UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA
DIVISION DE ESTUDIOS DE POST-GRADO

INVESTIGACION, ANALISIS Y DESARROLLO DE UN MANUAL PARA EL DISEÑO DE UN SISTEMA NEUMATICO

POR

ING. RICARDO LAUREANO VILLARREAL

TESIS

EN OPCION AL GRADO DE MAESTRO DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA MECANICA CON ESPECIALIDAD EN TERMICA Y FLUIDOS

SAN NICOLAS DE LOS GARZA, NUEVO LEON
ENERO DEL 2001

R. L. V.

INVESTIGACION, ANALISIS Y DESARROLLO DE UN MANUAL PARA EL DISEÑO DE UN SISTEMA NEUMATICO

TM
TJ219
L3
2001
c.1

2001

1080111863

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA

DIVISION DE ESTUDIOS DE POST-GRADO

INVESTIGACION, ANALISIS Y DESARROLLO DE UN MANUAL PARA EL DISEÑO DE UN SISTEMA NEUMATICO

POR

ING. RICARDO LAUREANO VILLARREAL

TESIS

EN OPCION AL GRADO DE MAESTRO DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA MECANICA CON ESPECIALIDAD EN TERMICA Y FLUIDOS

SAN NICOLAS DE LOS GARZA, NUEVO LEON
ENERO DEL 2001

UANL
FONDO
TESIS

TM
TJ219
L3
2001

BMU Raúl Rangel Frías
UANL
FONDO
TESIS

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POST-GRADO

INVESTIGACIÓN, ANÁLISIS Y DESARROLLO DE UN MANUAL PARA EL DISEÑO DE UN SISTEMA NEUMÁTICO

POR

ING. RICARDO LAUREANO VILLARREAL

TESIS

EN OPCIÓN AL GRADO DE MAESTRO DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA MECÁNICA CON ESPECIALIDAD EN TÉRMICA Y FLUIDOS

SAN NICOLÁS DE LOS GARZA, NUEVO LEÓN

ENERO DEL 2001

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POST-GRADO

INVESTIGACIÓN, ANÁLISIS Y DESARROLLO DE UN MANUAL PARA EL DISEÑO DE UN SISTEMA NEUMÁTICO

POR

ING. RICARDO LAUREANO VILLARREAL

TESIS

EN OPCIÓN AL GRADO DE MAESTRO DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA MECÁNICA CON ESPECIALIDAD EN TÉRMICA Y FLUIDOS

SAN NICOLÁS DE LOS GARZA, NUEVO LEÓN

ENERO DEL 2001

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POST-GRADO

Los miembros del comité de tesis recomendamos que la tesis **INVESTIGACIÓN, ANÁLISIS Y DESARROLLO DE UN MANUAL PARA EL DISEÑO DE UN SISTEMA NEUMÁTICO** realizada por el **ING. RICARDO LAUREANO VILLARREAL**, sea aceptada para su defensa con opción al grado de Maestro en Ciencias de la Ingeniería Mecánica con especialidad en Térmica y Fluidos.

El Comité de Tesis:

Asesor

M.C. Roberto Villarreal Garza

Coasesor

M.C. Daniel Ramírez Villarreal

Coasesor

M.C. Joel González Marroquín

Vo.Bo.

M.C. Roberto Villarreal Garza

División de Estudios de Post-grado

San Nicolás de los Garza, Nuevo León a 10 de Enero del 2001

DEDICATORIAS

A Dios, doy gracias por darme la oportunidad de vivir, y haber logrado algo más en esta vida.

A mi papá (✞); y a mi mamá que me apoyo y me dio alientos para seguir adelante; como también lo hubiera hecho mi papá, a quien se la dedico de todo corazón.

A mi esposa Laura, a mis hijos Laura y Ricardo, que me brindaron apoyo; sacrificios durante el tiempo que estuve realizando los estudios de la maestría.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma de Nuevo León, por su apoyo en las diferentes áreas académicas que hemos utilizado.

A la Facultad de Ingeniería Mecánica y eléctrica, por permitirme estar en esta institución y poderme desarrollar profesionalmente.

Al M.C. Roberto Villarreal Garza, Subdirector de Post-grado de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, que fue el principal impulsor que tuve para el desarrollo de esta tesis.

A mis amigos, Ing. Jesús Villarreal Lozano, Ing. Raúl Escamilla Garza y al Ing. Alberto Frutos Guerra, que juntos pudimos cristalizar este sueño.

A mis coasesores, M.C. Daniel Ramírez Villarreal y al M.C. Joel González Marroquin por la ayuda desinteresada que me dieron para poder terminar mi tesis.

ÍNDICE

Capítulo	Página
Prólogo	
Síntesis	i
1 Introducción	1
1.1 Objetivo de la tesis	2
1.2 Justificación de la tesis	2
1.3 Metodología	3
2 Introducción a la neumática	5
2.1 Propiedades del aire comprimido	6
3 Sistemas para el accionamiento del aire	9
3.1 Sistemas de producción de aire	10
3.2 Sistema de consumo de aire	12
4 Teoría del aire comprimido	14
4.1 Unidades	14
4.2 Propiedades de los gases	20
4.3 Caudal	26
4.3.1 Ecuación de Bernoulli	26
4.4 Humedad del aire	27
4.4.1 Humedad relativa	28
4.5 Presión y caudal	28
5 Compresión y distribución del aire	33
5.1 Generadores de aire comprimido	33
5.2 Tipos de compresores	34
5.3 Compresores alternativos	35
5.3.1 Compresor de émbolo de una etapa	35
5.3.2 Compresor de émbolo de dos etapas	36

5.3.3 Compresor de diafragma 37
5.3.4 Compresor rotativo 38
5.3.4.1 Compresor rotativo de paleta deslizante 38
5.3.4.2 Compresor de tornillo 39
5.3.5 Turbo compresores 40
5.4 Selección del compresor 43
5.4.1 Caudal 43
5.4.2 Presión 44
5.4.3 Accionamiento 45
5.4.4 Regulación 46
5.5 Accesorios del compresor 49
5.5.1 Depósito del aire comprimido 49
5.5.2 Selección del tamaño del depósito 50
5.5.3 Filtro de entrada 51
5.6 Deshidratación del aire 52
5.6.1 Post-refrigeración 52
5.6.2 Refrigeración del aire 52
5.6.3 Refrigeración del agua 53
5.7 Secadores de aire 54
5.7.1 Secado por absorción (coalescente) 55
5.7.2 Secado por absorción (desecante) 56
5.7.3 Secado por refrigeración 57
5.8 Filtración de alimentación general 58
5.9 Distribución del aire 59
5.9.1 Final de línea muerta 60
5.9.2 Conducto principal en anillo 61
5.9.3 Líneas secundarias 62
5.10 Purgado del aire 63
5.11 Selección de tuberías y accesorios 64
5.12 Materiales para la tubería 68
6 Acondicionamiento del aire 74

6.1 Tratamiento del aire 74
6.2 Filtraje 75
6.2.1 Filtro standard 75
6.2.2 Filtros micrónicos 76
6.2.3 Filtros submicrónicos 77
6.2.4 Selección del filtro 78
6.3 Calidad del aire 78
6.3.1 Niveles de filtraje 78
6.4 Regulación de presión 81
6.4.1 Regulador estándar 82
6.4.2 Regulador accionado por piloto 85
6.4.3 Filtro regulador 86
6.4.4 Selección del tamaño de un regulador 87
6.5 Lubricación del aire comprimido 88
6.5.1 Lubricadores proporcionales 89
6.6 Unidad de mantenimiento 91
6.6.1 Caudal en las unidades de mantenimiento 92
7 Actuadores 94
7.1 Cilindros lineales 94
7.1.1 Cilindros de simple efecto 95
7.1.2 Cilindros de doble efecto 96
7.2 Construcción de un cilindro 96
7.2.1 Amortiguación 97
7.3 Tipos especiales del cilindro 99
7.3.1 Vástago doble 99
7.3.2 Cilindro tándem 100
7.3.3 Cilindro multiposicional 100
7.3.4 Cilindro de bloqueo 101
7.3.5 Cilindro plano 102
7.3.6 Cilindro con vástago antigiro 103
7.4 Montaje del cilindro 104

7.4.1 Juntas flotantes 105
7.5 Fuerza del cilindro 105
7.5.1 Fuerza teórica 105
7.5.2 Fuerza necesaria 107
7.5.3 Límite de pandeo 111
7.5.4 Caudal del aire y consumo 112
7.6 Control de velocidad 117
7.7 Actuadores especiales 119
7.7.1 Cilindros con vástago 119
7.7.2 Unidades deslizantes 120
7.7.3 Cilindro de vástago hueco 121
7.7.4 Pinzas 122
7.8 Actuadores de giro 122
7.8.1 Tipo de piñón – cremallera 122
7.8.2 Actuadores de giro por paleta 123
8 Válvulas de control direccional 129
8.1 Funciones de las válvulas 129
8.1.1 Monoestables y biestables 131
8.2 Tipos de válvulas 131
8.2.1 Válvula de asiento vertical 132
8.2.2 Válvula de corredera 134
8.2.3 Válvula de tirador 134
8.2.4 Juntas elastómeras 135
8.2.5 Juntas metálicas 136
8.2.6 Válvula de corredera plana 137
8.2.7 Válvulas rotativas 137
8.3 Accionamiento de las válvulas 138
8.3.1 Accionamiento mecánico 138
8.3.2 Accionamiento manual 140
8.3.3 Accionamiento por pilotaje neumático 141
8.3.4 Accionamiento por aire directo e indirecto 143

8.3.5 Accionamiento mecánico (por solenoides) 144
8.4 Montaje de válvulas 146
8.4.1 Conexión directa 146
8.4.2 Bloques de válvulas 147
8.4.3 Placas bases 148
8.4.4 Placas bases múltiples 148
8.4.5 Placas bases acopladas 149
8.5 Cálculo del tamaño de la válvula 149
8.6 Válvulas auxiliares 153
8.6.1 Válvulas anti-retorno 153
8.6.2 Controladores de velocidad 153
8.6.3 Válvula selectora de circuito (suma) 154
8.6.4 Válvula de escape rápido 155
9 Simbología y normas de la neumática 156
9.1 Símbolos y descripción de los componentes 156
9.2 Seguridad 172
10 Circuitos básicos 176
10.1 Introducción 176
10.2 Funciones elementales 177
10.2.1 Amplificación del caudal 177
10.2.2 Inversión de la señal 178
10.2.3 Selección 178
10.2.4 Función de la memoria 179
10.3 Funciones del tiempo 180
10.3.1 Temporización a la conexión 182
10.3.2 Temporización a la desconexión 183
10.3.3 Impulso de presión a la conexión 183
10.3.4 Impulso a la desconexión de una válvula 184
10.4 Control del cilindro 185
10.4.1 Control manual de un cilindro de simple efecto con accionamiento directo y control de velocidad 185

10.4.1.1 Control desde dos puntos: Función (OR) 186
10.4.1.2 Esclavamiento: Función (AND) 187
10.4.1.3 Funcionamiento inverso: Función (NOT) 188
10.4.2 Cilindro de doble efecto 189
10.4.2.1 Control directo 189
10.4.2.2 Mantenimiento de las posiciones finales 190
10.4.3 Detección de las posiciones finales 192
10.4.3.1 Retorno automático 192
10.4.3.2 Carreras repetitivas 194
10.5 Control de secuencia 195
10.5.1 Cómo describir una secuencia 195
10.5.2 Secuencias de los cilindros 195
10.5.3 Ciclo único, ciclo continuo 197
10.6 Comandos opuestos 198
10.6.1 Anclaje. Control de presión 198
10.6.2 Sistemas de cascada 200
11 Caso práctico 204
12 Conclusiones y recomendaciones 213
12.1 Conclusiones 213
12.2 Recomendaciones 214
Bibliografía 215
Lista de figuras 216
Lista de tablas 222
Apéndice A. Definición de términos técnicos 223
Apéndice B. Tablas de selección de válvulas, actuadores y timer 233
Resumen autobiográfico 245

PRÓLOGO

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-material terrestre. 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 irrupción verdadera y generalizada de la neumática en la industria no se inicio, sin embargo, hasta que llego a hacerse más acuciante la exigencia de la automatización y racionalización de los procesos de trabajo.

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

El objetivo de esta tesis es de proporcionar las bases con vistas a la anterior especialización de todos aquellos que tengan que ver con la neumática.