11	2#10	1#12	1#14	2P - 40A
D-12	2#10	1#12	1#14	2P - 40A
D-13	2#10	1#12	1#14	2P - 40A
D-14	2#10	1#12	1#14	2P - 40A
D-15	2#10	1#12	1#14	2P - 40A
D-16	2#10		1#14	2P - 30A
D-17	2#10		1#14	2P - 30A
D-18	1#12	1#14	1#16	1P - 20A
D-19	2#14			2P - 20A
PD-1	2#8	1#10	1#12	2P - 60A
1-a	1#14	1#16	1#16	1P - 20A
1-b	1#14	1#16	1#16	1P - 20A
1-c	1#14	1#16	1#16	1P - 20A
1-d	2#10	1#12	1#14	2P - 30A
1-e	1#14	1#16		1P - 20A

Tabla 2.12. Descripción de acometidas y Breaker  
Fuente: Autores.

Acometida principal		
LINEAS	NEUTRO	TIERRA
2# 2/0	1# 1/0	1# 2

Tabla 2.13. Acometida principal  
Fuente: Autores.

## 2.6. Implementación de materiales y suministros para la el Laboratorio de Neumática y Electroneumática.

### 2.6.1. Para la red.

Red de Aire Comprimido		
Ítem	Descripción de los materiales	Cantidad
1	Tubo redondo galvanizado de 1½" x 6mts	12
2	Codos para tubo redondo galvanizado de 1½" x 90°	30
3	Tee para tubo redondo galvanizado de 1½"	25
4	Unión para tubo redondo galvanizado de 1½"	15
5	Llave de paso para tubo redondo galvanizado de 1½"	15
6	Binchas para tubo redondo galvanizado de 2"	50
7	Teflón	20
8	Pernos de expansión 5/16 x 1 7/8"	70
9	Pernos de 1/4 x 1"	40
10	Anillos planos de 1/4	40
11	Anillos de presión de 1/4	40

Tabla 2.14. Elementos para la red de aire comprimido

Fuente: Autores.

## 2.6.2. Para los tableros de Práctica.

Elementos para Un Tablero de Prácticas		
Neumáticos		
Ítem	Descripción de los elementos	Cantidad
1	Cilindro de simple efecto	1
2	Cilindro de doble efecto	2
3	Válvula de de rodillo simple	4
4	Válvula de rodillo escamoteado	2
5	Válvula 3/2 Hongo tipo 130 escape al cuerpo color rojo y verde	3
6	Válvula 3/2 Hongo tipo 430 3 vías ocupables rojo y verde	1
7	Válvula 5/2 A/R monoestable	1
8	Válvula 5/2 A/A biestable	3
9	Unidad preparadora de aire "FRL"	1
10	Conjunto de válvula temporizadora	1
11	Generador de vacío	1
12	Ventosa	1
13	Bloque distribuidor	1
14	Escape rápido	1
15	Válvula de cierre	1
16	Modulo "O"	1
17	Modulo "Y"	1
18	Conector Tee de 6 m/m	10
19	Conector unión de 6 m/m	5
20	Tapón de 6 m/m	5
21	Tubing de poliuretano de 6 mm	20
22	Regulador de velocidad tubo a tubo	3
Electroneumáticos		
23	Limitswich eléctrico	4
24	Sensor capacitivo	1
25	Sensor inductivo	1
26	Sensor Fotoeléctrico	1
27	Válvula 5/2 S/R monoestable	1
28	Válvula 5/2 S/S biestable	2
29	PLC LOGO	1
30	Fuente de poder 24 volt DC 10 A	1
31	Módulo de Relés	3
32	Módulo parada de emergencia	1
33	Módulo temporizador	1

Tabla 2.15. Elementos para tableros de práctica

Fuente: Autores.

### 2.6.3. Para la construcción del tablero.

Los tableros serán construidos por el Colegio Salesiano “Domingo Savio”. El valor de los mismos se detalla a continuación:

Ítem	Descripción	Cantidad	P. Unitario	Total
1	Construcción de tableros de Prácticas.	11	\$210,00	\$2.310,00

Tabla 2.16. Costos de construcción de tableros

Fuente: Autores.

### 2.6.4. Para el Ambiente Físico.

Inmuebles Generales		
Ítem	Descripción de los inmuebles	Cantidad
1	Escritorio para Docente	1
2	Proyector	1
3	Pantalla de Proyector	1
4	Acondicionador de Aire	2
5	Pizarra Móvil	1
6	Armario Mediano	1
7	Extractor	2
8	Extintor	2
9	Computadoras	11
10	Bancos para puestos de Prácticas	11
11	Silla para Docente	1

Tabla 2.17. Inmuebles del laboratorio

Fuente: Autores.

## 2.6.5. Para la Instalación Eléctrica.

Instalaciones Eléctricas		
Ítem	Descripción de los materiales	Cantidad
1	Breaker 2P - 40A	11
2	Borneras de 6mm - 10AWG	14
3	Cajas octogonales grandes	10
4	Cajas rectangulares profundas	30
5	Cajas metálicas doble fondo de 20 x 20 x 16 cm	11
6	Conectores E.M.T. de ½"	100
7	Conectores E.M.T. de ¾"	25
8	Grapas E.M.T. de ½"	50
9	Placas doble metálica B6 LEV/E	30
10	Riel omega	3
11	Tomacorrientes de 15A dobles polarizados	30
12	Tapas E.M.T. octogonal grande	10
13	Tubos E.M.T. de ½"	25
14	Tubos E.M.T. de ¾"	11
15	Uniones E.M.T. de ½"	100
16	Grapas E.M.T. de ¾"	50
17	Rollo de cable THHN AWG #8	2
18	Rollos de cable TFF flexible AWG #16	2
19	Rollos de cable THHN #10 - 600V-90°C	7
20	Rollos de cable THHN #12 - 600V-90°C	6
21	Rollos de cable THHN #14 - 600V-90°C	2
22	Lámpara de 2x40W - 110V - Industrial	1
23	Lámparas de 2x110W - 110V - Industrial	4
24	503/1SR placa de aluminio 1MOD. Horizontal	4
25	Placas sencillas metálicas B5 LEV	5
26	Panel 3F - 12P - General Electric	1
27	Panel 3F - 42P - General Electric	1
28	Tubos Fluorescentes de 110W - Sylvania	8
29	Tubos Fluorescentes de 40W - Sylvania	2
30	Interruptores sencillos	4
31	Tomacorrientes chinos de 15A - 220V	5
32	Fundas de amarras plásticas de 20cm x 4.6mm	2
33	Breaker THQL 1X20A - Caja/G - General Electric	9
34	Breaker THQL 2X20A - Caja/G - General Electric	2
35	Breaker THQL 2X30A - Caja/G - General Electric	3
36	Breaker THQL 2X40A - Caja/G - General Electric	11
37	Rollos de cable THHN - AWG #2/0	2
38	Cintas aislantes #20 YDS - 3M	28
39	Pernos tirafondo de ¼ x 1½"	100
40	Pernos tirafondo de 5/16 x 1½"	100
41	Fundas de Tacos Fischer #6 (10 unidades)	10
42	Fundas de Tacos Fischer #8 (10 unidades)	10
43	Fundas de Tacos Fischer #10 (10 unidades)	10
44	Fundas de Tacos Fischer #12 (10 unidades)	10
45	Fundas de Tornillos Tripa de pato 1 x 8 (10 unidades)	10
46	Fundas de Tornillos tripa de pato 1 x 10 (10 unidades)	10
47	Electro canal tipo ducto cerrado	7

Tabla 2.18. Elementos para instalaciones eléctricas

Fuente: Autores.

## **2.7. Factores de Seguridad Industrial.**

### **2.7.1. Consideraciones de la Seguridad Industrial.**

#### **2.7.1.1. Filtro de Admisión de aire al compresor.**

##### **Riesgos**

Aunque el filtro de admisión de aire no es generalmente un elemento potencialmente peligroso, salvo el ruido que la admisión de aire puede generar, si es un elemento de gran importancia ya que aun el aire más limpio presenta elementos en suspensión, que si no son eliminados, pueden deteriorar rápidamente los elementos internos del compresor, por ejemplo rayando los cilindros, con el consiguiente paso de aceite de lubricación al aire comprimido, y por otra parte pueden ser causa de depósitos, obturaciones etc., dando lugar a situaciones peligrosas.

##### **Elementos de Seguridad.**

En estos aparatos el mejor elemento de seguridad es un mantenimiento adecuado que mantenga el filtro en unas condiciones de limpieza óptima, sin embargo se aconseja la instalación de un medidor de caída de presión en el filtro para comprobar su estado de limpieza.

Por otra parte, cuando las circunstancias así lo requieran se deberá disponer de un silenciador en la admisión de aire con el fin de disminuir el nivel sonoro.

## 2.7.1.2. COMPRESORES

### Riesgos.

Independientemente del tamaño del compresor, estos presentan una serie de riesgos comunes que vienen determinados por la posible sobrepresión alcanzada, con riesgo de explosión, que puede venir determinada por alguna de las siguientes causas:

- ✦ Bloqueo, total o parcial, del aire que sale del compresor.
- ✦ Fallo de los controles automáticos, combinado con bajo consumo de aire.
- ✦ Mal funcionamiento del compresor, sobre velocidad.
- ✦ Sobrecalentamiento, que puede dar lugar a la ignición de los depósitos carbonosos con el consiguiente peligro de explosión. Aunque no es frecuente, pueden iniciarse fuegos y explosiones por combustión de aceites y vapores procedentes de los utilizados para la lubricación del compresor.
- ✦ Proximidad de fuego exterior con el consiguiente sobrecalentamiento y sobrepresiones.
- ✦ La suciedad y/o humedad puede ser causa de corrosiones, así como el bloqueo de válvulas.
- ✦ Un elemento a tener muy en cuenta son las corras y árboles de transmisión entre compresor y motor de accionamiento, que pueden ser causa de graves lesiones por atrapa miento.

### Elementos de Seguridad.

Con objeto de prevenir los riesgos anteriormente indicados, la seguridad de las primeras fases de actuación en el diseño de los mismos, por lo cual se deberá dotar de los siguientes elementos:

- ✦ **Válvulas de seguridad:** Irán dotados de una o varias válvulas de seguridad cuyo tamaño y capacidad de descarga vendrá determinado por el caudal de aire máximo que es capaz de suministrar el compresor. En el caso de compresores multi-etapas, cada una de ellas contará al menos con una válvula de seguridad, y cuando sea adecuado, se situarán en los enfriadores intermedios y finales correspondientes. Cuando se monte una válvula de interrupción entre compresor y acumulador de aire comprimido, se instalará una válvula de seguridad en la línea de unión de los mismos y situada entre compresor y válvula de interrupción.

✦ **Manómetros:** Serán de lectura fácil, bien visible y construidas según UNE, estando determinado su número en función del tamaño del compresor; en el caso de compresores de dos etapas se dispondrá uno en cada una de las etapas. En el caso de pequeños compresores de dos etapas, no será necesario colocarlo en la primera, pero se dispondrá en ella de una espita para comprobar el valor de la presión.

Cuando se empleen compresores de mediana y gran potencia, con lubricación forzada, se instalarán manómetros para indicación de la presión de aceite.

✦ **Protección térmica:** Para minimizar los riesgos de sobrecalentamiento, los grandes compresores dispondrán de termostatos a la salida de la válvula de descarga de la última etapa del compresor, los cuales pondrán fuera de servicio el compresor, de forma automática, cuando se exceda la temperatura considerada como peligrosa. Si el compresor es del tipo multi-etapas, se instalara un termostato a la salida de cada una de ellas.

En compresores medianos y grandes refrigerados por aire, deben instalarse termostatos con el fin de controlar el posible sobrecalentamiento del compresor debido a un fallo en el ventilador de refrigeración o a la suciedad depositada en la superficie de refrigeración.

En compresores rotativos refrigerados por aceite, debe colocarse un termostato de parada que detenga el motor de accionamiento cuando la temperatura del aire exceda de un cierto límite.

✦ **Protección del elemento enfriador:** Si la refrigeración se efectúa por agua, se dispondrá un termostato a la salida del agua del refrigerador cuya actuación, si el agua alcanza la temperatura máxima recomendada por el fabricante, será la puesta fuera de servicio del compresor.

El caudal de agua deberá ser suficiente para enfriar todas las partes del sistema y el agua empleada será de la calidad adecuada para prevenir la corrosión, formación de depósitos, incrustaciones, etc., debiendo tomarse las precauciones adecuadas cuando exista riesgo de heladas.

✦ **Protección del sistema de lubricación:** Cuando la presión del aceite de lubricación descienda por debajo de un valor mínimo recomendado por el fabricante se deberá disponer un sistema de seguridad, en medianos y grandes compresores, de tal forma que su actuación sea la puesta fuera de servicio del compresor, y simultáneamente el disparo de una alarma acústica y/o óptica. En el caso de que la alimentación de aceite se efectúe por gravedad, se dispondrá de un detector de bajo nivel de aceite.

Igualmente será necesario que se ponga fuera de servicio el compresor y se dispare la alarma, cuando la temperatura del aceite de lubricación, en el cárter del cigüeñal o colector, exceda la temperatura especificada por el fabricante.

✦ ***Protección contra explosión:*** El sobrecalentamiento y/o ignición de depósitos carbonosos puede dar lugar a riesgo de explosión, como ya se indico anteriormente, por lo que se dispondrá, en compresores de tamaño mediano y grande, un tapón fusible, con una temperatura de fusión acorde con las características del compresor. Su localización se efectuará en la generatriz inferior de la tubería de conexión del compresor con el acumulador de aire comprimido.

Otros instrumentos de medida recomendados:

✦ Se deberá controlar en compresores de tamaño mediano y grande, la temperatura del aire a la salida del compresor, a la salida de la primera etapa y a la entrada y salida de la última etapa. Así mismo se controlara la temperatura del aire comprimido a la salida del enfriador.

✦ También será necesario controlar la temperatura del aceite de lubricación en el cárter del cigüeñal y en el caso de lubricación forzada a la salida de dicho cárter.

✦ Se deberá controlar la temperatura de refrigeración del agua en la entrada y salida de todos los circuitos de refrigeración.

✦ Todos los elementos de transmisión como correas, árboles, etc., deberán disponer de sus correspondientes resguardos de seguridad, de tipo "fijo".

✦ Todo compresor llevara adosado una placa de características en la cual deberá figurar la presión y temperatura de trabajo máxima.

### **2.7.1.3. Líneas de Conducción.**

#### **Riesgos.**

■ Un mal diseño del sistema y el tamaño inadecuado puede ocasionar no disponer en los puntos de aplicación de un aire comprimido con las características que se requieren en el uso a que se destina y que ocasionara un mal funcionamiento de los aparatos de utilización. La repetitividad en el mal funcionamiento puede ocasionar a su vez, la adopción de prácticas inseguras por los operarios para solucionar el problema, además de constituir un riesgo para el personal dedicado al mantenimiento.

■ Una importancia particular presentan los riesgos debidos al mal alineamiento, mala sujeción y dilataciones de las tuberías, que se traducen en esfuerzos localizados y/o cíclicos en las uniones a los recipientes. Estos esfuerzos pueden ocasionar fatiga en los materiales constituyentes con la consiguiente disminución de sus características mecánicas y por tanto el consiguiente riesgo de explosión.

■ La falta o ruptura del aislamiento en conducciones, válvulas, etc., puede ser causa de sobrepresiones debidas a la acción climática.

■ Los componentes no metálicos, empleados en filtros, trampas de vapor, separadores, engrasadores, etc., pueden perder sus características de resistencia debido a la acción de contaminantes presentes en el aire comprimido, con el consiguiente riesgo de ruptura.

■ Hay que asegurarse que los lubricantes utilizados para rellenar los lubricadores son compatibles con el recipiente de lubricación y con los equipos a ser lubricados.

#### **Elementos de Seguridad y Medidas Preventivas.**

■ Las líneas de conducción serán diseñadas adecuadamente y de una forma genérica se asegurara que la perdida de carga entre el acumulador de aire comprimido y la toma más lejana, no sobrepasa el 5% de la presión requerida, con un máximo de 0,3 bares.

■ El diámetro de la conducción principal no será nunca inferior al diámetro de la tubería de salida del compresor.

■ El propio recorrido de la línea no será peligroso en sí, evitándose aquellas zonas donde existiese el peligro de acciones mecánicas.

- Se dispondrá de suficiente espacio en calles, plataformas, etc., de forma que sea fácil el acceso, con objeto de permitir una utilización y mantenimiento adecuado de la red de aire.

- Las líneas de conducción se montaran con una ligera inclinación en la dirección de flujo, y se dispondrán válvulas de drenaje en sus puntos más bajos de modo que su descarga sea segura. En los tramos en los que las tuberías transcurran verticalmente, el drenaje se situara en el punto más bajo. Así mismo, los tramos de tubería que puedan contener agua en su interior y que estén expuestas al frío, se aislaran convenientemente.

- Las tuberías se sujetaran adecuadamente y a intervalos regulares, de tal forma que el desmontaje de parte de ella no afecte a la estabilidad del resto.

- Para prevenir las dilataciones, particularmente en el tramo comprendido entre compresor y acumulador de aire comprimido, y en las partes que puedan estar expuestas a la acción solar, se pondrán elementos tales como liras de dilatación, juntas de dilatación, tuberías flexibles, etc.

- Las tuberías que conectan el compresor y el acumulador de aire comprimido serán de fácil limpieza, con objeto de eliminar las partículas carbonosas, que procedentes del aceite usado en la lubricación del compresor, puedan depositarse. Como elemento de seguridad dispondrán de un tapón fusible.

- Las salidas de líneas para toma de conexiones, a las que se tenga acceso, se efectuaran desde la parte superior de la línea de la que parten y estará dotada de una válvula de seccionamiento y una válvula de drenaje, que será manual cuando así se requiera.

- En cuanto a las conexiones propiamente dichas o puntos de toma, se dispondrán horizontalmente o hacia abajo. La conexión hacia arriba es causa de acumulación de suciedad y trae consigo la mala práctica de soplado antes del uso

- La toma de conexión se situaran en lugar adecuado para el trabajo a realizar con el aire comprimido, de tal forma que las mangueras conectadas no obstruyan o impidan el normal acceso al puesto de trabajo y puedan ser conectadas sin necesidad de subirse.

- Las tuberías se identificarán con el color adecuado y cuando exista peligro de conexión a líneas distintas a las de suministro de aire, la conexión se efectuara mediante elementos no intercambiables.

- Se dispondrán válvulas de bloqueo suficientes y situadas en los lugares adecuados, para que las líneas de conexiones de trabajo con aire comprimido se

puedan aislar de la red de aire. Todas las líneas secundarias del sistema dispondrán de válvulas de cierre para aislarlas, disponiéndose en su caso dispositivos de seguridad que las mantengan en posición cerrada.

- En líneas con disposición en anillo o sistemas con doble suministro de aire comprimido, se dispondrán válvulas de cierre para poder aislar cada una de las fuentes de la red. Este sistema de válvulas permitirá efectuar con seguridad las operaciones de mantenimiento del sistema y del equipo auxiliar.

- Cuando en el sistema o parte de él, existiesen partes que pudieran quedar aisladas sin posibilidad de eliminar el contenido, se dispondrán válvulas de venteo, si bien las válvulas de interrupción de dichas partes deberán ser capaces de efectuar dicha aireación, siendo lo más adecuado la instalación de válvulas de tres vías o válvulas de bola con auto venteo. Estas válvulas se instalarán de tal forma que cuando la aportación de aire comprimido este interrumpida, la parte del sistema que pudiera quedar aislado se ventee a través de ellas.

- Cuando la disposición del sistema contemple el agrupamiento de válvulas o bien la localización de alguna válvula pudiera dar lugar a confusión, se dispondrá la correspondiente señal de advertencia en la que quede reflejado el cometido de cada válvula y la posición en que normalmente debe de encontrarse.

- Dado que los mandos de las válvulas de cierre pueden moverse involuntariamente, deberán contar con un dispositivo, solo accesible a personal autorizado, que permita mantenerlas cerradas durante las operaciones de mantenimiento, o en su caso, poder retirar la palanca de accionamiento manual durante dichas operaciones.

- En numerosas ocasiones es necesario disponer de un aire comprimido limpio, empleándose para ello filtros y trampas, así como engrasadores para las máquinas que utilizan el aire comprimido; estos elementos se instalarán detrás de la correspondiente válvula de cierre, en el sentido del flujo, siendo los engrasadores los últimos en la ubicación.

- Cuando la disposición del sistema de conducción sea en anillo y no se tenga un control del sentido del flujo, los anteriores elementos solo se colocaran en ramales que partan de dicho anillo.

- La limpieza de elementos no metálicos, constituyentes de filtros, trampas, etc., solo se efectuará con trapos completamente limpios y libres de cualquier producto, con objeto de que no se vea atacado el material que lo constituyen.

- Los filtros, separadores, lubricadores, etc., estarán situados de forma que el riesgo de rotura se minimice, cuando los vasos sean de policarbonato es aconsejable dotarles de un escudo protector.

■ Dado que en ocasiones es necesario proteger a los equipos de la sobrepresión o cuando se trabaja con equipos que necesitan una presión inferior a la suministrada por la línea, se dispondrán reguladores de presión en los que se indicara expresamente la presión de salida mediante manómetro. Si fuesen del tipo "regulable", y según sea el riesgo que la sobrepresión pudiera ocasionar, contarán con la adecuada protección frente al manejo inadecuado. Si el riesgo fuese elevado, se evitara el uso de reguladores del tipo "regulables" o bien contarán con un dispositivo de fijación cuya llave esté en posesión de una persona autorizada.

■ Se debe instalar una válvula de seguridad tarada a una presión tal que impida excederse la presión del equipo. Se debe colocar de forma que en su descarga se minimice el riesgo a los trabajadores en el entorno.

### **2.7.2. Objetivos de Seguridad Industrial.**

**Protecciones Múltiples.** El diseño de todo edificio o estructura destinado para ser ocupado por seres humanos será tal que la confianza para la seguridad humana no dependa de un único medio de protección. Se deberán proveer medios adicionales, para el caso en que un medio de protección resulte ineficaz debido a fallas humanas o mecánicas.

**Idoneidad de los Medios de Protección.** Todo edificio o estructura será provista de medios de egreso y otras protecciones de este tipo, cantidades, ubicaciones y capacidades apropiadas para el edificio o estructura individual, considerando lo siguiente:

- Carácter de la ocupación
- Capacidades de los ocupantes
- Número de personas expuestas
- La protección contra incendio disponible
- Altura y tipo de construcción del edificio o estructura
- Otros factores necesarios para proveer a los ocupantes de un grado razonable de seguridad.

### **2.7.3. Medios de Egreso**

**Número de los Medios de Egreso.** Deberán existir, como mínimo, dos medios de egreso en todo edificio o estructura, sección y área, donde las dimensiones, las ocupaciones y la disposición revistan peligro para los ocupantes que intenten usar un único medio de egreso que se encuentren bloqueados por el fuego o el humo. Los dos medios de egreso deberán estar dispuestos de manera tal de minimizar la posibilidad de que ambos puedan resultar bloqueados por la misma condición de emergencia.

**Egreso sin Obstrucciones.** En todo edificio o estructura ocupado, los medios de egreso deberán mantenerse libre y sin obstáculos. No se deberán instalar ningún dispositivo de cierre o traba para evitar el libre escape desde el interior de cualquier edificio salvo en ocupaciones sanitarias y las ocupaciones correccionales y penitenciarias en las que el personal está continuamente en servicio y se tomen medidas eficaces para evacuar a los ocupantes en caso de incendio u otras emergencias. Los medios de egreso deberán ser accesibles al punto de asegurar un nivel de seguridad razonable a los ocupantes cuya movilidad se encuentre disminuida.

**Señalización del Sistema de Egreso.** Toda salida deberá ser claramente visible, o el camino para alcanzar la salida deberá estar indicado visiblemente.

Todo medio de egreso, en su totalidad, estará dispuesto o marcado, de manera tal que el camino hacia una zona de seguridad se encuentre indicado en forma clara.

**Iluminación.** Cuando se requiera iluminación artificial en un edificio o estructura se deberán incluir los medios de egreso en el diseño de la iluminación.

**Notificación a los Ocupantes.** En todo edificio o estructura de dimensiones, disposición u ocupaciones tales que sus ocupantes podrían no advertir un incendio, se deberá contar con los medios de alarma de incendios donde sea necesario para alertar a los ocupantes de la existencia de un incendio.

**Aberturas Verticales.** Todas las aberturas verticales de piso a piso de un edificio deberán encontrarse cercadas o protegidas, según sea necesario, para procurar un nivel de seguridad aceptable a los ocupantes mientras utilizan los medios de egreso, y para evitar la propagación del fuego, humo o emanaciones a través de las aberturas verticales de piso a piso antes de que los ocupantes hayan alcanzado las salidas.

**Diseño/Instalación del Sistema.** Todo sistema de protección contra incendios, equipo de servicio de edificio, dispositivo de protección, o seguridad provista para la seguridad de la vida humana será diseñado, instalado y aprobado de acuerdo con las normas NFPA aplicables.

**Mantenimiento.** Cuando se requiera que algún dispositivo, equipo, sistema, condición, disposición, nivel de protección, o cualquier otra característica cumpla con los requisitos de este *Código*, dicho dispositivo, equipo, sistema, condición, disposición, nivel de protección, u otra característica deberá mantenerse a menos que el *Código* lo exceptúe de dicho mantenimiento.

#### **2.7.4. Definiciones de Seguridad.**

##### **Norma NFPA 101 Código de Seguridad Humana – Definiciones**

**Análisis, Sensibilidad.** Análisis realizado para determinar el grado en el que un resultado previsto variará con un cambio específico de un parámetro de entrada, usualmente en relación con los modelos.

**Análisis, Incertidumbre.** Análisis realizado para determinar el grado en el que variará un resultado previsto.

**Área, Riesgosa.** Áreas de las estructuras o edificios que tengan un grado de riesgo superior al normal para las ocupaciones generales de un edificio o estructura, tales como las áreas utilizadas para el almacenamiento o empleo de productos combustibles e inflamables, materiales tóxicos, nocivos o corrosivos, o dispositivos productores de calor.

**Atmósfera, Común.** La atmósfera que existe entre habitaciones, espacios o áreas dentro de un edificio que no están separadas mediante una barrera contra el humo aprobada.

**Atmósfera, Separada.** La atmósfera que existe entre habitaciones, espacios o áreas que están separadas mediante barreras contra el humo aprobadas.

**Edificio.** Cualquier estructura utilizada o propuesta para soportar o proteger cualquier utilidad u ocupación.

**Edificios, Educativos de Plan Flexible y de Plan Abierto o Guarderías.** Edificio o sección de edificio diseñado para múltiples estaciones de enseñanza.

**Especificaciones de Diseño.** Características del edificio y otras condiciones que están bajo el control del equipo de diseño.

**Equipo de Diseño.** Grupo de profesionales que incluye, pero que no se limita a, representantes del arquitecto, cliente y cualquier ingeniero involucrado y otros diseñadores.

**Capacidad de Evacuación.** La habilidad de los ocupantes, residentes y personal como grupo ya sea para evacuar un edificio o para reubicarse trasladándose desde el punto de ocupación hacia un punto de seguridad.

**Capacidad de Evacuación, Rápida.** La habilidad de un grupo para trasladarse de manera confiable hacia un punto de seguridad de un modo oportuno, equivalente a la capacidad de una vivienda de la población en general.

**Capacidad de Evacuación, Lenta.** La habilidad de un grupo para trasladarse de manera confiable hacia un punto de seguridad de un modo oportuno, pero no tan rápidamente como lo harían los miembros de una vivienda de la población en general.

**Acceso a la Salida.** Sección de un medio de egreso que conduce a una salida.

**Compartimento contra el Fuego.** Espacio, dentro de un edificio, cercado por barreras contra el fuego en todos sus lados, incluyendo las partes superior e inferior.

**Modelo de Incendio.** Aproximación estructurada para predecir uno o más efectos de un incendio.

**Escenario de Incendio.** Conjunto de condiciones que definen el desarrollo de un incendio, la propagación de los productos de combustión a través del edificio o sección del edificio, las reacciones de la gente al incendio, y los efectos de los productos de combustión.

**Escenario de Incendio, Diseño.** Escenario de Incendio usado para la evaluación de un diseño propuesto.

**Extensión de las Llamas.** Propagación de las llamas sobre una superficie.

**Área de Piso, Neta.** Área del piso que es el área realmente ocupada, sin incluir las áreas accesorias no ocupadas, o el espesor de las paredes.

**Iluminado, Externamente.** Se refiere a la fuente de iluminación contenida fuera del dispositivo o del área del letrero de señalización que será iluminada.

**Iluminado, Internamente.** Se refiere a la fuente de iluminación contenida dentro del dispositivo o letrero que es iluminado.

**Acabados Interiores.** Superficies expuestas de paredes, cielorrasos, y pisos dentro de los edificios.

**Medios de Egreso.** Camino de circulación continuo y sin obstáculos desde cualquier punto en un edificio o una estructura hacia una vía pública, que consiste en tres partes separadas y distintas: (a) el acceso a la salida, (b) la salida, y (c) la desembocadura a la salida.

**Medios de Escape.** Vía hacia el exterior del edificio o estructura que no cumple con la definición estricta de *medios de egreso*, pero que proporciona una salida alternativa.

**Objetivo.** Requisito que debe cumplirse para lograr una meta.

**Ocupación, Educativa.** Ocupación utilizada con fines educativos hasta el duodécimo grado, por seis personas o más, durante cuatro o más horas diarias, o más de 12 horas semanales.

**Carga de Ocupantes.** Número total de las personas que podrían ocupar un edificio o una parte del mismo al mismo tiempo.

**Mecanismo Anti pánico.** Mecanismo para cierre de puertas que incorpora un dispositivo que abre la misma al aplicar una fuerza en la dirección de recorrido.

**Criterio de Desempeño.** Valores mínimos expresados en escalas de medidas, basados en objetivos de desempeño cuantificados.

**Punto de Seguridad.** Una ubicación que (a) está fuera del edificio y alejado del mismo; o (b) está dentro de un edificio de cualquier tipo de construcción protegido en su totalidad mediante un sistema de rociadores automáticos aprobado y está ya sea (1) dentro de un cerramiento de una salida que cumpla con los requisitos de este *Código*, o bien (2) dentro de otra sección del edificio que esté separada mediante barreras contra el humo de acuerdo con la Sección 8.3, con una clasificación de resistencia al fuego de al menos ½ hora, y dicha sección del edificio tiene acceso a un medio de escape o salida que cumple con los requisitos de este *Código* y no requiere regresar hacia el área comprometida por el fuego; o (c) está dentro de un edificio de construcción Tipo I, Tipo II (222), Tipo II (111), Tipo III (211), Tipo IV, o Tipo V (111) (*ver 8.2.1*) y está ya sea (1) dentro de un cerramiento de una salida que cumpla con los requisitos de este *Código*, o bien (2) dentro de otra sección del edificio que esté separada mediante barreras contra el humo de acuerdo con la Sección 8.3, con una clasificación de resistencia al fuego de al menos ½ hora, y dicha sección del edificio tiene acceso a un medio de escape o salida que cumple con los requisitos de este *Código* y no requiere regresar hacia el área comprometida por el fuego.

**Diseño Propuesto.** Diseño desarrollado por un equipo de diseño y sometido a la autoridad competente para su aprobación.

**Clasificación, de la Protección contra Incendios.** Designación que indica la duración del ensayo de exposición al fuego a la cual fue sometido un conjunto de puertas contra incendios o conjunto de ventanas contra incendio, cumpliendo con los criterios de aceptación, según lo determinado de acuerdo con la norma NFPA 252, *Standard Methods of Fire Tests of Doors Assemblies*, o NFPA 257, *Standard on Fire Test for Window and Glass Block Assemblies*, respectivamente.

**Clasificación de Resistencia al Fuego.** Tiempo, en minutos u horas, que los materiales o conjuntos han resistido una exposición al fuego, según lo establecido de

acuerdo con los procedimientos de ensayo de la norma NFPA 251, *Standard Methods of Tests of Fire Endurance of Building Construction and Materials*.

**Ubicación Segura.** Ubicación remota o separada de los efectos de un incendio de modo que tales efectos no representan una amenaza.

**Factor de Seguridad.** Factor aplicado a un valor pronosticado para asegurar que se mantiene un margen de seguridad suficiente.

**Margen de Seguridad.** Diferencia entre un valor pronosticado y el valor real cuando se espera una condición de falla.

**Alarma de Humo.** Alarma de estación simple o múltiple que responde al humo.

**Compartimiento contra el Humo.** Espacio dentro de un edificio, rodeado en todos sus lados por barreras contra el humo, incluidas la parte inferior y la superior.

**Detector de Humo.** Dispositivo que detecta partículas de combustión visible ó invisible.

**Cerramiento de Humo.** Membrana continua diseñada para formar una barrera para limitar la transferencia de humo.

**Cerramiento a Prueba de Humo.**

Cerramiento de una escalera diseñado para limitar el movimiento de los productos de la combustión producida por el fuego.

**Estructura, Permanente.** Edificio o estructura que está proyectada para permanecer en su lugar por un período mayor que 180 días consecutivos.

**Método de Verificación.** Procedimiento o proceso utilizado para demostrar o confirmar que el diseño propuesto alcanza los criterios especificados.

## 2.8.0. Cuadros de Costos y tablas de elementos.

### 2.8.1. Cuadro de Inversión

Cuadro General de Inversión		
Ítem	Descripción/Rubro	Monto
<b>MATERIA PRIMA</b>		
1	Red de Distribución	\$ 829,60
2	Elementos del Tablero	\$ 91.853,53
3	Construcción de Tableros	\$ 2.310,00
4	Instalaciones Eléctricas	\$ 6.881,83
5	Inmuebles Generales	\$ 9.653,00
<b>RECURSO HUMANO</b>		
11	M.O.D.	\$ 2.240,00
12	M.O.I.	\$ 4.650,00
<b>SERVICIOS BÁSICOS</b>		
8	Telefonía	\$ 40,00
10	Alimentación	\$ 225,00
13	<b>Sub-Total</b>	<b>\$ 118.417,96</b>
14	<b>Imprevistos 5%</b>	<b>\$ 5.920,90</b>
15	<b>TOTAL</b>	<b>\$ 124.338,85</b>

Tabla 2.19. Cuadro de Inversión

Fuente: Autores.

### 2.8.2. Costos y Elementos de la Red de Distribución.

Red de Aire Comprimido				
Ítem	Descripción de los materiales	Cantidad	P. Unitario	P. Total
1	Tubo redondo galvanizado de 1" x 6mts	12	\$ 29,70	\$ 356,40
2	Codos para tubo redondo galvanizado de 1" x 90°	30	\$ 0,95	\$ 28,50
3	Tee para tubo redondo galvanizado de 1"	25	\$ 1,11	\$ 27,75
4	Unión para tubo redondo galvanizado de 1"	15	\$ 0,67	\$ 10,05
5	Llave de paso para tubo redondo galvanizado de 1"	15	\$ 21,04	\$ 315,60
6	Binchas para tubo redondo galvanizado de 1"	50	\$ 0,60	\$ 30,00
7	Teflón	20	\$ 0,30	\$ 6,00
8	Pernos de expansión 5/16 x 1 ½"	70	\$ 0,39	\$ 27,30
9	Pernos inoxidables de 5/16 x 1 ½"	40	\$ 0,37	\$ 14,80
10	Anillos planos inoxidables de 5/16	40	\$ 0,22	\$ 8,80
11	Anillos de presión inoxidables de 5/16	40	\$ 0,03	\$ 1,20
12	Tuercas inoxidables de 5/16	40	\$ 0,08	\$ 3,20
<b>TOTAL</b>				<b>\$ 829,60</b>

Tabla 2.20. Cuadro de Red de Distribución

Fuente: Autores.

### 2.8.3. Cuadro Construcción de Tableros

Construcción de Tableros	
La construcción de los tableros estará a los Talleres del Colegio Domingo Savio. Ellos Ofrecen la experiencia y la alta calidad en sus trabajos.	
El costo de cada tablero será de	\$ 210,00
Tablero Cantidad de Tableros	\$ 11,00
<b>Total de Costo de Construcción de Tableros</b>	<b>\$ 2.310,00</b>

Tabla 2.21. Construcción de tableros  
Fuente: Autores.

### 2.8.4. Costos y Elementos Tableros de Prácticas.

Elementos para cada Tablero de Prácticas				
Neumáticos				
Ítem	Descripción de los elementos	Cantidad	P. Unitario	P.Total
1	Cilindro de simple efecto	1	\$ 102,00	\$ 102,00
2	Cilindro de doble efecto	2	\$ 178,00	\$ 356,00
3	Válvula de de rodillo simple	4	\$ 48,00	\$ 192,00
4	Válvula de rodillo escamoteado	2	\$ 51,00	\$ 102,00
5	Válvula 3/2 Hongo tipo 130 escape al cuerpo color rojo y verde	3	\$ 56,00	\$ 168,00
6	Válvula 3/2 Hongo tipo 430 3 vías ocupables rojo y verde	1	\$ 83,00	\$ 83,00
7	Válvula 5/2 A/R monoestable	1	\$ 100,00	\$ 100,00
8	Válvula 5/2 A/A biestable	3	\$ 116,00	\$ 348,00
9	Unidad preparadora de aire "FRL"	1	\$ 150,00	\$ 150,00
10	Conjunto de válvula temporizadora	1	\$ 179,00	\$ 179,00
11	Generador de vacío	1	\$ 44,00	\$ 44,00
12	Ventosa	1	\$ 33,00	\$ 33,00
13	Bloque distribuidor	1	\$ 78,00	\$ 78,00
14	Escape rápido	1	\$ 39,00	\$ 39,00
15	Válvula de cierre	1	\$ 61,00	\$ 61,00
16	Modulo "O"	1	\$ 16,00	\$ 16,00
17	Modulo "Y"	1	\$ 35,00	\$ 35,00
18	Conector Tee de 6 m/m	10	\$ 5,12	\$ 51,20
19	Conector unión de 6 m/m	5	\$ 3,49	\$ 17,45
20	Tapón de 6 m/m	5	\$ 1,15	\$ 5,75
21	Tubing de poliuretano de 6 mm	20	\$ 1,30	\$ 26,00
22	Regulador de velocidad tubo a tubo	3	\$ 17,00	\$ 51,00
Electroneumáticos				
23	Limitswich eléctrico	4	\$ 162,25	\$ 649,00
24	Sensor capacitivo	1	\$ 210,00	\$ 210,00
25	Sensor inductivo	1	\$ 141,10	\$ 141,10
26	Sensor Fotoeléctrico	1	\$ 259,00	\$ 259,00
27	Válvula 5/2 S/R monoestable	1	\$ 107,00	\$ 107,00
28	Válvula 5/2 S/S biestable	2	\$ 141,00	\$ 282,00
29	PLC LOGO	1	\$ 556,00	\$ 556,00
30	Fuente de poder 24 volt DC 10 A	1	\$ 890,00	\$ 890,00
31	Módulo de Relés	3	\$ 592,00	\$ 1.776,00
32	Módulo parada de emergencia	1	\$ 342,00	\$ 342,00
33	Módulo temporizador	1	\$ 832,00	\$ 832,00
<b>Sub-total</b>				<b>\$ 8.281,50</b>
<b>Puestos</b>			11	<b>\$ 91.096,50</b>
<b>Compresor</b>			1	<b>\$ 757,03</b>
<b>TOTAL</b>				<b>\$ 91.853,53</b>

Tabla 2.22. Elementos y Costos Tablero de Práctica  
Fuente: Autores.

## 2.8.5. Instalaciones Eléctricas.

Instalaciones Eléctricas				
Ítem	Descripción de los materiales	Cantidad	P. Unitario	P.Total
1	Breaker 2P - 40A	11	\$ 14,18	\$ 156,00
2	Borneras de 6mm - 10AWG	14	\$ 0,78	\$ 10,85
3	Cajas octogonales grandes	10	\$ 0,32	\$ 3,18
4	Cajas rectangulares profundas	30	\$ 0,43	\$ 12,94
5	Cajas metálicas doble fondo de 20 x 20 x 16 cm	11	\$ 20,79	\$ 228,69
6	Conectores E.M.T. de ½"	100	\$ 0,16	\$ 16,25
7	Conectores E.M.T. de ¾"	25	\$ 0,26	\$ 6,56
8	Grapas E.M.T. de ½"	50	\$ 0,04	\$ 1,84
9	Placas doble metálica B6 LEV/E	30	\$ 0,17	\$ 5,03
10	Riel omega	3	\$ 2,33	\$ 6,98
11	Tomacorrientes de 15A dobles polarizados	30	\$ 0,44	\$ 13,12
12	Tapas E.M.T. octogonal grande	10	\$ 0,21	\$ 2,07
13	Tubos E.M.T. de ½"	25	\$ 2,34	\$ 58,40
14	Tubos E.M.T. de ¾"	11	\$ 3,59	\$ 39,47
15	Uniones E.M.T. de ½"	100	\$ 0,18	\$ 17,50
16	Grapas E.M.T. de ¾"	50	\$ 0,06	\$ 3,06
17	Rollo de cable THHN AWG #8	2	\$ 101,83	\$ 203,66
18	Rollos de cable TFF flexible AWG #16	2	\$ 38,34	\$ 76,68
19	Rollos de cable THHN #10 - 600V-90°C	7	\$ 459,97	\$ 3.219,79
20	Rollos de cable THHN #12 - 600V-90°C	6	\$ 251,58	\$ 1.509,48
21	Rollos de cable THHN #14 - 600V-90°C	2	\$ 52,58	\$ 105,16
22	Lámpara de 2x40W - 110V - Industrial	1	\$ 21,37	\$ 21,37
23	Lámparas de 2x110W - 110V - Industrial	4	\$ 71,50	\$ 286,00
24	503/1SR placa de aluminio 1MOD. Horizontal	4	\$ 1,36	\$ 5,44
25	Placas sencillas metálicas B5 LEV	5	\$ 0,19	\$ 0,93
26	Panel 3F - 12P - General Electric	1	\$ 62,80	\$ 62,80
27	Panel 3F - 42P - General Electric	1	\$ 148,26	\$ 148,26
28	Tubos Fluorescentes de 110W - Sylvania	8	\$ 3,87	\$ 30,96
29	Tubos Fluorescentes de 40W - Sylvania	2	\$ 1,07	\$ 2,13
30	Interruptores sencillos	4	\$ 1,36	\$ 5,46
31	Tomacorrientes chinos de 15A - 220V	5	\$ 1,74	\$ 8,69
32	Fundas de amarras plásticas de 20cm x 4.6mm	2	\$ 2,06	\$ 4,12
33	Breaker THQL 1X20A - Caja/G - General Electric	9	\$ 3,43	\$ 30,84
34	Breaker THQL 2X20A - Caja/G - General Electric	2	\$ 7,30	\$ 14,59
35	Breaker THQL 2X30A - Caja/G - General Electric	3	\$ 7,30	\$ 21,89
36	Breaker THQL 2X40A - Caja/G - General Electric	11	\$ 7,30	\$ 80,25
37	Rollos de cable THHN - AWG #2/0	2	\$ 7,61	\$ 15,21
38	Cintas aislantes #20 YDS - 3M	28	\$ 0,62	\$ 17,44
39	Pernos tirafondo de ¼ x 1½"	100	\$ 0,03	\$ 2,99
40	Pernos tirafondo de 5/16 x 1½"	100	\$ 0,16	\$ 16,17
41	Fundas de Tacos Fischer #6 (10 unidades)	10	\$ 0,08	\$ 0,75
42	Fundas de Tacos Fischer #8 (10 unidades)	10	\$ 0,12	\$ 1,19
43	Fundas de Tacos Fischer #10 (10 unidades)	10	\$ 0,21	\$ 2,08
44	Fundas de Tacos Fischer #12 (10 unidades)	10	\$ 0,22	\$ 2,21
45	Fundas de Tornillos Tripa de pato 1 x 8 (10 unidades)	10	\$ 0,15	\$ 1,53
46	Fundas de Tornillos tripa de pato 1 x 10 (10 unidades)	10	\$ 0,19	\$ 1,85
47	Electrocanal tipo ducto cerrado	7	\$ 57,14	\$ 400,00
			<b>TOTAL</b>	<b>\$ 6.881,83</b>

Tabla 2.23. Instalaciones Eléctricas  
Fuente: Autores.

### 2.8.6. Inmuebles del Laboratorio.

Inmuebles Generales				
Ítem	Descripción de los inmuebles	Cantidad	P. Unitario	P. Total
1	Escritorio para Docente	1	\$ 170,00	\$ 170,00
2	Proyector	1	\$ 800,00	\$ 800,00
3	Pantalla de Proyector	1	\$ 70,00	\$ 70,00
4	Acondicionador de Aire 2400 BTU	2	\$ 650,00	\$ 1.300,00
5	Pizarra Móvil	1	\$ 75,00	\$ 75,00
6	Armario Mediano	1	\$ 200,00	\$ 200,00
7	Extractor	2	\$ 55,00	\$ 110,00
8	Extintor	2	\$ 45,00	\$ 90,00
9	Computadoras	11	\$ 600,00	\$ 6.600,00
10	Bancos para puestos de Prácticas	11	\$ 18,00	\$ 198,00
11	Silla para Docente	1	\$ 40,00	\$ 40,00
			<b>Total</b>	<b>\$ 9.653,00</b>

Tabla 2.23. Cuadro de Inmuebles Generales  
Fuente: Autores.

### 2.8.7. Cuadro de Mano de Obra Directa.

M.O.D.					
Cargo \ Mes	1 MES	2 MES	3 MES	4 MES	Total
Albañil	\$ 280,00				\$ 280,00
Electricista 1			\$ 330,00		\$ 330,00
Electricista 2			\$ 330,00		\$ 330,00
Obrero 1	\$ 280,00	\$ 280,00			\$ 560,00
Obrero 2	\$ 280,00	\$ 280,00			\$ 560,00
Pintor 1				\$ 180,00	\$ 180,00
				<b>Total</b>	<b>\$ 2.240,00</b>

Tabla 2.24. Cuadro M.O.D.  
Fuente: Autores.

#### *Funciones del recurso humano.*

Albañil: Encargado de la estructura del laboratorio. Paredes, tumbado, pilares.

Obreros: Encargado de la construcción de mesas, soportes para tuberías, red de distribución, ubicación de inmuebles.

Electricistas: Encargados de las instalaciones eléctricas, acometida general, alimentación de tableros electroneumáticos.

Pintor: Encargado de pintar todo el laboratorio, mesas, paredes y lo que se necesite pintar.

### 2.8.8. Cuadro de Mano de Obra Indirecta.

M.O.I.					
Cargo\Mes	1 MES	2 MES	3 MES	4 MES	Total
Ing. De Proyecto	\$ 850,00	\$ 850,00	\$ 850,00	\$ 850,00	\$ 3.400,00
Asistente	\$ 250,00	\$ 250,00	\$ 250,00	\$ 250,00	\$ 1.000,00
Especialista				\$ 250,00	\$ 250,00
				<b>Total</b>	<b>\$ 4.650,00</b>

Tabla 2.25. Cuadro M.O.I.  
Fuente: Autores.

### 2.8.9. Cuadro de Servicios.

Alimentación					
Cargo\Tiempo	1 MES				
	1 semana	2 semana	3 semana	4 semana	Total
Albañil	\$ 7,50	\$ 7,50			\$ 15,00
Obrero 1	\$ 7,50	\$ 7,50	\$ 7,50	\$ 7,50	\$ 30,00
Obrero 2	\$ 7,50	\$ 7,50	\$ 7,50	\$ 7,50	\$ 30,00
				<b>Sub-Total</b>	<b>\$ 75,00</b>

Cargo\Tiempo	2 MES				
	1 semana	2 semana	3 semana	4 semana	Total
Obrero 1	\$ 7,50	\$ 7,50	\$ 7,50	\$ 7,50	\$ 30,00
Obrero 2	\$ 7,50	\$ 7,50	\$ 7,50	\$ 7,50	\$ 30,00
				<b>Sub-Total</b>	<b>\$ 60,00</b>

Cargo\Tiempo	3 MES				
	1 semana	2 semana	3 semana	4 semana	Total
Electricista 1	\$ 7,50	\$ 7,50	\$ 7,50	\$ 7,50	\$ 30,00
Electricista 2	\$ 7,50	\$ 7,50	\$ 7,50	\$ 7,50	\$ 30,00
				<b>Sub-Total</b>	<b>\$ 60,00</b>

Cargo\Tiempo	4 MES				
	1 semana	2 semana	3 semana	4 semana	Total
Albañil	\$ 7,50	\$ 7,50			\$ 15,00
Especialista			\$ 7,50	\$ 7,50	\$ 15,00
				<b>Sub-Total</b>	<b>\$ 30,00</b>
				<b>Total</b>	<b>\$ 225,00</b>

Tabla 2.26. Cuadro de gastos de alimentación  
Fuente: Autores.

Telefonía				
1 Mes	2 Mes	3 Mes	4 Mes	Total
\$ 10,00	\$ 10,00	\$ 10,00	\$ 10,00	\$ 40,00

Tabla 2.27. Cuadro de gastos en telefonía

Fuente: Autores.

**Nota:**

Se establece un consumo mensual de \$10 dólares por efecto de imprevistos generales.

## ***CAPÍTULO III***

### ***CONSTRUCCIÓN DE SELLADORA DE CAJAS***

---

## CAPÍTULO III

### CONSTRUCCIÓN DE SELLADORA DE CAJAS

#### 3.1. Resumen.

Sabemos que los sistemas neumáticos, constituidos por elementos accionados por aire, eléctricos y electrónicos, siguen un lineamiento o un proceso en todas sus aplicaciones. Como lo explicamos en el capítulo I<sup>23</sup>, los sistemas tienen un flujo de señales ya establecido y normalizado.

Este proyecto refleja ese flujo de señales, mediante la representación industrial de sellado de cajas. Este proceso o representación abarca desde la producción de aire comprimido (compresor) hasta la maniobra o señal de salida (actuadores).

Este proyecto describe el funcionamiento básico del proceso de sellado o impreso de un distintivo (logotipo, fecha de fabricación, marca, código de barras, etc.). Para nuestra representación utilizamos dos cilindros de doble efecto. El primer cilindro (sellador) ejecutará su operación cuando el microswitch envíe la señal a la primera electroválvula. Aquí se sellará el logotipo de la Universidad Politécnica Salesiana. Con la ayuda de un segundo actuador o cilindro (expulsador), y de manera automática, las cajas selladas se depositarán en un espacio determinado (deposito).

Se encontrará un pequeño análisis de tiempo para este proyecto, en donde se hallará tiempo total del proceso, tiempo promedio de sellado y expulsado, y una opción de poder mejorar el proceso para optimizar el numero de cajas selladas por minuto. Además la aplicación de este proceso a nivel industrial, su importancia en las mismas y las ventajas y desventajas.

Al finalizar este capítulo existirán tablas de inversión, de elementos utilizados, de proveedores y planos e imágenes del proyecto de tesis.

---

<sup>23</sup> Capítulo I. Sección 3.4.2. Sistemas Neumáticos. pp. 39.

### 3.2. Introducción.

A partir de la revolución industrial<sup>24</sup>, el hombre ha ido evolucionando en el mundo de la producción y generación de capital, a partir del brindar un bien o servicio a su población. Las mejoras en la producción siempre han sido identificadas por el cambio en sus procesos o la reingeniería de sus productos o el servicio que presta a sus consumidores; para que al final sean reconocidos por su calidad y recordados por un nombre e imagen.

Toda esta gama de nombre, logotipos, colores e imágenes, todos estos complementos son detalladamente estudiados, analizados, puestos a prueba, optimizados, hasta han sido rechazados y cuestionados por sus clientes y productores. Pero no han dejado de ser pieza principal para un producto final. En esta etapa de producción la posible demanda del producto, juega un papel importante, ya que son ellos los que aceptan al producto y, por obvias razones, son el consumidor final de los bienes o servicios de las grandes industrias.

Un nombre representa, no solo un producto, sino toda una cadena de valores que, las industrias, a partir de sus procesos y grandes estudios, aplican en sus plantas. Quién diría que un buen nombre debe de ser bien impreso. O que un buen sellado garantice la durabilidad e identificación del producto. La productividad ha significado un avance tecnológico, económico, aumento de mercado, mano de obra mejor calificada y reconocimiento en la población.

Para las empresas que dan un bien o producto al mercado, son empresas que en su mayoría son dinámicas, existe movimiento en el interior de sus localidades. Pasan de proceso en proceso, se mezclan, se fusionan, se ensamblan, se construyen, se las modifican; y todo esto siguiendo una línea de producción. Línea que no es más que un camino que recorre toda la empresa. Creando su cadena de valores.

Esta denominada línea o camino era representada por manos de obreros, quienes con su trabajo físico ponían en marcha a las empresas siendo los motores principales de las mismas. Este camino ha ido evolucionando, desde pequeñas vías y conjunto de ruedas, movilizadas por fuerza física (impulsadas por la mano del obrero), hasta llega a ser complejas bandas transportadoras, que sin olvidar su principio, no dejan de estar presentes en una empresa de producción de bienes.

Las bandas transportadoras no dejan su objetivo final que es movilizar, trasladar, reubicar el producto que se ha de modificar o tan solo llevar a una selladora y empaquetadora, para su distribución y consumo final.

---

<sup>24</sup> **Revolución Industrial:** periodo histórico comprendido entre la segunda mitad del siglo XVIII y principios del XIX. En el que Inglaterra, seguida de Europa Continental, sufren la mayor transformación socioeconómica, tecnológica y cultural de la historia. [...]. *Fuente. Wikipedia.*

Una de las primeras bandas transportadoras o llamadas en aquellos tiempos cinta transportadora<sup>25</sup>, fue implementada para la transportación de carbón y materiales de la industria minera.

Durante los años 20 se comprobó que, estas cintas transportadoras, podrían utilizarse para largas distancias sin presentar problema alguno. Recorriendo una distancia de 8 kilómetros bajo tierra.

Las cintas transportadoras se usan como componentes en la distribución y almacenaje automatizados. Combinados con equipos informatizados de manejo de palés, permiten una **distribución minorista, mayorista y manufacturera** más eficiente, permitiendo ahorrar **mano de obra** y transportar rápidamente grandes volúmenes en los procesos, lo que ahorra costes a las empresas que envía o reciben grandes cantidades, reduciendo además el espacio de almacenaje necesario.

Esta misma tecnología se usa en dispositivos de transporte de personas tales como cintas y escaleras mecánicas y en muchas **cadena de montaje** industrial. Las tiendas suelen contar con cintas transportadoras en las **cajas** para desplazar los artículos comprados. Las **estaciones de esquí** también usan cintas transportadoras para remontar a los esquiadores.

La cinta transportadora más larga del mundo está en el **Sáhara Occidental**, tiene 100 km de longitud y va desde las **minas de fosfatos de BuCraa** hasta la costa sur de El Aaiún. La cinta transportadora simple más larga tiene 17 km y se usa para transportar caliza y pizarra desde Meghalaya (India) hasta Sylhet (Bangladesh).

Las ventajas que tiene la cinta transportadora son:

- ✦ Permiten el transporte de materiales a gran distancia.
- ✦ Se adaptan al terreno.
- ✦ Tienen una gran capacidad de transporte.
- ✦ Permiten transportar una variedad grande de materiales.
- ✦ Es posible la carga y la descarga en cualquier punto del trazado.
- ✦ Se puede desplazar.
- ✦ No altera el producto transportado.

### **3.3. Aplicación en la Industria.**

El primer sistema de cinta transportadora era muy primitivo y consistía en una cinta de cuero, lona, o cinta de goma que se deslizaba por una tabla de madera plana o cóncava. Este tipo de sistema no fue calificado como exitoso, pero proporciono un incentivo a los ingenieros para considerar los transportadores como un rápido, económico y seguro método para mover grandes volúmenes de material.

Las instalaciones de la compañía *H. C. Frick*, demostraron que los transportadores de cinta podían trabajar sin ningún problema en largas distancias. Estas instalaciones se

---

<sup>25</sup>La **cinta transportadora** data aproximadamente del año 1795, y fue instalada en terrenos planos y distancias cortas.

realizaron bajo tierra, desde una mina. La cinta o banda transportadora consistía de múltiples pliegues de algodón de pato<sup>26</sup> recubierta de goma natural, que eran los únicos materiales utilizados en esos tiempos para su fabricación. En 1913, *Henry Ford*<sup>27</sup> introdujo la cadena de montaje basada en cintas transportadoras en las fábricas de producción de la *Ford Motor Company*.

Durante la Segunda Guerra Mundial<sup>28</sup>, los componentes naturales de los transportadores se volvieron muy escasos, permitiendo que la industria de goma se volcara en crear materiales sintéticos que reemplazaran a los naturales. Desde entonces se han desarrollado muchos materiales para aplicaciones muy concretas dentro de la industria, como las bandas con aditivos antimicrobianos para la industria de la alimentación o las bandas con características resistentes para altas temperaturas

Las cintas transportadoras han sido usadas desde el siglo XIX y en 1901, Sandvik inventó y comenzó la producción de cintas transportadoras de acero.

Las cintas transportadoras se usan principalmente para transportar materiales granulados, agrícolas e industriales, tales como cereales, carbón, minerales, etcétera, aunque también se pueden usar para transportar personas en recintos cerrados (por ejemplo, en grandes hospitales y ciudades sanitarias).

Además, ha sido utilizada para cargar o descargar buques cargueros o camiones, para transportar material por terreno inclinado se usan unas secciones llamadas cintas elevadoras. Existe una amplia variedad de cintas transportadoras, que difieren en su modo de funcionamiento, medio y dirección de transporte, incluyendo [transportadores de tornillo](#), los sistemas de [suelo móvil](#), que usan planchas oscilantes para mover la carga, y transportadores de rodillos, que usan una serie de rodillos móviles para transportar cajas o palés.

---

<sup>26</sup> **Algodón de Pato:** Tipo de textil, se lo utiliza para la fabricación de zapatas, fundas para muebles, ropa de trabajo, velas, bolsas y en una variedad de cosas. Por lo general es un textil común pero muy fuerte de color blanco.

<sup>27</sup> **Henry Ford:** (30 de julio de 1863 – 7 de abril de 1947) nacido en un granja, en un pueblo rural al oeste de Detroit (actualmente Dearborn – Michigan) fundador de la compañía Ford Motor Company y padre de las cadenas de producción moderna.

<sup>28</sup> **II Guerra Mundial:** Conflicto armado más grande y sangriento de la historia mundial entre 1939 – 1945. Fuerzas armadas de más de setenta países participaron en combates aéreos, navales y terrestres. Murieron aproximadamente el 2% de la población mundial de la época.

### **3.4. Justificación.**

Como complemento para nuestra demostración de los sistemas neumáticos y electroneumático y ver la aplicación industrial de los mismos, fue de nuestro interés y necesidad implementar un sistema básico de impreso de cajas de madera bajo la tecnología del aire comprimido.

Este proyecto podrá dar una visión más real de la aplicación de los sistemas de aire comprimido. Siendo un proyecto básico de impreso de cajas, no quiere decir que en la realidad no pueda ser usada para fines lucrativos.

En este proyecto se reconocerá las diferentes etapas de un sistema de aire comprimido, desde su generación, distribución y uso final. Además, pondremos a consideración del lector posibles alternativas para su funcionabilidad.

Otro elemento justificativo del proyecto es el demostrar la optimización de recursos, utilizando materiales y elementos reciclados o de fácil obtención. Creando conciencia del impacto que pueda crear estos recursos; sin olvidar que esta tecnología, el uso de aire comprimido, es una energía renovable y no contamina el ambiente.

Como punto o elemento final, este proyecto podrá ser una herramienta didáctica para cualquier entidad, sea educativa o empresarial. Cabe recalcar que este proyecto es de uso demostrativo-didáctico.

### **3.5. Tema del Proyecto de Tesis.**

El tema del proyecto de tesis es: “Diseño de Máquina Impresora para cajas de madera utilizando un Sistema Electroneumático”

#### **3.5.1. Descripción del Proyecto.**

##### **Objetivo General.**

Demostrar la secuencia de un sistema de aire comprimido sellando cajas de madera mediante cilindros de doble efecto.

##### **Objetivos específicos.**

Demostrar la utilización de electroválvulas en un sistema de aire comprimido.

Analizar el tiempo de recorrido y sellado o imprenta de las cajas de madera en el proceso.

Detallar los diferentes procesos de toda la línea de sellado o imprenta de cajas de madera.

Aplicar normas de seguridad para la construcción del proyecto de tesis<sup>29</sup>.

Considerar la optimización de recursos para la construcción del proyecto de tesis.

Establecer un cronograma de actividades para el diseño y construcción del proyecto de tesis.

Realizar un cuadro de gastos del proyecto de tesis.

Presentar en lo posible una alternativa de mejora para el proyecto de tesis.

---

<sup>29</sup> **Proyecto de tesis.** Referente al tema de la tesis “Diseño de Máquina Impresora para cajas de madera utilizando un Sistema Electroneumático”

### 3.6.Etapas de diseño y construcción del proyecto de tesis.

#### 3.6.1. Diseño del Proyecto de Tesis.

Para el diseño del proyecto se identifican dos etapas:

- a. Esquema electroneumático del proyecto.
- b. Diseño de la estructura del proyecto.

##### 3.6.1.1.Esquema electroneumático del proyecto.

###### 3.6.1.1.1. Planteamiento del proyecto de tesis.

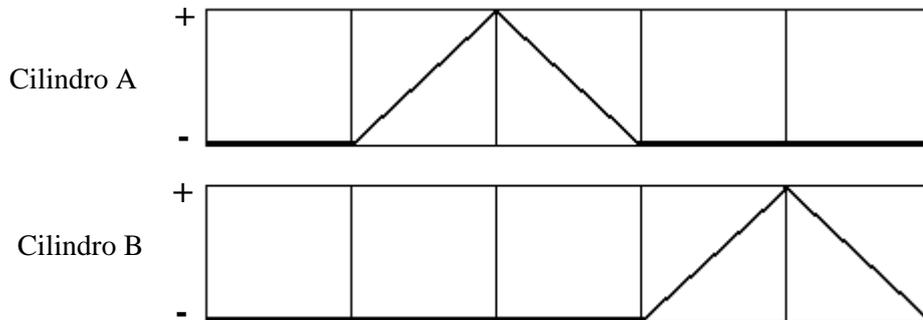
Al término de la línea de producción y empaque del producto terminado, las cajas llegan mediante una banda transportadora activada de forma manual por un interruptor, durante un periodo determinado<sup>30</sup>, activará un microswitch que enviará una señal eléctrica a las electroválvulas, y estas enviarán su señal de aire a los diferentes actuadores según conexiones.

Las señales para los dos actuadores<sup>31</sup> son:

*Diagrama de fases.*

*Cilindro A: sellador*

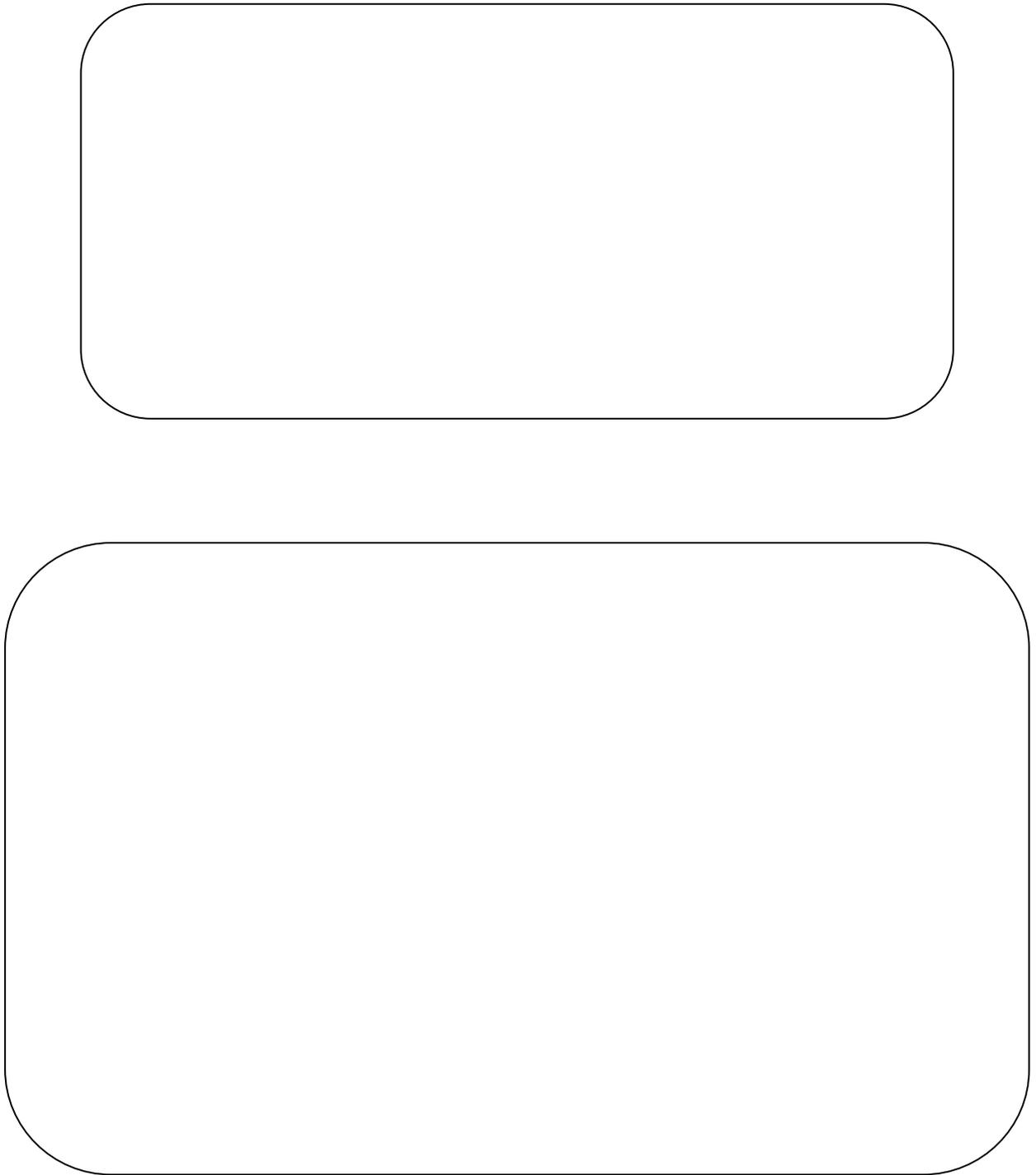
*Cilindro B:expulsador*



<sup>30</sup> **Análisis de tiempo.** pp. 289

<sup>31</sup> **Actuadores:** Proceso de Sellado – Expulsado. Especificaciones técnicas. Cilindros de doble efecto pp. 274.

### 3.6.1.1.2. Circuito neumático y electroneumático del proyecto.



*Figura 3.2. Circuito electroneumático*  
**Fuente:**Autores.

### 3.6.1.1.3. Secuencia del Circuito.

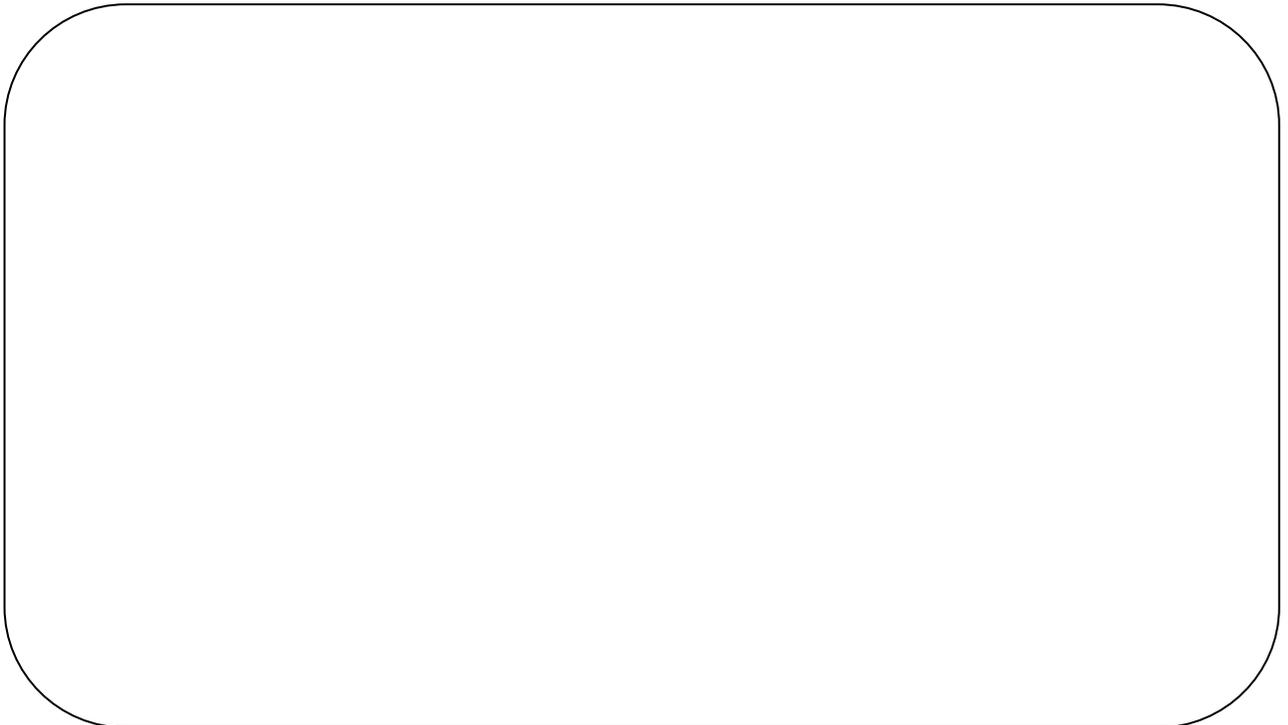
**Primer paso.** Alimentación de Aire



*Figura 3.3. Flujo de aire inicio de secuencia*  
**Fuente:**Autores.

Arranque de Motor de Banda Transportadora. Luz piloto color morado.

Panel energizado. Luz piloto color verde.



*Figura 3.4. Señal eléctrica inicio de secuencia*  
**Fuente:**Autores.



### Tercer Paso.

Temporizador t=5 seg.

Señal enviada a la electroválvula 5/2 (Y1). Salida del actuador de sellado A (fin carrera posición inicial S1 a posición final S2).

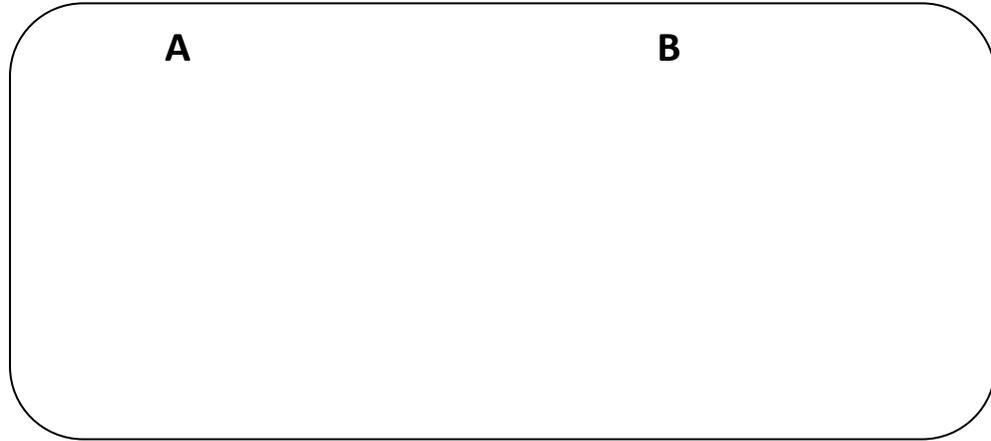
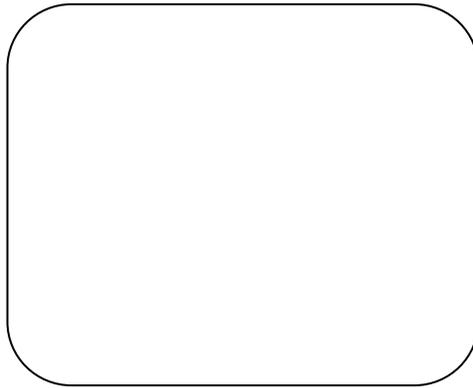


Figura 3.6. Tercer paso de secuencia  
Fuente: Autores.



Figura 3.7. Secuencia eléctrica – tercer paso  
Fuente: Autores.

Figura 3.5. Señal eléctrica – Segundo paso de secuencia  
Fuente: Autores.



*Figura 3.8. Cilindro A activado. Posición final S2*  
**Fuente:**Autores.

**Cuarto Paso.**

Señal llega a la electroválvula 5/2 (Y2) por activación del fin carrera posición final S2. Al mismo tiempo llega señal a la electroválvula 5/2 (Y3), esta electroválvula activa cilindro B (expulsado).



*Figura 3.9. Secuencia eléctrica – cuarto paso*  
**Fuente:**Autores.

El cilindro A regresa a su posición inicial A- (posición inicial del fin carrera S1) y el cilindro dos obtiene la posición final B+ (fin carrera de la posición inicial S3 a posición final S4).



*Figura 3.10. Cilindro B activado. Posición final S2*  
**Fuente:**Autores.



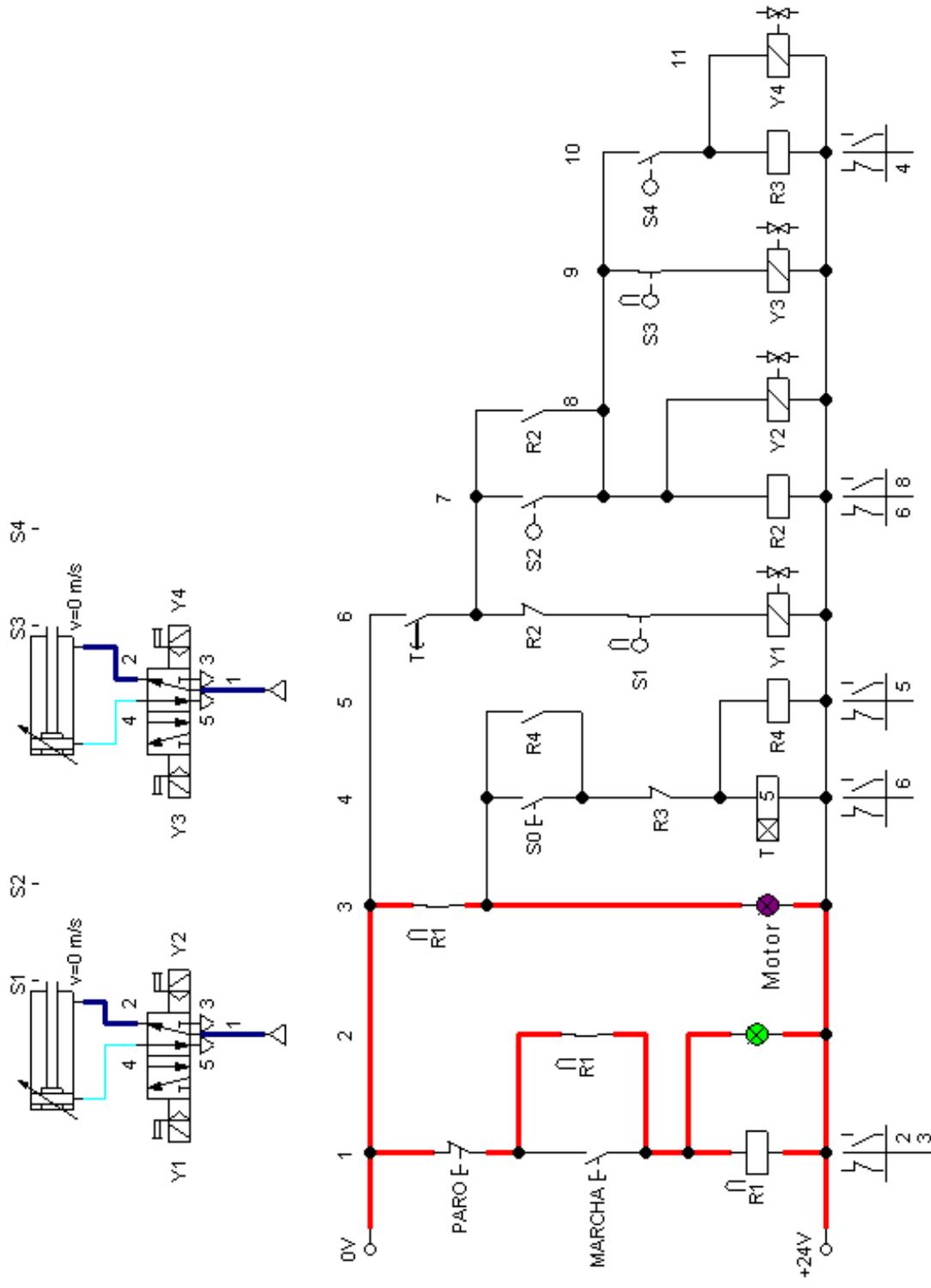


Figura 3.12. Secuencia y señal electro neumática – Reinicio de secuencia  
Fuente: Autores.

### 3.6.1.2. Diseño de la estructura del proyecto.

Partiendo de las dimensiones de la caja que estará en el proceso comenzaremos el diseño.

Las características técnicas de la caja de madera son:

CARACTERISTICAS TÉCNICAS	
Dimensiones	Largo: 120 mm. Ancho: 100 mm. Alto: 100 mm.
Tipo de madera	Plywood Espesor: 12 mm.

Tabla 3.1. Dimensiones de las cajas de madera  
Fuente: Autores.



Figura 3.13. Dimensiones de las cajas de madera  
Fuente: Autores.

#### 3.6.1.2.1. Estructura General del Proyecto.

La longitud total del proyecto es de 1.517 metros de largo, 55.6 centímetro de ancho y 56 centímetros de alto.

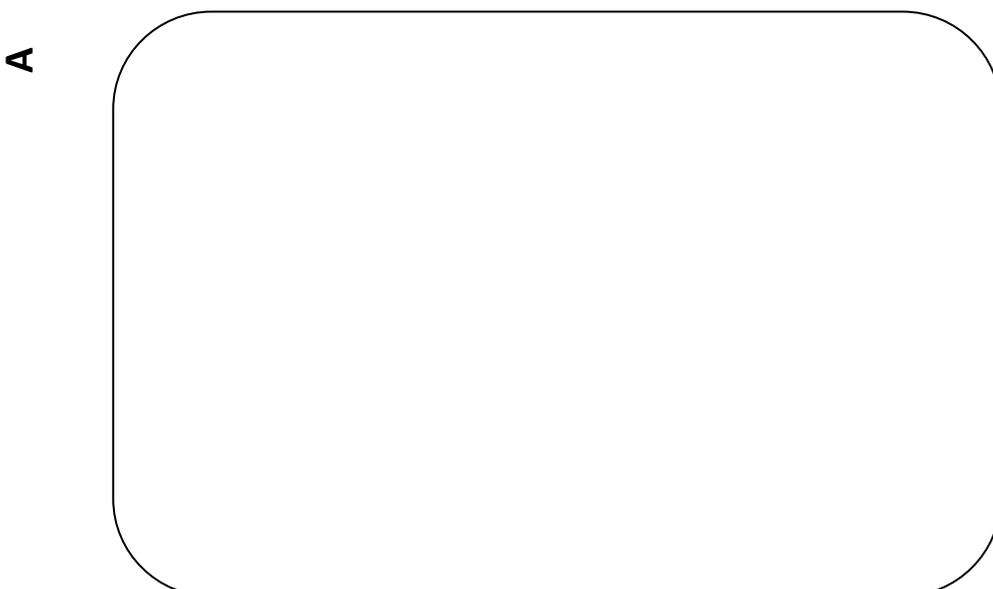
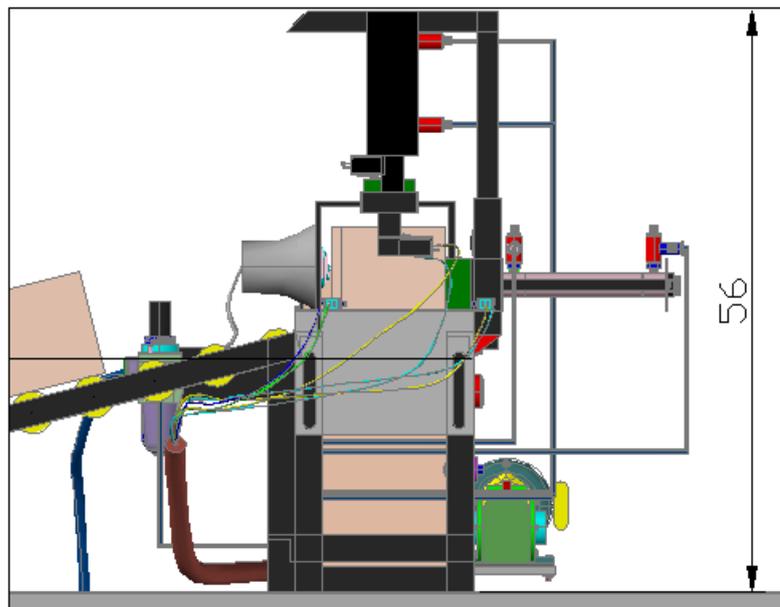


Figura 3.14. Longitud de estructura del proyecto  
Fuente: Autores.

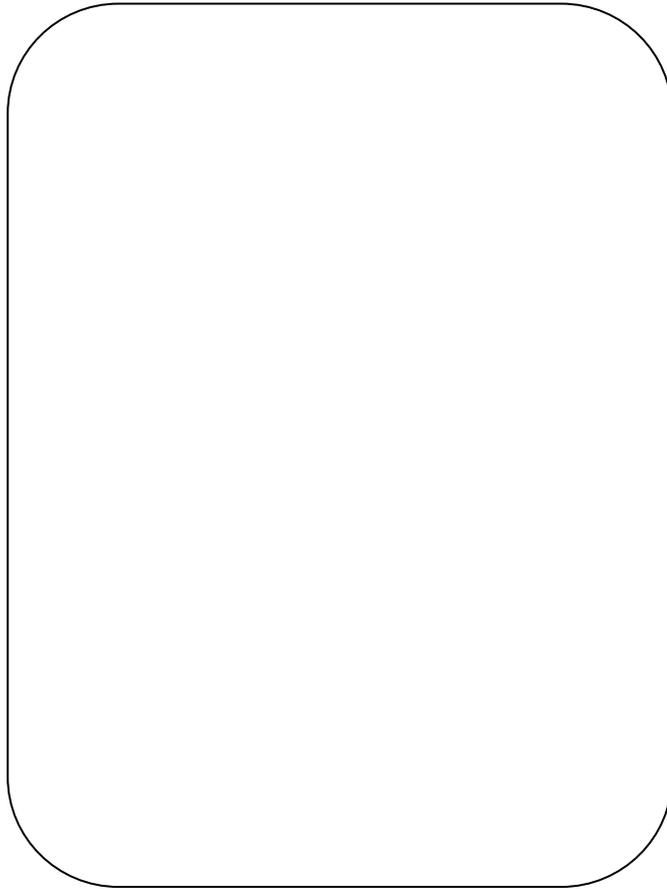


*Figura 3.15. Ancho de estructura del proyecto*  
**Fuente:**Autores.



*Figura 3.16. Alto de estructura del proyecto*  
**Fuente:**Autores.

Ocupando un área de construcción aproximadamente de: 2.90 metros cuadradas.



*Figura 3.17. Área total de estructura del proyecto*  
**Fuente:** Autores.

### **3.6.1.2.2. Elementos del Proyecto de Tesis.**

Para poder construir este proyecto se identificaron las siguientes etapas:

- Banda Transportadora.
- Procesos de Sellado y Expulsado.
- Rampa/Deposito.
- Panel de Control.

Además se realizó un cuadro de inversión del proyecto de tesis. Cada etapa está constituida por diferentes elementos o procesos, como la etapa de sellado y expulsado que se detallará el proceso desde su generación de aire comprimido.

En cada etapa se especificará medidas, equipos utilizados y recomendaciones para mejorar el proceso de ser necesario.

### 3.6.1.2.2.1. Banda Transportadora.

La banda transportadora está constituida por tres elementos:

- La banda transportadora.
- Motor y Poleas. (movimiento de los rodillos)
- La estructura o base.

#### *Especificaciones Técnicas.*

*De la Banda Transportadora.*

Elementos	Datos
<b>Banda</b>	Longitud: 2.5 m. aproximadamente Espesor: 3 mm.
<b>Material</b>	Caucho negro.
<b>Color</b>	Plateada.

**Tabla 3.2. Datos técnicos Banda transportadora**

**Fuente:** Autores.

Para que la banda tenga movimiento se instaló un sistema de poleas que mediante un motor con reductor de velocidad, comienza el proceso de la rotación ininterrumpida de la banda.

*Del Motor y Poleas.*

Elementos	Datos
<b>Motor con reductor</b>	Tipo. NCI – 12 RH Marca: Fractional HorsePowerGearmotor PH. 1 60 Hz. Amp. 0.35 RPM: 500 HP: 1/50 3.75 MFD Duty. Cont. Temperatura. 40°C Tor. 10 Lb-in RPM: 50 Ratio: 30:1
<b>Poleas</b>	Tipo: V Diámetro:
<b>Correa</b>	Tipo: Para poleas tipo V

**Tabla 3.3. Datos técnicos Motor y Poleas**

**Fuente:** Autores.

En los extremos de la banda se ubicaron rodillos de 1 ½ pulgadas que serán tensores de la banda y en el extremo final (área cercana al proceso de sellado – expulsado), se colocaron 2 rodillos adicionales que servirán como soporte o base para las cajas que pasen

### Planos descriptivos de Banda Transportadora.



Figura 3.18. Banda transportadora

Fuente: Autores.

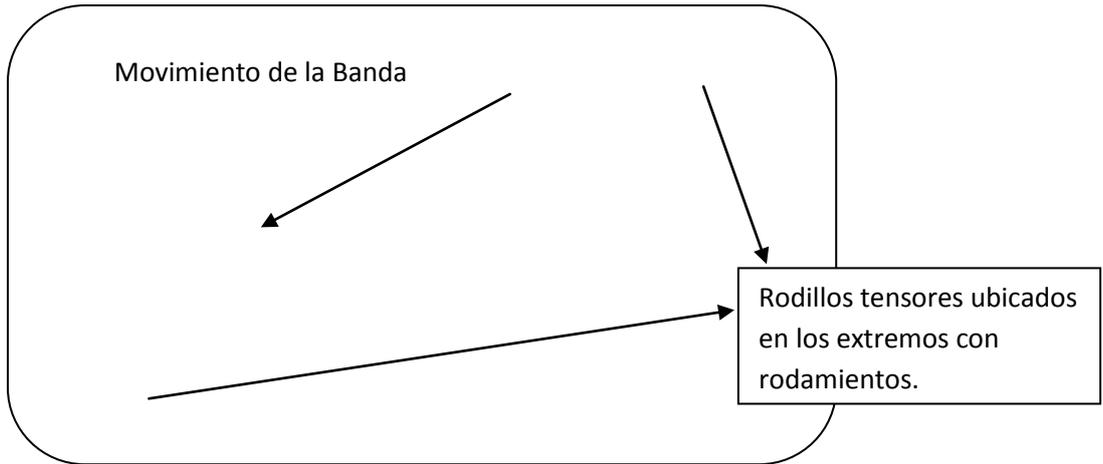


Figura 3.19. Movimiento banda transportadora

Fuente: Autores.

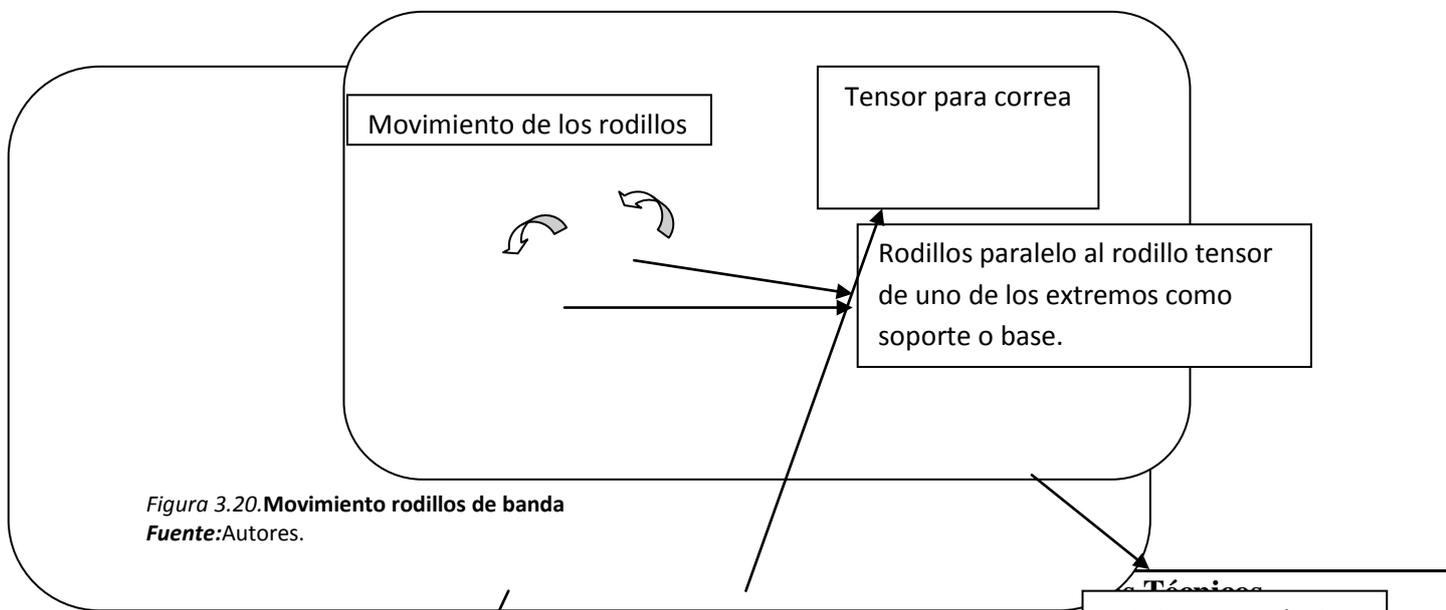
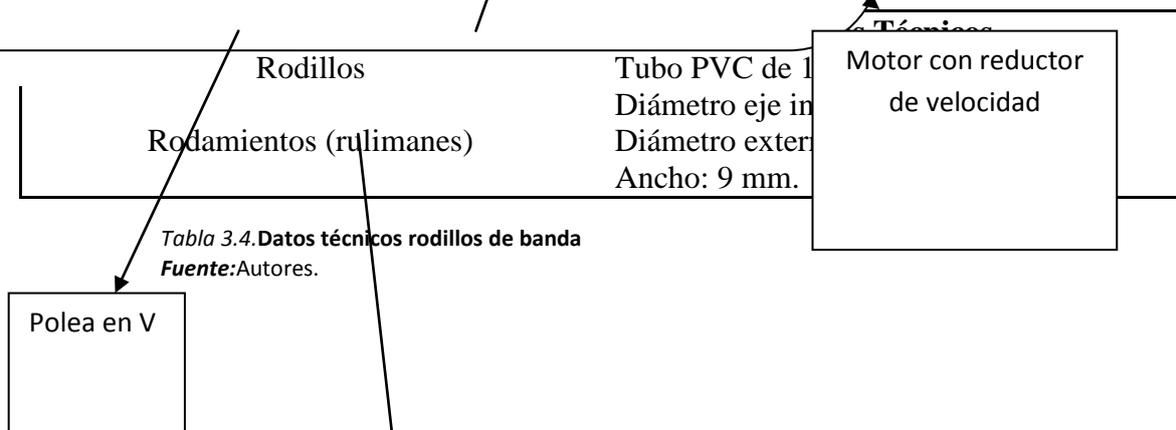


Figura 3.20. Movimiento rodillos de banda

Fuente: Autores.



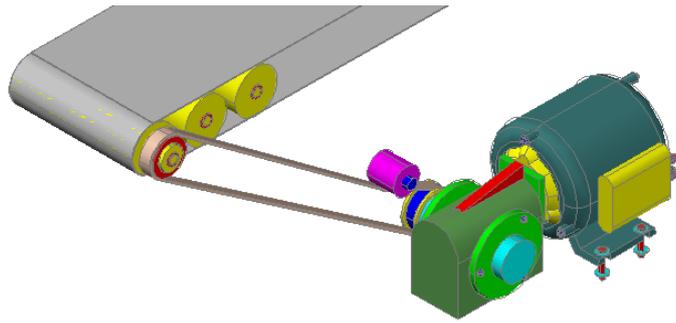


Figura 3.21. Elementos para sistema de movimiento.  
Fuente: Autores.

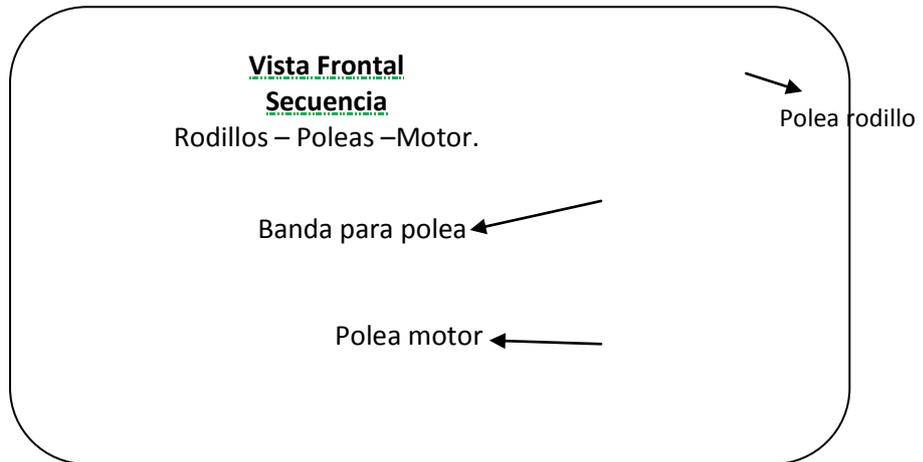


Figura 3.22. Vista frontal sistema de movimiento.  
Fuente: Autores.

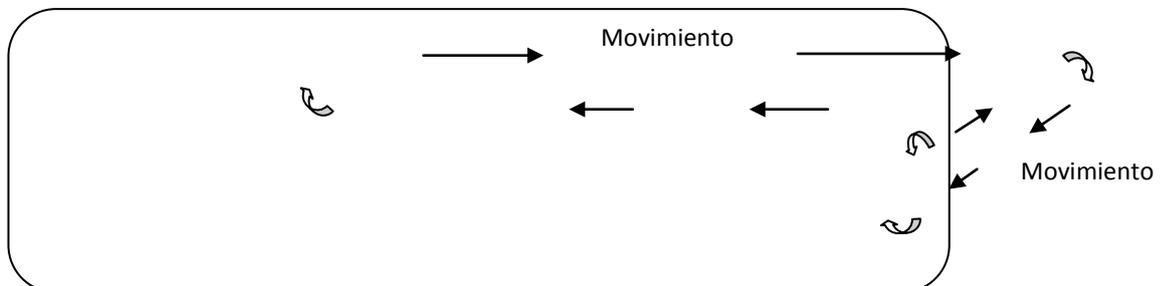


Figura 3.23. Banda transportadora y sistema de motor.  
Fuente: Autores.

*De la Estructura.*

Para la estructura en donde descansa la banda y los rodillos se especifican sus características:

Datos Técnicos	
Elementos	Especificaciones
Angulo H/N	Medidas: 1" x 3 mm. Hierro negro.
Platina	Ancho: 25 cm. Espesor: 3 mm.
Soldadura	Electrodos AGA 6011
Acrílico	Plancha de acrílico transparente 1,80 x 2,44 m x 15 mm.
Accesorios	Perno cabeza hexagonal 5/16 x 2" Anillo plano 5/16 Anillo de presión 5/16

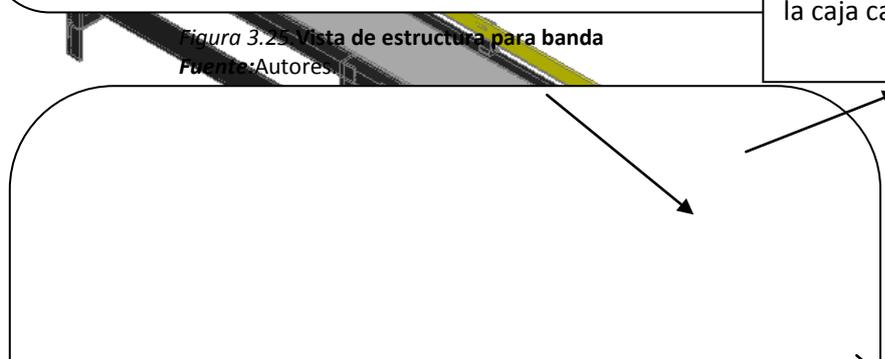
*Tabla 3.5. Datos técnicos estructura para rodillos*  
*Fuente:* Autores.

*Planos descriptivos de la estructura.*

Con una longitud de 1,30 metros, 17 cm de ancho y una altura de 25 cm.

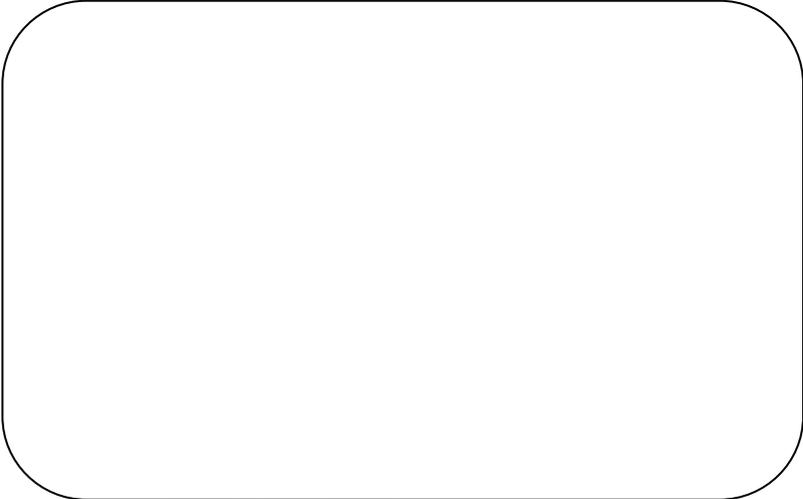
*Figura 3.24. Dimensiones de estructura para banda*  
*Fuente:* Autores.

Vista Lateral de la Estructura



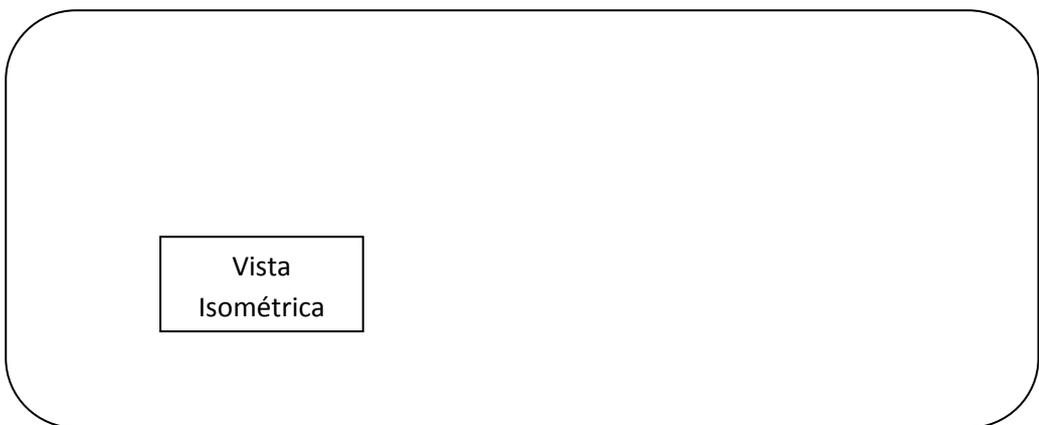
Guarda de Seguridad – Evita que la caja caiga al otro extremo.

*Figura 3.25. Vista de estructura para banda*  
*Fuente:* Autores.



Vista Frontal

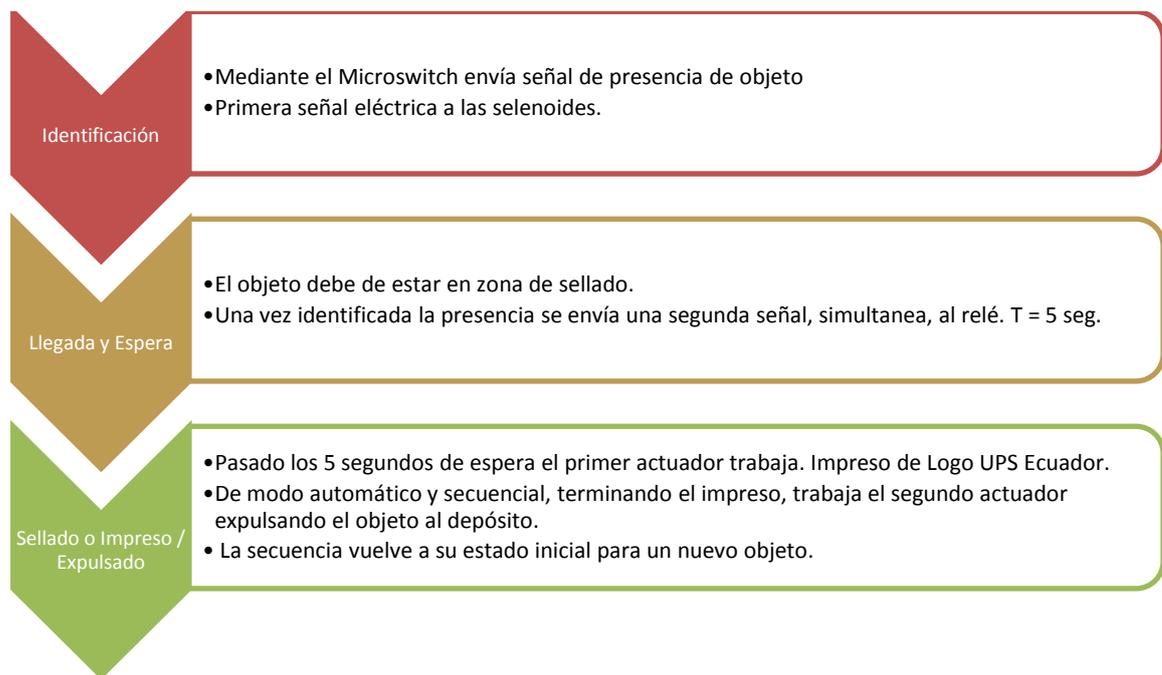
*Figura 3.27. Ubicación rodillo tensor y motor*  
**Fuente:**Autores.



*Figura 3.28. Ubicación rodillo tensor y motor*  
**Fuente:**Autores.

#### **3.6.1.2.2.2. Proceso de Sellado y Expulsado.**

En esta etapa el proceso tiene la siguiente secuencia:



### **Especificaciones Técnicas.**

Al igual que en la primera etapa, esta segunda está conformada por los siguientes elementos.

- Elementos Neumáticos y Electroneumáticos.
- Base o estructura para soportes de actuadores y otros elementos neumáticos.

*De los elementos neumáticos y electroneumáticos.*

Usando el principio de la imprenta y el de generación de aire comprimido<sup>32</sup> se logró establecer los elementos y los mecanismos necesarios para el desarrollo del proyecto.

Es decir que, para poder identificar o marcar un objeto es necesario aplicar una fuerza transversal y que cuyo elemento transversal contenga una sustancia, indiferente de su estado, que dibuje o imprima dicha identificación o marca.

Para nuestro proyecto se reconocerán como:

---

<sup>32</sup> **Capítulo I. 1.3.4.** Producción y Distribución. pp. 73

**Objeto:** Caja de Madera de Plywood.

**Fuerza Transversal:** Fuerza generado por el aire comprimido a los actuadores o cilindros neumáticos.

**Elemento Transversal:** Base de Nylon.

**Sustancia:** Tinta líquida vegetal.

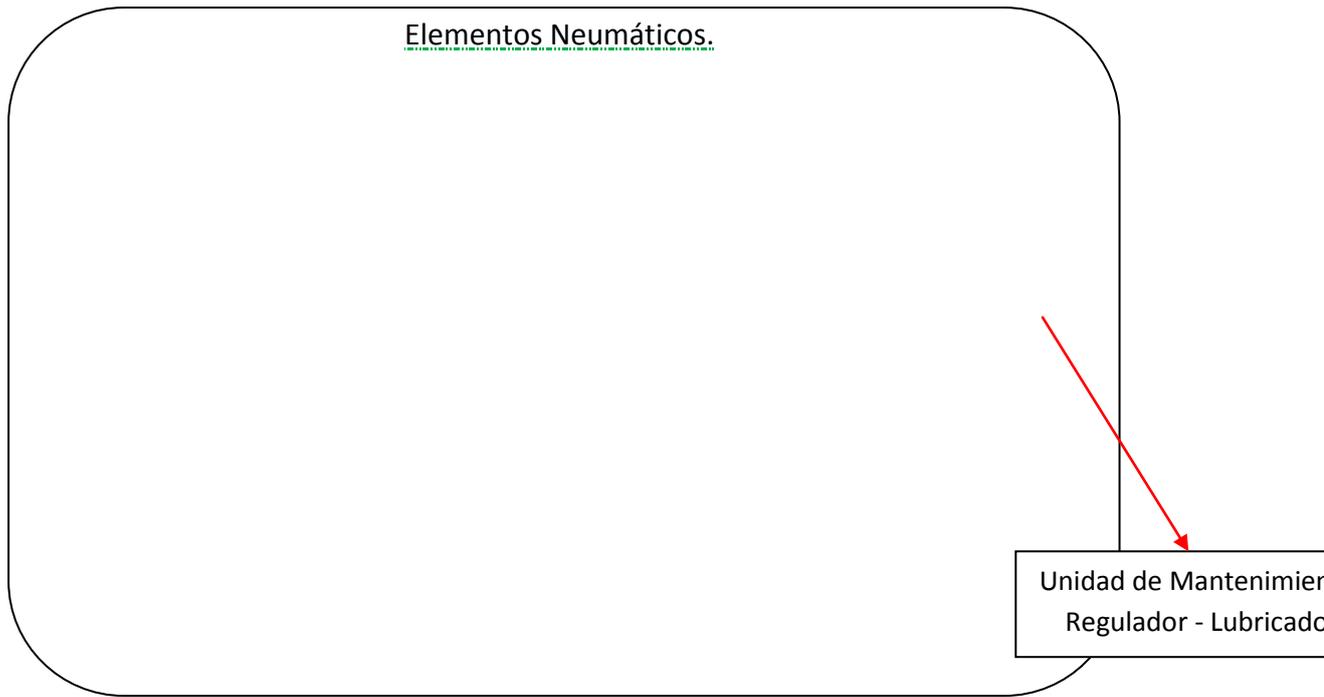
**Identificación o Marca:** Logo de la Universidad Politécnica Salesiana Ecuador.

**Datos Técnicos.**

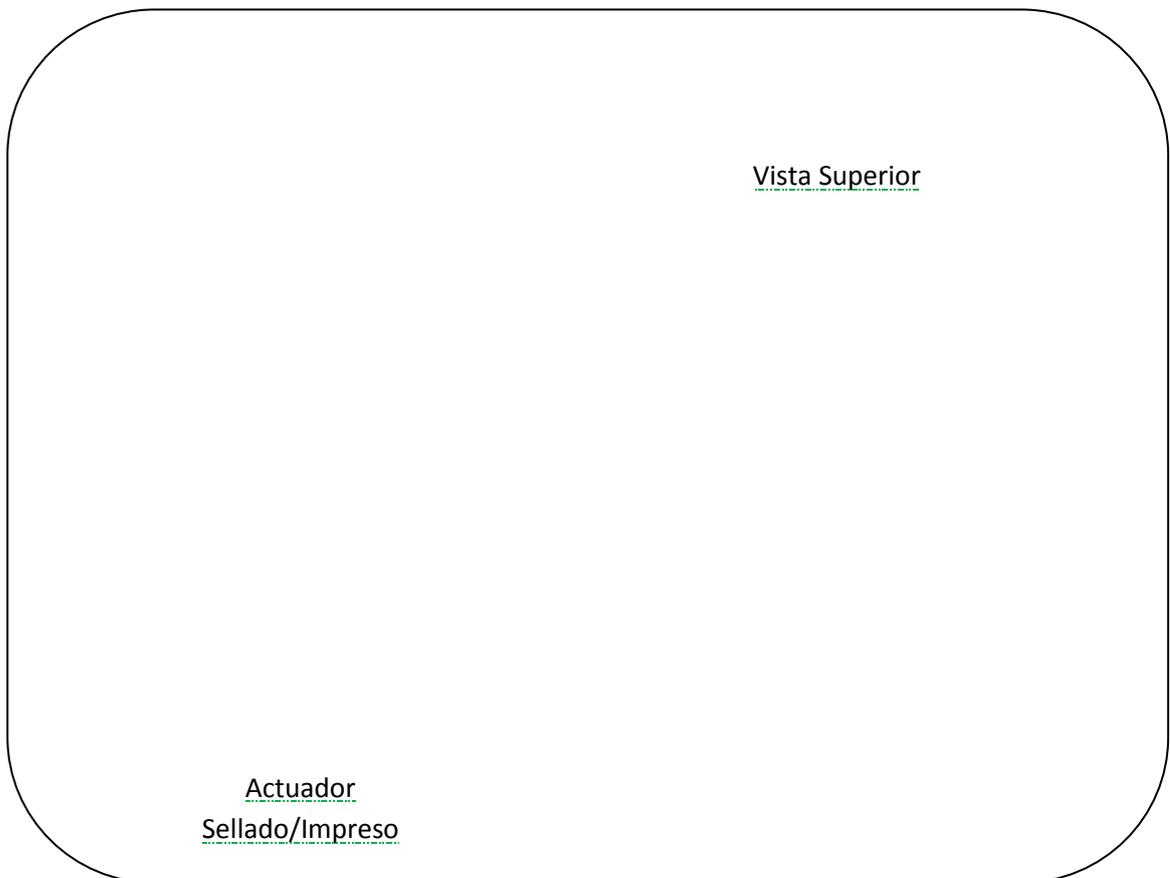
No.	Tipo	Elemento	Descripción técnica	Cantidad
1	Neumático	Actuadores de Doble Efecto	<b>Expulsor.</b> Marca: Norgren Type: RT/757225/M/100 Serie: B Ø: 25 mm. Recorrido: 100 mm. Presión: 1-10 bar T máx.: 80°C.	1
			<b>Sellador/Impresión.</b> Marca: Bosch Serie: 0822-034-202 Ø: 25/25 Recorrido: 40 mm. Presión: 10 bar	1
2		Unidad de Mantenimiento	Regulador-Lubricador. Vaso plástico. De 1 – 10 Bares.	1
3	<b>Electroneumático.</b>	Electroválvula	5/2 – 1/4” biestable de 110 voltios.	2
4	<b>Accesorios.</b>	Silenciador	1/8” de bronce sintetizado.	4
		Manguera. Unión	De Poliuretano de 6 mm. En “T” de 6 mm.	8 metros. 1
5	<b>Generación</b>	Compresor	Modelo: S55XDCM-2228. 60 Hz. RPM 1725. 1HP. Marca: Emerson Electric.	1
6	<b>Materiales</b>	Nylon	Soporte de sello 10 cm x 4,5 cm x 2,5.	2

Tabla 3.6. Elementos de sellado y expulsado

Fuente: Autores.



*Figura 3.29. Ubicación Unidad de mantenimiento – Electroválvulas 5/2*  
**Fuente:**Autores.



*Figura 3.30. Actuadores de sellado y expulsado*  
**Fuente:**Autores.

*De la Base o Estructura de Soporte.*

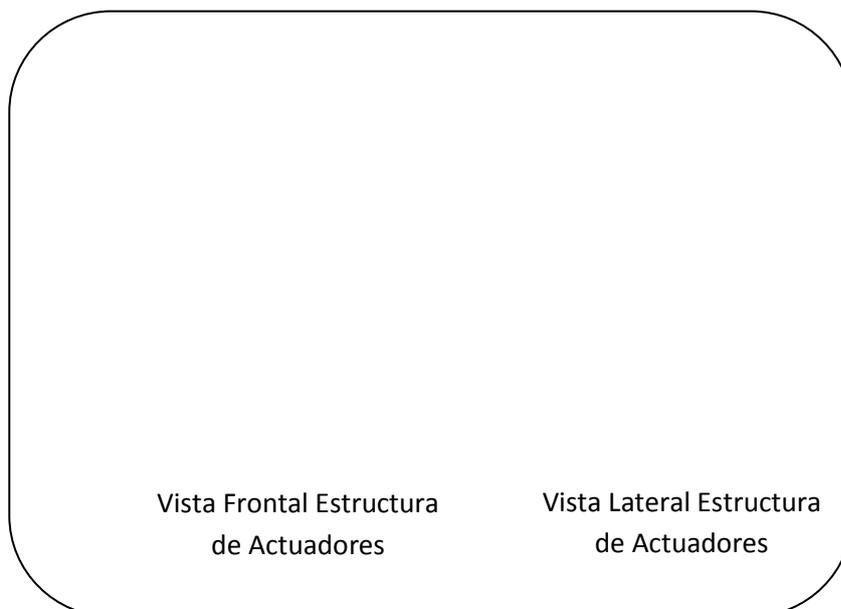
Para la estructura que contiene todos los elementos se necesitó materiales rígidos, dándole un diseño funcional y práctico. Las especificaciones y planos se detallan a continuación.

**Datos Técnicos.**

<b>Especificaciones Técnicas.</b>	
<b>Elemento</b>	<b>Datos</b>
<b>Tubo Cuadrado</b>	Medidas: 2 cm. x 3 mm de espesor Longitud: 6 metros. Material: H/N
<b>Platina</b>	Medidas: 25 cm. x 3 mm de espesor Longitud: 6 metros.
<b>Perfil L</b>	Medidas: 1" x 3 mm. Material: H/N
<b>Soldadura</b>	Electrodos 6011
<b>Rodillos</b>	Características iguales a los rodillos de la Banda Transportadora.
<b>Suministros</b>	Pernos Hexagonales de 5/16 x 2" Torillo sin fin de 1/4 x 4"

*Tabla 3.7. Datos técnicos estructura de actuadores*

*Fuente:* Autores.



*Figura 3.31. Dimensiones estructura de actuadores*

*Fuente:* Autores.

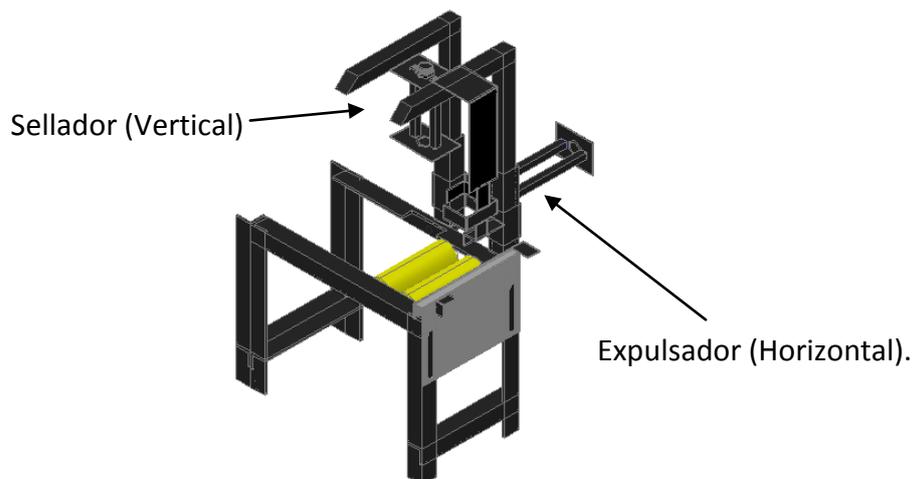


Figura 3.32. Soporte para actuadores  
Fuente:Autores.

#### *Descripción del Soporte Vertical:*

Para la ubicación del actuador de impresión de cajas, se analizó la posición más adecuada para dicha operación. Como resultado se resolvió realizar un impreso vertical descendente, es decir perpendicular a las cajas.

Con esta ubicación se aprovecha el descenso del embolo, la gravedad y el impulso que se genera por parte de la caja al estar en reposo en ese momento. El área de acción es aprovechada obteniendo una impresión clara y optima.

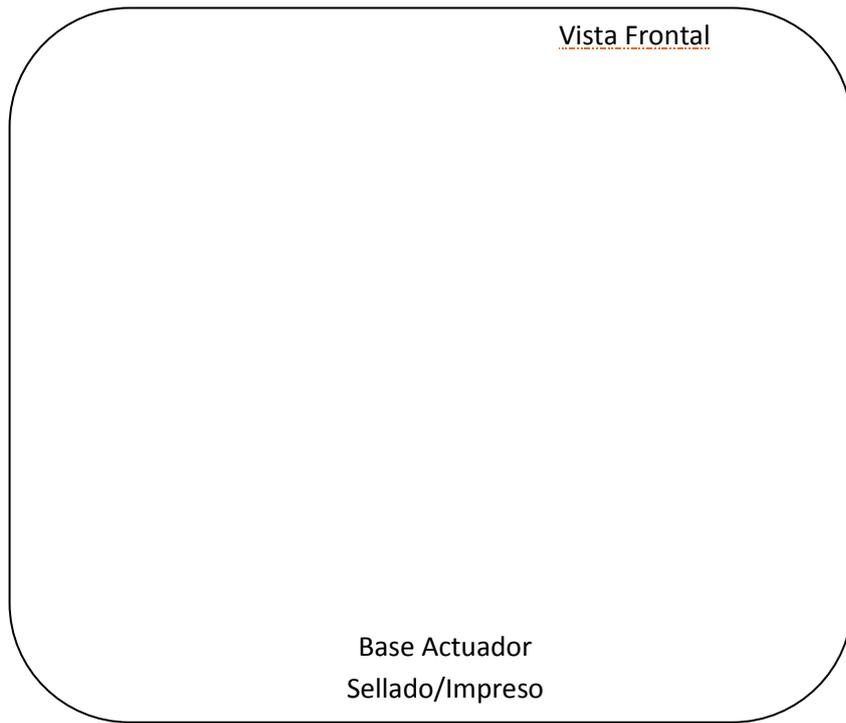
El diseño del soporte vertical se utilizaron tubos cuadrados de 2 cm. con un espesor de 3 mm formando un ángulo de 90. En él se ubicará la base del actuador que consiste en:

Material	Medidas
Platina H/N	68x50x3 mm.
Tubo Cuadrado	10x1mm. Longitud: 100 mm.

Tabla 3.8. Datos técnicos estructura de actuadores  
Fuente:Autores.

Adicional, tiene un sistema de posicionamiento<sup>33</sup>, en donde el operador podrá regular la altura del actuador dependiendo de la caja que se operará.

<sup>33</sup> **Sistema de posicionamiento:** La descripción de este sistema se detalla pp. 283 del mismo capítulo.



Vista Lateral

Figura 3.33. Base actuator sellado/impreso  
Fuente: Autores.

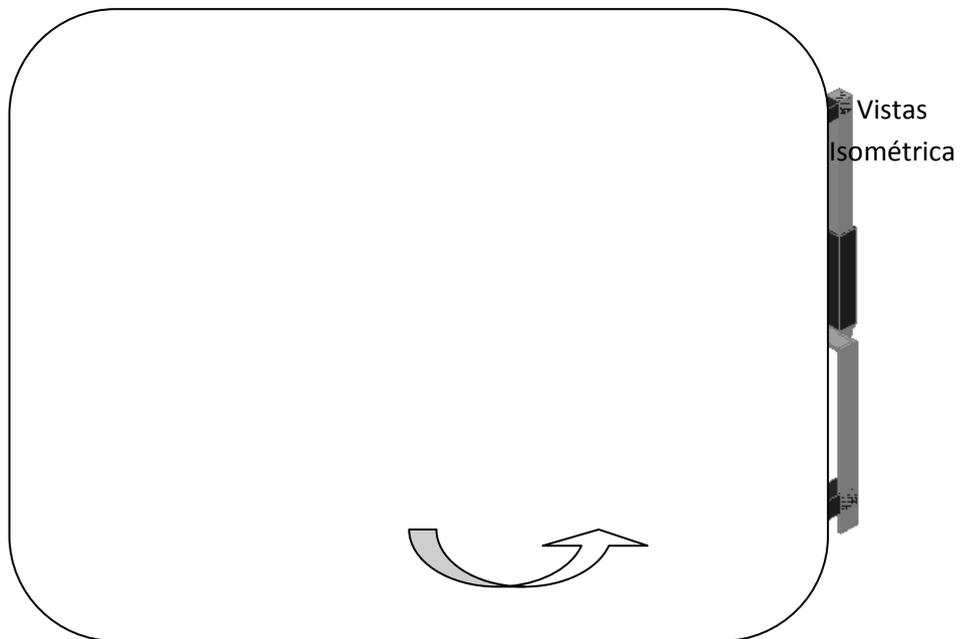


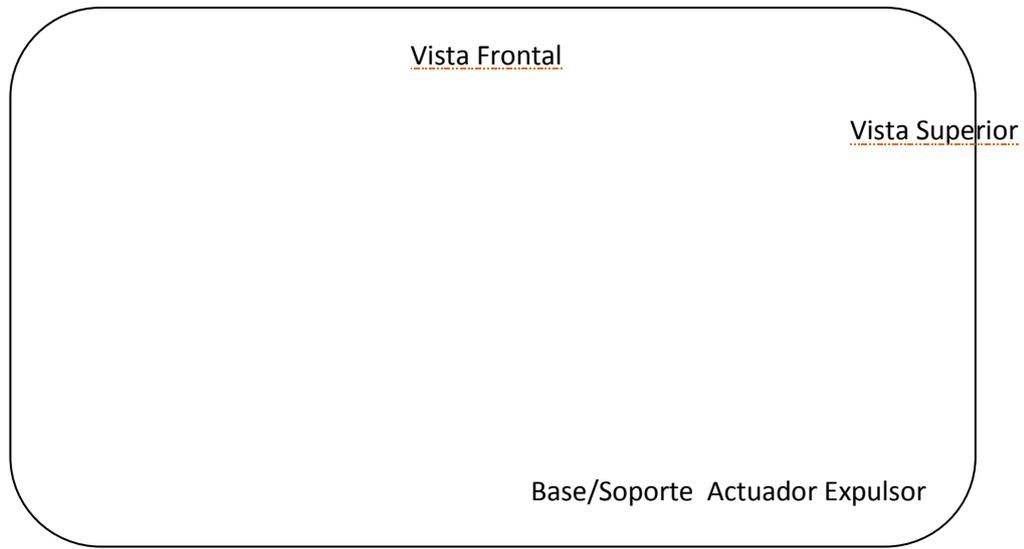
Figura 3.33. Vistas base actuator sellado/impreso  
Fuente: Autores.

*Descripción del Soporte Horizontal:*

Para el actuador de Expulsado se tomó el mismo diseño de soporte para actuadores. Y de igual manera se adaptó un sistema de posicionamiento. En este caso se podrá regular el alto del expulsador, esto dependerá del tamaño de la caja para que la fuerza aplicada sea en el centro del objeto mencionado.



*Figura 3.34. Base soporte vertical- actuador sellado/impreso*  
**Fuente:**Autores.



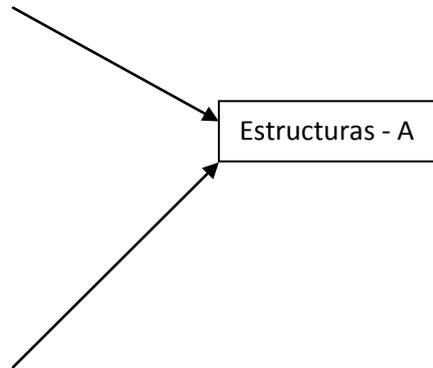
*Figura 3.36. Visualización soportes de actuadores.*  
**Fuente:**Autores.

*De Soportes o Estructuras Adicionales:*

Existen elementos o estructuras utilizada como soportes y tope de fin de carrera de la caja de madera y elementos eléctricos. Estas estructuras tienen funciones importantes:

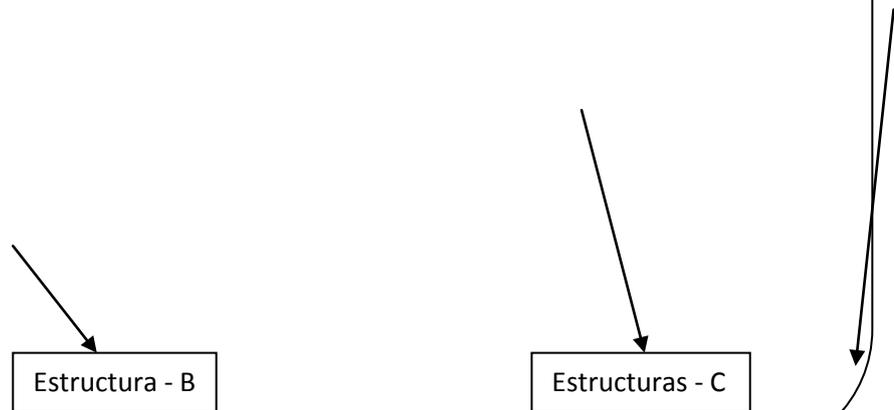
- a) Base para los elementos eléctricos detectores de posición del actuator de expulsado y sellado/impreso (fines carreras eléctricos). *Estructura A*
- b) Tope de recorrido de las cajas para poder ser selladas. *Estructura B*
- c) Soporte de nylon para sello con logotipo. *Estructura C*

### Medidas de Estructuras Adicionales



*Figura 3.37. Medidas soportes adicionales.*  
**Fuente:** Autores.

*Figura 3.38. Descripción de elementos adicionales.*  
**Fuente:** Autores.



### ***Sistema de posicionamiento.***

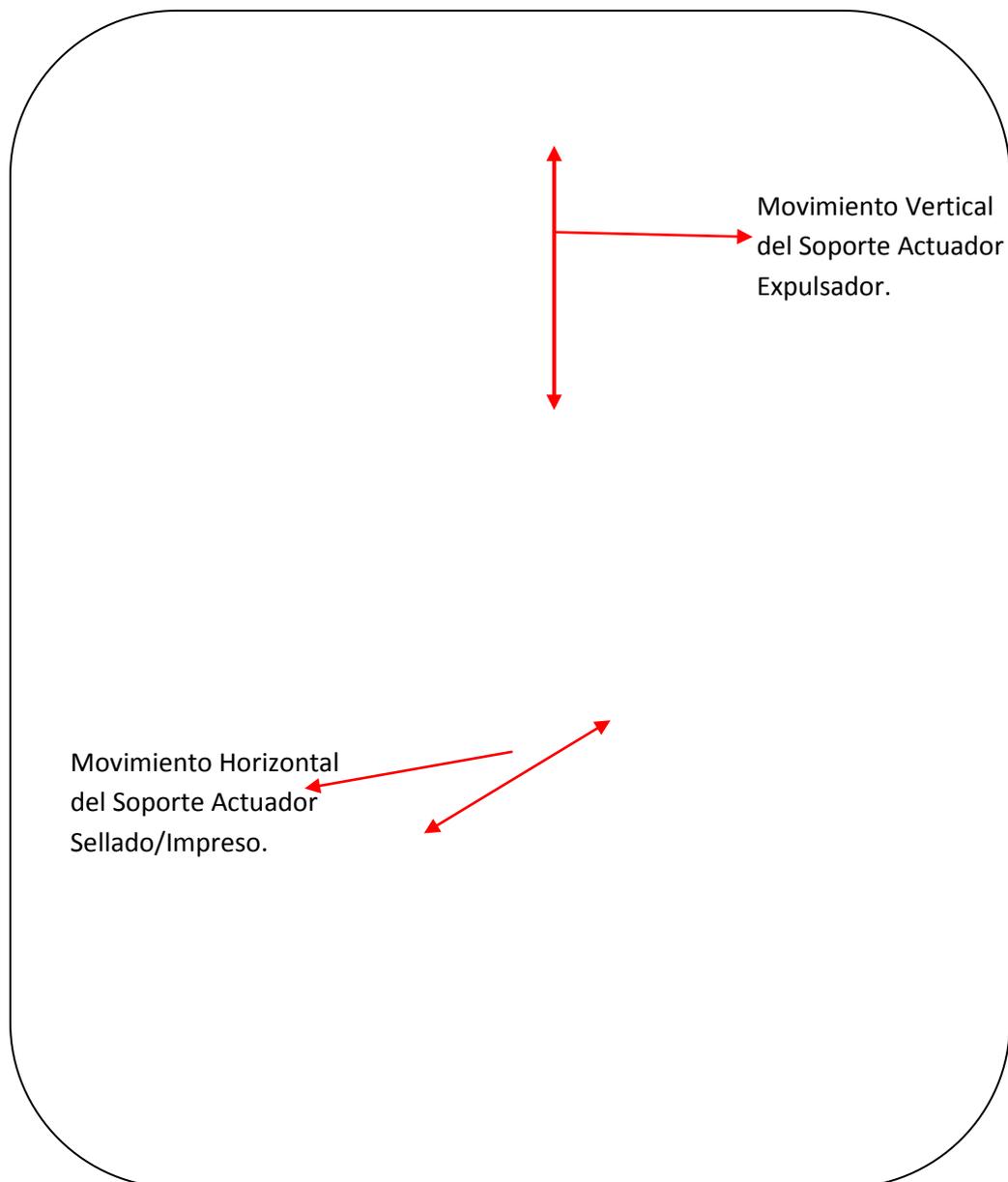
Llamamos sistema de posicionamiento – SP, al diseño utilizado para poder tener movimientos perpendiculares y/o paralelo a las cajas que se sellarán o imprimirán el logotipo descrito.

La estructura del sistema está construida con los siguientes materiales:

Tubo Cuadrado H/N 25x1x50 mm c/u.

Tuerca de Sujeción o Palomilla.

Con estos componentes podremos elevar los cilindros y/o ubicarlos en el centro de las cajas sin importar su tamaño.



**Figura 3.39.Sistema de posicionamiento**  
**Fuente:**Autores.

### 3.6.1.2.2.3. Rampa y Depósito.

Al termino del proceso las cajas, una vez selladas o impresas con la imagen en especial, se transportan mediante un sistema de rodillos de movimiento libre “rodillos locos”, a su depósito o almacenamiento de las mismas.

La estructura en donde descansan los rodillos tiene una inclinación para facilitar su transportación y aprovechar la gravedad.

#### Especificaciones Técnicas.

Elementos	Datos
<b>Perfil L</b>	Medidas: 1” x 3 mm. Material: H/N
<b>Soldadura</b>	Electrodos 6011
<b>Rodillos</b>	Características iguales a los rodillos de la Banda Transportadora.
<b>Plancha de Acrílico</b>	Acrílico color negro de 3 mm de espesor.

Tabla 3.9. Datos técnicos rampa y depósito

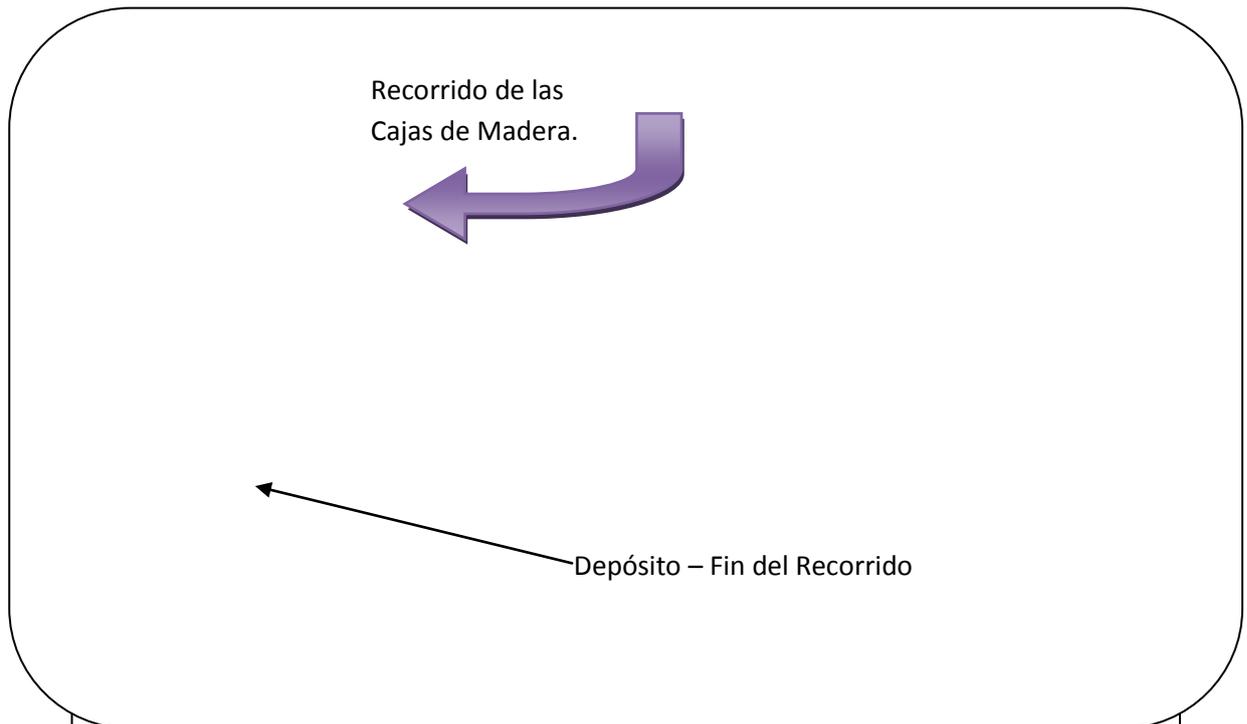
Fuente: Autores.

Diseño y medidas.

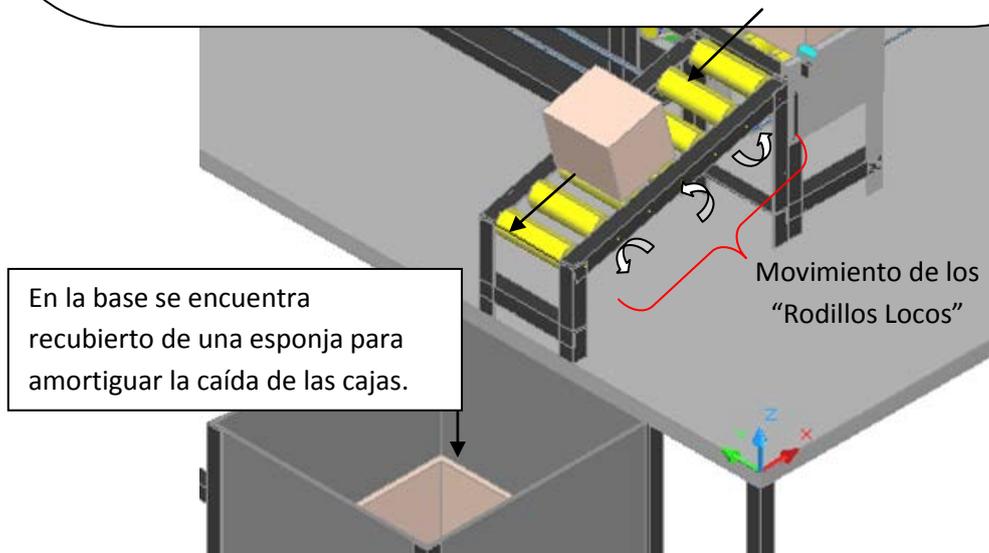
Rampa con Rodillos de Movimiento  
Libre – “Rodillos Locos”

Figura 3.40. Dimensiones rampa de rodillos locos.

Fuente: Autores.



*Figura 3.41. Recorrido de cajas hasta el depósito.*  
**Fuente:** Autores.



*Figura 3.42. Rampa y depósito en movimiento*  
**Fuente:** Autores.

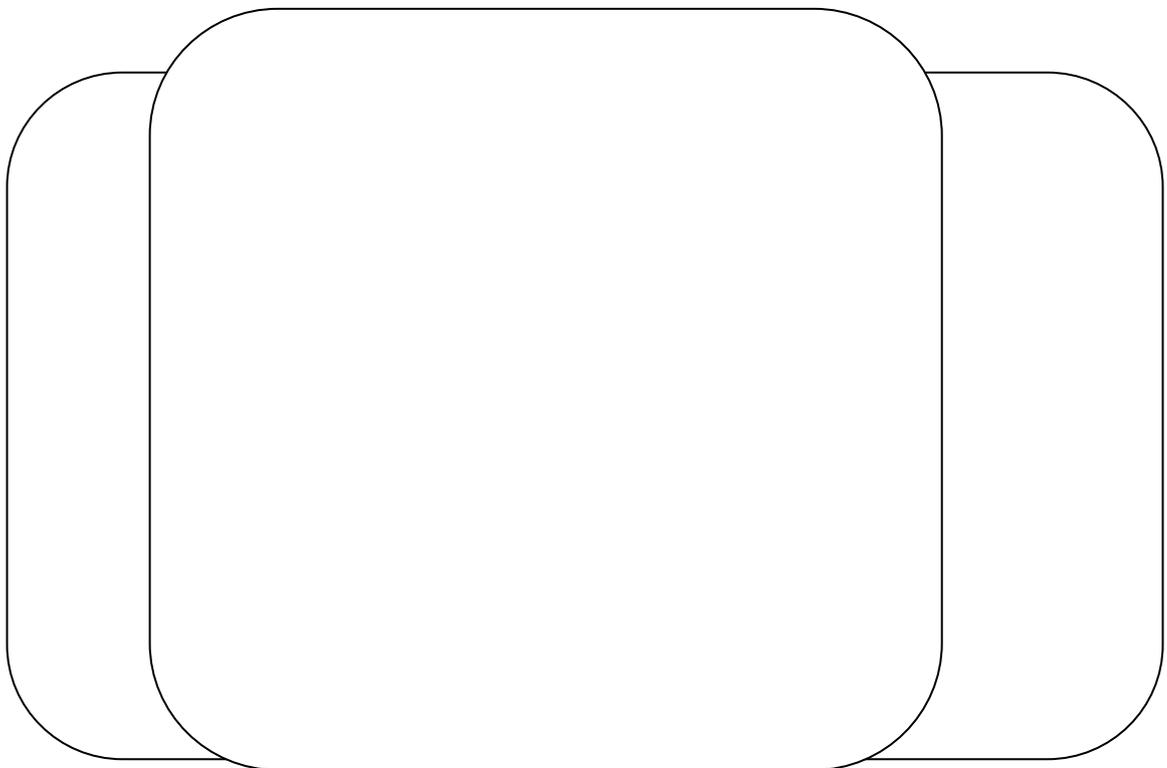
#### 3.6.1.2.2.4. Panel de Control.

Para tener un puesto de mando o control, se diseñó un pequeño gabinete o armario metálico en donde consta de doble fondo para incorporar los elementos eléctricos que se utilizaron para hacer el circuito de control de todo el proyecto de tesis.

<b>Elementos Eléctricos utilizados:</b>
<b>Mini relé encapsulados de 8 líneas 120 v. con base.</b>
<b>Luces piloto de 110/120 VAC</b>
<b>Temporizador 220 v – 10 Amp. Con base.</b>
<b>Terminales tipo U #16, #14</b>
<b>Pulsante</b>
<b>Micro swich (fin carrera) 125/250 VAC – 10 Amp.</b>
<b>Accesorios:</b>
<b>Riel DIN</b>
<b>Borneras.</b>
<b>Cable flexible # 16</b>
<b>Cable plastiplomo # 16</b>
<b>Gabinete metálico 30x20x16 cm.</b>

*Tabla 3.10. Elementos eléctricos del panel de control*  
*Fuente:* Autores.

#### *Diseño del Panel de Control.*

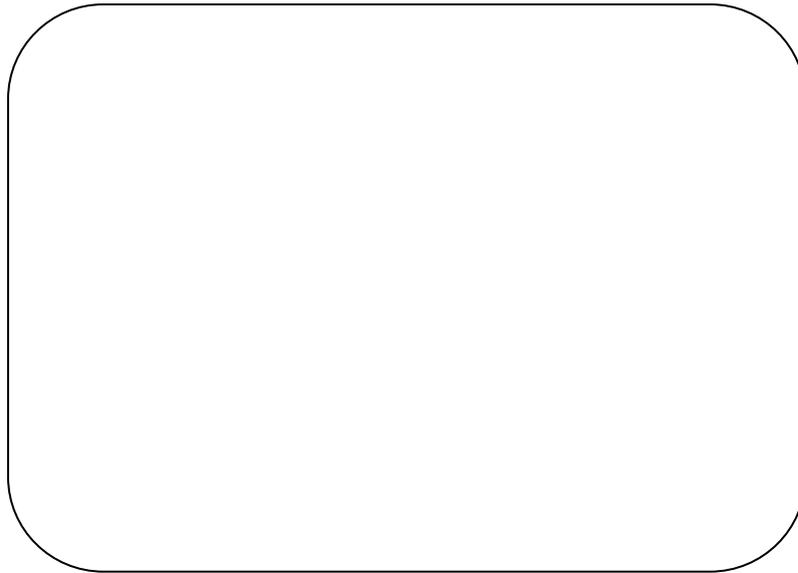


*Figura 3.43. Vista frontal de panel de control*  
*Fuente:* Autores.

Desde el panel de control se envían las siguientes señales:

- Arranque del motor de la banda transportadora.
- Paro general de la banda transportadora.
- Señal eléctrica a las selenoides.
- Recepción y envío del pulso del microswitch al temporizador.

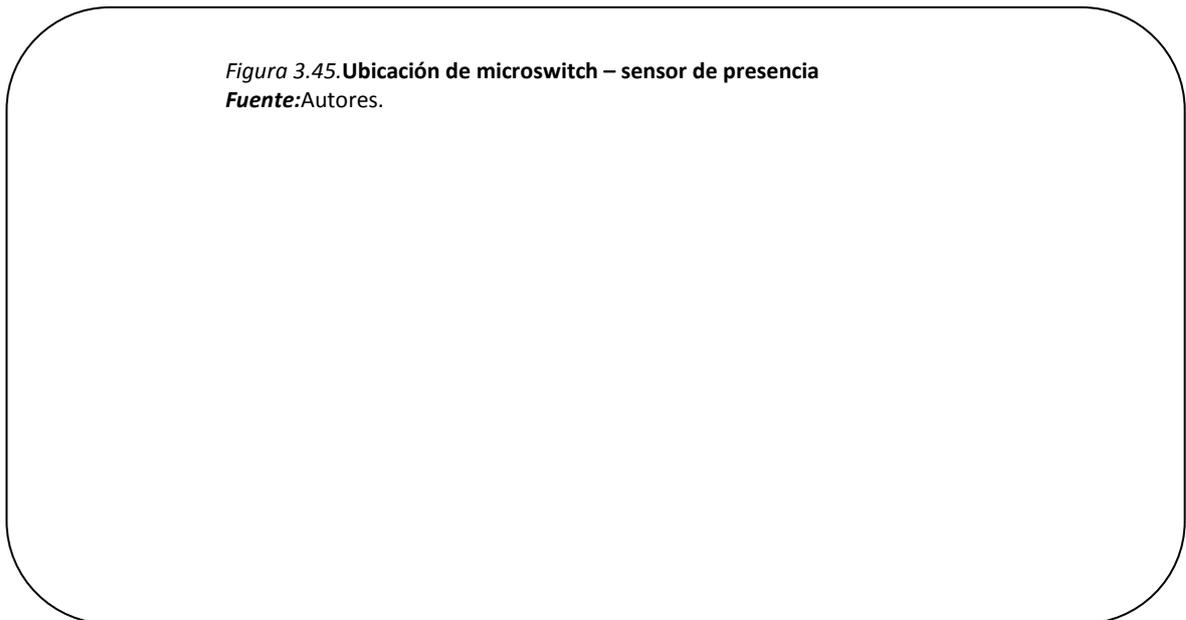
Además, contiene dos luces pilotos, la luz verde indica la presencia de energía en todo el proyecto, mientras la luz roja indica cuando una caja está ya sellada o tiene el sello impreso.



Luces Pilotos – indicadores de estado de secuencia

*Figura 3.44. Indicadores de secuencia*

**Fuente:** Autores.



*Figura 3.45. Ubicación de microswitch – sensor de presencia*

**Fuente:** Autores.

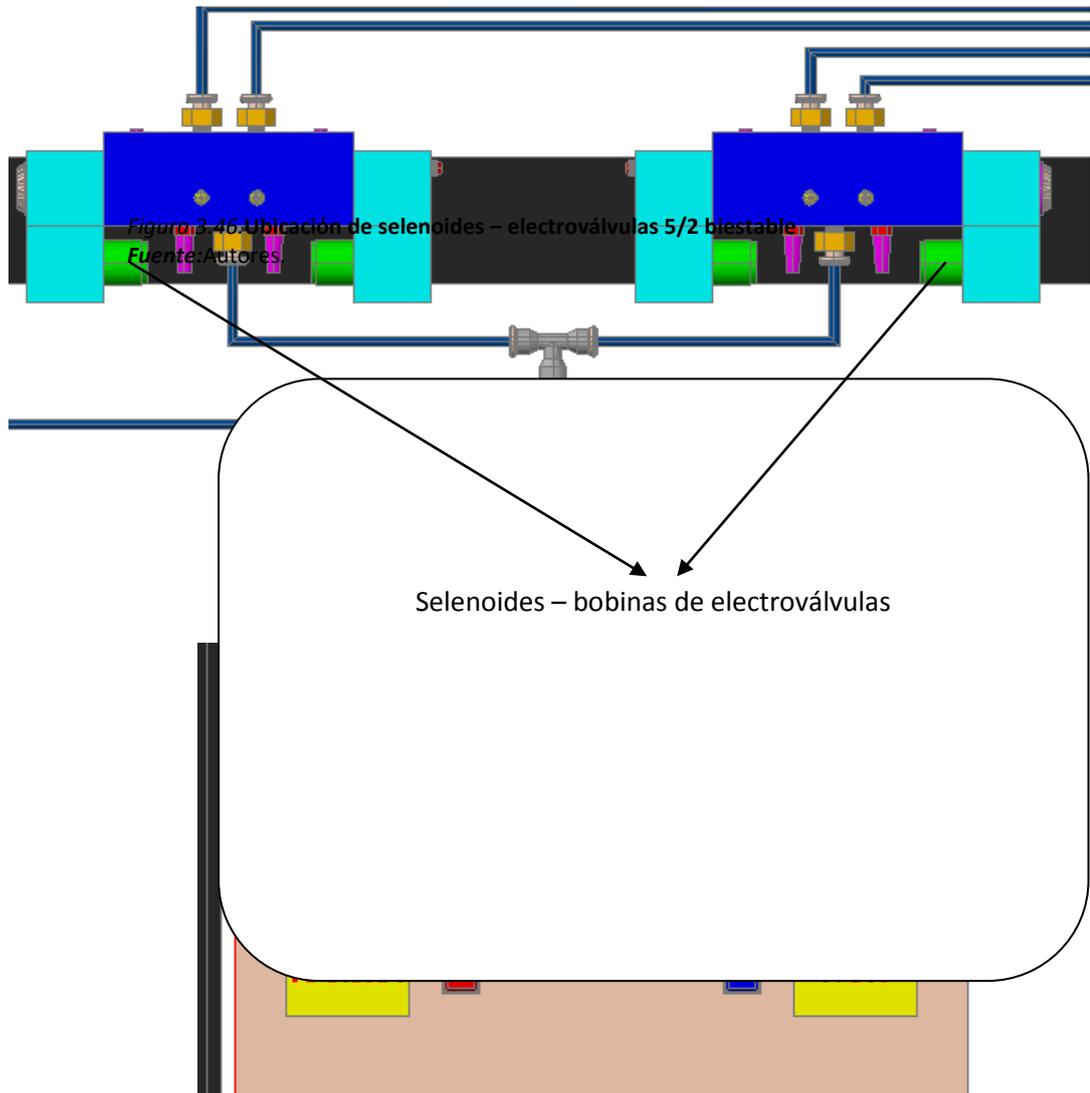


Figura 3.47. Ubicación de interruptores marcha – paro  
Fuente: Autores.

### 3.7. Análisis de tiempo.

El proyecto es un ejemplar de un sistema de transporte e impreso de un logotipo, el cual debe de pasar por un análisis de tiempo y reconocer la duración de todo el proceso, además, identificar el tiempo del sellado, la distancia entre cajas y calibrar el tiempo de espera para enviar la señal a las bobinas de las electroválvulas. Todos estos tiempos se logran obtener con un análisis básico de tiempo por procesos.

Todo el proceso tiene aproximadamente 2.00 metros de recorrido, por su corta distancia y por los movimientos periódicos continuos, durante 45 minutos, aproximadamente, se tomaron los tiempo de cada movimiento. En total se obtuvieron 6 muestras con los siguientes valores:

Tiempo del Proceso de Sellado y Expulsado				
No.	Tiempo de Inicio de Secuencia(segundos)	Duración de Sellado (segundos)	Duración de Expulsado (segundos)	Total por Secuencia
1	3,07	1,35	1,5	5,92
2	3,25	1,82	0,97	6,04
3	3,24	1,69	1,12	6,05
4	3,2	1,54	1,31	6,05
5	3,3	1,71	1,13	6,14
6	3,28	1,6	1,33	6,21
<b>TOTAL</b>	<b>19,34</b>	<b>9,71</b>	<b>7,36</b>	<b>36,41</b>
<b>PROMEDIO</b>	<b>3,22</b>	<b>1,62</b>	<b>1,23</b>	

Tabla 3.11. Análisis de tiempo del proceso  
Fuente: Autores.

#### 3.7.1. Interpretación de valores.

##### 3.7.1.1. Tiempo de Inicio.

El tiempo de inicio mencionado en la tabla, es el equivalente al tiempo en que se toma las cajas para ser detectadas por el microswitch, además, de forma simultánea comienza el recorrido de una nueva caja de madera.

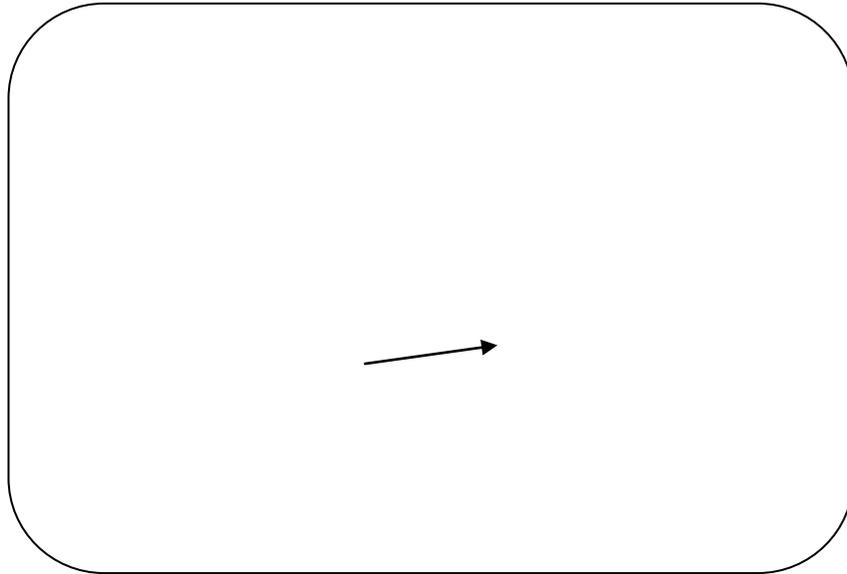


Figura 3.48. Secuencia desde inicio hasta detección de cajas  
Fuente: Autores.

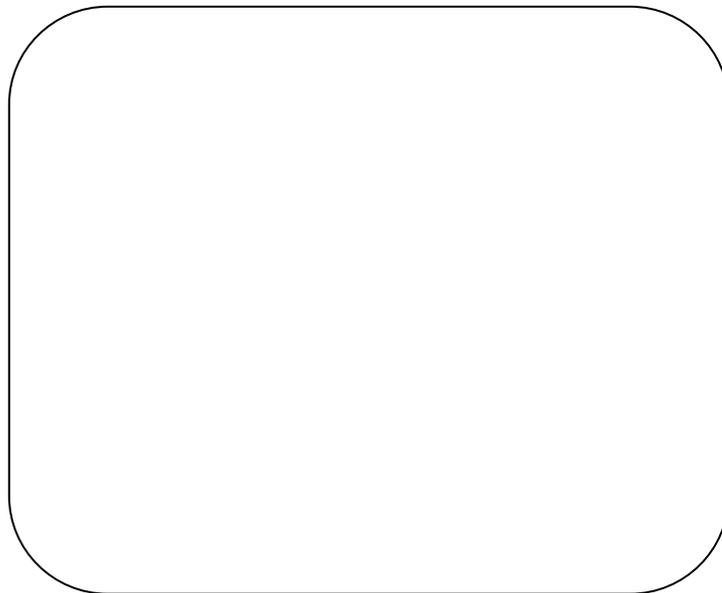
### 3.7.1.2. Duración de sellado.

Es el tiempo en que el microswitch envía la señal al temporizador y después de un tiempo determinado, este envía su señal a las bobinas de la electroválvula y acciona el primer cilindro correspondiente al sellado/impreso.

Como tiempo promedio desde que envía la señal el microswitch hasta que sale el cilindro es de 1.62 segundos.



*Figura 3.49. Duración de sellado/impreso*  
**Fuente:**Autores.

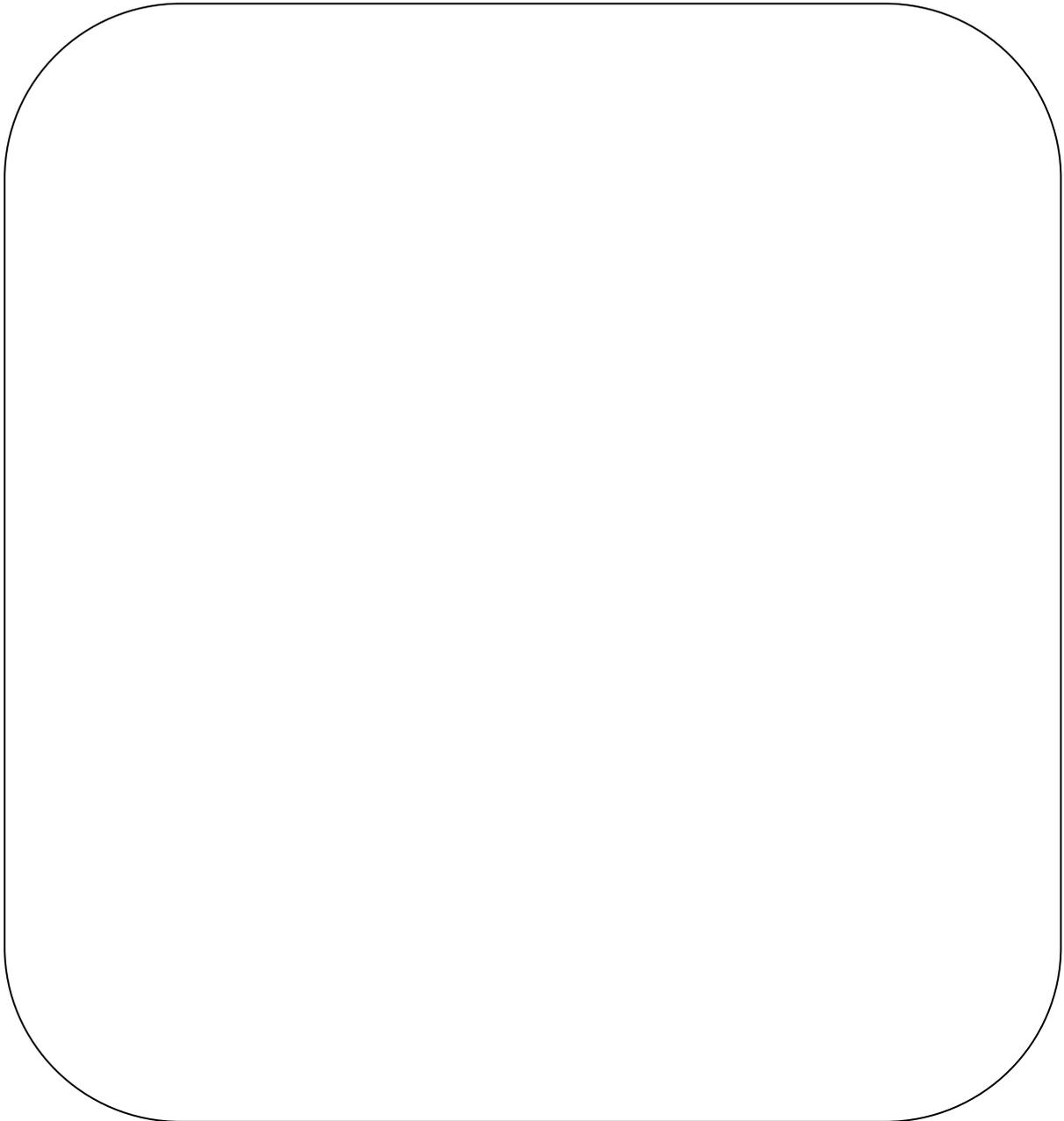


*Figura 3.50. Sellado/impreso de cajas de madera*  
**Fuente:**Autores.

### **3.7.1.3. Duración de expulsado.**

Es el tiempo de duración de salida del émbolo del segundo cilindro, este tiempo ayuda a calcular el tiempo total de recorrido de cada caja. Es decir, ayuda a verificar el tiempo total de todo el proceso. Dentro de los 45 minutos, aproximadamente, se obtuvo una media de 6.07 segundos por caja.

Es decir que se podrá realizar 593 impresiones en una hora, este valor será considerado sin el intervalo de recarga de tinta en el sello, ni el período de espera por mantenimiento de los elementos mecánicos y eléctricos.



*Figura 3.51. Proyecto Sellado/impreso de cajas de madera*  
**Fuente:** Autores.

### 3.8.Tablas referentes al proyecto.

#### 3.8.1. Elementos utilizados para la construcción del proyecto.

Elementos del Proyecto				
Ítem	Descripción de los materiales	Cantidad	P. Unitario	P.Total
1	Cilindro de doble efecto ø25mm recorrido 100mm	1	\$ 45,00	\$ 45,00
2	Cilindro de doble efecto ø25mm recorrido 40mm	1	\$ 40,00	\$ 40,00
3	Electroválvula 5/2 - 1/4" biestable de 110v	2	\$ 44,00	\$ 88,00
1	Motor de 115v - 0,35A -1/50HP - 500RPM - 60HZ	1	\$ 156,00	\$156,00
4	Manguera de Poliuretano de 6mm	8	\$ 0,50	\$4,00
5	Silenciador de 1/8" de bronce sinterizado	4	\$ 1,00	\$4,00
6	Unión "T" de 6mm	1	\$2,00	\$2,00
7	Mini relé encapsulado de 8 líneas 120 VAC con base	4	\$ 6,49	\$25,96
8	Luces piloto 100/120VAC marca camasco	2	\$ 5,00	\$10,00
9	Temporizador 220v - 10A con base	1	\$ 18,50	\$18,50
10	Gabinete metálico de 30x20x16	1	\$ 19,58	\$19,58
11	Riel DIM	1	\$ 3,20	\$3,20
12	Borneras	2	\$ 0,65	\$1,30
13	Terminales en forma de U para cable #16	12	\$ 0,09	\$1,08
14	Terminales en forma de U para cable #14	12	\$ 0,06	\$0,72
15	Pulsantes	2	\$ 0,35	\$0,70
16	Swich (fin de carrera) de 125/250VAC - 10A	4	\$ 0,70	\$ 2,80
17	Micro-selector	1	\$1,75	\$1,75
18	Micro-swich	1	\$ 0,50	\$ 0,50
19	Cable flexible # 16 (metros)	4	\$ 0,40	\$1,60
20	Cable plastiplomo # 16 (metros)	8	\$ 0,85	\$6,80
21	Rulimanes de ø10mm eje int - ø30 ext. - 9mm ancho	24	\$1,89	\$45,36
22	Sellos redondos con logotipo de la UPS	2	\$ 5,00	\$10,00
23	Señalética		\$ 40,00	\$40,00
23	Tubo para agua de 1½" (metros)	3	\$4,70	\$14,10
24	Banda transportadora 2m de largo x 10cm de ancho	1	\$5,00	\$5,00
25	Adecuaciones de la banda para el proyecto		\$ 6,00	\$6,00
26	Angulo negro de 1" x 3mm	5	\$6,52	\$32,60
27	Platina de 25cm ancho x 3mm espesor (6mt)	1	\$7,44	\$7,44
28	Tubo cuadrado de 2cm x 3mm de espesor (6mt)	1	\$7,88	\$7,88
29	Funda de Soldadura AGA 6011	1	\$18,00	\$18,00
30	Pernos de hierro negro cabeza hexagonal 5/16 x 2"	12	\$ 0,09	\$1,05
31	Anillos planos hierro negro 5/16	12	\$0,03	\$0,31
32	Anillos de Presión de hierro negro de 5/16	12	\$ 0,01	\$0,09
33	Tornillos de hierro galvanizado de 3x40	8	\$ 0,02	\$0,13
34	Anillos planos galvanizados 1/8 x 10mm	8	\$ 0,01	\$0,04
35	Anillos de presión inoxidable 1/8"	8	\$ 0,01	\$0,06
36	Tornillos de hierro negro 3/16 x 5/8 C/T	24	\$ 0,05	\$1,18
37	Anillos planos hierro negro 3/16	24	\$ 0,01	\$0,12
38	Anillos de presión hierro negro 3/16	24	\$ 0,01	\$0,22
39	Tornillos de hierro negro 1/4 x 1"	24	\$ 0,05	\$1,18
40	Anillos planos de hierro negro 1/4	24	\$ 0,02	\$0,43
41	Anillos de presión hierro negro 1/4	24	\$ 0,01	\$0,12
42	Dura fibra 6x8 (1,83x244) 15mm - 1 cara blanco	1	\$ 43,66	\$43,66
43	Soporte de sello de nylon 10cm x 4,5 cm x 2,5	2	\$3,50	\$7,00
44	Spray de color negro-gris-rojo-amarillo	10	\$ 6,25	\$62,50
45	Galón de diluyente	1	\$5,00	\$5,00
46	Fundas de guaipe	3	\$1,50	\$4,50
47	Lija para hierro	3	\$1,00	\$3,00
			<b>Total</b>	<b>\$ 750,49</b>

Tabla 3.12.Elementos de proyecto

Fuente:Autores.

### 3.8.2. Mano de Obra Directa MOD.

M.O.D. (Proyecto)					
Cargo \ Mes	1 MES	2 MES	3 MES	4 MES	Total
Taller Mecánico #1	\$ 75,00	\$ 75,00			\$ 150,00
Taller Mecánico #2	\$ 100,00	\$ 100,00			\$ 200,00
Electrónico			\$ 50,00		\$ 50,00
Dibujante				\$ 70,00	\$ 70,00
				<b>Total</b>	<b>\$ 470,00</b>

Tabla 3.13. Mano de Obra Directa  
Fuente: Autores.

### 3.8.3. Gastos de telefonía.

Telefonía				
1 Mes	2 Mes	3 Mes	4 Mes	Total
\$ 12,00	\$ 3,00	\$ 6,00	\$ 10,00	\$ 31,00

Tabla 3.14. Telefonía  
Fuente: Autores.

### 3.8.4. Alimentación.

ALIMENTACION				
1 MES				
1 semana	2 semana	3 semana	4 semana	Total
\$ 9,00	\$ 21,00	\$ 15,00	\$ 21,00	\$ 66,00
			<b>Sub-Total</b>	<b>\$ 66,00</b>

ALIMENTACION				
2 MES				
1 semana	2 semana	3 semana	4 semana	Total
\$ 12,00	\$ 6,00	\$ 21,00	\$ 21,00	\$ 60,00
			<b>Sub-Total</b>	<b>\$ 60,00</b>

ALIMENTACION				
3 MES				
1 semana	2 semana	3 semana	4 semana	Total
\$ 6,00	\$ 15,00	\$ 9,00	\$ 15,00	\$ 45,00
			<b>Sub-Total</b>	<b>\$ 45,00</b>

ALIMENTACION				
4 MES				
1 semana	2 semana	3 semana	4 semana	Total
\$ 15,00	\$ 12,00	\$ 9,00	\$ 9,00	\$ 45,00
			<b>Sub-Total</b>	<b>\$ 45,00</b>
			<b>Total</b>	<b>\$ 216,00</b>

Tabla 3.15. Alimentación  
Fuente: Autores.

### 3.8.5. Inversión total.

<b>Cuadro General de Inversión</b>		
<b>Ítem</b>	<b>Descripción/Rubro</b>	<b>Monto</b>
1	Elementos del Proyecto	\$ 750,49
2	MOD	\$ 470,00
3	Transporte	\$ 173,00
4	Alimentación	\$ 216,00
5	Telefonía	\$ 31,00
6	<b>Sub Total</b>	<b>\$ 1.640,49</b>
7	Imprevistos (5%)	\$ 82,02
8	<b>Total</b>	<b>\$ 1.722,51</b>

Tabla 3.16. Inversión total del proyecto de tesis

Fuente: Autores.

## ***APÉNDICES***

---

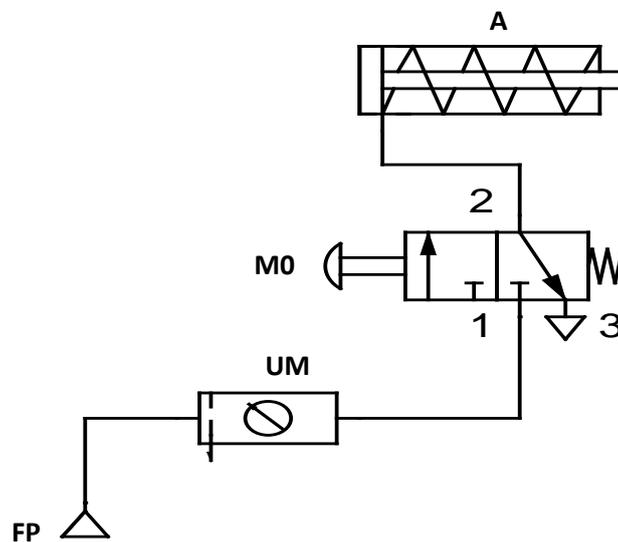
**APÉNDICE A**  
**CIRCUITOS NEUMÁTICO**

## CIRCUITO DE APLICACIÓN #1 CONTROL DIRECTO DE UN CILINDRO DE SIMPLE EFECTO

**Enunciado:**

Si la válvula M0 se activa se acciona el vástago del cilindro saliendo y retorna cuando se desactive la válvula M0.

### DIAGRAMA NEUMÁTICO



### LISTA DE EQUIPOS

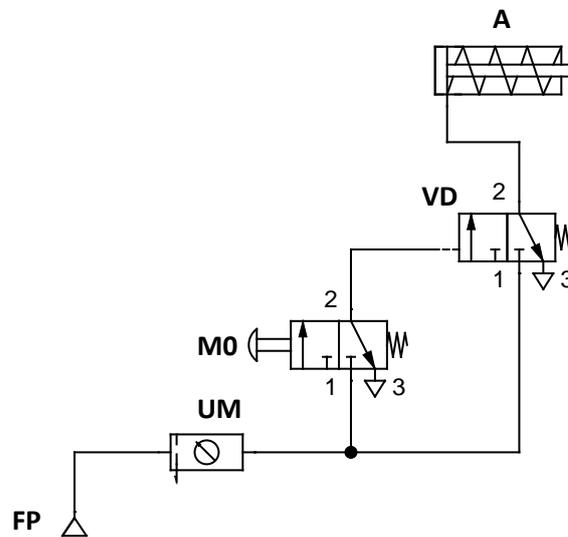
Marca	Denominación del componente
<b>M0</b>	Válvula 3/2 vías acción por pulsador y retorno por muelle
<b>A</b>	Cilindro de simple efecto
<b>UM</b>	Unidad de mantenimiento, representación simplificada
<b>FP</b>	Fuente de aire comprimido

## CIRCUITO DE APLICACIÓN #2 CONTROL INDIRECTO DE UN CILINDRO DE SIMPLE EFECTO

**Enunciado:**

Si la válvula M0 se activa pasa a ser el control de la válvula VD que maneja el cilindro de simple efecto.

### DIAGRAMA NEUMÁTICO



### LISTA DE EQUIPOS

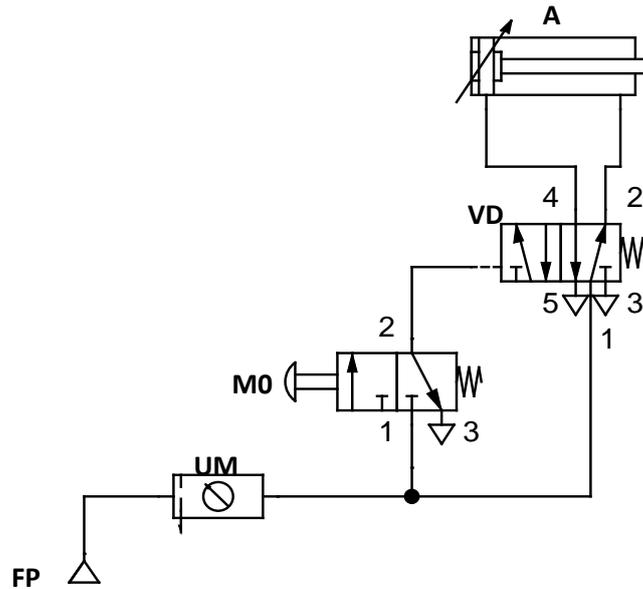
Marca	Denominación del componente
<b>M0</b>	Válvula 3/2 vías acción por pulsador y retorno por muelle
<b>A</b>	Cilindro de simple efecto
<b>UM</b>	Unidad de mantenimiento, representación simplificada
<b>FP</b>	Fuente de aire comprimido
<b>VD</b>	Válvula 3/2 vías acción por aire y retorno por aire

### CIRCUITO DE APLICACIÓN #3 CONTROL INDIRECTO DE UN CILINDRO DE DOBLE EFECTO

**Enunciado:**

Si la válvula M0 se activa pasa a ser el control de la válvula VD que maneja el cilindro de doble efecto.

#### DIAGRAMA NEUMÁTICO



#### LISTA DE EQUIPOS

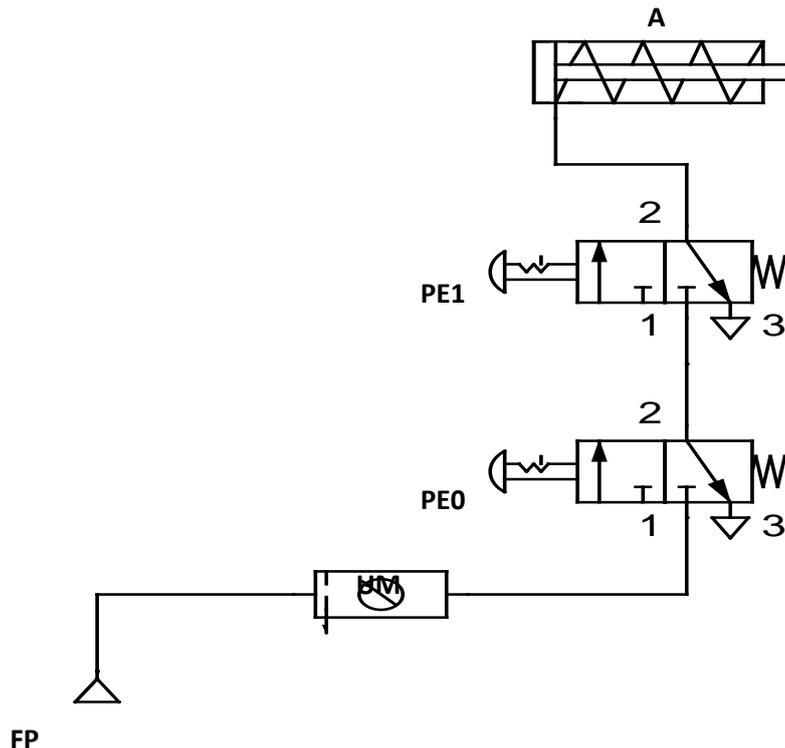
Marca	Denominación del componente
<b>M0</b>	Válvula 3/2 vías acción por pulsador y retorno por muelle
<b>A</b>	Cilindro de doble efecto
<b>UM</b>	Unidad de mantenimiento, representación simplificada
<b>FP</b>	Fuente de aire comprimido
<b>VD</b>	Válvula 5/2 vías

## CIRCUITO DE APLICACIÓN #4 CONTROL INDIRECTO DE UN CILINDRO DE SIMPLE EFECTO

**Enunciado:**

El cilindro de simple efecto se activará cuando la válvula PE0 y PE1 se activen y cuando se desactive cualquiera de las 2 válvulas el vástago del cilindro retornara.

### DIAGRAMA NEUMÁTICO



### LISTA DE EQUIPOS

Marca	Denominación del componente
<b>PE0</b>	Válvula 3/2 vías acción por pulsador enclavado y retorno por muelle
<b>A</b>	Cilindro de simple efecto
<b>UM</b>	Unidad de mantenimiento, representación simplificada
<b>FP</b>	Fuente de aire comprimido
<b>PE1</b>	Válvula 3/2 vías acción por pulsador enclavado y retorno por muelle

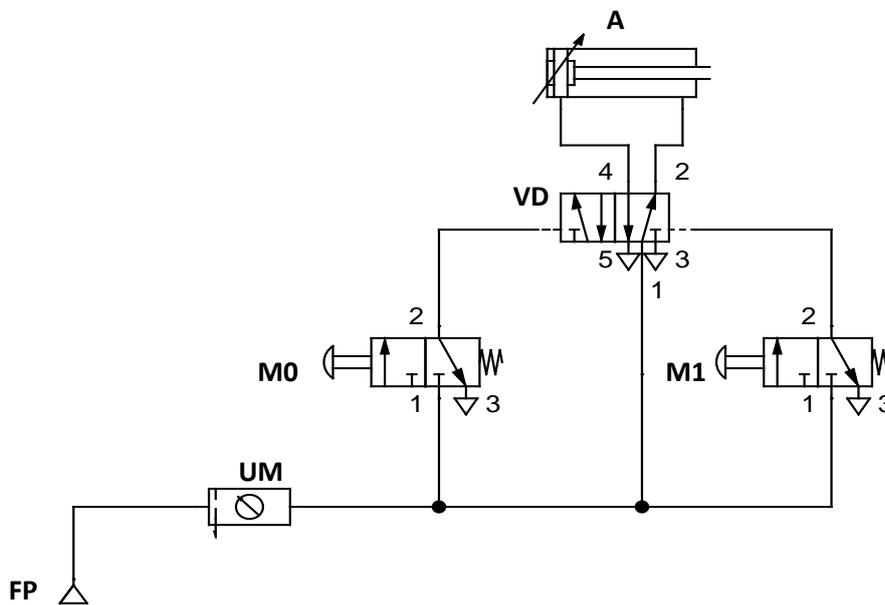
## CIRCUITO DE APLICACIÓN #5

### CONTROL INDIRECTO DE UN CILINDRO DE DOBLE EFECTO DESDE 2 LUGARES INDEPENDIENTES

**Enunciado:**

Si la válvula M0 se activa pasa a ser el control la válvula VD que maneja el cilindro de doble efecto haciendo que salga el vástago y para que retorne se activa la válvula M1 pasando hacer el control la válvula VD que maneja el cilindro.

#### DIAGRAMA NEUMÁTICO



#### LISTA DE EQUIPOS

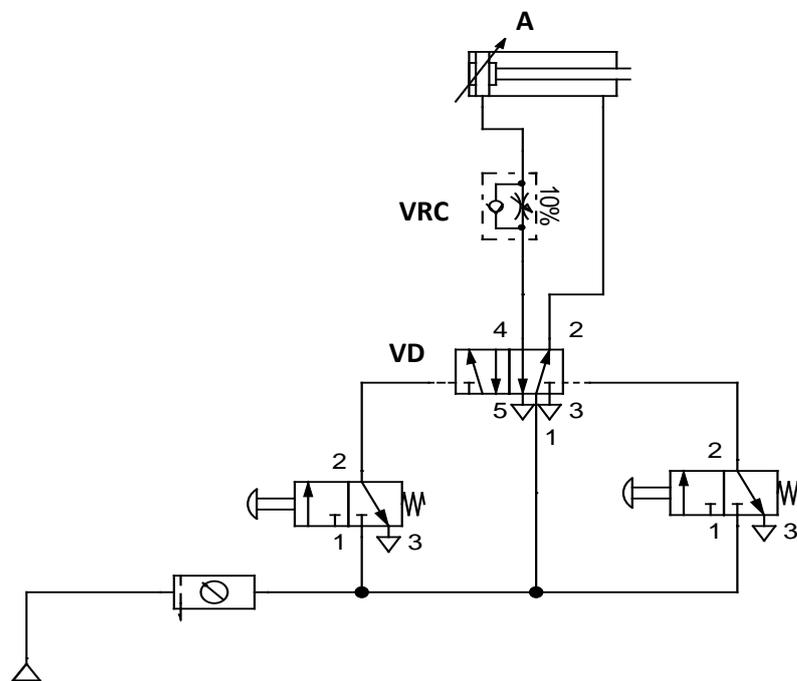
Marca	Denominación del componente
<b>M0</b>	Válvula 3/2 vías acción por pulsador y retorno por muelle
<b>A</b>	Cilindro de doble efecto
<b>UM</b>	Unidad de mantenimiento, representación simplificada
<b>FP</b>	Fuente de aire comprimido
<b>VD</b>	Válvula 5/2 vías acción por aire y retorno por aire
<b>M1</b>	Válvula 3/2 vías acción por pulsador y retorno por muelle

**CIRCUITO DE APLICACIÓN #6**  
**CONTROL INDIRECTO DE UN CILINDRO DE DOBLE EFECTO CON**  
**REGULACIÓN DE VELOCIDAD EN EL RETORNO**

**Enunciado:**

Si la válvula M0 se activa pasa a ser el control la válvula VD que maneja el cilindro de doble efecto haciendo que salga el vástago y al activar la válvula M1 pasando hacer el control la válvula VD, que por medio de la válvula VRC en la entrada del cilindro hace que retorne el vástago a una velocidad menor a la de la salida del vástago.

**DIAGRAMA NEUMÁTICO**



**M0 LISTA DE EQUIPOS M1**

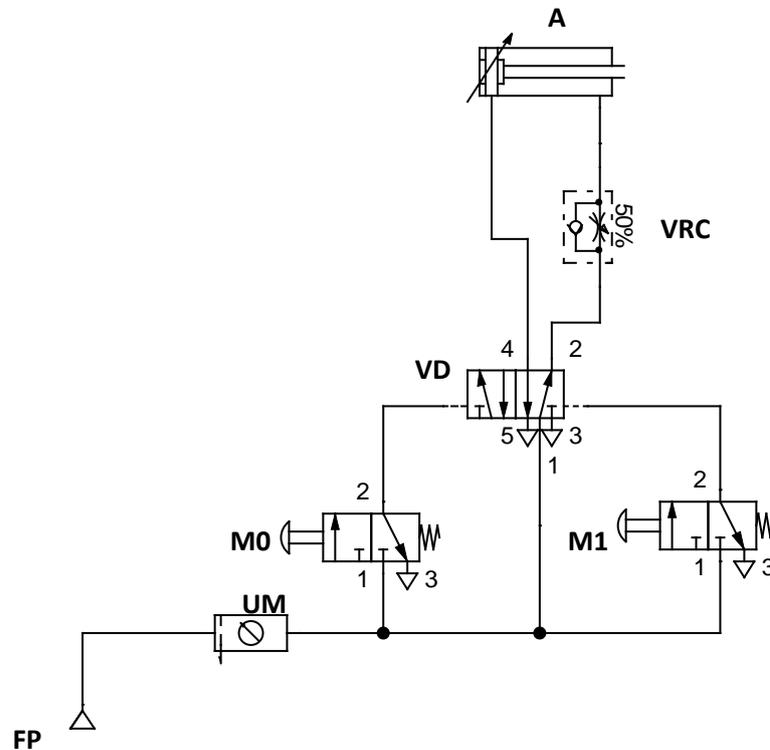
<b>Marca</b>	<b>Denominación del componente</b>
<b>M0</b>	Válvula 3/2 vías acción por pulsador y retorno por muelle
<b>A</b>	Cilindro de doble efecto
<b>UM</b>	Unidad de mantenimiento, representación simplificada
<b>FP</b>	Fuente de aire comprimido
<b>VD</b>	Válvula 5/2 vías acción por aire y retorno por aire
<b>M1</b>	Válvula 3/2 vías acción por pulsador y retorno por muelle
<b>VRC</b>	Válvula anti retorno estranguladora

**CIRCUITO DE APLICACIÓN #7**  
**CONTROL INDIRECTO DE UN CILINDRO DE DOBLE EFECTO CON**  
**REGULACIÓN DE VELOCIDAD EN AVANCE**

**Enunciado:**

Si la válvula M0 se activa pasa a ser el control la válvula VD que maneja el cilindro de doble efecto haciendo que por medio de la válvula VRC en la salida del cilindro el vástago salga a una velocidad menor que el de la entrada del vástago y al activar la válvula M1 pasando hacer el control la válvula VD, hace que retorne el vástago a una velocidad normal.

**DIAGRAMA NEUMÁTICO**



### LISTA DE EQUIPOS

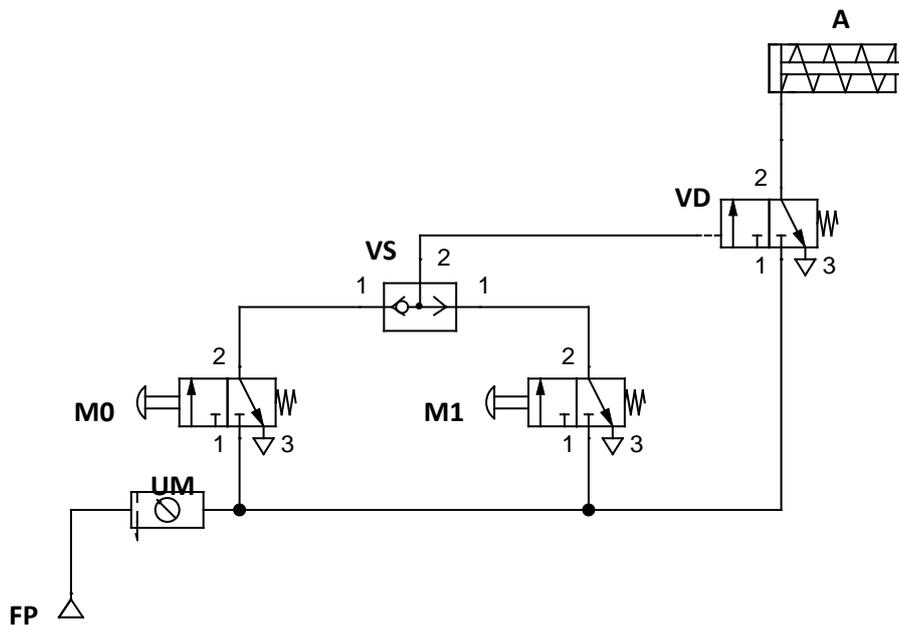
<b>Marca</b>	<b>Denominación del componente</b>
<b>M0</b>	Válvula 3/2 vías acción por pulsador y retorno por muelle
<b>A</b>	Cilindro de doble efecto
<b>UM</b>	Unidad de mantenimiento, representación simplificada
<b>FP</b>	Fuente de aire comprimido
<b>VD</b>	Válvula 5/2 vías acción por aire y retorno por aire
<b>M1</b>	Válvula 3/2 vías acción por pulsador y retorno por muelle
<b>VRC</b>	Válvula anti retorno estranguladora

**CIRCUITO DE APLICACIÓN #8**  
**CONTROL DE UN CILINDRO DE SIMPLE EFECTO USANDO UNA**  
**VÁLVULA SELECTORA**

**Enunciado:**

El cilindro de simple efecto se activará saliendo el vástago cuando se active la válvula M0 o M1, esto hará que se active la válvula VS haciendo que pase hacer el control la válvula VD y el retorno será cuando se desactive la válvula M0 o M1.

**DIAGRAMA NEUMÁTICO**



**LISTA DE EQUIPOS**

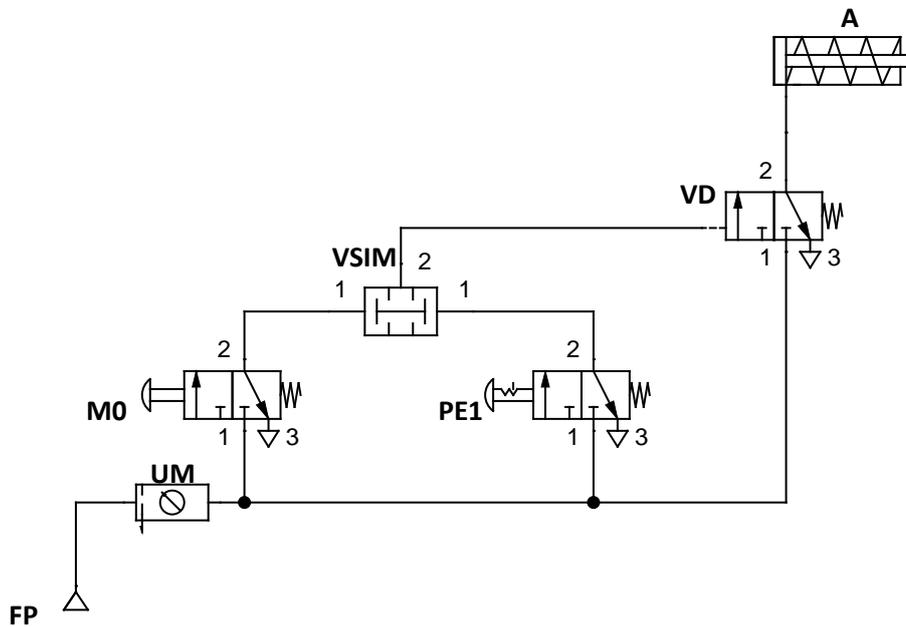
Marca	Denominación del componente
<b>M0</b>	Válvula 3/2 vías acción por pulsador y retorno por muelle
<b>A</b>	Cilindro de simple efecto
<b>UM</b>	Unidad de mantenimiento, representación simplificada
<b>FP</b>	Fuente de aire comprimido
<b>VD</b>	Válvula 3/2 vías acción por aire y retorno por aire
<b>M1</b>	Válvula 3/2 vías acción por pulsador y retorno por muelle
<b>VS</b>	Válvula selectora

**CIRCUITO DE APLICACIÓN #9**  
**CONTROL DE UN CILINDRO DE SIMPLE EFECTO USANDO UNA**  
**VÁLVULA DE SIMULTANEIDAD**

**Enunciado:**

El cilindro de simple efecto se activará saliendo el vástago cuando se active la válvula M0 y M1, esto hará que se active la válvula VSIM haciendo que pase hacer el control la válvula VD y el retorno será cuando se desactive la válvula M0 o M1.

**DIAGRAMA NEUMÁTICO**



**LISTA DE EQUIPOS**

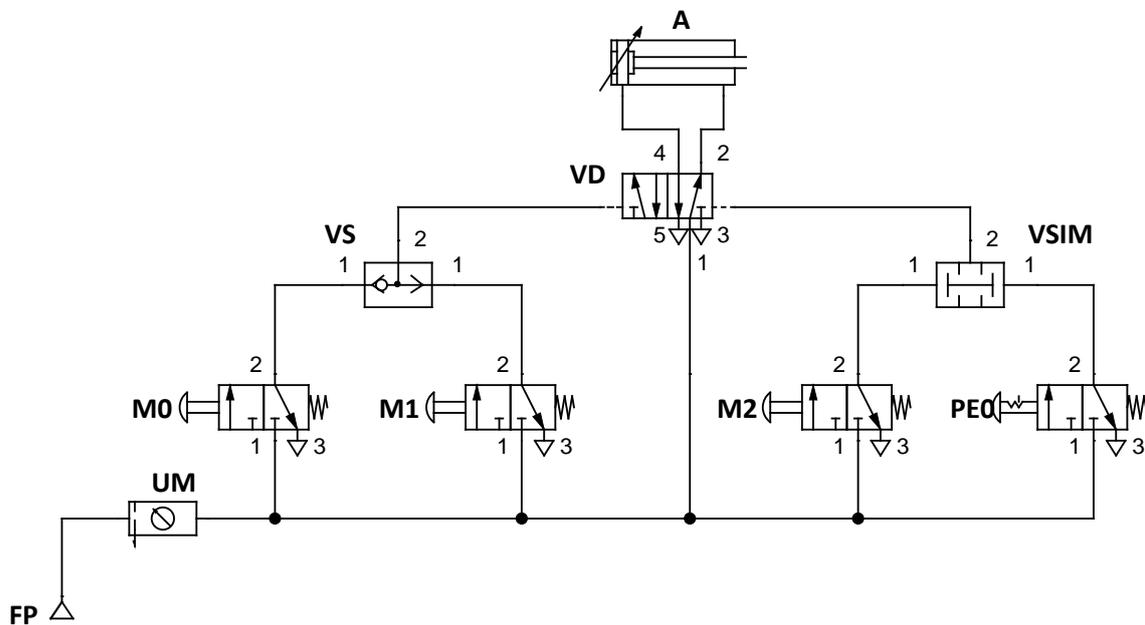
Marca	Denominación del componente
<b>M0</b>	Válvula 3/2 vías acción por pulsador y retorno por muelle
<b>A</b>	Cilindro de simple efecto
<b>UM</b>	Unidad de mantenimiento, representación simplificada
<b>FP</b>	Fuente de aire comprimido
<b>VD</b>	Válvula 3/2 vías acción por aire y retorno por aire
<b>PE1</b>	Válvula 3/2 vías acción por pulsador enclavado y retorno por muelle
<b>VSIM</b>	Válvula de simultaneidad

**CIRCUITO DE APLICACIÓN #10**  
**CONTROL DE UN CILINDRO DE DOBLE EFECTO USANDO UNA**  
**VÁLVULA SELECTORA Y UNA DE SIMULTANEIDAD**

**Enunciado:**

Para este circuito al avance del vástago se lo efectuará por medio de las válvulas M0 o M1 que enviarán una señal a la VS esta se activará pasando hacer el control la válvula VD y para el retorno se activará la válvula M2 y PE0 haciendo que se active la VSIM pasando hacer el control la VD.

**DIAGRAMA NEUMÁTICO**



**LISTA DE EQUIPOS**

Marca	Denominación del componente
<b>A</b>	Cilindro de doble efecto
<b>M0</b>	Válvula 3/2 vías acción por pulsador y retorno por muelle
<b>M1</b>	Válvula 3/2 vías acción por pulsador y retorno por muelle
<b>M2</b>	Válvula 3/2 vías acción por pulsador y retorno por muelle
<b>PE0</b>	Válvula 3/2 vías acción por pulsador enclavado y retorno por muelle
<b>UM</b>	Unidad de mantenimiento, representación simplificada
<b>FP</b>	Fuente de aire comprimido
<b>VSIM</b>	Válvula de simultaneidad
<b>VS</b>	Válvula selectora

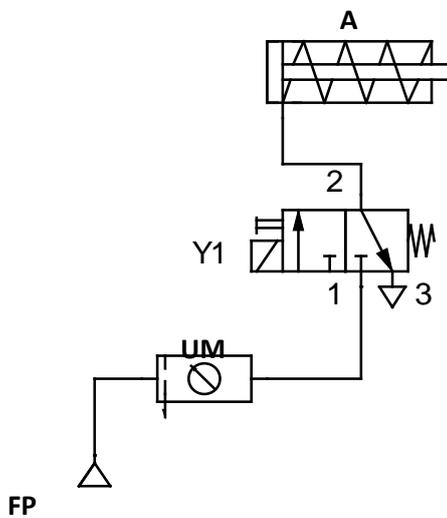
APÉNDICE B  
**CIRCUITOS ELECTRONEUMÁTICOS**

## CIRCUITO DE APLICACIÓN #1 CONTROL DE UN CILINDRO DE SIMPLE EFECTO

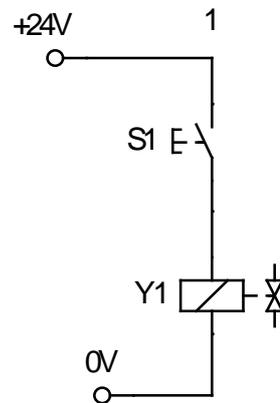
**Enunciado:**

**El émbolo de un cilindro de simple efecto deberá avanzar cuando se accione un pulsador. Al soltarlo, el cilindro deberá retroceder a su posición normal.**

**DIAGRAMA NEUMÁTICO  
ELÉCTRICO**



**DIAGRAMA**



### LISTA DE EQUIPOS

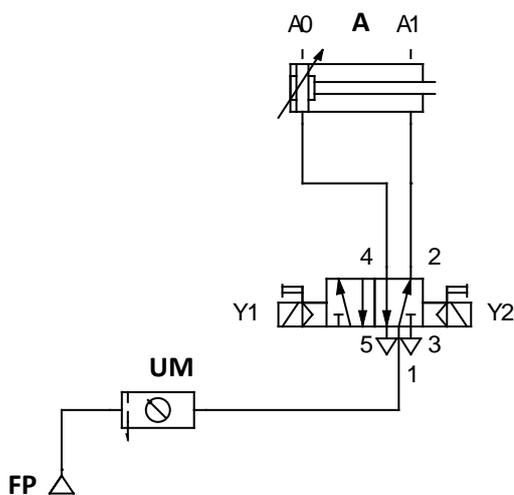
Marca	Denominación del componente
A	Cilindro de simple efecto
	Válvula 3/2 vías
UM	Unidad de mantenimiento, representación simplificada
FP	Fuente de aire comprimido
0V	Fuente de tensión (0V)
24V	Fuente de tensión (24V)
S1	Pulsador (obturador)
Y1	Solenoides de válvula

## CIRCUITO DE APLICACIÓN #2 DESPLAZADOR CORREA TRANSPORTADORA

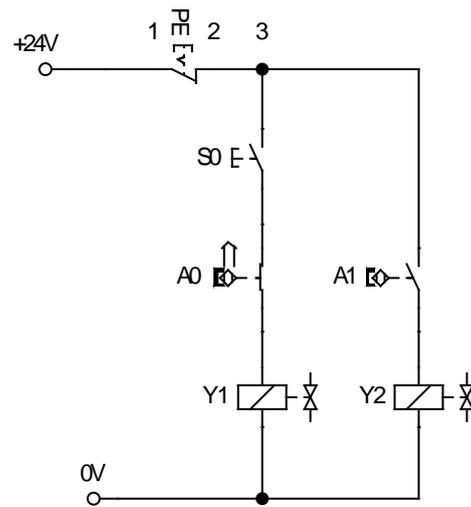
**Enunciado:**

Al presionar S0 se activa la válvula 5/2 y mientras no se desactive S0 el vástago del cilindro va a estar entrando y saliendo

**DIAGRAMA NEUMÁTICO  
ELÉCTRICO**



**DIAGRAMA**



### LISTA DE EQUIPOS

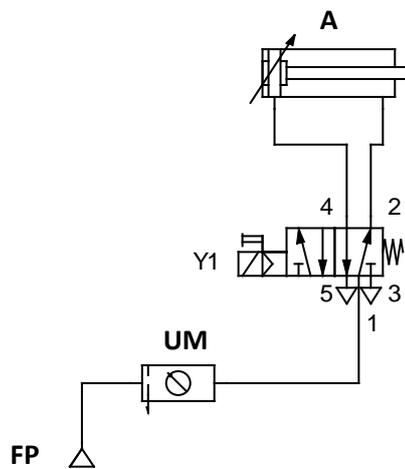
Marca	Denominación del componente
A	Cilindro de doble efecto
	Válvula 5/2 vías
UM	Unidad de mantenimiento, representación simplificada
FP	Fuente de aire comprimido
0V	Fuente de tensión (0V)
24V	Fuente de tensión (24V)
A0	Obturador N.A.
A1	Obturador N.A.
PE	Interruptor (franqueador) N.C.
S0	Pulsador (obturador)
Y1	Solenoide de válvula
Y1	Solenoide de válvula

## CIRCUITO DE APLICACIÓN #3 CONTROL DE UN CILINDRO DE DOBLE EFECTO

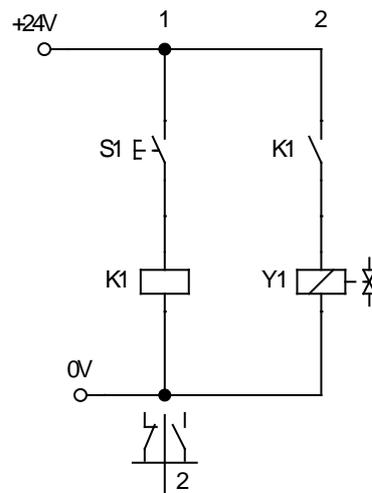
**Enunciado:**

El émbolo de un cilindro de doble efecto deberá avanzar cuando se accione un pulsador. Al soltarlo, el cilindro deberá retroceder a su posición normal.

**DIAGRAMA NEUMÁTICO  
ELÉCTRICO**



**DIAGRAMA ELÉCTRICO**



### LISTA DE EQUIPOS

Marca	Denominación del componente
A	Cilindro de doble efecto
	Válvula 5/2 vías
UM	Unidad de mantenimiento, representación simplificada
FP	Fuente de aire comprimido
0V	Fuente de tensión (0V)
24V	Fuente de tensión (24V)
S1	Pulsador (obturador)
Y1	Solenoides de válvula
K1	Obturador
	
k1	relé

## CIRCUITO DE APLICACIÓN #4

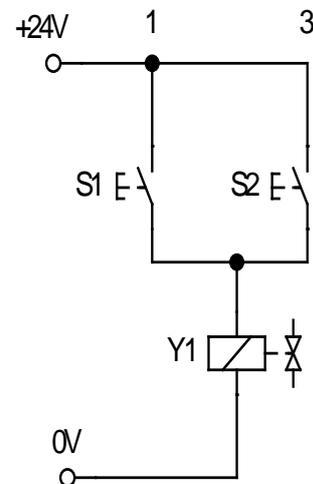
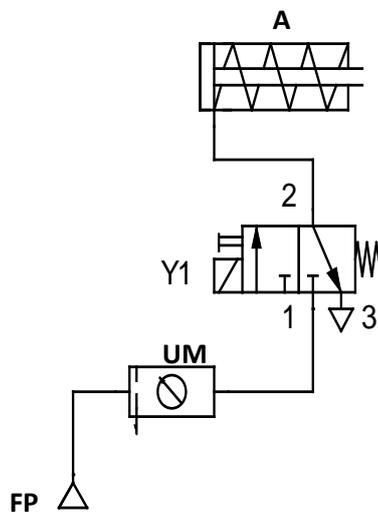
### CIRCUITO PARALELO CONTROL DE UN CILINDRO DE SIMPLE EFECTO

**Enunciado:**

El cilindro estará en su posición normal. El avance hacia el final de carrera deberá poder activarse desde S1 o S2.

#### DIAGRAMA NEUMÁTICO

#### DIAGRAMA ELÉCTRICO



#### LISTA DE EQUIPOS

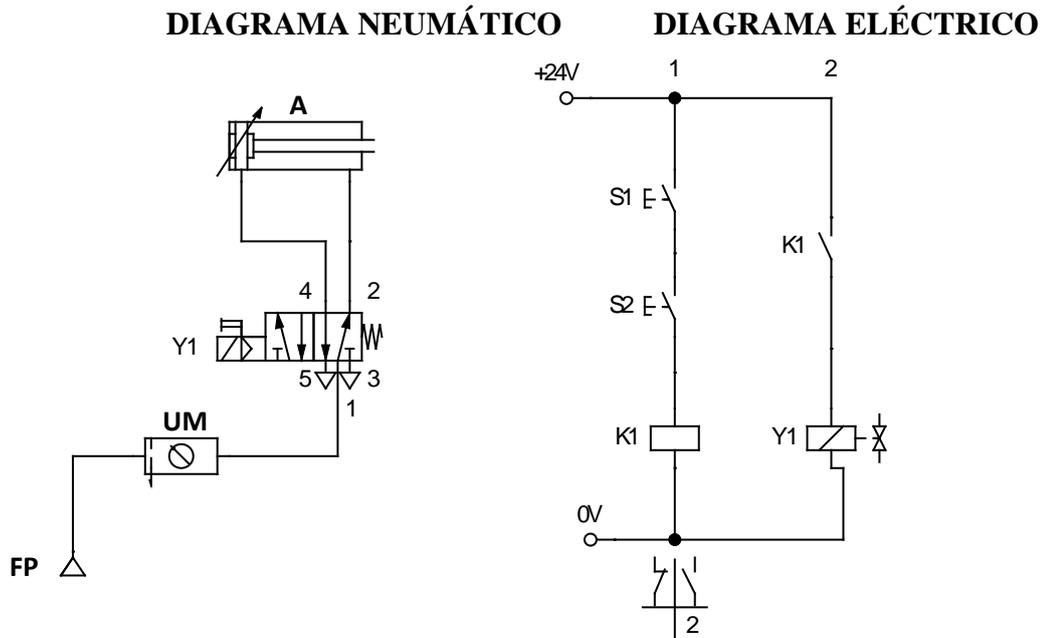
Marca	Denominación del componente
A	Cilindro de simple efecto
	Válvula 3/2 vías
UM	Unidad de mantenimiento, representación simplificada
FP	Fuente de aire comprimido
0V	Fuente de tensión (0V)
24V	Fuente de tensión (24V)
S1	Pulsador (obturador)
S2	Pulsador (obturador)
Y1	Solenoides de válvula

## CIRCUITO DE APLICACIÓN #5

### CIRCUITO SERIE CONTROL DE UN CILINDRO DE DOBLE EFECTO

**Enunciado:**

El cilindro estará en su posición normal. El vástago del cilindro deberá avanzar si se accionan 2 pulsadores (S1 y S2).



#### LISTA DE EQUIPOS

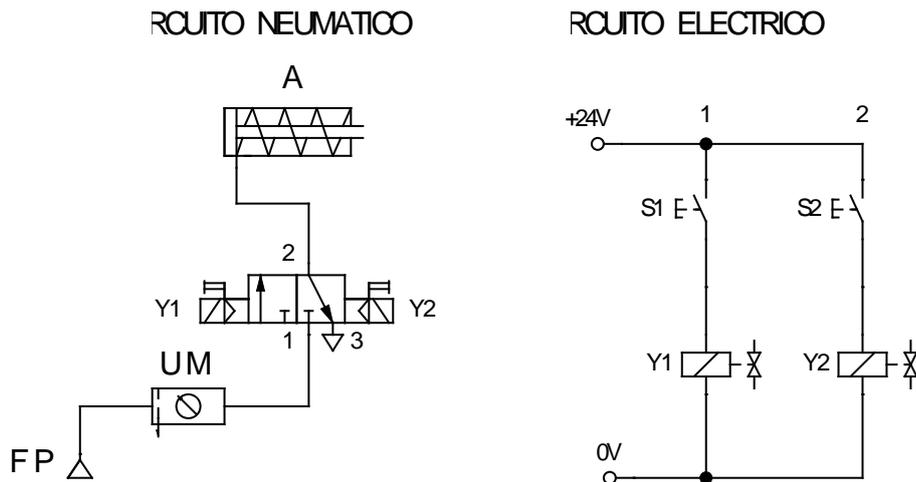
Marca	Denominación del componente
<b>A</b>	Cilindro de doble efecto
	Válvula 5/2 vías
<b>UM</b>	Unidad de mantenimiento, representación simplificada
<b>FP</b>	Fuente de aire comprimido
<b>0V</b>	Fuente de tensión (0V)
<b>24V</b>	Fuente de tensión (24V)
<b>S1</b>	Pulsador (obturador)
<b>S2</b>	Pulsador (obturador)
<b>Y1</b>	Solenoides de válvula
<b>K1</b>	Obturador
 <b>K1</b>	Relé

## CIRCUITO DE APLICACIÓN #6 CONTROL INDIRE

### CTO BILATERAL CON UN CILINDRO DE SIMPLE EFECTO

**Enunciado:**

Al accionar el pulsador S1, el cilindro deberá avanzar hasta el final de carrera. El cilindro deberá mantener esa posición hasta que se active el retroceso con el pulsador S2.



#### LISTA DE EQUIPOS

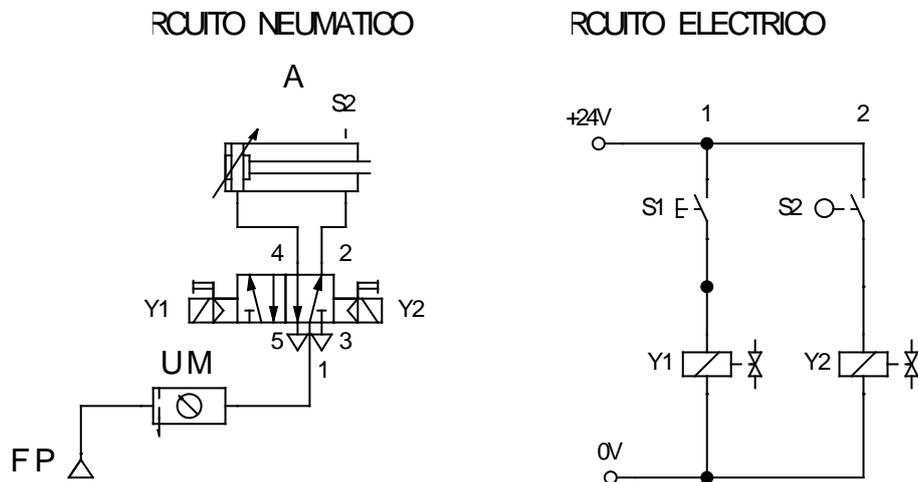
Marca	Denominación del componente
A	Cilindro de simple efecto
	Válvula 3/2 vías
UM	Unidad de mantenimiento, representación simplificada
FP	Fuente de aire comprimido
0V	Fuente de tensión (0V)
24V	Fuente de tensión (24V)
S1	Pulsador (obturador)
S2	Pulsador (obturador)
Y1	Solenoides de válvula
Y2	Solenoides de válvula

## CIRCUITO DE APLICACIÓN #7

### CONTROL DEL RETROCESO AUTOMÁTICO DE UN CILINDRO DE DOBLE EFECTO

**Enunciado:**

El cilindro deberá avanzar hasta el final de carrera cuando se acciona un pulsador. Una vez alcanzada la posición de final de carrera, el cilindro deberá retroceder automáticamente.



#### LISTA DE EQUIPOS

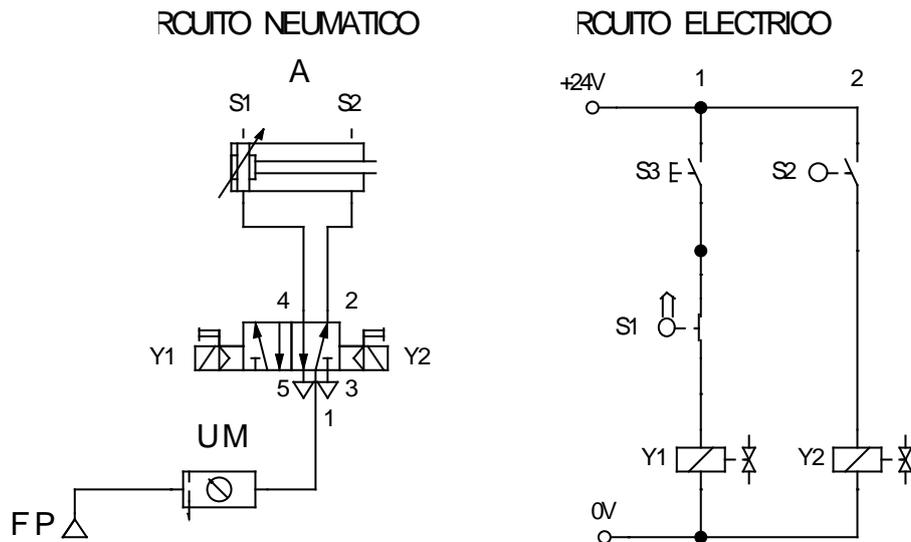
Marca	Denominación del componente
<b>A</b>	Cilindro de doble efecto
	Válvula 3/2 vías
<b>UM</b>	Unidad de mantenimiento, representación simplificada
<b>FP</b>	Fuente de aire comprimido
<b>0V</b>	Fuente de tensión (0V)
<b>24V</b>	Fuente de tensión (24V)
<b>S1</b>	Pulsador (obturador)
<b>S2</b>	Obturador (Rodillo interruptor de fin de curso)
<b>Y1</b>	Solenoides de válvula
<b>Y2</b>	Solenoides de válvula

## CIRCUITO DE APLICACIÓN #8

### MOVIMIENTO OSCILANTES DE UN CILINDRO DE DOBLE EFECTO

**Enunciado:**

Al activarse un interruptor, el cilindro deberá avanzar y retroceder hasta que deje de activarse dicho interruptor. Entonces, el cilindro deberá retroceder a su posición normal.



#### LISTA DE EQUIPOS

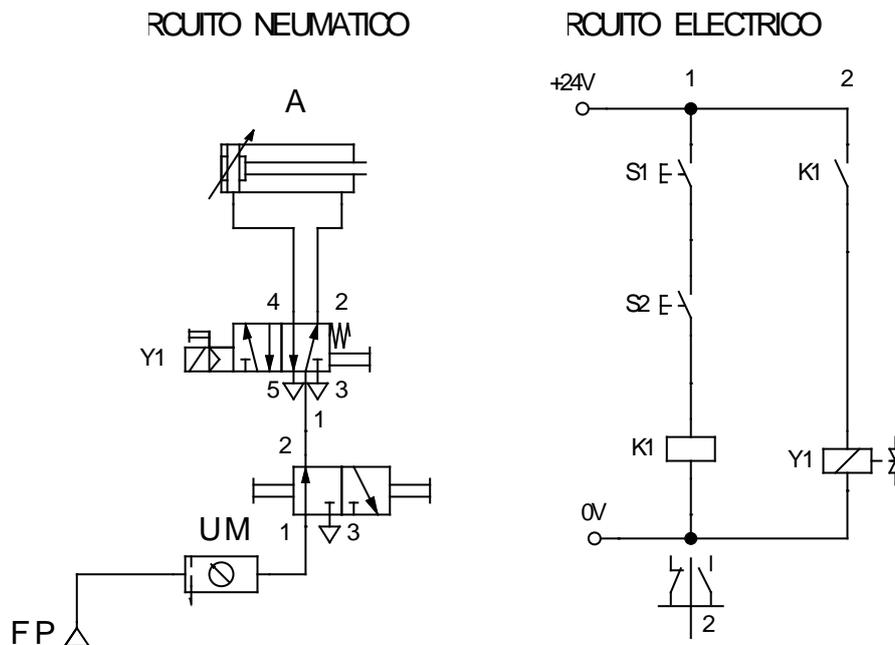
Marca	Denominación del componente
<b>A</b>	Cilindro de doble efecto
	Válvula 5/2 vías
<b>UM</b>	Unidad de mantenimiento, representación simplificada
<b>FP</b>	Fuente de aire comprimido
<b>0V</b>	Fuente de tensión (0V)
<b>24V</b>	Fuente de tensión (24V)
<b>S3</b>	Pulsador (obturador)
<b>S1</b>	Obturador (Rodillo interruptor de fin de curso)
<b>S2</b>	Obturador (Rodillo interruptor de fin de curso)
<b>Y1</b>	Solenoide de válvula
<b>Y2</b>	Solenoide de válvula

## CIRCUITO DE APLICACIÓN #9

### INSTALACION DE CORTADO UTILIZANDO UN CILINDRO DE DOBLE EFECTO

**Enunciado:**

Al accionarse 2 pulsadores, la barra porta cuchillas avanza y el pliego de papel queda cortado. Al liberar uno cualquiera de los pulsadores, la barra porta cuchillas regresa a la posición inicial.



#### LISTA DE EQUIPOS

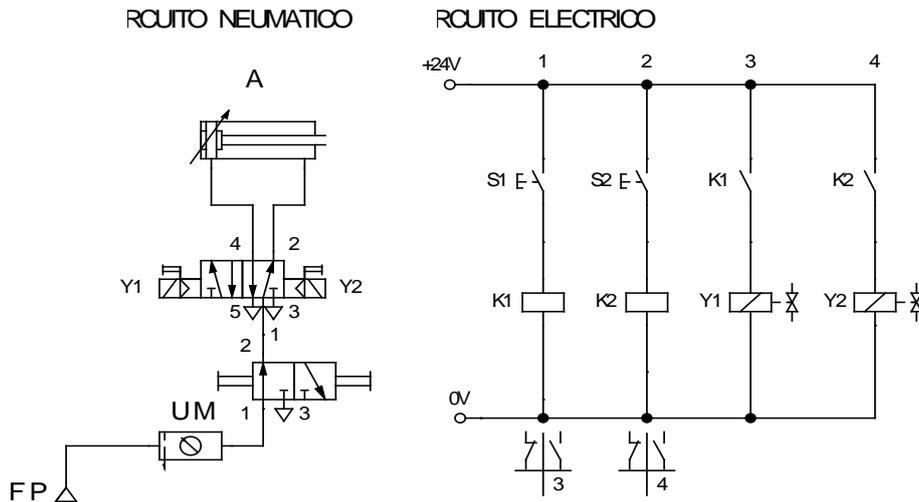
Marca	Denominación del componente
<b>A</b>	Cilindro de doble efecto
	Válvula 5/2 vías
	Válvula 3/2 con acción manual y reposición manual
<b>UM</b>	Unidad de mantenimiento, representación simplificada
<b>FP</b>	Fuente de aire comprimido
<b>0V</b>	Fuente de tensión (0V)
<b>24V</b>	Fuente de tensión (24V)
<b>S1</b>	Pulsador (obturador)
<b>S2</b>	Pulsador (obturador)
<b>Y1</b>	Solenoides de válvula
<b>K1</b>	Obturador
<b>K1</b>	Relé

## CIRCUITO DE APLICACIÓN #10

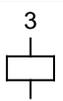
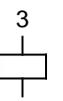
### INSTALACION PARA GRANELES UTILIZANDO UN CILINDRO DE SIMPLE EFECTO

**Enunciado:**

Al accionar un pulsador, la tolva se abre y el material a granel sale. Al accionar otro pulsador, la tolva se cierra.



#### LISTA DE EQUIPOS

Marca	Denominación del componente
<b>A</b>	Cilindro de doble efecto
	Válvula 5/2 vías
	Válvula 3/2 con acción manual y reposición manual
<b>UM</b>	Unidad de mantenimiento, representación simplificada
<b>FP</b>	Fuente de aire comprimido
<b>0V</b>	Fuente de tensión (0V)
<b>24V</b>	Fuente de tensión (24V)
<b>S1</b>	Pulsador (obturador)
<b>S2</b>	Pulsador (obturador)
<b>Y1</b>	Solenoides de válvula
<b>Y2</b>	Solenoides de válvula
<b>K1</b>	Obturador
	
<b>K1</b>	Relé
<b>K2</b>	Obturador
	
<b>K2</b>	Relé

**APÉNDICE C**  
**EJERCICIOS PROPUESTOS**

# **ELECTRONEUMÁTICOS**

## **EJERCICIO #1 DISPOSITIVO DE CLASIFICACIÓN**

**Con un dispositivo de clasificación, deben clasificarse piezas sobre una banda transportadora.**

**Al activar un pulsador, el vástago de un cilindro de simple efecto empuja una pieza que se halla en la banda transportadora. Al liberar el pulsador, el vástago retrocede a su posición final posterior.**

## **EJERCICIO #2 DISPOSITIVO DE CIERRE**

**Cilindro de doble efecto mando directo.**

**Con un dispositivo de cierre debe cerrarse y abrirse la válvula de una tubería.**

**Al accionar un pulsador, la válvula se abre, al liberar el pulsador la válvula se cierra.**

## **EJERCICIO #3 DISPOSITIVO DE VOLTEO**

**Cilindro de simple efecto mando indirecto.**

**Con un dispositivo de volteo debe modificarse la posición de las piezas sobre una banda transportadora.**

**Al accionar un pulsador sale el vástago de un cilindro que obliga a voltear las piezas que circulan por la banda, situándolas en posición correcta. Al liberar el pulsador el vástago regresa a la posición inicial.**

#### **EJERCICIO #4 PRENSA PARA TAPAS**

**Cilindro de doble efecto mando indirecto.**

**Con una prensa para tapas han de apretarse tapas solapadas sobre un cubo de plástico.**

**Al accionar un pulsador el macho de prensado avanza y la tapa solapada queda apretada sobre un cubo. Al liberar el pulsador el macho de prensado regresa a la posición inicial.**

#### **EJERCICIO #5 ESTACION DE MONTAJE**

**Cilindro de simple efecto, mando directo con función en “Y” de las señales de conexión.**

**En una estación de montaje han de ensamblarse piezas.**

**Al accionar dos pulsadores, el dispositivo avanza y las piezas quedan ensambladas. Al liberar uno cualquiera de los pulsadores, el dispositivo regresa a la posición inicial.**

#### **EJERCICIO #6 CIERRE DE TAJADERA**

**Cilindro de doble efecto, mando directo con función “O” de las señales de conexión.**

**Con un cierre de tajadera ha de vaciarse material a granel de un recipiente.**

**Al accionar un pulsador la tajadera se abre y el material a granel sale del recipiente, al liberar el pulsador la tajadera se cierra.**

**EJERCICIO #7  
DISPOSITIVO DE VOLCADO**

**Cilindro de simple efecto, mando indirecto con función “O” de las señales de conexión.**

**Con un dispositivo de volcado ha de vaciarse material fluido de un deposito.**

**Al accionar un pulsador, el depósito se vuelca, vaciando el material fluido. Al soltar el pulsador regresa a la posición inicial.**

**EJERCICIO #8  
DISPOSITIVO DE REENVIO**

**Cilindro de simple efecto, mando de dos puntos distintos.**

**Con un dispositivo de reenvío han de trasladarse piezas desde una banda transportadora a otra.**

**Al accionar un pulsador, el carro del dispositivo de reenvío avanza. La pieza es trasladada y reenviada en dirección contraria. Al accionar otro pulsador, el carro regresa a su posición inicial.**

**EJERCICIO #9  
CARGADOR VERTICAL**

**Cilindro de doble efecto, mando directo con inversión por medio de un final de carrera eléctrico.**

**De un cargador vertical han de empujarse tablas de madera a un dispositivo.**

**Al accionar un pulsador se extrae una tabla de madera del cargador por medio del empujador. Una vez alcanzada la posición final delantera, el empujador regresa a la posición inicial.**

**EJERCICIO #10**  
**CINTA TRANSPORTADORA**

**Cilindro de doble efecto, mando directo con movimiento de vaivén del vástago. Con una cinta transportadora de manera lineal y rítmica han de transportarse piezas a puestos de trabajo, dispuesto uno tras otro.**

**Al accionar un selector de mando el vástago de un cilindro oscilante acciona rítmicamente una rueda motriz a través de un trinquete. El movimiento queda desconectado al volver accionar el selector de mando.**

## **NEUMÁTICOS**

### **EJERCICIO #1**

**Realice el comando bimanual con 2 válvulas 3/2 vías botón resorte en serie.**

### **EJERCICIO #2**

**Realice el comando directo de un cilindro de doble acción, sin posibilidad de parada en su curso.**

### **EJERCICIO #3**

**Para el siguiente circuito neumático se requiere comandar un cilindro de doble acción con paradas intermediarias.**

### **EJERCICIO #4**

**Realice el comando indirecto de un cilindro de doble acción, utilizando una válvula simple piloto.**

### **EJERCICIO #5**

**Realice el comando indirecto de un cilindro de doble acción, utilizando una válvula doble piloto y con control de velocidad del cilindro.**

### **EJERCICIO #6**

**Realice el comando de un cilindro de doble acción con avance lento y retorno acelerado.**

### **EJERCICIO #7**

**Realice el avance con retorno automático de un cilindro de doble acción, con control de velocidad para avance y retorno (ciclo único).**

### **EJERCICIO #8**

**Realice el comando de un cilindro de doble acción con ciclo único, control de velocidad y emergencia con retorno inmediato del cilindro.**

### **EJERCICIO #9**

**Realice el comando de un cilindro de doble acción con ciclo continuo utilizando una válvula botón traba y control de velocidad.**

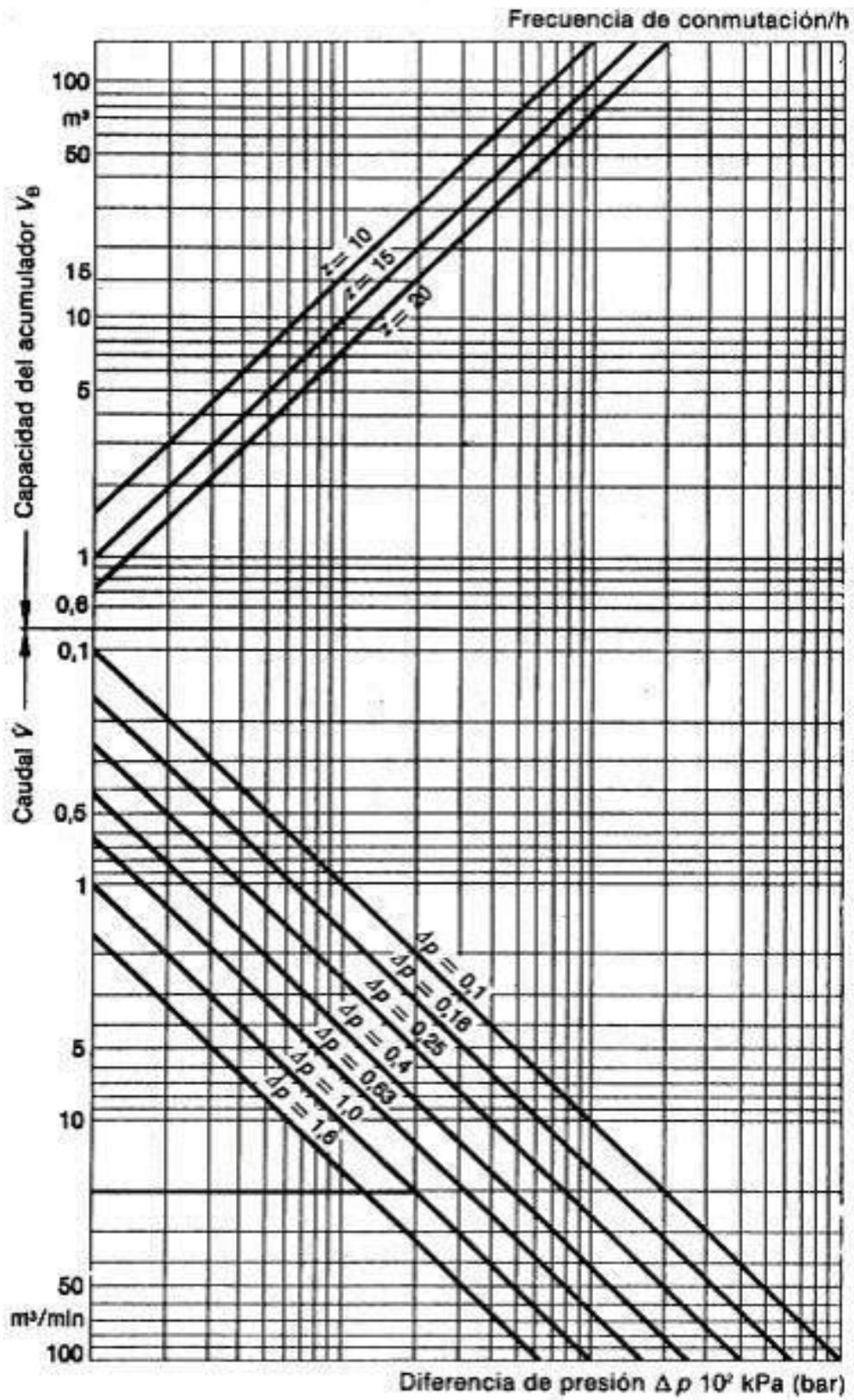
### **EJERCICIO #10**

**Realice el comando de un cilindro de doble acción con opción de accionamiento para ciclo único o ciclo continuo.**

## ***ANEXOS***

---

# Diagrama de cálculo de caudal.



### Diagrama elección de compresor

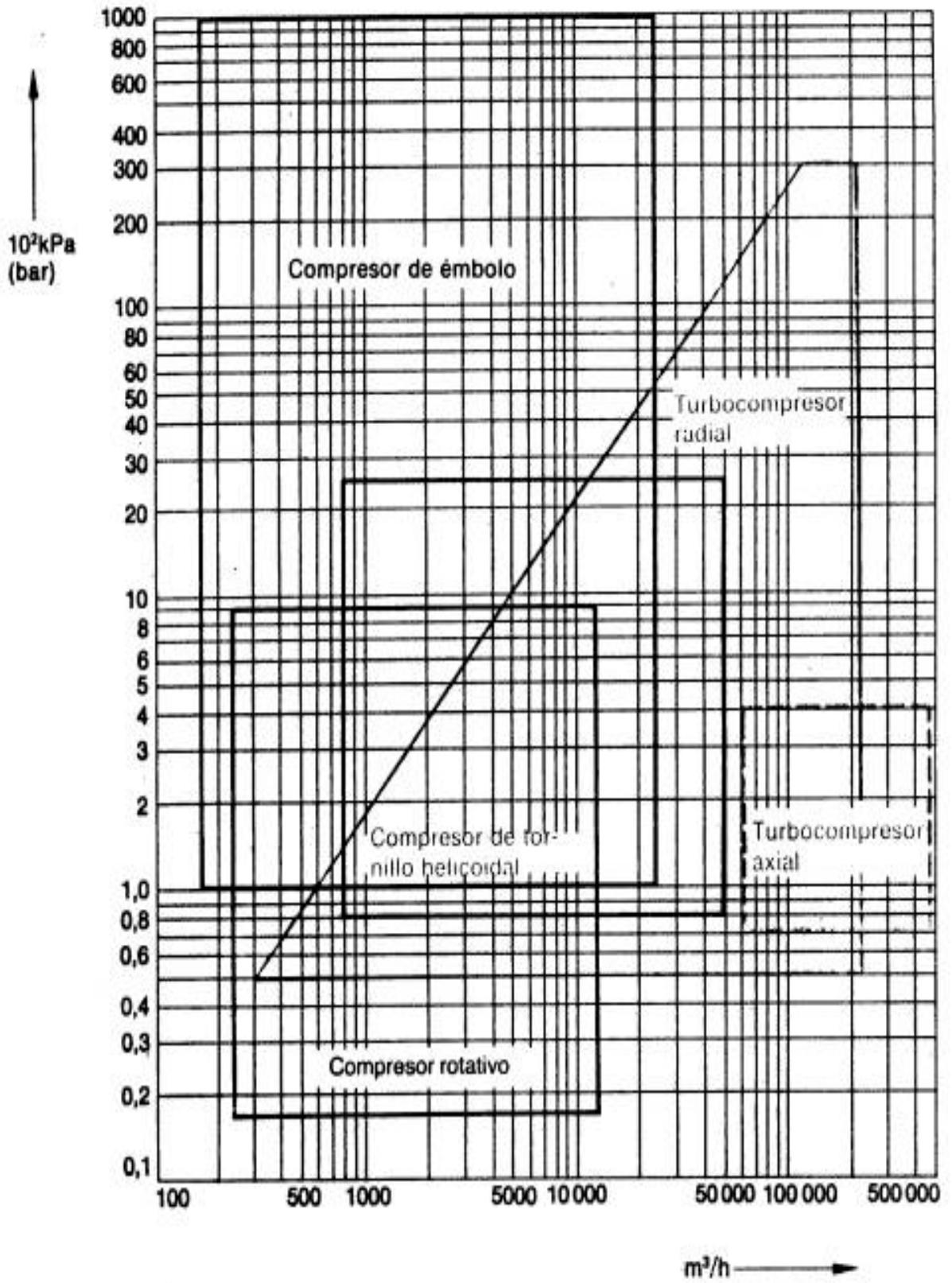
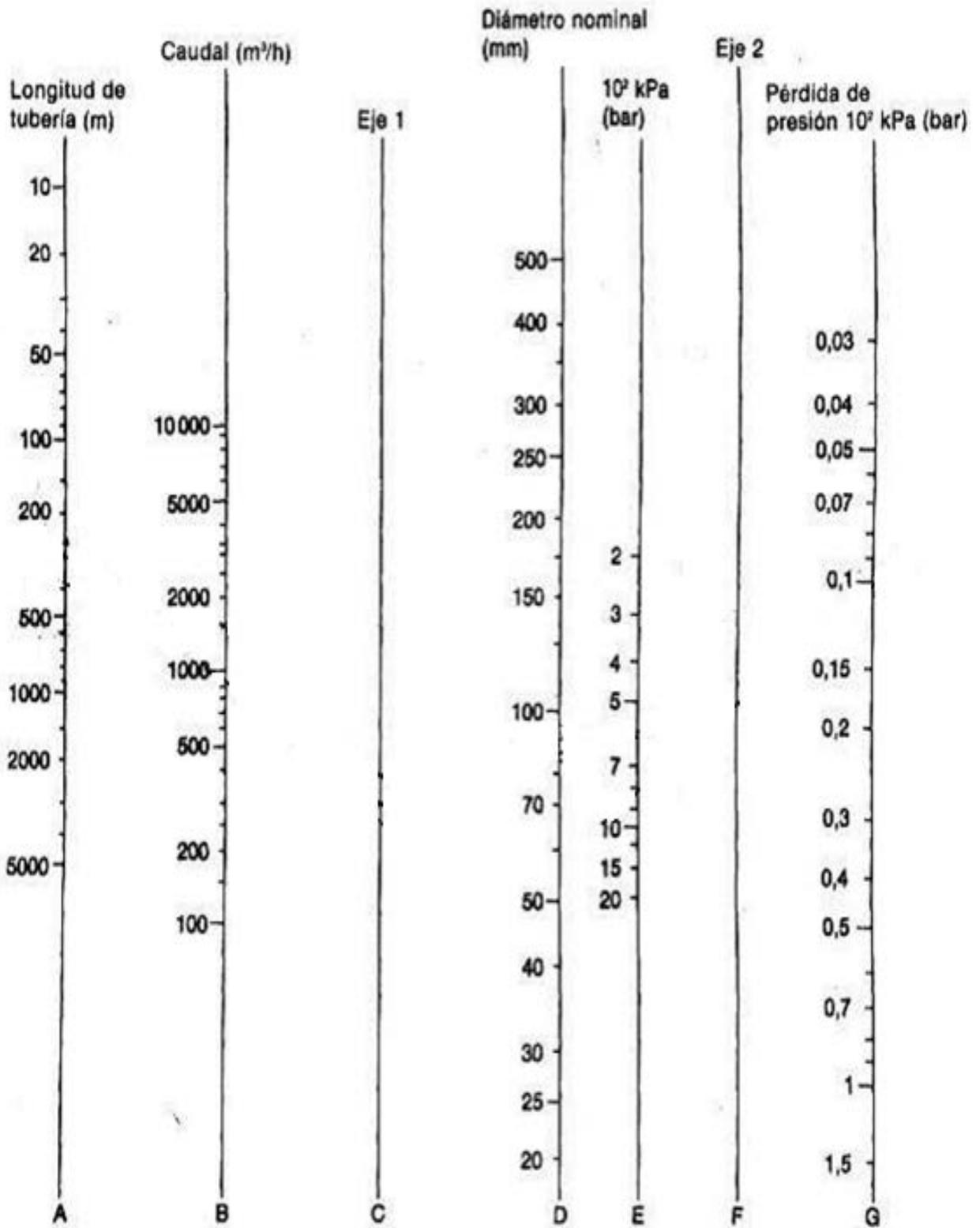
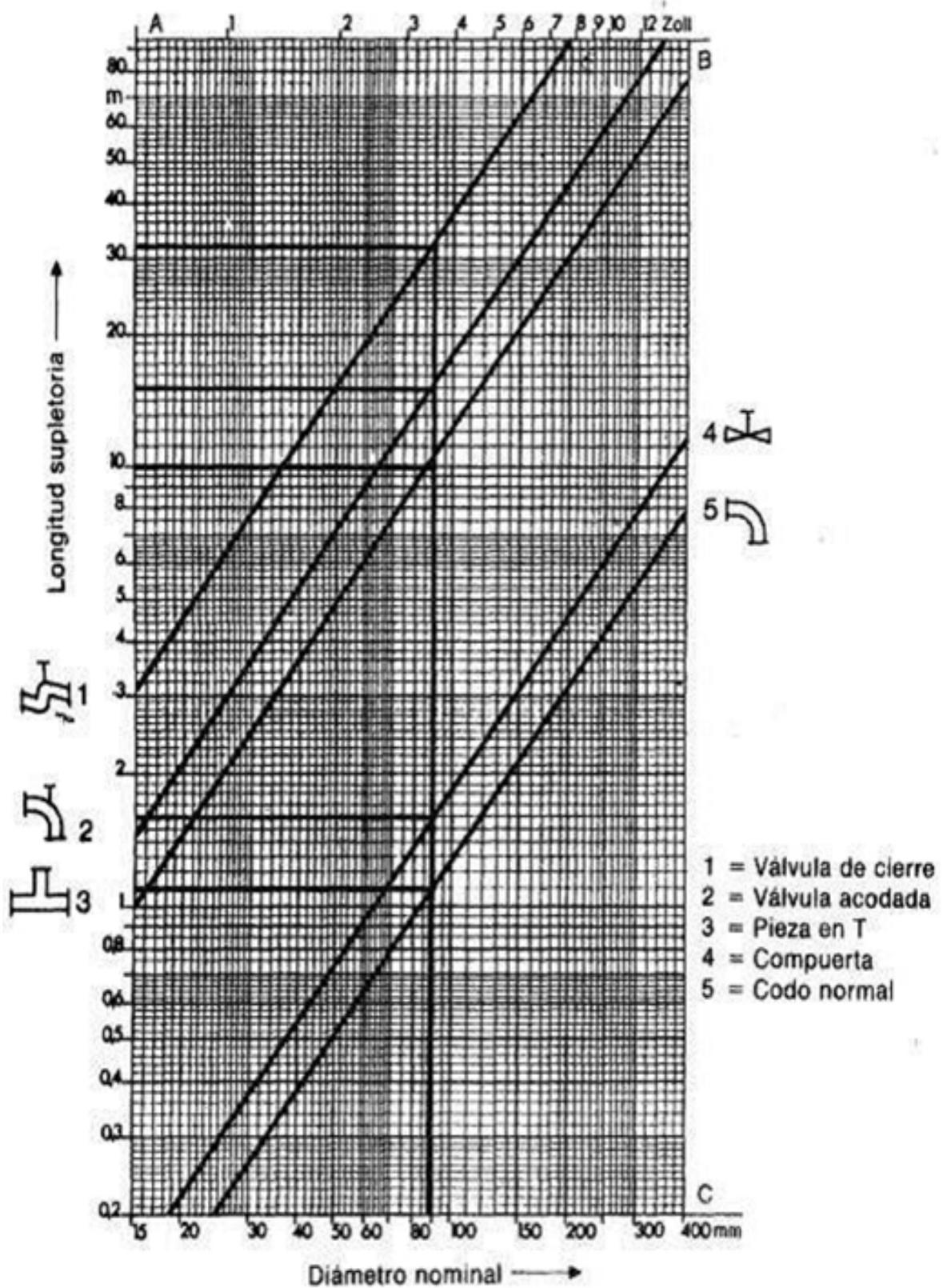


Diagrama dimensionamiento de tuberías.



### Nomograma Longitudes Supletorias.



## ***Simbología General***

---

## **REPRESENTACIÓN DE LAS VÁLVULAS**

En los esquemas se utilizan símbolos que representan las válvulas. Estos símbolos no ofrecen información alguna sobre su construcción, sino que más bien solamente muestra la función que asume la válvula respectiva.

Las posiciones de conmutación de las válvulas son representadas por un cuadrado:

La cantidad de los cuadrados yuxtapuestos indica la cantidad de posiciones de una válvula.

En el interior de los cuadrados se indica la función y el efecto de la válvula. Las conexiones son indicadas mediante líneas y las flechas muestran la dirección del flujo.

Los bloqueos se marcan con líneas transversales dentro de los cuadrados.

Las conexiones entre conductos están indicadas con puntos.

Las conexiones (de alimentación y retorno) se incluyen en los cuadrados que muestran la posición normal o inicial.

Las otras posiciones se obtienen desplazando los cuadrados hasta que coincidan los conductos con las conexiones.

Las posiciones de conmutación pueden estar indicadas con las letras minúsculas a, b, c... y con 0.

Si la válvula tiene tres posiciones, la intermedia es la normal.

Tratándose de válvulas con muelle de retorno, la posición normal es aquella en la que las partes móviles de la válvula asumen una posición determinada si la válvula no está conectada.

La posición inicial es aquella que asume las partes móviles de la válvula cuando ésta está acoplada a un sistema en el que está conectada la presión de la red o la tensión eléctrica. El programa de maniobras empieza en la posición inicial.

Conductos de escape de aire sin conexión a tubería (aire de retorno no recuperable).

Triángulo situado junto al símbolo.

Conductos de escape de aire con conexión a tubería (aire de retorno recuperable).

Triángulo no situado directamente junto al símbolo.

Las conexiones están marcadas con letras mayúsculas para facilitar la correcta identificación de las conexiones de válvulas.

Concretamente, se aplican las siguientes mayúsculas respectivamente:

Conductos de trabajo	2, 4	(A, B, C)
Conexión a energía	1	(P)
Escape de aire	3, 5, 7	(R, S, T)
Conductos de control	(10), 12, 14	(Z, Y, X)

### Válvulas de vías

Denominación	Posición normal	Símbolo
Válvula de 2/2 vías	cerrada	
Válvula de 2/2 vías	abierta	
Válvula de 3/2 vías	cerrada	
Válvula de 3/2 vías	abierta	
Válvula de 3/3 vías	posición intermedia bloqueada	
Denominación	Posición normal	Símbolo
Válvula de 4/2 vías	1 conducto entrada de aire 2 conductos de salida de aire	
Válvula de 4/3 vías	posición intermedia bloqueada	
Válvula de 4/3 vías	En posición intermedia salida de aire en A y B; posición de ajuste	
Válvula de 5/2 vías		
Válvula de 6/3 vías		

La denominación de una válvula depende de la cantidad de las conexiones controladas y de la cantidad de posiciones.

El primer dígito de la especificación indica la cantidad de vías, es decir, la cantidad de conexiones controladas. El segundo dígito indica las posiciones de la válvula.

**Ejemplo:**

Válvula de 3/2 vías: 3 conexiones controladas, 2 posiciones (2 cuadrados)

Válvula de 4/3 vías: 4 conexiones controladas, 3 posiciones (3 cuadrados)

**Accionamiento de las válvulas**

Según la aplicación es factible equipar a las válvulas con los más diversos tipos de accionamiento. Los símbolos que se refieren a los accionamientos se dibujan lateral y horizontalmente junto a los cuadrados.

**Accionamiento por fuerza física.**

Símbolo básico	
Pulsador	
Palanca	
Pedal	

### Accionamiento mecánico.

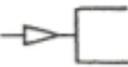
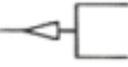
Pulsador	
Muelle	
Rodillo	
Rodillo con retorno en vacío	

### Accionamiento eléctrico.

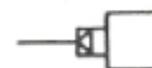
Electroimán con 1 arrollamiento activo	
Con 2 arrollamientos activos en el mismo sentido	
Con 2 arrollamientos activos en sentidos opuestos	

### Accionamiento por presión.

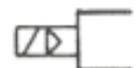
#### Accionamiento directo.

Aumento de la presión	
Disminución de la presión	
Presión diferencial	

### Accionamiento indirecto.

Presión sobre la válvula principal a través de la válvula auxiliar de servopilotaje	
Depresión sobre la válvula principal a través de la válvula auxiliar de servopilotaje	

### Accionamiento combinado.

Electroimán y válvula auxiliar de servopilotaje	
Electroimán o válvula auxiliar de servopilotaje	

*Diferenciación según la duración del período de activación:*

#### ***Accionamiento constante***

Accionamiento ininterrumpido de la válvula, ya sea manual, mecánico, neumático o eléctrico, ininterrumpido hasta la reposición. La reposición puede ser manual o por efecto de un muelle.

#### ***Accionamiento momentáneo (impulso)***

Conmutación de la válvula por un impulso. La conmutación se produce solo al recibir la válvula un impulso proveniente de un elemento emisor de señales.

#### **Características constructivas de las válvulas de vías**

El principio constructivo de la válvula incide directamente en la duración de su vida útil, en su potencia, sus posibles accionamientos y conexiones y en su tamaño.

Clasificación según el tipo constructivo:

**Válvulas de asiento**

Válvulas de asiento esférico

Válvulas de asiento de plato

Válvulas de corredera

**Válvulas de compuerta**

Válvulas de corredera longitudinal

Válvulas de corredera plana longitudinal

(Válvula de plato giratorio)

**Símbolos neumáticos según DIN-ISO 1219 y símbolos especiales no normalizados.**

**Transformación de energía.**

Compresor	
Bomba a vacío	
Motor neumático de accionamiento constante con un solo sentido de flujo	
Motor neumático de accionamiento constante con dos sentidos de flujo	
Motor neumático con regulación del volumen de expulsión y una dirección de flujo	
Motor neumático con regulación del volumen de expulsión y 2 direcciones de flujo	
Motor neumático con limitación del campo de giro	

Cilindro de simple efecto y recuperación por fuerza externa	
Cilindro de simple efecto y recuperación por muelle	
Cilindro de doble efecto y un vástago	
Cilindro de doble efecto y doble vástago pasante	
Cilindro diferencial de un vástago	
Cilindro de doble efecto con amortiguador regulable en los dos lados	
Cilindro telescópico de simple efecto; recuperación por fuerza externa	
Cilindro telescópico de doble efecto	
Multiplicador de presión de una clase de fluido	
Multiplicador de presión para aire y líquido	
Convertidor de presión p.ej. neumática-hidráulica	

## Control y regulación de energía.

### Válvulas de vías.

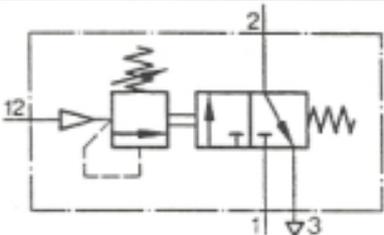
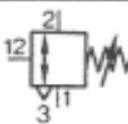
Válvula de 2/2 vías Posición normal cerrada	
Válvula de 2/2 vías Posición normal abierta	
Válvula de 3/2 vías Posición normal cerrada	
Válvula de 3/2 vías Posición normal abierta	
Válvula de 3/3 vías Posición intermedia cerrada	
Válvula de 4/2 vías	
Válvula de 4/3 vías Posición intermedia cerrada	
Válvula de 4/3 vías Posición intermedia de descarga	
Válvula de 5/2 vías	

Válvula de 5/3 vías Posición intermedia cerrada	
Válvula de vías con posiciones intermedias y dos posiciones finales	
Válvula de vías, símbolo simplificado, por ejemplo con 4 conexiones	

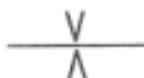
### Válvulas de cierre.

Válvula de antirretorno sin muelle	
Válvula de antirretorno con muelle	
Válvula de antirretorno pilotada	
Válvula selectora	
Válvula de descarga rápida de aire	
Válvula de simultaneidad (sin normalizar)	

## Válvulas reguladoras de presión.

Válvula limitadora de presión regulable	
Válvula de secuencia, regulable	
Válvula de secuencia con escape de aire (función de 3 vías), regulable (sin normalizar)	
Válvula reguladora de presión sin orificio para escape de aire, regulable	
Válvula reguladora de presión con orificio para escape de aire, regulable	

## Válvulas reguladoras de caudal.

Válvula de estrangulamiento no regulable	
Válvula de diafragma	
Válvula de estrangulamiento regulable; accionamiento arbitrario	
Válvula de estrangulamiento regulable; accionamiento manual	
Válvula de estrangulamiento regulable, accionamiento mecánico con muelle de recuperación	

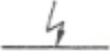
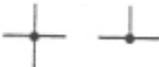
**Llaves de paso.**

Llave de paso, símbolo simplificado	
-------------------------------------	--

**Válvulas reguladoras de caudal con válvula de anti retorno en paralelo.**

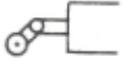
Válvula de estrangulamiento y antirretorno, regulable	
Válvula de diafragma y antirretorno, regulable	

**Transmisión de energía.**

Fuente de energía	
Conducto de trabajo	
Conducto de mando	
Conducto de escape	
Conducto flexible	
Conducto eléctrico	
Unión fija de conductos	

Cruce de conductos	
Purga de aire	
Escape sin conexión a tubo	
Escape con conexión a tubo	
Toma de presión tapada	
Toma de presión con conducto	
Acoplamiento rápido acoplado; sin válvulas de cierre mecánico	
Acoplamiento rápido acoplado; con válvulas de cierre mecánico	
Acoplamiento rápido desacoplado; conducto abierto	
Acoplamiento rápido desacoplado; conducto cerrado por válvula de cierre	
Unión giratoria de un solo paso	

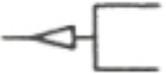
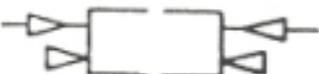
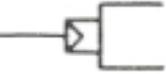
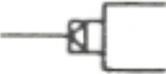
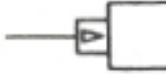
### Accionamiento mecánico.

Empujador o palpador	
Muelle	
Rodillo	
Rodillo escamoteable con efecto en una sola dirección	
Antena (sin normalizar)	

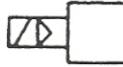
### Accionamiento eléctrico.

Sistema electromagnético con un arrollamiento activo	
Sistema electromagnético con 2 arrollamientos que actúan en sentidos opuestos	
Motor eléctrico de giro continuo	
Motor posicionador eléctrico	

**Accionamiento por presión.**

Accionamiento directo por aumento de la presión	
Accionamiento directo por disminución de la presión	
Accionamiento por secciones diferentes	
Centrado por presión	
Centrado por muelle	
Accionamiento indirecto por aumento de la presión (servopilotaje)	
Accionamiento indirecto por disminución de la presión	
Accionamiento por aumento de la presión mediante amplificador (sin normalizar)	
Accionamiento indirecto por aumento de la presión y mediante amplificador (sin normalizar)	
Accionamiento por aumento de la presión; efecto alternativo (sin normalizar)	

### Accionamiento combinado.

Electroimán y válvula auxiliar de servopilotaje	
Electroimán o válvula auxiliar de servopilotaje	
Electroimán o accionamiento manual con muelle de recuperación	

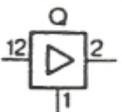
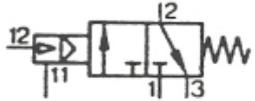
### Símbolo general.

+ Indicar explicación en nota al pie de página	
--	---

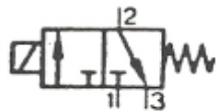
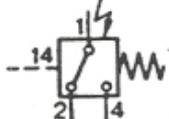
### Elementos complementarios.

Manómetro	
Manómetro diferencial	

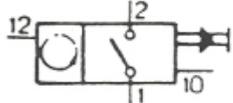
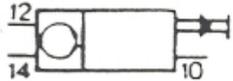
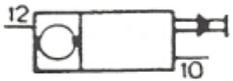
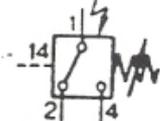
### Amplificador.

Amplificador (por ejemplo de 0,5 mbar a 100 mbar)	
Amplificador de caudal	
Válvula de 3/2 vías con amplificador (por ejemplo de 0,1 bar a 6 bar)	

### Convertidores de señales (sin normalizar)

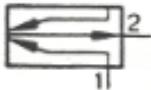
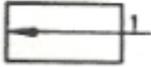
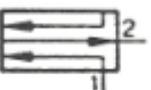
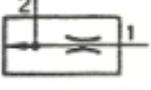
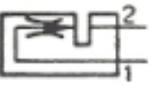
Eléctrico-Neumático	
Neumático-Eléctrico	

### Contadores.

Contador de sustracción	
Contador diferencial	
Contador de adición	
Termómetro	
Caudalímetro (caudal)	
Contador totalizador (volumen)	
Contacto eléctrico por presión	

Sensor de presión	
Sensor de temperatura	
Sensor de caudal	
Indicador	

**Interruptores de contacto/símbolos especiales elementos de conmutación (sin norma).**

Detector réflex	
Tobera en general; en especial: tobera para barrera de aire	
Tobera receptora de barrera de aire	
Detector por obturación de fuga	
Barrera de aire en horquilla	

## **Conclusión General.**

Al finalizar nuestro estudio podemos concluir:

Los estudiantes del Colegio Fiscomisional Salesiano Domingo Comín muestran un interés con la implementación del laboratorio de neumática y electroneumática, cátedra impartida a los estudiantes de 5 año del bachillerato técnico, El nivel de conocimiento de los profesores de neumática y electroneumática, analizando los datos obtenidos en el estudio de mercado realizado, muestra un nivel medio, es decir, solo un 50% del personal técnico conoce de la materia. Pero tanto los profesores como alumnos desean que se implemente un laboratorio de neumática y electroneumática, para desarrollar nuevas técnicas y aplicaciones de la materia en mención. Además, este estudio técnico y el diseño propuesto esta bajo condiciones de seguridad y calidad, siempre considerando este laboratorio como medio didáctico de aprendizaje, aunque se haya diseñado el laboratorio, bajo parámetros didácticos de aprendizaje, no se limita el uso del laboratorio para el desarrollo de tecnología a mediana escala. También, la distribución y tamaño del laboratorio, en el estudio realizado, esta diseñado para 11 puestos de prácticas, cada alumno podrá realizar simulaciones y demostrar en forma practica lo impartido en las clases teóricas. Los elementos de cada tablero de prácticas, los elementos considerados en las instalaciones eléctricas, físicas y adecuaciones generales, son de alta calidad, brindando una durabilidad o tiempo de vida no menos de 10 años, es decir el laboratorio tiene un alto costo de inversión pero, aplicando periódicamente un sistema de mantenimiento preventivo, todo el laboratorio tendrá una duración de 15 a 20 años. Si el colegio decide implementar este laboratorio, con los lineamientos y características generales tomadas en el estudio, se beneficiará con un laboratorio totalmente didáctico de fácil construcción y bajo normas de seguridad integral para los estudiantes y profesores, ayudando al crecimiento académico y tecnológico a nivel de bachillerato técnico.

## **Recomendaciones Generales.**

- Es necesario que los profesores tengan una capacitación más amplia de la materia de neumática y electroneumática, esto ayudará a mejorar el entendimiento de los alumnos.
- Es recomendable que, aunque no existiera un laboratorio, el colegio podrá implementar un tablero de prácticas, en donde el estudiante pueda visualizar los elementos y reconocerlos, ver su operación y trabajo.
- Al momento de realizar las uniones de las tuberías y accesorios, deben de realizar pruebas de fugas existentes. Tomar medidas necesarias para que no existan pérdidas de presión.
- Para que no existan pérdidas de presión es necesario que siempre se den mantenimientos preventivos a las unidades de mantenimientos existentes en cada puesto de trabajo y en la unidad de mantenimiento principal.
- Debe de existir una unidad de mantenimiento principal ubicada a la salida del aire del compresor. Este elemento debe de cumplir con las normas de seguridad y seguir las normas marcadas por el fabricante.
- Si se va a realizar trabajos en donde requiera mayor presión de trabajo, realizar medidas de prevención de riesgos. El laboratorio es capaz de generar presiones mayores de 8 bares.
- Realizar un mantenimiento preventivo cada tres meses, aunque no se utilice el laboratorio por muchas horas continuas, existe problemas en la válvulas sino se realiza un mantenimiento y limpieza adecuada.
- Para las unidades de mantenimiento es necesario cambiar el líquido lubricante cada seis meses y el lubricante del compresor cada tres meses.

## **Bibliografía.**

**Sistema para enseñanza de la técnica de automatización – Manual de estudio,** FestoDidactic – H. Meixner, E. Sauer, Edición Enero 1990.

**Transferencia de Calor,** B.V. Karlekar – R. M. Desmond, Segunda Edición.

**Introducción a la mecánica,** Robert W. Fox – Alan T. McDonald, Segunda Edición, México.

**Física,** Raymond A. Serway – Jerry S. Faughn, Quinta Edición 1999, México.

**Folleto de Neumática y Electroneumática – Centro de Capacitación Domingo Savio,** Colegio Domingo Savio, Edición 2000, Ecuador.

**Manual de Neumática y Electroneumática,** CORFOPYM, 2009, Ecuador.

**Proyecto Salesiano de Innovación Educativa y Curricular PROSIEC,** Sociedad Salesiana en el Ecuador, Edición 2007, Ecuador.

**Fundamentos de Neumática – Conjunto de transparencias,** P. Croser – J. Thomson – F. Ebel, FestoDidactic GmbH & Co, D-73770, Denkendorf 2000.

**Neumática, Hidráulica y Electricidad Aplicada – Física aplicada otros fluidos,** José Roldán Vilorio, Edición 2005, México.

**Parker Training – Tecnología Neumática Industrial,** Apostilla M1001, Enero 2003.

**Neumática de Serrano Nicolás, Antonio,** S.A. Thompson PARANINFO, Primera Edición 2000, Madrid.

**Código de Seguridad Humana NFPA 101 — National Fire Protection Association,** 1 Batterymarch Park, PO Box 9101, Quincy, MA 02269-9101 (Traducido y editado en español bajo licencia de la NFPA por el instituto Argentino de Normalización), Edición 2000

**Proyecto de reforzamiento de la educación técnica – Componente de Transformación Curricular – Bachilleres Técnicos – Acuerdo Ministerial No. 3425 del 27 de agosto de 2004.**

**Métodos y Técnicas de Investigación,** Ms. Osvaldo Pacheco Gil

**Páginas electrónicas.**

**Sistema de Distribución de Aire Comprimido, ContruSur,**  
<http://www.contrusur.com.ar/>.

**Seminario de Instalaciones de Fluidos, Universidad de Oviedo, área de mecánica de fluidos,** <http://web.uniovi.es/Areas/Mecanica.Fluidos/>.

**Estudio Técnico... Elemento indispensable en la evaluación de proyectos de inversión,** Mtra. Ma. Elvira López Parra – Mtra. Nora González Navarro – C.P. Susana Osobampo – Mtro. Adolfo Cano – Mtra. Rosario Gálvez Chang,  
<http://antiguo.itson.mx/publicaciones/contaduria/julio08/estudiotecnico.pdf>.

**Tema VI. Elementos que conforman el estudio de prefactibilidad y factibilidad de un proyecto,** <http://www.mexinetico.com>.

**Elementos Básicos de un Proyecto de Inversión,** <http://www.eie.fceia.unr.edu.ar>.

**Capitulo 3 LOCALIZACION, TAMAÑO E INGENIERIA DEL PROYECTO,**  
<http://www.umss.edu.bo/epubs/etexts/downloads/18/alumno/cap3.html>.

**Sistemas Neumáticos,** <http://www.guillesime.galeon.com>.

**Neumática – Actuadores Neumáticos,** <http://www.monografias.com>.

**Ingeniería mecánica – neumática conceptos básicos y aplicaciones,**  
<http://www.elprisma.com>.

**Conceptos básicos de neumática e hidráulica,** <http://www.sapiensman.com>.

**Normas Generales y básicas de Seguridad, Edgar Caballero Montes,**  
<http://proseguridad.com.ve/prevencción-de-accidentes/normas-generales-y-basicas-de-seguridad/>, Febrero 2008.

**Neumática,** <http://www.wikipedia.org>.

**La Neumática,** <http://www.kalipedia.com>.

**Información acerca de la neumática – de pneumatic robots,**  
<http://www.fischertechnik.com>.

**Tutoría Principal de Hidráulica Neumática,** <http://www.emagister.com>.

**[www.festodidactic.com](http://www.festodidactic.com).**

**[www.etitudela.com](http://www.etitudela.com).**

**[Insetec.inseuio@insetec.com.ec](mailto:Insetec.inseuio@insetec.com.ec), [insegye@insetec.com.ec](mailto:insegye@insetec.com.ec).**

**Folletos.**

**Mantenimiento de circuitos neumáticos – Revisión y cuidado de instalaciones neumáticas.**

**Normas de Seguridad SMC.**

**Folleto Estudio Técnico Planta Procesadora de Productos Lácteos – Provincia de Los Santos, Distrito de Las Tablas – Panamá.**

**Folleto Redes de Aire Comprimido.**

**Hidráulica y Neumática: Conceptos y Fundamentos, 1<sup>o</sup> electromecánicas de vehículos. Circuitos de fluidos, suspensión y dirección. EFA MORATALAZ.**

**Introducción. Fundamentos Físicos de la Neumática e Hidráulica, Cours de Pneumática U.P.C., E.U.P.M.**

**Folleto de Principios de Hidráulica y Neumática.**