



Automatización Electroneumática

Juan Camilo Vásquez Cortés



Ingeniería eléctrica y electrónica



Automatización Electroneumática

Juan Camilo **Vásquez** Cortés



BOGOTÁ - MÉXICO, DF

Vásquez Cortés, Juan Camilo

Automatización electroneumática / Juan Camilo Vásquez Cortes. -- Bogotá: Ediciones de la U, 1a.ed. 2016

p. ; 230 cm.

ISBN 978-958-762-578-3

e-ISBN 978-958-762-579-0

1. Fundamentos de automatización 2. Teorías y conceptos de electricidad 3. Circuitos electroneumáticos 4. Métodos en el diseño de circuitos I. Tít.
621.39 cd 24 ed.

Área: Ingeniería eléctrica y electrónica

Primera edición: Bogotá, Colombia, agosto de 2016

ISBN 978-958-762-578-3

- © Juan Camilo Vásquez Cortés
(Foros de discusión, blog del libro y materiales complementarios del autor en www.edicionesdelau.com)
- © Ediciones de la U - Carrera 27 #27-83 - Tel. (+57-1) 3203510 - 3203499
www.edicionesdelau.com - E-mail: editor@edicionesdelau.com
Bogotá, Colombia

Ediciones de la U es una empresa editorial que, con una visión moderna y estratégica de las tecnologías, desarrolla, promueve, distribuye y comercializa contenidos, herramientas de formación, libros técnicos y profesionales, e-books, e-learning o aprendizaje en línea, realizados por autores con amplia experiencia en las diferentes áreas profesionales e investigativas, para brindar a nuestros usuarios soluciones útiles y prácticas que contribuyan al dominio de sus campos de trabajo y a su mejor desempeño en un mundo global, cambiante y cada vez más competitivo.

Coordinación editorial: Adriana Gutiérrez M.

Carátula: Ediciones de la U

Impresión: Digiprint Editores SAS

Calle 63 bis #70-49, Pbx. (57+1) 4307050

Impreso y hecho en Colombia

Printed and made in Colombia

No está permitida la reproducción total o parcial de este libro, ni su tratamiento informático, ni la transmisión de ninguna forma o por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico, por fotocopia, por registro y otros medios, sin el permiso previo y por escrito de los titulares del Copyright.



Apreciad@ cliente:

Es gratificante poner en sus manos estas obras, por esta razón le invitamos a que se registre en nuestra web:

www.edicionesdelau.com y obtenga beneficios adicionales como:

- Complementos digitales de las obras
- Actualizaciones de las publicaciones
- Interactuar con los autores a través del blog
- Información de nuevas publicaciones de su interés
- Noticias y eventos



Adquiere nuestras publicaciones en formato e-book



Visítanos en:

www.edicionesdelau.com

Sus pedidos a:

Carrera 27 # 27-43 • Barrio Teusaquillo

PBX. (57-1) 3203510 • (57-1) 3203499 • Móvil: 310 - 6256033

comercial@edicionesdelau.com - gerencia@edicionesdelau.com

Bogotá - Colombia

Av. Coyoacán 1812 A. Acacias Benito Juárez C.P. 03240

PBX. (52) 55-63051703 • Cel. 044 5544439418

janethcr@gruporamadelau.com

México D. F. - México

Contenido

Introducción	17
Capítulo 1. Fundamentos de automatización	21
1.1 Proceso industrial.....	21
1.1.1 Procesos continuos	22
1.1.2 Procesos discretos	22
1.2 Automatismos o sistema de control.....	22
1.2.1 Sistema de control en lazo cerrado.....	22
1.2.2 Sistema de Control en Lazo Abierto.....	23
1.3 Automatización industrial.....	25
1.4 Automatización electroneumática	27
1.5 Preguntas y problemas	28
Capítulo 2. Teoría y conceptos de electricidad	31
2.1 Fundamentos de electricidad.....	32
2.1.1 Naturaleza de la electricidad	32
2.1.2 Variables eléctricas	33
2.1.2.1 Voltios	33
2.1.2.2 Amperios	40
2.1.2.3 Potencia eléctrica	43
2.1.2.4 Energía eléctrica	45
2.2 Circuito eléctrico.....	46
2.2.1 Modos de conexión	47
2.2.1.1 Circuito serie.....	47
2.2.1.2 Circuito paralelo.....	47
2.2.1.3 Circuito mixto	48

2.3 Instrumentos y formas de medición de las magnitudes eléctricas.....	49
2.3.1 Operación del multímetro	50
2.3.1.1 Medición de voltaje	51
2.3.1.2 Medición de corriente	52
2.3.1.3 Medición de resistencia y continuidad.....	53
2.3.1.4 Medición de potencia.....	53
2.3.1.5 Medición de energía	54
2.4 Peligros de la corriente eléctrica.....	54
2.5 Seguridad respecto al equipo y descarga eléctrica	55
2.5.1 Fusibles	55
2.5.2 Polo a tierra	55
2.6 Preguntas y problemas	56
Capítulo 3. Circuitos electroneumáticos	65
3.1 Estructura de los circuitos electroneumáticos.....	65
3.2 Circuito neumático	66
3.2.1 Elementos de circuito neumático	66
3.2.2 Esquema del circuito neumático.....	66
3.2.3 Simbología e identificación de los componentes neumáticos	66
3.3 Circuito eléctrico de control	71
3.3.1 Componentes electromecánicas de mando, detección, control y actuadores	72
3.3.1.1 Elementos eléctricos para la entrada de señales	72
3.3.1.2 Elementos eléctricos para el procesamiento de señales	77
3.3.1.3 Elementos distribuidores de aire o electroválvulas	80
3.4 Esquema o plano de conexiones del circuito eléctrico de control en sistemas electroneumáticos.....	83
3.4.1 Circuito electromecánico de control	83
3.4.1.1 Características del circuito	84
3.4.1.2 Aspectos prácticos para su realización.....	84
3.4.2 Descripción del plano eléctrico.....	86
3.4.3 Características y ventajas	87
3.5 Esquemas electroneumáticos para control de cilindros	88
3.6 Preguntas y problemas	89
Capítulo 4. Método intuitivo en el diseño e implementación de circuitos electroneumáticos básicos	93

4.1 Control eléctrico básico de cilindros	93
4.1.1 Método básico intuitivo para controlar cilindros	94
4.1.1.1 Mando directo por pulsador	94
4.1.1.2 Mando indirecto por pulsador	96
4.1.1.3 Control por simultaneidad y selectora (mando directo e indirecto)	97
4.1.1.4 Control por auto-retención	99
4.1.1.5 Control por impulso inicial y permanente	99
4.1.1.6 Secuencias forzadas	100
4.1.1.7 Control de secuencias temporizadas	102
4.1.1.8 Control de fuerza y mando por presión	105
4.1.1.9 Anulación de señales de presión simultáneas	108
4.2 Preguntas y problemas	112
Capítulo 5. Diseño e implementación de circuitos electroneumáticos con uno o mas cilindros por el método intuitivo	117
5.1 Diagramas de funcionamiento	118
5.1.1 Diagrama espacio-fase	118
5.1.2 Diagrama espacio-tiempo	120
5.1.3 Diagramas de señales mando	121
5.2 Ciclos de trabajo	123
5.2.1 Ciclo manual	123
5.2.2 Ciclo semiautomático	123
5.2.3 Ciclo automático o continuo	123
5.2.4 Ejemplos de aplicación	123
5.3 Preguntas y problemas	149
Capítulo 6. Elementos de sistema electroneumático	153
6.1 Estructura de un sistema de producción, distribución y utilización de aire comprimido	154
6.1.1 Producción de aire y red de distribución	154
6.1.1.1 Unidad compresora de aire	154
6.1.1.2 Redes y líneas de aire comprimido	157
6.1.2 Tratamiento del aire comprimido	161
6.1.2.1 Filtro-secador de aire	162
6.1.2.2 Regulador de presión	163
6.1.2.3 Lubricador de aire	163

6.1.2.4 Unidad filtro-secador-regulador-lubricador (FRL).....	164
6.1.3 Cilindros neumáticos.....	165
6.2 Elementos del circuito de control	166
6.2.1 Elementos de mando	166
6.2.1.1 Pulsador	167
6.2.1.2 Selector o Interruptor	167
6.2.2 Elementos sensores de posición	168
6.2.2.1 Fin de carrera electromecánicos	169
6.2.2.2 Sensor Reed Switch	170
6.2.2.3 Sensor magnético de estado sólido	172
6.2.2.4 Sensor de presión neumático	173
6.2.3 Elementos para procesamiento de información	174
6.2.3.1 Relé electromagnético	174
6.2.3.2 Temporizador.....	175
6.3 Dispositivos de interface	177
6.3.1 Electroválvula monoestable	177
6.3.2 Electroválvula biestable.....	178
6.4 Elementos auxiliares.....	179
6.4.1 Manómetro o medidor de presión	179
6.4.2 Indicador de presión lumínico	179
6.4.3 Válvulas auxiliares	180
6.4.3.1 Control de velocidad del vástago de los cilindros.....	180
6.4.3.2 Control unidireccional de flujo de aire	181
6.4.3.3 Control regulado unidireccional de flujo de aire	181
6.4.4.4 Distribuidor de aire	182
6.4.4.5 Manguera para aire.....	182
6.4.4.6 Elemento silenciador.....	183
6.5 Normas técnicas	183
6.6 Preguntas	184
Capítulo 7. Mantenimiento de los sistemas electroneumáticos	187
7.1 Estructura de un sistema de producción, distribución y utilización de aire comprimido.....	187
7.1.1 Producción y red de distribución	188
7.1.1.1 El compresor de aire.....	188
7.1.1.2 Depósito de aire a presión	189
7.1.1.3 Redes y líneas de aire comprimido	189

7.1.2 El sistema neumático.....	196
7.1.2.1 Cilindros neumáticos	196
7.1.2.2 Distribuidores o válvulas	197
7.1.2.3 Otros tipos de válvulas auxiliares	199
7.1.3 El control electromecánico.....	199
7.1.3.1 Suministro de energía y protección eléctrica.....	199
7.1.3.2 Conductores eléctricos y borneras	200
7.1.3.3 Elementos de mando, detección y control	200
7.2 Directrices en relación con el diseño y funcionamiento de un sistema electroneumático	201
7.2.1 Generales	201
7.2.2 Referente a lo neumático.....	202
7.2.3 Referente al circuito de control.....	203
7.3 Problemas comunes en un sistema electroneumático	204
7.3.1 Problemas en el sistema neumático	204
7.3.1.1 Relacionados con el depósito de aire a presión.....	204
7.3.1.2 Relacionados con las líneas de distribución de aire comprimido.....	205
7.3.1.3 Relacionados con la unidad de mantenimiento de aire (FRL)	206
7.3.1.4 Relacionados con los cilindros neumáticos.....	207
7.3.1.5 Relacionados con los distribuidores y válvulas auxiliares	207
7.3.2 Problemas relacionados con el control electromecánico	208
7.3.2.1 Relacionados con el suministro de energía y protección eléctrica.....	208
7.3.2.2 Relacionados con conductores eléctricos y borneras.....	208
7.3.2.3 Relacionados con elementos de mando, detección y control	209
7.3.2.4 Relacionados con distribuidores o electroválvulas.....	209
7.3.2.5 Relacionados con el motor eléctrico del compresor	209
7.3.2.6 Otros problemas electro-mecánicos	209
7.4 Actividades - programa de mantenimiento de un sistema electroneumático	210
7.4.1 Componentes del Sistema Neumático	210
7.4.1.1 Depósito de aire a presión	210
7.4.1.2 Líneas principales de aire, líneas en general, accesorios	210
7.4.1.3 Unidad FRL.....	212
7.4.1.4 Cilindros neumáticos	214
7.4.1.5 Válvulas de Control Neumáticas.....	215

7.4.1.6 Elementos Accesorios Auxiliares.....	216
7.4.2 Componentes del sistema de control electromecánico.....	216
7.4.2.1 Suministro de energía y protección eléctrica.....	216
7.4.2.2 Conductores eléctricos y borneras	217
7.4.2.3 Elementos de mando, detección y control	217
7.4.2.4 Distribuidores o electroválvulas	217
7.4.2.5 Motor eléctrico del compresor	218
7.5 Detección de fallas	218
7.6 Mantenimiento del compresor de aire	219
7.7 Programa (aspectos en el) de mantenimiento de los compresores	221
7.8 Preguntas	224
Apéndices	227
A. Entidades de normalización.....	227
B. Grados de protección IP.....	228
C. Referencias bibliograficas.....	228
D. Direcciones de internet.....	229

Índice de figuras

Figura 1.1 Diagrama de bloques Proceso Industrial.....	21
Figura 1.2 Diagrama de bloques de Sistema en Lazo Cerrado	23
Figura 1.3 Diagrama de bloques Sistema en lazo Abierto.....	23
Figura 1.4 Lazo abierto	25
Figura 1.5 Lazo Cerrado.....	26
Figura 2.1. ÁTOMO.....	32
Figura 2.2 Símbolo Voltaje.....	34
Figura 2.3 Gráfica voltaje directo	35
Figura 2.4 Símbolo voltaje DC.....	36
Figura 2.5 Gráfica voltaje alterno senoidal.....	37
Figura 2.6 Señales desfasadas.....	38
Figura 2.7 Símbolo voltaje altero senoidal	39
Figura 2.8 Símbolo impedancia	40
Figura 2.9 Grafica corriente directa.....	41
Figura 2.10 Símbolo de la corriente directa.....	41
Figura 2.11 Circuito eléctrico	46
Figura 2.12. Conexión en serie.....	47
Figura 2.13. Conexión en paralelo.....	48

Figura 2.14. Conexión mixta.....	48
Figura 2.15 Instrumento multímetro.....	50
Figura 2.16 Medición de voltaje directo.....	51
Figura 2.17 Medición de voltaje alterno	52
Figura 2.18 Medición de corriente directa	52
Figura 2.19 Medición de resistencia	53
Figura 2.20 Símbolo fusible protección eléctrica.....	55
Figura 2.21 Fusible	55
Figura 2.22 Conexión a tierra	56
Figura 3.1a Cilindros.....	67
Figura 3.1b Válvulas.....	67
Figura 3.1c Nomenclatura	68
Figura 3.1d Accionamientos.....	68
Figura 3.1e Regulación	69
Figura 3.1f Energía y mantenimiento.....	69
Figura 3.1g Elementos de control	70
Figura 3.2 Circuito neumático.....	71
Figura 3.3 Tipos de contactos	73
Figura 3.4 Tipos de pulsador	73
Figura 3.5 Pulsador retorno resorte.....	73
Figura 3.6 Pulsador de enganche	74
Figura 3.7 Símbolo fin de carrera.....	75
Figura 3.8 Símbolo red switch	75
Figura 3.9. Símbolo sensores inductivos.....	76
Figura 3.10 Símbolo presóstato	76
Figura 3.11 Relé.....	78
Figura 3.12 Diagrama de tiempo ON DELAY	79
Figura 3.13 Símbolo ON DELAY	79
Figura 3.14 Diagrama de tiempo OFF DELAY	79
Figura 3.15 Símbolo OFF DELAY.....	80
Figura 3.16 Solenoide de electroválvula.....	81
Figura 3.17 Símbolo de Electroválvulas	81
Figura 3.18 Símbolo de electroválvulas	82
Figura 3.19 Símbolo de electroválvulas	82
Figura 3.20 Circuito de control	86
Figura 3.21 Circuitos neumático y de control	88
Figura 4.1 Mando directo válvula 3/2	94
Figura 4.2 Mando directo válvula 5/2	95

Figura 4.3 Mando directo	95
Figura 4.4 Mando directo cilindro simple efecto	96
Figura 4.5 Circuito con enclavamiento	97
Figura 4.6 Circuito con simultaneidad	98
Figura 4.7 Circuito tipo selector	98
Figura 4.8 Circuito autoretención.....	99
Figura 4.9 Circuito con impulso inicial y permanente.....	100
Figura 4.10 Circuito neumático con cilindros doble efecto	101
Figura 4.11 Circuito de control para secuencias forzadas	101
Figura 4.12 Circuito electroneumático con temporizador ON DELAY	102
Figura 4.13 Circuito electroneumático con temporizador OFF DELAY	103
Figura 4.14 Circuito electroneumático con electroválvulas 5/2	104
Figura 4.15 Circuito de control eléctrico con temporizador ON DELAY	104
Figura 4.16 Circuito electroneumático con presóstato	105
Figura 4.17 Circuito electroneumático con presóstato	106
Figura 4.18 Circuito electroneumático con presóstato	107
Figura 4.19 Circuito eléctrico	107
Figura 4.20 Símbolo fin de carrera abatible.....	108
Figura 4.21 Circuito electroneumático con fin de carrera abatible.....	109
Figura 4.22 Circuito de control con fin de carrera abatible.....	110
Figura 4.23 Circuito electroneumático con fin de carrera normal.....	110
Figura 4.24 Símbolo fin de carrera normal.....	111
Figura 4.25 Circuito electroneumático con fin de carrera normal.....	111
Figura 4.26 Diagrama de fase para problema 6	112
Figura 4.27 Diagrama de fase para problema 7	113
Figura 4.28 Diagrama de fase para problema 13.....	113
Figura 4.29 Diagrama de fase para problema 14.....	114
Figura 4.30 Diagrama de fase para problema 16.....	114
Figura 4.31 Diagrama neumático para problema 17.....	114
Figura 4.32 Diagrama neumático para problema 17.....	115
Figura 4.33 Diagrama de fase para problema 18.....	115
Figura 5.1 Diagrama de fase.....	119
Figura 5.2 Diagrama de fase.....	120
Figura 5.3 Circuito de control eléctrico	121
Figura 5.4 Diagrama de señales de mando.....	122
Figura 5.5 Diagrama de fase y señales de mando	124
Figura 5.6 Circuito electroneumático.....	124
Figura 5.7 Diagrama de fase y señales de mando	125

Figura 5.8 Circuito electroneumático.....	125
Figura 5.9 Diagrama de fase y señales de mando	127
Figura 5.10 Circuito de control electroneumático.....	127
Figura 5.11 a.	128
Figura 5.11b. Diagrama de fase y señales de mando	128
Figura 5.12.a Circuito neumático.....	129
Figura 5.12.b Circuito de control eléctrico	129
Figura 5.13 Diagrama de fase y señales de mando.....	130
Figura 5.14 Circuito neumático y de control eléctrico.....	131
Figura 5.15 Diagrama de señales de fase y de mando.....	132
Figura 5.16ª Circuito neumático.....	132
Figura 5.16b Circuito de control eléctrico	133
Figura 5.17 Diagrama de fase y señales de mando.....	134
Figura 5.18a Circuito neumático.....	134
Figura 5.18b Circuito de control eléctrico	135
Figura 5.19 Circuito de control eléctrico.....	135
Figura 5.20 Diagrama de fase y señales de mando.....	137
Figura 5.21 Diagrama de fase y señales de mando.....	138
Figura 5.22a Circuito neumático.....	139
Figura 5.22b Circuito de control eléctrico	139
Figura 5.23 Diagrama de fase y señales de mando.....	141
Figura 5.24a. Circuito neumático.....	141
Figura 5.24b. Circuito de control eléctrico	142
Figura 5.25 Diagrama de fase y señales de mando.....	144
Figura 5.26a Circuito neumático.....	144
Figura 5.26b Circuito de control eléctrico	144
Figura 5.27 Diagrama de fase y señales de mando.....	146
Figura 5.28a. Circuito neumático.....	147
Figura 5.28b Circuito de control eléctrico	147
Figura 5.29 Diagrama neumático para problema 2	149
Figura 5.30 Diagrama neumático para problema 3	150
Figura 5.31 Diagrama neumático para problema 4	151
Figura 5.32 Diagrama neumático para problema 5	151
Figura 5.33 Diagrama de fase para el problema 6.....	151
Figura 5.34 Diagrama electroneumático para problema 8	152
Figura 6.1 Compresor de aire.....	155
Figura 6.2 Símbolo compresor de aire.....	156
Figura 6.3 Tanque almacenamiento de aire.....	156

Figura 6.4 Símbolo tanque de aire	156
Figura 6.5 Filtro y secador de aire real	162
Figura 6.6 Regulador de presión	163
Figura 6.7 Lubricador de aire.....	163
Figura 6.8 Unidad Filtro-secador-regulador	164
Figura 6.9 Símbolo unidad de mantenimiento de aire.....	164
Figura 6.10 Símbolo unificado unidad de mantenimiento de aire	165
Figura 6.11 Cilindros neumático simple efecto y su símbolo.....	165
Figura 6.12 Cilindro neumático de doble efecto y su símbolo	166
Figura 6.13 Pulsador retorno resorte y su símbolo eléctrico	167
Figura 6.14 Pulsador de enganche y su símbolo eléctrico	168
Figura 6.15 Cilindro y sensor final de carrera	169
Figura 6.16 Tipo de finales de carrera	169
Figura 6.17 Accionamiento eléctrico de finales de carrera	170
Figura 6.18 Cilindro y sensores reed switch.....	171
Figura 6.19 Sensor reed switch-datos técnicos.....	171
Figura 6.20 Símbolo eléctrico del reed switch	171
Figura 6.21 Sensor magnético	172
Figura 6.22 Esquema electrónico sensor magnético.....	172
Figura 6.23 Símbolo sensor magnético	173
Figura 6.24 Símbolo presóstato	173
Figura 6.25a Relé eléctrico	174
Figura 6.25b Símbolo Relé electromagnético.....	175
Figura 6.26 Diagrama de tiempo y símbolo temporizador ON DELAY	176
Figura 6.27 Temporizador OFF DELAY.....	176
Figura 6.28 Diagrama de tiempo del temporizador OFF DELAY	176
Figura 6.29a Electroválvula monoestable	177
Figura 6.29b Electroválvula monoestable	178
Figura 6.30a Electroválvula biestable.....	178
Figura 6.30b Electroválvula biestable	178
Figura 6.31 Manómetro y su símbolo	179
Figura 6.32 Indicador de presión lumínico y su símbolo	180
Figura 6.33 Silenciador y su símbolo	180
Figura 6.34 Válvula unidireccional y su símbolo	181
Figura 6.35 Regulador de caudal y su símbolo.....	181
Figura 6.36 Elemento distribuidor de aire.....	182
Figura 6.37 Manguera para aire	182
Figura 6.38 Silenciador y su símbolo	183

Introducción

Hoy en día la mayoría de los procesos de fabricación en las industrias son implementados con sistemas automáticos. Lo anterior con el fin de estandarizar la producción, reducir costos, aumentar la productividad, la calidad y lo que es más importante liberar a las personas de trabajos repetitivos y de fuerza muscular, actividades que pueden ser desarrolladas por máquinas o procesos automatizados de forma más eficiente.

Existen diferentes tecnologías de automatización como son la neumática, la electroneumática y la electrónica cada una con sus características particulares. En este libro "*AUTOMATIZACIÓN ELECTRONEUMÁTICA BÁSICA*", se presenta todo lo relacionado con los dispositivos propios del área electroneumática y el diseño de automatismos básicos utilizando el conocimiento, la experiencia y fundamentalmente la intuición de las personas.

El propósito primario de este libro es la adquisición por parte del lector de una comprensión a fondo de los conceptos fundamentales de la automatización electroneumática y sus aplicaciones a problemas reales. Dentro de este contexto, el libro está diseñado específicamente para cursos relacionados con sistemas electroneumáticos.

Pretendemos que este libro sea un material de apoyo pedagógico y didáctico para ingenieros, licenciados o técnicos a la cátedra "Automatización Electro-neumática" que se imparte en los centros de educación de niveles técnicos, tecnológicos y universitarios.

La organización y presentación de los temas están diseñadas para ayudar al docente a presentar el material de manera clara y lógica, y al estudiante para comprender los conceptos y técnicas, de modo que se desarrolle una metodología de enseñanza-aprendizaje eficiente y eficaz dentro de este contexto educativo.

Hemos trabajado con esmero en la organización de los temas para presentarlos de la manera más simple posible, de modo que puedan ser comprendidos

rápidamente por el lector. El libro está diseñado con ejemplos ilustrativos, tablas y figuras que permiten al estudiante clarificar y reforzar los conocimientos presentados a lo largo del libro, adicionalmente al final de cada capítulo se presentan una serie de problemas propuestos que tienen como objetivo evaluar el aprendizaje del estudiante así como el nivel de competencia adquirido por éste en los contextos educativo y tecnológico.

Consideramos que el libro contiene material suficiente como para formar al lector en esta especialidad y capacitarlo para resolver problemas básicos de automatización electroneumática.

La estructuración del libro se realiza a través de seis capítulos articulados en forma lógica y secuencial respecto a la temática presentada.

Iniciamos en el *capítulo 1* estudiando algunos aspectos relacionados con la automatización, sus diferentes estructuras en lazo abierto, lazo cerrado y la posibilidad de controles combinacionales y secuenciales.

En el *capítulo 2* estudiamos la teoría eléctrica, que es fundamental para entender el funcionamiento de los elementos electromecánicos y, adicionalmente, para realizar tareas en lo que tiene que ver con la instalación y mantenimiento. Igualmente se explica el concepto de circuito eléctrico y las conexiones básicas. En la parte final mostramos el manejo de los instrumentos de medición de las variables eléctricas y los aspectos relacionados con la seguridad de las personas respecto al manejo de la electricidad.

Luego en el *capítulo 3*, se estudia la estructura de los sistemas electroneumáticos constituido por el *circuito neumático* y *el de control*, además, los elementos o dispositivos que los forman: cilindros, interruptores, relés, electroválvulas, etc. Igualmente se explica la forma esquemática como se representan los circuitos eléctricos de control cableado.

"*La teoría del control intuitivo*", si se puede llamar así, la estudiamos en el *capítulo 4*, se muestran configuraciones electroneumáticas básicas y ejemplos de aplicación.

En el *capítulo 5* se estudian, a través de ejemplos, sistemas electroneumáticos más complejos en los que intervienen hasta cuatro actuadores o cilindros.

En el *capítulo 6*, estudiamos más detalladamente los dispositivos y elementos utilizados en sistemas electroneumáticos. Se presentan cada uno de ellos desde una perspectiva más real acompañada con datos técnicos y adicionalmente hacemos un paralelo respecto a su simbología.

En el capítulo final (7), se indica sobre las acciones referentes al mantenimiento preventivo y correctivo. Se sabe que un buen mantenimiento de un sistema electroneumático propicia problemas mínimos y, probablemente, minimiza en gran parte el tiempo de paro, con ciclos de trabajo más productivos. Un mantenimiento inadecuado o insuficiente causará paros importantes en la producción.

El libro "*AUTOMATIZACIÓN ELECTRONEUMÁTICA BÁSICA*" entra a formar parte de la escasa bibliografía existente respecto a ésta área ya que son pocos los libros publicados sobre ella. Hay abundante gama de catálogos técnicos proporcionados por los fabricantes de partes electroneumáticas, pero en ellos la teoría general de diseño y aplicación no se presenta en forma organizada y secuencial que respondan a los procesos educativos de enseñanza-aprendizaje.

Con esta obra el autor dedicado ya hace varias décadas a la docencia, pretenden plasmar los conocimientos adquiridos en sus épocas laborales en la industria como ingeniero de mantenimiento, y ponerlos al servicio de las personas interesadas en adquirir este conocimiento tan valioso y de tanta aplicación en los procesos industriales.

Estoy seguro que el conocimiento adquirido respecto a los sistemas *electroneumáticos* les será de gran utilidad en un futuro en su desempeño profesional.

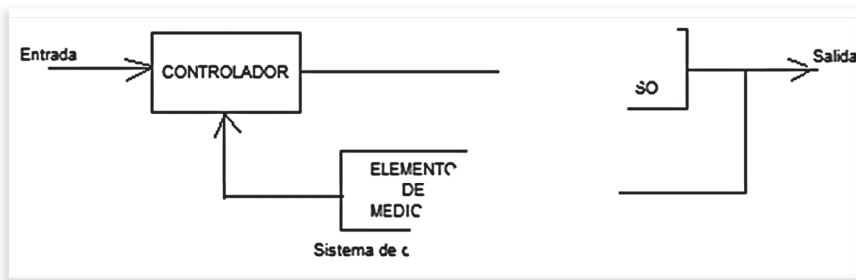
Por último, quiero invitar a los ingenieros, licenciados, tecnólogos, técnicos y lectores interesados en éstos temas relacionados con la electroneumática a profundizar en los conocimientos de ésta importante área consultando nuestros libros: "*Automatización Neumática*", "*Automatización Electroneumática Métodos Sistemáticos*" y "*Automatización Neumática con Control Lógico Programable*" complementarios entre sí ya que le proporcionarán una *visión global* y articulada de éstas técnicas de automatización.

Juan Camilo Vásquez Cortés.

Ingeniero Electrónico

Capítulo 1

Fundamentos de automatización



La automática es la “ciencia que estudia los métodos y procedimientos que permiten la sustitución del operador humano por un operador artificial, en la ejecución de una tarea física o mental, previamente programada”.

La automática se utiliza en el control de los procesos industriales.

1.1 Proceso industrial

Se entiende por proceso industrial, un conjunto de acciones de transporte y transformación de materias primas para obtener un producto final.

En la figura 1.1 se muestra un diagrama de bloques para representar un proceso industrial.



Figura 1.1 Diagrama de bloques Proceso Industrial

Entre los procesos industriales se destacan: procesos continuos y procesos discretos.

1.1.1 Procesos continuos

Son procesos ininterrumpidos en el tiempo en los que se manipulan básicamente variables análogas como temperatura, velocidad, presión, etc. En ellos las variables se miden y regulan de manera continua.

1.1.2 Procesos discretos

En estos procesos el producto de salida se obtiene a partir de una serie de acciones que suceden de acuerdo con reglas lógicas preestablecidas. Estos procesos involucran variables que pueden tomar solamente dos valores o estados posibles (SI o NO, activado=1 o desactivado=0).

El sistema de control, en estos procesos, debe diseñarse para responder a variaciones de tipo binario. El estado de las variables de salida responde a una combinación o a una secuencia de las variables de control.

Son procesos de manufactura discretos la fabricación de autos, artefactos eléctricos, etc. Los sistemas electroneumáticos también son procesos discretos.

El control de procesos industriales (continuos, discretos) se ha asociado con el concepto de automatización y se realiza mediante los llamados automatismos.

1.2 Automatismos o sistema de control

Un automatismo es el conjunto de elementos que permiten el desarrollo autónomo de un proceso industrial.

Existen dos tipos básicos de sistemas de control:

1.2.1 Sistema de control en lazo cerrado

Un sistema de control en lazo cerrado es aquel en el que la señal de salida tiene efecto directo sobre la acción de control. Esto es, los sistemas de control en lazo cerrado son sistemas de control realimentado. La señal de error actuante, que es la diferencia entre la señal de entrada y la de realimentación, entra al detector o control y es procesada en forma de reducir el error y llevar la salida

del sistema al valor deseado. En otras palabras, el término “lazo cerrado” implica el uso de acción de realimentación para reducir el error del sistema.

En la figura 1.2 se muestra el diagrama de bloques de un sistema de control en lazo cerrado.

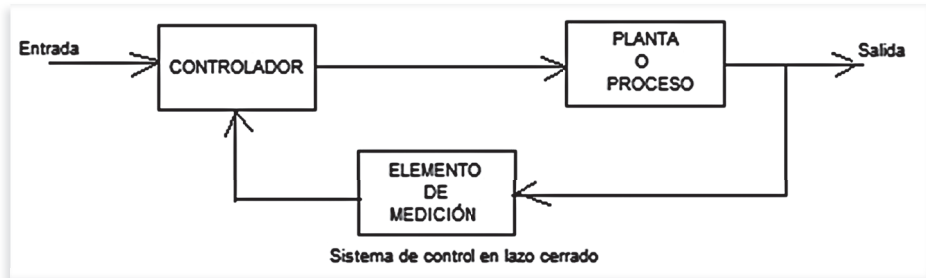


Figura 1.2 Diagrama de bloques de Sistema en Lazo Cerrado

Los elementos que componen un automatismo, como se muestra en la figura 1.2, son: el controlador, elemento de mando, captadores (sensores), los actuadores o accionadores y el proceso controlado.

1.2.2 Sistema de Control en Lazo Abierto

Los sistemas de control en lazo abierto son sistemas de control en los que la salida no tiene efecto sobre la acción de control. Es decir, en un sistema de control en lazo abierto la salida ni se mide ni se realimenta para comparación con la entrada. En la figura 1.3 se muestra un diagrama de bloques para este tipo de control.

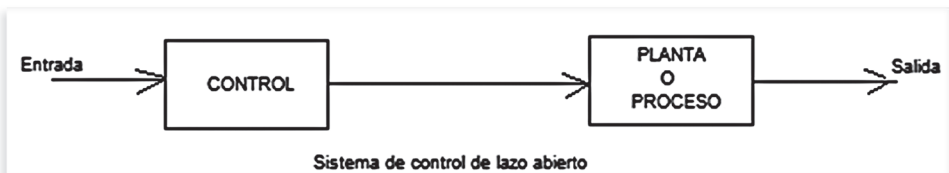


Figura 1.3 Diagrama de bloques Sistema en lazo Abierto

Entre ellos están los sistemas de control que funcionan sobre una base de tiempo.

Los elementos que componen un automatismo en lazo cerrado, como se muestra en la figura 1.2, son: el controlador, la planta o proceso, captadores (sensores). Para el sistema en lazo abierto, como se muestra en la figura 1.3, el

automatismo está formado por el controlador y la planta o proceso, en éste no interviene el elemento sensor.

En cualquiera de los dos tipos de sistemas de control mencionados (lazo cerrado o lazo abierto) el elemento controlador puede ser diseñado con lógica combinacional y/o secuencial.

- En los sistemas combinacionales los valores de las variables de salida dependen única y exclusivamente de la combinación de las variables de entrada en ese instante.
- En los sistemas secuenciales los valores de las variables de salida dependen de la combinación de las variables de entrada, sino también, de la historia pasada del sistema. Los circuitos secuenciales poseen dispositivos capaces de almacenar información binaria, que permiten conservar el valor de las variables de salida aunque no estén presentes las entradas que los produjeron.

Un sistema secuencial es un sistema cuyo funcionamiento depende de una secuencia de fases o etapas, determinadas por un conjunto de reglas previamente establecidas.

Las fases de un automatismo (sistema) secuencial pueden ser evento-controladas o tempo-controladas.

En el primer caso, cada fase es iniciada por la ocurrencia de un evento (la activación de un interruptor o detector, etc). En las fases tempo-controladas, cada una se inicia en un tiempo dado o después de transcurrido un intervalo de tiempo determinado. En un proceso real pueden ocurrir los dos tipos de fases.

En el diseño de los controladores combinacionales y secuenciales se puede utilizar la intuición, la lógica de Boole y las metodologías Cascada y Paso a Paso. Estos controladores se puede desarrollar utilizando varias estrategias, como son: lógica implementada con aire a presión (neumática), lógica cableada y lógica programada, en su implementación se utilizan dispositivos de neumática pura, electromecánica (eléctrica-mecánica) y electrónica.

Para realizar control neumático se utiliza se utilizan los elementos mecánicos activados por aire a presión sin la intervención de le electricidad.

El control en lógica cableada se implementa con dispositivos electromecánicos interconectados entre sí, tales como: pulsadores, detectores, etc y el relé como elemento básico.

Para el control en lógica programada se utilizan dispositivos electrónicos digitales microprocesados como son el Control Lógico Programable y el Computador a nivel industrial, éstos permiten la implementación de algoritmos complejos de control desarrollados en lenguaje de programación.

1.3 Automatización industrial

En la sociedad a nivel industrial, los sistemas automatizados han permitido el desarrollo tecnológico, a través del mejoramiento de los procesos de producción, en virtud de agilizar y optimizar las tareas efectuadas por las máquinas y la intervención del hombre, llevando un mayor control y disminución de los riesgos (operario, producto, máquina), presentes en cualquier máquina automatizada.

La automatización permite la eliminación total o parcial de la intervención humana en los procesos de fabricación y asume algunas funciones intelectuales más o menos complejas de cálculo y de decisión.

El proceso de automatización en lazo abierto se puede representar por un diagrama de bloques como se muestra en la figura 1.4.



Figura 1.4 Lazo abierto

Todo proceso de automatización en lazo cerrado se puede representar por el diagrama de bloques de la figura 1.5 y podemos distinguir las siguientes partes:

- Dialogo Hombre - Máquina
- Detección - Sensórica
- Tratamiento de la información
- Actuadores o accionadores
- Sistema controlado

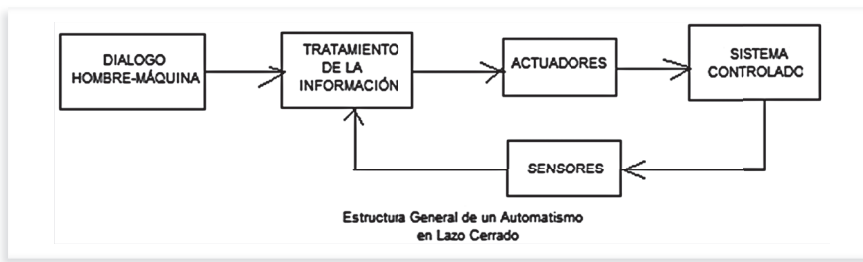


Figura 1.5 Lazo Cerrado

Las tecnologías o técnicas más empleadas en la industria, para la realización de los automatismos son:

Neumática

Utiliza como fuente de energía el aire comprimido, el cual se obtiene de sistemas compresores. El elemento base para el tratamiento de las señales es el distribuidor neumático. Las señales deben traducirse a presencia o ausencia de presión neumática. Generalmente se controla las posiciones de cilindros neumáticos. Utiliza la lógica neumática en el diseño. En el libro Automatización Neumática, se trata todo lo relacionado con esta área.

Electromecánica

Es el área formada por la interacción entre la electricidad y la mecánica. El elemento principal de esta técnica es el relé. El relé está constituido por una bobina que al ser activada por medio de una señal (voltaje) abre o cierra unos contactos, que están anclados a una armadura a través de un muelle, produciendo de esta forma una señal de salida. Utiliza la técnica de lógica cableada, que es la interconexión de los elementos del automatismo por medio de conductores eléctricos. Otro elemento muy importante perteneciente a esta área es la electroválvula que estudiaremos más adelante en su momento oportuno.

Electrónica

Utiliza como base de funcionamiento los semiconductores, que debidamente conectados forman unidades de electrónica integrada análogas y principalmente digitales, como son las unidades microprocesadas entre ellas los Controladores Lógicos Programables (PLC). Para su funcionamiento utiliza software especializado, por medio del cual, se realiza el programa de control utilizando la lógica programada requerida y luego se transfiere a la memoria del controlador para que este realice su ejecución. En el libro Automatización Neumática con PLC desarrollamos los aspectos relacionados con la automatización programada.