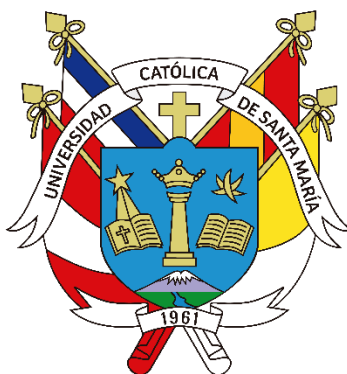


Universidad Católica de Santa María
Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales
Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica



**Diseño e implementación de un módulo de entrenamiento para
sistemas neumáticos y electroneumáticos**

Tesis presentada por la Bachiller:

Guillen Garcia, Brissa Oriana

ORCID: 0009-0009-5155-0655

para optar el Título Profesional de Ingeniero Electrónico

Asesor:

Mg. Málaga Chávez, Cesar Eduardo

ORCID: 0000-0002-5461-5380

Arequipa - Perú
2026

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

INGENIERIA ELECTRONICA

TITULACIÓN CON TESIS

DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR

Arequipa, 31 de Diciembre del 2025

Dictamen: 016673-C-EPIE-2025

Visto el borrador del expediente 016673, presentado por:

2020176772 - GUILLEN GARCIA BRISSA ORIANA

Titulado:

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DE ENTRENAMIENTO PARA SISTEMAS
NEUMÁTICOS Y ELECTRONEUMÁTICOS**

Nuestro dictamen es:

APROBADO

Titulo Profesional/Titulo de Segunda Especialidad/Grado Académico a optar:

INGENIERO ELECTRONICO

**29715414 - COAGUILA GOMEZ RONALD PERCING
DICTAMINADOR**



**29295487 - URRUTIA ESPINOZA MARIO WILLIAM
DICTAMINADOR**



**29720651 - ZEGARRA GAGO HENRY CHRISTIAN
DICTAMINADOR**



Diseño e implementación de un módulo de entrenamiento para sistemas neumáticos y electroneumáticos

INFORME DE ORIGINALIDAD

16%

INDICE DE SIMILITUD

16%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

8%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

literature.rockwellautomation.com

Fuente de Internet

5%

2

aycingenieria.com

Fuente de Internet

2%

3

qdoc.tips

Fuente de Internet

1%

4

Submitted to Universidad Católica de Santa
María

Trabajo del estudiante

1%

5

docplayer.es

Fuente de Internet

1%

6

vsip.info

Fuente de Internet

1%

7

welectronicc.com

Fuente de Internet

1%

8

idoc.pub

Fuente de Internet

1%

Dedicatoria

A Dios por darme la vida y por los dones que me dio para poder desarrollarme como lo estoy haciendo ahora. Gracias por siempre estar conmigo y guiándome siempre para bien.

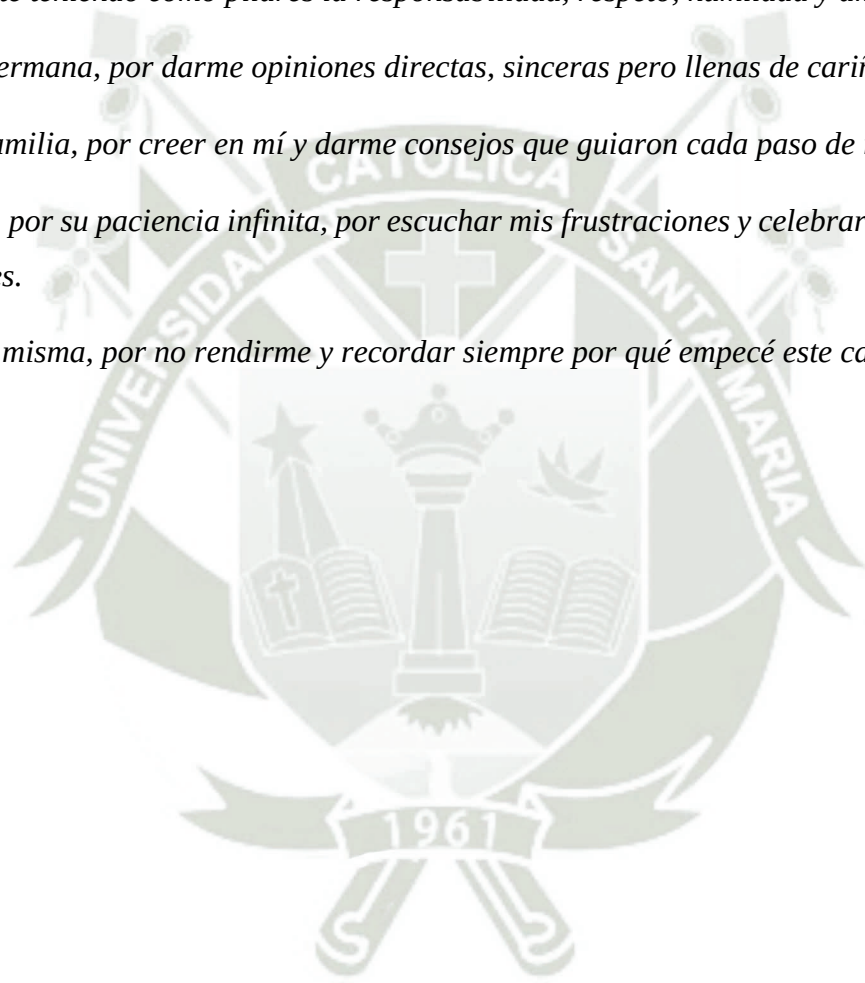
A mis padres, Humberto y Paola, por su esfuerzo y apoyo por permitirme tener acceso a mi educación y llegar a esta etapa de mi vida. Con su ejemplo me inspiran a seguir adelante teniendo como pilares la responsabilidad, respeto, humildad y amor.

A mi hermana, por darme opiniones directas, sinceras pero llenas de cariño.

A mi familia, por creer en mí y darme consejos que guiaron cada paso de mi carrera.

A Luis, por su paciencia infinita, por escuchar mis frustraciones y celebrar mis pequeños avances.

Y a mí misma, por no rendirme y recordar siempre por qué empecé este camino.



Agradecimientos

A mi Alma Mater por brindarme los espacios y recursos para mi formación.

A los ingenieros de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica, que me formaron y compartieron sus conocimientos durante estos 5 años de carrera.

A mi asesor, Ing. Cesar Málaga, por su paciencia y por compartir sus conocimientos conmigo; sin su dirección, este trabajo no habría sido posible.

A el Ing. Cesar Cárdenas por su ayuda técnica en la formulación del proyecto y por las largas jornadas de trabajo que enriquecieron este proyecto.



RESUMEN

El siguiente proyecto tiene como objetivo el diseño y la implementación de un módulo de entrenamiento orientado al aprendizaje de sistemas neumáticos y electroneumáticos, ya que actualmente el uso de sistemas neumáticos y electroneumáticos forma parte de muchos procesos en los diferentes tipos de industria a nivel mundial.

La problemática identificada reside en la ausencia de módulos físicos de sistemas neumáticos y electroneumáticos en los laboratorios de Ingeniería Electrónica lo que ocasionan que el estudiante solo desarrolle su aprendizaje usando la simulación de dichos sistemas.

Es por eso que se decidió realizar este módulo de entrenamiento que cuenta con cilindros de simple y doble efecto, electroválvulas monoestables y biestables, una válvula de accionamiento manual, una unidad de mantenimiento, un compresor de aire, pulsadores, un PLC Micro850 de marca Allen Bradley y sensores capacitivos, inductivos y magnetorresistivos.

Este módulo garantiza que el estudiante pondrá en práctica los conocimientos adquiridos en teoría y en las simulaciones. Además, podrán comprender el uso del módulo con las guías de prácticas y así poder aplicar estos conocimientos en el mundo laboral.

Así mismo, aprenderán a programar el PLC en sus diferentes tipos de lenguaje que tiene su software (Ladder, texto estructurado y diagrama de bloques).

Palabras claves: Módulo de entrenamiento, Neumática, Electroneumática.

ABSTRACT

The following project aims to design and implement a training module focused on learning about pneumatic and electro-pneumatic systems, as their use is currently integral to many processes in various industries worldwide.

The identified problem lies in the lack of physical modules for pneumatic and electro-pneumatic systems in Electronic Engineering laboratories, which forces students to learn solely through simulations of these systems.

Therefore, this training module was developed, featuring single- and double-acting cylinders, monostable and bistable solenoid valves, a manually operated valve, a maintenance unit, an air compressor, pushbuttons, an Allen Bradley Micro850 PLC, and capacitive, inductive, and magnetoresistive sensors.

This module ensures that students will put into practice the knowledge acquired through theory and simulations. Furthermore, they will be able to understand the module's operation with the included practical guides and thus apply this knowledge in the workplace.

They will also learn to program the PLC using the different programming languages available in its software (Ladder Logic, Structured Text, and Block Diagram).

Keywords: Training module, Pneumatics, Electropneumatics.

ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN..... 1

CAPÍTULO I..... 2

1. PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO 3

1.1 Título..... 3

1.2 Identificación del problema 3

1.2.1 Descripción del problema..... 3

1.2.2 Justificación del problema..... 3

1.3 Objetivos 4

1.3.1 Objetivo general 4

1.3.2 Objetivos específicos..... 4

1.4 Antecedentes 5

1.4.1 Antecedentes locales 5

1.4.2 Antecedentes internacionales 5

CAPÍTULO II..... 7

2. MARCO TEÓRICO 8

2.1 Sensores 8

2.1.1 Sensor de proximidad inductivo..... 9

2.1.2 Sensor de proximidad capacitivo 10

2.1.3 Sensor de proximidad óptico..... 11

2.1.4 Sensor de proximidad mecánico 12

2.2 Actuadores 13

2.2.1 Actuadores lineales (Movimiento rectilíneo)..... 14

2.2.1.1	Cilindro de simple efecto (CSE).....	14
2.2.1.2	Cilindros de doble efecto (CDE)	15
2.2.2	Actuadores giratorios (Movimiento rotativo)	17
2.2.2.1	Actuador giratorio limitado	18
2.2.2.2	Motor neumático	18
2.3	Neumática	21
2.3.1	Fundamentos físicos	21
2.3.1.1	Presión	21
2.3.1.2	Caudal	22
2.3.1.3	Temperatura absoluta	22
2.3.1.4	Ley de los gases ideales.....	22
2.3.2	Ventajas y desventajas	23
2.3.3	Diagrama de distribución neumático.....	23
2.3.3.1	Aire comprimido	24
2.3.3.2	Central neumática.....	25
2.3.3.2.1	Compresor	25
2.3.3.2.2	Acumulador	26
2.3.3.2.3	Secadores de aire	27
2.3.3.2.4	Unidad de mantenimiento.....	27
2.4	Sistemas electroneumáticos	28
2.4.1	Diagrama de distribución electroneumático.....	29
2.5	Controladores Lógicos Programables (PLC)	30
2.5.1	Estructura de un PLC	31
2.5.2	Campo de aplicación	31
2.5.3	Ventajas y desventajas	32
2.5.4	Lenguajes de programación	32
2.5.4.1	Lenguaje Ladder (LD)	32

2.5.4.2	Diagrama de bloques funcionales (FBD)	33
2.5.4.3	Texto estructurado (ST).....	33
2.5.4.4	Esquema de Funciones Secuenciales (SFC).....	34
2.5.4.5	Lista de Instrucciones (IL).....	35
2.6	Diseño de sistemas	35
2.6.1	Diseño de sistema paso a paso	35
2.6.2	Diseño de sistema en cascada.....	35
2.7	Control Secuencial	36
2.7.1	Control Secuencial Basado en Eventos	36
2.7.2	Control Secuencial Basado en Tiempo	36
2.8	Norma DIN ISO 1219.....	36
2.8.1	Designación de conexiones, normas básicas de representación.....	36
2.8.2	Instrumentos de conexión, medición y mantenimiento.....	37
2.8.3	Actuadores.....	38
2.8.4	Accionadores.....	38
2.8.5	Válvulas de bloqueo, flujo y presión.....	39
2.9	Software Connected Components Workbench (CCW)	40
2.10	AutoCAD	40
CAPÍTULO III		41
3.	DISEÑO DE INGENIERÍA	42
3.1	Especificaciones técnicas.....	42
3.2	Etapas de funcionamiento	42
3.3	Diseño del módulo de entrenamiento	44
3.3.1	Carrito transportador	44
3.3.2	Tablero de conexiones.....	45
3.3.3	Tablero eléctrico.....	46
3.3.4	Selección de elementos del módulo de entrenamiento.....	47

3.3.4.1	Llave termomagnética general.....	47
3.3.4.2	Llave termomagnética para el PLC	48
3.3.4.3	Sensor capacitivo.....	49
3.3.4.4	Sensor inductivo	49
3.3.4.5	Sensor de proximidad magnetorresistivo	50
3.3.4.6	Cilindro de doble efecto	51
3.3.4.7	Cilindro de simple efecto.....	53
3.3.4.8	Electroválvula monoestable 5/2.....	54
3.3.4.9	Electroválvula monoestable 3/2.....	55
3.3.4.10	Electroválvula biestable 5/2	55
3.3.4.11	Unidad de mantenimiento combinada	56
3.3.4.12	Pulsadores.....	56
3.3.4.13	Válvula con pulsador manual 3/2	57
3.3.4.14	Tubo de plástico	58
3.3.4.15	Cilindro distribuidor de aire	58
3.3.4.16	Caja de distribución de salida de 24V DC.....	59
3.3.4.17	Fuente de alimentación de 24VDC.....	60
3.3.4.18	Compresor de aire.....	61
3.3.4.19	PLC Micro850	62
3.3.5	Cálculos de Consumo de potencia del tablero	64
3.3.6	Estructura general del módulo de entrenamiento	64
3.3.7	Especificaciones técnicas generales del módulo de entrenamiento	66
CAPÍTULO IV		67
4.	DESARROLLO DE LAS GUÍAS DE LABORATORIO.....	68
4.1	Guía de practica N° 0.....	68
4.1.1	Título de la práctica.....	68
4.1.2	Recomendaciones para el uso del módulo	68

4.1.3	Comportamiento durante el trabajo.....	69
4.1.4	Ropa	69
4.1.5	Equipos eléctricos o electrónicos	69
4.2	Guía de practica N° 1.....	70
4.2.1	Título de la práctica.....	70
4.2.2	Temas a tratar	70
4.2.3	Introducción	70
4.2.4	Desarrollo de la practica.....	70
4.2.4.1	Competencia de la práctica.....	70
4.2.4.2	Resultado de aprendizaje	70
4.2.4.3	Tiempo de la sesión	71
4.2.5	Teoría de la guía de prácticas N°1	71
4.2.6	Recursos	71
4.2.6.1	Materiales	71
4.2.7	Metodología	71
4.2.8	Cuestionario previo	71
4.2.9	Actividades a desarrollar	72
4.2.10	Cuestionario final	77
4.2.15	Evaluación de la practica.....	77
4.2.16	Resultados y conclusiones.....	77
4.3	Guía de practica N° 2.....	78
4.3.1	Título de la práctica.....	78
4.3.2	Temas a tratar	78
4.3.3	Introducción	78
4.3.4	Desarrollo de la practica.....	78
4.3.4.1	Competencia de la práctica.....	78
4.3.4.2	Resultado de aprendizaje	78

4.3.4.3	Tiempo de la sesión	79
4.3.5	Teoría de la guía de prácticas N°2	79
4.3.6	Recursos	79
4.3.6.1	Software.....	79
4.3.6.2	Materiales	79
4.3.7	Metodología	79
4.3.8	Cuestionario previo	80
4.3.9	Actividades a desarrollar.....	80
4.3.10	Cuestionario final	86
4.3.11	Evaluación de la practica.....	86
4.3.12	Resultados y conclusiones.....	86
4.4	Guía de practica N° 3.....	87
4.4.1	Título de la práctica.....	87
4.4.2	Temas a tratar	87
4.4.3	Introducción	87
4.4.4	Desarrollo de la practica.....	87
4.4.4.1	Competencia de la práctica.....	87
4.4.4.2	Resultado de aprendizaje	87
4.4.4.3	Tiempo de la sesión	87
4.4.5	Teoría de la guía de prácticas N°3	88
4.4.6	Recursos	88
4.4.6.1	Materiales	88
4.4.7	Metodología	88
4.4.8	Cuestionario previo	88
4.4.9	Actividades a desarrollar.....	89
4.4.10	Cuestionario final	90
4.4.11	Evaluación de la practica.....	90

4.4.12	Resultados y conclusiones.....	90
4.5	Guía de practica N° 4.....	90
4.5.1	Título de la práctica.....	90
4.5.2	Temas a tratar	90
4.5.3	Introducción	90
4.5.4	Desarrollo de la practica.....	91
4.5.4.1	Competencia de la práctica.....	91
4.5.4.2	Resultado de aprendizaje	91
4.5.4.3	Tiempo de la sesión	91
4.5.5	Teoría de la guía de prácticas N°4	91
4.5.6	Recursos	91
4.5.6.1	Software.....	91
4.5.6.2	Materiales	91
4.5.7	Metodología	92
4.5.8	Cuestionario previo	92
4.5.9	Actividades a desarrollar.....	92
4.5.10	Cuestionario final	94
4.5.11	Evaluación de la practica.....	94
4.5.12	Resultados y conclusiones.....	94
4.6	Guía de practica N° 5.....	94
4.6.1	Título de la práctica.....	94
4.6.2	Temas a tratar	94
4.6.3	Introducción	94
4.6.4	Desarrollo de la practica.....	95
4.6.4.1	Competencia de la práctica.....	95
4.6.4.2	Resultado de aprendizaje	95
4.6.4.3	Tiempo de la sesión	95

4.6.5	Teoría de la guía de prácticas N°5	95
4.6.6	Recursos	95
4.6.6.1	Software.....	95
4.6.6.2	Materiales	95
4.6.7	Metodología	96
4.6.8	Cuestionario previo	96
4.6.9	Actividades a desarrollar	96
4.6.10	Cuestionario final	98
4.6.11	Evaluación de la practica.....	98
4.6.12	Resultados y conclusiones.....	98
4.7	Guía de practica N° 6.....	98
4.7.1	Título de la práctica.....	98
4.7.2	Temas a tratar	98
4.7.3	Introducción	98
4.7.4	Desarrollo de la practica.....	98
4.7.4.1	Competencia de la práctica.....	98
4.7.4.2	Resultado de aprendizaje	99
4.7.4.3	Tiempo de la sesión	99
4.7.5	Teoría de la guía de prácticas N°6	99
4.7.6	Recursos	99
4.7.6.1	Software.....	99
4.7.6.2	Materiales	99
4.7.7	Metodología	100
4.7.8	Cuestionario previo	100
4.7.9	Actividades a desarrollar	100
4.7.10	Cuestionario final	101
4.7.11	Evaluación de la practica.....	101

4.7.12	Resultados y conclusiones.....	101
4.8	Guía de practica N° 7.....	101
4.8.1	Título de la práctica.....	101
4.8.2	Temas a tratar	101
4.8.3	Introducción	101
4.8.4	Desarrollo de la practica.....	101
4.8.4.1	Competencia de la práctica.....	101
4.8.4.2	Resultado de aprendizaje	102
4.8.4.3	Tiempo de la sesión	102
4.8.5	Teoría de la guía de prácticas N°7	102
4.8.6	Recursos	102
4.8.6.1	Software.....	102
4.8.6.2	Materiales	102
4.8.7	Metodología	103
4.8.8	Cuestionario previo	103
4.8.9	Actividades a desarrollar.....	103
4.8.10	Cuestionario final	103
4.8.11	Evaluación de la practica.....	104
4.8.12	Resultados y conclusiones.....	104
CAPÍTULO V		105
5.	COSTOS Y PRESUPUESTO	106
CAPÍTULO VI		109
6.	PRUEBAS	110
7.	CONCLUSIONES.....	112
8.	RECOMENDACIONES	113
CAPÍTULO VII		114
9.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	115

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1. Diagrama de conexiones de sensor a 2 hilos de corriente directa.....	8
Fig. 2. Diagrama de conexiones de sensor a 3 y 4 hilos.....	8
Fig. 3. Tipos de sensores.	9
Fig. 4. Componentes de un Sensor de Proximidad Inductivo.	9
Fig. 5. Sensor de Proximidad Inductivo / 3 Hilos.	10
Fig. 6. Sensor de Proximidad Capacitivo / 3 Hilos.	10
Fig. 7. Principio de funcionamiento sensor capacitivo.....	11
Fig. 8. Sensor óptico de barrera.....	11
Fig. 9. Sensor óptico réflex.....	12
Fig. 10. Sensor óptico difuso – reflectivo.....	12
Fig. 11. Diferentes modelos de final de carrera.....	12
Fig. 12. Sensor tipo Reed.	13
Fig. 13. Tipos de actuadores neumáticos.....	14
Fig. 14. Estructura de un cilindro de simple efecto.	14
Fig. 15. Cilindro de fuelle Festo.	15
Fig. 16. Estructura de un cilindro doble efecto.	16
Fig. 17. Cilindro de doble vástago.....	16
Fig. 18. Cilindro multiposicional.....	17
Fig. 19. Cilindro rotativo.	18
Fig. 20. Motores neumáticos de paletas.	19
Fig. 21. Motores neumáticos de engranaje.....	19
Fig. 22. Motor de pistón axial.....	20
Fig. 23. Motor de pistón radial.	20
Fig. 24. Estructura de sistemas neumáticos.....	21
Fig. 25. Diagrama de distribución neumático.	24
Fig. 26. Tipos constructivos de compresores.	25
Fig. 27. Acumulador.....	26
Fig. 28. Funcionamiento de la unidad de mantenimiento.....	28
Fig. 29. Estructura de sistemas electroneumáticos.....	29
Fig. 30. Diagrama de distribución electroneumático.....	29
Fig. 31. Componentes del sistema de un PLC.....	30
Fig. 32. Estructura de un PLC.	31

Fig. 33. Contactos típicos de Ladder.	33
Fig. 34. Bobinas típicas de Ladder.	33
Fig. 35. Lenguaje diagrama de bloques funcionales.	33
Fig. 36. Lenguaje estructurado.	34
Fig. 37. Diagrama GRAFCET.	34
Fig. 38. Lenguaje de programación IL.	35
Fig. 39. Posición de las válvulas.	37
Fig. 40. Simbología de conexiones según la norma ISO 1219.	37
Fig. 41. Simbología de medición y mantenimiento según la norma ISO 1219.	38
Fig. 42. Simbología de actuadores según la norma ISO 1219.	38
Fig. 43. Simbología de accionadores según la norma ISO 1219.	39
Fig. 44. Simbología de válvulas de bloqueo, flujo y presión.	39
Fig. 45. Diagrama de bloques de un sistema neumático y electroneumático.	43
Fig. 46. Carrito transportador.	44
Fig. 47. Estructura metálica para el tablero.	45
Fig. 48. Diseño del tablero de conexiones.	46
Fig. 49. Diagrama de bloques del tablero eléctrico.	46
Fig. 50. Tablero eléctrico.	47
Fig. 51. Llave termomagnética de marca Siemens.	48
Fig. 52. Llave termomagnética para el PLC.	49
Fig. 53. Sensor capacitivo.	49
Fig. 54. Sensor inductivo.	50
Fig. 55. Sensor de proximidad.	51
Fig. 56. Cilindro de doble efecto.	51
Fig. 57. Cilindro de simple efecto.	53
Fig. 58. Electroválvula monoestable 5/2.	54
Fig. 59. Electroválvula monoestable 3/2.	55
Fig. 60. Electroválvula biestable 5/2.	56
Fig. 61. Unidad de mantenimiento combinada.	56
Fig. 62. Pulsador.	57
Fig. 63. Válvula con pulsador manual 3/2.	57
Fig. 64. Tubo de plástico.	58
Fig. 65. Cilindro distribuidor de aire, vista frontal.	58
Fig. 66. Cilindro distribuidor de aire, vista superior.	59

Fig. 67. Diseño de la caja de distribución de la salida de 24VDC.	59
Fig. 68. Caja de distribución de la salida de 24VDC.	60
Fig. 69. Fuente de alimentación de 24V DC.	61
Fig. 70. Compresor de aire.	62
Fig. 71. PLC Micro850 con su fuente de alimentación y dos módulos enchufables.	63
Fig. 72. Tablero de conexiones con los elementos colocados.	65
Fig. 73. Módulo de entrenamiento terminado.	65
Fig. 74. Cilindro de simple efecto.	73
Fig. 75. Circuito de mando de un cilindro de simple efecto.....	92
Fig. 76. Circuito de mando a distancia de un cilindro de doble efecto.	93
Fig. 77. Estructura para 2 grupos.....	96
Fig. 78. Estructura para 3 grupos.....	97
Fig. 79. Estructura para 4 grupos.....	97
Fig. 80. Circuito de mando de un cilindro doble efecto con válvulas monoestables. ..	111
Fig. 81. Secuencia para 3 cilindros usando método cascada.	111
Fig. 82. Secuencia para 2 cilindros usando método paso a paso.	111

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA I. Características técnicas de la llave termomagnética general	47
TABLA II. Características técnicas de la llave termomagnética para el PLC	48
TABLA III. Características técnicas del sensor capacitivo	49
TABLA IV. Características técnicas del sensor inductivo	50
TABLA V. Características técnicas del sensor magnetorresistivo	50
TABLA VI. Características técnicas del cilindro de doble efecto	51
TABLA VII. Características técnicas del cilindro de simple efecto	53
TABLA VIII. Características técnicas de la electroválvula monoestable 5/2	54
TABLA IX. Características técnicas de la electroválvula monoestable 3/2	55
TABLA X. Características técnicas de los pulsadores	57
TABLA XI. Características técnicas de la válvula manual 3/2	57
TABLA XII. Características técnicas de la fuente de alimentación	60
TABLA XIII. Características técnicas del compresor de aire	61
TABLA XIV. Características técnicas del PLC Micro850	63
TABLA XV. Cálculos de potencia del modulo de entrenamiento	64
TABLA XVI. Especificaciones eléctricas generales del módulo de entrenamiento	66
TABLA XVII. Especificaciones neumáticas generales del módulo de entrenamiento ..	66
TABLA XVIII. Tipos de actuadores neumáticos	72
TABLA XIX. Comparación entre el cilindro de simple y doble efecto	73
TABLA XX. Tipos de accionamiento de válvulas	74
TABLA XXI. Especificaciones técnicas de la válvula monoestable 5/2	75
TABLA XXII. Código de vías según la simbología CETOP	75
TABLA XXIII. Especificaciones técnicas de la válvula monoestable 3/2	75
TABLA XXIV. Código de vías según la simbología CETOP	76
TABLA XXV. Especificaciones técnicas de la válvula biestable 5/2	76
TABLA XXVI. Código de vías según la simbología CETOP	76
TABLA XXVII. Especificaciones técnicas de la válvula manual	77
TABLA XXVIII. Código de vías según la norma ISO	77
TABLA XXIX. Características técnicas del PLC Micro850	80
TABLA XXX. Características técnicas del PLC Micro810	81
TABLA XXXI. Características técnicas del PLC Micro830	82
TABLA XXXII. Modelos de la serie Micro800	83

TABLA XXXIII. Direccionamiento de entradas y salidas del PLC Micro850.....	85
TABLA XXXIV. Histéresis de un sensor capacitivo.....	89
TABLA XXXV. Histéresis de un sensor inductivo	89
TABLA XXXVI. Costo de materiales adquiridos	106
TABLA XXXVII. Costo fabricación del módulo	107
TABLA XXXVIII. Costo de los materiales de la universidad.....	107
TABLA XXXIX. Costo total del módulo de entrenamiento.....	108



ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. Planos estructurales	85
ANEXO 2. Datasheet de la llave termomagnética de marca Siemens	89
ANEXO 3. Datasheet del sensor capacitivo de marca Telemecanique	93
ANEXO 4. Datasheet del sensor inductivo de marca Telemecanique	96
ANEXO 5. Datasheet del sensor de proximidad magnetorresistivo de marca Festo	99
ANEXO 6. Datasheet del cilindro de simple efecto de marca Festo	102
ANEXO 7. Datasheet del cilindro de doble efecto de marca Festo	105
ANEXO 8. Datasheet de la electroválvula monoestable 5/2 de marca Festo	108
ANEXO 9. Datasheet de la electroválvula monoestable 3/2 de marca Festo	111
ANEXO 10. Datasheet de la electroválvula biestable 5/2 de marca Festo	114
ANEXO 11. Datasheet de la unidad de mantenimiento combinada de marca Festo ...	117
ANEXO 12. Datasheet de los pulsadores NC y NA	120
ANEXO 13. Datasheet del tubo de plástico de marca Festo	122
ANEXO 14. Datasheet del PLC Micro850 de marca Allen Bradley	124
ANEXO 15. Datasheet de la fuente de alimentación para el PLC Micro850	133
ANEXO 16. Datasheet del módulo de entrada analógica unipolar Micro800	139
ANEXO 17. Datasheet del módulo enchufable DeviceNet Micro800	145
ANEXO 18. Guías de prácticas	152
ANEXO 19. Solución de las guías de prácticas	248
ANEXO 20. Rúbricas de las guías de prácticas	327

INTRODUCCIÓN

Actualmente en la industria, debido a los avances tecnológicos, los procesos se han convertido en automáticos ya que aumentan la eficiencia y existe mayor seguridad en las líneas de producción. Es por eso que los sistemas neumáticos y electroneumáticos son fundamentales debido a su adaptabilidad, bajo coste de mantenimiento y su capacidad para producir fuerzas importantes con componentes relativamente sencillos. Estos sistemas se utilizan en industrias alimentarias hasta para la fabricación de autos.

Sin embargo, debido al rápido desarrollo de esta tecnología, existe una diferencia considerable entre el conocimiento teórico que se enseña y las habilidades prácticas requeridas en el sector industrial. Es que eso que en la enseñanza automatización se necesita que los estudiantes interactúen directamente con componentes físicos.

Frente a esta situación, se hace necesario crear herramientas educativas de fabricación local que sean accesibles, modulares y de un alto nivel técnico. Es por eso que este proyecto de tesis tiene como objetivo el diseño e implementación de un módulo de entrenamiento para sistemas neumáticos y electroneumáticos.

En la presente tesis encontraremos primero el planteamiento metodológico en el que se especifica el motivo de la realización de este proyecto y los objetivos que se cumplirán al culminar el proyecto. Seguidamente tenemos la información que se recopiló de diferentes fuentes y que es necesaria para comprender el funcionamiento de sistemas neumáticos y electroneumáticos.

Luego tenemos el diseño de ingeniería donde detallamos los componentes usados en el módulo y los cálculos de consumo energético y consumo de aire de los elementos neumáticos.

En el cuarto capítulo, nos encontramos con el análisis económico, donde detallamos el precio de cada componente utilizado y el costo total del proyecto.

En el quinto capítulo tenemos las pruebas realizadas con el desarrollo de las guías, las conclusiones que se realizaron en base a los objetivos planteados al principio de la tesis y recomendaciones del proyecto para su correcto uso.

Finalmente tenemos el anexo, donde se encuentra el plano estructural del módulo y las guías de prácticas planteadas con su solución y la rúbrica para cada una de ellas.



CAPÍTULO I

1. PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO

1.1 Título

Diseño e implementación de un módulo de entrenamiento para sistemas Neumáticos y Electroneumáticos.

1.2 Identificación del problema

1.2.1 Descripción del problema

En la actualidad, el proceso de enseñanza-aprendizaje de los sistemas electroneumáticos en la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica se ve limitada debido al uso casi exclusivo de simuladores virtuales. A pesar de que estas herramientas permiten representar circuitos y secuencias lógicas, carecen de realimentación física y de interacción tangible con elementos reales como cilindros, válvulas, sensores o actuadores. Esto impide que los estudiantes puedan comprender a fondo el comportamiento dinámico de los sistemas reales, la respuesta del aire comprimido en los actuadores, los tiempos de operación, la detección de fallos, el cableado y montaje físico de los dispositivos.

Así mismo, la ausencia de módulos físicos de práctica limita la capacidad de desarrollar habilidades prácticas esenciales como la identificación correcta de elementos neumáticos y electroneumáticos, conexión de los mismos, integración, programación y conexión autómatas programables para la resolución de problemas en diseño de sistemas paso a paso y electro-cascada.

Esto genera brechas entre el conocimiento teórico proporcionado en el aula y la experiencia práctica necesaria para el ejercicio profesional afectando su desempeño en entornos industriales donde estos sistemas son ampliamente utilizados.

1.2.2 Justificación del problema

Como respuesta a esta necesidad, se plantea el diseño e implementación de un módulo educativo físico e interactivo que permitirá a los estudiantes visualizar y experimentar de manera directa con sistemas electroneumáticos reales. Este módulo estará orientado al aprendizaje

progresivo de los principios de control secuencial, integrando la teoría con la práctica efectiva.

El módulo integrará componentes físicos reales (válvulas, cilindros, sensores, PLC) y una interfaz didáctica de control que facilite la comprensión de la lógica secuencial. Esta estructura será portátil, robusta y reutilizable en diferentes prácticas a lo largo del ciclo académico.

Necesitaremos los conocimientos adquiridos durante nuestra formación profesional y, además, se investigarán las funciones mecánicas de los elementos a acoplar, así como el funcionamiento de los elementos electroneumáticos.

Además, como parte fundamental del proyecto, se desarrollarán manuales de prácticas estructuradas con la finalidad de facilitar el uso de los equipos, así como el aprendizaje progresivo y práctico de los sistemas electroneumáticos y su programación con PLC, permitiendo una experiencia práctica guiada y reflexiva, alineada con los objetivos de la asignatura y las competencias del perfil profesional del ingeniero electrónico.

De este modo, el proyecto de tesis busca cerrar la brecha entre teoría y práctica, brindando a los estudiantes una plataforma de aprendizaje integral que fortalezca sus competencias profesionales.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Diseñar e implementar un módulo de entrenamiento neumático y electroneumático.

1.3.2 Objetivos específicos

- Reconocer las características eléctricas de los componentes neumáticos y electroneumáticos.
- Investigar los principios teóricos y técnicos para el diseño de sistemas neumáticos y electroneumáticos de forma intuitiva, paso a paso y electro-cascada.

- Diseñar e implementar un tablero de control para la automatización utilizando controladores lógicos programables Allen Bradley y Siemens.
- Diseñar e implementar los sistemas electroneumáticos paso a paso y electro-cascada.
- Elaborar guías de laboratorio que permitan verificar el correcto funcionamiento del módulo electroneumático secuencial y analizar sus resultados.

1.4 Antecedentes

1.4.1 Antecedentes locales

A nivel local en la tesis presentada por Portugal Vargas y Vargas Cahuana, titulada: “Diseño e implementación de un módulo educativo de control neumático secuencial”, los tesistas lograron cumplir con los objetivos propuestos. Ellos lograron integrar al módulo fajas transportadoras, sensores de clasificación y programación conforme a estándares internacionales. Además, incluyeron una interfaz HMI con sistema SCADA, panel visualizador y redactaron manuales y guías de trabajo. Su módulo cumple los requisitos técnicos propuestos y contribuye a la formación práctica de estudiantes en Ingeniería Electrónica [1].

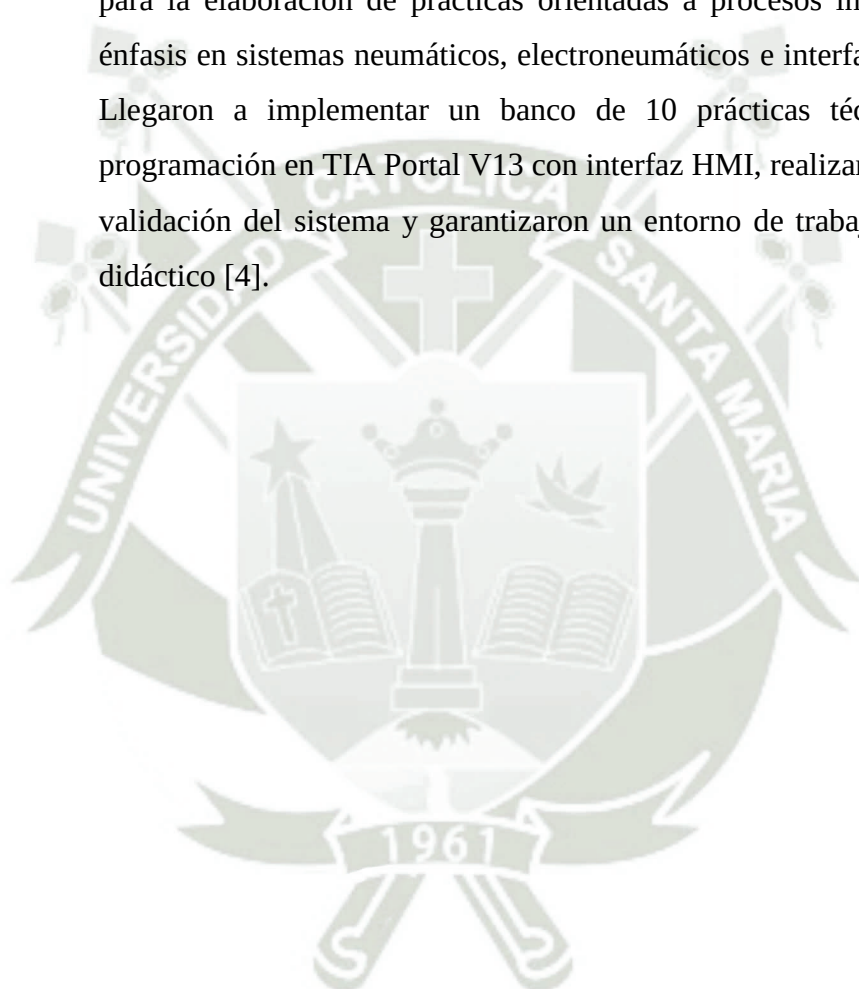
Por otro lado, en la tesis titulada: “Diseño de un sistema automatizado para procesos electroneumáticos de lógica cableada” presentada por Asencio Eugenio. El tesista logro concluir que los sistemas automatizados electroneumáticos con lógica cableada presentan ventajas frente a los sistemas neumáticos tradicionales, destacando su menor costo operativo, mayor rapidez de respuesta y eficiencia energética. Además el uso de señales eléctricas en circuitos de mando reduce pérdidas frente al aire comprimido y permite una transmisión más precisa y flexible hacia los actuadores, lo cual mejora el rendimiento en procesos industriales [2].

1.4.2 Antecedentes internacionales

A nivel internacional en la tesis titulada: “Diseño y construcción de módulo neumático” presentada por Paucar Jácome [3]. El tesista logró desarrollar un módulo didáctico orientado a la formación práctica de

estudiantes de Ingeniería Automotriz, realizó procedimientos de control neumático incorporando válvulas de accionamiento mecánico y manual, válvulas lógicas, reguladores de presión logrando el accionamiento de actuadores lineales y semi- giratorios.

Así mismo en la tesis presentada por Reinel Cardoso y Velásquez Navarrete, titulada: “Diseño e implementación de un módulo didáctico para la elaboración de prácticas orientadas a procesos industriales con énfasis en sistemas neumáticos, electroneumáticos e interfaz PLC-HMI”. Llegaron a implementar un banco de 10 prácticas técnicas usando programación en TIA Portal V13 con interfaz HMI, realizaron pruebas de validación del sistema y garantizaron un entorno de trabajo funcional y didáctico [4].





CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Sensores

Según [5] un sensor es un dispositivo de entrada que provee una salida manipulable de la variable física medida. Estos entregan señales eléctricas a la salida, ya sean analógicas o digitales.

Los sensores se pueden conectar de tres maneras, dependiendo del tipo de sensor. Los sensores se pueden clasificar según el tipo de salida o según el tipo de conexión.

- **Conexión a dos hilos:** El sensor se conecta en serie con la carga.

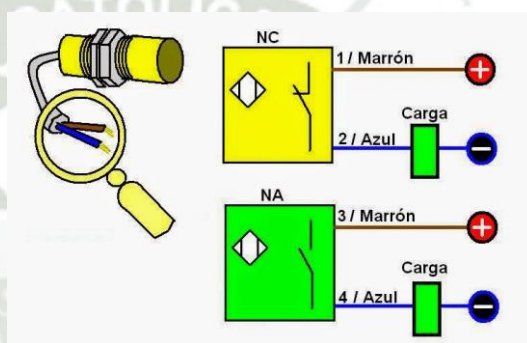


Fig. 1. Diagrama de conexiones de sensor a 2 hilos de corriente directa. [6]

- **Conexión con tres hilos:** Se tiene un hilo común para la alimentación y carga y los otros dos son diferenciados, uno para alimentación y otro para la carga.
- **Conexión con cuatro o cinco hilos:** Emplean dos hilos para la alimentación, y otros dos (o tres, en montaje conmutado) corresponden al contacto de salida para control de carga.

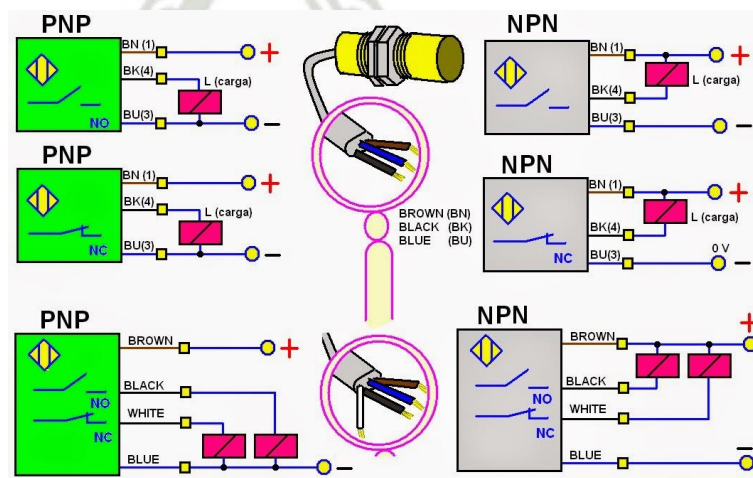


Fig. 2. Diagrama de conexiones de sensor a 3 y 4 hilos. [6]

Por otro lado, tenemos diferentes grupos de sensores, entre los principales tenemos:

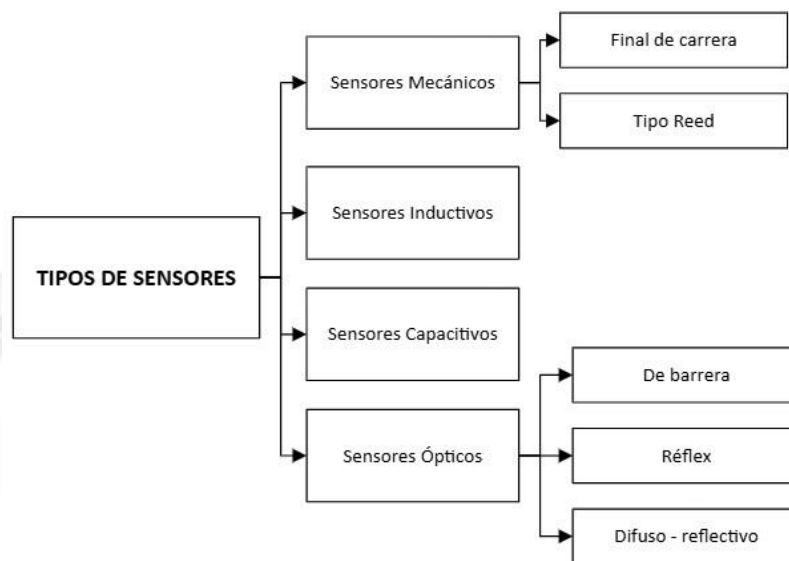


Fig. 3. Tipos de sensores.

2.1.1 Sensor de proximidad inductivo

Diseñados para trabajar generando un campo magnético y detectando pérdidas de corriente de dicho campo, generadas al introducirse en él los objetos de detección férricos.

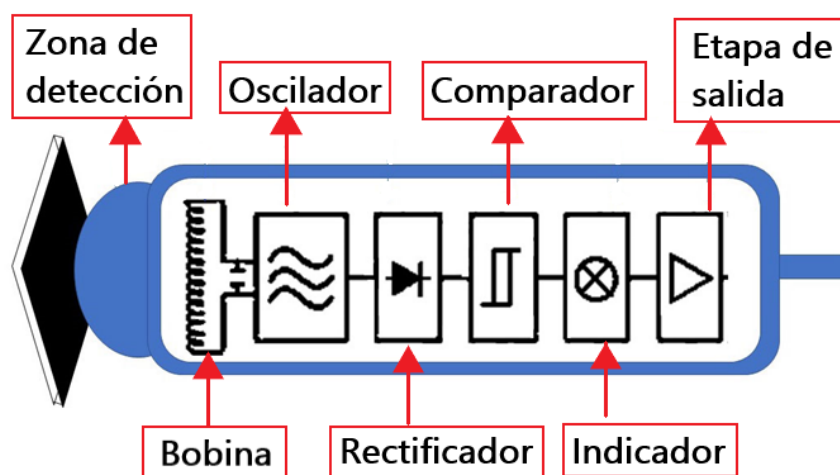


Fig. 4. Componentes de un Sensor de Proximidad Inductivo. Adaptado de [7].

Detectan piezas metálicas en un rango de distancias de 1mm a unos 30mm con una resolución de decimas de milímetro.



Fig. 5. Sensor de Proximidad Inductivo / 3 Hilos. [7]

2.1.2 Sensor de proximidad capacitivo

Los sensores de proximidad capacitivos han sido diseñados para trabajar generando un campo electrostático y detectando cambios en dicho campo a causa de un objeto que se aproxima a la superficie de detección.

El elemento sensible es un condensador del circuito oscilante formado por dos aros metálicos concéntricos situados en la cara sensible, y cuyo dieléctrico es el material de la zona sensible.



Fig. 6. Sensor de Proximidad Capacitivo / 3 Hilos. [8]

Permiten detectar materiales metálicos o no metálicos, las aplicaciones típicas son la detección de materiales como vidrio, cerámica, plástico, madera, aceite, papel, etc.

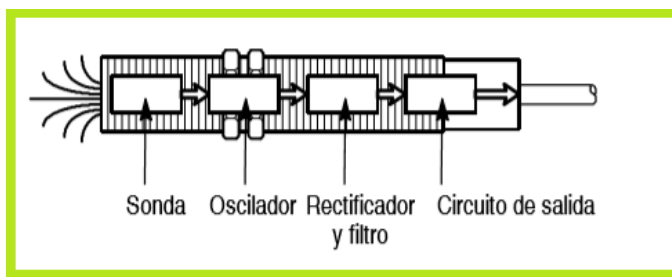


Fig. 7. Principio de funcionamiento sensor capacitivo. [8]

2.1.3 Sensor de proximidad óptico

Un sensor óptico trabaja con el principio de reflexión y según el material. La ventaja de este sensor radica en que gran parte de los materiales, sean eléctricos o no, reflejan luz o no la dejan pasar.

Según [9] los sensores ópticos de proximidad emiten luz y controlan la luz reflejada en el objeto objetivo. Estos sensores se pueden clasificar dependiendo de la forma en que detectan los objetos:

- a. **De barrera:** El emisor y el receptor están colocados uno frente al otro, lo cual indica que el fototransistor siempre recibe la señal producida por el led infrarrojo. Cuando un objeto se posiciona entre los dos dispositivos este obstaculiza la señal al receptor.



Fig. 8. Sensor óptico de barrera. [10]

- b. **Réflex:** El emisor y el receptor se encuentran en un solo lugar y se usa un espejo reflector para rebotar la señal producida hacia el mismo lugar de origen.

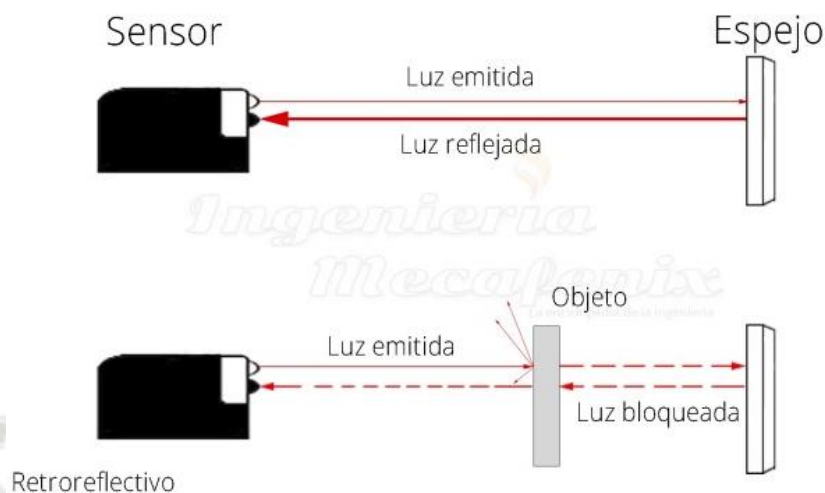


Fig. 9. Sensor óptico réflex. [10]

- c. **Difuso – reflectivo:** El emisor y el receptor están en un solo cuerpo, donde el objeto a identificar sirve de reflector.



Fig. 10. Sensor óptico difuso – reflectivo. [10]

2.1.4 Sensor de proximidad mecánico

a. Final de carrera

Según [11] es un dispositivo electromecánico, parecido al interruptor, que se acciona de manera mecánica por el contacto de un objeto móvil sobre él. Sirve para detectar la posición concreta de un objeto que se desplaza por una trayectoria fija.



Fig. 11. Diferentes modelos de final de carrera. [11]

b. Tipo Reed

También llamado detector, permite detectar la posición del émbolo en un cilindro. Actúa como un final de carrera, pero detecta cuando el émbolo está replegado a desplegado.

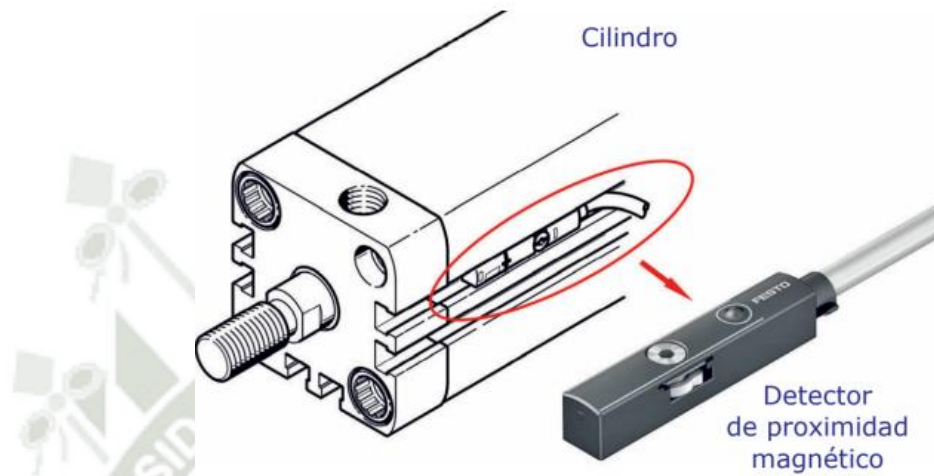


Fig. 12. Sensor tipo Reed. [11]

2.2 Actuadores

Según [12] un actuador es un dispositivo que transforma y aprovecha la energía de un fluido y la convierte en energía mecánica de trabajo lineal o giratorio. Este dispositivo es capaz de generar una fuerza a partir de líquidos, de energía eléctrica y gaseosa. La señal de salida es controlada por el mando y el actuador reacciona a dicha señal por acción de los elementos de maniobra y la cantidad de energía depende del caudal, presión de trabajo y rendimiento del actuador.

Los actuadores neumáticos son los que realizan directamente el trabajo, y están clasificados en dos grandes grupos de acuerdo a su función. Los actuadores se dividen en dos grupos: cilindros y motores.

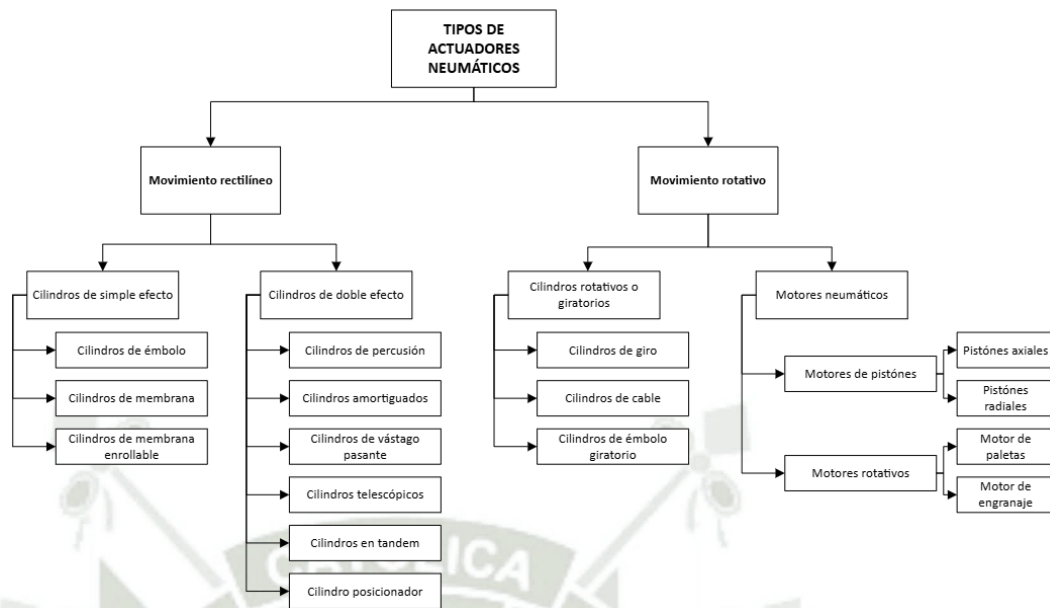


Fig. 13. Tipos de actuadores neumáticos.

2.2.1 Actuadores lineales (Movimiento rectilíneo)

Según [12] se clasifican en:

2.2.1.1 Cilindro de simple efecto (CSE)

Tienen una entrada de aire para producir una carrera de trabajo en un sentido. El émbolo se hace retornar por medio de un resorte interno o por algún otro medio externo como cargas, movimientos mecánicos, etc.

Este tipo de cilindro tiene la función de entregar, bifurcar, juntar, accionar, fijar y expulsar. Además, puede ser de tipo “normalmente dentro” o “normalmente fuera” con una longitud máxima aproximada de 80mm y se activa por medio de válvulas 3/2 vías.

Su estructura es:

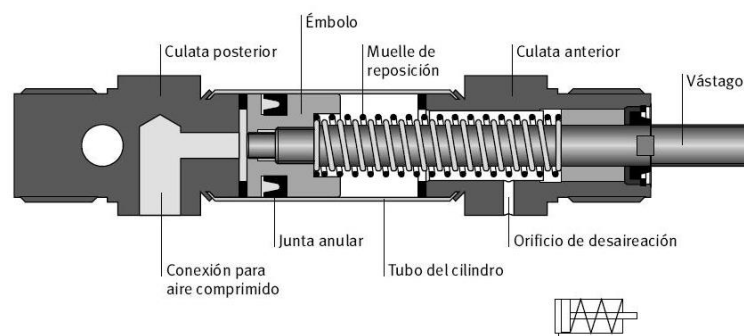


Fig. 14. Estructura de un cilindro de simple efecto. [13]

Existen 3 tipos de cilindros de simple efecto:

a. Cilindro de membrana

En estos cilindros una membrana de goma, de plástico o metálica, hace de embolo. Se fija el vástago al centro de la membrana y la fricción se produce por la dilatación del material.

b. Cilindro de émbolo

En este cilindro la estanqueidad se logra con un material flexible que recubre el pistón en el lado sometido a la acción del aire comprimido. Mientras se realiza el movimiento los bordes de la punta se deslizan sobre la pared interna del cuerpo del cilindro.

c. Cilindro de fuelle

Según [14] los cilindros de fuelle se utilizan como amortiguadores neumáticos. Estos no necesitan muelle de reposición, ya que la reposición se consigue aplicando una fuerza externa.



Fig. 15. Cilindro de fuelle Festo. [14]

2.2.1.2 Cilindros de doble efecto (CDE)

Estos cilindros realizan tanto su carrera de avance como la de retroceso por acción del aire comprimido, ya que emplean las dos caras del émbolo (aire en ambas cámaras), por lo que estos componentes sí que

pueden realizar trabajo en ambos sentidos. Así mismo, dependiendo de la carga se utiliza cilindros sin o con amortiguación y se activan por medio de válvulas 4/2 vías, 5/2 vías y 5/3 vías.

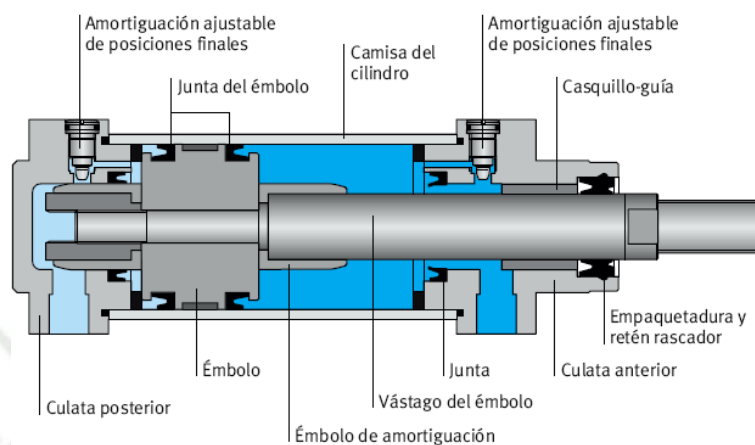


Fig. 16. Estructura de un cilindro doble efecto. [13]

Tipos de cilindro de doble efecto:

a. Cilindro de doble vástago

Con estos cilindros se puede realizar un trabajo a ambos lados del mismo. Además, la guía se ve favorecida por tener dos puntos de apoyo.

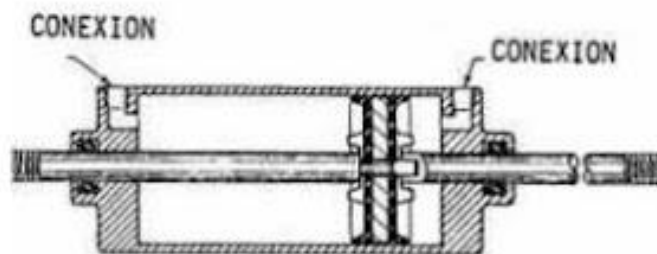


Fig. 17. Cilindro de doble vástago. [15]

b. Cilindro de multiposicional

Se unen dos o más cilindros para lograr varias posiciones en forma estable. Se usan generalmente en accionamiento de compuertas, para clasificar objetos, etc.

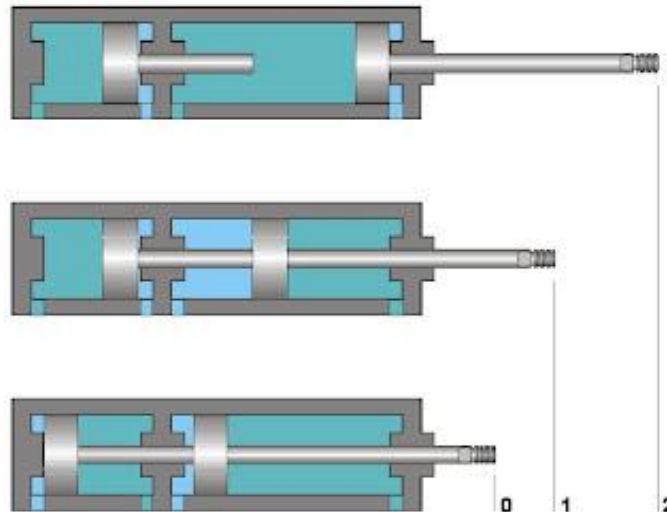


Fig. 18. Cilindro multiposicional. [15]

c. Cilindro de impacto

También conocidos como cilindros de impacto. Este cilindro aprovecha la energía de persecución normal y la energía de movimiento.

d. Cilindro telescópico

Está compuesto por varios cilindros ensamblados uno dentro del otro. Es ideal para carreras largas.

e. Cilindro de tándem

Está compuesto por dos cilindros que se encuentran acoplados mecánicamente entre sí y tienen gran fuerza a pesar de tener diámetros reducidos. Se utilizan en equipos neumáticos de carreras pequeñas y fuerzas grandes.

f. Cilindro con amortiguación interna

Este cilindro tiene una amortiguación interna con el objetivo de evitar choques bruscos y daños en el cilindro. La amortiguación entra en el instante antes de alcanzar el final de carrera.

2.2.2 Actuadores giratorios (Movimiento rotativo)

Transforman la energía neumática en energía mecánica de rotación y se clasifican en [12]:

2.2.2.1 Actuator giratorio limitado

Estos actuadores proporcionan movimiento de giro, pero no llega a producir una revolución, además, presentan disposiciones simples y de doble efecto para ángulos menores a 270 grados o 300 grados.

Algunos actuadores son:

a. Cilindro de giro

En este tipo de cilindro el vástago es una cremallera y los ángulos de giro usuales son de 45°, 90°, 180°, 290° o hasta 720°.

b. Cilindro de cable

En este cilindro los extremos de un cable se encuentran fijados a ambos lados del embolo y se guían por medio de poleas.

c. Cilindros de émbolo giratorio

Este cilindro puede realizar un movimiento angular limitado que rara vez llega hasta los 300°.

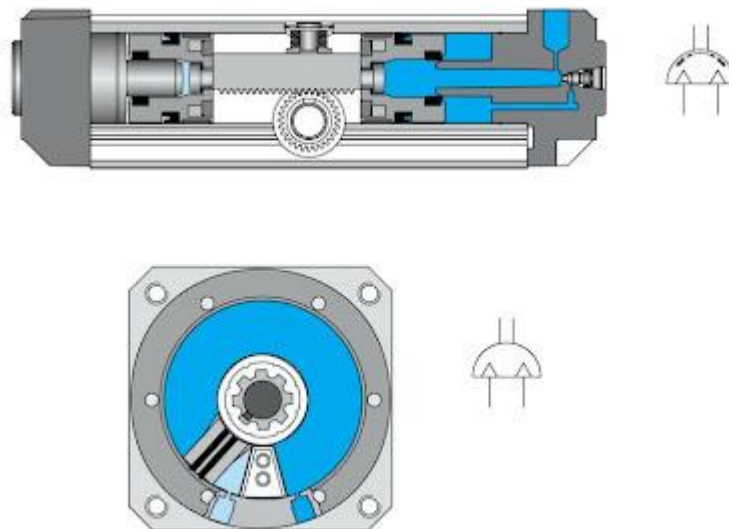


Fig. 19. Cilindro rotativo. [16]

2.2.2.2 Motor neumático

El motor neumático transforma la energía neumática en energía mecánica (movimiento rotatorio constante).

Los motores pueden ser se clasifican en:

a. Motores neumáticos de paletas

Estos motores constituyen un principio del compresor rotativo de paletas en forma invertida, con un rango de 50W a 20kW y un rango de revoluciones de 800 *rad/seg*.



Fig. 20. Motores neumáticos de paletas. [17]

b. Motores neumáticos de engranajes

En este motor el par de rotación se produce por la presión que ejerce el aire sobre los flancos de los dientes. Uno de los piñones es solidario con el eje del motor y el otro solo acompaña.

De acuerdo a su tipo constructivo pueden ser:

- Dientes rectos
- Dientes internos
- Doble hélice

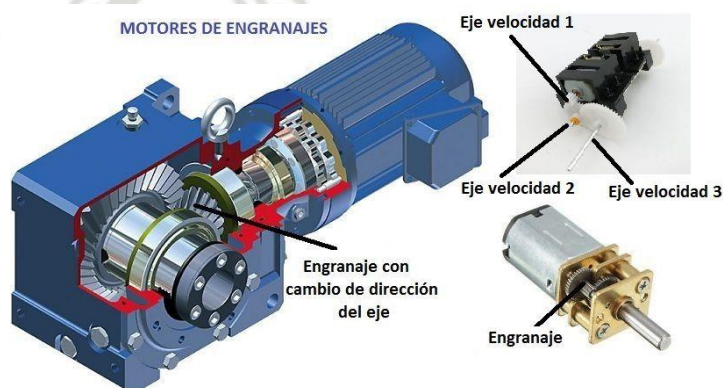


Fig. 21. Motores neumáticos de engranaje. [18]

c. Motor de pistón axial

En este motor el movimiento del pistón es en línea recta hacia adelante y hacia atrás, en paralelo al eje de rotación del motor. Es eficiente en altas velocidades que permite un flujo de fluido más suave y eficiente a velocidades más altas. [19]



Fig. 22. Motor de pistón axial. [20]

d. Motor de pistón radial

El pistón se desplaza en línea recta hacia fuera desde el centro del motor hacia la periferia. La eficiencia de este motor es a bajas velocidades porque el diseño radial permite un mayor torque a bajas velocidades. [19]



Fig. 23. Motor de pistón radial. [20]

2.3 Neumática

Según [21] la palabra neumática se refiere al estudio del movimiento del aire y su comprensión controlado mediante cilindros y motores neumáticos que se aplican en válvulas de control y posicionadores, martillos neumáticos, motores neumáticos, sistemas de empaquetado, elevadores, robots industriales, vibradores, frenos neumáticos, etc.

Un sistema de control y mando neumático se compone de los siguientes elementos:

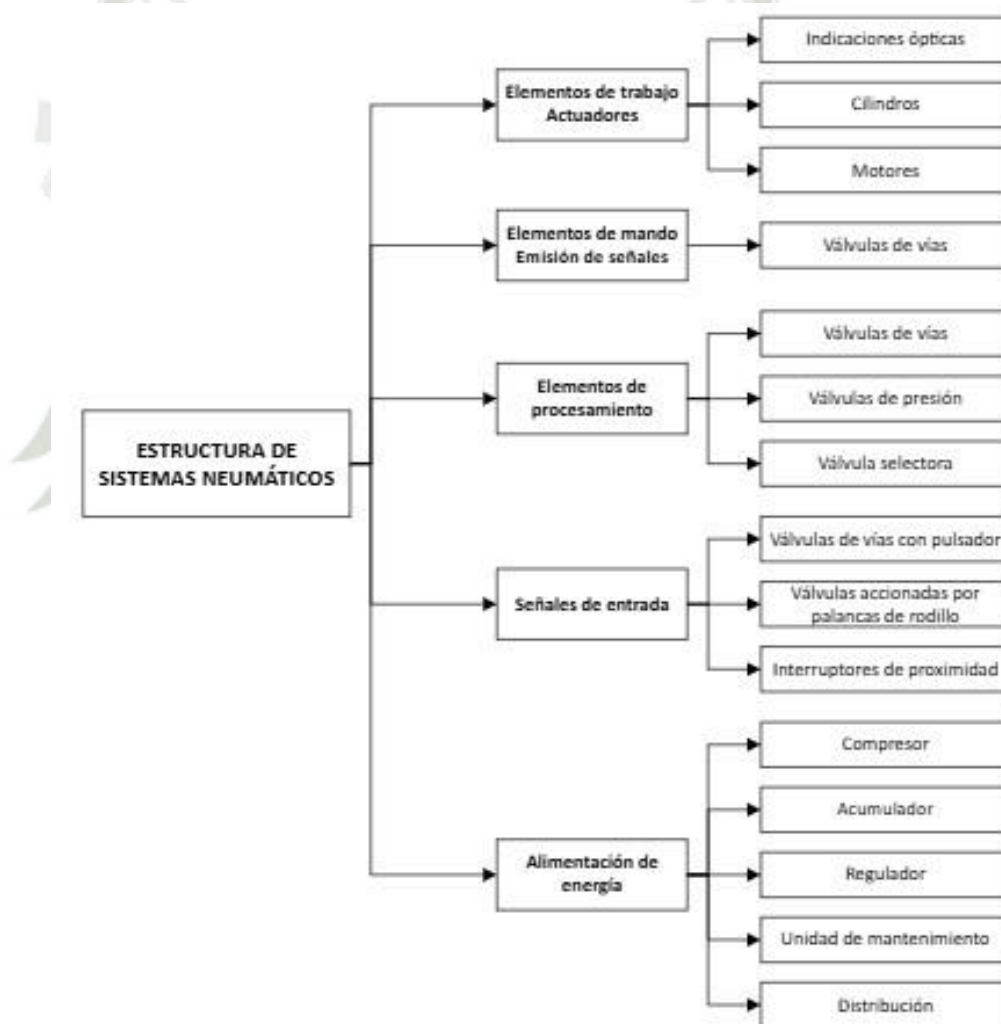


Fig. 24. Estructura de sistemas neumáticos.

2.3.1 Fundamentos físicos

2.3.1.1 Presión

Según [22] la presión ejercida por un fluido sobre una superficie es el cociente entre la fuerza y la superficie que recibe su acción, es decir:

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

Donde:

- P es presión (kg/cm^2)
- F es fuerza (kgf)
- S es superficie (cm^2)

Además, en neumática se trabaja con a presión atmosférica, presión absoluta y presión relativa, entonces:

$$P_{abs} = P_{atm} + P_{rel} \quad (2)$$

La unidad de presión según el S. I. es el N/m^2 que también recibe el nombre de Pascal.

$$1 \frac{N}{m^2} = 1Pa \quad (3)$$

2.3.1.2 Caudal

Según [22] el caudal es la cantidad de fluido que atraviesa una sección dada por unidad de tiempo. Esta cantidad de fluido se puede expresar en masa o volumen.

$$Caudal \text{ másico} = Caudal \text{ volumétrico} \cdot Densidad \quad (4)$$

2.3.1.3 Temperatura absoluta

Según [23] la temperatura es una magnitud que hace referencia a la energía de las partículas internas de un cuerpo. Así, en un cuerpo con mayor temperatura estas moléculas tienen más energía cinética y, por tanto, se mueven a mayor velocidad. Las moléculas dejan de moverse al llegar al cero absoluto ($-273^\circ C$ o $0^\circ K$).

La relación entre estas dos escalas de temperatura es:

$$T(^{\circ}K) = t(^{\circ}C) + 273 \quad (5)$$

2.3.1.4 Ley de los gases ideales

Según [23] un gas es ideal cuando está formado por partículas sin atracción ni repulsión mutua y los choques que se producen a nivel molecular son perfectamente elásticos.

La ley general de los gases es una combinación de las leyes de Boyle-Mariotte, ley de Charles y la ley de Gay-Lussac, donde describen la relación entre la presión, volumen y temperatura de un gas ideal.

En un gas ideal se cumple que el producto de la presión por el volumen es constante, siempre y cuando la temperatura mantenga constante, entonces:

$$P \times V = n \times R \times T \quad (6)$$

Donde:

- P : presión del gas
- V : volumen en m^3
- n : numero de moles del gas
- R : constante de los gases perfectos
- T : temperatura absoluta del gas en grados Kelvin.

Si una misma muestra de gas se tiene con unas condiciones iniciales (punto 1) y se lleva otras condiciones (punto 2) se cumple que:

$$\frac{P_1 \times V_1}{T_1} = \frac{P_2 \times V_2}{T_2} \quad (7)$$

Siendo esa, la fórmula para tratar el aire comprimido como un gas ideal.

2.3.2 Ventajas y desventajas

Dentro de las ventajas que presenta el uso de la neumática son el bajo coste de sus componentes, su facilidad de diseño e implementación y la fuerza escasa que puede desarrollar a las bajas presiones con que trabaja (típico 6 bar) lo que constituye un factor de seguridad.

Entre las desventajas figura la imposibilidad de obtener velocidades estables debido a la compresibilidad del aire, los altos costes de la energía neumática y las posibles fugas que reducen el rendimiento.

2.3.3 Diagrama de distribución neumático

Según [24] un sistema neumático está compuesto por la alimentación de energía y la cadena de mando.

Según [21] la neumática precisa de una estación de generación y preparación del aire comprimido formada por un compresor de aire, un depósito, un sistema de preparación del aire (filtro, lubricador y regulador de presión), una red de tuberías para llegar al utilizador y un conjunto de preparación del aire para cada dispositivo neumático individual.

1. Suministro de energía
2. Entrada de señales
3. Procesador de señales
4. Elemento de maniobra
5. Actuador

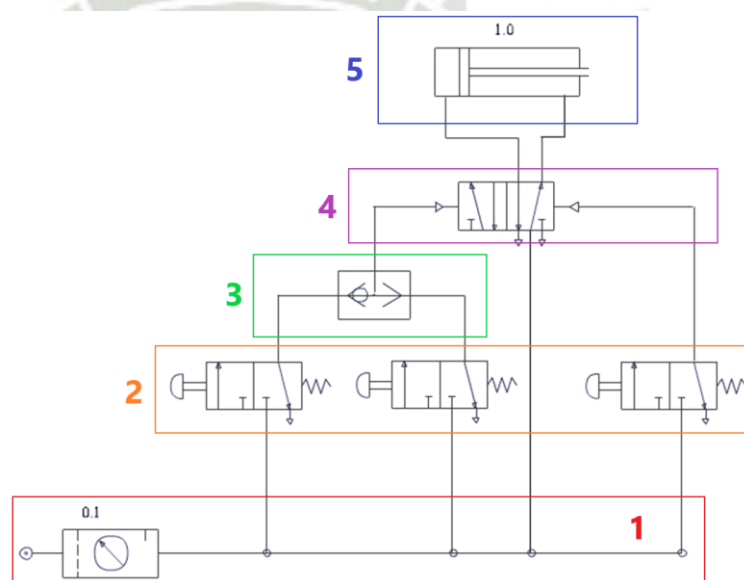


Fig. 25. Diagrama de distribución neumático.

2.3.3.1 Aire comprimido

Según [1] el aire comprimido está compuesto de nitrógeno, oxígeno, vapor de agua y partículas sólidas contaminantes.

El aire comprimido es almacenado en recipientes, los cuales son diseñados para soportar la presión de aire comprimida almacenada. Además, para obtener un buen rendimiento de todos los componentes de un sistema neumático, el aire debe de ser tratado previamente para lograr una presión correcta y que sea aire seco y limpio.

2.3.3.2 Central neumática

Los sistemas neumáticos están compuestos de una central neumática, encargada de mantener la presión y el caudal necesario para la alimentación de los elementos que componen la instalación neumática.

Según [25] una central neumática está compuesta por: filtro de aspiración, compresor, acumulador de aire a presión, secador, filtro de aire a presión con separador de agua, regulador de presión, lubricador y puntos de evacuación del condensado.

Todos estos elementos deben de garantizar una condición de trabajo adecuado libre de impurezas y humedad. Es por ello por lo que el aire comprimido debe ser tratado antes de ser usado.

2.3.3.2.1 Compresor

Según [25] los compresores permiten el ingreso del aire a través de una válvula de aspiración, para luego comprimirlo y alcanzar una presión determinada y luego pasarla a una válvula de escape. La elección del compresor depende de la presión de trabajo y de la cantidad de aire necesaria.

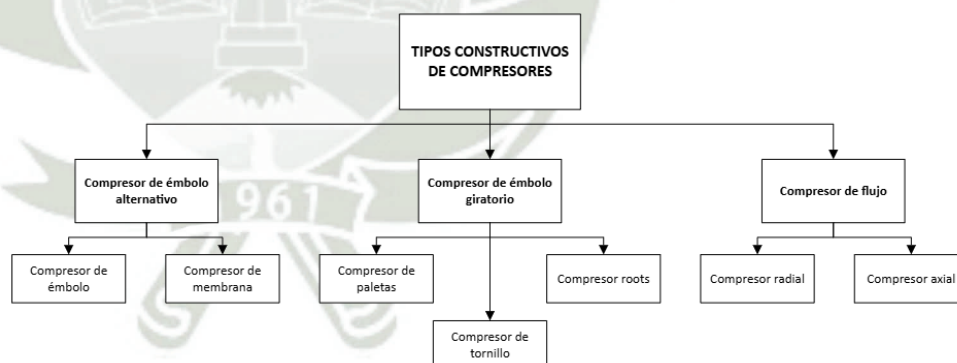


Fig. 26. Tipos constructivos de compresores.

Los compresores se pueden clasificar según su tipo constructivo en:

- Compresor de émbolo alternativo: Se utilizan con frecuencia porque su gama cubre un amplio margen de presiones. Existen dos grupos: compresor de émbolo y compresor de membrana.
- Compresor de émbolo giratorio: Comprimen el aire mediante un émbolo que gira. Tiene tres grupos, el compresor rotativo

multicelular, compresor de hélices bicelular y compresor ROOTS.

- Compresor de flujo: Presenta dos grupos que son el compresor radial y el compresor axial.

2.3.3.2.2 Acumulador

Se encarga de almacenar el aire comprimido proveniente del compresor. Además, se encarga de estabilizar la alimentación de aire a presión al sistema electroneumático.

Como el acumulador es grande, el aire dentro de él se enfría y provoca que el aire se condense en agua, la cual debe ser evacuada a través de un grifo.

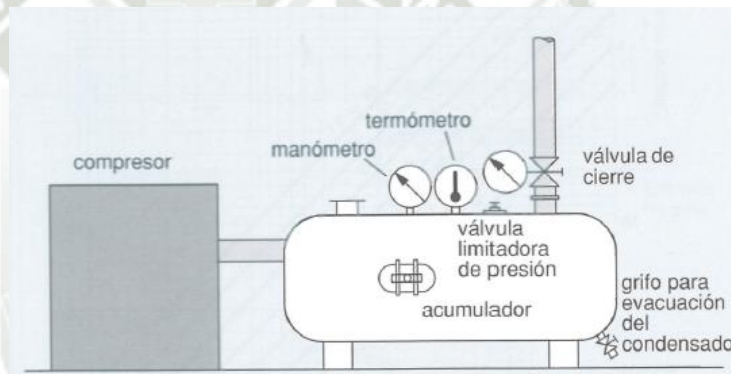


Fig. 27. Acumulador [25]

Según [1] para determinar la capacidad de un depósito, se utiliza la siguiente fórmula:

$$V = K \times Q \quad (8)$$

Donde:

- V es el volumen en m^3
- K es la constante que esta entre 0.2 y 0.5.
- Q es el caudal del compresor en m^3/min

El tamaño del acumulador o deposito depende de los siguientes criterios:

- El caudal del compresor
- La cantidad de aire requerida en el sistema

- La red de tuberías
- La regulación del compresor
- La oscilación permisible de la presión en el sistema

2.3.3.2.3 Secadores de aire

Los secadores de aire sirven para reducir el contenido de humedad del aire hasta alcanzar los niveles deseados y así poder elevar la vida útil de los sistemas electroneumáticos.

Según [25] los costos adicionales por la instalación del secador de aire se compensan rápido por la disminución de los costos de mantenimiento.

Existen diferentes métodos de enfriamiento, entre ellos tenemos:

- Secado por enfriamiento
- Secado por adsorción
- Secado por absorción

2.3.3.2.4 Unidad de mantenimiento

Según [25] la unidad de mantenimiento es una combinación del filtro de aire a presión, el regulador de aire a presión y el lubricador de aire a presión. El tamaño de la unidad de mantenimiento depende del caudal de aire y su mantenimiento deberá efectuarse con regularidad.

- Filtro de aire a presión: El filtro se utiliza para eliminar el condensado, las impurezas y la demasiada cantidad de aceite que provocan el desgaste de piezas móviles. Esas sustancias pueden contaminar el medio ambiente a través de fugas en el sistema. El parámetro característico de los filtros es la amplitud de los poros y de ello dependerá la buena calidad en un sistema neumático.
- Regulador de aire a presión: Se encarga de regular el nivel de presión del aire comprimido para que sea constante y no genere problemas en el sistema. El regulador es instalado detrás del filtro de aire, con el fin de mantener un nivel contante de la presión de trabajo.

- Lubricador de aire a presión: La lubricación del aire a presión se limita solo a los segmentos del sistema que necesiten lubricación como las partes móviles de válvulas y cilindros. El aire a presión contiene aceite de lubricación solo cuando se necesita operar con movimientos muy veloces y cuando se usa cilindros de grandes diámetros.

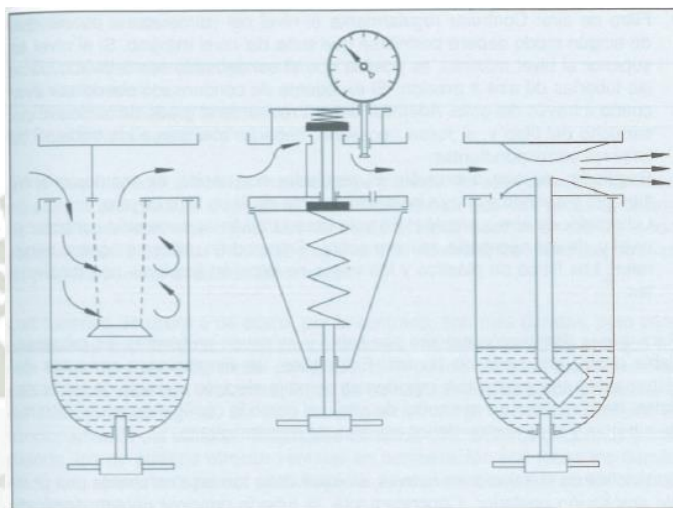


Fig. 28. Funcionamiento de la unidad de mantenimiento. [25]

2.4 Sistemas electroneumáticos

Según [21] los sistemas neumáticos se complementan con los eléctricos y electrónicos lo que les permite obtener un alto grado de sofisticación y flexibilidad.

Según [26] los sistemas electroneumáticos no se muestran en un único diagrama de circuito general, sino en dos diagramas de circuitos separados: uno para la parte eléctrica y otro para la parte neumática. Por esta razón, el flujo de señal no es inmediatamente claro desde la disposición de los componentes en el diagrama del circuito general.

Estos sistemas tienen mayor fiabilidad (menos piezas móviles sujetas a desgaste), menor esfuerzo de planificación y puesta en marcha, especialmente para proyectos complejos y menor esfuerzo de instalación.

Utilizan válvulas solenoide, señales de realimentación de interruptores magnéticos, sensores e interruptores eléctricos de final de carrera. El PLC les

permite programar la lógica de funcionamiento de un cilindro o de un conjunto de cilindros realizando una tarea específica.

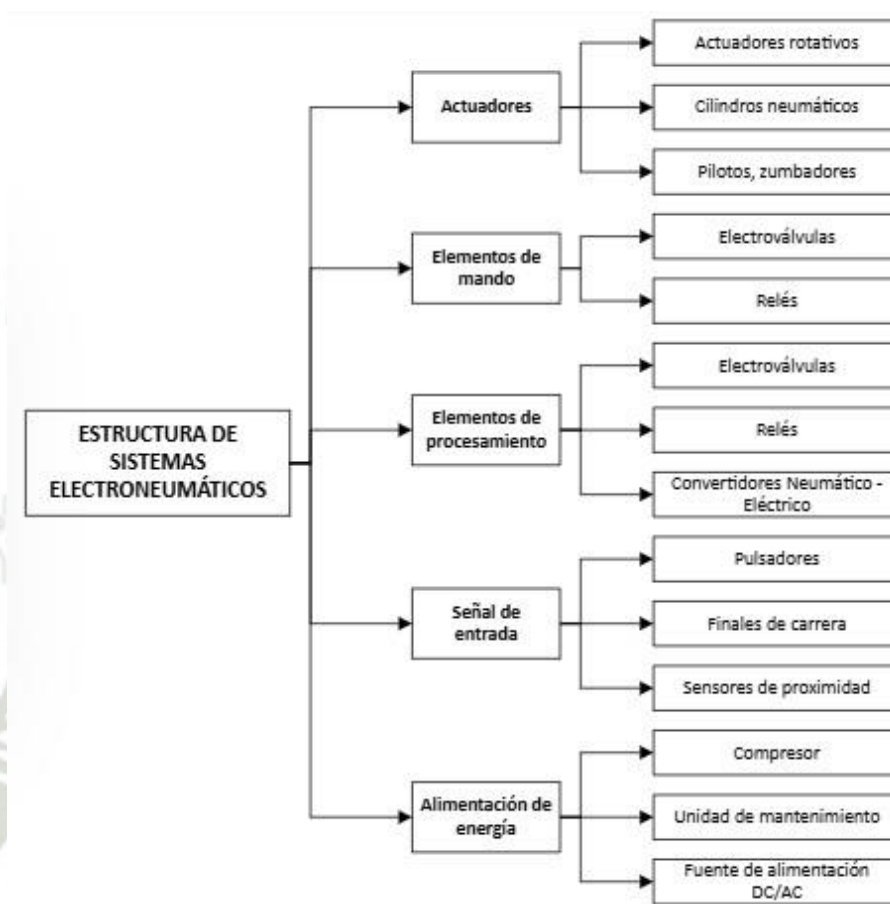


Fig. 29. Estructura de sistemas electroneumáticos.

2.4.1 Diagrama de distribución electroneumático

Según [21] el esquema electroneumático es el plano de representación de todos los elementos, con los conductos y líneas de conexión del mando.

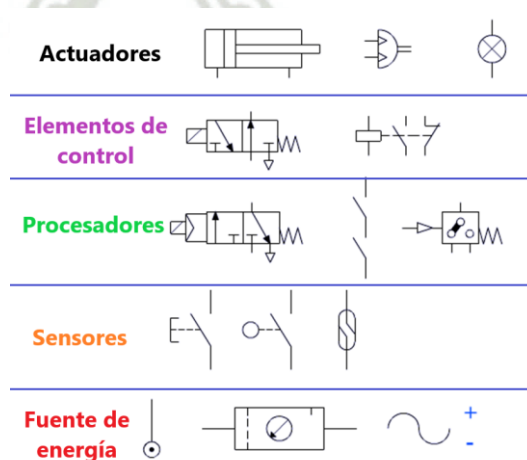


Fig. 30. Diagrama de distribución electroneumático.

Los esquemas eléctricos pueden representarse según las normas ISO y ANSI de la forma siguiente:

1. Los elementos de trabajo se dibujarán siempre en posición horizontal.
2. Los finales de carrera no se representan en su posición normal. Suelen colocarse debajo de los órganos de mando, y se dibuja una línea con el número en el lugar que ocupan en el circuito
3. Los circuitos se dibujan en la posición de partida, o sea, los elementos no están excitados inicialmente.
4. Para evitar errores se numeran los distintos elementos.

2.5 Controladores Lógicos Programables (PLC)

Según [1] el PLC es un dispositivo diseñado para automatizar procesos y tienen un uso mayormente industrial, aunque también pueden emplearse en otras aplicaciones más sencillas.

Según [25] los controladores lógicos programables (PLC) se utilizan para sistemas de control secuencial con numerosas señales de entrada y salida que requieren combinaciones de señales complejas como cálculos, regular elementos en función a parámetros, etc.

Según [21] una instalación neumática puede controlarse desde un PLC con la ventaja de ser modificable. De modo que la programación y el aspecto de las pantallas del monitor pueden cambiarse más adelante para una nueva instalación, o para diseñar una mejora en el circuito.

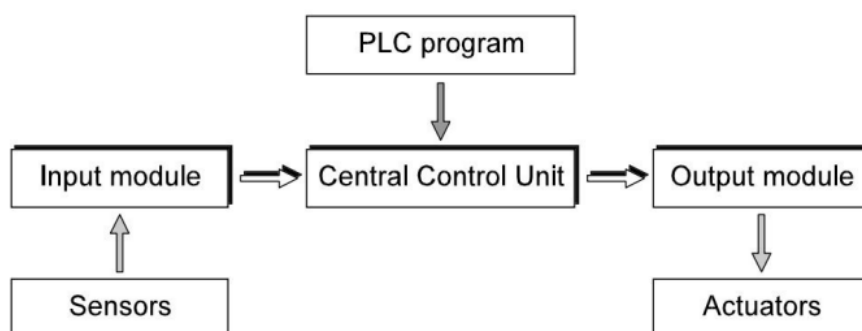


Fig. 31. Componentes del sistema de un PLC [21]

2.5.1 Estructura de un PLC

Un PLC se compone de básicamente 3 partes: hardware, firmware y software. El primero corresponde a las partes físicas (circuitos, cableados, batería, etc.). El segundo viene formado por los programas que estén permanentemente instalados por el fabricante que incluye las rutinas básicas del sistema y el último corresponde al programa escrito por el usuario del PLC [1].

Un PLC se compone principalmente por tres bloques:

- Terminales de entrada donde conectamos pulsadores, finales de carrera, detectores o sensores.
- Terminales de salida donde conectamos lámparas, bobinas de contactores, relés, electroválvulas, etc.
- Unidad central de procesos, tiene una sección de memoria que almacena información como datos del PLC y programas de usuario.

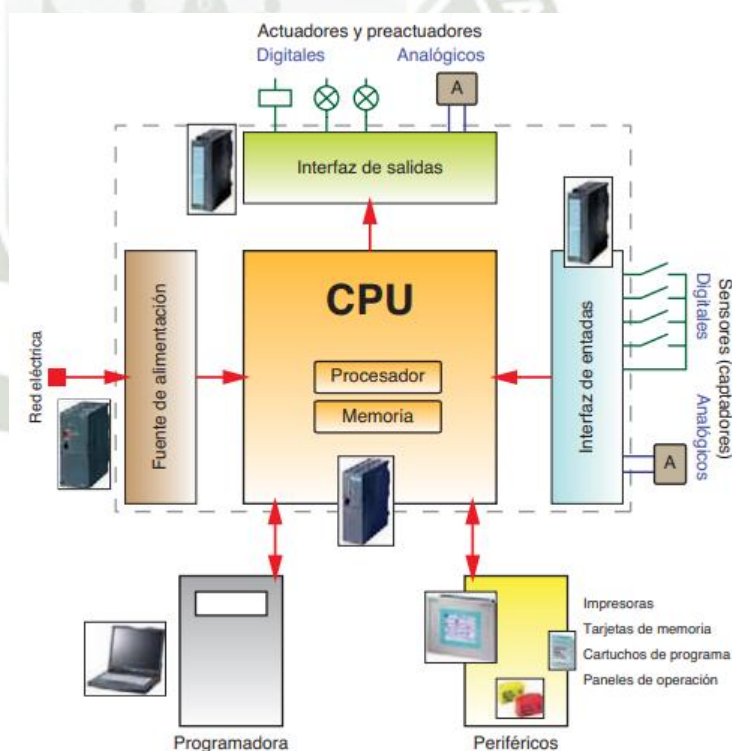


Fig. 32. Estructura de un PLC. [27]

2.5.2 Campo de aplicación

Con la evolución de la tecnología, el campo de aplicación es muy extenso.

- Máquinas: Industria maderera, industria del plástico, procesos textiles y confección, procesos de grava, arena y cemento.
- Instalaciones: Plantas embotelladoras, aire acondicionado y calefacción, almacenamiento y trasvase de cereales, tratamientos térmicos.
- Señalización y control: Chequeo de programas, señalización de estado de procesos.

2.5.3 Ventajas y desventajas

Dentro de las ventajas que tiene un PLC tenemos un menor tiempo en la elaboración de proyectos, no es necesario dibujar el esquema de contactos, no necesario simplificar las ecuaciones lógicas, se puede realizar modificaciones sin necesidad de cambiar cableado ni añadir equipos, se puede trabajar PLC maestros y esclavos, hay la posibilidad de gobernar varias máquinas con un mismo PLC, tiene un menor costo de instalación y existe una fiabilidad del sistema al no existir contactos móviles.

Por otro lado, las desventajas de un PC son que se requiere de un especialista para la programación y hay un costo inicial que puede ser elevado, dependiendo de las características del proceso a automatizar.

2.5.4 Lenguajes de programación

El lenguaje de programación es el encargado de manejar el juego de instrucciones del autómatas para realizar las funciones lógicas y de cálculo de la CPU.

Existe una norma de estandarización de programas para el PLC, la IEC-61131-3 con cinco lenguajes de programación [21].

2.5.4.1 Lenguaje Ladder (LD)

También conocido como diagrama escalera o de contactos, es un lenguaje de programación gráfico derivado de los esquemas de circuitos de los mandos por relés directamente cableados. Representa una red de contactos y bobinas que el autómatas ejecuta secuencialmente.

La simbología es:

- Entrada

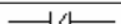
Tipo de Contacto	Visualización	Pasa corriente cuando...
Normalmente abierto		La referencia está ON
Normalmente cerrado		La referencia está OFF

Fig. 33. Contactos típicos de Ladder. [28]

- Salida

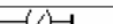
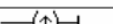
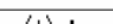
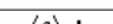
Tipo de Bobina	Visualización	¿Corriente a la bobina?	Resultado
Normalmente abierta		Si	Referencia ON
		No	Referencia OFF
Inversa		Si	Referencia OFF
		No	Referencia ON
Transición Positiva		No → Si	Ref. ON durante un barrido
Transición Negativa		Si → No	Ref. OFF durante un barrido
Set		Si	Ref. ON hasta que se apague con "R"
		No	Sigue igual
Reset		Si	Ref. OFF hasta que se active con "S"
		No	Sigue igual

Fig. 34. Bobinas típicas de Ladder. [28]

2.5.4.2 Diagrama de bloques funcionales (FBD)

Deriva de los diagramas lógicos empleados en el diseño de circuitos electrónicos.

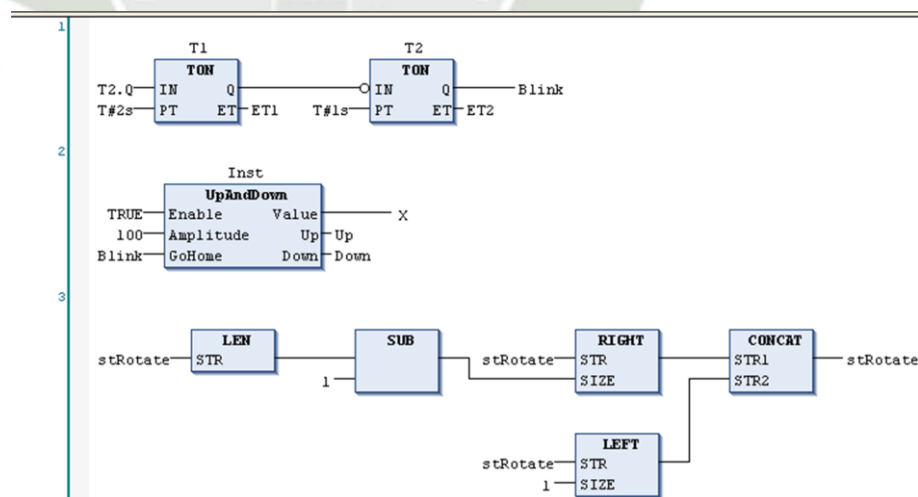


Fig. 35. Lenguaje diagrama de bloques funcionales. [29]

2.5.4.3 Texto estructurado (ST)

Se basa en el código C y resulta muy sencillo para gestionar tablas, funciones aritméticas, etc. Es un lenguaje de alto nivel basado en Pascal y consiste en expresiones e instrucciones.

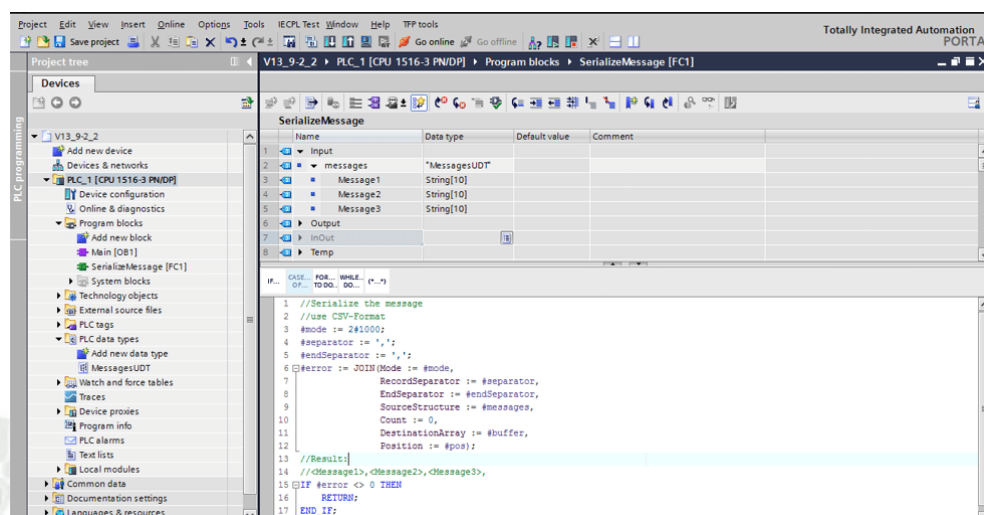


Fig. 36. Lenguaje estructurado. [30]

2.5.4.4 Esquema de Funciones Secuenciales (SFC)

También llamado GRAFCET (Grafico Funcional de Control Etapa Transición). Es un método gráfico de modelado y descripción de sistemas, se compone de etapas, transiciones y acciones.

- Las etapas son parte del programa englobando un conjunto de acciones asociadas, de manera que cuando la etapa está activa se efectúan dichas acciones. Se representan mediante un cuadro numerado.
- Las transiciones permiten evolucionar de una etapa a la otra y se representan gráficamente por una línea horizontal.

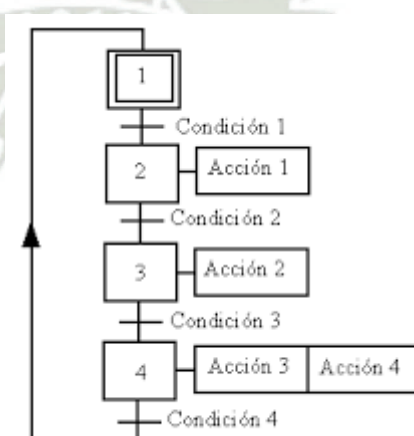


Fig. 37. Diagrama GRAFCET. [31]

2.5.4.5 Lista de Instrucciones (IL)

Es un lenguaje parecido al lenguaje ensamblador, está formado por una serie de instrucciones ejecutadas secuencialmente por el PLC. Su estructura igual que el lenguaje de contactos porque las instrucciones se organizan en secuencia.

Dispone de dos tipos de códigos de instrucción, el de prueba (AND, OR...etc.) y el de acción (ST, STN, R, JMP, etc.).

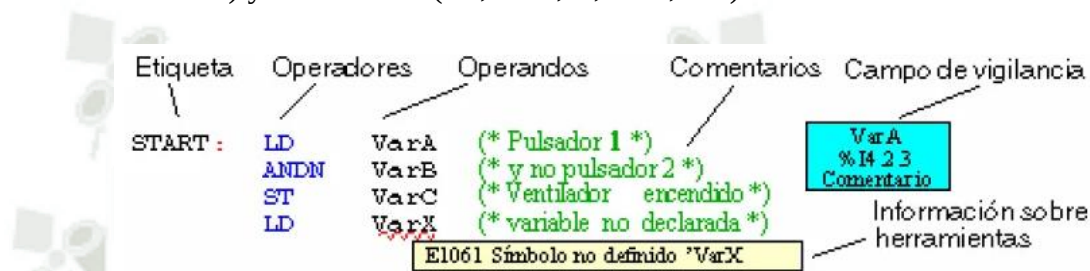


Fig. 38. Lenguaje de programación IL. [32]

2.6 Diseño de sistemas

2.6.1 Diseño de sistema paso a paso

El método paso a paso es una técnica para diseño de circuitos neumáticos, el cual está basado en que para activar un grupo es necesario desactivar el grupo anterior, generando así una secuencia. Este método es más utilizado que el método de cascada, ya que cuando hay más de dos válvulas en cascada, surgen pérdidas de presión. Dichas pérdidas de presión se corrigen con el método paso a paso. Se necesita que haya tres o más grupos para que funcione, aunque se puede realizar el método con dos grupos, pero se debe de agregar un grupo adicional para poder seguir con la secuencia [33].

2.6.2 Diseño de sistema en cascada

Es una técnica para diseñar circuitos secuenciales, dividiendo la secuencia de movimientos en grupos y utilizando válvulas selectoras para evitar conflictos entre señales. Este método asegura que cada grupo de movimientos se complete antes de pasar al siguiente, evitando retrocesos y simplificando el control del sistema.

2.7 Control Secuencial

En el control secuencial con PLC, existen principalmente dos tipos: control secuencial basado en eventos y control secuencial basado en tiempo. El control secuencial, también conocido como "control por pasos", ejecuta una serie de acciones en un orden predeterminado.

2.7.1 Control Secuencial Basado en Eventos

Este tipo de control se activa por eventos o condiciones específicas, como la llegada de una señal, un cambio de estado en una variable, o la detección de un objeto.

Ejemplo: Un sistema de llenado de un tanque puede ser controlado secuencialmente por eventos. La secuencia podría ser: abrir válvula de llenado, detectar nivel alto, cerrar válvula.

2.7.2 Control Secuencial Basado en Tiempo

En este tipo, la secuencia se controla por intervalos de tiempo predefinidos. Además, este tipo de control puede ser considerado de "bucle abierto" ya que no hay retroalimentación, a menos que se implemente un sistema de detección de eventos para finalizar la tarea.

Ejemplo: Un ciclo de lavado en una lavadora podría ser controlado por tiempo, con etapas como prelavado durante un tiempo determinado, lavado otro tiempo, enjuague, y centrifugado.

2.8 Norma DIN ISO 1219

Es un estándar internacional que establece la simbología para componentes y diagramas de sistemas hidráulicos y neumáticos. Esta norma es importante para la creación de diagramas estandarizados que son universales y comprensibles para profesionales de la ingeniería mecánica y automatización, mostrando la función de cada componente en lugar de su diseño físico. [34]

2.8.1 Designación de conexiones, normas básicas de representación

Las válvulas de regulación y control, se nombran en primer lugar el número de vías y luego el número de posiciones.

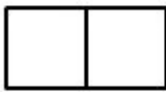
	Una posición
	Dos posiciones
	Tres posiciones

Fig. 39. Posición de las válvulas.

La representación se basa en las siguientes reglas:

1. Cada posición se indica por un cuadrado.
2. Se indica en cada cuadrado, las canalizaciones, el sentido del flujo y la situación de las conexiones (vías).
3. Las vías de las válvulas se dibujan en la posición de reposo.
4. El desplazamiento a la posición de trabajo se realiza transversalmente, hasta que las canalizaciones coinciden con las vías en la nueva posición.
5. También se indica el tipo de mando que modifica la posición de la válvula (señal de pilotaje). Puede ser manual, por muelle, etc.

2.8.2 Instrumentos de conexión, medición y mantenimiento

La simbología de conexiones según la norma ISO 1219 es:

Conexiones	
Símbolo	Descripción
	Unión de tuberías.
	Cruce de tuberías.
	Manguera.
	Acople rotante.
	Línea eléctrica.
	Silenciador.
	Fuente de presión, hidráulica, neumática.

Fig. 40. Simbología de conexiones según la norma ISO 1219. [35]

La simbología de medición y mantenimiento según la norma ISO 1219 es:

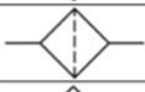
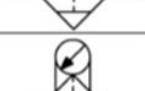
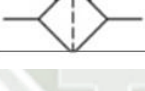
Medición y mantenimiento	
Símbolo	Descripción
	Unidad de mantenimiento, símbolo general.
	Filtro.
	Drenador de condensado, vaciado manual.
	Drenador de condensado, vaciado automático.
	Filtro con drenador de condensado, vaciado automático.
	Filtro con drenador de condensado, vaciado manual.
	Filtro con indicador de acumulación de impurezas.

Fig. 41. Simbología de medición y mantenimiento según la norma ISO 1219. [35]

2.8.3 Actuadores

A continuación, se muestra la simbología de actuadores según la norma ISO 1219 es:

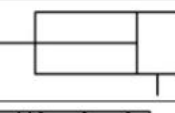
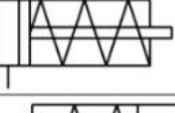
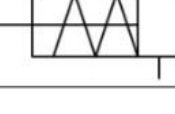
Símbolo	Descripción
	Cilindro de simple efecto, retorno por esfuerzos externos.
	Cilindro de simple efecto, retorno por esfuerzos externos.
	Cilindro de simple efecto, retorno por muelle.
	Cilindro de simple efecto, retorno por muelle.

Fig. 42. Simbología de actuadores según la norma ISO 1219. [35]

2.8.4 Accionadores

En la siguiente imagen se muestra la simbología de accionadores según la norma ISO 1219 es:

Símbolo	Descripción
	Mando manual en general, pulsador.
	Botón pulsador, seta, control manual.
	Mando por palanca, control manual.
	Mando por pedal, control manual.
	Mando por llave, control manual.
	Mando con bloqueo, control manual.
	Muelle, control mecánico.
	Palpador, control mecánico en general.
	Rodillo palpador, control mecánico.

Fig. 43. Simbología de accionadores según la norma ISO 1219. [35]

2.8.5 Válvulas de bloqueo, flujo y presión

En la siguiente figura se muestra la simbología de válvulas de bloqueo, flujo y presión según la norma ISO 1219 es:

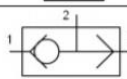
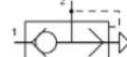
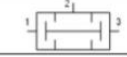
Símbolo	Descripción
	Válvula de cierre.
	Válvula de bloqueo (antirretorno).
	Válvula de retención pilotada. $P_e > P_a \rightarrow$ Cierre.
	Válvula de retención pilotada. $P_a > P_e \rightarrow$ Cierre.
	Válvula O (OR). Selector.
	Válvula de escape rápido. Válvula antirretorno.
	Válvula de escape rápido, Válvula antirretorno, doble efecto con silenciador.
	Válvula Y (AND).
	Orificio calibrado. El primer símbolo es fijo, el segundo regulable.
	Estrangulación. El primer símbolo es fijo, el segundo regulable.

Fig. 44. Simbología de válvulas de bloqueo, flujo y presión. [35]

2.9 Software Connected Components Workbench (CCW)

Según [36] es un software de diseño y configuración basado en Microsoft Visual Studio y desarrollado por Rockwell Automation para dispositivos de automatización pequeños. Permite programar controladores Micro800, configurar variadores PowerFlex, arrancadores y terminales HMI PanelView 800 en una sola plataforma.

Las características principales son:

- **Programación Unificada:** Soporta lenguajes IEC 61131-3, incluyendo diagrama de escalera (Ladder), bloques de funciones y texto estructurado.
- **Diseño de HMI:** Incluye el editor para diseñar pantallas en los terminales gráficos PanelView 800.
- **Simulación:** Permite probar el código de los controladores Micro800 sin hardware físico utilizando el simulador integrado.
- **Configuración de Dispositivos:** Facilita la parametrización de variadores de frecuencia, arrancadores suaves y dispositivos de seguridad.
- **Versiones:** Existe una versión estándar gratuita (descargable) y una versión de desarrollo con licencia.

CCW está diseñado para reducir el tiempo de desarrollo y los costos en aplicaciones de máquinas pequeñas, ofreciendo un entorno intuitivo para la integración de componentes de Rockwell Automation.

2.10 AutoCAD

Según [37], AutoCAD es un software líder de diseño asistido por computadora (CAD) desarrollado por Autodesk, utilizado para crear dibujos técnicos precisos, planos en 2D y modelado 3D. Es esencial en arquitectura, ingeniería y diseño industrial, permitiendo la creación de estructuras detalladas, uso de capas y compatibilidad con formatos vectoriales como DWG y DXF.



CAPÍTULO III

3. DISEÑO DE INGENIERÍA

3.1 Especificaciones técnicas

El módulo debe cumplir con las siguientes especificaciones:

- ✓ Debe estar hecho con materiales livianos pero resistentes al tiempo.
- ✓ Debe ser fácil de desplazar por los distintos laboratorios de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica.
- ✓ Debe ser posible realizar un programa controlador del módulo con el PLC Micro 850 o con cualquier otro de distintos modelos.
- ✓ Debe distinguirse los distintos elementos de un sistema neumático y electroneumático.
- ✓ Debe tener los elementos de trabajo correctamente posicionados y dimensionados para asegurar el buen funcionamiento del módulo.
- ✓ El módulo debe trabajar a una presión regulada porque se debe garantizar que los pistones tengan la fuerza necesaria para el empuje de las piezas.
- ✓ Debe contar con un panel de conexiones para conectar los sensores, las electroválvulas y el PLC entre sí.

3.2 Etapas de funcionamiento

La función principal de este módulo es que el estudiante aprenda como se realizan las conexiones y el funcionamiento de los elementos de un sistema neumático y electroneumático, dentro ellos tenemos los cilindros, electroválvulas, sensores y el PLC Micro 850.

El diagrama de bloques representa el funcionamiento de un sistema automatizado que combina componentes neumáticos y electroneumáticos. Esta división permitió comprender cómo se genera, controla y utiliza la energía neumática mediante señales eléctricas programadas.

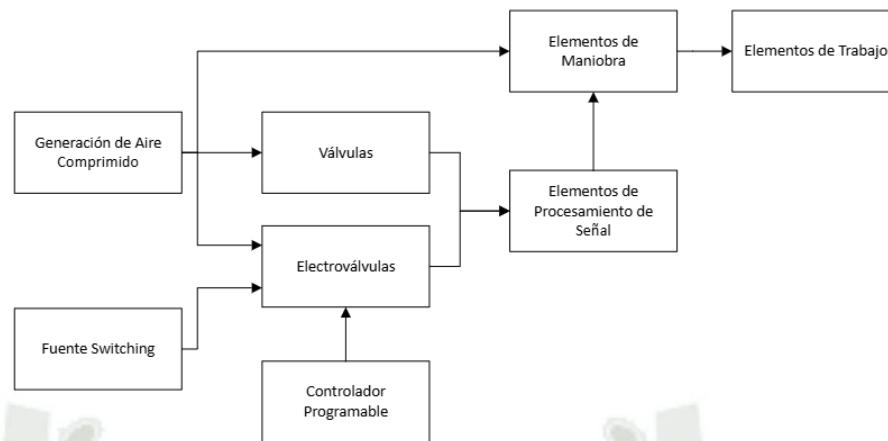


Fig. 45. Diagrama de bloques de un sistema neumático y electroneumático.

En el caso del sistema neumático, se encarga de la generación, distribución y aprovechamiento del aire comprimido para realizar trabajo mecánico. Está compuesto por los siguientes bloques:

- Generación de aire comprimido:** Es el punto de partida del circuito neumático y representa el compresor o fuente de aire que suministra presión al sistema.
- Válvulas:** Se encargan de regular el paso del aire y dirigen el flujo hacia los actuadores.
- Elementos de Procesamiento de Señal:** Incluyen módulos de interfaz, relés, temporizadores o convertidores.
- Elementos de maniobra:** Son los actuadores que convierten la energía del aire en movimiento físico.
- Elementos de trabajo:** Es la parte final del sistema y donde se realiza la acción deseada como el desplazamiento de una pieza, prensado, corte, etc.

Por otro lado, en el sistema electroneumático incorpora componentes eléctricos y electrónicos que permiten controlar el sistema neumático de forma automática y programada. Sus bloques son:

- Fuente Switching:** Proporciona la energía eléctrica necesaria para alimentar el controlador y los dispositivos electrónicos.
- Controlador Programable:** Es el núcleo de control del sistema que recibe señales de entrada y genera señales de salida para activar las electroválvulas.

- c. **Electroválvulas:** Son válvulas neumáticas activadas eléctricamente que reciben señales del controlador para abrir o cerrar el paso del aire.
- d. **Elementos de Procesamiento de Señal:** Ajustan las señales eléctricas para que sean compatibles con los actuadores.
- e. **Elementos de maniobra:** Son los actuadores que convierten la energía del aire en movimiento físico.
- f. **Elementos de trabajo:** es la parte final del sistema y donde se realiza la acción deseada como el desplazamiento de una pieza, prensado, corte, etc.

Así mismo el sistema electroneumático controla el sistema neumático. Es decir, el controlador programable decide cuándo y cómo se activan las electroválvulas, lo que a su vez determina el comportamiento de los actuadores neumáticos. Esta integración permite automatizar procesos industriales con alta precisión y eficiencia.

3.3 Diseño del módulo de entrenamiento

Los elementos que usamos en el diseño e implementación del módulo de entrenamiento para sistemas neumáticos y electroneumáticos son:

3.3.1 Carrito transportador

Este carrito sostendrá la estructura del módulo de entrenamiento y el compresor de aire. Consiste en una mesa de madera con estructura metálica con las siguientes medidas:

- Largo: 148cm.
- Ancho: 66cm.
- Alto: 63cm.

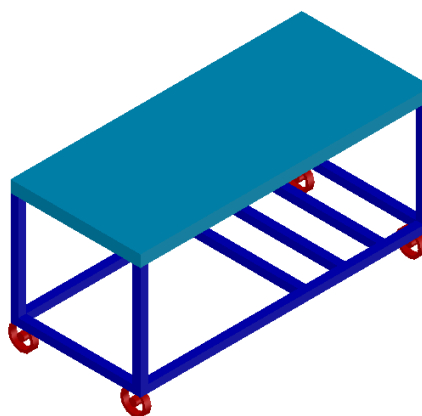


Fig. 46. Carrito transportador.

Este carrito tiene 4 ruedas, que permiten la movilidad del módulo de entrenamiento y cumple con proporcionar el fácil desplazamiento por los laboratorios de la universidad.

3.3.2 Tablero de conexiones

Debido a que es un módulo de entrenamiento se incluyó un tablero para que los estudiantes puedan realizar las conexiones y tengan una vista más detallada de las características de los elementos en un sistema neumático y electroneumático. Se usó un MDF de 0.6cm de ancho, en la cual se colocó borneras con tipo de entrada banano y para que tenga soporte se utilizó un recuadro de estructura metálica.

Este tablero cumple con la norma IEC 61439-1 para el cableado de las conexiones de las borneras y con los cableados realizados internamente.

El tablero tiene las siguientes medidas:

- Alto: 85.5cm
- Ancho: 0.60cm
- Largo: 158cm

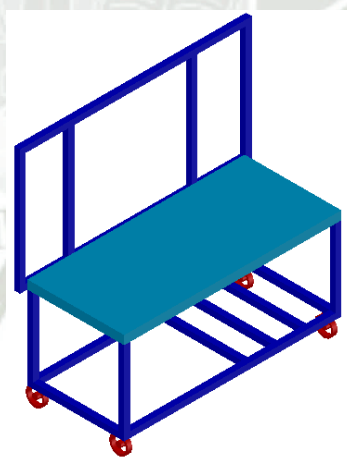


Fig. 47. Estructura metálica para el tablero.

A continuación, se mostrará el diseño de distribución del tablero de conexiones:

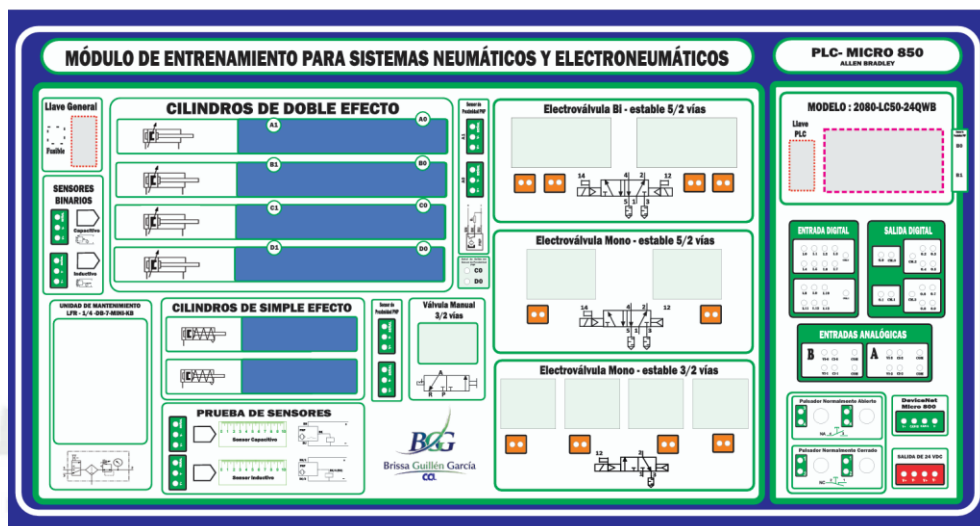


Fig. 48. Diseño del tablero de conexiones.

3.3.3 Tablero eléctrico

El tablero eléctrico está hecho con una caja de PBC, donde se realizaron las conexiones para alimentar la fuente de alimentación del PLC, el compresor de aire y la fuente de 24VDC. Así mismo este tablero recibe una alimentación de 220VAC.

El tablero eléctrico está ubicado en la parte trasera del carrito transportar, adosado a la parte inferior derecha de dicho elemento.

El diagrama de bloques del tablero eléctricos es:

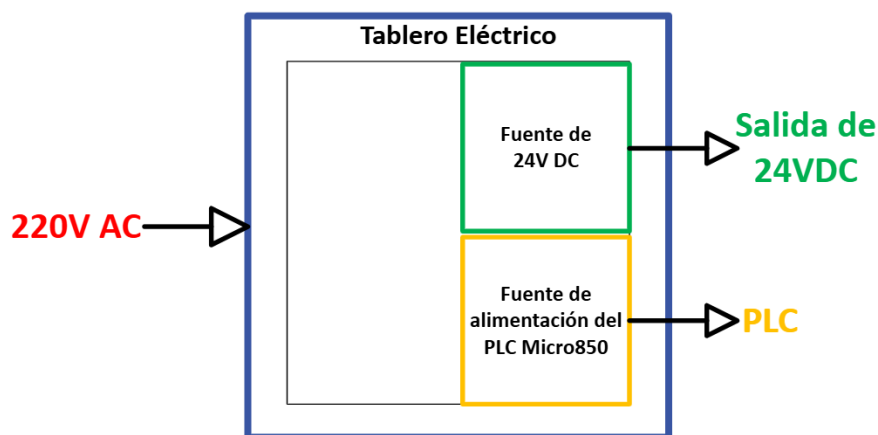


Fig. 49. Diagrama de bloques del tablero eléctrico.

Finalmente, se debe tener en cuenta que este tablero no será manipulado por los estudiantes ya que las conexiones salen directas al tablero de conexiones.



Fig. 50. Tablero eléctrico

3.3.4 Selección de elementos del módulo de entrenamiento

3.3.4.1 Llave termomagnética general

Esta llave se usa para alimentar todo el módulo, incluyendo el compresor, fuente de alimentación y el PLC. Se está usando la llave termomagnética de modelo 5SY4220-7 y de marca Siemens.

A continuación, se presentarán algunas características de esta llave, el resto de información se encuentra en el Anexo 2:

TABLA I

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA LLAVE TERMOMAGNÉTICA GENERAL

Características técnicas	
Curva de disparo	C
Corriente nominal	20A
Numero de polos	2 polos
Tensión de operación	440VAC
Frecuencia	50/60 Hz



Fig. 51. Llave termomagnética de marca Siemens. [38]

3.3.4.2 Llave termomagnética para el PLC

Antes de la fuente de alimentación del PLC, se está colocando esta llave, ya que durante el desarrollo de las guías no se usa siempre el PLC.

La llave termomagnética que se utiliza es del modelo MDW-C16-2 de la marca WEG.

Este interruptor tiene las siguientes características:

TABLA II

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA LLAVE TERMOMAGNÉTICA PARA EL PLC

Características técnicas	
Curva de disparo	C
Corriente nominal	16A
Numero de polos	2 polos
Tensión de operación	440VAC/250VCC
Frecuencia	50/60 Hz

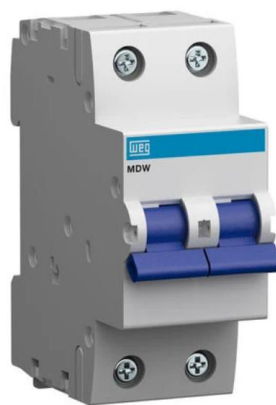


Fig. 52. Llave termomagnética para el PLC. [39]

3.3.4.3 Sensor capacitivo

Se está utilizando el sensor de modelo XT118B1PAL2 de marca Telemecanique. Se usan 2 sensores de este tipo, uno para detectar la posición del cilindro y el otro para estudiar su modo de medición de los distintos materiales que se requiera detectar.

Las características se detallan en el datasheet que se encuentran en el Anexo 3, pero dentro de las principales tenemos:

TABLA III

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL SENSOR CAPACITIVO

Características técnicas	
Distancia nominal	5mm
Tensión de alimentación	24VDC
Corriente de consumo	<15mA
Tipo de salida	PNP



Fig. 53. Sensor capacitivo. [40]

3.3.4.4 Sensor inductivo

Se está utilizando el sensor de modelo XS4P12PA370 de marca Telemecanique. Se usan 2 sensores de este tipo, uno para detectar la

posición del cilindro y el otro para estudiar su modo de medición de los distintos materiales que se requiera detectar.

Las características se detallan en el datasheet que se encuentran en el Anexo 4, pero dentro de las principales tenemos:

TABLA IV

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL SENSOR INDUCTIVO

Características técnicas	
Distancia nominal	4mm
Tensión de alimentación	24VDC
Corriente de consumo	0...10mA
Tipo de salida	PNP



Fig. 54. Sensor inductivo. [41]

3.3.4.5 Sensor de proximidad magnetorresistivo

Este sensor es de la marca Festo y su modelo es SMT-8M-A-PS-24V-E-2,5-OE. Se están utilizando 8 sensores de este tipo para detectar la posición de los cilindros y realizar las practicas requeridas.

Sus características técnicas se encuentran detalladas en su datasheet que está en el Anexo 5, pero a continuación describiremos las más importantes:

TABLA V

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL SENSOR MAGNETORRESISTIVO

Características técnicas	
Tensión de alimentación	24VDC
Corriente de consumo	100mA
Tipo de salida	PNP



Fig. 55. Sensor de proximidad [42]

3.3.4.6 Cilindro de doble efecto

Se tiene el cilindro normalizado de modelo DSNU-20-200-PPV-A y de marca Festo. Se usan 4 cilindros en el módulo para desarrollar los diferentes métodos de secuencia en los sistemas neumáticos.

Sus características técnicas se detallan en el datasheet que está en el Anexo 7, pero las más importantes son:

TABLA VI

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL CILINDRO DE DOBLE EFECTO

Características técnicas	
Carrera	200mm
Diámetro del émbolo	20mm
Presión de funcionamiento	0.1 MPa ... 1 MP 1 bar ... 10 bar



Fig. 56. Cilindro de doble efecto. [43]

Según [1], para calcular la fuerza de empuje del cilindro, usaremos las siguientes formulas:

$$F_{avance} = P \times \frac{\pi}{4} \times D^2 \times \eta - F_{rozamiento} \quad (9)$$

$$F_{retroceso} = P \times \frac{\pi}{4} \times (D^2 - d^2) \times \eta - F_{rozamiento} \quad (10)$$

$$F_{rozamiento} = F_{teorica} \times 10\% \quad (11)$$

$$F_{teorica} = P \times \frac{\pi}{4} \times D^2 \quad (12)$$

Donde:

- P es la presión de aire con la que trabaja
- D es el diámetro del embolo
- d es el diámetro del vástago
- η es el rendimiento expresado en porcentaje, en este caso lo consideraremos como 1.
- $F_{rozamiento}$ es la fuerza de rozamiento, que es el 10%. Se tomará como 0.1.

Desarrollando tenemos:

$$F_{teorica} = P \times \frac{\pi}{4} \times D^2 = (3.5 \times 10^5) \times \frac{\pi}{4} \times 0.020^2 = 109.96N$$

$$F_{rozamiento} = F_{teorica} \times 10\% = 109.96 \times 0.1 = 11N$$

Entonces tenemos que la fuerza de avance es:

$$F_{avance} = (3.5 \times 10^5) \times \frac{\pi}{4} \times 0.020^2 \times 1 - 11$$

$$F_{avance} = 98.96 N$$

Y la fuerza de retroceso es:

$$F_{retroceso} = (3.5 \times 10^5) \times \frac{\pi}{4} \times (0.020^2 - 0.010^2) \times 1 - 11$$

$$F_{retroceso} = 74.22 N$$

Ahora debemos hallar el consumo de aire del cilindro, con la siguiente fórmula:

$$Q_{CDE} = \left[\frac{D^2 \times \pi}{4} + L \frac{(D^2 - d^2) \times \pi}{4} \right] \times \eta \times r_c \quad (13)$$

$$r_c = \frac{101.3kPa + P}{101.3kPa} \quad (14)$$

Donde:

- r_c es la relación de conversión
- L es la carrera del cilindro

Entonces el consumo de aire del cilindro es:

$$r_c = \frac{101.3kPa + 3.5 \times 10^5}{101.3kPa}$$

$$r_c = 4.46$$

$$Q_{CDE} = \left[\frac{0.02^2 \times \pi}{4} + 0.2 \frac{(0.02^2 - 0.01^2) \times \pi}{4} \right] \times 1 \times 4.46$$

$$Q_{CDE} = 0.49l/min$$

3.3.4.7 Cilindro de simple efecto

Se tiene el cilindro normalizado de modelo ESNU-20-50-P-A y de marca Festo. Se usan 2 cilindros en el módulo para entender su modo de funcionamiento.

Sus características técnicas se detallan en el datasheet que está en el Anexo 6, pero las más importantes son:

TABLA VII

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL CILINDRO DE SIMPLE EFECTO

Características técnicas	
Carrera	50mm
Diámetro del émbolo	20mm
Presión de funcionamiento	0.12 MPa ... 1 MP 1.2 bar ... 10 bar



Fig. 57. Cilindro de simple efecto. [44]

Para este cilindro, la fuerza de avance es igual al cilindro de doble efecto:

$$F_{avance} = 98.96 \text{ N}$$

Pero el consumo de aire es diferente por la carrera que presenta este cilindro.

$$Q_{CDE} = \left[\frac{D^2 \times \pi}{4} + L \frac{(D^2 - d^2) \times \pi}{4} \right] \times \eta \times r_c$$

$$Q_{CDE} = \left[\frac{0.02^2 \times \pi}{4} + 0.05 \frac{(0.02^2 - 0.01^2) \times \pi}{4} \right] \times 1 \times 4.46$$

$$Q_{CDE} = 0.12 \text{ l/min}$$

3.3.4.8 Electroválvula monoestable 5/2

El módulo cuenta con 2 electroválvulas modelo VUVS-LK20-M52-AD-G18-1C1-S de la marca Festo.

Las principales características son:

TABLA VIII

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA ELECTROVÁLVULA MONOESTABLE 5/2

Características técnicas	
Tensión de alimentación	24VDC
Potencia de consumo	2.4W
Presión de funcionamiento	0.15 MPa ... 0.8 MP 1.5 bar ... 8 bar



Fig. 58. Electroválvula monoestable 5/2. [45]

3.3.4.9 Electroválvula monoestable 3/2

El modulo usa 4 electroválvulas modelo VUVS-LK20-M32C-AD-G18-1C-S de la marca Festo para comprender su principio de funcionamiento.

Las principales características son:

TABLA IX

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA ELECTROVÁLVULA MONOESTABLE 3/2

Características técnicas	
Tensión de alimentación	24VDC
Potencia de consumo	2.4W
Presión de funcionamiento	0.15 MPa ... 0.8 MP 1.5 bar ... 8 bar



Fig. 59. Electroválvula monoestable 3/2. [46]

3.3.4.10 Electroválvula biestable 5/2

Usamos la electroválvula modelo VUVS-LK20-B52-D-G18-1C1-S de la marca Festo. De este tipo de válvulas se tiene dos en el módulo de entrenamiento para desarrollar los problemas planteados de secuencias.

Sus características técnicas se encuentran en el datasheet que están en el Anexo 10.



Fig. 60. Electroválvula biestable 5/2. [47]

3.3.4.11 Unidad de mantenimiento combinada

Se está utilizando 1 unidad del modelo LFR-1/4-DB-7-MINI-KB-MPA de la marca de Festo que incluye su manómetro.

Esta unidad se conecta después del compresor y antes del cilindro distribuidor de aire. Sus características técnicas se encuentran en el datasheet que está en el Anexo 11.



Fig. 61. Unidad de mantenimiento combinada. [48]

3.3.4.12 Pulsadores

Se utilizan 2 pulsadores NC y 2 pulsadores NA del modelo NP2 y de la marca Chint.

La descripción de este componente se detalla en su datasheet que está en el Anexo 12.

TABLA X

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS PULSADORES

Características técnicas	
Voltaje máximo de alimentación	415V
Corriente máxima	10A

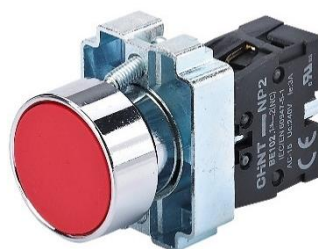


Fig. 62. Pulsador. [49]

3.3.4.13 Válvula con pulsador manual 3/2

Se está implementando una válvula con pulsador manual 3R210-06 de marca AT.

Esta servirá para comprender en el módulo de entrenamiento el funcionamiento de un sistema neumático.

TABLA XI

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA VÁLVULA MANUAL 3/2

Características técnicas	
Tipo de accionamiento	Manual
Presión de funcionamiento	0.15 MPa ... 0.8 MP 1.5 bar ... 8 bar



Fig. 63. Válvula con pulsador manual 3/2.

3.3.4.14 Tubo de plástico

Se utiliza para conectar los elementos neumáticos, en este caso usamos el modelo de tubo PUN-H-6X1-BL de la marca Festo. El datasheet completo se encuentra en el Anexo 13.



Fig. 64. Tubo de plástico. [50]

3.3.4.15 Cilindro distribuidor de aire

Se diseñó y mandó a fabricar un cilindro para la distribución de aire con 8 salidas y una entrada que va conectada directamente a la unidad de mantenimiento. Cada salida tiene una llave permite el paso del aire y regular el nivel de presión que saldrá a las válvulas.

El material del cilindro es de aluminio. Sus medidas son:

- Diámetro externo: 6.6cm
- Área: 387.74cm^2
- Largo: 15.4cm



Fig. 65. Cilindro distribuidor de aire, vista frontal.

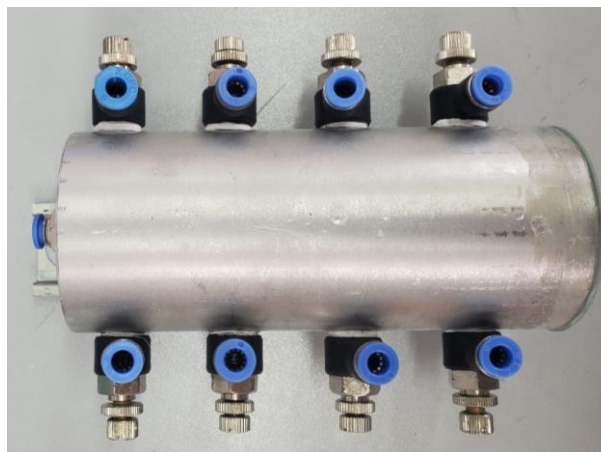


Fig. 66. Cilindro distribuidor de aire, vista superior.

3.3.4.16 Caja de distribución de salida de 24V DC

Se diseñó una caja de distribución que tiene 18 salidas de $+24VDC$ y 18 salidas $-24VDC$ para poder realizar las conexiones de las electroválvulas y los sensores.

El objetivo de esta caja es que no haya cruce de cables entre los bananos y que cuando el usuario haga las conexiones de cableado este más ordenado.

Se utilizó la tapa de una caja de paso de PBC de las siguientes medidas:

- Largo: 15cm
- Alto: 11cm
- Ancho: 2.5cm

La caja se encuentra en la mesa de trabajo y está conectada directamente a la fuente de voltaje de 24V DC del tablero eléctrico.



Fig. 67. Diseño de la caja de distribución de la salida de 24VDC.



Fig. 68. Caja de distribución de la salida de 24VDC.

3.3.4.17 Fuente de alimentación de 24VDC

Para alimentar a las electroválvulas y los sensores se utiliza una fuente de alimentación con salida de 24VDC de modelo PWR-2955-AC de la marca Cisco.

Sus características técnicas son:

TABLA XII

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA FUENTE DE ALIMENTACIÓN

Características técnicas	
Voltaje de entrada	115 / 230 V AC
Corriente de consumo	1.3 / 0.7 A
Frecuencia	50 – 60 Hz
Voltaje de salida	24 V DC
Corriente de salida	2.5 A



Fig. 69. Fuente de alimentación de 24V DC. [51]

3.3.4.18 Compresor de aire

Se está utilizando el compresor de modelo 0211153A y de la marca Ubermann.

A continuación, se detallan sus características técnicas:

TABLA XIII

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL COMPRESOR DE AIRE

Características técnicas	
Tensión de alimentación	220 V AC
Corriente de consumo	1.3 / 0.7 A
Potencia de consumo	360W
Capacidad del tanque	11 litros
Caudal máximo	50.4l/min
Presión máxima	120 psi
Alto	37.5cm
Largo	31.5cm
Ancho	30cm



Fig. 70. Compresor de aire. [52]

3.3.4.19 PLC Micro850

Se está implementado el PLC de la serie Micro850 y de modelo 2080-LC50-24QWB de la marca Allen Bradley.

Este PLC necesita una fuente de alimentación de 24VDC, por lo que se le agrego una fuente externa de modelo 2080-PSAC-12W y de la marca Allen Bradley.

Además, se le agrego dos módulos enchufables, uno es el módulo enchufable DeviceNet Micro800 de modelo 2080-DNET20 y el otro es el módulo enchufable no aislado de entrada analógica unipolar Micro800 de modelo 2080-IF2, 2080-IF4. Ambo módulos son de la marca Allen Bradley.

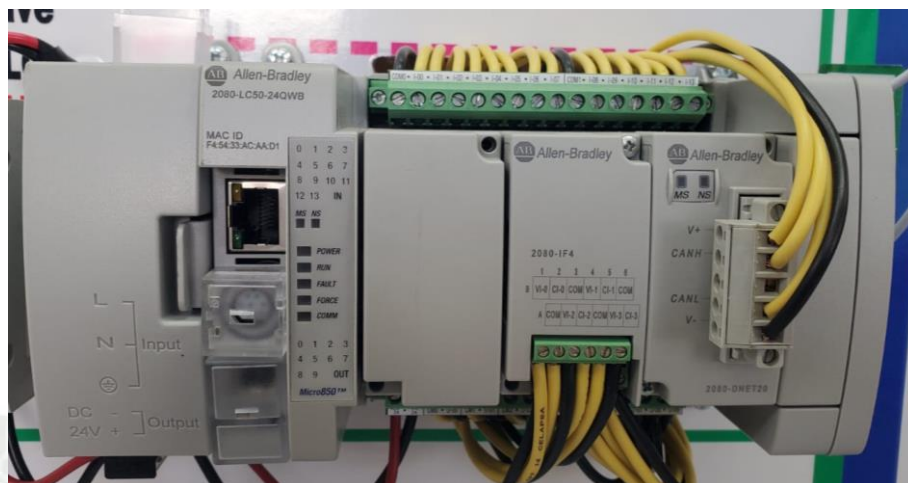


Fig. 71. PLC Micro850 con su fuente de alimentación y dos módulos enchufables.

Las características técnicas del PLC, la fuente y los módulos se encuentran en el Anexo 14, Anexo 15, Anexo 16 y Anexo 17.

Dentro de las características más importantes del PLC tenemos:

TABLA XIV

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL PLC MICRO850

Características Técnicas del PLC Micro850	
Fabricante	Allen Bradley
Serie	Micro850
Modelo	2080-LC50-24QWB
Memoria de programa	20KB
Memoria de datos	20KB
Entradas y salidas	14 entradas y 10 salidas
Tipo de entrada	24V DC
Tipos de salidas	Relé
Voltaje de alimentación	24V DC
Consumo de Potencia	28W
Módulos de expansión	4 módulos de E/S de expansión
Puertos de comunicación	Puerto USB 2.0, puerto Ethernet y puerto serial no aislado (RS232/RS485)
Software	Connected Components Workbench
Lenguaje de programación (Según IEC 61131-3)	Diagrama Ladder, bloques de funciones (FBD) y texto estructurado (ST)

3.3.5 Cálculos de Consumo de potencia del tablero

TABLA XV

CÁLCULOS DE POTENCIA DEL MODULO DE ENTRENAMIENTO

CARGAS DEL MÓDULO DE ENTRENAMIENTO PARA SISTEMAS NEUMÁTICOS Y ELECTRONEUMÁTICOS				
Componente	Cantidad	Corriente (A)	Tensión (V)	Potencia (W)
Pulsador	4	0.02	24	1.92
Sensor capacitivo	2	0.015	24	0.72
Sensor inductivo	2	0.010	24	0.42
Sensor magnetorresistivo	8	0.1	24	19.2
Electroválvula	8	0.1	24	19.2
PLC	1	1.17	24	28.08
Compresor	1	1.82	220	33.44
Fuente de 24VDC	1	0.7	220	154
Fuente 24VDC del PLC	1	0.7	220	154
Consumo total del módulo				410.98

De la tabla anterior podemos decir que usando todos los elementos al mismo tiempo tenemos un consumo de total del módulo de 410.98 W. pero como es un módulo, no todos los elementos se usaran al mismo tiempo, por lo que el consumo asciende a 308 W. Este valor corresponde al uso del compresor, el PLC y algunos sensores y válvulas conectadas.

3.3.6 Estructura general del módulo de entrenamiento

Finalmente, al unir todos los elementos descritos en los apartados anteriores, obtenemos un módulo que cumple con las especificaciones dadas al inicio de la tesis.

Al ser un carrito transportador, el módulo es fácil de desplazar. El peso de este es liviano y se hizo con una estructura metálica para que sea resistente en el tiempo.

Se utiliza un PLC con el cual se podrá realizar las programaciones para poder controlar el módulo, ya sea con el PLC Micro850 o con cualquier otro modelo de PLC.

El diseño del tablero de conexiones esta detallado para que el usuario diferencie los distintos elementos que conforman un sistema neumático y electroneumático.

El módulo terminado se muestra a continuación:

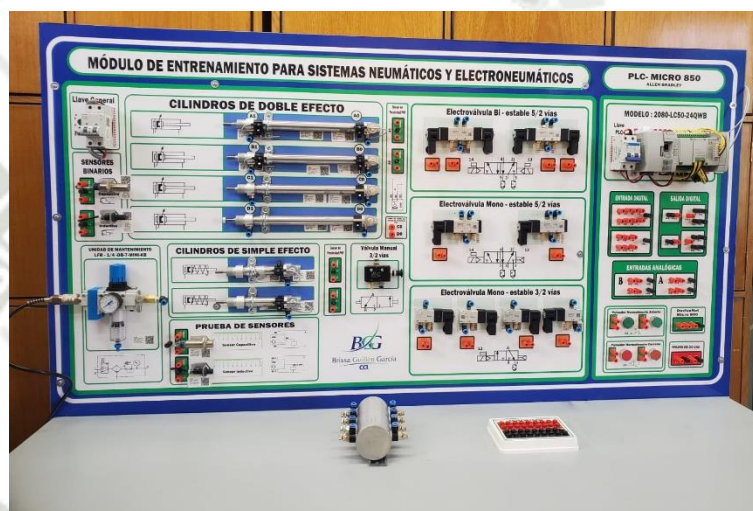


Fig. 72. Tablero de conexiones con los elementos colocados.



Fig. 73. Módulo de entrenamiento terminado.

3.3.7 Especificaciones técnicas generales del módulo de entrenamiento

TABLA XVI

ESPECIFICACIONES ELÉCTRICAS GENERALES DEL MÓDULO DE ENTRENAMIENTO

	Voltaje de alimentación	Corriente de consumo	Potencia de consumo
Fuente de alimentación de 24 VDC	220 VDC	700mA	154W
Fuente de alimentación del PLC	220 VDC	700mA	154W
Compresor	220 VDC	700mA	360 W
Sensor inductivo	24 VDC	0...10mA	0.24 W
Sensor capacitivo	24 VDC	>15mA	0.36 W
Sensor magnetorresistivo	24 VDC	100mA	2.4 W
Electroválvulas	24 VDC	100mA	2.4 W
Pulsadores	24 VDC	20mA	0.48 W
PLC Micro850	24 VDC	1.17A	28 W

TABLA XVII

ESPECIFICACIONES NEUMÁTICAS GENERALES DEL MÓDULO DE ENTRENAMIENTO

	Presión de funcionamiento	Carrera
Electroválvulas	0.15 MPa ... 0.8 MP 1.5 bar ... 8 bar	-
Cilindro de doble efecto	0.1 MPa ... 1 MP 1 bar ... 10 bar	200mm
Cilindro de simple efecto	0.12 MPa ... 1 MP 1.2 bar ... 10 bar	20mm
Compresor	8.27 bar	-
Válvula manual	0.15 MPa ... 0.8 MP 1.5 bar ... 8 bar	-



CAPÍTULO IV

4. DESARROLLO DE LAS GUÍAS DE LABORATORIO

4.1 Guía de practica N° 0

4.1.1 Título de la práctica

Introducción y Normas de Seguridad del Módulo de Entrenamiento para Sistemas Neumáticos y Electroneumáticos.

4.1.2 Recomendaciones para el uso del módulo

- ✓ Recordar que la llave que se encuentra después de la unidad de mantenimiento, esté cerrada antes y después de usar el módulo.
- ✓ Se recomienda que las llaves del cilindro distribuidor de aire estén cerradas a no ser que se usen, para evitar fugas de aire que afecten la presión.
- ✓ Tener en cuenta que, en las salidas del PLC, se conecta +24VDC directamente a la bornera de conexión CM, ya que las salidas funcionan como relé.
- ✓ Para poder usar el módulo a una presión continua, se recomienda que una vez alimentado el módulo se encienda el compresor de aire y no apagarlo hasta después de realizar las prácticas, ya que el compresor se apaga solo al llenar su tanque. Así mismo, se recomienda que durante el uso del módulo de entrenamiento con presión de aire se use los elementos de protección personal (EPP) adecuados, como son los guantes, tapones, lentes y ropa de algodón.
- ✓ En el caso de las válvulas biestables 5/2, antes de empezar a usarlas se recomienda observa cuál es su posición inicial, ya que estas no tienen retorno por muelle y eso puede ocasionar conflicto de señales.
- ✓ Se recomienda que las conexiones a las borneras del PLC se realicen con cautela, ya que una mala conexión puede dañar las entradas o salidas del PLC.
- ✓ Antes de usar los sensores magnetorresistivos, se recomienda que observen si están en la posición ideal para detectar al embolo, ya que con la fuerza y movimiento de los cilindros puede ocasionar que se muevan.
- ✓ Se recomienda colocar un lubricador, ya que con el tiempo y uso los actuadores necesitaran lubricación para un buen funcionamiento.

- ✓ Para comprender el funcionamiento de los sensores inductivo y capacitivo, se recomienda que añadan más objetos de otros materiales y de diferentes tamaños para observar como la histéresis de cada sensor cambia.

4.1.3 Comportamiento durante el trabajo

- No fumar, comer y/o beber en el laboratorio.
- No guardar alimentos y bebidas junto a la mesa de trabajo.
- No bromear, distraer o interrumpir a las personas que se encuentran trabajando en el laboratorio por riesgo de accidentes.

4.1.4 Ropa

- No se deberá utilizar corbata ni bufandas; tampoco delantal muy amplio y desabotonado, por peligro de contaminación, atrapamiento o inflamación.
- Se llevará el pelo siempre recogido. No se llevará pulseras, colgantes, mangas anchas, bufandas, etc., sandalias u otro tipo de calzado que deje el pie al descubierto.
- Para el cuerpo se debe usar delantal y guantes.
- Para la vista se debe usar lentes de policarbonato.
- Para los oídos se deberá utilizar protectores auditivos tipo fono.

4.1.5 Equipos eléctricos o electrónicos

- Leer cuidadosamente las instrucciones y las normas operativas antes de usar cualquier equipo o instrumento de laboratorio y asegurarse de que funciona correctamente.
- No poner en funcionamiento un equipo eléctrico cuyas conexiones se encuentren en mal estado o que no esté puesto a tierra.
- Usar calzado protector con suela aislada cuando se van a usar equipos eléctricos o electrónicos.
- Asegurarse de que las manos estén secas.
- Siempre que se usen equipos eléctricos productores de altas temperaturas (chispas, resistencias, arcos voltaicos, etc.), asegurarse de que no haya productos inflamables en las cercanías.

4.2 Guía de practica N° 1

4.2.1 Título de la práctica

Reconocimiento y Funcionamiento de Equipos Neumáticos y Electroneumáticos

4.2.2 Temas a tratar

- Neumática
- Electroneumática
- Actuadores neumáticos
- Válvulas, electroválvulas
- Cilindros

4.2.3 Introducción

Esta práctica, se enfocará en el reconocimiento y funcionamiento de equipos neumáticos y electroneumáticos, fundamental para la implementación de dichos sistemas. Empezaremos estudiando los elementos de un sistema neumático, después los actuadores neumáticos, luego los diferentes tipos de válvulas y finalmente identificaremos la simbología de cada elemento y su función e implementación en la industria.

4.2.4 Desarrollo de la practica

4.2.4.1 Competencia de la práctica

Reconoce y comprende el principio de operación de los equipos neumáticos y su simbología normalizada. Utiliza componentes reales para identificar sus características externas e internas en base a su hoja de datos, comprendiendo los principios de funcionamiento y operación. Explica e identifica correctamente las características, funcionamiento y simbología de los distintos componentes de un sistema neumático y electroneumático.

4.2.4.2 Resultado de aprendizaje

- a. **Conocimiento:** Reconoce y comprende el principio de operación de los equipos neumáticos y su simbología normalizada.

- b. Producto:** Utiliza componentes reales para identificar sus características externas e internas en base a su hoja de datos, comprendiendo los principios de funcionamiento y operación.
- c. Desempeño:** Explica e identifica correctamente las características, funcionamiento y simbología de los distintos componentes de un sistema neumático y electroneumático.

4.2.4.3 **Tiempo de la sesión**

Una sesión de 02 HJP (60 minutos por hora).

4.2.5 **Teoría de la guía de prácticas N°1**

Ver el Anexo A, en el punto A-1 sobre la teoría del laboratorio 1.

4.2.6 **Recursos**

4.2.6.1 **Materiales**

- Compresora de aire
- Válvulas
- Cilindros

4.2.7 **Metodología**

- ✓ Identificar los conocimientos que serán adquiridos al culminar la práctica.
- ✓ Definir los conocimientos teóricos.
- ✓ Garantizar que el laboratorio este limpio y ordenado, además de comprobar que todos los dispositivos de medición operen correctamente y/o que el software de simulación funcione sin inconvenientes.
- ✓ Usar equipo de seguridad si es necesario.
- ✓ Seguir las indicaciones para desarrollar y completar la práctica de manera eficiente.
- ✓ Dar a conocer los conocimientos adquiridos al concluir la práctica.

4.2.8 **Cuestionario previo**

- 4.2.8.1 Describa los diferentes tipos de compresores según su tipo constructivo.
- 4.2.8.2 Represente la simbología de los diferentes tipos de compresores.
- 4.2.8.3 Describa los elementos que forman parte de la unidad de mantenimiento.

4.2.8.4 Investigue y describa los elementos de un sistema electroneumático.

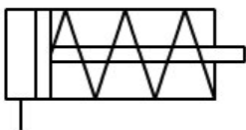
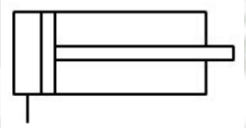
4.2.8.5 Explique la diferencia entre un sistema neumático y un sistema electroneumático.

4.2.9 Actividades a desarrollar

4.2.9.1 Complete el siguiente cuadro de los tipos de actuadores neumáticos.

TABLA XVIII

TIPOS DE ACTUADORES NEUMÁTICOS

Tipo de Cilindro	Símbolo	Elemento Físico
Cilindro de simple efecto con muelle		
Cilindro de simple efecto sin muelle		
Cilindro de doble efecto con amortiguación fija		
Cilindro de doble efecto con amortiguación regulable		
Cilindro sin vástago con tubo ranurado		
Cilindro sin vástago medio magnético		
Cilindro de vástago pasante		
Cilindro posicionador		
Cilindro en tándem		
Cilindro de persecución		
Cilindro telescópico		

Cilindro de giro limitado		
Cilindro de cable		
Motor neumático de dos sentidos		
Motor neumático de un sentido		

4.2.9.2 Investigue las partes de un cilindro de simple efecto.

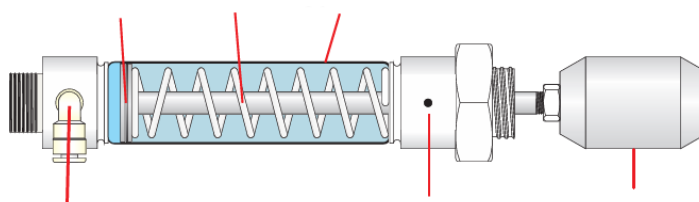


Fig. 74. Cilindro de simple efecto [53].

4.2.9.3 Complete el cuadro comparativo de los cilindros.

TABLA XIX

COMPARACIÓN ENTRE EL CILINDRO ESNU-20-50-P-A Y EL DSNU-20-200-PPV-A

Características	Cilindro ESNU-20-50-P-A	Cilindro DSNU-20-200-PPV-A
Simbología		
Cilindro real		
Carrera		
Diámetro del émbolo		
Amortiguación		
Variantes		
Presión de funcionamiento		
Modo de funcionamiento		
Forma constructiva		

4.2.9.4 Completa el siguiente cuadro del accionamiento de las válvulas.

TABLA XX

TIPOS DE ACCIONAMIENTO DE VÁLVULAS

Accionamiento	Simbología
Accionamiento Manual	
Pulsador manual	
Accionamientos Mecánicos	
Accionamientos Neumáticos	
Accionamientos Eléctricos	
Accionamiento Combinado	

4.2.9.5 Complete los datos de la válvula VUVS-LK20-M52-AD-G18-1C1-S según la información de su hoja de datos.

a. Complete las especificaciones técnicas de la válvula.

TABLA XXI

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA VÁLVULA VUVS-LK20-M52-AD-G18-1C1-S

Especificaciones Técnicas	Valor
Función de la válvula	Monoestable 5/2
Tensión de alimentación	
Presión de funcionamiento	
Forma constructiva	
Tipo de reposición	

- b. Identifique las partes de la válvula real y en su simbología.
- c. Identifique las vías de alimentación según la simbología CETOP.

TABLA XXII

CÓDIGO DE VÍAS SEGÚN LA SIMBOLOGÍA CETOP

Vías	Descripción
1	
3 y 5	
2 y 4	
14 y 12	

- d. Identifique los tipos de accionamiento que tiene la válvula.

4.2.9.6 Complete los datos de la válvula VUVS-LK20-M32C-AD-G18-1C1-S según la información de su hoja de datos.

- a. Complete las especificaciones técnicas de la válvula.

TABLA XXIII

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA VÁLVULA VUVS-LK20-M32C-AD-G18-1C1-S

Especificaciones Técnicas	Valor
Función de la válvula	
Tensión de alimentación	
Presión de funcionamiento	
Forma constructiva	
Tipo de reposición	

- b. Identifique las partes de la válvula real y en su simbología.

c. Identifique las vías de alimentación según la simbología CETOP.

TABLA XXIV

CÓDIGO DE VÍAS SEGÚN LA SIMBOLOGÍA CETOP

Vías	Descripción
1	
3	
2	
12	

d. Identifique los tipos de accionamiento que tiene la válvula.

4.2.9.7 Complete los datos de la válvula VUVS-LK20-B52-D-G18-1C1-S según la información de su hoja de datos.

a. Complete las especificaciones técnicas de la válvula.

TABLA XXV

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA VÁLVULA VUVS-LK20-B52-D-G18-1C1-S

Especificaciones Técnicas	Valor
Función de la válvula	
Tensión de alimentación	
Presión de funcionamiento	
Forma constructiva	
Tipo de reposición	

b. Identifique las partes de la válvula real y en su simbología.

c. Identifique las vías de alimentación según la simbología CETOP.

TABLA XXVI

CÓDIGO DE VÍAS SEGÚN LA SIMBOLOGÍA CETOP

Vías	Descripción
1	
3 y 5	
2 y 4	
14 y 12	

d. Identifique los tipos de accionamiento que tiene la válvula.

4.2.9.8 Identifique la válvula manual en el módulo de entrenamiento y complete las siguientes tablas:

TABLA XXVII

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA VÁLVULA MANUAL

Especificaciones Técnicas	Valor
Modelo de la válvula	
Simbología	
Presión de funcionamiento	
Tipo de accionamiento	

TABLA XXVIII

CÓDIGO DE VÍAS SEGÚN LA NORMA ISO

Vías	Descripción
A	
R	
P	

4.2.10 Cuestionario final

- 4.2.11 ¿Cuál es la diferencia entre una válvula monoestable y una válvula biestable?
- 4.2.12 Investigue y elabore un cuadro de la simbología de las válvulas de bloqueo, válvulas de caudal, válvulas de presión y válvulas especiales.
- 4.2.13 Realice un cuadro con los tipos de escape y su simbología.
- 4.2.14 Investigue los sensores e instrumentos de medida que se usan en los sistemas neumáticos y electroneumáticos. Indique su simbología.

4.2.15 Evaluación de la practica

Parámetros	Porcentaje	Puntos
Desempeño	25%	5
Actividades	50%	10
Fundamentación y parte complementaria	25%	5
	100%	20

Nota. Rúbrica completa en el anexo.

4.2.16 Resultados y conclusiones

Elabore al menos 5 conclusiones.

4.3 Guía de practica N° 2

4.3.1 Título de la práctica

Reconocimiento, Configuración de Red y Direccionamiento de E/S del PLC Allen Bradley Micro850.

4.3.2 Temas a tratar

- Reconocimiento y descripción de las partes físicas del PLC Allen Bradley.
- Asignación y configuración de la dirección IP en PLC para la comunicación en red.
- Identificación y direccionamiento de las E/S digitales y analógicas del PLC.

4.3.3 Introducción

En esta práctica se identificará y reconocerá las partes físicas del PLC Allen Bradley Micro850, luego se realizará la asignación y configuración de una dirección IP para lograr una comunicación efectiva entre el PLC y otros dispositivos como computadoras, HMI y sistemas SCADA. Finalmente se asignarán direcciones a sus entradas y salidas utilizando el software Connected Components Workbench.

4.3.4 Desarrollo de la practica

4.3.4.1 Competencia de la práctica

Conoce e identifica la estructura física del PLC Allen Bradley, describe los pasos a seguir para configurar la dirección IP y asigna las direcciones a las entradas y salidas. Utiliza el software Connected Components Workbench para asignar las entradas y salidas, el software BootP-DHCP Tool y RSLinx Classic Launch Control Panel para asignar el IP y verificar la conexión entre el PLC y el ordenador. Establece y verifica la correcta asignación del IP y de las entradas y salidas el PLC.

4.3.4.2 Resultado de aprendizaje

- Conocimiento:** Conoce e identifica la estructura física del PLC Allen Bradley, describe los pasos a seguir para configurar la dirección IP y asigna las direcciones a las entradas y salidas.

- b. Producto:** Utiliza el software Connected Components Workbench para asignar las entradas y salidas, el software BootP-DHCP Tool y RSLinx Classic Launch Control Panel para asignar el IP y verificar la conexión entre el PLC y el ordenador.
- c. Desempeño:** Establece y verifica la correcta asignación del IP y de las entradas y salidas el PLC.

4.3.4.3 Tiempo de la sesión

Una sesión de 02 HJP (60 minutos por hora).

4.3.5 Teoría de la guía de prácticas N°2

Ver el Anexo A, en el punto A-2 sobre la teoría del laboratorio 2.

4.3.6 Recursos

4.3.6.1 Software

- Connected Components Workbench (CCW)
- RSLinx Classic Launch Control Panel

4.3.6.2 Materiales

- PLC Allen Bradley Micro850
- Computadora con software CCW instalado
- Cable de red Ethernet
- Fuente de alimentación
- Módulos

4.3.7 Metodología

- ✓ Identificar los conocimientos que serán adquiridos al culminar la práctica.
- ✓ Definir los conocimientos teóricos.
- ✓ Garantizar que el laboratorio este limpio y ordenado, además de comprobar que todos los dispositivos de medición operen correctamente y/o que el software de simulación funcione sin inconvenientes.
- ✓ Usar equipo de seguridad si es necesario.
- ✓ Seguir las indicaciones para desarrollar y completar la práctica de manera eficiente.

- ✓ Dar a conocer los conocimientos adquiridos al concluir la práctica.

4.3.8 Cuestionario previo

- 4.3.8.1 ¿Cuál es la aplicación de un PLC en un sistema automatizado?
- 4.3.8.2 Además de una computadora, ¿Qué otros dispositivos se pueden usar para programar un PLC?
- 4.3.8.3 ¿Qué es una dirección IP y cuál es su función en una red industrial?

4.3.9 Actividades a desarrollar

- 4.3.9.1 Complete las características técnicas principales del PLC Micro850.

TABLA XXIX

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL PLC MICRO850

Características Técnicas del PLC Micro850	
PLC	
Fabricante	
Serie	
Modelo	
Memoria de programa	
Memoria de datos	
Entradas y salidas integradas	
Tipo de entrada	
Tipos de salidas	
Voltaje de alimentación	
Consumo de Potencia	
Módulos de expansión	
Puertos de comunicación	
Software	
Lenguaje de programación (Según IEC 61131-3)	

4.3.9.2 Complete las características técnicas principales del PLC Micro810

TABLA XXX

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL PLC MICRO810

Características Técnicas del PLC Micro810	
PLC	
Fabricante	
Serie	
Modelo	
Memoria de programa	
Memoria de datos	
Entradas y salidas integradas	
Tipo de entrada	
Tipos de salidas	
Voltaje de alimentación	
Consumo de Potencia	
Módulos de expansión	
Puertos de comunicación	
Software	
Lenguaje de programación (Según IEC 61131-3)	

4.3.9.3 Complete las características técnicas principales del PLC Micro830

TABLA XXXI

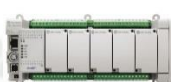
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL PLC MICRO830

Características Técnicas del PLC Micro830	
PLC	
Fabricante	
Serie	
Modelo	
Memoria de programa	
Memoria de datos	
Entradas y salidas integradas	
Tipo de entrada	
Tipos de salidas	
Voltaje de alimentación	
Consumo de Potencia	
Módulos de expansión	
Puertos de comunicación	
Software	
Lenguaje de programación (Según IEC 61131-3)	

4.3.9.4 Complete el cuadro comparativo de otros modelos de la serie Micro800.

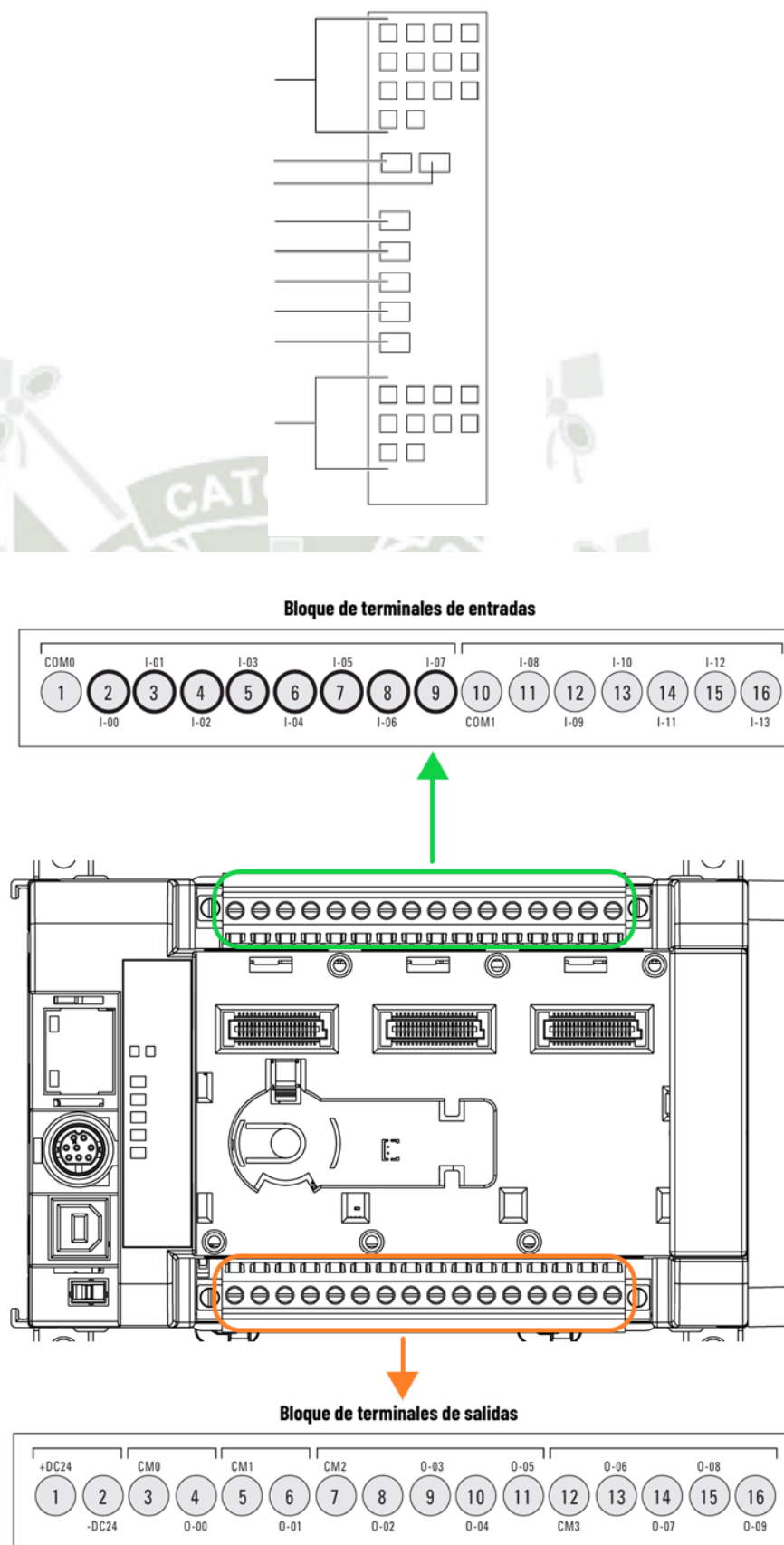
TABLA XXXII

MODELOS DE LA SERIE MICRO800

Modelos de la serie Micro800								
Características	Micro810	Micro820	Micro830			Micro850		Micro870
								
E/S integradas						24	48	
Máximo de E/S						132	192	
Protocolos de comunicación						-USB 2.0 - RS232/RS485 -Ethernet RJ45 10/100		
Módulos enchufables						3-5		
Bytes de datos						20KB		
Uso de microSD para transferencia de programas, registro de datos y gestión de recetas.	-	Ranura incorporada	Admite tarjeta					
Software	Connected Componets Workbench							

4.3.9.5 Identifica y describe la arquitectura del PLC Allen Bradley Micro850.

✓ Indicadores de estado:



4.3.9.6 Complete el cuadro de direccionamiento de entrada y salidas

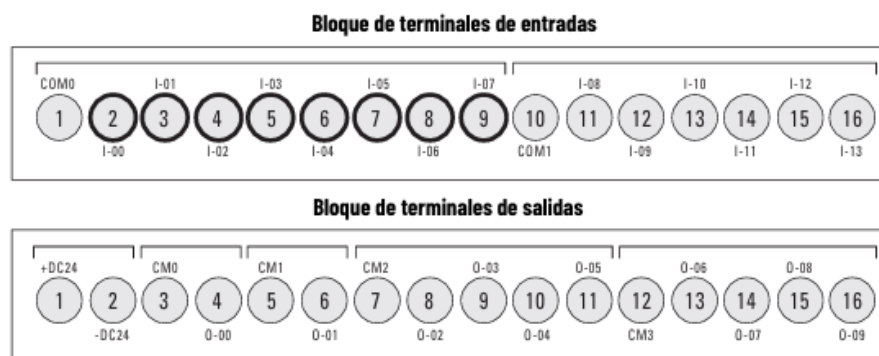
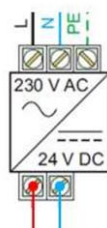


TABLA XXXIII

DIRECCIONAMIENTO DE ENTRADAS Y SALIDAS DEL PLC MICRO850

Direccionamiento de Entradas		Direccionamiento de Salidas	
I-00	_IO_EM_DI_00	O-00	_IO_EM_DO_00
I-01		O-01	
I-02		O-02	
I-03		O-03	
I-04		O-04	
I-05		O-05	
I-06		O-06	
I-07		O-07	
I-08		O-08	
I-09		O-09	
I-10			
I-11			
I-12			
I-13			

4.3.9.7 Explica la conexión entre la fuente de alimentación y el PLC.





- 4.3.9.8 Explique paso a paso la configuración la dirección IP y máscara de subred del PLC usando Connected Components Workbench.
- 4.3.9.9 Verifica la comunicación entre el PLC y una computadora mediante un ping o similar.
- 4.3.9.10 Diseñe un programa en lenguaje Ladder, texto estructurado y diagrama de bloques que active las salidas en orden ascendente desde la salida O-00 hasta la salida O-09 usando los pulsadores del módulo de entrenamiento.

4.3.10 Cuestionario final

- 4.3.10.1 ¿Cómo se verifica la comunicación exitosa entre el PLC y otros dispositivos?
- 4.3.10.2 Investigue la configuración de temporizadores y contadores.
- 4.3.10.3 Investigue sobre el módulo enchufable 2080-IF4.
- 4.3.10.4 Investigue sobre el módulo enchufable 2080-DNET20.
- 4.3.10.5 Investigue sobre el módulo 2080-PSAC-12W.

4.3.11 Evaluación de la practica

Parámetros	Porcentaje	Puntos
Desempeño	25%	5
Actividades	50%	10
Fundamentación y parte complementaria	25%	5
	100%	20

Nota. Rúbrica completa en el anexo.

4.3.12 Resultados y conclusiones

Elabore al menos 5 conclusiones.

4.4 Guía de practica N° 3

4.4.1 Título de la práctica

Sensores Binarios de Proximidad

4.4.2 Temas a tratar

- Sensores binarios de proximidad.
- Funcionamiento de los sensores capacitivos.
- Funcionamiento de los sensores inductivos.

4.4.3 Introducción

En esta práctica se identificará las principales características de los sensores binarios de proximidad disponibles en el laboratorio. Se analizará su principio de funcionamiento y sus aplicaciones en el ámbito industrial. Se buscará afianzar los conocimientos teóricos mediante la interacción con sensores reales conectados a un PLC.

4.4.4 Desarrollo de la practica

4.4.4.1 Competencia de la práctica

Identifica y comprende las características y especificaciones técnicas de los sensores binarios de proximidad. Utiliza el sensor correctamente montado y cableado, así como su hoja de datos. Demuestra dominio en la manipulación y conocimiento de las características técnicas de los sensores procesos de automatización industrial.

4.4.4.2 Resultado de aprendizaje

- Conocimiento:** Identifica y comprende las características y especificaciones técnicas de los sensores binarios de proximidad.
- Producto:** Utiliza el sensor correctamente montado y cableado, así como su hoja de datos.
- Desempeño:** Demuestra dominio en la manipulación y conocimiento de las características técnicas de los sensores procesos de automatización industrial.

4.4.4.3 Tiempo de la sesión

Una sesión de 02 HJP (60 minutos por hora).

4.4.5 Teoría de la guía de prácticas N°3

Ver el Anexo A, en el punto A-3 sobre la teoría del laboratorio 3.

4.4.6 Recursos

4.4.6.1 Materiales

- Fuente de alimentación
- Sensor capacitivo
- Sensor inductivo

4.4.7 Metodología

- ✓ Identificar los conocimientos que serán adquiridos al culminar la práctica.
- ✓ Definir los conocimientos teóricos.
- ✓ Garantizar que el laboratorio este limpio y ordenado, además de comprobar que todos los dispositivos de medición operen correctamente y/o que el software de simulación funcione sin inconvenientes.
- ✓ Usar equipo de seguridad si es necesario.
- ✓ Seguir las indicaciones para desarrollar y completar la práctica de manera eficiente.
- ✓ Dar a conocer los conocimientos adquiridos al concluir la práctica.

4.4.8 Cuestionario previo

- 4.4.8.1 Investigue las características técnicas de los sensores en su hoja de datos y realice un cuadro comparativo de las principales características.
- XT118B1PAL2
 - XS4P12PA370
 - SMT-8M-A-PS-24V-E-2,5-OE
- 4.4.8.2 Investigue el principio de funcionamiento de los tipos de sensores ópticos.
- 4.4.8.3 Investigue el principio de funcionamiento, partes y tipos de los sensores magnéticos.
- 4.4.8.4 Investigue el principio de funcionamiento, partes y tipos de los sensores ultrasónicos.

4.4.9 Actividades a desarrollar

- 4.4.9.1 Grafique el diagrama de conexión de los sensores de 3 hilos para sensores tipo PNP hacia un PLC.
- 4.4.9.2 Realice las conexiones físicas entre el sensor capacitivo y el PLC, y realice un programa en lenguaje Ladder para encender la salida O:0.
- 4.4.9.3 Determine mediante pruebas la distancia de activación (S_r) y desactivación (S_{des}) de un sensor capacitivo, luego deduzca la histéresis a partir de esos valores y complete la tabla.

TABLA XXXIV

HISTÉRESIS DE UN SENSOR CAPACITIVO

SENSOR CAPACITIVO: _____			
Material	Distancia		Histéresis
	S_r	S_{des}	
Madera			
Plástico			
Acero			

- 4.4.9.4 Realice las conexiones físicas entre el sensor inductivo y el PLC, y realice un programa en lenguaje Ladder para encender la salida O:0.
- 4.4.9.5 Determine mediante pruebas la distancia de activación (S_r) y desactivación (S_{des}) de un sensor inductivo, luego deduzca la histéresis a partir de esos valores y complete la tabla.

TABLA XXXV

HISTÉRESIS DE UN SENSOR INDUCTIVO

SENSOR INDUCTIVO: _____			
Material	Distancia		Histéresis
	S_r	S_{des}	
Madera			
Plástico			
Acero			

- 4.4.9.6 Realice un diagrama de barras comparando la histéresis de los sensores binarios de proximidad en función de los diferentes materiales.
- 4.4.9.7 Realice un cuadro comparativo sobre las ventajas y desventajas de cada tipo de sensor.

4.4.10 Cuestionario final

- 4.4.10.1 Explique la diferencia entre los sensores binarios de proximidad de dos hilos frente a los de tres hilos.
- 4.4.10.2 Grafique el diagrama de conexión de los sensores de 2, 3 y 4 hilos para sensores tipo PNP y NPN hacia un PLC.
- 4.4.10.3 Investigue la aplicación industrial para los sensores estudiados.
- 4.4.10.4 ¿Cuál es la diferencia de medición de un sensor blindado y un sensor no blindado?

4.4.11 Evaluación de la practica

Parámetros	Porcentaje	Puntos
Desempeño	25%	5
Actividades	50%	10
Fundamentación y parte complementaria	25%	5
	100%	20

Nota. Rúbrica completa en el anexo.

4.4.12 Resultados y conclusiones

Elabore al menos 5 conclusiones.

4.5 Guía de practica N° 4

4.5.1 Título de la práctica

Diseño de Sistemas Neumáticos con Método Intuitivo

4.5.2 Temas a tratar

- Neumática
- Diseño de sistemas neumáticos
- PLC Micro850
- Actuadores neumáticos

4.5.3 Introducción

Esta práctica, se enfocará en el diseño de sistemas neumáticos usando método intuitivo. Empezaremos analizando en que consiste el método

intuitivo, recordaremos los elementos de un sistema neumático y finalmente se diseñarán sistemas neumáticos usando herramientas y métodos sistemáticos que son usados en la automatización industrial.

4.5.4 Desarrollo de la practica

4.5.4.1 Competencia de la práctica

Diseña y comprende el funcionamiento de un circuito de un sistema neumático, identifica la simbología de los elementos y usa el método intuitivo para el diseño de secuencias. Utiliza un software especializado para simular el funcionamiento de los circuitos de lógica secuencial. Demuestra seguridad en el diseño de circuitos de sistemas neumáticos con método intuitivo y habilidad para identificar y realizar las conexiones físicas del circuito.

4.5.4.2 Resultado de aprendizaje

- a. **Conocimiento:** Diseña y comprende el funcionamiento de un circuito de un sistema neumático, identifica la simbología de los elementos y usa el método intuitivo para el diseño de secuencias.
- b. **Producto:** Utiliza un software especializado para simular el funcionamiento de los circuitos de lógica secuencial.
- c. **Desempeño:** Demuestra seguridad en el diseño de circuitos de sistemas neumáticos con método intuitivo y habilidad para identificar y realizar las conexiones físicas del circuito.

4.5.4.3 Tiempo de la sesión

Una sesión de 02 HJP (60 minutos por hora).

4.5.5 Teoría de la guía de prácticas N°4

Ver el Anexo A, en el punto A-4 sobre la teoría del laboratorio 4.

4.5.6 Recursos

4.5.6.1 Software

- Fluid Sim – Festo

4.5.6.2 Materiales

- Válvulas
- Cilindros

- Compresor
- Fuente de alimentación

4.5.7 Metodología

- ✓ Identificar los conocimientos que serán adquiridos al culminar la práctica.
- ✓ Definir los conocimientos teóricos.
- ✓ Garantizar que el laboratorio este limpio y ordenado, además de comprobar que todos los dispositivos de medición operen correctamente y/o que el software de simulación funcione sin inconvenientes.
- ✓ Usar equipo de seguridad si es necesario.
- ✓ Seguir las indicaciones para desarrollar y completar la práctica de manera eficiente.
- ✓ Dar a conocer los conocimientos adquiridos al concluir la práctica.

4.5.8 Cuestionario previo

- 4.5.8.1 Explique y grafique la simbología de los elementos que componen un sistema neumático.
- Elementos de trabajo
 - Elementos de maniobra
 - Elementos de procesamiento de señal
 - Elementos de entrada
 - Elementos de alimentación

4.5.9 Actividades a desarrollar

- 4.5.9.1 Simule el circuito de mando de un cilindro de simple efecto, explique su funcionamiento.

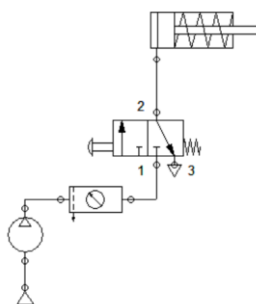


Fig. 75. Circuito de mando de un cilindro de simple efecto.

- 4.5.9.2 Explique el diagrama de estados del anterior circuito.
- 4.5.9.3 Implemente el circuito de mando de la pregunta 4.8.1 en el módulo de entrenamiento y explique el funcionamiento.
- 4.5.9.4 Simule el circuito de mando a distancia de un cilindro de doble efecto, explique su funcionamiento y diseñe el circuito eléctrico.

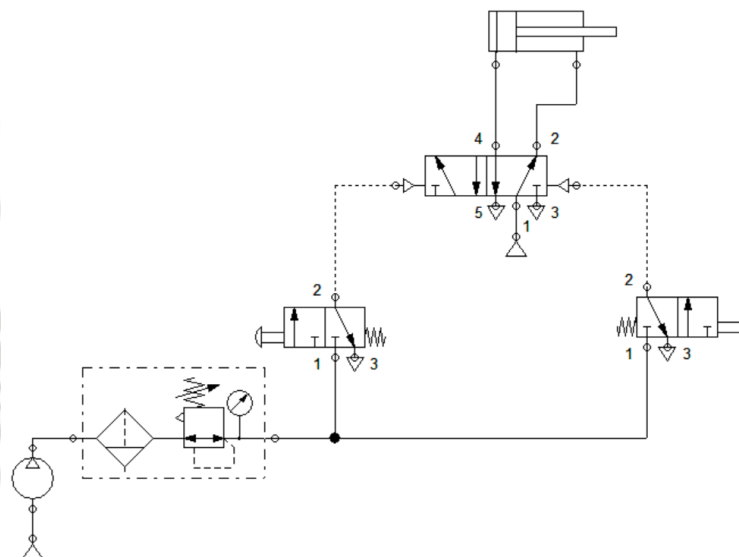


Fig. 76. Circuito de mando a distancia de un cilindro de doble efecto.

- 4.5.9.5 Explique el diagrama de estados del anterior circuito.
- 4.5.9.6 Diseñe un circuito de mando para un cilindro de doble efecto, usando las válvulas monoestables 5/2 con accionamiento manual.
- 4.5.9.7 Implemente el circuito de mando de la pregunta 4.8.6 en el módulo de entrenamiento y explique el funcionamiento.
- 4.5.9.8 Diseñe un circuito de mando para un cilindro de doble efecto, usando las válvulas biestables 5/2 con accionamiento manual.
- 4.5.9.9 Implemente el circuito de mando de la pregunta 4.8.8 en el módulo de entrenamiento y explique el funcionamiento.
- 4.5.9.10 Diseñe un circuito de mando para un cilindro de doble efecto, usando las válvulas monoestables 3/2 con accionamiento manual.
- 4.5.9.11 Implemente el circuito de mando de la pregunta 4.8.10 en el módulo de entrenamiento y explique el funcionamiento.
- 4.5.9.12 Según el punto 4.4.6 de la fundamentación teórica, diseñe el circuito neumático para solucionar el problema de simultaneidad de señales para la secuencia A+, B+, B-, A-.

4.5.9.13 Utilizando el método intuitivo, diseñe un circuito neumático con la secuencia A+ B- C+ A- B+ C-

4.5.9.14 Explique el diagrama de estados de la anterior pregunta.

4.5.10 Cuestionario final

4.5.10.1 Realice un cuadro de los componentes usados en las preguntas anteriores indique su simbología.

4.5.10.2 Diseñe un circuito de un sistema neumático usando una válvula selectora y explique su funcionamiento.

4.5.10.3 Diseñe un circuito de un sistema neumático usando una válvula de simultaneidad y explique su funcionamiento.

4.5.11 Evaluación de la practica

Parámetros	Porcentaje	Puntos
Desempeño	25%	5
Actividades	50%	10
Fundamentación y parte complementaria	25%	5
	100%	20

Nota. Rúbrica completa en el anexo.

4.5.12 Resultados y conclusiones

Elabore al menos 5 conclusiones.

4.6 Guía de practica N° 5

4.6.1 Título de la práctica

Diseño de Sistemas Neumáticos con Método Cascada.

4.6.2 Temas a tratar

- Neumática
- Diseño de sistemas neumáticos.
- PLC Micro850
- Actuadores neumáticos

4.6.3 Introducción

En práctica se enfocará en el diseño de sistemas neumáticos usando método cascada. Además, se realizará la implementación física de los circuitos neumáticos desarrollados.

4.6.4 Desarrollo de la practica

4.6.4.1 Competencia de la práctica

Comprende el principio de operación y diseña de un sistema de control neumático secuencial usando método cascada y reforzando los conocimientos de los elementos que conforman un sistema neumático. Utiliza software para la simular el funcionamiento de los circuitos a diseñar, implementa las conexiones físicas de dichos circuitos. Demuestra eficiencia y seguridad en la simulación e implementación de los circuitos neumáticos, así como en el conocimiento de funcionamiento y simbología de los elementos neumáticos.

4.6.4.2 Resultado de aprendizaje

- a. **Conocimiento:** Comprende el principio de operación y diseña un sistema de control neumático secuencial usando método cascada y reforzando los conocimientos de los elementos que conforman un sistema neumático.
- b. **Producto:** Utiliza software para la simular el funcionamiento de los circuitos a diseñar, implementa las conexiones físicas de dichos circuitos.
- c. **Desempeño:** Demuestra eficiencia y seguridad en la simulación e implementación de los circuitos neumáticos, así como en el conocimiento de funcionamiento y simbología de los elementos neumáticos.

4.6.4.3 Tiempo de la sesión

Una sesión de 02 HJP (60 minutos por hora).

4.6.5 Teoría de la guía de prácticas N°5

Ver el Anexo A, en el punto A-5 sobre la teoría del laboratorio 5.

4.6.6 Recursos

4.6.6.1 Software

- Fluid Sim – Festo

4.6.6.2 Materiales

- Válvulas

- Cilindros
- Fuente de alimentación

4.6.7 Metodología

- ✓ Identificar los conocimientos que serán adquiridos al culminar la práctica.
- ✓ Definir los conocimientos teóricos.
- ✓ Garantizar que el laboratorio este limpio y ordenado, además de comprobar que todos los dispositivos de medición operen correctamente y/o que el software de simulación funcione sin inconvenientes.
- ✓ Usar equipo de seguridad si es necesario.
- ✓ Seguir las indicaciones para desarrollar y completar la práctica de manera eficiente.
- ✓ Dar a conocer los conocimientos adquiridos al concluir la práctica.

4.6.8 Cuestionario previo

- 4.6.8.1 Investigue como desarrollar el método cascada en sistemas neumáticos.

4.6.9 Actividades a desarrollar

- 4.6.9.1 Diseñe un circuito neumático usando método cascada para la siguiente secuencia: A+, B-, A-, B+, para esto se tiene el siguiente grupo.

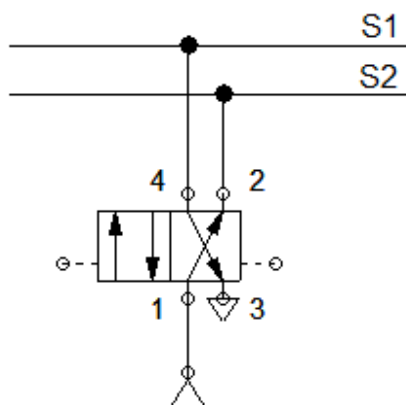


Fig. 77. Estructura para 2 grupos.

- 4.6.9.2 Explique el diagrama de estados de la anterior pregunta.
- 4.6.9.3 Diseñe un circuito neumático usando método cascada para la siguiente secuencia: A+, B+, A-, C+, C-, B-, para esto se tiene el siguiente grupo.

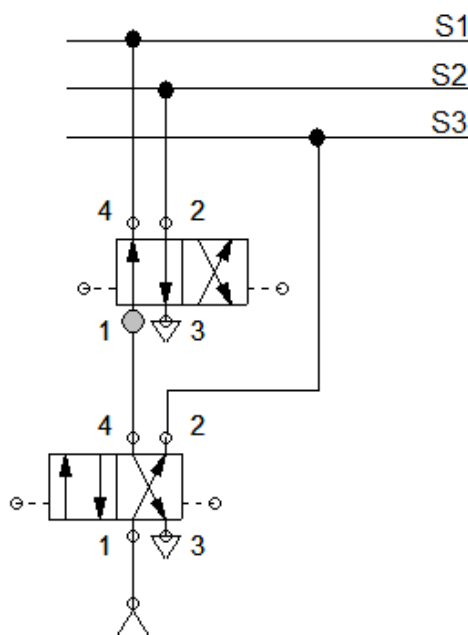


Fig. 78. Estructura para 3 grupos.

- 4.6.9.4 Explique el diagrama de estados de la anterior pregunta.
- 4.6.9.5 Diseñe un circuito neumático usando método cascada para la siguiente secuencia: A+, B+, B-, C-, C+, A-, D+, D-, para esto se tiene el siguiente grupo.

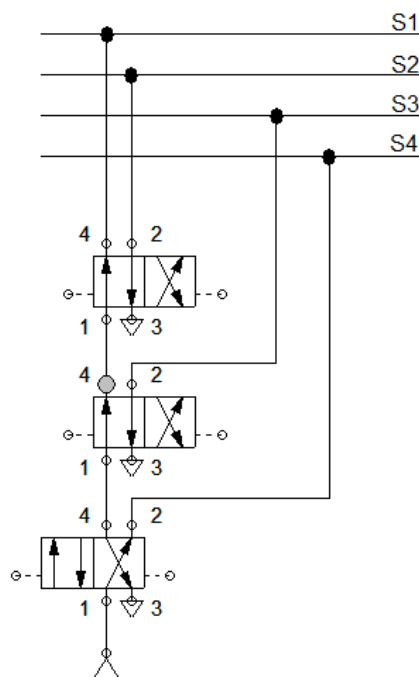


Fig. 79. Estructura para 4 grupos.

- 4.6.9.6 Explique el diagrama de estados de la anterior pregunta.

4.6.10 Cuestionario final

4.6.10.1 Realice un cuadro de los componentes usados en las preguntas anteriores e indique su simbología.

4.6.11 Evaluación de la practica

Parámetros	Porcentaje	Puntos
Desempeño	25%	5
Actividades	50%	10
Fundamentación y parte complementaria	25%	5
	100%	20

Nota. Rúbrica completa en el anexo.

4.6.12 Resultados y conclusiones

Elabore al menos 5 conclusiones.

4.7 Guía de practica N° 6

4.7.1 Título de la práctica

Diseño de Sistemas Electroneumáticos con Método Cascada.

4.7.2 Temas a tratar

- Electroneumática
- Diseño de sistemas electroneumáticos.
- PLC Micro850
- Actuadores electroneumáticos

4.7.3 Introducción

En esta práctica, se estudiará el diseño de circuitos electroneumáticos usando el método cascada. Se usarán herramientas que permitirán el desarrollo de practica y se realizara las conexiones físicas de los circuitos diseñados.

4.7.4 Desarrollo de la practica

4.7.4.1 Competencia de la práctica

Comprende y diseña un sistema de control electroneumático secuencial usando método cascada y reforzando los conocimientos de los elementos que conforman un sistema electroneumático. Utiliza software para la simular el funcionamiento de los circuitos a diseñar, implementa las conexiones físicas de dichos circuitos. Demuestra

eficiencia y seguridad en la simulación e implementación de los circuitos electroneumáticos, así como en el conocimiento de funcionamiento y simbología de los elementos electroneumáticos.

4.7.4.2 Resultado de aprendizaje

- a. **Conocimiento:** Comprende y diseña un sistema de control electroneumático secuencial usando método cascada y reforzando los conocimientos de los elementos que conforman un sistema neumático.
- b. **Producto:** Utiliza software para la simular el funcionamiento de los circuitos a diseñar, implementa las conexiones físicas de dichos circuitos.
- c. **Desempeño:** Demuestra eficiencia y seguridad en la simulación e implementación de los circuitos electroneumáticos, así como en el conocimiento de funcionamiento y simbología de los elementos electroneumáticos.

4.7.4.3 Tiempo de la sesión

Una sesión de 02 HJP (60 minutos por hora).

4.7.5 Teoría de la guía de prácticas N°6

Ver el Anexo A, en el punto A-6 sobre la teoría del laboratorio 6.

4.7.6 Recursos

4.7.6.1 Software

- Fluid Sim – Festo
- Connected Components Workbench (CCW)

4.7.6.2 Materiales

- Válvulas
- Cilindros
- PLC Allen Bradley Micro850
- Computadora con software CCW instalado
- Cable de red Ethernet

4.7.7 Metodología

- ✓ Identificar los conocimientos que serán adquiridos al culminar la práctica.
- ✓ Definir los conocimientos teóricos.
- ✓ Garantizar que el laboratorio este limpio y ordenado, además de comprobar que todos los dispositivos de medición operen correctamente y/o que el software de simulación funcione sin inconvenientes.
- ✓ Usar equipo de seguridad si es necesario.
- ✓ Seguir las indicaciones para desarrollar y completar la práctica de manera eficiente.
- ✓ Dar a conocer los conocimientos adquiridos al concluir la práctica.

4.7.8 Cuestionario previo

- 4.7.8.1 Explique y grafique la simbología de los elementos que componen un sistema electroneumático.
- Elementos de trabajo
 - Elementos de maniobra
 - Elementos de procesamiento de señal
 - Elementos de entrada
 - Elementos de alimentación

4.7.9 Actividades a desarrollar

- 4.7.9.1 Según la secuencia A+, A-, B+, B-, diseñe un sistema electroneumático usando el método cascada.
- 4.7.9.2 Explique el diagrama de estados de la pregunta anterior.
- 4.7.9.3 Realice las conexiones físicas de la pregunta 4.8.1 con el PLC, y haga la programación en lenguaje Ladder.
- 4.7.9.4 Según la secuencia A+, B+, B-, C+, A-, C-, diseñe un sistema electroneumático usando el método cascada.
- 4.7.9.5 Explique el diagrama de estados de la anterior pregunta.
- 4.7.9.6 Realice las conexiones físicas de la pregunta 4.8.3 con el PLC, y haga la programación en lenguaje Ladder.
- 4.7.9.7 Diseñe un sistema electroneumático con el método cascada para la siguiente secuencia: A+, B+, C+, B-, D+, C-, D-, A-.

- 4.7.9.8 Explique el diagrama de estados de la anterior pregunta.
- 4.7.9.9 Realice las conexiones físicas de la pregunta 4.8.6 con el PLC, y haga la programación en lenguaje Ladder.

4.7.10 Cuestionario final

- 4.7.10.1 Elabore una tabla con la lista de componentes y simbología de las preguntas anteriores.

4.7.11 Evaluación de la practica

Parámetros	Porcentaje	Puntos
Desempeño	25%	5
Actividades	50%	10
Fundamentación y parte complementaria	25%	5
	100%	20

Nota. Rúbrica completa en el anexo.

4.7.12 Resultados y conclusiones

Elabore al menos 5 conclusiones.

4.8 Guía de practica N° 7

4.8.1 Título de la práctica

Diseño de Sistemas Electroneumáticos con Método Paso a Paso

4.8.2 Temas a tratar

- Electroneumática
- Diseño de sistemas electroneumáticos.
- PLC Micro850
- Actuadores electroneumáticos

4.8.3 Introducción

Esta práctica tiene el objetivo estudiar el diseño de circuitos electroneumáticos usando el método paso a paso. Se emplearán diversas herramientas para comprender y desarrollar la práctica de manera que al final se implemente un circuito en conjunto con el PLC.

4.8.4 Desarrollo de la practica

4.8.4.1 Competencia de la práctica

Analiza y diseña sistemas de control electroneumático secuencial utilizando de forma sistemática el método paso a paso para la solución

de secuencias complejas. Además, aplica la simbología normalizada y el principio de funcionamiento de un sistema electroneumático. Utiliza software especializado para simular el correcto funcionamiento de los circuitos. Demuestra eficiencia y seguridad en el reconocimiento de la simbología y la implementación de los circuitos electroneumáticos con método paso a paso y el PLC.

4.8.4.2 Resultado de aprendizaje

- a. **Conocimiento:** Analiza y diseña sistemas de control electroneumático secuencial utilizando de forma sistemática el método paso a paso para la solución de secuencias complejas. Además, aplica la simbología normalizada y el principio de funcionamiento de un sistema electroneumático.
- b. **Producto:** Utiliza software especializado para simular el correcto funcionamiento de los circuitos.
- c. **Desempeño:** Demuestra eficiencia y seguridad en el reconocimiento de la simbología y la implementación de los circuitos electroneumáticos con método paso a paso y el PLC.

4.8.4.3 Tiempo de la sesión

Una sesión de 02 HJP (60 minutos por hora).

4.8.5 Teoría de la guía de prácticas N°7

Ver el Anexo A, en el punto A-7 sobre la teoría del laboratorio 7.

4.8.6 Recursos

4.8.6.1 Software

- Fluid Sim – Festo
- Connected Components Workbench (CCW)

4.8.6.2 Materiales

- Válvulas
- Cilindros
- PLC Allen Bradley Micro850
- Cable de red Ethernet
- Fuente de alimentación

4.8.7 Metodología

- ✓ Identificar los conocimientos que serán adquiridos al culminar la práctica.
- ✓ Definir los conocimientos teóricos.
- ✓ Garantizar que el laboratorio este limpio y ordenado, además de comprobar que todos los dispositivos de medición operen correctamente y/o que el software de simulación funcione sin inconvenientes.
- ✓ Usar equipo de seguridad si es necesario.
- ✓ Seguir las indicaciones para desarrollar y completar la práctica de manera eficiente.
- ✓ Dar a conocer los conocimientos adquiridos al concluir la práctica.

4.8.8 Cuestionario previo

- 4.8.8.1 Investiga y explica la diferencia de usar el método paso a paso en un sistema neumático y en un sistema electroneumático.

4.8.9 Actividades a desarrollar

- 4.8.9.1 Para la secuencia A+, B+, A-, C+, C-, B-, diseñe un sistema electroneumático utilizando el método paso a paso.
- 4.8.9.2 Explique el diagrama de estados de la anterior pregunta.
- 4.8.9.3 Realice las conexiones físicas de la pregunta 4.8.1 con el PLC, y haga la programación en lenguaje Ladder.
- 4.8.9.4 Diseñe un sistema electroneumático con el método paso a paso para la siguiente secuencia: B+, A+, B-, A-.
- 4.8.9.5 Explique el diagrama de estados de la anterior pregunta.
- 4.8.9.6 Realice las conexiones físicas de la pregunta 4.8.4 con el PLC, y haga la programación en lenguaje Ladder.

4.8.10 Cuestionario final

- 4.8.10.1 Elabore una tabla con la lista de componentes y simbología de las preguntas anteriores.

4.8.11 Evaluación de la practica

Parámetros	Porcentaje	Puntos
Desempeño	25%	5
Actividades	50%	10
Fundamentación y parte complementaria	25%	5
	100%	20

Nota. Rúbrica completa en el anexo.

4.8.12 Resultados y conclusiones

Elabore al menos 5 conclusiones.





CAPÍTULO V

5. COSTOS Y PRESUPUESTO

Para realizar los cálculos del presente proyecto, me base en la inversión de los componentes nuevos adquiridos para la implementación de la tesis. Así mismo se está tomando en cuenta los componentes que pertenecen a la universidad y se encuentran en los laboratorios de ingeniería electrónica.

TABLA XXXVI

COSTO DE MATERIALES ADQUIRIDOS

Componente	Cantidad	Precio Unitario (S/)	Precio Total (S/)
Cilindro distribuidor	1	S/ 180.00	S/ 180.00
Borneras de bananos	102	S/ 1.50	S/ 153.00
Válvula manual	1	S/ 60.00	S/ 60.00
Fusile	1	S/ 1.00	S/ 1.00
Porta fusible	1	S/ 1.00	S/ 1.00
Carril para cuchillas	2	S/ 2.50	S/ 5.00
Abrazaderas de cilindros	6	S/ 0.33	S/ 2.00
Abrazadera de válvula distribuidora	2	S/ 2.50	S/ 5.00
Compresor	1	S/ 444.90	S/ 444.90
Pulsadores NC	2	S/ 6.00	S/ 12.00
Pulsadores NA	2	S/ 6.00	S/ 12.00
Racor 1/8 x 6	32	S/ 4.50	S/ 144.00
Silenciador 1/8	13	S/ 5.00	S/ 65.00
Fuente de alimentación de 24V	1	S/ 188.53	S/ 188.53
Pernos	25	S/ 0.39	S/ 9.80
Volandas	40	S/ 0.10	S/ 4.00
Broca de madera 3/16	1	S/ 2.80	S/ 2.80
Llave de control de flujo	8	S/ 13.00	S/ 104.00
Racor 1/4 x 6	1	S/ 4.50	S/ 4.50
Llave NOR 1/4	1	S/ 18.00	S/ 18.00
Interruptor automático C16	1	S/ 110.00	S/ 110.00
Sticker del tablero	1	S/ 63.00	S/ 63.00
Caja de paso 250x300x130	1	S/ 30.00	S/ 30.00
Caja de paso 150x110x80	1	S/ 12.00	S/ 12.00
Kit de fijación SMBR-8-20	8	S/ 65.00	S/ 520.00
Caja tomacorriente MSSD-EB	10	S/ 28.00	S/ 280.00
Tubo de plástico PUN-H-6X1-BL	1	S/ 10.00	S/ 10.00
Racor roscado en L QSL-1/4-6-100	1	S/ 15.00	S/ 15.00
Materiales para las conexiones eléctricas, etc.	-	S/ 1,330.00	S/ 1,330.00
		TOTAL	S/ 3,456.53

Al monto total de la anterior tabla se le agrega el costo de fabricación de la estructura metálica, que ya incluye los materiales y la mano de obra, que fue de dos mil trescientos soles. Así mismo, también se consideró las horas hombre del proceso del cableado, armado y puesta en marcha de la parte eléctrica, la cual es de dos mil cien soles.

TABLA XXXVII

COSTO FABRICACIÓN DEL MÓDULO

Descripción	Costo (S/)
Costo por fabricación metálica del módulo	S/ 1,000.00
Costo por servicio del armado del tablero	S/ 960.00
TOTAL	S/ 1,960.00

Además, se está realizando una lista con los componentes que pertenecen a la universidad y se encuentran en los laboratorios de ingeniería electrónica. Los precios que se están colocando son un aproximado del valor en el mercado actual.

TABLA XXXVIII

COSTO DE LOS MATERIALES DE LA UNIVERSIDAD

Componente	Cantidad	Precio Unitario (S/)	Precio Total (S/)
Cilindro de simple efecto	2	S/ 215.00	S/ 430.00
Cilindro de doble efecto	4	S/ 265.00	S/ 1,060.00
Interruptor automático C20	1	S/ 98.00	S/ 98.00
Unidad de mantenimiento	1	S/ 605.00	S/ 605.00
PLC Micro850 Allen Bradley	1	S/ 1,100.00	S/ 1,100.00
Electroválvula 5/2 monoestable	2	S/ 300.00	S/ 600.00
Electroválvula 5/2 biestable	2	S/ 368.00	S/ 736.00
Electroválvula 3/2 monoestable	4	S/ 280.00	S/ 1,120.00
Sensor capacitivo XT118B1PAL2	2	S/ 405.00	S/ 810.00
Sensor inductivo XS4P12PA370	2	S/ 415.00	S/ 830.00
Sensor de proximidad Festo	8	S/ 325.00	S/ 2,600.00
		TOTAL	S/ 9,989.00

Finalmente, se mostrará una tabla resumen con todos los costos realizados.

TABLA XXXIX

COSTO TOTAL DEL MÓDULO DE ENTRENAMIENTO

Descripción	Costo (S/)
Materiales usados (TABLA XXXVI y TABLA XXXVIII)	S/ 13,445.53
Estructura y armado del tablero	S/ 1,960.00
Planos estructurales	S/ 200.00
Software Connected Components Workbench (software libre)	S/ 0.00
TOTAL	S/ 15,605.53

En total se hizo una inversión de 15,605.53 soles.



CAPÍTULO VI

6. PRUEBAS

Para garantizarnos que el módulo que se implementó funciona en perfectas condiciones, se realizaron pruebas en los distintos elementos del módulo y se desarrollaron las guías que se elaboraron para dicho módulo.

En primer lugar, se comprobó el funcionamiento del compresor de aire, cuando el tanque se llena, el compresor se apaga automáticamente. Cuando el nivel del tanque baja a cierto nivel, este se enciende automáticamente para llenar de nuevo el tanque hasta su nivel máximo.

En segundo lugar, se probó la continuidad entre los elementos eléctricos del módulo y las borneras correspondientes para cada uno de estos.

En tercer lugar, se comprobó el funcionamiento de medición de los distintos tipos de materiales en el sensor capacitivo e inductivo, teniendo como resultado que su posición es la ideal para observar su funcionamiento.

En cuarto lugar, se probó el funcionamiento de los sensores que van a detectar la posición del cilindro, ajustándolos a la posición ideal para que puedan mandar la señal al PLC cuando lo requiera.

En quinto lugar, se comprobó el funcionamiento de las electroválvulas, primero con el accionamiento eléctrico y luego el manual. Para esto se conectaron los cilindros de simple y doble efecto y se probó el correcto funcionamiento del cilindro distribuidor de aire y la presión que circula en el módulo.

En sexto lugar, se comprobó el funcionamiento del PLC mediante diferentes programas que se descargaron en el PLC y conectando sus salidas con las electroválvulas y las entradas con los sensores.

Finalmente, se desarrollaron las guías propuestas para este módulo. Obteniendo como resultado que todos los ejercicios planteados se pueden desarrollar en el módulo de entrenamiento.

Las guías propuestas, su solución y su rúbrica se encuentran a partir del Anexo 18. A continuación, se observa algunos ejercicios desarrollados de las guías.

- Guía 4: Diseño de Sistemas Neumáticos con Método Intuitivo



Fig. 80. Circuito de mando de un cilindro doble efecto con válvulas monoestables.

- Guía 6: Diseño de Sistemas Electroneumáticos con Método Cascada

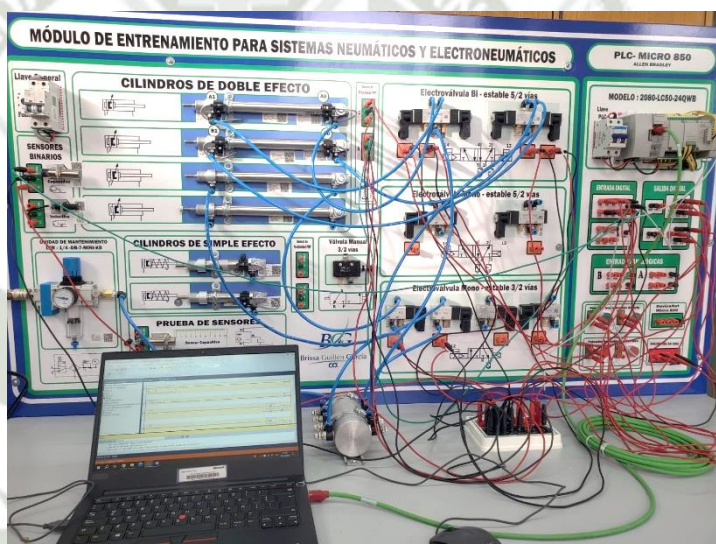


Fig. 81. Secuencia para 3 cilindros usando método cascada.

- Guía 7: Diseño de Sistemas Electroneumáticos con Método Paso a Paso

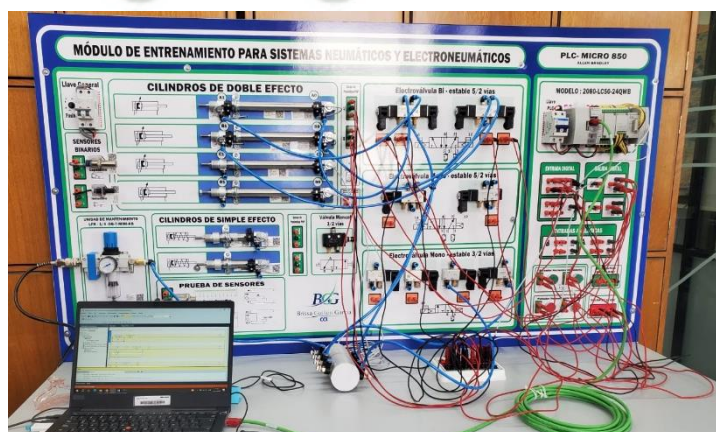


Fig. 82. Secuencia para 2 cilindros usando método paso a paso.

7. CONCLUSIONES

- Se diseñó e implementó un módulo de entrenamiento neumático y electroneumático.
- Se logró reconocer las características eléctricas de los componentes neumáticos y electroneumáticos.
- Se investigó los principios teóricos y técnicos para el diseño de sistemas neumáticos y electroneumáticos de forma intuitiva, paso a paso y electro-cascada.
- Se diseñó e implementó un tablero de control para la automatización utilizando un controlador lógico programable de marca Allen Bradley.
- Se diseñó e implementó los sistemas electroneumáticos paso a paso y electro-cascada.
- Se elaboró siete guías de laboratorio que lograron comprobar el correcto funcionamiento del módulo electroneumático secuencial y analizar los resultados.
- Se logró diseñar el módulo para permitir la configuración de múltiples ejercicios, desde circuitos básicos de mando directo hasta secuencias complejas automatizadas mediante un PLC.
- Finalmente, se concluye que el módulo de entrenamiento tendrá gran impacto en la formación académica de los estudiantes de la Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales de la Universidad Católica de Santa María ya que cumple con las especificaciones técnicas que se plantearon en la tesis.

8. RECOMENDACIONES

- Recordar que la llave que se encuentra después de la unidad de mantenimiento, esté cerrada antes y después de usar el módulo.
- Se recomienda que las llaves del cilindro distribuidor de aire estén cerradas a no ser que se usen, para evitar fugas de aire que afecten la presión.
- Tener en cuenta que, en las salidas del PLC, se conecta +24VDC directamente a la bornera de conexión CM, ya que las salidas funcionan como relé.
- Para poder usar el módulo a una presión continua, se recomienda que una vez alimentado el módulo se encienda el compresor de aire y no apagarlo hasta después de realizar las prácticas, ya que el compresor se apaga solo al llenar su tanque. Así mismo, se recomienda que durante el uso del módulo de entrenamiento con presión de aire se use los elementos de protección personal (EPP) adecuados, como son los guantes, tapones, lentes y ropa de algodón.
- En el caso de las válvulas biestables 5/2, antes de empezar a usarlas se recomienda observa cuál es su posición inicial, ya que estas no tienen retorno por muelle y eso puede ocasionar conflicto de señales.
- Se recomienda que las conexiones a las borneras del PLC se realicen con cautela, ya que una mala conexión puede dañar las entradas o salidas del PLC.
- Antes de usar los sensores magnetorresistivos, se recomienda que observen si están en la posición ideal para detectar al embolo, ya que con la fuerza y movimiento de los cilindros puede ocasionar que se muevan.
- Se recomienda colocar un lubricador, ya que con el tiempo y uso los actuadores necesitaran lubricación para un buen funcionamiento.
- Para comprender el funcionamiento de los sensores inductivo y capacitivo, se recomienda que añadan más objetos de otros materiales y de diferentes tamaños para observar como la histéresis de cada sensor cambia.



CAPÍTULO VII

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] S. P. Portugal Vargas y E. L. Vargas Cahuana, «Universidad Católica de Santa María,» 2019. [En línea]. Available: <https://repositorio.ucsm.edu.pe/handle/20.500.12920/9783>. [Último acceso: 2 Julio 2025].
- [2] R. N. Asencio Eugenio, «Universidad José Carlos Mariátegui,» 2018. [En línea]. Available: <https://hdl.handle.net/20.500.12819/405>. [Último acceso: 2 Julio 2025].
- [3] P. A. Paucar Jácome, «Universidad Internacional SEK Ecuador,» Marzo 2023. [En línea]. Available: <https://repositorio.uisek.edu.ec/handle/123456789/4950>. [Último acceso: 2 Julio 2025].
- [4] P. F. Reinél Cardoso y N. V. Velásquez Navarrete, «Universidad Politécnica Salesiana,» Junio 2019. [En línea]. Available: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/17400>. [Último acceso: 2 Julio 2025].
- [5] L. G. Corona Ramírez, G. S. Abarca Jiménez y J. Mare Carreño, Sensores y Actuadores. Aplicaciones con Arduino, Azcapotzalco: Grupo Editorial Patria, 2014.
- [6] «Coparoman,» 31 Agosto 2014. [En línea]. Available: <https://coparoman.blogspot.com/2014/08/diagramas-electricos-de-sensores-de.html>. [Último acceso: 12 Setiembre 2025].
- [7] «QBPROFE,» 23 Julio 2021. [En línea]. Available: <https://www.qbprofe.com/automatizacion-instrumentacion-industrial/sensores-inductivos/>. [Último acceso: 11 Setiembre 2025].
- [8] «QBPROFE,» 23 Julio 2021. [En línea]. Available: <https://www.qbprofe.com/automatizacion-instrumentacion-industrial/sensor-de-proximidad-capacitivo/>. [Último acceso: 12 Setiembre 2025].
- [9] A. Pini, «Tipos y usos de sensores de proximidad en la automatización industrial,» AADECA Revista, n° 24, 2023.
- [10] «Ingeniería Mecafenix,» 24 Abril 2018. [En línea]. Available: <https://www.ingmecafenix.com/automatizacion/sensores/sensor-optico/>. [Último acceso: 12 Setiembre 2025].

- [11] L. M. Cerdá Filiu, *Sistemas hidráulicos y neumáticos*, Madrid: Paraninfo, 2023.
- [12] D. Rodríguez Agudelo y C. A. Sierra Peñuela, *Curso Virtual de Neumática*, Windows, 2002.
- [13] «My Tecnología Wordpress,» 4 Junio 2012. [En línea]. Available: <https://eepiastecnologia4a11.wordpress.com/neumatica-2/receptores-neumaticos/>. [Último acceso: 15 Setiembre 2025].
- [14] «Festo,» [En línea]. Available: https://www.festo.com/media/catalog/205727_documentation.pdf. [Último acceso: 15 Setiembre 2025].
- [15] J. Esparza y G. Baños, «Actuadores y Simulación,» 10 Mayo 2010. [En línea]. Available: <https://ebapivitoria.blogspot.com/2010/05/cilindros-especiales.html>. [Último acceso: 15 Setiembre 2025].
- [16] «Mundo Automatizado,» 4 Noviembre 2014. [En línea]. Available: <https://mundoautomatizado.blogspot.com/2014/11/actuadores-neumaticos.html>. [Último acceso: 15 Setiembre 2025].
- [17] «Aircontrol,» [En línea]. Available: <https://www.aircontrol.es/es/motores-neumaticos-de-paletas/>. [Último acceso: 15 Setiembre 2025].
- [18] «Áreatecnologia,» [En línea]. Available: <https://www.areatecnologia.com/mecanismos/engranajes.html>. [Último acceso: 15 Setiembre 2025].
- [19] «Blog de Hidráulica de Rexroth,» [En línea]. Available: <https://rexroth-hydraulics.com.mx/blog/motor-de-pistones-axiales/>. [Último acceso: 15 Setiembre 2025].
- [20] «THM Hydraulics,» 29 Enero 2025. [En línea]. Available: <https://thmhuade.com/radial-piston-pump-vs-axial-piston-pump-what-is-the-difference/>. [Último acceso: 15 Setiembre 2025].
- [21] A. Creus Solé, *Neumática e Hidráulica*, España: Marcombo, 2007.
- [22] S. Millán Teja, *Automatización, Neumática y Electroneumática*, Marcombo, 1996.
- [23] L. M. Cerdá Filiu, *Sistemas hidráulicos y neumáticos*, Madrid: Paraninfo, 2023.

- [24] P. Croser, J. Thomson y F. Ebel, Fundamentos de Neumática, Festo, 2000.
- [25] P. Croser, Neumática - Nivel Básico TP 101, Festo Didactic, 1991.
- [26] G. Prede y D. Scholz, Electroneumática, Festo Didactic, 2002.
- [27] «Enerxia.net,» [En línea]. Available: <https://www.enerxia.net/portal/index.php/i-auto/933-automatismos-estructura-del-plc-o-automata-programable>. [Último acceso: 28 Agosto 2025].
- [28] «Macro PLC,» [En línea]. Available: <https://www.macropLC.com/ladder/>. [Último acceso: 15 Setiembre 2025].
- [29] «Schneider Electric,» 2019. [En línea]. Available: <https://product-help.schneider-electric.com/Machine%20Expert/V1.1/es/SoMProg/assets/G-SE-0025744.1.gif-high.gif>. [Último acceso: 15 Setiembre 2025].
- [30] «TecnoplC,» 8 Marzo 2023. [En línea]. Available: <https://www.tecnoplC.com/scl-lenguaje-estructurado/>. [Último acceso: 15 Setiembre 2025].
- [31] D. F. Ricci, «Vicecomodoro Marambio,» 2020. [En línea]. Available: https://programacionsiemens.com/wp-content/uploads/2023/04/Secuencial_GRAFCET.png.webp. [Último acceso: 15 Setiembre 2025].
- [32] A. Perera, «Automatismos Mundo,» 19 Marzo 2023. [En línea]. Available: <https://automatismosmundo.com/los-lenguajes-de-programacion-de-plc/>. [Último acceso: 15 Setiembre 2025].
- [33] Y. F. Leguizamón López, «Educatia,» 16 Noviembre 2022. [En línea]. Available: <https://educatia.com.co/neumatica-metodo-paso-a-paso/>. [Último acceso: 8 Julio 2024].
- [34] «QBPROFE,» 11 Agosto 2020. [En línea]. Available: <https://www.qbprofe.com/automatizacion-instrumentacion-industrial/simbologia-neumatica-hidraulica/>. [Último acceso: 15 Setiembre 2025].
- [35] J. L. Ceballos Giron, «PDFCOFFEE,» 18 Marzo 2020. [En línea]. Available: <https://pdfcoffee.com/normaiso-pdf-free.html>. [Último acceso: 24 Setiembre 2025].

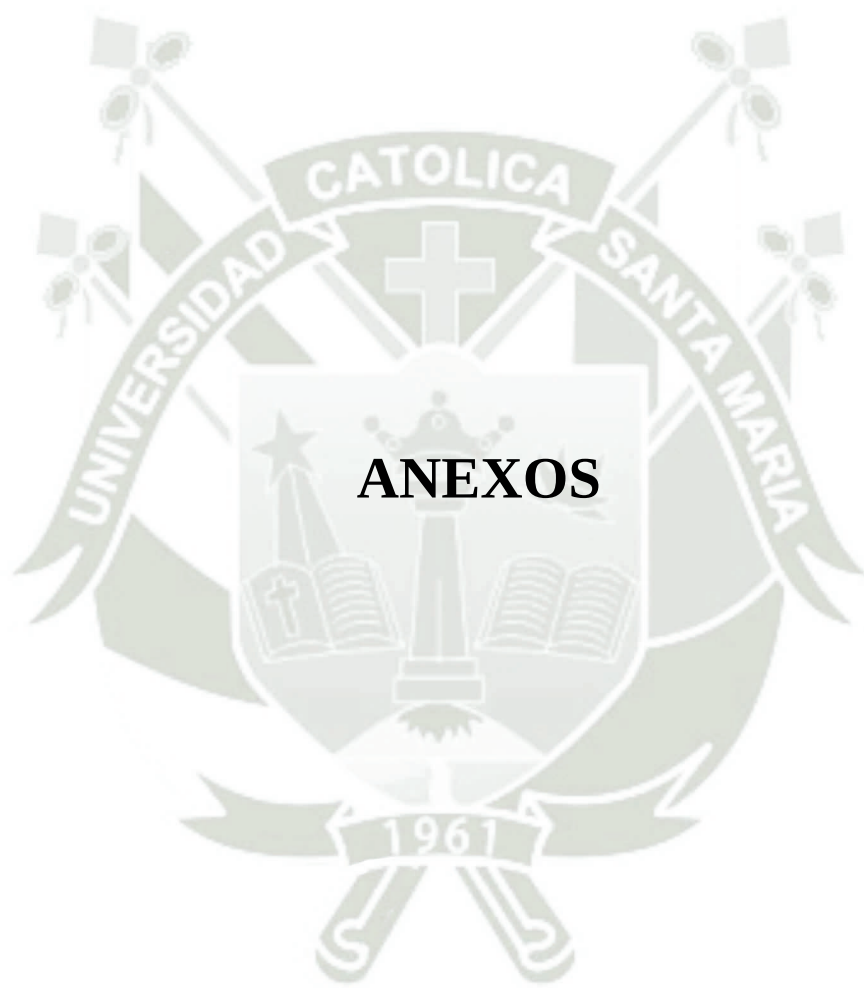
- [36] R. Automation, «Software de diseño y configuración,» [En línea]. Available: <https://www.rockwellautomation.com/es-mx/capabilities/industrial-automation-control/design-and-configuration-software.html>. [Último acceso: 28 Enero 2026].
- [37] Softonic, «AutoCAD,» 31 Diciembre 2025. [En línea]. Available: <https://autocad.softonic.com/>. [Último acceso: 28 Enero 2026].
- [38] Siemens, «INTERRUPTOR AUTOMATICO 10KA 2POL C20,» 15 Diciembre 2025. [En línea]. Available: <https://sieportal.siemens.com/en-ro/products-services/detail/5SY4220-7?tree=CatalogTree>. [Último acceso: 28 Diciembre 2025].
- [39] WEG, «MINI-INTERRUPTOR TERMOMAG MDW-C16-2 Curva C 16A 2 Polos,» [En línea]. Available: <https://www.weg.net/catalog/weg/BR/es/Automatizaci%C3%B3n-Industrial/Controls/Protecci%C3%B3n-de-Circuitos/Interruptores/Mini-Interruptores/Mini-Interruptores-MDW/MINI-INTERRUPTOR-TERMOMAG-MDW-C16-2-Curva-C-16A-2-Polos/p/10076415>. [Último acceso: 28 Diciembre 2025].
- [40] Telemecanique, «XT118B1PAL2,» [En línea]. Available: <https://telemecaniquesensors.com/es/es/product/reference/XT118B1PAL2>. [Último acceso: 28 Diciembre 2025].
- [41] Telemecanique, «XS4P12PA370,» [En línea]. Available: <https://telemecaniquesensors.com/es/es/product/reference/XS4P12PA370>. [Último acceso: 28 Diciembre 2025].
- [42] Festo, «Sensor de proximidad SMT-8M-A-PS-24V-E-2,5-OE,» [En línea]. Available: <https://www.festo.com/es/es/a/574335/>. [Último acceso: 28 Diciembre 2025].
- [43] Festo, «Cilindro normalizado DSNU-20-200-PPV-A,» [En línea]. Available: <https://www.festo.com/es/es/a/19242/?q=DSNU-20-200-PPV-A%7E%3AfestosSortOrderScored>. [Último acceso: 28 Diciembre 2025].
- [44] Festo, «Cilindro normalizado ESNU-20-50-P-A,» [En línea]. Available: <https://www.festo.com/es/es/a/19268/?q=ESNU-20-50-P-A%7E%3AfestosSortOrderScored>. [Último acceso: 28 Diciembre 2025].

- [45] Festo, «Electroválvula VUVS-LK20-M52-AD-G18-1C1-S,» [En línea]. Available: <https://www.festo.com/es/es/a/8043214/?q=VUVS-LK20-M52-AD-G18-1C1-S%7E%3AfestoSOrderScored>. [Último acceso: 28 Diciembre 2025].
- [46] Festo, «Electroválvula VUVS-LK20-M32-AD-G18-1C1-S,» [En línea]. Available: <https://www.festo.com/es/es/a/8043213/?q=Electrov%C3%A1lvula%0D%0AVUVS-LK20-M32C-AD-G18-1C1-S>. [Último acceso: 28 Diciembre 2025].
- [47] Festo, «Electroválvula VUVS-LK20-B52-D-G18-1C1-S,» [En línea]. Available: <https://www.festo.com/es/es/a/8043215/?q=VUVS-LK20-B52-D-G18-1C1-S%7E%3AfestoSOrderScored>. [Último acceso: 28 Diciembre 2025].
- [48] Festo, «Unidades de mantenimiento combinadas,» [En línea]. Available: <https://www.festo.com/es/es/a/3339283/?q=LFR-1%2F4-DB-7-MINI-KB-MPA%7E%3AfestoSOrderScored>. [Último acceso: 28 Diciembre 2025].
- [49] Chint, «Pulsador NP2,» [En línea]. Available: <https://www.chintglobal.com/co/es/products/low-voltage/iec/industrial-control/np2.html>. [Último acceso: 28 Diciembre 2025].
- [50] Festo, «Tubo de plástico,» [En línea]. Available: <https://www.festo.com/pe/es/a/197384/>. [Último acceso: 28 Diciembre 2025].
- [51] B. Surplus, «Cisco PWR-2955-AC AC Power Converter,» [En línea]. Available: <https://bmisurplus.com/products/cisco-pwr-2955-ac-ac-power-converter/?srsltid=AfmBOopxzcsXyJQMdfwQ9ZK7FkmRDMif5dk90ccox9Ac35lh4uYkOfPv>. [Último acceso: 29 Diciembre 2025].
- [52] Sodimac, «Compresor de Aire 360 W 11 Litros 0211153A,» [En línea]. Available: <https://www.sodimac.com.pe/sodimac-pe/articulo/139699957/Compresor-de-Aire-360-W-11-Litros-0211153A/139699960>. [Último acceso: 29 Diciembre 2025].
- [53] R. Arjona, Introducción a la neumática e hidráulica industrial, AULAELECTRICA, 2015.
- [54] D. Waller y H. Werner, Neumática - Nivel Básico, Festo Didactic, 1997.
- [55] A. Creus Solé, Neumática e Hidráulica, Marcombo, 2007.

[56] C. J. Renedo, «Actuadores Neumáticos,» [En línea]. Available: <https://personales.unican.es/ortizff/NPdf/T13%20Actuadores%20Neumaticos.pdf>. [Último acceso: 10 Octubre 2025].

[57] «Industrial Angol,» [En línea]. Available: <https://www.industrialangol.cl/wp-content/uploads/recursos/Neum%C3%A1tica%202.pdf>. [Último acceso: 30 Setiembre 2025].





ANEXO A
TEORÍA DE LAS GUÍAS DE PRÁCTICA

A-1 Teoría de la guía de práctica N°1

1.1 Elementos de un sistema neumático

Los sistemas neumáticos son mecanismos que usan aire o gas a presión para generar trabajo mecánico, principalmente en la automatización industrial y la robótica.

Entre los componentes básicos tenemos: un compresor, una unidad de mantenimiento, un acumulador, una válvula direccional y actuadores.

1.2 Compresor

Según [1] el compresor se encarga de comprimir el aire que entra a través de una válvula de aspiración. Su elección depende de la presión de trabajo y de la cantidad de aire necesaria.

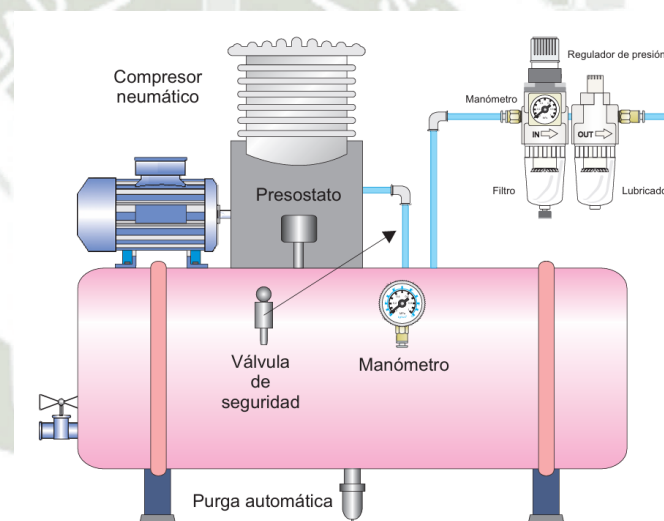


Fig. 1.1. Grupo compresor para mediano volumen [2].

El símbolo de un compresor es:

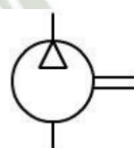


Fig. 1.2. Simbología de un compresor [1].

1.3 Unidad de alimentación o mantenimiento

Una vez generado el aire comprimido en el compresor, debe ser preparado para que alimente en óptimas condiciones a los dispositivos neumáticos [3].

Es por eso que la unidad de mantenimiento está compuesta por un filtro, un regulador de presión y un lubricador del aire.

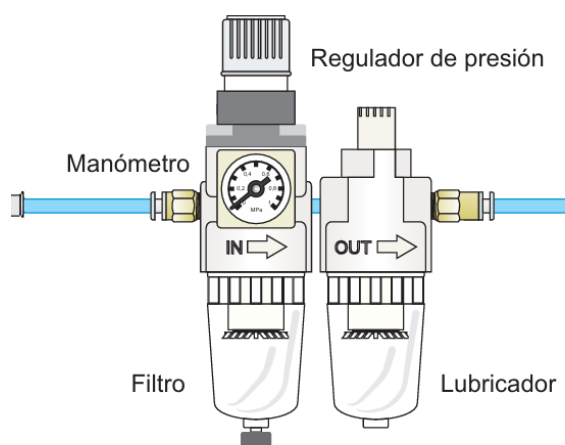


Fig. 1.3. Unidad de mantenimiento [2].

La simbología de la unidad de mantenimiento es la siguiente:

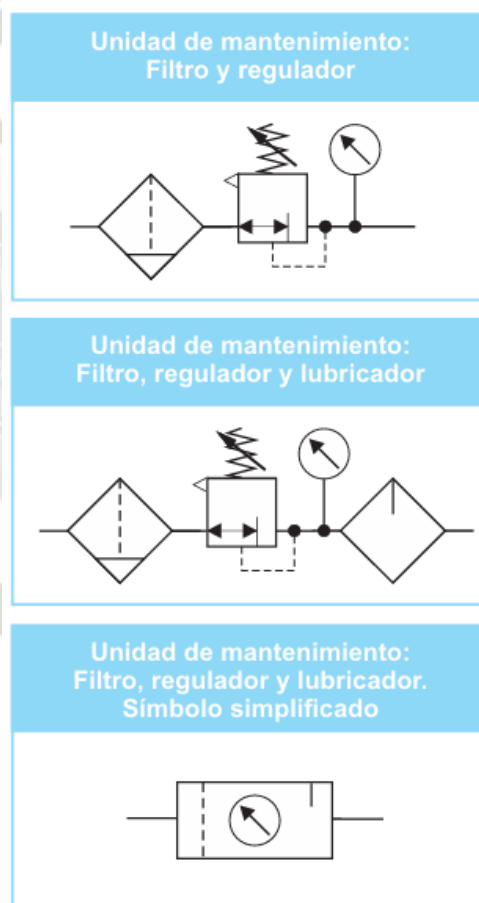


Fig. 1.4. Simbología de la unidad de mantenimiento [2].

1.4 Actuadores neumáticos

Según [2] los actuadores neumáticos convierten la energía del aire comprimido en trabajo mecánico generando un movimiento lineal o giratorio.

Son ampliamente usados en la automatización industrial debido a su rapidez, fiabilidad, bajo costo de operación y seguridad en entornos peligrosos.

Los actuadores se pueden clasificar en dos grupos según el movimiento:

1.4.1 Movimiento lineal

Existen dos tipos:

a. Cilindro de simple efecto

Este cilindro solo tiene de una vía de alimentación, por donde entra el aire comprimido. El aire empuja al émbolo haciendo salir al vástago y luego retrocede por la acción de un muelle.

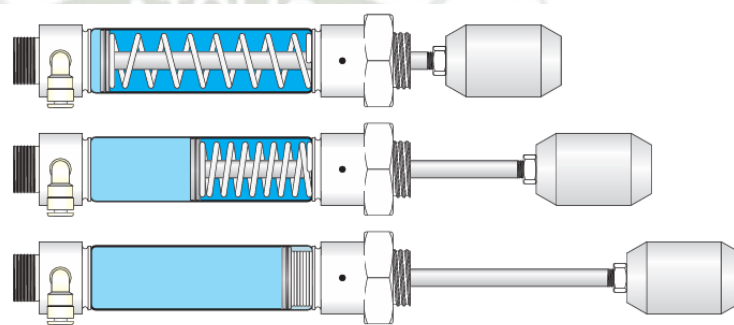


Fig. 1.5. Cilindro de simple efecto con muelle [2].

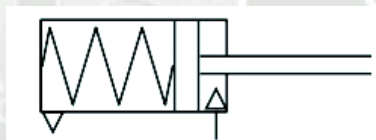


Fig. 1.6. Simbología de un cilindro de simple efecto normalmente fuera [4].

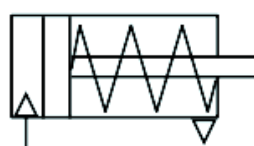


Fig. 1.7. Simbología de un cilindro de simple efecto normalmente dentro [4].

En el caso de un cilindro de simple efecto sin muelle, el retroceso del vástago es por la gravedad u otra fuerza externa.

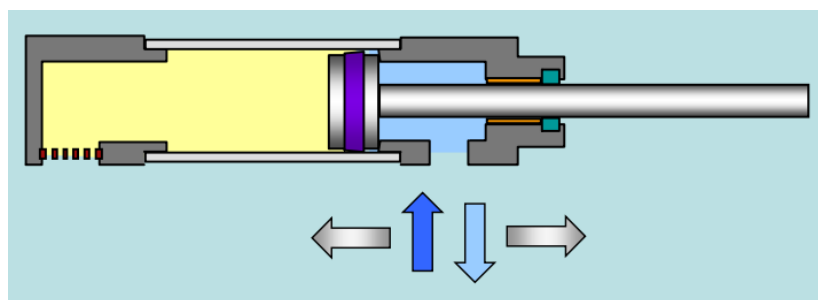


Fig. 1.8. Cilindro de simple efecto sin muelle con el vástago extendido [4].

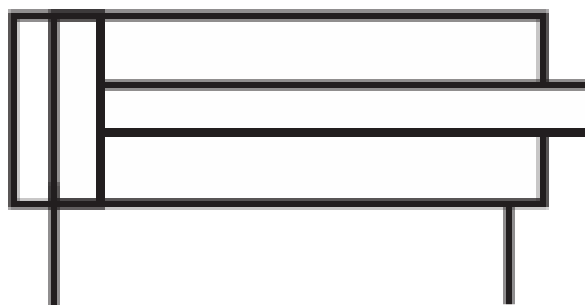


Fig. 1.9. Simbología de un cilindro de simple efecto sin muelle [2].

b. Cilindro de doble efecto

Este cilindro tiene dos vías de alimentación que genera la salida y entrada del vástago. Para la salida del vástago se usará la vía posterior y para la recogida la contraria. Además, permite un mayor control de la velocidad

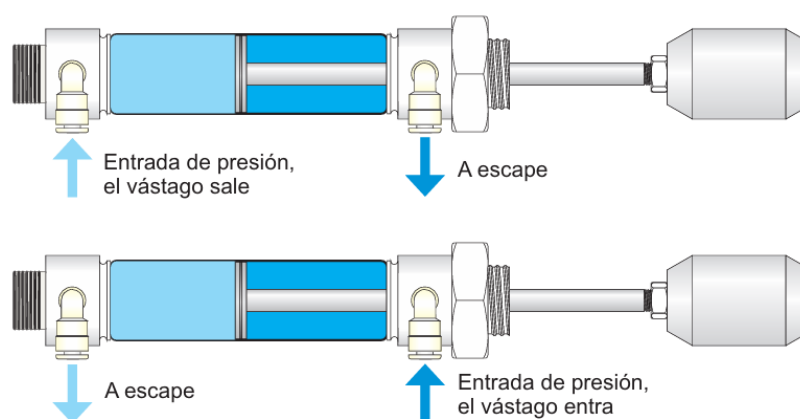
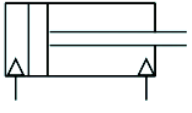
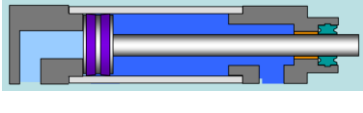
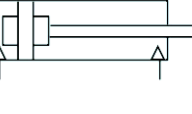
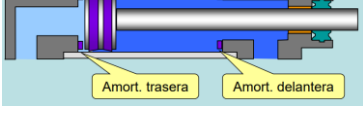


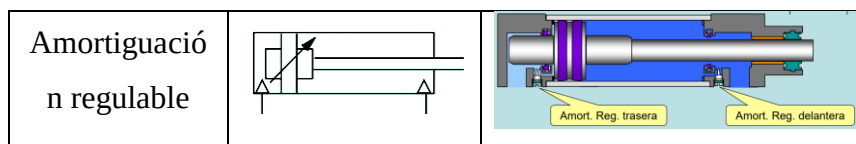
Fig. 1.10. Cilindro de doble efecto [2].

El símbolo de un cilindro de doble efecto es:

TABLA I.I

SIMBOLOGÍA DE LOS CILINDROS DE DOBLE EFECTO

	Simbología	Cilindro
Sin amortiguación		
Amortiguación fija		



c. Entre otros.

1.4.2 Movimiento giratorio

Se divide en dos:

a. Actuadores rotativos

Se encargan de transformar la energía neumática en movimientos giratorios. Estos pueden ser:

- ✓ Cilindros rotativos de giro
- ✓ Cilindros rotativos de cable
- ✓ Cilindros rotativos de émbolo giratorio

b. Motores neumáticos

Se encargan de transformar la energía de presión en trabajo mecánico mediante movimientos rotativos. Estos no tienen un límite en el ángulo de giro. Estos se clasifican según su diseño:

- ✓ Motor de paletas
- ✓ Motor de engranajes
- ✓ Motor de pistón radial o axial



Fig. 1.11. Simbología del motor neumático [2].

1.4.3 Válvulas neumáticas

Las válvulas son elementos que manejan e influyen sobre el flujo del aire. Se encargan de guiar el aire comprimido en forma dosificada y en el momento correcto hacia los actuadores neumáticos.

Las válvulas se clasifican según su funcionamiento en:

1.4.3.1 Válvulas de vías

También conocidas como válvulas distribuidoras. Estas actúan como conmutadores neumáticos, ya que distribuyen el aire comprimido en función de una señal de mando que se ejecuta manualmente, por medio de finales de carrera, por pilotajes neumáticos, por electroválvulas, entre otros [2].

Las válvulas se representan indicando la cantidad de conexiones, la cantidad de posiciones y la dirección del flujo de aire.

En el caso de la dirección del flujo de aire, según la norma DIN ISO 1219 y la norma CETOP (Comité Europeo de las Transmisiones Óleo-hidráulicas y Neumáticas), existe una nomenclatura para este tipo de válvulas.

CONDUCTOS	NORMA ISO	NORMA CETOP
Alimentación de presión	P	1
Conductos de trabajo	A, B, C, ...	2, 4, 6, ...
Escapes	R, S, T, ...	3, 5, 7, ...
Conductos de pilotaje	Z, Y, X, ...	12, 14, 16, ...

Fig. 1.12. Nomenclatura de válvulas distribuidoras [5].

Por ejemplo:

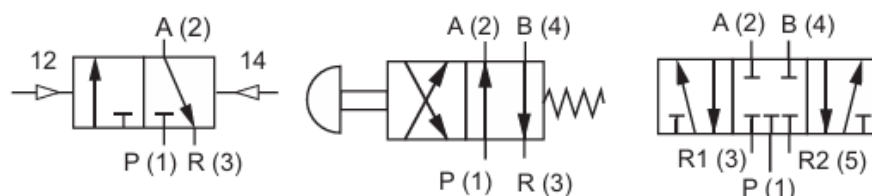


Fig. 1.13. Ejemplo para la designación de las vías de trabajo de las válvulas [2].

Para representar la cantidad de posiciones y vías, nos tenemos que basar en las siguientes reglas:

1. Las posiciones se representan por un cuadrado.

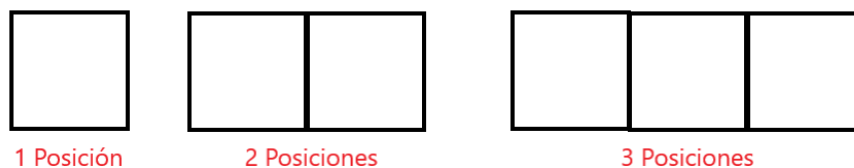


Fig. 1.14. Ejemplo de cantidad de posiciones de una válvula.

2. La cantidad de vías, que son los orificios de entrada y salida se representan por líneas que se colocan en la posición de reposo la válvula.

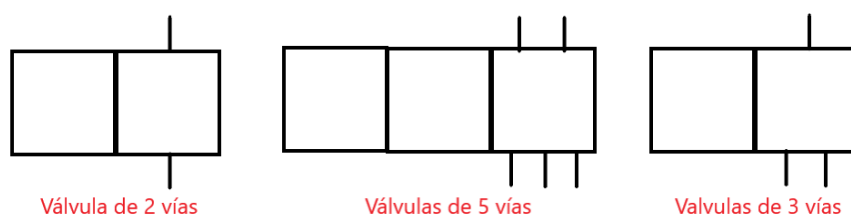


Fig. 1.15. Ejemplo de cantidad de vías de una válvula.

3. Luego se nombra las válvulas primero por el número de vías y luego por el número de posiciones.

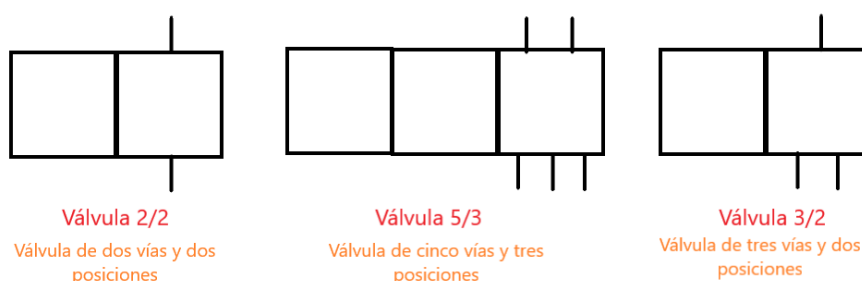
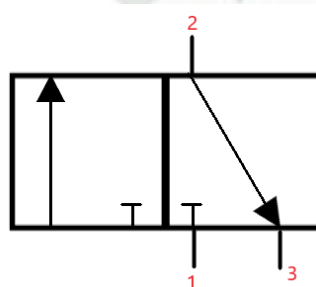


Fig. 1.16. Ejemplo de representación de la posición y vías de las válvulas.

4. Después se coloca el desplazamiento a la posición de trabajo de la válvula, el cual se realiza transversalmente para coincidir con las vías en la nueva posición.



- * El aire circula de 1 a 2 y cuando cambia de posición de 2 a 3.
- * El trazo transversal indica que el aire no pasa.

Fig. 1.17. Ejemplo de la representación de desplazamiento de una válvula.

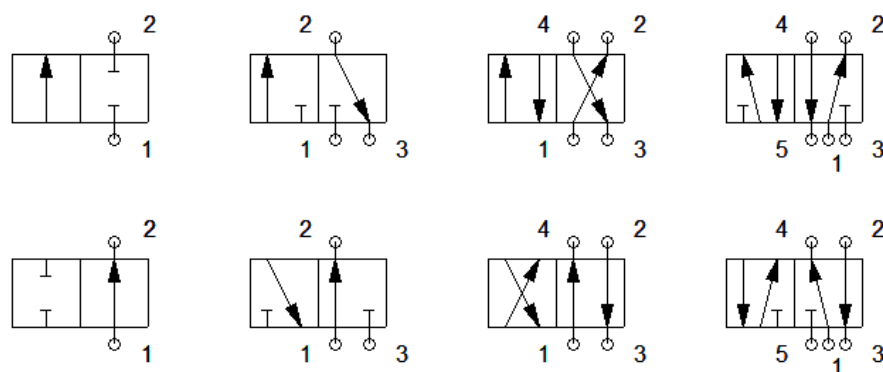
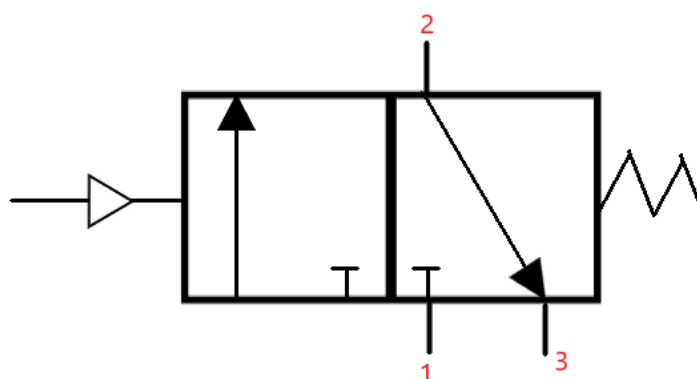


Fig. 1.18. Representación de diferentes tipos de válvulas.

5. Finalmente se coloca el tipo de mando que hace cambiar la posición de la válvula, este tipo de accionamiento puede ser manual, mecánico, neumático, eléctrico, etc. Se coloca al costado de las válvulas.



Válvula de 3/2, se activa por presión y tiene un retorno mecánico por muelle

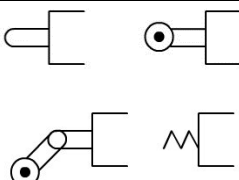
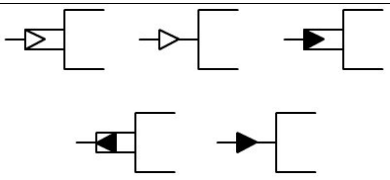
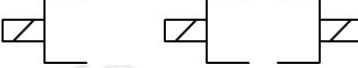
Fig. 1.19. Simbología de una válvula.

La simbología de los tipos de accionamiento es:

TABLA I.II

SIMBOLOGÍA DE LOS TIPOS DE ACCIONAMIENTO DE LAS VÁLVULAS DISTRIBUIDORAS

ACCIONAMIENTO	SIMBOLOGÍA
Manual	

Mecánico	
Por aire comprimido	
Electromagnético	
Combinado	

1.4.3.2 Válvulas de bloqueo o cierre

Estas válvulas bloquean el flujo de aire en un sentido y lo liberan en el sentido contrario. Existen cuatro tipos de válvulas:

- Válvula de retención o antirretorno
- Válvula selectora: función “O”
- Válvula de simultaneidad: función “Y”
- Válvula de escape rápido
- Válvula de estrangulación

1.4.3.3 Válvulas de caudal

Estas válvulas regulan el caudal del aire comprimido en una dirección o en ambas direcciones. Dentro de estas válvulas tenemos a la válvula de estrangulación.

1.4.3.4 Válvulas de presión

Las válvulas de presión reaccionan frente a valores de presión determinados. Algunas válvulas son:

- Válvula reguladora de presión o reductora de presión
- Válvula de secuencia o de control de presión
- Válvula limitadora de presión o de seguridad

1.4.3.5 Válvulas especiales

Dentro de las válvulas especiales esta los temporizadores neumáticos que se forman al crear un retardo en el envío y están formados por una válvula de 3/2, una válvula de estrangulación y antirretorno y un pequeño acumulador de aire, de este depende el tiempo de retardo (0 a 30 segundos).

1.5 Referencias bibliográficas

- [1] D. Waller y H. Werner, Neumática - Nivel Básico, Festo Didactic, 1997.
- [2] R. Arjona, Introducción a la neumática e hidráulica industrial, AULAELECTRICA, 2015.
- [3] A. Creus Solé, Neumática e Hidráulica, Marcombo, 2007.
- [4] C. J. Renedo, «Actuadores Neumáticos,» [En línea]. Available: <https://personales.unican.es/ortizff/NPdf/T13%20Actuadores%20Neumaticos.pdf>. [Último acceso: 10 Octubre 2025].
- [5] «Industrial Angol,» [En línea]. Available: <https://www.industrialangol.cl/wp-content/uploads/recursos/Neum%C3%A1tica%202.pdf>. [Último acceso: 30 Setiembre 2025].

A-2 Teoría de la guía de práctica N°2

2.1 Controlador lógico programable

Actualmente un sistema de control industrial automático trabaja con una secuencia de instrucciones lógicas generadas mediante una computadora, esta información se almacena en la memoria del PLC para que pueda trabajar de forma independiente [1].

También llamado autómatas programables, se orienta hacia sistemas del tipo secuencial y combinacional. Utiliza varios lenguajes de programación que permiten implementar tanto algoritmos complejos como sencillos.

Los sistemas automáticos industriales constan de dispositivos de entrada y salida y el programa lógico almacenado en la memoria del PLC.



Fig. 2.1. Modelos de PLC [2].

2.2 PLC Allen Bradley Micro 850

Según [3], el PLC Micro850 es un controlador económico estilo ladrillo con 14 entradas y 10 salidas digitales incorporadas. Este controlador acepta tres módulos enchufables y se le puede agregar módulos hasta cuatro módulos de E/S de expansión.

Este PLC admite cualquier fuente de alimentación eléctrica de 24 VCC, tal como la fuente de alimentación eléctrica Micro800.



Fig. 2.2. Controlador Micro850 [4].

- Detalles del número de modelo del Micro850

2080 - LC50 - 24QWB

1 2 3 4 5 6

- Número de boletín
- Unidad base:
 - ✓ MLC10 = Micro810
 - ✓ LC20 = Micro820
 - ✓ LC30 = Micro830
 - ✓ LC50 / L50E = Micro850
 - ✓ LC70 / L70E = Micro870
- Número de entradas y salidas: 10, 12, 16, 20, 24, 28
- Tipo de entrada:
 - ✓ A: 120 VCA o 110/220 VCA
 - ✓ D: 12 VCC
 - ✓ Q: 24 VCA/CC
- Tipo de salida:
 - ✓ B: 24 VCC surtidoras
 - ✓ V: 24 VCC drenadoras
 - ✓ W: de relé
- Fuente de alimentación eléctrica:

- ✓ A: 120/240 VCA
- ✓ B: 24 VCC
- ✓ D: 12 VCC

2.3 Protocolo TCP/IP

Es la base de la comunicación en redes industriales. La dirección IP identifica de manera única a cada dispositivo en la red. La asignación correcta de esta dirección permite que el PLC envíe y reciba datos de otros dispositivos.

La asignación de direcciones IP puede ser:

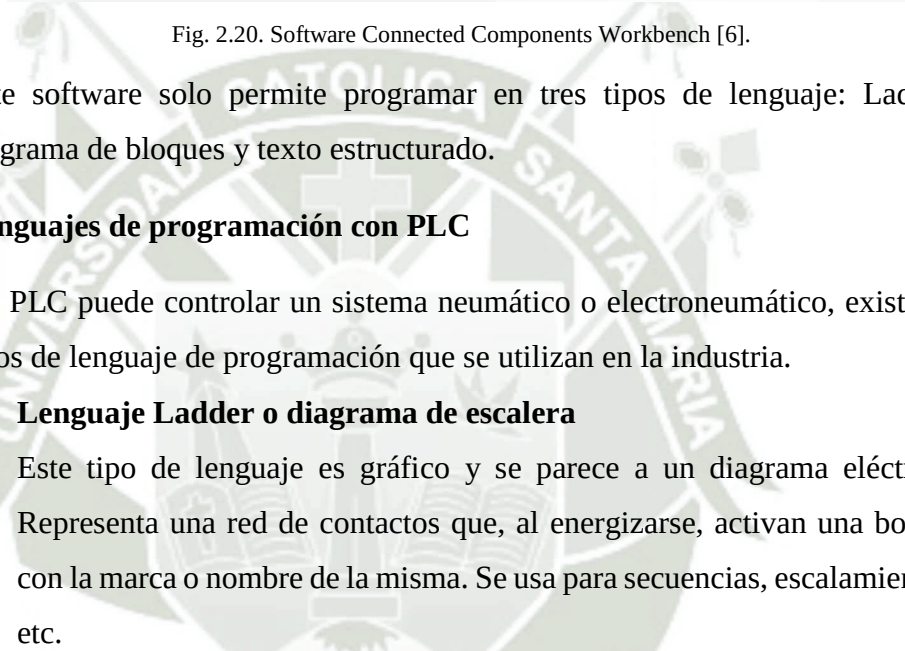
- **Automática (DHCP):** CCW permite configurar el controlador para que obtenga automáticamente su dirección IP desde un servidor DHCP. Esta opción es útil en redes dinámicas donde los dispositivos pueden cambiar de ubicación o conectarse y desconectarse frecuentemente. [5]
- **Manual (Estática):** Para aplicaciones donde es crucial tener un control estricto sobre las direcciones IP, se puede configurar manualmente la dirección IP, máscara de subred, y gateway. Esto asegura que el dispositivo siempre utilice la misma dirección, evitando conflictos y garantizando la estabilidad de la red. [5]

2.4 Connected Components Workbench (CCW)

Según [6] este software ofrece simulación y programación de controladores, configuración de variadores y visualización con el editor de interfaz operador-maquina (HMI).

Sus funciones principales son:

- a. Permite programar usando diagrama escalera, diagrama de bloques y texto estructurado para los controladores de la familia Micro800.
- b. Permite configurar dispositivos de automatización como los variadores PowerFlex, arrancadores suaves y relés de seguridad programables.
- c. Permite configurar y diseñar las pantallas Panel View 800 mediante el editor de interfaces HMI.
- d. Permite simular el código sin la necesidad de un hardware.



- **Ventajas:** Este lenguaje es legible y tiene un interfaz amigable

[illegible]

- Desventaja: Ocupa mucha memoria en el PLC.

Según [7] el diagrama tiene dos líneas de alimentación, la corriente circula

de derecha a izquierda y el orden es de arriba hacia abajo.

Primero se coloca las condiciones del diagrama para que después re

- El número se coloca las condiciones del diagrama para que después re-

la acción.

Los elementos de entrada o condiciones son pulsadores, interruptores

sensores, marcas o memoria y se representan así:

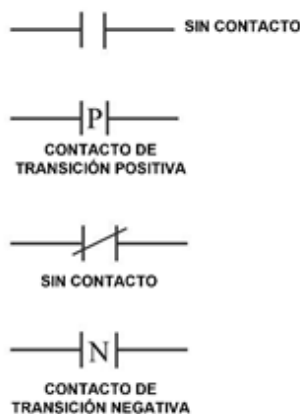


Fig. 2.4. Símbolos de los elementos de entrada [7].

Los elementos de salidas o los que realizarán la acción son los actuadores (motores, válvulas, cilindros), indicadores, marcas o memoria y su símbolo es:

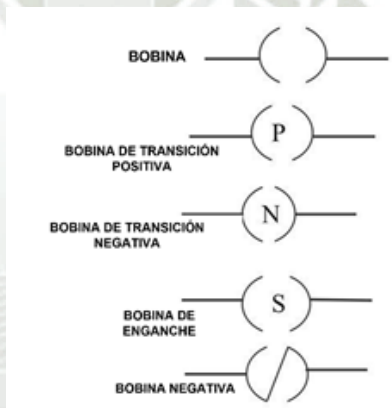


Fig. 2.21. Símbolos de los elementos de salida [7].

A continuación, se observará la estructura y los elementos del diagrama escalera.

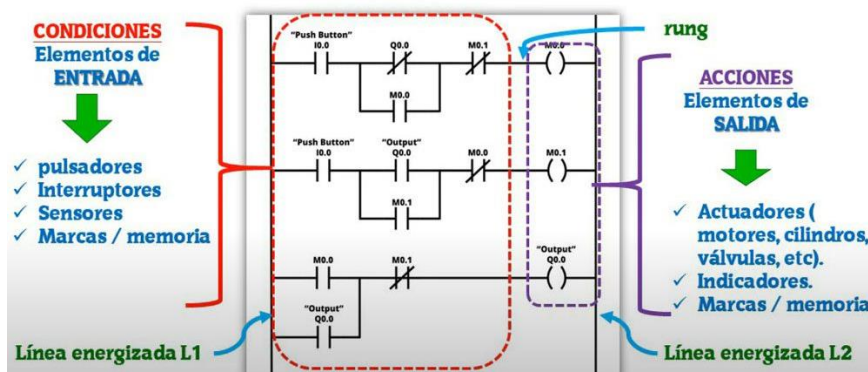


Fig. 2.6. Diagrama escalera [7].

b. Diagrama de bloques de funciones (FDB)

Este lenguaje utiliza bloques de funciones (suma, resta, AND, OR, etc.) para generar una salida mediante las variables que se asignen. Se usa este

lenguaje para escalamientos de señales analógicas o sintonización de un PID.

- Ventajas: Legibilidad y se pueden crear bloques personalizados.
- Desventajas: Ocupa mucho espacio en la memoria del PLC.

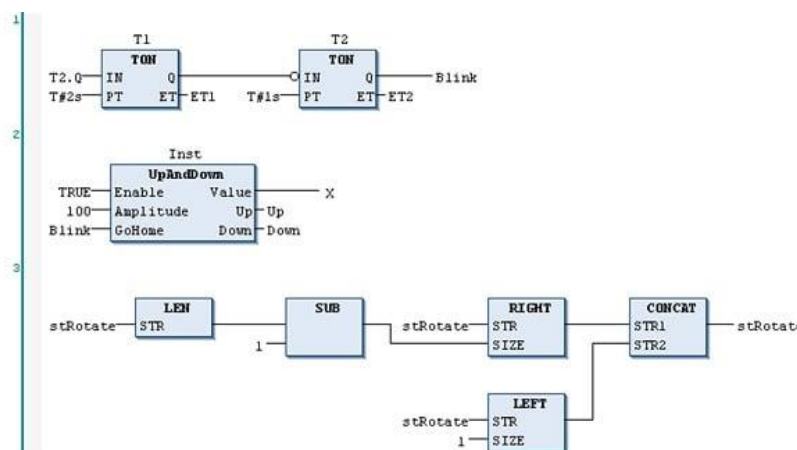


Fig. 2.7. Diagrama de bloques de funciones [8].

c. Texto estructurado (IL)

Este lenguaje se programa en texto y es un lenguaje de alto nivel, es por eso que se recomienda aprender primero los anteriores lenguajes antes de estudiar este.

Se utiliza este lenguaje para funciones complejas y cuenta con condicionales como IF, ELSE, etc.

- Ventajas: Ocupa poca memoria en el PLC.
- Desventajas: Es difícil de leer funciones complejas.

```
(* Activar bomba de llenado si el nivel del depósito de agua es inferior
al nivel mínimo permitido y desactivarla al alcanzar el nivel óptimo *)

If (iNivel_Depósito_Agua<iNivel_Depósito_Mínimo) Then
    bActivarBomba:=TRUE;
Elsif (iNivel_Depósito_Agua>iNivel_Depósito_Óptimo) Then
    bActivarBomba:=FALSE;
End_if;
```

Fig. 2.22. Lenguaje de texto estructurado [9].

d. Lenguaje secuencial de funciones (SFC)

También llamado GRAFCET, este compuesto por bloques que van en secuencia, el bloque inicial se llama “Paso 0”. Cada paso tiene su acción y cuando se ejecute la acción pasamos al siguiente “Paso” por una transición, así sería sucesivamente.

Este lenguaje se usa para aplicaciones secuenciales, el semáforo, entre otros.

- Ventajas: Legible y fácil de elaborar.
- Desventajas: Ocupa mucho espacio en la memoria del PLC.

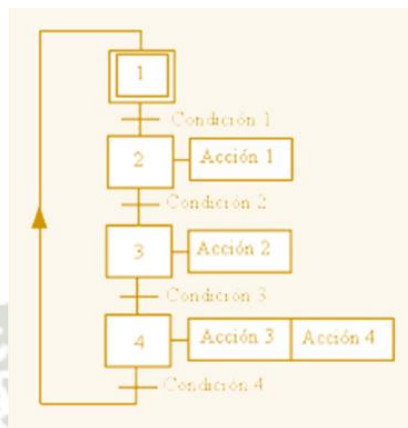


Fig. 2.23. GRAFCET [9].

2.6 Referencias bibliográficas

- [1] S. Soria Tello, *Sistemas Automáticos Industriales de Eventos Discretos*, México D.F.: Alfaomega, 2013.
- [2] SecuritechPE, «Sistema de Automatización Industrial,» 20 Agosto 2021. [En línea]. Available: <https://securitechperu.com/servicios/automatizacion-2/sistema-de-automatizacion-industrial/>. [Último acceso: 14 Octubre 2025].
- [3] «Rockwell Automation,» Enero 2024. [En línea]. Available: https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/2080-um002_-es-e.pdf. [Último acceso: 30 Setiembre 2025].
- [4] «PLCGEAR,» [En línea]. Available: <https://www.plcgear.com.au/products/allen-bradley-micro830-programmable-controllers?srsId=AfmBOooOOZE5KT3iomP7zeky0vHnEWbkU3zLLxXHJO1ffrOr22tneKYV>. [Último acceso: 30 Setiembre 2025].
- [5] R. Automation, «Connected Components Workbench Software User Manual,» [En línea]. Available: <https://www.rockwellautomation.com>. [Último acceso: 14 Octubre 2025].

- [6] «Rockwell Automation,» 2025. [En línea]. Available: <https://www.rockwellautomation.com/es-mx/capabilities/industrial-automation-control/design-and-configuration-software.html>. [Último acceso: 14 Octubre 2025].
- [7] Planther, «Diagrama de Escalera o ladder,» 30 Julio 2022. [En línea]. Available: <https://plantillaarbolgenealogico.net/diagramas/escalera-o-ladder/>. [Último acceso: 14 Octubre 2025].
- [8] CONTROL.COM, «Programación de PLC con diagramas de bloques de funciones,» 29 Agosto 2023. [En línea]. Available: <https://control.com/technical-articles/plc-programming-with-function-block-diagrams/>. [Último acceso: 14 Octubre 2025].
- [9] D. Castillo, «4 Lenguajes en la Programación de PLC,» Control Services, 16 Mayo 2022. [En línea]. Available: <https://cursosonline.dccontrolsolutions.com/4-lenguajes-en-la-programacion-de-plc/>. [Último acceso: 14 Octubre 2025].

A-3 Teoría de la guía de práctica N°3

3.1 Sensor

Según [1] un sensor es un aparato capaz de transformar magnitudes físicas o químicas en magnitudes eléctricas. Las variables de medición pueden ser: temperatura, intensidad lumínica, distancia, aceleración, presión, fuerza, etc.

La diferencia entre un sensor y un transductor es que el sensor está siempre en contacto con la variable a medir.

Un sensor se diferencia de un transductor en que el sensor está siempre en contacto con la variable a medir o a controlar. Los sensores se usan en la industria automotriz, la industria aeroespacial, en la medicina, etc.

3.2 Sensores binarios de proximidad

Los sensores binarios de proximidad son dispositivos electrónicos que detectan la presencia o ausencia de objetos sin tener contacto físico bajo principios físicos. Se clasifican de acuerdo al tipo de contacto físico:

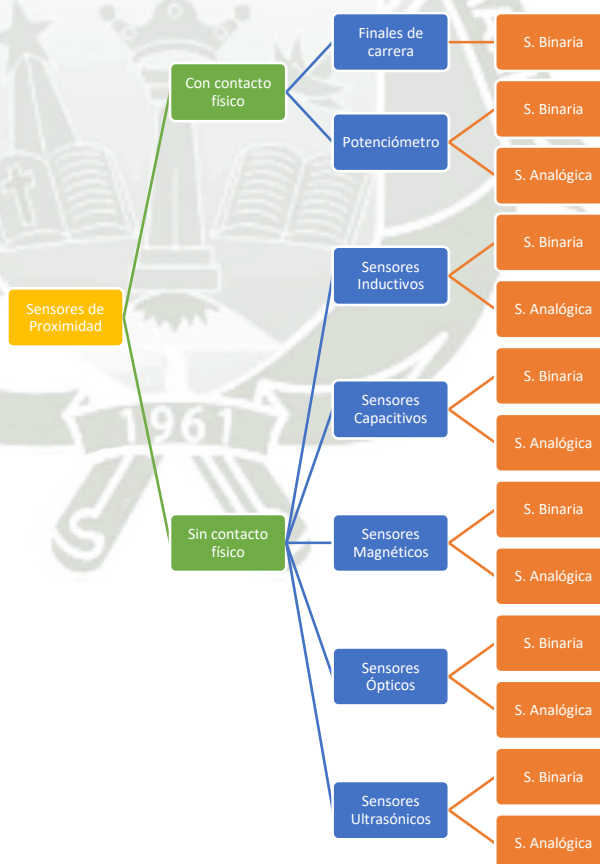


Fig. 3.24. Tipos de sensores de proximidad.

3.3 Definiciones y terminología de un sensor

- a. Diana: Se refiere al objetivo o blanco al que el sensor está diseñado para detectar o a la superficie sensible del sensor donde ocurre la detección.
- b. Distancia de detección: La distancia a la cual una diana que se está aproximando activa la salida de proximidad.
- c. Distancia de operación efectiva (S_r): Es la distancia de operación de un interruptor de proximidad individual medido a la temperatura, voltaje y condición de montaje indicados.
- d. Histéresis: Es la diferencia, en porcentaje (%), de la distancia de detección nominal entre el punto de operación (interruptor activado) y el punto de liberación (interruptor desactivado) cuando la diana se está moviendo en dirección opuesta a la cara activa del sensor. Sin suficiente histéresis, un sensor de proximidad vibrará (alternará continuamente entre activado y desactivado) cuando se aplique vibración suficiente a la diana o al sensor.
- e. Metal ferroso: Cualquier metal que contiene hierro.
- f. Metal no ferroso: Cualquier metal que no contiene hierro.
- g. NPN: El sensor conmuta la carga al terminal negativo. La carga ha de conectarse entre la salida del sensor y el terminal positivo.
- h. PNP: El sensor conmuta la carga al terminal positivo. La carga ha de conectarse entre la salida de sensor y el terminal negativo.

3.4 Sensor capacitivo

En este tipo de sensor, a medida que el objeto se va acercando al sensor las oscilaciones aumentan hasta un nivel límite que activa al circuito.

Este sensor detecta objetos metálicos y no metálicos [2].

La estructura interna de un sensor capacitivo está compuesta por una sonda capacitiva de detección, un oscilador, un rectificador de señal, un circuito de filtraje y el correspondiente circuito de salida.

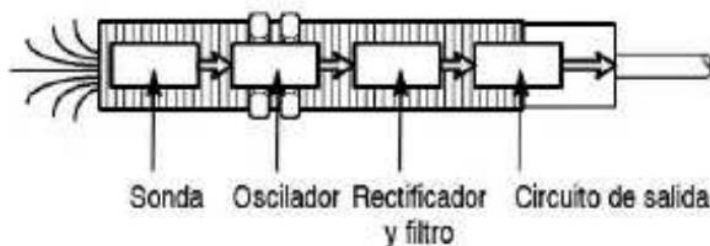


Fig. 3.2. Partes internas de un sensor capacitivo [3].

El principio de funcionamiento de este sensor está basado en un campo electrostático. El sensor está inactivo cuando no detecta objetos cercanos y cuando los detecta, la capacitancia de la sonda aumenta y cuando llega a un nivel predeterminado se activa el oscilador. Luego el circuito de salida cambia a encendido [3].

Cada objeto tiene su constante dieléctrica, a mayor tamaño y mayor constante dieléctrica, mayor es la capacitancia del sensor. A menor distancia entre objeto y sensor, mayor incremento de capacitancia de la sonda por parte del objeto.

3.5 Sensor inductivo

Los sensores inductivos generan un campo magnético ya que tienen una bobina electromagnética para detectar la presencia de un objeto metálico conductor.

Este sensor no reconoce objetos no metálicos.

Su estructura consiste en una bobina con núcleo de ferrita, un oscilador, un sensor de nivel de disparo de la señal y un circuito de salida.

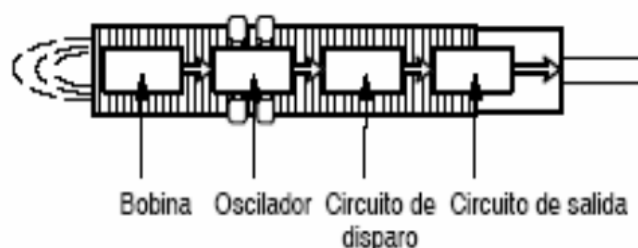


Fig. 3.3. Estructura interna de un sensor inductivo. [4]

El principio de funcionamiento de este sensor es producir un campo electromagnético cuando el objeto se acerca al sensor. Luego se produce una pérdida de energía por lo que el oscilador interno produce una onda de menor amplitud de oscilación que llega a detener el funcionamiento del oscilador. Debido a esta pérdida de corriente, el circuito de detecta el cambio de amplitud y conmuta la salida del sensor a estado activo (ON).

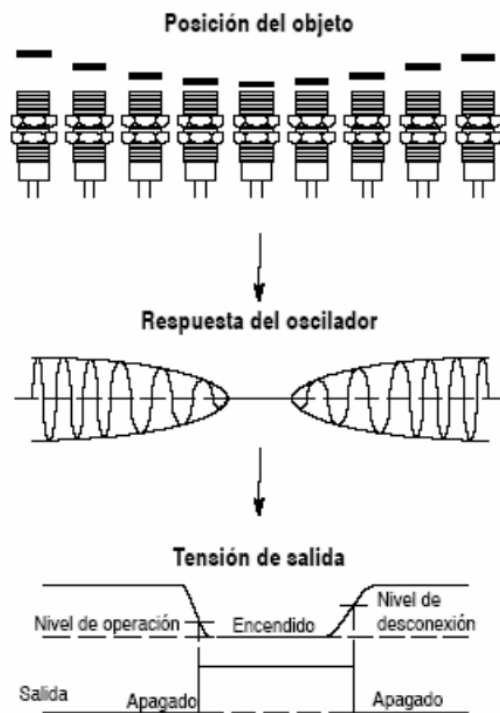


Fig. 3.4. Área de funcionamiento de un sensor inductivo. [4]

3.6 Referencias bibliográficas

- [1] R. Acosta Acosta, Apuntes Asignatura Mecatrónica.
- A-4** [2] S. Industrial, «Sensores,» 16 Abril 2024. [En línea]. Available: <https://sdindustrial.com.mx/blog/sensores/>. [Último acceso: 15 Octubre 2025].
- [3] Qbprofe, «Sensor de Proximidad Capacitivo,» 23 Julio 2021. [En línea]. Available: <https://www.qbprofe.com/automatizacion-instrumentacion-industrial/sensor-de-proximidad-capacitivo/>. [Último acceso: 15 Octubre 2025].
- [4] F. Fernández Amador, «Sensores Magnéticos e Inductivos,» Octubre 2005. [En línea]. Available: <https://www.uaeh.edu.mx/docencia/Tesis/icbi/licenciatura/documentos/Sensores%20magneticos.pdf>. [Último acceso: 15 Octubre 2025].

Teoría de la guía de práctica N°4

4.1 Diagrama de Espacio – Fase

En este diagrama se representa la secuencia de acción de las unidades de trabajo y el encadenamiento de las señales de mando [1].

En el eje horizontal se representan las fases (pasos) en que se subdivide el ciclo de trabajo. Estas fases representan el cambio de estado de un elemento de mando.

En el eje vertical, se representa el estado de los actuadores en valores binarios.

- 0 → Indica que el actuador está en reposo.
- 1 → Indica que el actuador está en funcionamiento.

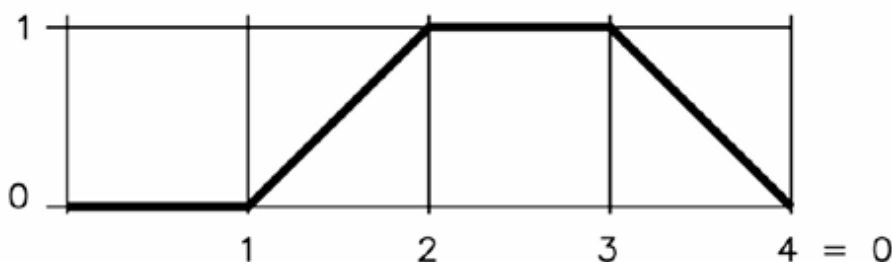


Fig. 4.1. Diagrama de Espacio – Fase [1].

Las líneas horizontales representan el estado de reposo de un actuador (fase 0-1 y fase 2-3).

Las líneas inclinadas representan el cambio de posición del actuador (fase 1-2 y fase 3-4).

4.2 Diagrama de Espacio – Tiempo

Es parecido al diagrama Espacio – Fase, pero en el eje horizontal indica los tiempos de las fases del actuador.

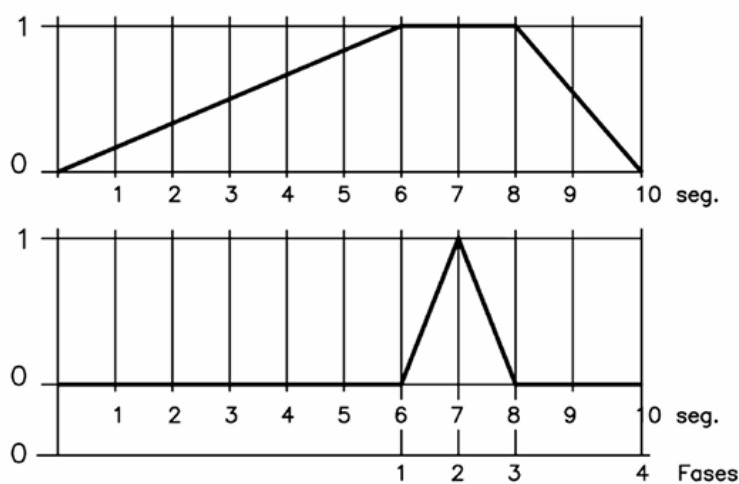


Fig. 4.2. Diagrama Espacio – Tiempo. [1]

4.3 Diagrama de comando

Se registran los estados de conmutación de los elementos de entrada de señales.

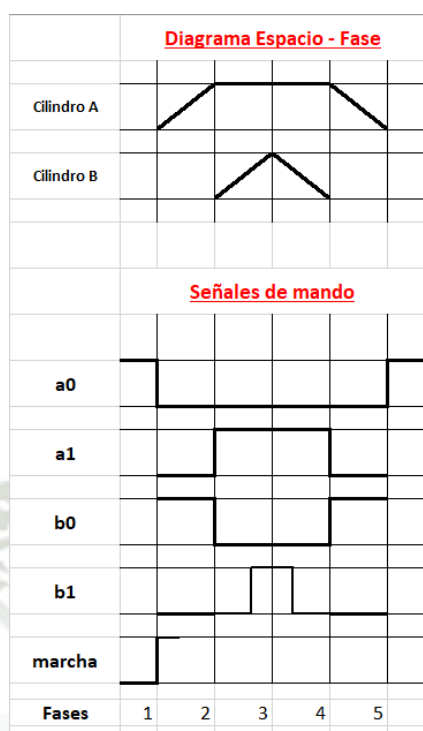


Fig. 4.3. Diagrama de señales de mando.

4.4 Cadena de mando

Es una indicación donde su estructura determina el flujo de señales del mando [3].

- En esquemas neumáticos, el flujo de señales se representa de abajo hacia arriba.
- En esquemas eléctricos, el flujo de señales se representa de arriba hacia abajo.

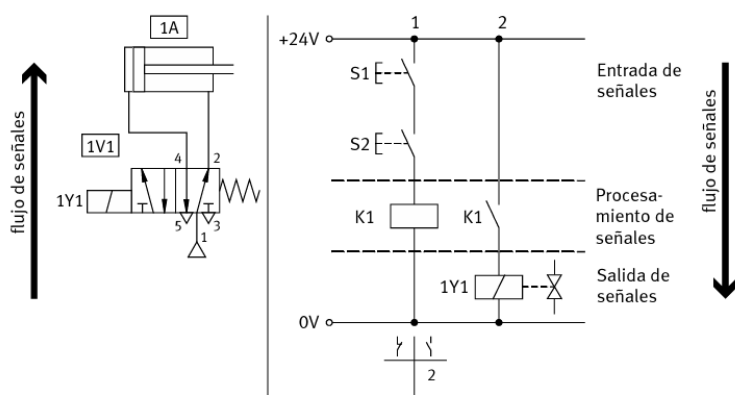


Fig. 4.4. Cadena de mando. [3]

4.5 Método intuitivo

Este método es uno de los más fáciles que se usa para diseñar circuitos de control. Se usa en circuitos que tengan una secuencia de movimiento sencillo. Como su nombre lo dice, el correcto funcionamiento del circuito es gracias a la intuición del diseñador, es decir a los conocimientos y experiencia que tenga del tema.

Las ventajas de este método son la simplificación y rapidez, mientras que una de sus desventajas es que este método no puede resolver circuitos con superposición de señales es por eso que la señal procedente del final de cada movimiento se aplica al siguiente movimiento [4].

A continuación, se explicará los pasos para desarrollar el método intuitivo.

- 1) **Paso 1.** Elaborar diagrama desplazamiento – fase para la secuencia dada, colocando finales de carrera y sus respectivas activaciones para el desplazamiento de los cilindros.

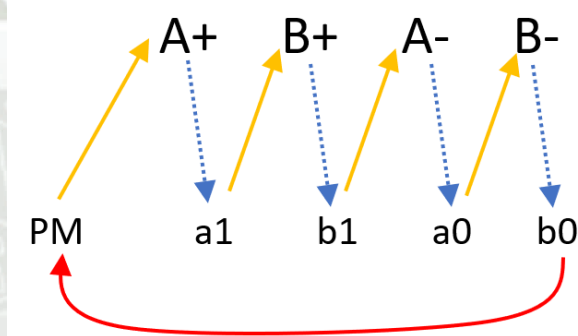


Fig. 4.5. Secuencia dada.

- Avance o retroceso de vástago →
- Activación final de carrera por avance o retroceso de vástago →

- 2) **Paso 2.** Diseñar circuito neumático con sus actuadores (cilindros) y sus respectivas válvulas, se puede colocar válvulas estranguladoras de caudal.

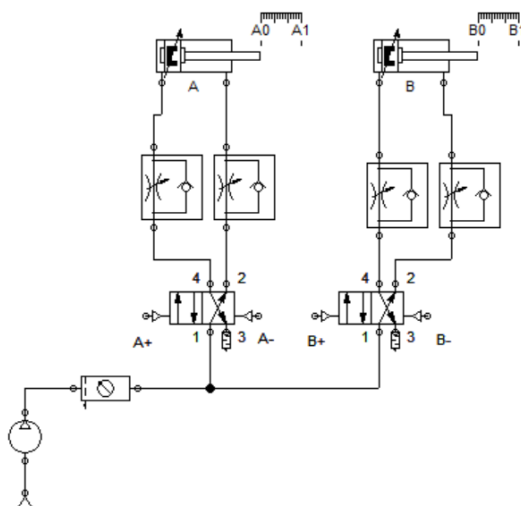


Fig. 4.6. Circuito neumático con actuadores y válvulas.

3) **Paso 3.** Iniciar diseño empezando por el último final de carrera y el pulsador manual.

a. “PM” y “b0” dan la orden para avance del vástago del cilindro “A”
(A+)

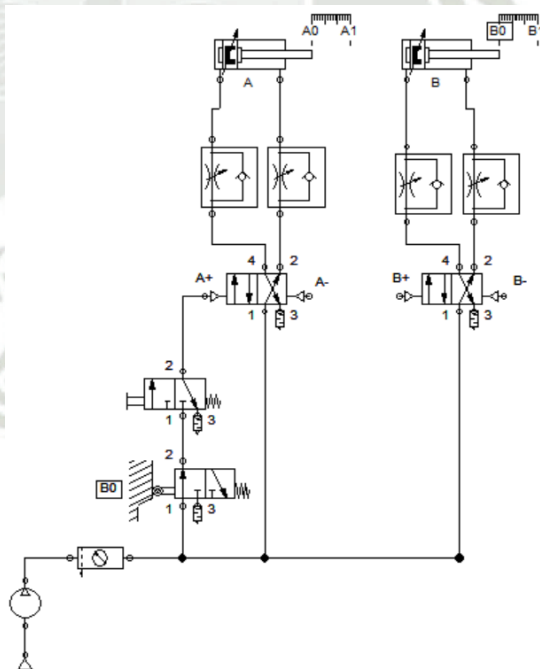


Fig. 4.7. Circuito neumático con método intuitivo. Paso 3(a).

Existe otra forma de colocar las válvulas 3/2 vías, usando una válvula de simultaneidad como se muestra a continuación.

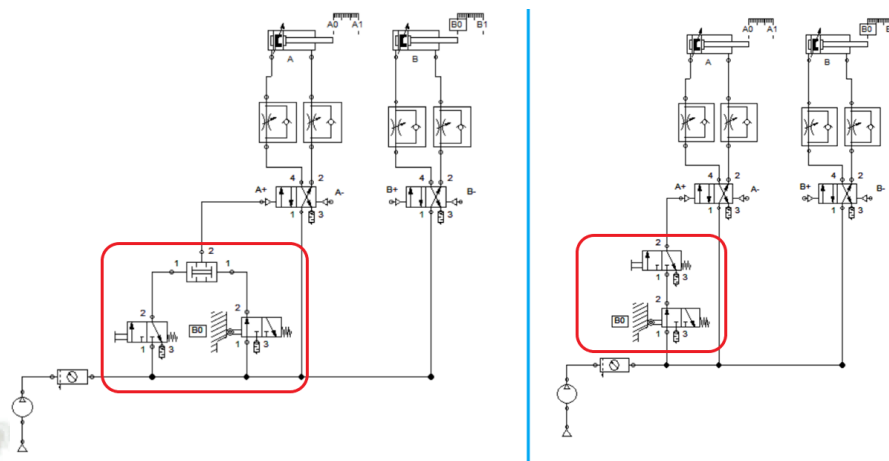


Fig. 4.8. Circuito neumático con método intuitivo con válvula de simultaneidad.

- b. Con el cilindro “A” extendido se activa el final de carrera “a1”, el cual da la orden para el avance del vástago del cilindro “B” (B+)

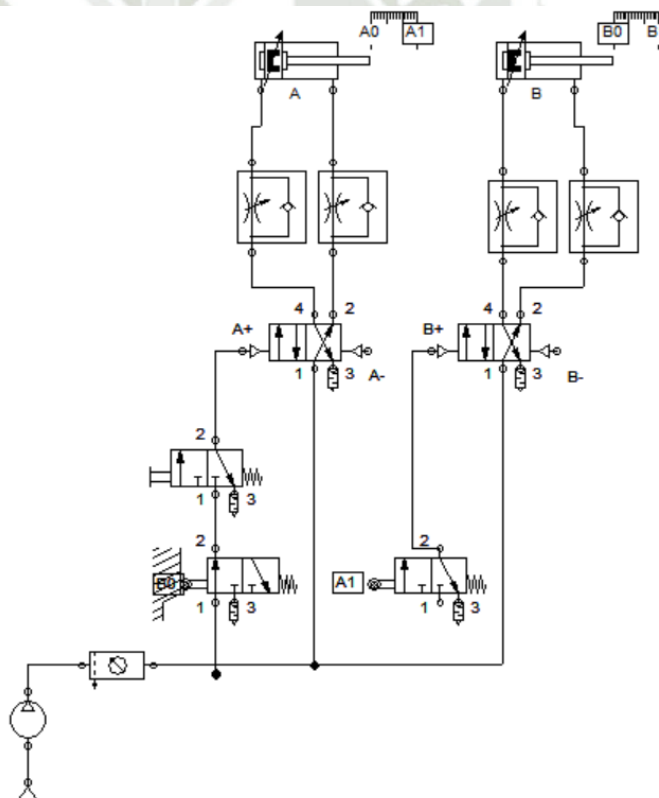


Fig. 4.9. Circuito neumático con método intuitivo. Paso 3(b).

- c. Con el cilindro “B” extendido se activa el final de carrera “b1”, el cual da la orden para el retroceso del vástago del cilindro “A” (A-).

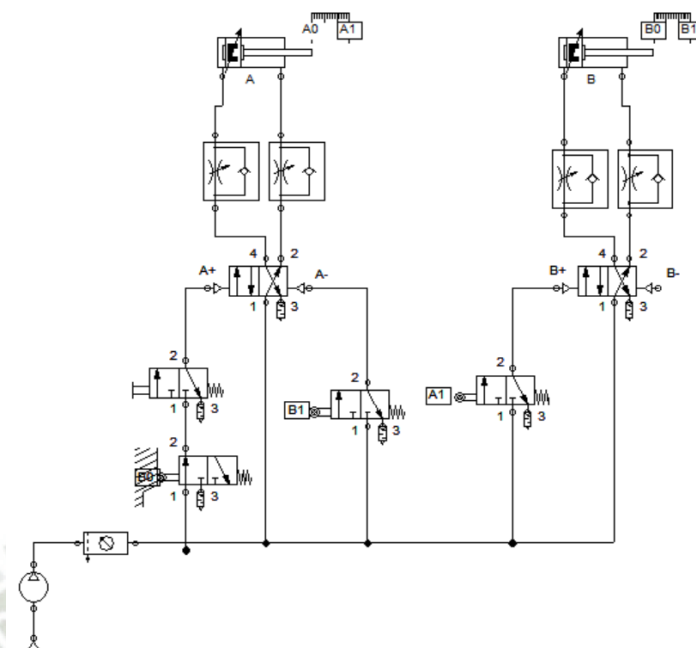


Fig. 4.10. Circuito neumático con método intuitivo. Paso 3(c).

- d.** Con el cilindro “A” retraído se activa el final de carrera “a0”, el cual da la orden para el retroceso del vástago del cilindro “B” (B-).

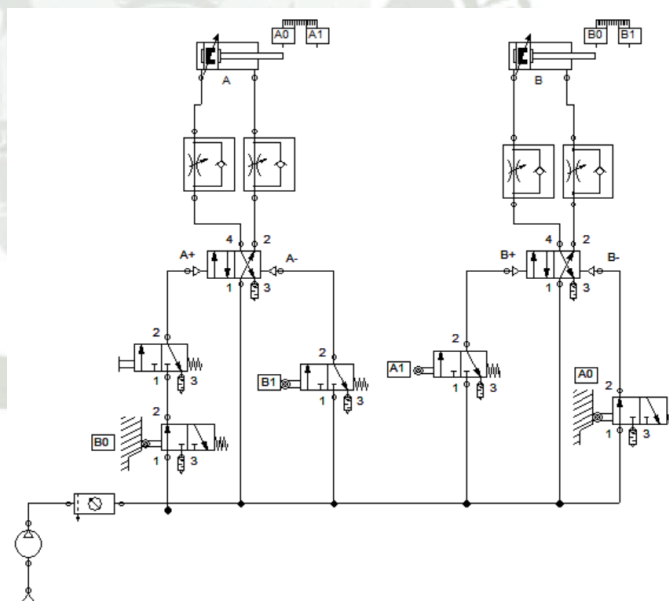


Fig. 4.11. Circuito neumático con método intuitivo. Paso 3(d).

4) Paso 4. Verificar funcionamiento del sistema neumático diseñado.

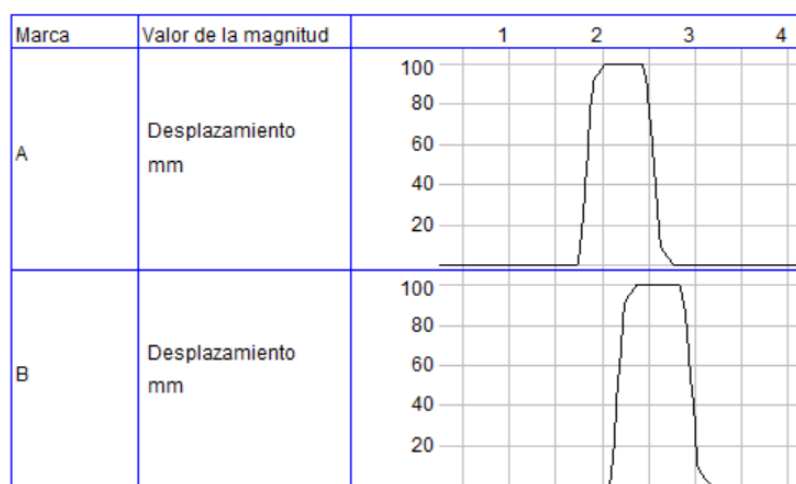


Fig. 4.12. Diagrama de estado

4.6 Método intuitivo para simultaneidad de señales

Se tiene la siguiente secuencia:

A+, B+, B-, A-

Luego elaboramos el diagrama de desplazamiento.

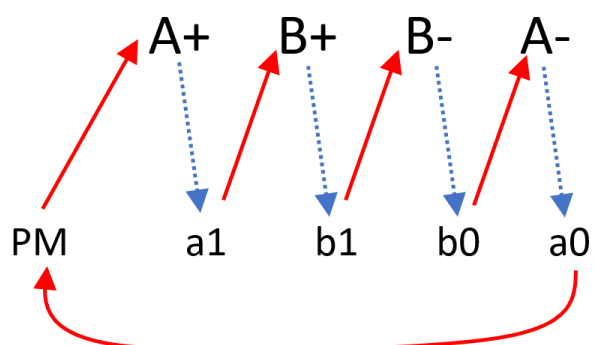


Fig. 4.13. Diagrama de desplazamiento.

Seguimos los pasos señalados anteriormente para diseñar un circuito con método intuitivo, obteniendo lo siguiente:

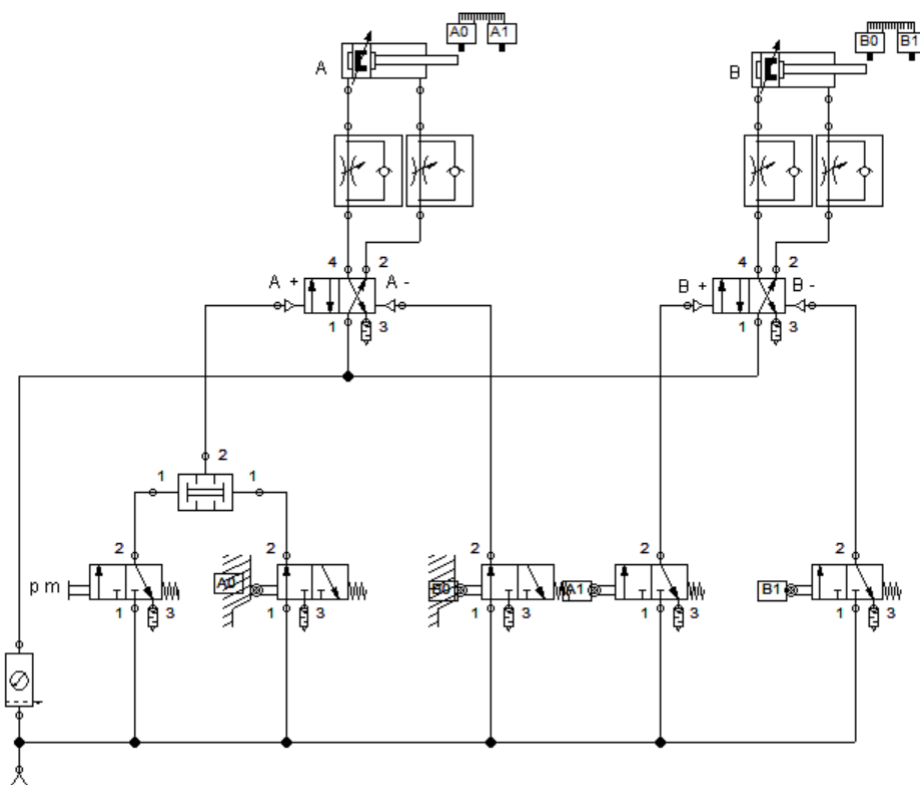


Fig. 4.14. Circuito neumático con método intuitivo para simultaneidad de señales.

Al momento de presionar el pulsador “PM” para iniciar la simulación del circuito, este no iniciara debido a que el final de carrera de “B0” está activado, además la válvula que activa el cilindro “A” está recibiendo dos señales a la misma vez para activarse y está solo hace caso a la primera señal recibida.

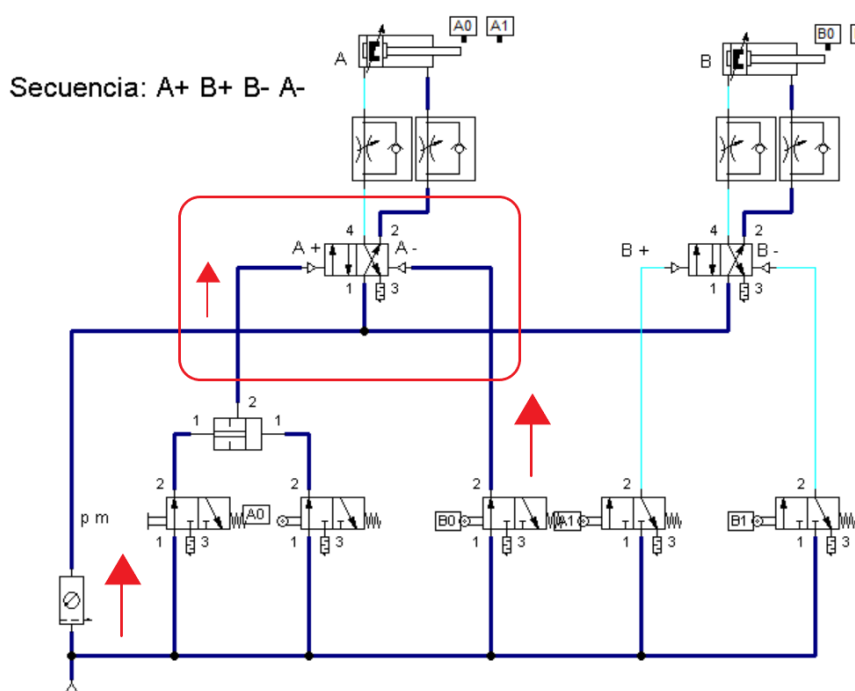


Fig. 4.15. Simulación de circuito neumático con método intuitivo para simultaneidad de señales

Para solucionar este problema, donde la válvula recibe dos señales en simultaneo se necesita cambiar el final de carrera por uno con rodillo abatible.

4.7 Referencias bibliográficas

- [1] M. Moreno, Automatización Electroneumática Industrial, Buenos Aires: MiCRO.
- [2] «Diagrama Espacio-Fase Y Diagrama Espacio-Tiempo,» [En línea]. Available: <https://pdfcoffee.com/32diagrama-espacio-fase-y-espacio-tiempo-2-pdf-free.html>. [Último acceso: 16 Octubre 2025].
- [3] P. Croser, J. Thomson y F. Ebel, Fundamentos de Electroneumática, Festo Didactic, 2000.
- [4] A. Creus Solé, Neumática e Hidráulica, Marcombo, 2007.

A-5 Teoría de la guía de práctica N°5

5.1 Método cascada

Este método permite diseñar circuitos neumáticos de forma metódica y eliminando las condiciones de bloqueo que tiene el método intuitivo.

Según [1] en este método se usan dos conjuntos de válvulas direccionales, uno trabajando sobre los actuadores, formado por tantas válvulas como cilindros y el otro sobre un banco de memoria formado por un grupo de válvulas cascada que suministran aire a presión a las líneas de los grupos que pueden estar con presión (ON) o sin ella (OFF).

Las reglas que se siguen para el método cascada son:

1. Identificar los elementos de trabajo usando las letras mayúsculas.
2. Identificar los movimientos de los elementos de trabajo.
 - En el caso de los cilindros, el vástago extendido se identifica con el signo más y el vástago retraído con el signo menos.
 - En el caso de los motores, si gira en sentido horario se identifica con el signo más y si su eje gira en sentido anti horario se identifica con el signo menos.

3. Realizar la relación fase secuencia a partir del diagrama espacio - fase.
A continuación, se explicará los pasos para desarrollar el método cascada.

Paso 1. Definir los grupos, ya que este método se define como grupo al conjunto de movimientos que hace una secuencia sin repetir elemento.

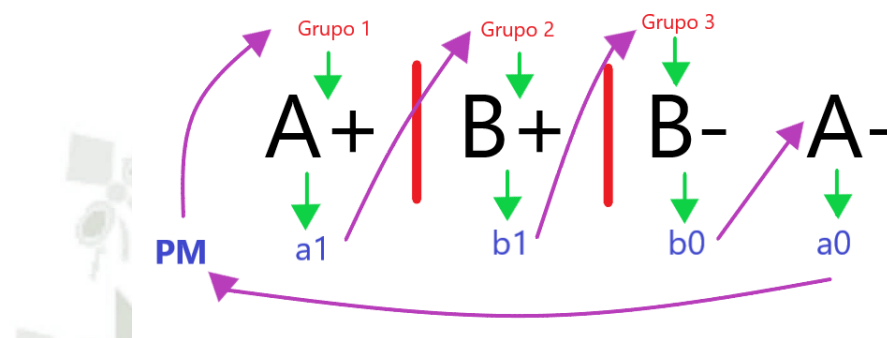


Fig. 5.1. Secuencia dada.

Paso 2. Se utiliza memorias como auxiliares para generar cada grupo en el control neumático. El número de válvulas se determina mediante:

$$n = g - 1$$

Donde “n” es el número de válvulas y “g” es el número de grupos. En este caso usaremos 2 válvulas.

Paso 3. Diseñar circuito neumático con sus actuadores (cilindros) y sus respectivas válvulas. Además, se agregan los grupos, recordando que el último grupo debe tener el aire comprimido.

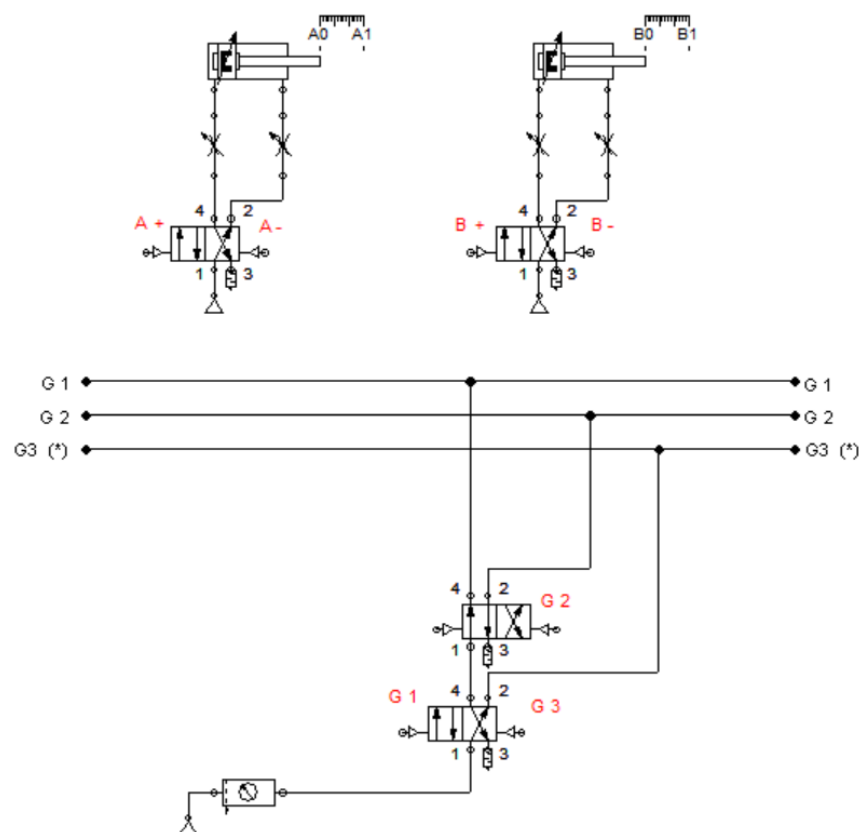


Fig. 5.16. Circuito neumático con método cascada de tres grupos.

Paso 4. Ahora necesitamos agregar las condiciones y acciones de cada fase dependiendo del grupo en el cual se localiza.

- a. “PM” y “a0” dan la orden para cambiar la presión del aire del grupo 3 al grupo 1. Cuando el grupo 1 tiene presión de aire, se da el avance el vástago del cilindro “A” (A+).

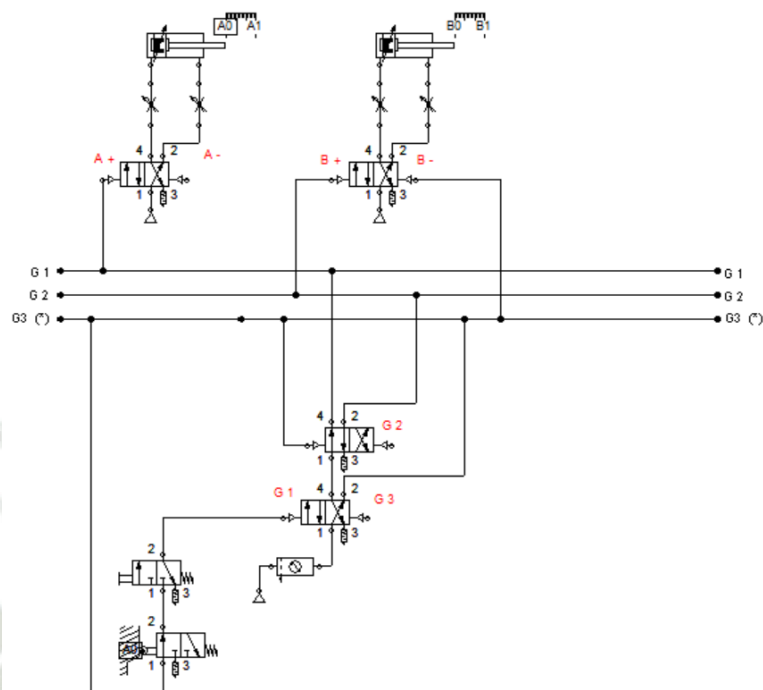


Fig. 5.3. Circuito neumático con método intuitivo. Paso 4(a).

- b. Cuando el vástago del cilindro “A” está extendido, se hace el cambio de la presión de aire del grupo 1 al grupo 2 mediante la válvula de memoria. Una vez que la presión de aire este en el grupo 2, se extenderá el vástago del B (B+).

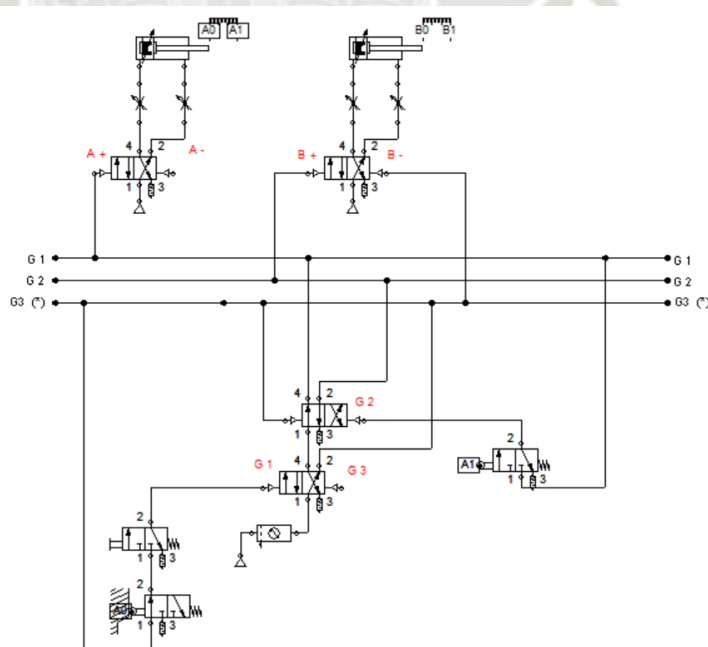


Fig. 5.4. Circuito neumático con método intuitivo. Paso 4(b).

- c. Cambiamos de nuevo de grupo. Pasamos la presión de aire del grupo 2 al grupo 3 para luego activar el regreso del vástago del cilindro “B”.

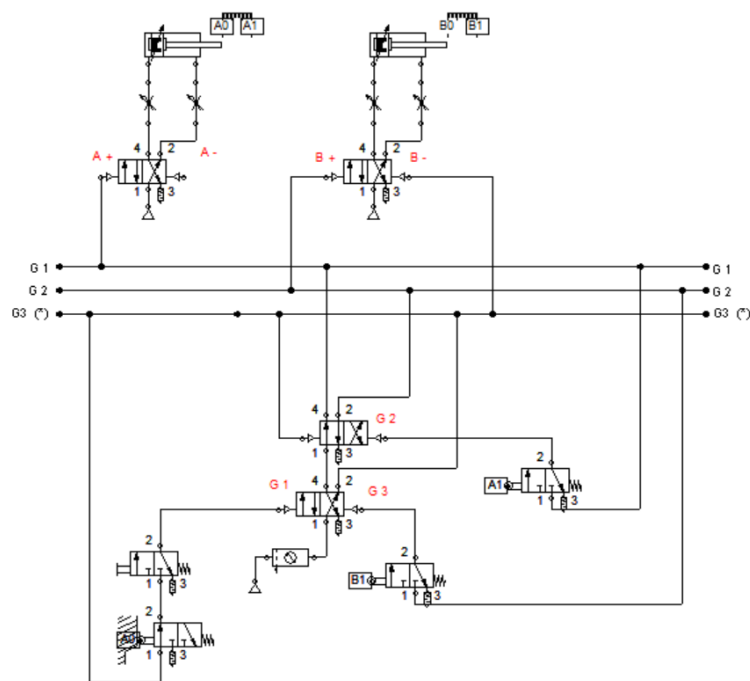


Fig. 5.5. Circuito neumático con método intuitivo. Paso 4(c).

- d. Finalmente, con la presión de aire en el grupo 3 y luego que el vástago del cilindro “B” haya retrocedido, se inicia el regreso del cilindro “A”, mediante la válvula de rodillo “b0” alimentada por el Grupo II.

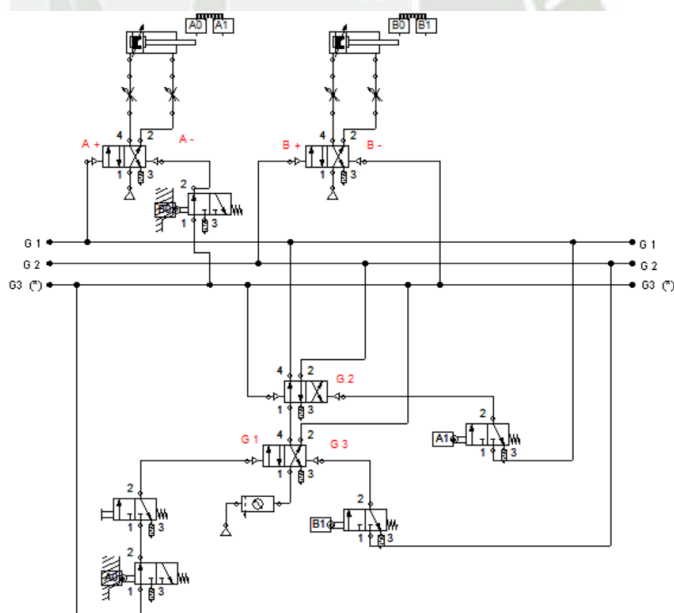


Fig. 5.6. Circuito neumático con método intuitivo. Paso 4(d).

Paso 4. Verificar funcionamiento del sistema neumático diseñado.

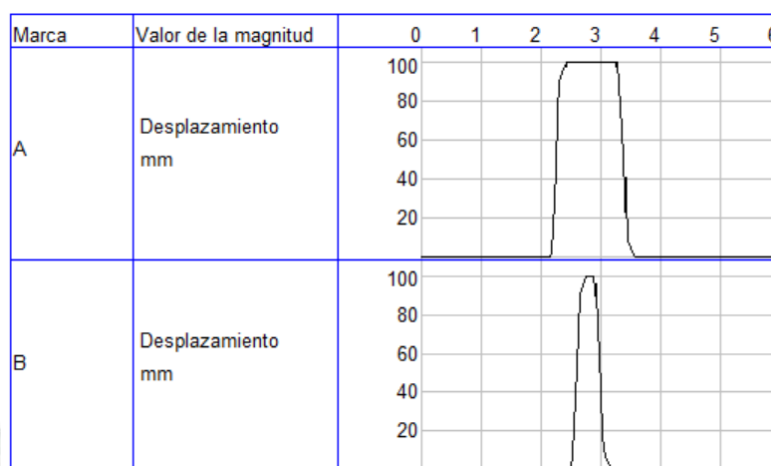


Fig. 5.7. Diagrama de estados del cilindro A y B.

5.2 Referencias bibliográficas

- [1] A. Creus Solé, Neumática e Hidráulica, Marcombo, 2007.

A-6 Teoría de la guía de práctica N°6

6.1 Circuitos electroneumáticos

Un circuito eléctrico y un circuito neumático forman un circuito electroneumático. Estos circuitos tienen un mando de pilotaje eléctrico en las electroválvulas.

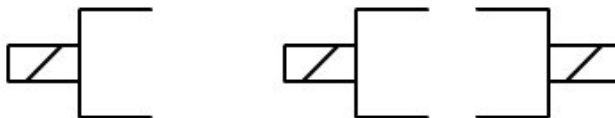


Fig. 6.17. Simbología de mando electromagnético

Su esquema se representa según las normas ISO.

6.2 Funcionamiento de una electroválvula biestable con PLC

Paso 1: Primero realizamos la conexión de aire en la electroválvula y el cilindro de doble efecto.

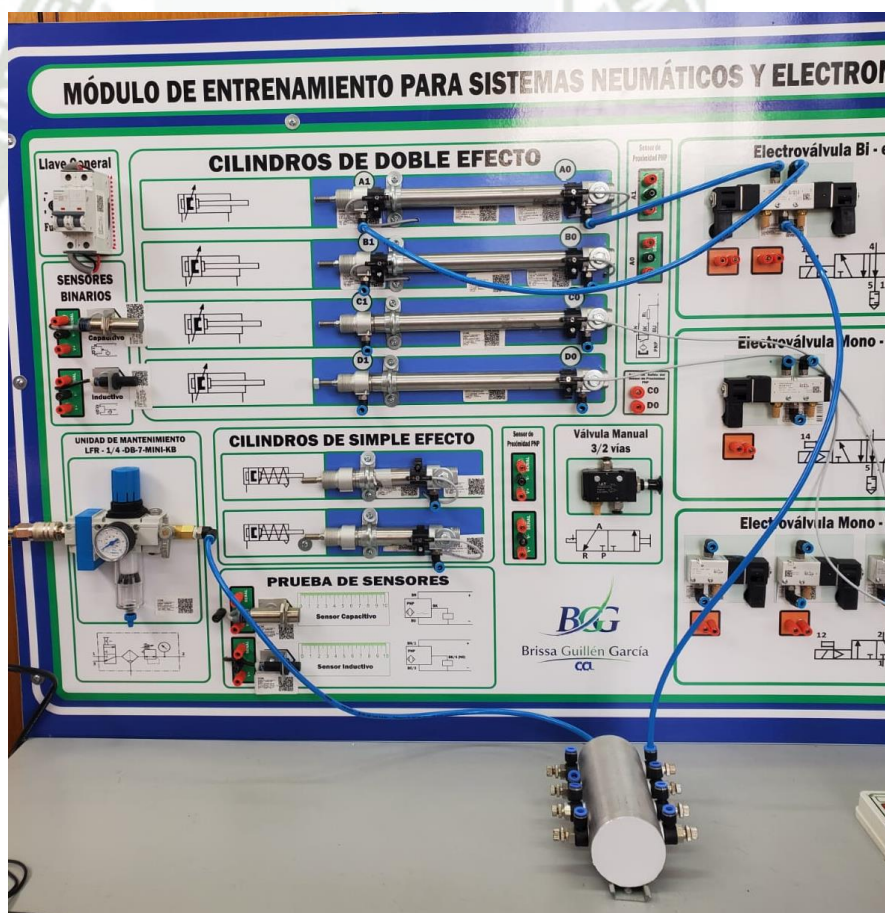


Fig. 6.18. Conexión de aire entre una electroválvula 5/2 y un cilindro de doble efecto.

Paso 2: Realizamos las conexiones eléctricas de las electroválvulas. Así mismo, designamos las salidas que el PLC usará para activarlas.

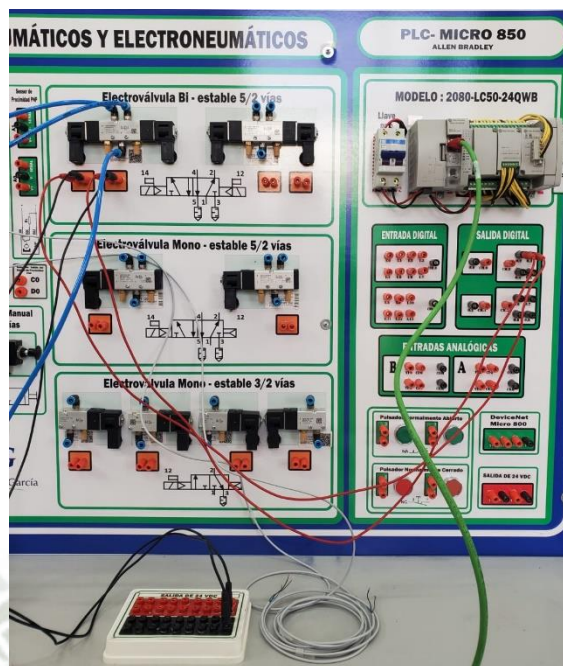


Fig. 6.3. Conexión eléctrica entre la electroválvula 5/2 y el PLC.

Paso 3: Realizamos las conexiones eléctricas de los sensores de proximidad. Un sensor detecta cuando el cilindro está en su posición inicial (A0) y el otro sensor detecta cuando el vástago está extendido (A1).

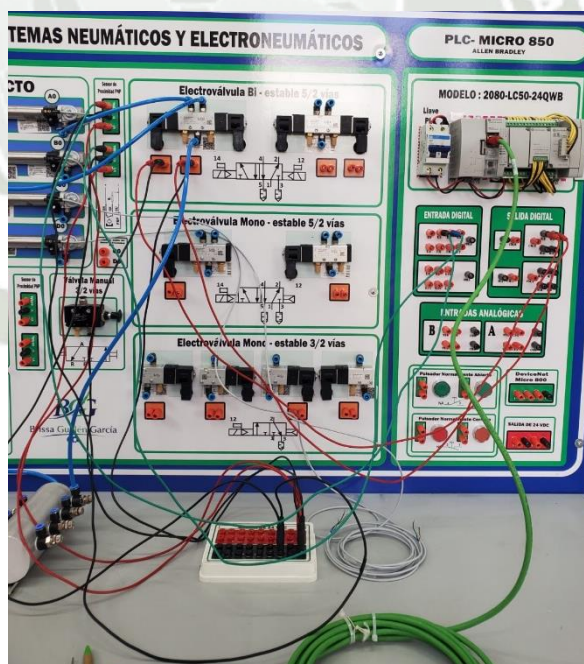


Fig. 6.4. Conexión eléctrica entre los sensores de proximidad y el PLC.

Paso 4: Conectamos el terminal COM.0 del PLC con -24VDC y el terminal CM.2 con +24VDC.

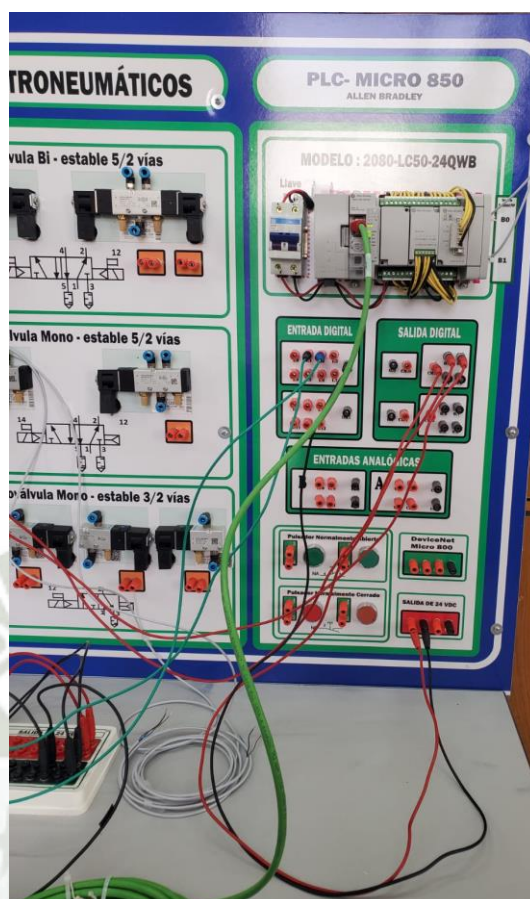


Fig. 6.5. Conexiones eléctricas del PLC

Paso 5: Abrimos el software CCW, creamos un programa Ladder.

Paso 6: Asignamos la dirección de las entradas. En este caso A0 es la dirección `_IO_EM_DI_01` y A1 es la dirección `_IO_EM_DI_02`.

Micro850-VAR x Micro850 Página de inicio						
Alcance: Micro850		Filtro...				
Nombre	Alias	Tipo de datos	Dimensión	Valor de proyecto	Valor inicial	Comentario
<code>_IO_EM_DI_00</code>		BOOL				
<code>_IO_EM_DI_01</code>	A1	BOOL				
<code>_IO_EM_DI_02</code>	A0	BOOL				
<code>_IO_EM_DI_03</code>		BOOL				
<code>_IO_EM_DI_04</code>		BOOL				

Fig. 6.6. Asignación de entradas

Paso 7: Asignamos la dirección de las salidas. Para 1Y1 la dirección es `_IO_EM_DO_02` y para 1Y2 es `_IO_EM_DO_03`.

Micro850-VAR + X Micro850 Página de inicio						
Alcance: Micro850		Filtro...				
Nombre	Alias	Tipo de datos	Dimensión	Valor de proyecto	Valor inicial	Comentario
_IO_EM_DO_00		BOOL				
_IO_EM_DO_01		BOOL				
_IO_EM_DO_02	1Y1	BOOL				
_IO_EM_DO_03	1Y2	BOOL				
_IO_EM_DO_04		BOOL				

Fig. 6.7. Asignación de salidas

Paso 8: Diseñamos un programa básico, para que cuando el sensor A0 esté activado, mande una señal a la bobina 1Y1 para activarse y que el vástago se extienda. Una vez extendido por completo el vástago, el sensor A1 se activará y deberá mandar una señal para activar la bobina 1Y2 y que el cilindro retorne a su posición inicial.



Fig. 6.8. Diagrama Ladder para el funcionamiento de un cilindro doble efecto.

Paso 9: Subimos el programa al PLC y observamos su funcionamiento.

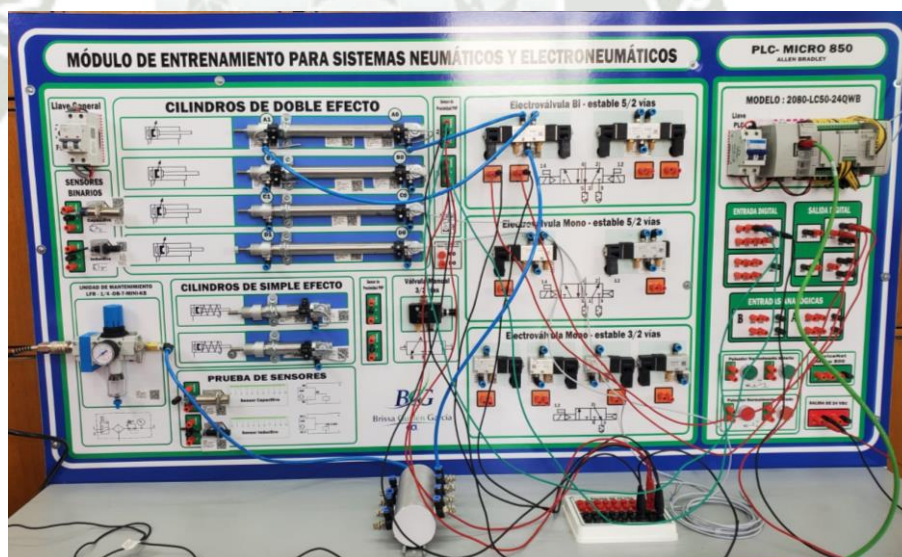


Fig. 6.9. Funcionamiento de un cilindro doble efecto, una electroválvula y el PLC.

6.3 Método de cascada electroneumática

Es utilizado para diseñar circuitos electroneumáticos y resolver secuencias de automatización dividiendo la secuencia de movimientos en grupos. Dentro de cada grupo, no se repite ningún cilindro (ninguna letra), y se utilizan relés o contactores para controlar cada grupo, lo que simplifica el cableado y reduce el número de componentes.

Por ejemplo, para la secuencia A+, B+, A-, B-, los grupos serían:

- Grupo 1: A+, B+
- Grupo 2: A-, B-

Además, este método nos garantiza que solo un grupo a la vez sea alimentado.

Al finalizar el último movimiento de un grupo, se activa el relé del siguiente grupo, y este, a su vez, desconecta la alimentación del grupo anterior.

Para implementar este tipo de método se necesita un circuito eléctrico y un circuito de potencia neumático.

- **Circuito de potencia neumático:** se utilizan cilindros de doble efecto y electroválvulas 5/2 biestables.
- **Circuito de control eléctrico:** se divide en secciones dependiendo del número de grupos.
 - a. Líneas de alimentación: una para cada grupo y se controla mediante un relé de grupo ($K_1, K_2, etc.$). El número de relés es: $K = n - 1$, donde “n” es el número de grupos.
 - b. Circuitos de activación de movimientos: se conectan los solenoides de las electroválvulas que realizan los movimientos de ese grupo.
 - c. Circuitos de cambio de grupo: La activación del relé de un nuevo grupo se realiza mediante el final de carrera del último movimiento del grupo actual.

Pasos para aplicar el método cascada en la electroneumática

1. Analizar la secuencia dada:

A+ B+ B- A-

Fig. 6.10. Secuencia dada

2. Dividir en grupos, teniendo en cuenta que no se repita la misma letra.

Grupo I Grupo II
 A+ B+ | B- A-

Fig. 6.11. División de la secuencia en grupos

3. Ahora se identificará los cambios de grupo y determinar qué final de carrera realiza el último movimiento de cada grupo.

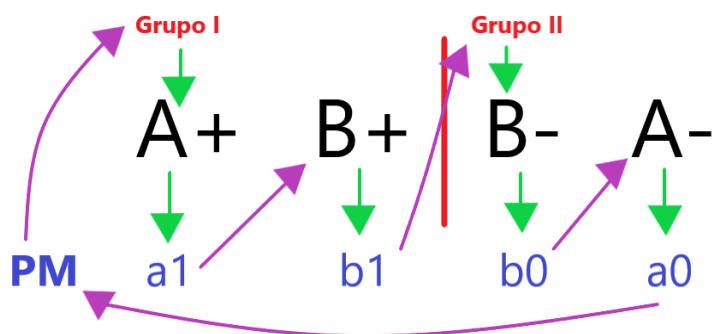


Fig. 6.12. Diagrama de secuencia

4. Se diseña el circuito de potencia neumático, usando válvulas y actuadores.

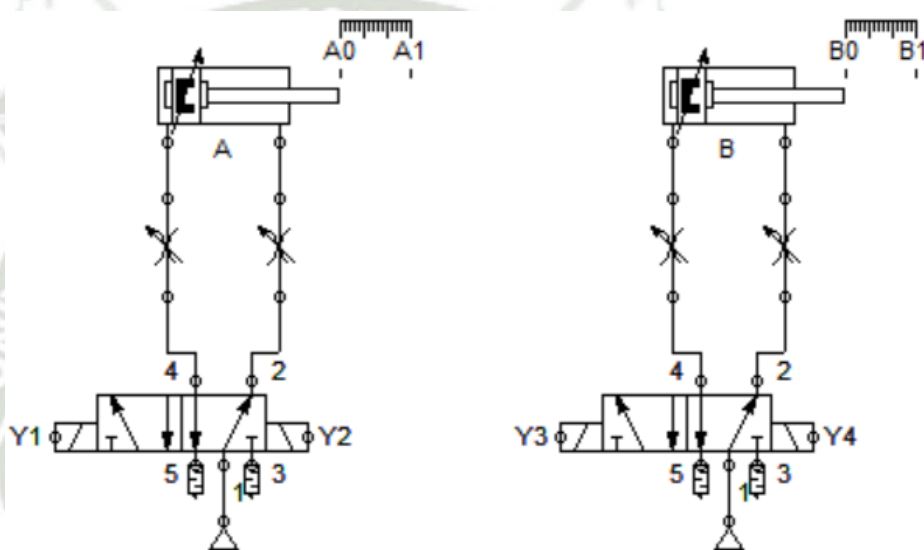


Fig. 6.13. Circuito de potencia neumático

5. Después se diseña el circuito de alimentación, conectando los relés para la conmutación y el auto enclavamiento de las líneas de grupo.

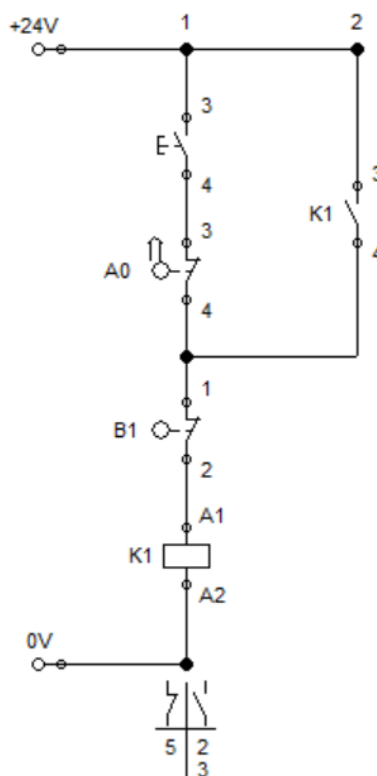


Fig. 6.14. Circuito de alimentación

6. Luego se diseña el circuito de movimiento, conectando los solenoides, usando los finales de carrera como condiciones de activación secuencial.

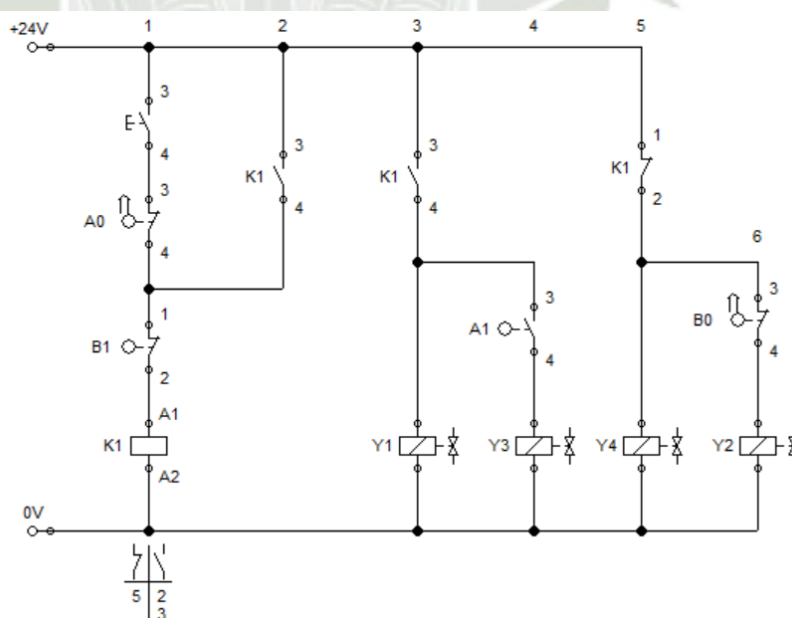


Fig. 6.15. Circuito de movimiento y alimentación

7. Finalmente se comprueba el funcionamiento del circuito.

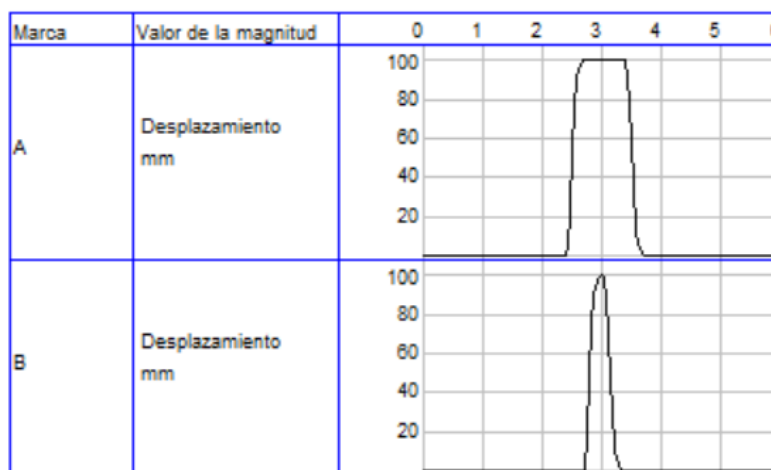


Fig. 6.16. Diagrama de estados

Una vez comprobada la simulación, realizamos la programación Ladder para subirlo al PLC y demostrar el funcionamiento de la secuencia dada.

- Primero convertimos el circuito de alimentación en lenguaje Ladder.



Fig. 6.17. Circuito de alimentación en lenguaje Ladder.

- Luego añadimos el circuito de movimiento.



Fig. 6.18. Circuito de alimentación y movimiento en lenguaje Ladder.

- Se puede agregar una línea con un pulsador normalmente abierto para que la secuencia sea continua y un pulsador normalmente cerrado para detener la secuencia.

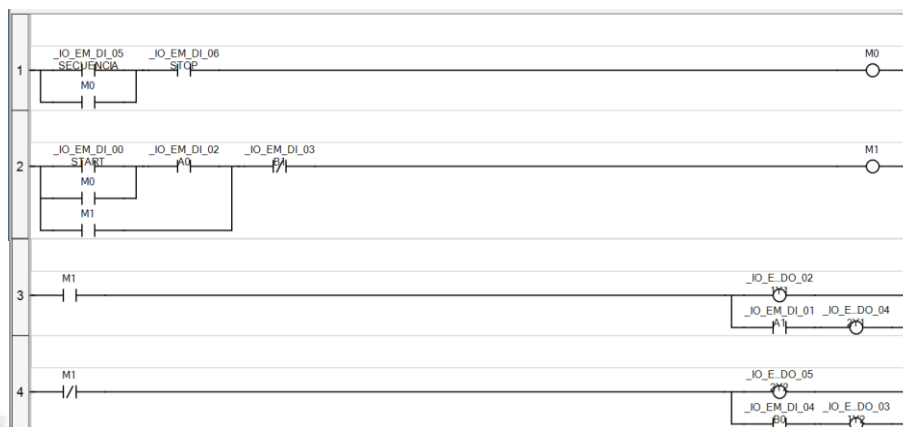


Fig. 6.199. Diagrama Ladder de la secuencia dada.

- Finalmente, realizamos las conexiones físicas entre los sensores y las entradas del PLC, y las válvulas con las salidas del PLC.

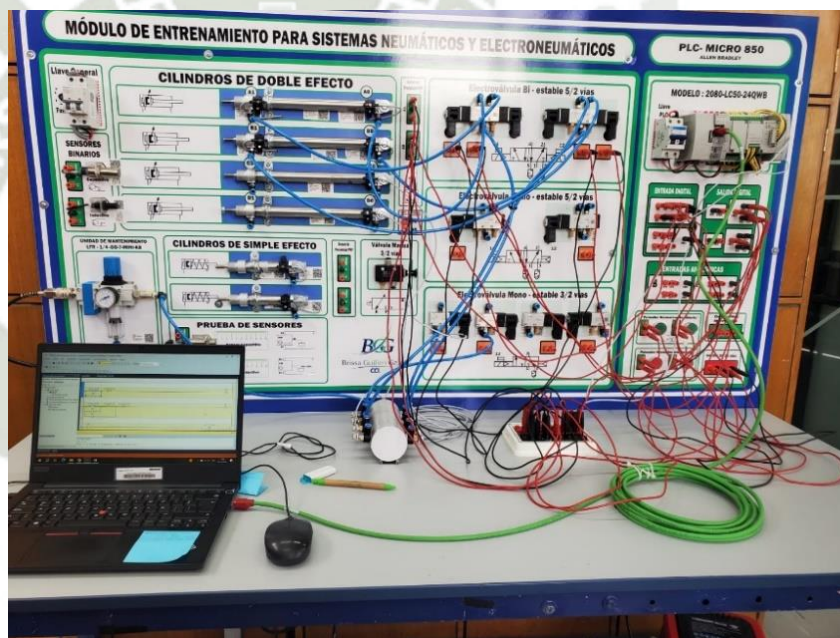


Fig. 6.20. Conexiones físicas en el módulo de entrenamiento de la secuencia dada.

6.4 Referencias bibliográficas

A-7 Teoría de la guía de práctica N°7

7.1 Método de paso a paso con electroneumática

Se utiliza en la electroneumática para circuitos que tengan más de dos actuadores o cuando en una secuencia de movimiento se repite la acción de un cilindro en pasos no consecutivos.

Este método es parecido al método cascada, pero la diferencia es que, en lugar de dividir la secuencia en grupos, la divide en fases utilizando un relé para memorizar la activación de cada fase.

A continuación, se presenta un cuadro comparativo entre el método cascada y el método paso a paso.

TABLA VII.I

COMPARACIÓN DE MÉTODO PASO A PASO Y MÉTODO CASCADA

Características	Método Paso a Paso	Método Cascada
Unidad de diseño	Por fases	Por grupos
Relés de memoria	Un relé para cada movimiento (fase)	Relés de grupo $K = n - 1$
Lógica de conmutación	Un relé se activa y desconecta inmediatamente al anterior con un contacto NC del relé siguiente.	Un relé de grupo se activa y permanece activo hasta que se activa el relé del siguiente grupo.
Objetivo	Memoria temporal de la fase actual, similar al GRAFCET.	Conmutación de la línea de alimentación para evitar señales contradictorias.

Para la implementación de un circuito electroneumático con método paso a paso se necesita:

- Circuito de potencia neumático:** compuesto por electroválvulas biestable o monoestable, cilindros de doble efecto y finales de carrera.
- Circuito de control eléctrico:** se basa en la activación y desactivación secuencial de los relés de fase.

1. Definición de fases: se enumera la secuencia, asignando una fase a cada movimiento.
2. Circuito secuencial de relés: cada relé de fase tiene un circuito con tres componentes; el pulsador (SET), un contacto NA y un contacto NC (RESET).
3. Control de las electroválvulas: la activación de los solenoides de las electroválvulas se realiza mediante un contacto NA del relé de la fase correspondiente.

Para realizar una instalación electroneumática con una secuencia determinada con el método paso a paso, se necesita cumplir con los siguientes pasos:

Paso 1: Definimos la secuencia completa.

A+ B+ B- C+ C- A-

Fig. 7.25. Secuencia requerida

Paso 2: Dividimos en grupos la secuencia dada

Grupo I Grupo II Grupo III

A+ B+ | B- C+ | C- A-

Fig. 7.2. División de la secuencia en grupos.

Paso 3: Trazamos la secuencia para observar la transición de grupos y la transición de acciones dentro del grupo.

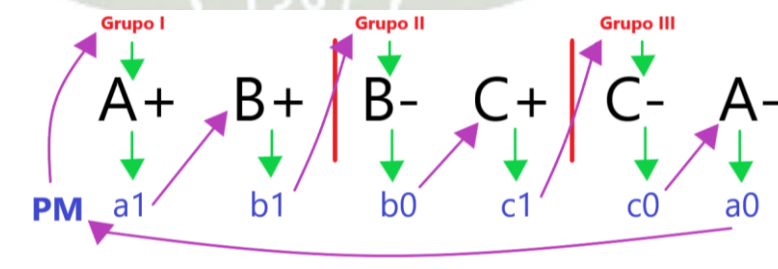


Fig. 7.3. Diagrama de secuencia.

Paso 4: Configuramos el circuito de potencia electroneumático.

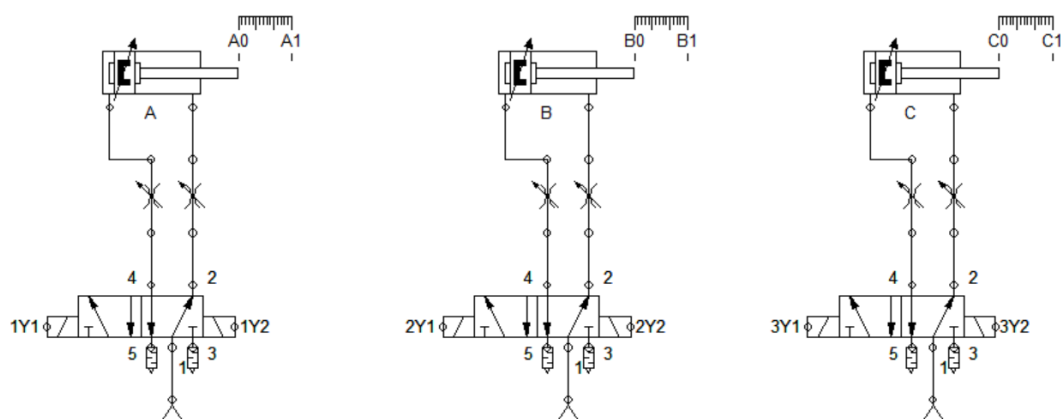


Fig. 7.26. Circuito de potencia electroneumático.

Paso 5: Diseñamos el circuito de memoria y fuerza, agregando una rama de energizado en paralelo al último enclavamiento para activar un grupo.

Empezamos por la memoria K1 realizando los siguientes pasos:

- 1) Se coloca primero los relevos en el grupo 1.

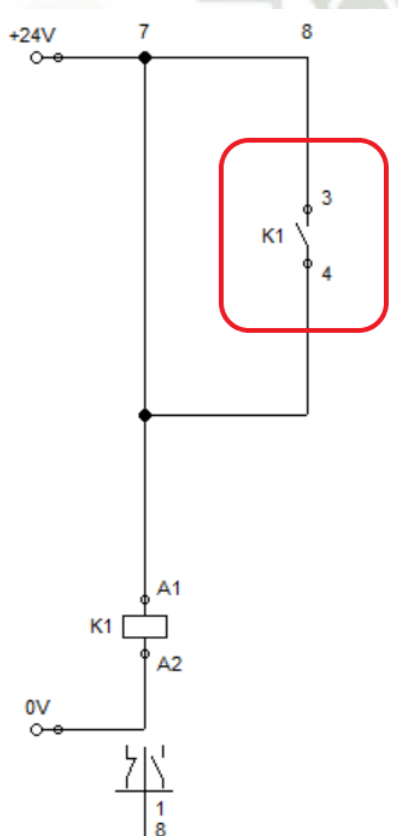


Fig. 7.27. Relevos del grupo 1

- 2) La memoria actual activa al grupo siguiente.

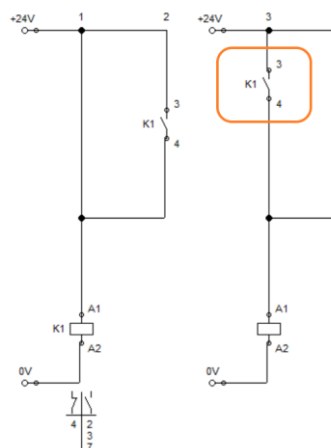


Fig. 7.28. Memoria actual activando al siguiente grupo.

3) La memoria actual desactiva al grupo anterior

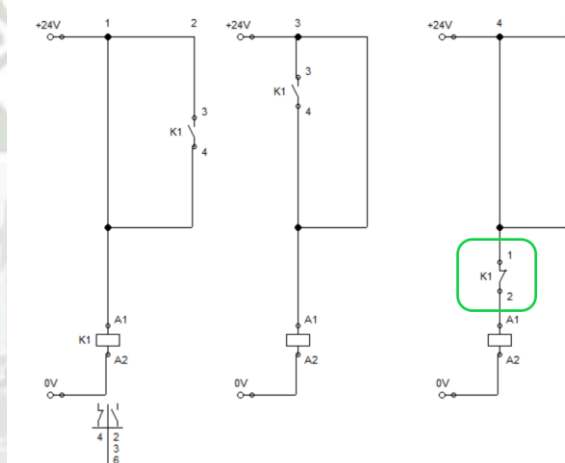


Fig. 7.29. La memoria K1 desactiva al grupo anterior.

4) La memoria actual activa al solenoide correspondiente.

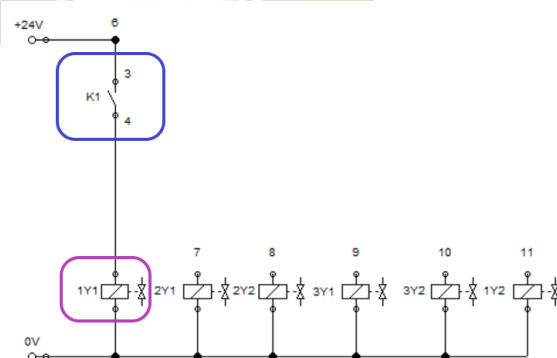


Fig. 7.30. La memoria K1 activa al solenoide correspondiente.

Realizamos los mismos pasos para la memoria K2.

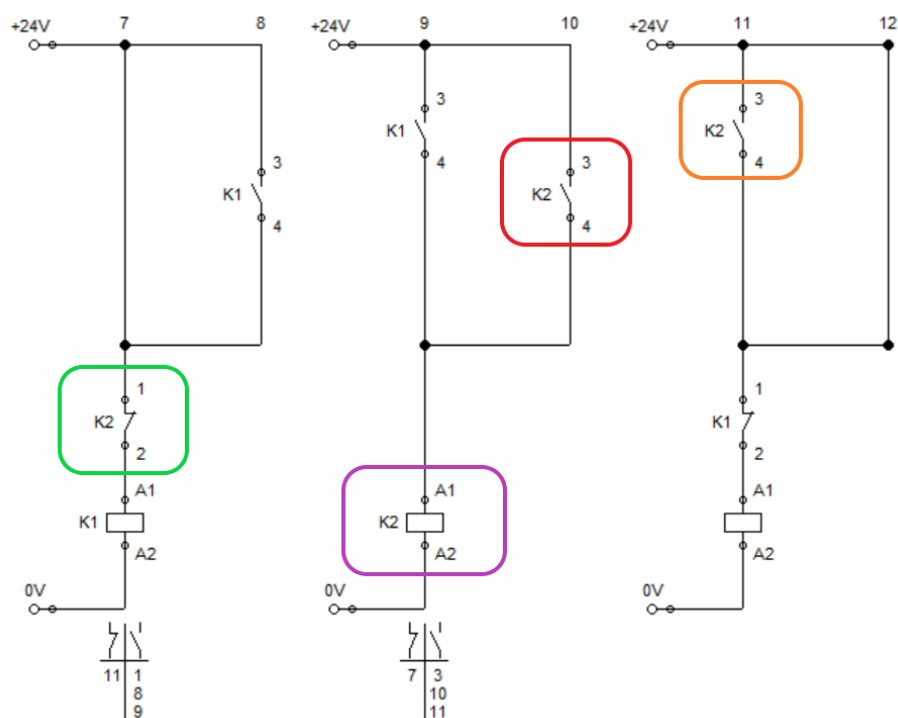


Fig. 7.31. Pasos de la memoria K2 para el circuito de mando.

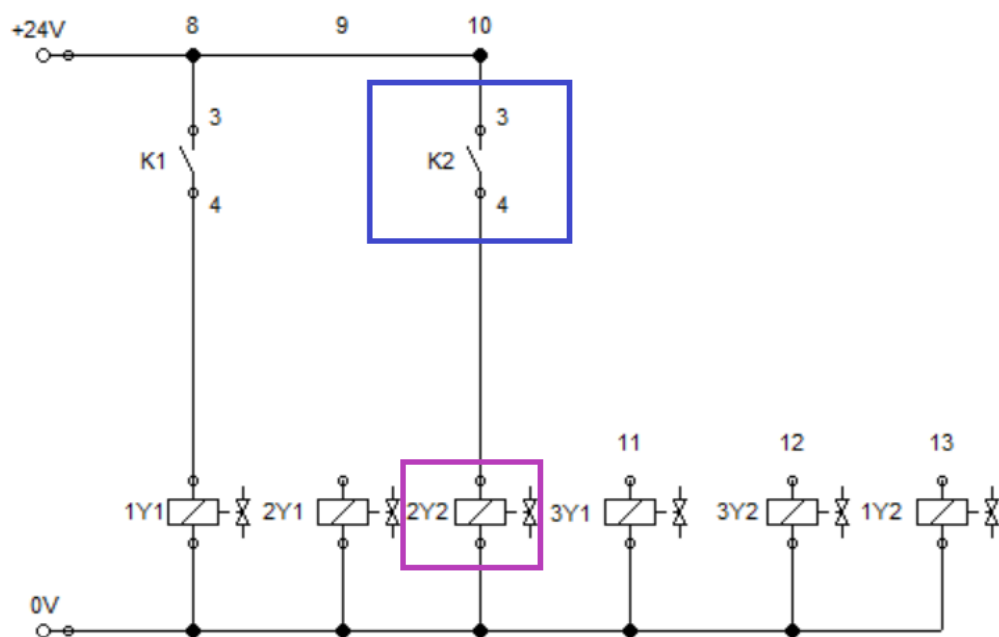


Fig. 7.32. Pasos de la memoria K2 para el circuito de fuerza.

Ahora para la memoria K3.

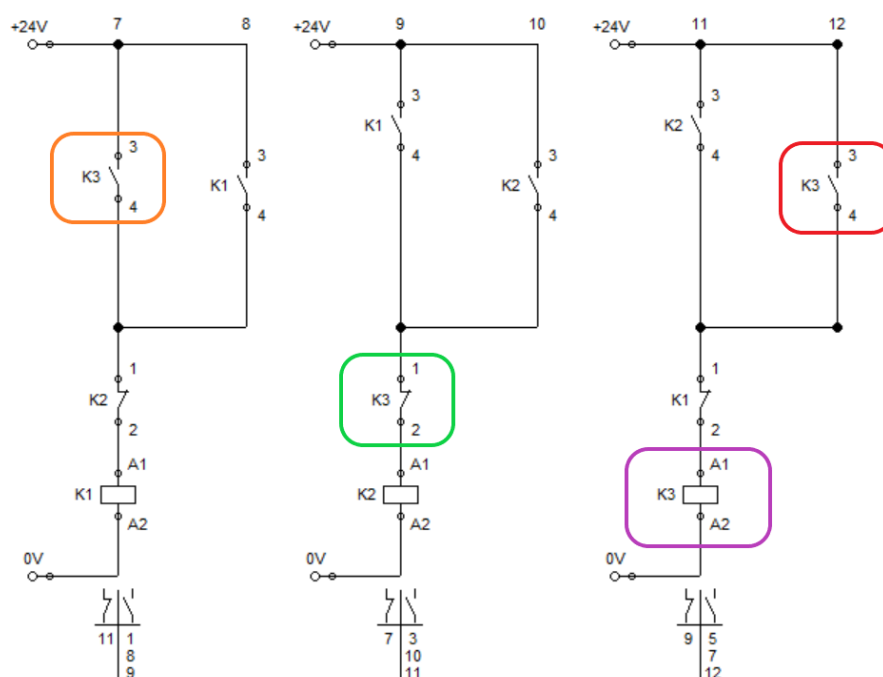


Fig. 7.33. Pasos de la memoria K3 para el circuito de mando.

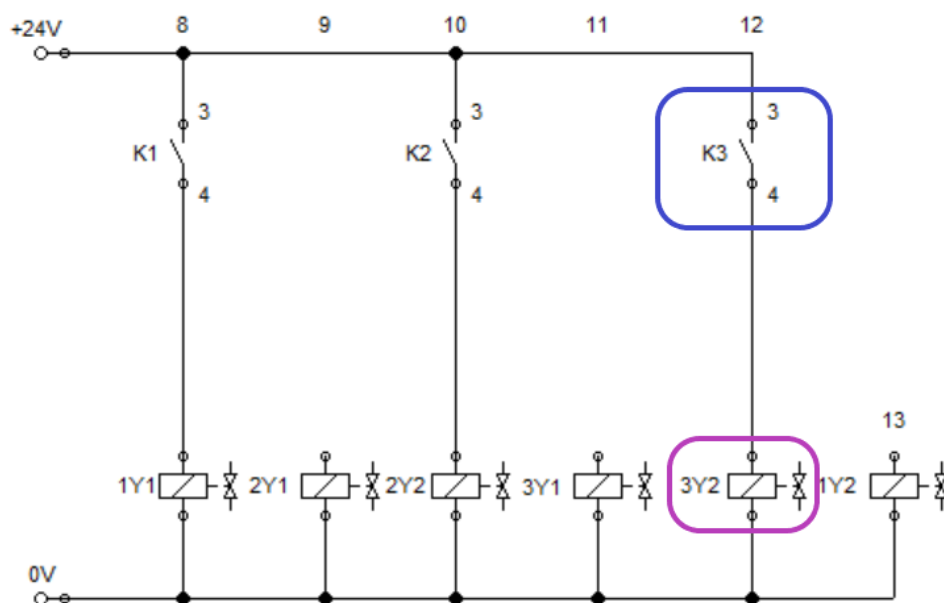


Fig. 7.34. Pasos de la memoria K3 para el circuito de fuerza.

Paso 6: Colocamos el “PM” que dará inicio al circuito y las marcas de los cilindros para cumplir con la secuencia dada.

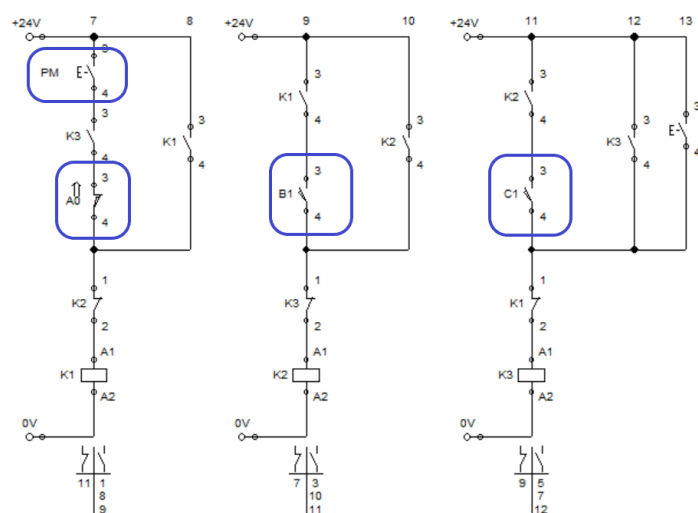


Fig. 7.35. Activadores del circuito de mando.

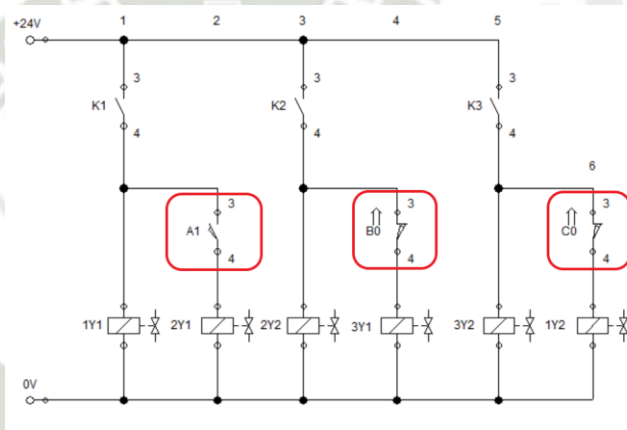


Fig. 7.36. Activadores del circuito de fuerza.

Finalmente, el circuito de memoria quedaría así:

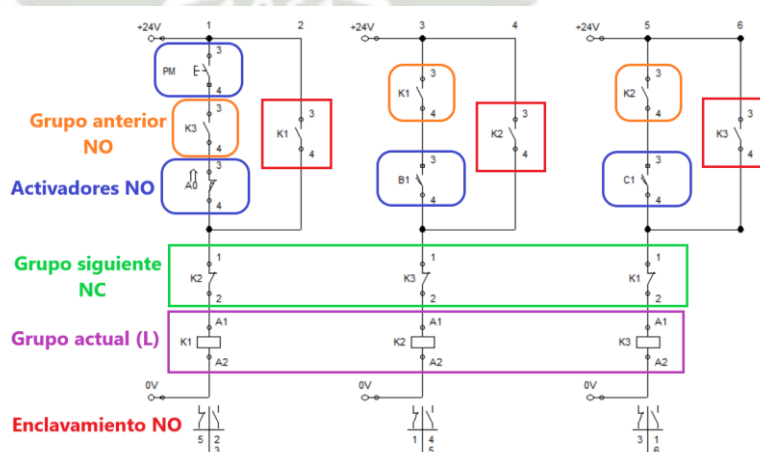


Fig. 7.37. Circuito de memoria.

Y el circuito de fuerza así:

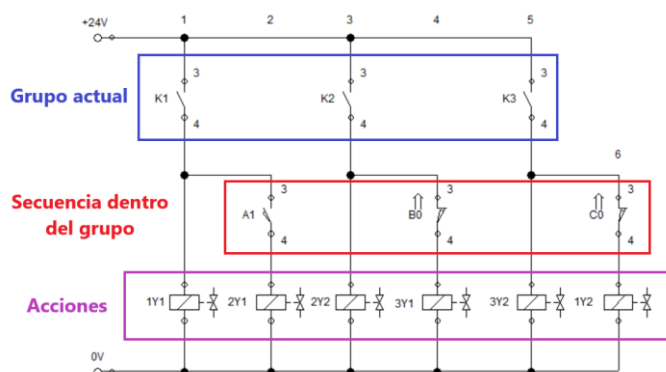


Fig. 7.38. Circuito de fuerza.

Paso 7: Comprobamos el correcto funcionamiento del circuito.

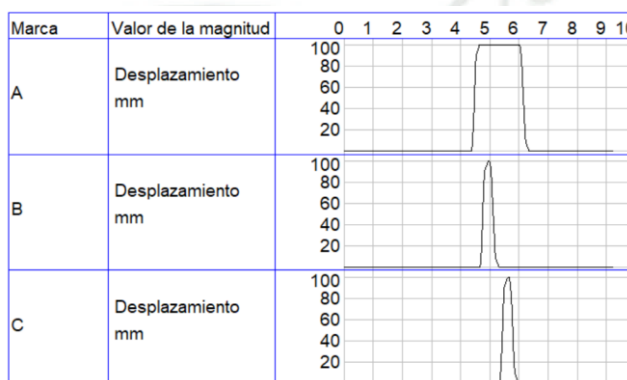


Fig. 7.39. Diagrama de estados.

Una vez terminado el circuito de fuerza y de memoria, se tiene que crear el programa Ladder para que el PLC controle la secuencia. El diagrama Ladder se crea de la misma manera que el circuito de fuerza y de memoria.

Paso 1: Primero empezamos por la memoria K1, que en este caso será M1.

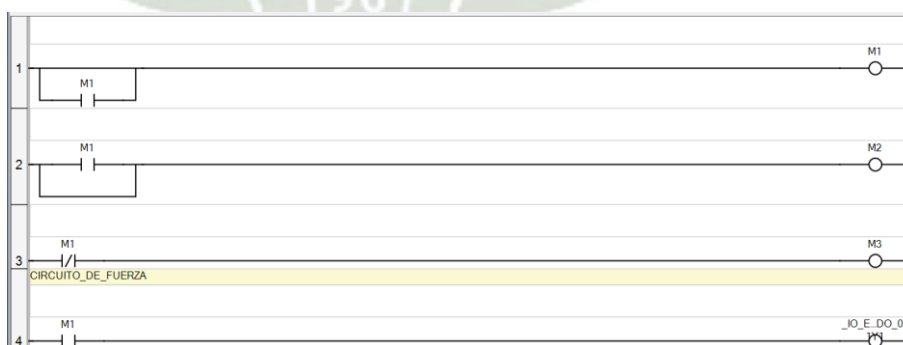


Fig. 7.40. Pasos de la memoria K1 para el circuito de fuerza en diagrama Ladder.

Paso 2: Continuamos con la memoria K2.

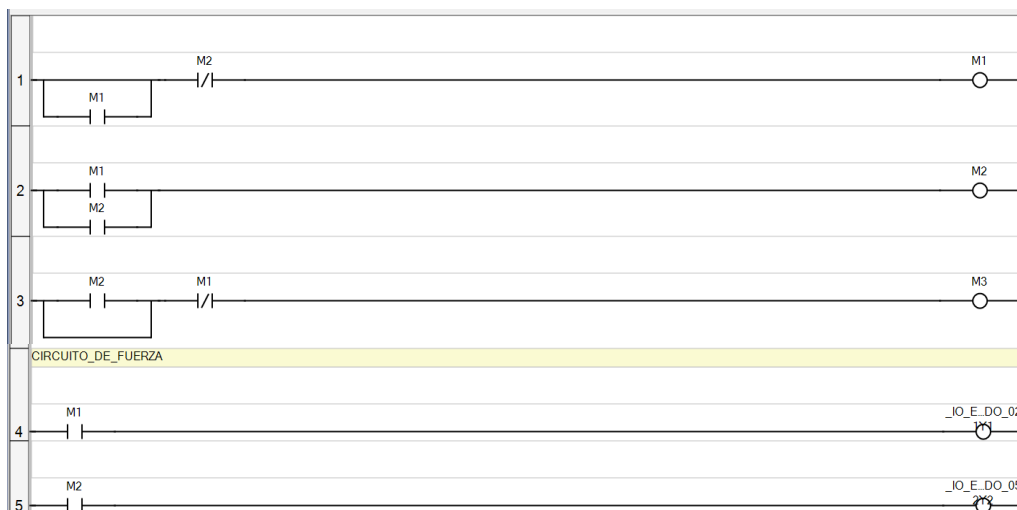


Fig. 7.41. Pasos de la memoria K2 para el circuito de fuerza en diagrama Ladder.

Paso 3: Seguido con la memoria K3.

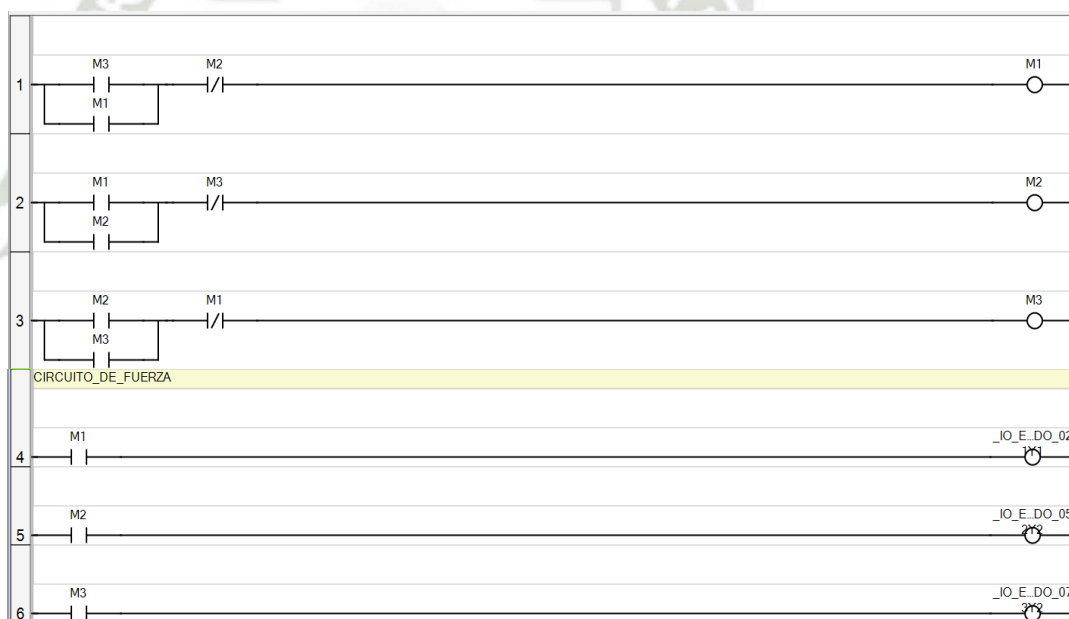


Fig. 7.42. Pasos de la memoria K3 para el circuito de fuerza en diagrama Ladder.

Paso 4: Añadimos los marcadores de los cilindros (sensores) para cumplir con la secuencia.

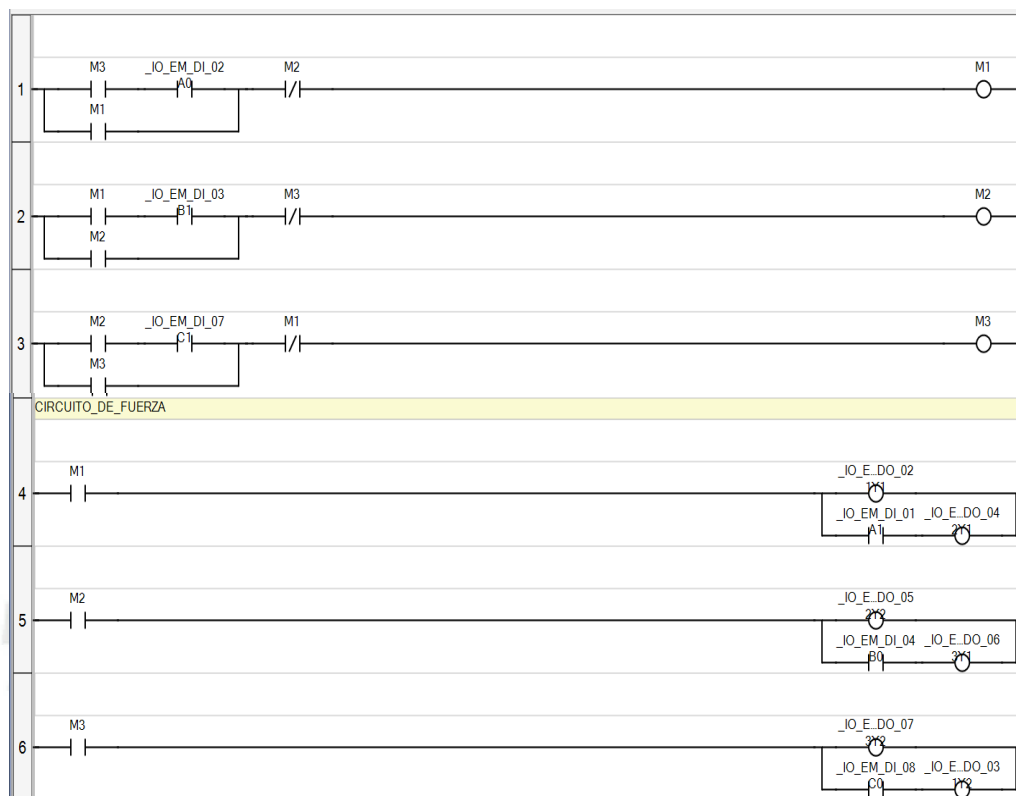


Fig. 7.43. Activadores para el circuito de fuerza y mando en diagrama Ladder.

Paso 5: Agregamos el PM (START), que dará inicio a la secuencia. Así mismo, agregamos una línea más, con un pulsador normalmente abierto, por si deseamos que la secuencia sea continua y un pulsador normalmente cerrado para detener la secuencia.

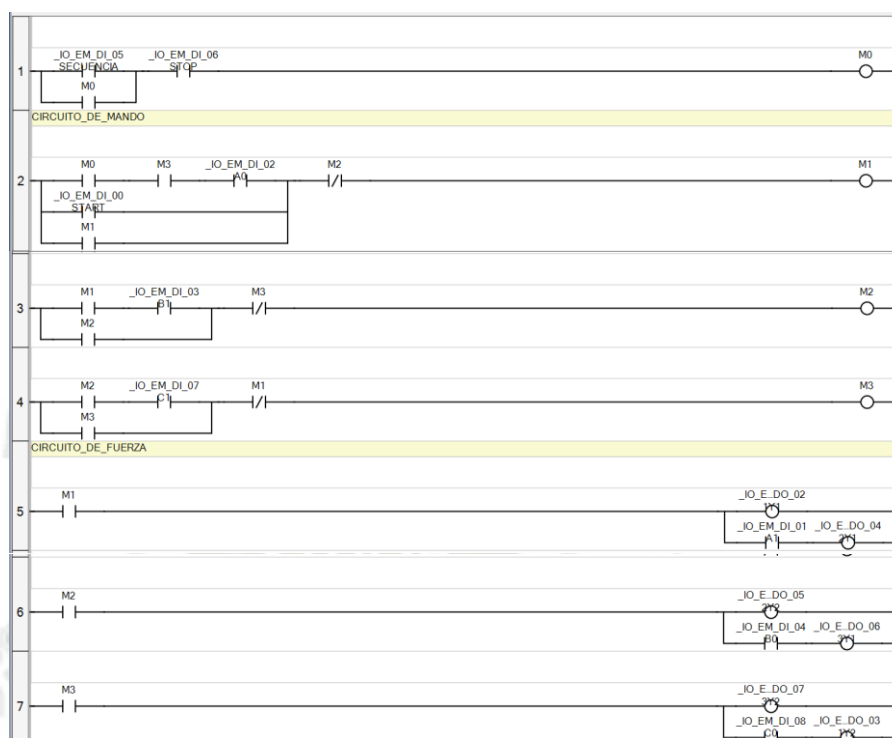


Fig. 7.44. Diagrama Ladder del circuito de fuerza y mando.

Finalmente, cargamos el programa al PLC, hacemos las conexiones físicas para verificar el correcto funcionamiento de la secuencia dada.

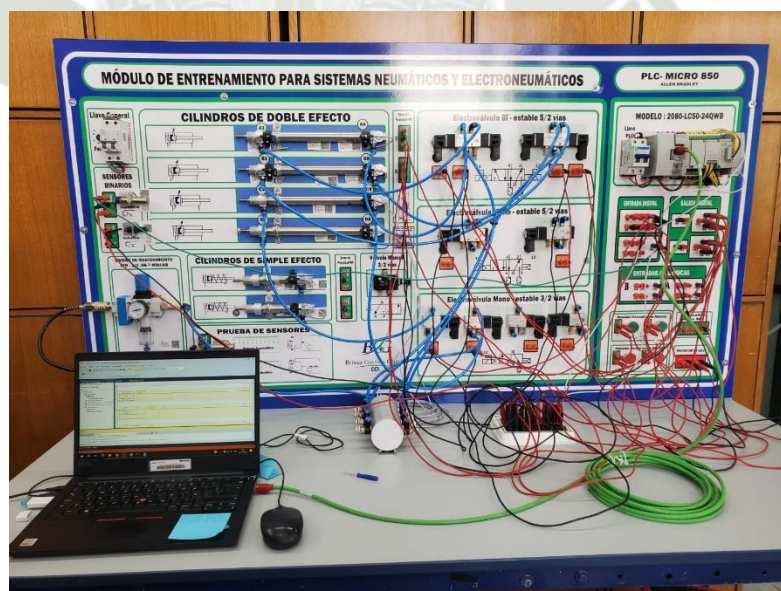


Fig. 7.45. Conexión física en el módulo de entrenamiento.

7.2 Referencias bibliográficas

ANEXO B
SOLUCIÓN DE LAS GUÍAS DE
PRÁCTICA

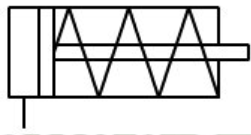
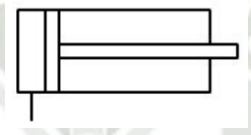
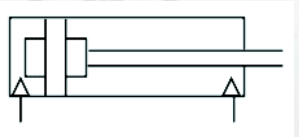
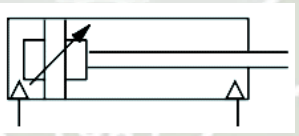
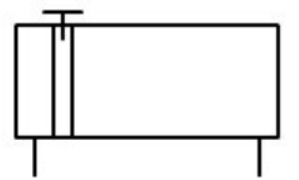
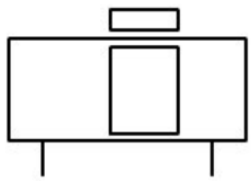
B-1 Solución de la guía de práctica N°1

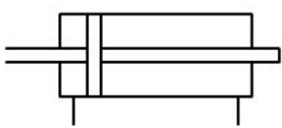
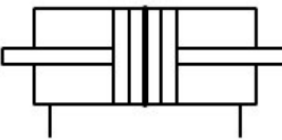
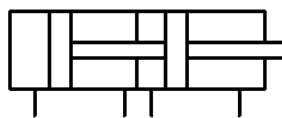
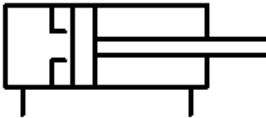
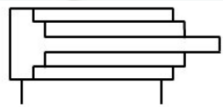
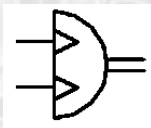
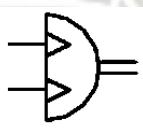
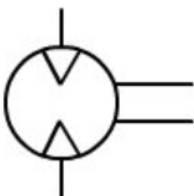
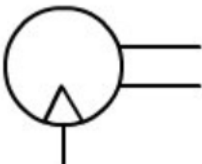
1.1 Actividades a desarrollar

1.1.1 Complete el siguiente cuadro de los tipos de actuadores neumáticos.

TABLA I.III

TIPOS DE ACTUADORES NEUMÁTICOS

Tipo de Cilindro	Símbolo	Elemento Físico
Cilindro de simple efecto con muelle		
Cilindro de simple efecto sin muelle		
Cilindro de doble efecto con amortiguación fija		
Cilindro de doble efecto con amortiguación regulable		
Cilindro sin vástago con tubo ranurado		
Cilindro sin vástago medio magnético		

Cilindro de vástago pasante		
Cilindro posicionador		
Cilindro en tándem		
Cilindro de persecución		
Cilindro telescópico		
Cilindro de giro limitado		
Cilindro de cable		
Motor neumático de dos sentidos		
Motor neumático de un sentido		

1.1.2 Investigue las partes de un cilindro de simple efecto.

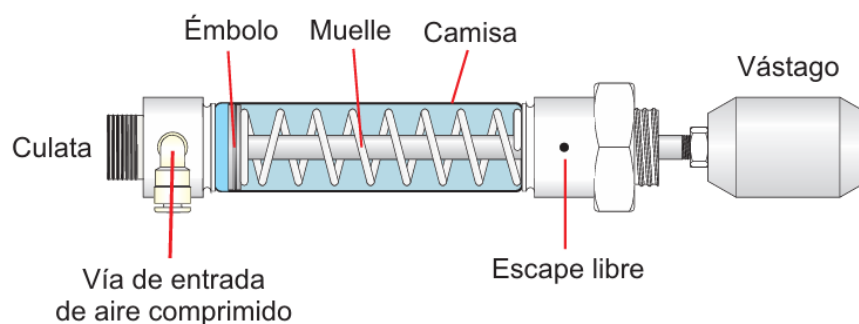
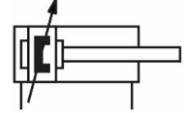


Fig. 1.46. Cilindro de simple efecto y sus partes. [2]

1.1.3 Complete el cuadro comparativo de los cilindros.

TABLA LIV

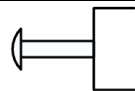
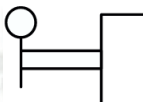
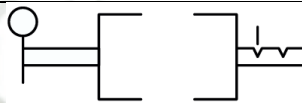
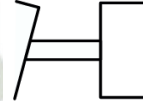
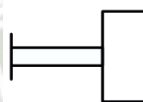
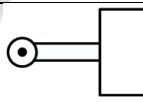
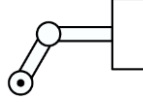
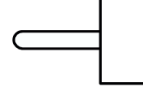
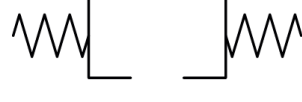
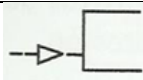
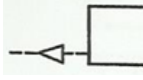
COMPARACIÓN ENTRE EL CILINDRO ESNU-20-50-P-A Y EL DSNU-20-200-PPV-A

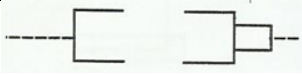
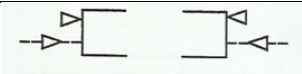
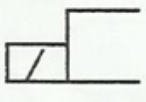
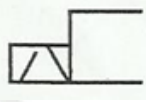
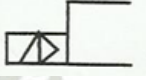
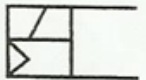
Características	Cilindro ESNU-20-50-P-A	Cilindro DSNU-20-200-PPV-A
Simbología		
Cilindro real		
Carrera	50mm	200mm
Diámetro del émbolo	20mm	20mm
Amortiguación	Amortiguación por topes elásticos/placas en ambos lados	Amortiguación neumática, regulable en ambos lados
Variantes	Vástago simple	Vástago simple
Presión de funcionamiento	1.2 bar ... 10 bar 0.12 MPa ... 1 MPa	1 bar ... 10 bar 0.1 MPa ... 1 MPa
Modo de funcionamiento	Simple efecto	Doble efecto
Forma constructiva	Émbolo – Vástago -Camisa del cilindro	Émbolo – Vástago - Camisa del cilindro

1.1.4 Completa el siguiente cuadro del accionamiento de las válvulas.

TABLA I.V

TIPOS DE ACCIONAMIENTO DE VÁLVULAS

Accionamiento	Simbología
Accionamiento Manual	
Pulsador manual	
Palanca	
Palanca enclavable	
Pedal	
General	
Accionamientos Mecánicos	
Muelle	
Rodillo	
Rodillo abatible	
Por taqué	
Centrado elásticamente	
Accionamientos Neumáticos	
Presión directo	
Depresión directo	

Diferencial	
Centrado por presión	
Accionamientos Eléctricos	
Electroimán con un solo arrollamiento	
Electroimán con dos arrollamientos opuestos	
Motor con giro continuo	
Motor paso a paso	
Accionamiento Combinado	
Electroimán y neumático (servopilotaje)	
Electroimán o neumático	

1.1.5 Complete los datos de la válvula VUVS-LK20-M52-AD-G18-1C1-S según la información de su hoja de datos.

a. Complete las especificaciones técnicas de la válvula.

TABLA I.VI

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA VÁLVULA VUVS-LK20-M52-AD-G18-1C1-S

Especificaciones Técnicas	Valor
Función de la válvula	Monoestable 5/2
Tensión de alimentación	24V DC
Presión de funcionamiento	1.5 bar ... 8 bar 0.15 MPa ... 0.8 MPa
Forma constructiva	Corredera del émbolo
Tipo de reposición	Muelle neumático

b. Identifique las partes de la válvula real y en su simbología.

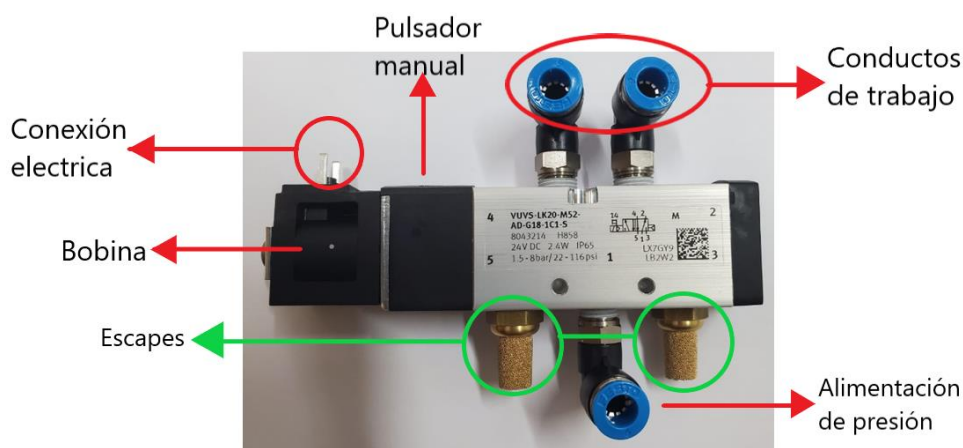


Fig. 1.47. Partes de la electroválvula monoestable 5/2.

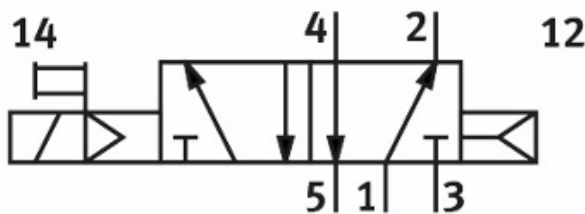


Fig. 1.48. Simbología de la electroválvula monoestable 5/2.

c. Identifique las vías de alimentación según la simbología CETOP.

TABLA I.VII

CÓDIGO DE VÍAS SEGÚN LA SIMBOLOGÍA CETOP

Código de Vías Según la Simbología CETOP	
1	Alimentación de presión
3 y 5	Escapes
2 y 4	Conductos de trabajo
14 y 12	Conductos de pilotaje

d. Identifique los tipos de accionamiento que tiene la válvula.

Accionamiento manual con enclavamiento o sin enclavamiento.
Servopilotado y retorno por muelle.

1.1.6 Complete los datos de la válvula VUVS-LK20-M32C-AD-G18-1C1-S según la información de su hoja de datos.

a. Complete las especificaciones técnicas de la válvula.

TABLA I.VIII

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA VÁLVULA VUVS-LK20-M32C-AD-G18-1C1-S

Especificaciones Técnicas	Valor
Función de la válvula	Cerrada Monoestable 3/2
Tensión de alimentación	24V DC
Presión de funcionamiento	1.5 bar ... 8 bar 0.15 MPa ... 0.8 MPa
Forma constructiva	Corredera del émbolo
Tipo de reposición	Muelle neumático

b. Identifique las partes de la válvula real y en su simbología.

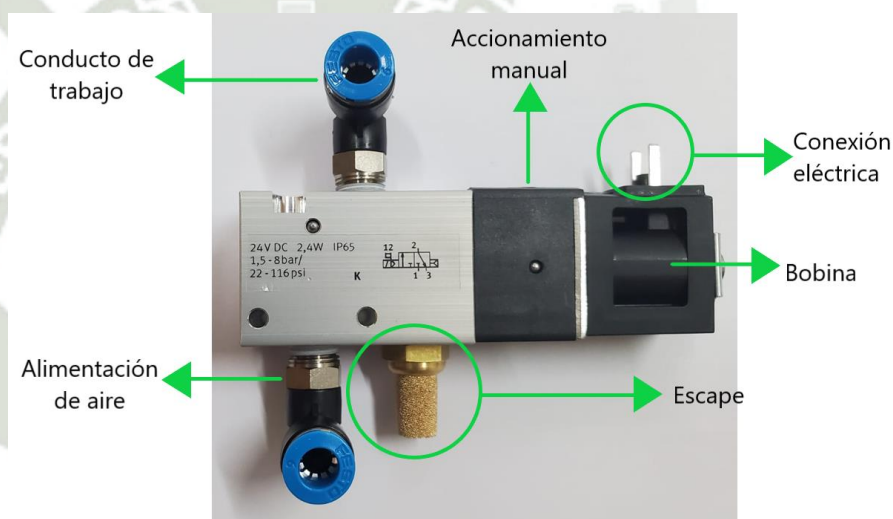


Fig. 1.49. Partes de la electroválvula monoestable 3/2.

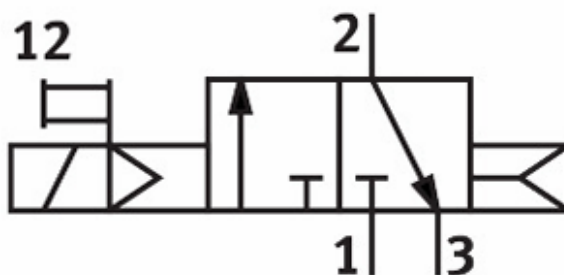


Fig. 1.50. Simbología de la electroválvula monoestable 3/2.

c. Identifique las vías de alimentación según la simbología CETOP.

TABLA I.IX

CÓDIGO DE VÍAS SEGÚN LA SIMBOLOGÍA CETOP

Código de Vías Según la Simbología CETOP

1	Alimentación de presión
3	Escape
2	Conducto de trabajo
12	Conducto de pilotaje

d. Identifique los tipos de accionamiento que tiene la válvula.

Accionamiento manual con enclavamiento o sin enclavamiento.

Servopilotado y retorno por muelle.

1.1.7 Complete los datos de la válvula VUVS-LK20-B52-D-G18-1C1-S según la información de su hoja de datos.

a. Complete las especificaciones técnicas de la válvula.

TABLA I.X

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA VÁLVULA VUVS-LK20-B52-D-G18-1C1-S

Especificaciones Técnicas	Valor
Función de la válvula	Biestable 5/2
Tensión de alimentación	24V DC
Presión de funcionamiento	1.5 bar ... 8 bar 0.15 MPa ... 0.8 MPa
Forma constructiva	Corredera del émbolo

b. Identifique las partes de la válvula real y en su simbología.

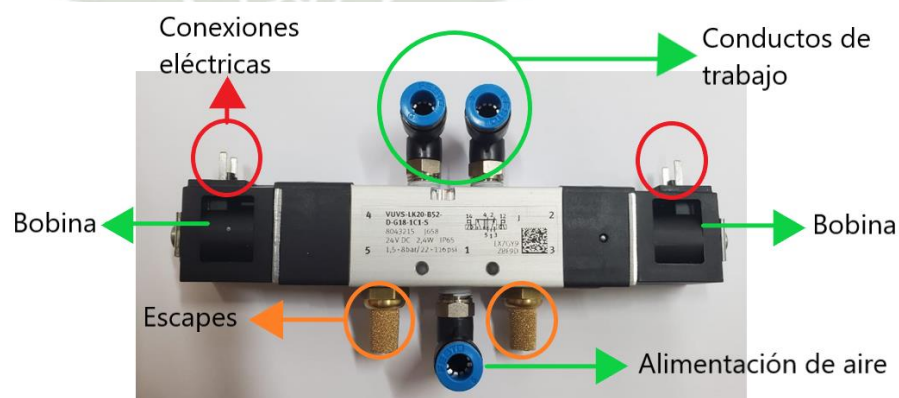


Fig. 1.51. Partes de la electroválvula biestable 5/2

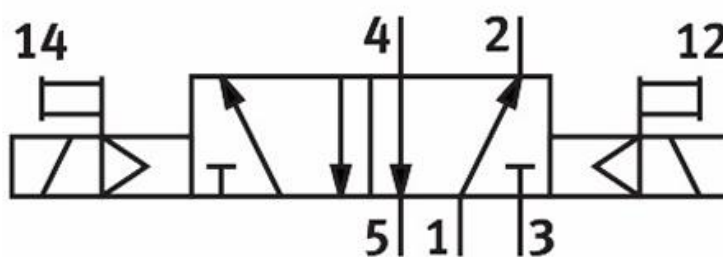


Fig. 1.52. Simbología de la electroválvula biestable 5/2.

- c. Identifique las vías de alimentación según la simbología CETOP.

TABLA I.XI

CÓDIGO DE VÍAS SEGÚN LA SIMBOLOGÍA CETOP

Código de Vías Según la Simbología CETOP	
1	Alimentación de presión
3 y 5	Escapes
2 y 4	Conductos de trabajo
14 y 12	Conductos de pilotaje

- d. Identifique los tipos de accionamiento que tiene la válvula.

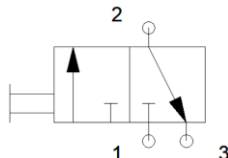
Accionamiento manual con enclavamiento o sin enclavamiento.

Servopilotado.

- 1.1.8 Identifique la válvula manual en el módulo de entrenamiento y complete las siguientes tablas:

TABLA I.XII

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA VÁLVULA MANUAL

Especificaciones Técnicas	Valor
Modelo de la válvula	3R210-06
Simbología	
Presión de funcionamiento	1.5 bar ... 8 bar 0.15 MPa ... 0.8 MPa

Tipo de accionamiento	Pulsador manual
-----------------------	-----------------

TABLA I.XIII

CÓDIGO DE VÍAS SEGÚN LA NORMA ISO

Código de Vías Según la Norma ISO	
A	Conducto de trabajo
R	Escape
P	Alimentación de presión

B-2 Solución de la guía de práctica N°2

2.1 Actividades a desarrollar

2.1.1 Complete las características técnicas principales del PLC Micro850.

TABLA II.XIV

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL PLC MICRO850

Características Técnicas del PLC Micro850	
PLC	
Fabricante	Allen Bradley
Serie	Micro850
Modelo	2080-LC50-24QWB
Memoria de programa	20KB
Memoria de datos	20KB
Entradas y salidas integradas	14 entradas 10 salidas
Tipo de entrada	24V DC
Tipos de salidas	Relé
Voltaje de alimentación	24V DC
Consumo de Potencia	28W
Módulos de expansión	Hasta 4 módulos de E/S de expansión y hasta 3 módulos enchufables

Puertos de comunicación	Puerto USB 2.0, puerto Ethernet y puerto serial no aislado (RS232/RS485)
Software	Connected Components Workbench
Lenguaje de programación (Según IEC 61131-3)	Diagrama Ladder, bloques de funciones (FBD) y texto estructurado (ST)

2.1.2 Complete las características técnicas principales del PLC Micro810

TABLA II.XV

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL PLC MICRO810

Características Técnicas del PLC Micro810	
PLC	
Fabricante	Allen Bradley
Serie	Micro810
Modelo	2080-LC10-12QWB
Memoria de programa	2KB
Memoria de datos	4KB
Entradas y salidas integradas	8 entradas 4 salidas
Tipo de entrada	24V DC
Tipos de salidas	Relé
Voltaje de alimentación	24V DC
Consumo de Potencia	5W
Módulos de expansión	1 módulo enchufable
Puertos de comunicación	Puerto USB 2.0 con adaptador
Software	Connected Components Workbench
Lenguaje de programación (Según IEC 61131-3)	Diagrama Ladder, bloques de funciones (FBD) y texto estructurado (ST)

2.1.3 Complete las características técnicas principales del PLC Micro830

TABLA II.XVI

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL PLC MICRO830

Características Técnicas del PLC Micro830	
PLC	
Fabricante	Allen Bradley
Serie	Micro830
Modelo	2080-LC30-16QWB
Memoria de programa	20KB
Memoria de datos	10KB
Entradas y salidas integradas	10 entradas 6 salidas
Tipo de entrada	24V DC
Tipos de salidas	Relé
Voltaje de alimentación	24V DC
Consumo de Potencia	8.5W
Módulos de expansión	Hasta 4 módulos de E/S de expansión y hasta 3 módulos enchufables
Puertos de comunicación	Puerto USB 2.0, puerto Ethernet y puerto serial no aislado (RS232/RS485)
Software	Connected Components Workbench
Lenguaje de programación (Según IEC 61131-3)	Diagrama Ladder, bloques de funciones (FBD) y texto estructurado (ST)

2.1.4 Complete el cuadro comparativo de otros modelos de la serie Micro800.

TABLA II.XVII

MODELOS DE LA SERIE MICRO800

Modelos de la serie Micro800									
Características	Micro810	Micro820	Micro830				Micro850		Micro870
									
E/S integradas	12	20	10	16	24	48	24	48	24
Máximo de E/S	12	35	26	32	48	88	132	192	304
Protocolos de comunicación	Puerto USB 2.0 con adaptador	Puerto de programación USB y RJ45	Puerto de programación USB y RS232/RS485				USB 2.0, RS232/RS485 y Ethernet RJ45		USB 2.0, RS232/RS485 y Ethernet RJ45
Módulos enchufables	0	2	3				5		3
Bytes de datos	2KB	20KB	8-20KB				20KB		40KB
Uso de microSD para transferencia de programas, registro de datos y gestión de recetas.	-	Ranura incorporada	Admite tarjeta						
Software	Connected Componets Workbench								

2.1.5 Identifica y describe la arquitectura del PLC Allen Bradley Micro850.

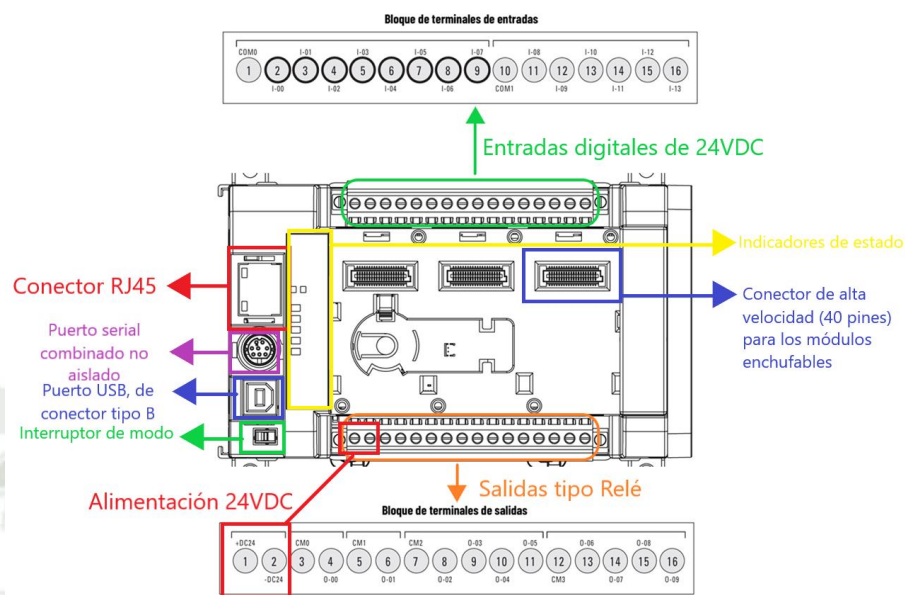


Fig. 2.1. Arquitectura del PLC Allen Bradley Micro850.

✓ Indicadores de estado:

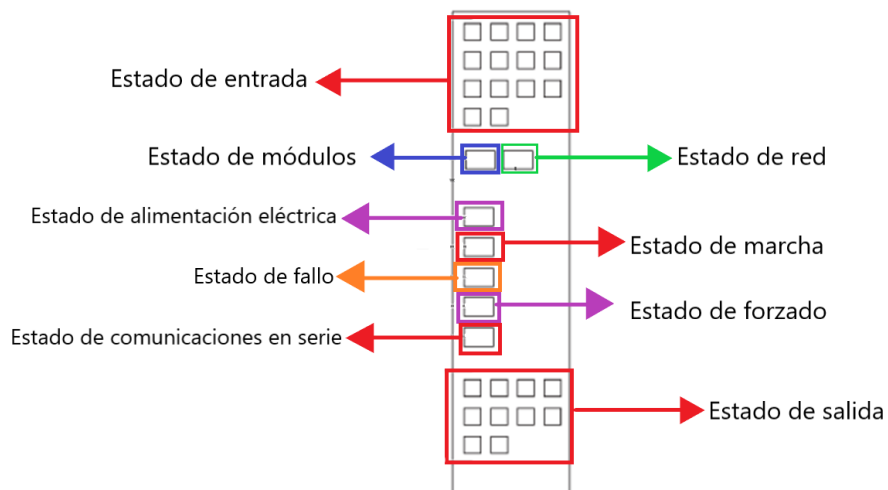


Fig. 2.53. Indicadores de estado del PLC Allen Bradley Micro850.

2.1.6 Complete el cuadro de direccionamiento de entrada y salidas

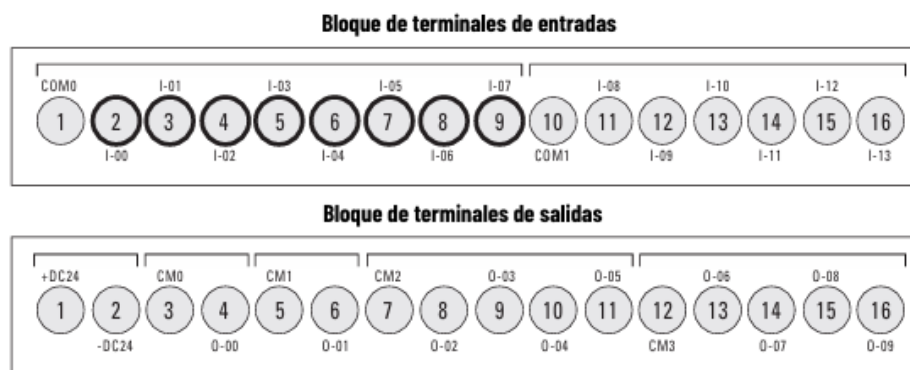


Fig. 2.54. Entradas y salidas del PLC Allen Bradley Micro850.

TABLA II.XVIII

DIRECCIONAMIENTO DE ENTRADAS Y SALIDAS DEL PLC MICRO850

Direccionamiento de Entradas		Direccionamiento de Salidas	
I-00	_IO_EM_DI_00	O-00	_IO_EM_DO_00
I-01	_IO_EM_DI_01	O-01	_IO_EM_DO_01
I-02	_IO_EM_DI_02	O-02	_IO_EM_DO_02
I-03	_IO_EM_DI_03	O-03	_IO_EM_DO_03
I-04	_IO_EM_DI_04	O-04	_IO_EM_DO_04
I-05	_IO_EM_DI_05	O-05	_IO_EM_DO_05
I-06	_IO_EM_DI_06	O-06	_IO_EM_DO_06
I-07	_IO_EM_DI_07	O-07	_IO_EM_DO_07
I-08	_IO_EM_DI_08	O-08	_IO_EM_DO_08
I-09	_IO_EM_DI_09	O-09	_IO_EM_DO_09
I-10	_IO_EM_DI_10		
I-11	_IO_EM_DI_11		
I-12	_IO_EM_DI_12		
I-13	_IO_EM_DI_13		

2.1.7 Explica la conexión entre la fuente de alimentación y el PLC.



Fig. 2.4. Diagrama de conexión entre la fuente de alimentación y el PLC.

2.1.8 Explique paso a paso la configuración la dirección IP y máscara de subred del PLC usando Connected Components Workbench.

- Para configurar el IP del PLC Micro850, primero alimentamos el módulo de entrenamiento y accionamos la llave principal del módulo y la llave que permite la alimentación del PLC.
- Luego conectamos el cable Ethernet del PLC al ordenador.
- Verificamos la conexión del cable Ethernet y usando el Símbolo del Sistema, verificamos cual es el IP del ordenador y del PLC.

```

C:\Windows\system32\cmd.exe
Microsoft Windows [Versión 10.0.19045.6466]
(c) Microsoft Corporation. Todos los derechos reservados.

C:\Users\YO>ipconfig

Configuración IP de Windows

Adaptador de LAN inalámbrica Conexión de área local* 1:

    Estado de los medios. . . . . : medios desconectados
    Sufixo DNS específico para la conexión. . :

Adaptador de LAN inalámbrica Conexión de área local* 10:

    Estado de los medios. . . . . : medios desconectados
    Sufixo DNS específico para la conexión. . :

Adaptador de Ethernet Ethernet:

    Sufixo DNS específico para la conexión. . :
    Vínculo: dirección IPv6 local. . . : fe80::6e0a:aceb:3cc9:6d93%14
    Dirección IPv4. . . . . : 192.168.1.5
    Máscara de subred . . . . . : 255.255.255.0
    Puerta de enlace predeterminada . . . . :

Adaptador de LAN inalámbrica Wi-Fi:

    Sufixo DNS específico para la conexión. . : ucsm.net.pe
    Vínculo: dirección IPv6 local. . . : fe80::e85a:2610:2204:b5dd%11
    
```

Fig. 2.55. Comprobación de la conexión del cable Ethernet.

- En el ordenador, abrimos el programa RSLinx Classic.

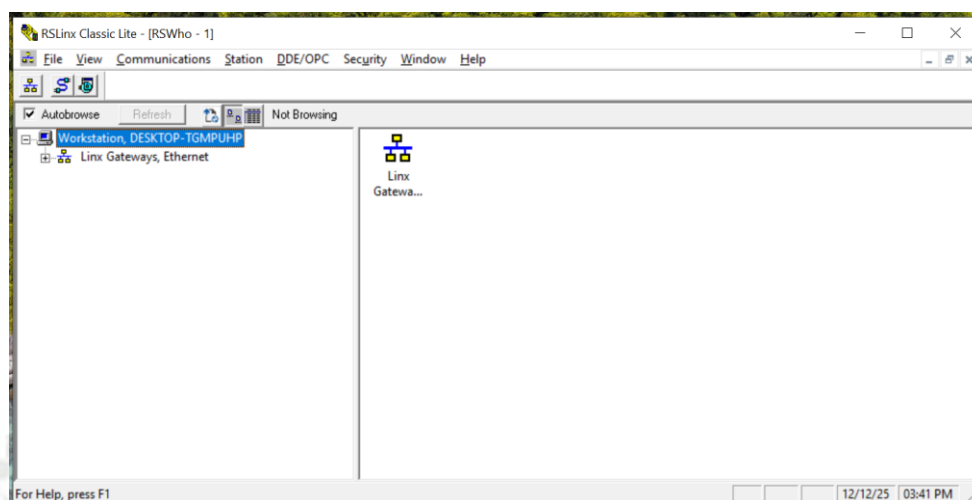


Fig. 2.56. Programa RSLinx Classic.

- Después, hacemos clic en “Communications” que se encuentra la cinta de opciones, para luego seleccionar “Configure Drivers”.

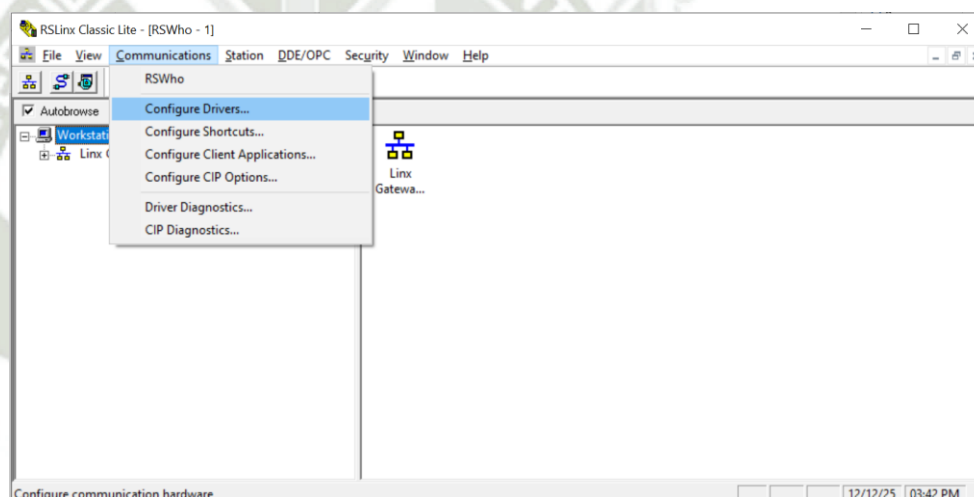


Fig. 2.57. Iniciamos la configuración del driver.

- Se abrirá una ventana para configurar los drivers. Seleccionamos “EtherNet/IP Driver” y hacemos clic en “Add New”.

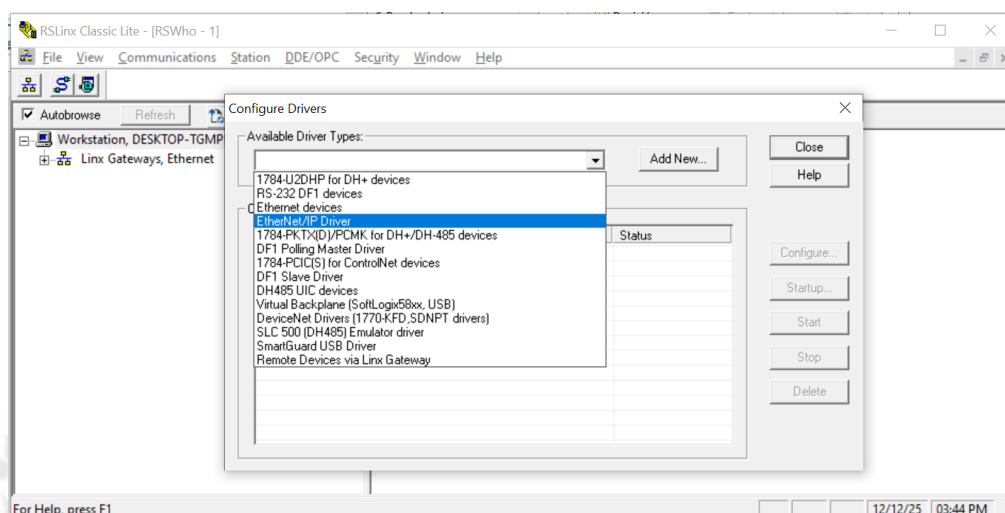


Fig. 2.58. Seleccionamos EtherNet/IP Driver.

- Colocamos el nombre del driver y damos clic en “OK”.

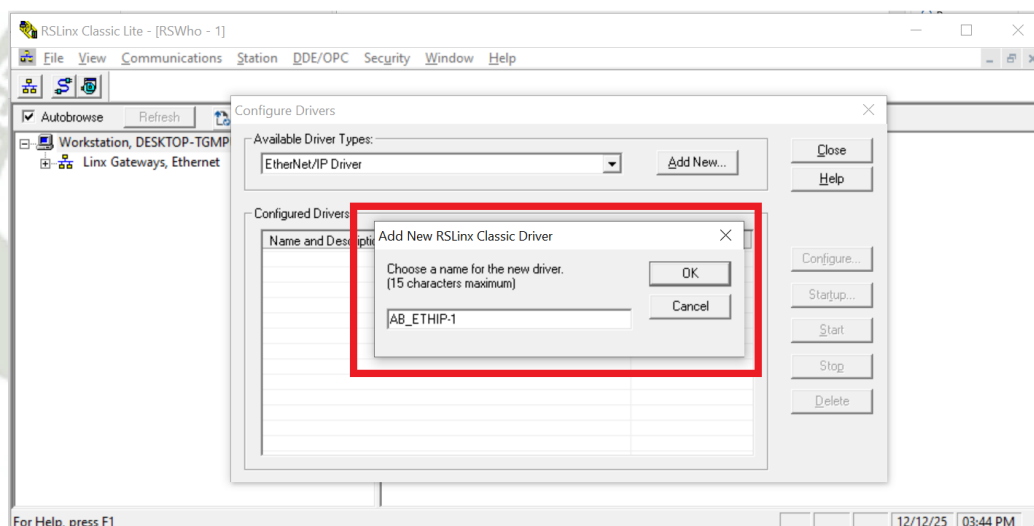


Fig. 2.59. Asignamos un nombre el nuevo driver.

- Se abrirá una ventana, donde tenemos que escoger el IP de nuestro ordenador. Luego damos clic en “Aplicar” y “Aceptar”.

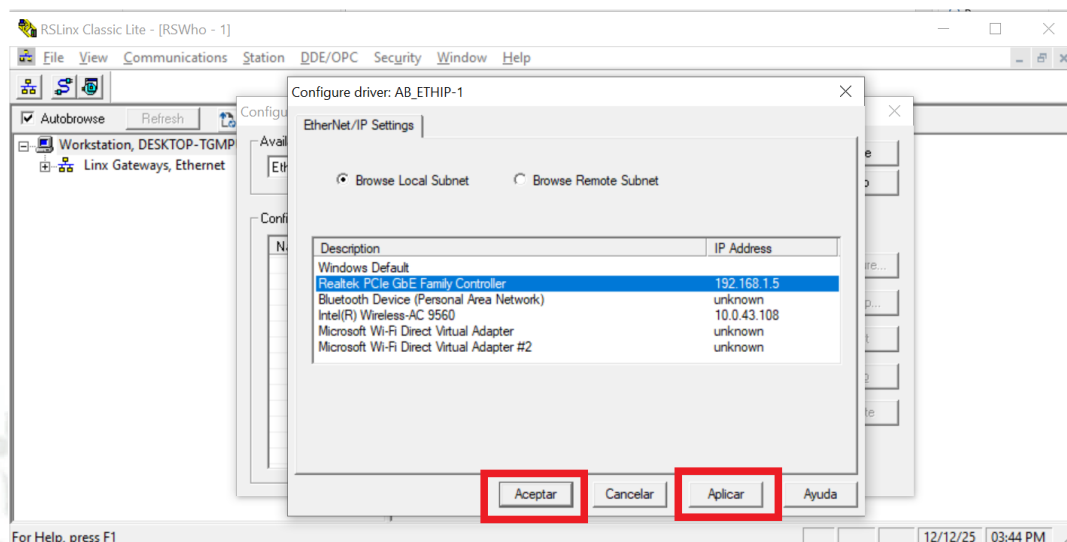


Fig. 2.60. Elegimos el IP del ordenador.

- Observamos que se agregó un nuevo driver. Damos clic en “Close”.

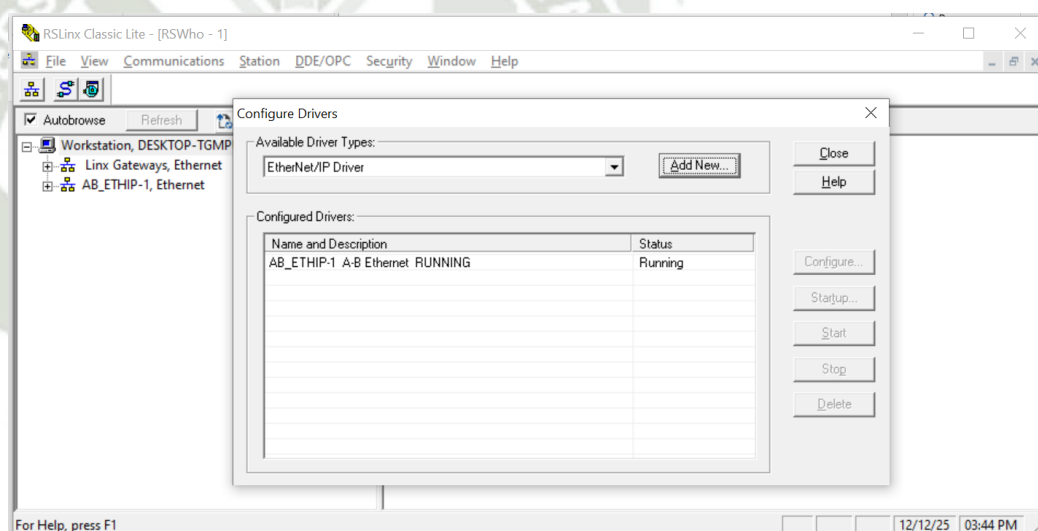


Fig. 2.61. Creamos el nuevo driver.

- Luego aparece el IP del PLC que usaremos.

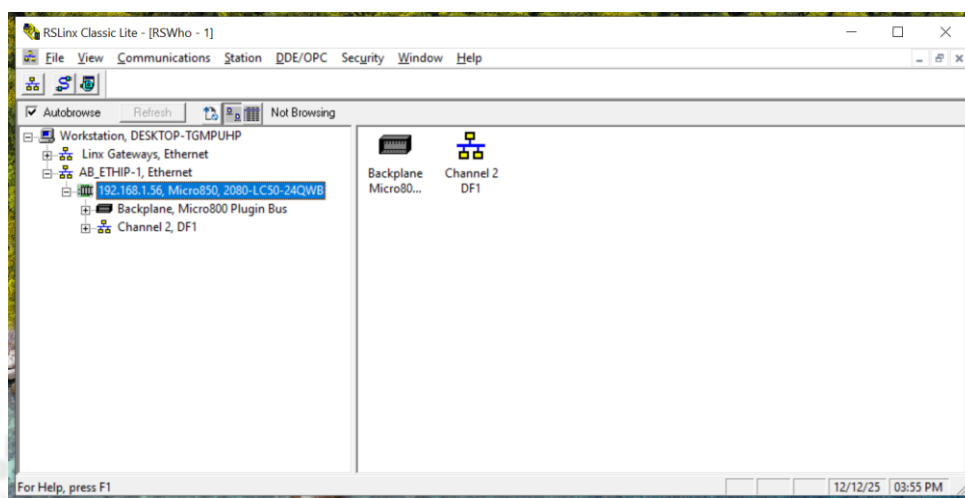


Fig. 2.162. Observamos el IP del PLC.

- Para cambiar el IP, apretamos clic derecho en el IP actual del PLC y vamos a la opción “Module Configuration”.

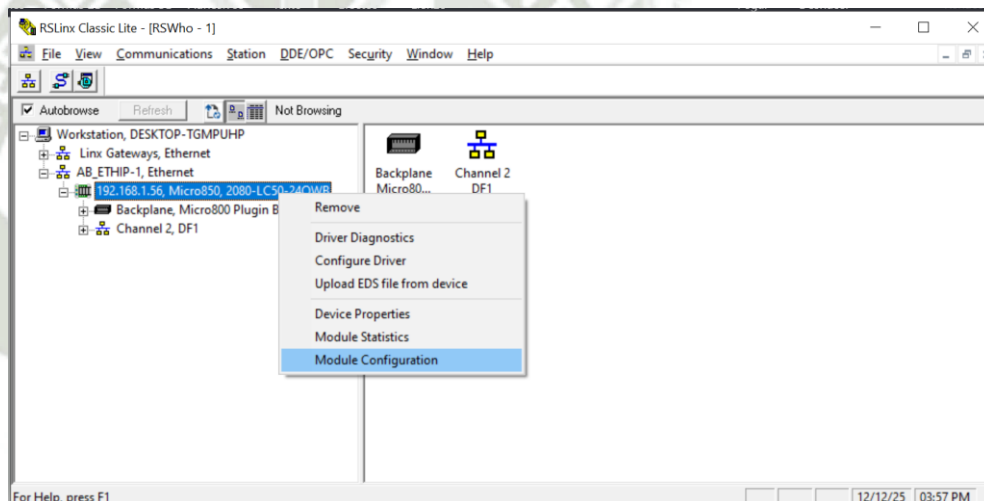


Fig. 2.13. iniciamos los pasos para cambiar el IP del PLC.

- Observamos que salen las descripciones generales del PLC. Cambiamos a la ventana “Port Configuration”.

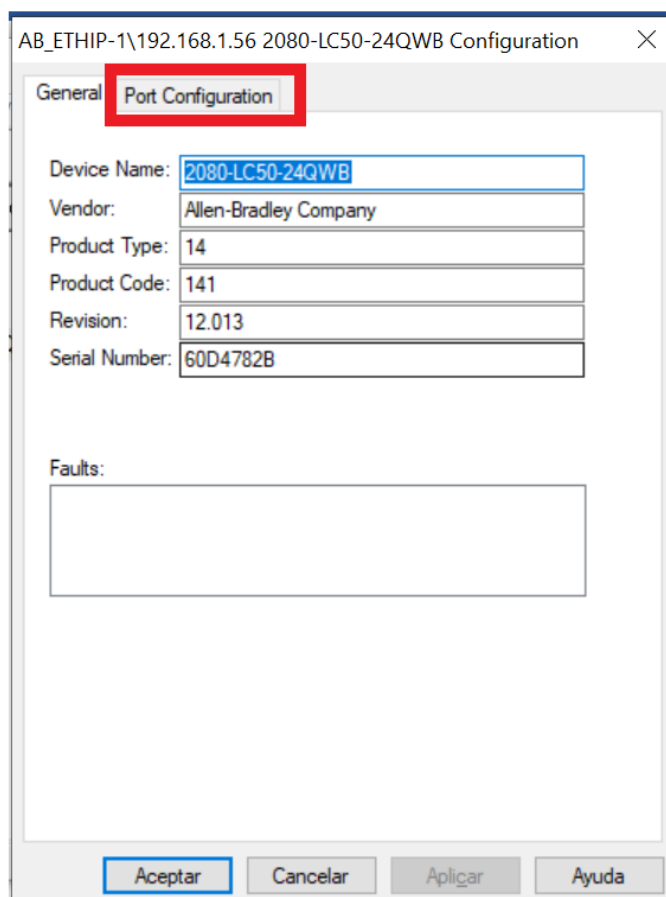


Fig. 2.14. Ingresamos a la ventana para configurar el IP del PLC.

- Cambiamos el IP del PLC al requerido, luego damos clic en aplicar y aceptar. Recordemos que el IP debe estar dentro de la red asignada en el ordenador.

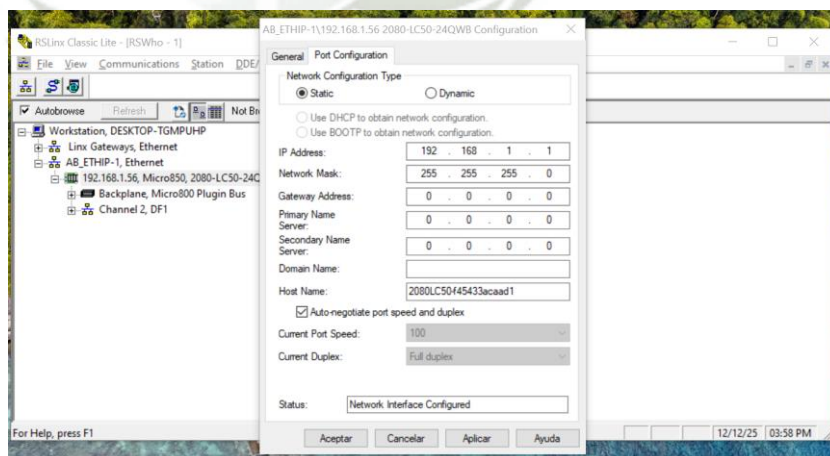


Fig. 2.15. Colocamos el nuevo IP del PLC.

- Esperamos unos segundos a que se actualice y nos salga el PLC con el nuevo IP. Observamos que el anterior IP sale con una X, que significa que ya no hay conexión con ese IP.

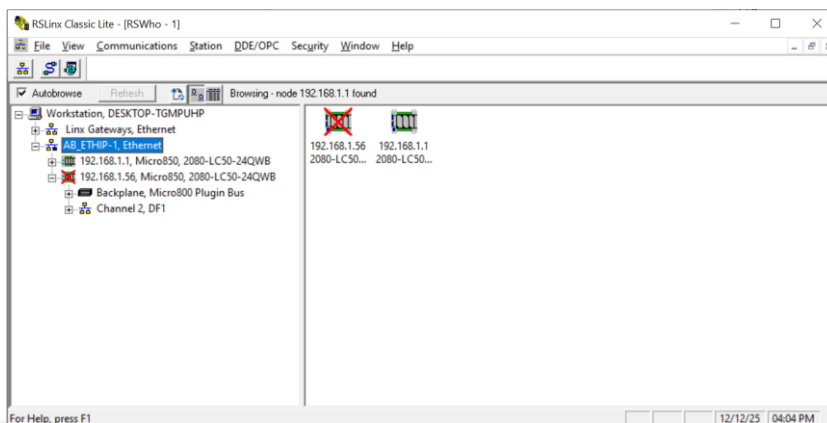


Fig. 2.16. El IP del PLC fue cambiado con éxito.

- Finalmente podemos comprobar la conexión haciendo un ping con el PLC.

```
C:\Users\YO>ping 192.168.1.1

Haciendo ping a 192.168.1.1 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 192.168.1.1: bytes=32 tiempo<1m TTL=128
Respuesta desde 192.168.1.1: bytes=32 tiempo=1ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.1.1: bytes=32 tiempo<1m TTL=128
Respuesta desde 192.168.1.1: bytes=32 tiempo<1m TTL=128

Estadísticas de ping para 192.168.1.1:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
              (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
        Mínimo = 0ms, Máximo = 1ms, Media = 0ms
```

Fig. 2.17. Ping entre el PLC y el ordenador.

2.1.9 Verifica la comunicación entre el PLC y una computadora mediante un ping o similar.

```
C:\Users\YO>ping 192.168.1.1

Haciendo ping a 192.168.1.1 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 192.168.1.1: bytes=32 tiempo<1m TTL=128
Respuesta desde 192.168.1.1: bytes=32 tiempo=1ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.1.1: bytes=32 tiempo<1m TTL=128
Respuesta desde 192.168.1.1: bytes=32 tiempo<1m TTL=128

Estadísticas de ping para 192.168.1.1:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
              (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
        Mínimo = 0ms, Máximo = 1ms, Media = 0ms
```

Fig. 2.18. Comprobación de la comunicación entre el PLC y el ordenador.

2.1.10 Diseñe un programa en lenguaje Ladder, texto estructurado y diagrama de bloques que active las salidas en orden ascendente desde la salida O-00 hasta la salida O-09 usando los pulsadores del módulo de entrenamiento.

- Lenguaje Ladder

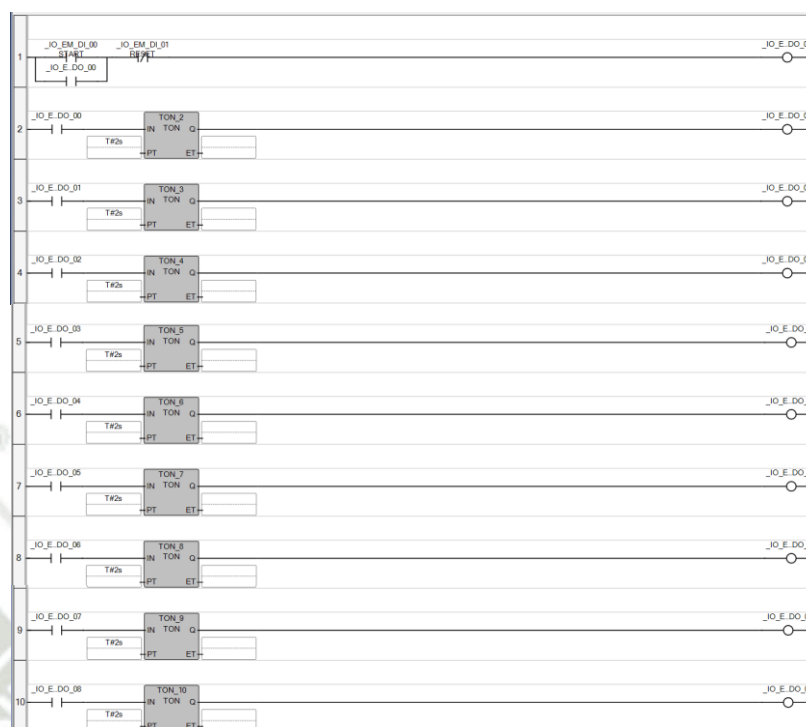


Fig. 2.19. Lenguaje Ladder que activa las salidas en orden ascendente del PLC.

- Diagrama de bloques

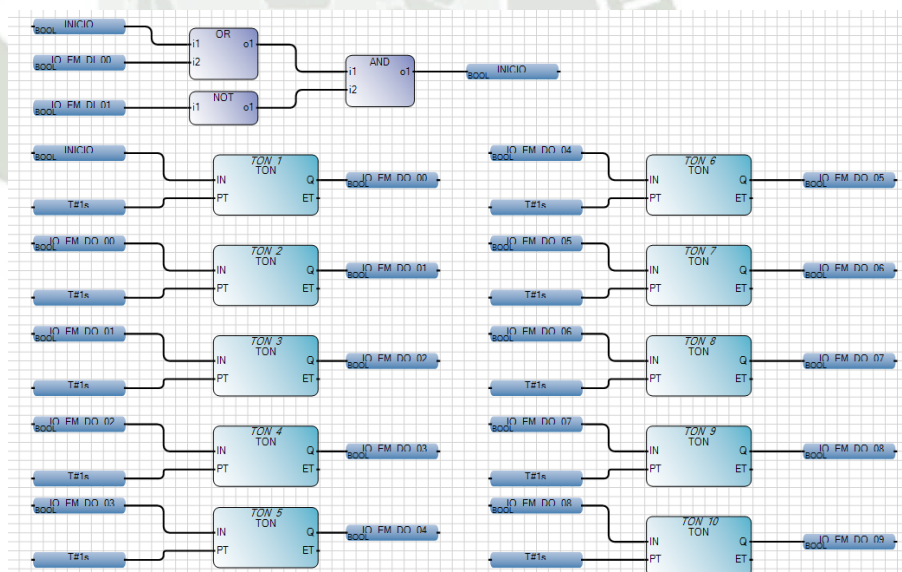


Fig. 2.63. Diagrama de bloques que activa las salidas en orden ascendente del PLC.

- Texto estructurado


```

1 // Detectar el flanco ascendente (Pulso) de la entrada de inicio I0
2 R_TRIG_I0(CLK := _IO_EM_DI_00, Q => Pulso_Inicio);
3
4 //La secuencia se habilita con el pulso I0, y se deshabilita con el I1 (Reset)
5 IF Pulso_Inicio THEN
6     Sequence_Run := TRUE;
7 END_IF;
8
9 IF _IO_EM_DI_01 THEN
10     Sequence_Run := FALSE;
11 END_IF;
12
13 // Secuencia ascendente
14 Temporizador_Paso_1(IN := Sequence_Run, PT := T#1s, Q => Timer_Done_Temp, ET => Tiempo_Acumulado);
15 _IO_EM_DO_00 := Timer_Done_Temp;
16
17 Temporizador_Paso_2(IN := _IO_EM_DO_00, PT := T#1s, Q => Timer_Done_Temp, ET => Tiempo_Acumulado);
18 _IO_EM_DO_01 := Timer_Done_Temp;
19
20 Temporizador_Paso_3(IN := _IO_EM_DO_01, PT := T#1s, Q => Timer_Done_Temp, ET => Tiempo_Acumulado);
21 _IO_EM_DO_02 := Timer_Done_Temp;
22
23 Temporizador_Paso_4(IN := _IO_EM_DO_02, PT := T#1s, Q => Timer_Done_Temp, ET => Tiempo_Acumulado);
24 _IO_EM_DO_03 := Timer_Done_Temp;
25
26 Temporizador_Paso_5(IN := _IO_EM_DO_03, PT := T#1s, Q => Timer_Done_Temp, ET => Tiempo_Acumulado);
27 _IO_EM_DO_04 := Timer_Done_Temp;
28
29 Temporizador_Paso_6(IN := _IO_EM_DO_04, PT := T#1s, Q => Timer_Done_Temp, ET => Tiempo_Acumulado);
30 _IO_EM_DO_05 := Timer_Done_Temp;
31
32 Temporizador_Paso_7(IN := _IO_EM_DO_05, PT := T#1s, Q => Timer_Done_Temp, ET => Tiempo_Acumulado);
33 _IO_EM_DO_06 := Timer_Done_Temp;
34
35 Temporizador_Paso_8(IN := _IO_EM_DO_06, PT := T#1s, Q => Timer_Done_Temp, ET => Tiempo_Acumulado);
36 _IO_EM_DO_07 := Timer_Done_Temp;
37
38 Temporizador_Paso_9(IN := _IO_EM_DO_07, PT := T#1s, Q => Timer_Done_Temp, ET => Tiempo_Acumulado);
39 _IO_EM_DO_08 := Timer_Done_Temp;
40
41 Temporizador_Paso_10(IN := _IO_EM_DO_08, PT := T#1s, Q => Timer_Done_Temp, ET => Tiempo_Acumulado);
42 _IO_EM_DO_09 := Timer_Done_Temp;

```

Fig. 2.21. Lenguaje en texto estructurado que activa las salidas en orden ascendente del PLC.

B-3 Solución de la guía de práctica N°3

3.1 Actividades a desarrollar

3.1.1 Grafique el diagrama de conexión de los sensores de 3 hilos para sensores tipo PNP hacia un PLC.

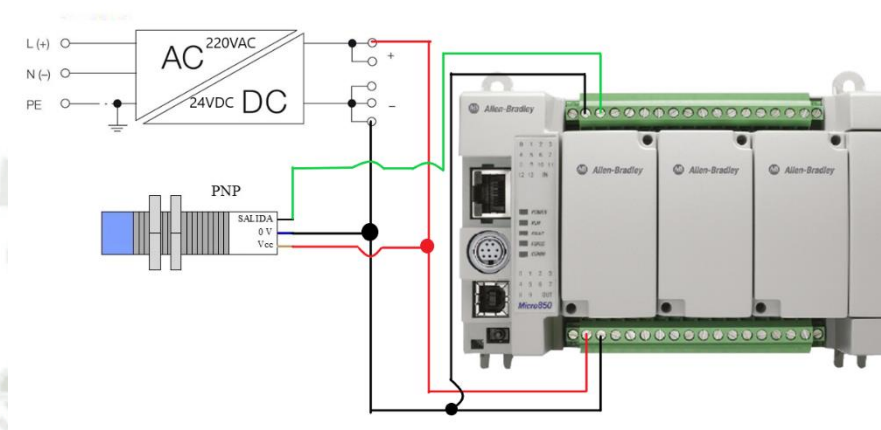


Fig. 3.1. Conexión de los sensores de 3 hilos para sensores tipo PNP.

3.1.2 Realice las conexiones físicas entre el sensor capacitivo y el PLC, y realice un programa en lenguaje Ladder para encender la salida O:0.

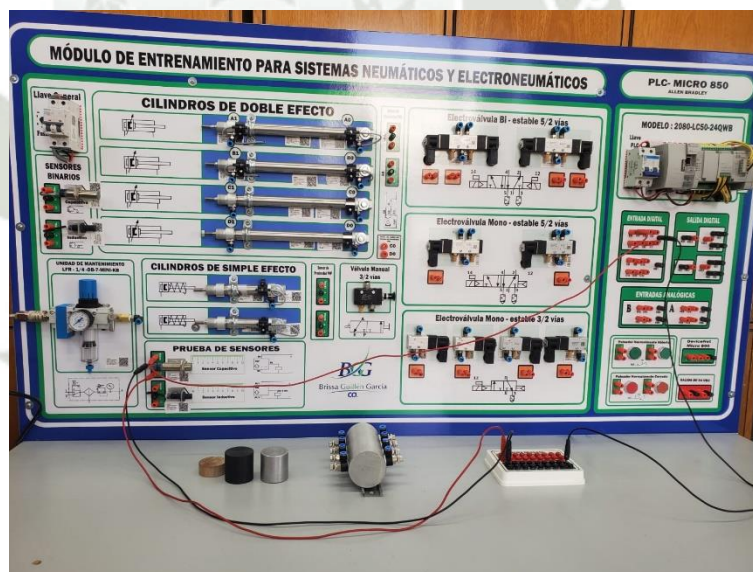


Fig. 3.64. Conexión física del sensor capacitivo y el PLC.



Fig. 3.365. Programa en lenguaje Ladder para encender la salida O:0 con el sensor capacitivo.

3.1.3 Determine mediante pruebas la distancia de activación (S_r) y desactivación (S_{des}) de un sensor capacitivo, luego deduzca la histéresis a partir de esos valores y complete la tabla.

TABLA III.I

HISTÉRESIS DE UN SENSOR CAPACITIVO

SENSOR CAPACITIVO: XT118B1PAL2			
Material	Distancia		Histéresis
	S_r	S_{des}	
Madera	1.4cm	2.1cm	0.7cm
Plástico	1.1cm	1.9cm	0.8cm
Acero	1.7cm	2.5cm	0.8cm
Hierro	1.7cm	2.7cm	1cm

- 3.1.4 Realice las conexiones físicas entre el sensor inductivo y el PLC, y realice un programa en lenguaje Ladder para encender la salida O:0.

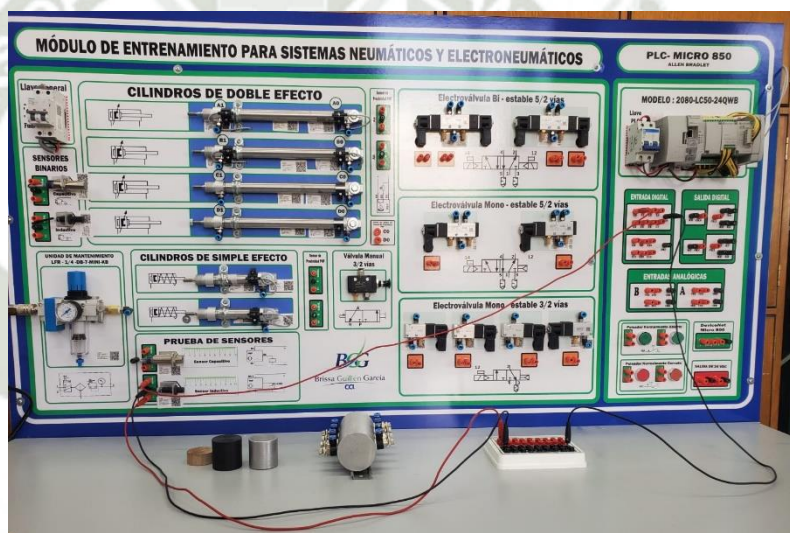


Fig. 3.4. Conexión física del sensor inductivo y el PLC.



Fig. 3.5. Programa en lenguaje Ladder para encender la salida O:0 con el sensor inductivo.

- 3.1.5 Determine mediante pruebas la distancia de activación (S_r) y desactivación (S_{des}) de un sensor inductivo, luego deduzca la histéresis a partir de esos valores y complete la tabla.

TABLA III.II

HISTÉRESIS DE UN SENSOR INDUCTIVO

SENSOR INDUCTIVO: XS4P12PA370

Material	Distancia		Histéresis
	S_r	S_{des}	
Madera	-	-	-
Plástico	-	-	-
Acero	0.2cm	0.3cm	0.1cm
Hierro	0.5cm	0.7cm	0.2cm

- 3.1.6 Realice un diagrama de barras comparando la histéresis de los sensores binarios de proximidad en función de los diferentes materiales.

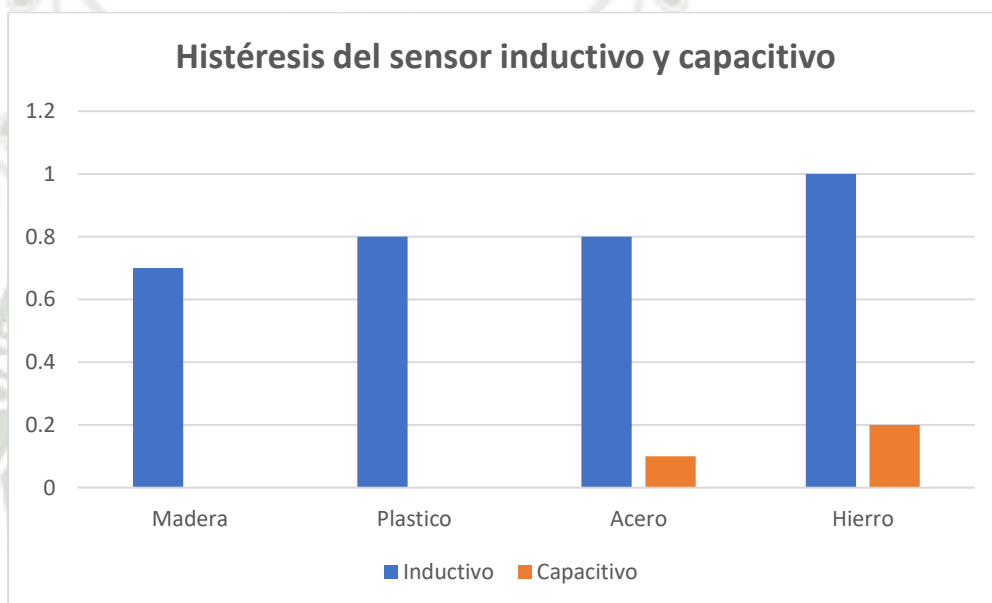


Fig. 3.6. Diagrama de barras de la histéresis del sensor inductivo y capacitivo.

- 3.1.7 Realice un cuadro comparativo sobre las ventajas y desventajas de cada tipo de sensor.

TABLA III.III

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE UN SENSOR INDUCTIVO Y CAPACITIVO

Característica	Sensor inductivo	Sensor capacitivo
Principio de funcionamiento	Bobina Electromagnetismo	Capacitancia Electrostática
Alcance	Corto	Medio
Resistencia ambiental	Muy alta	Moderada

Detección	No puede atravesar paredes	Detecta objetos a través de paredes no metálicas
Costo	Económico	Más costoso
Ajuste de sensibilidad	Fijo	Ajustable por un potenciómetro
Materiales detectables	Solo metales	Cualquier material



B-4 Solución de la guía de práctica N°4

4.1 Actividades a desarrollar

4.1.1 Simule el circuito de mando de un cilindro de simple efecto, explique su funcionamiento.

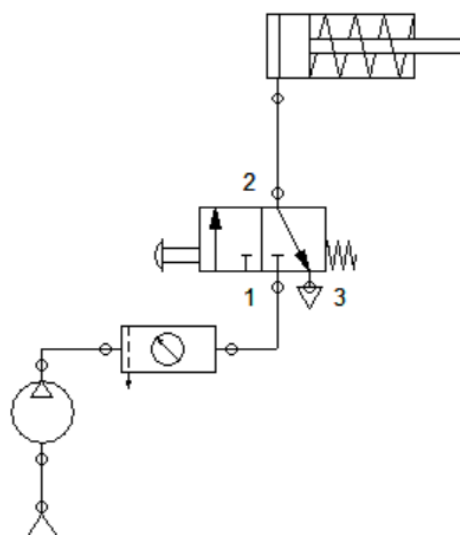


Fig. 4.20. Circuito de mando de un cilindro de simple efecto.

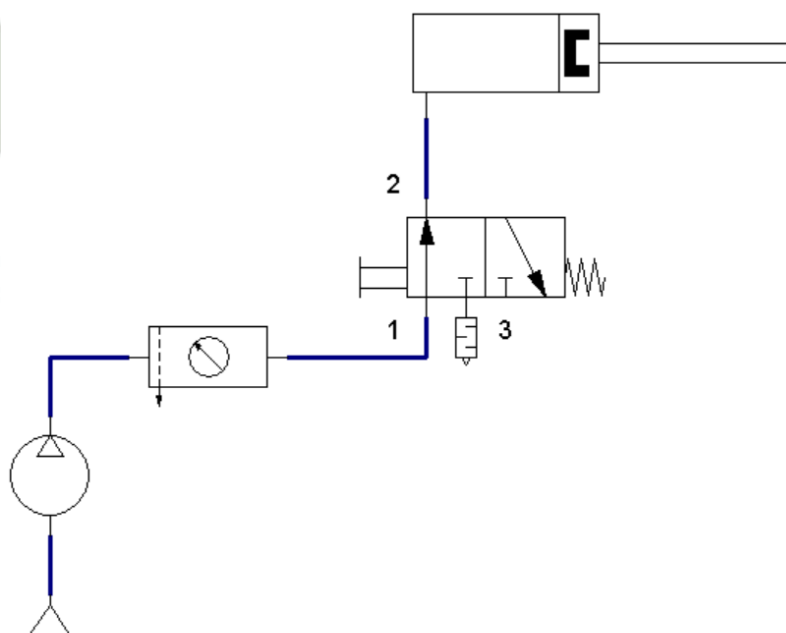


Fig. 4.21. Simulación del circuito de mando para un cilindro de simple efecto.

4.1.2 Explique el diagrama de estados del anterior circuito.

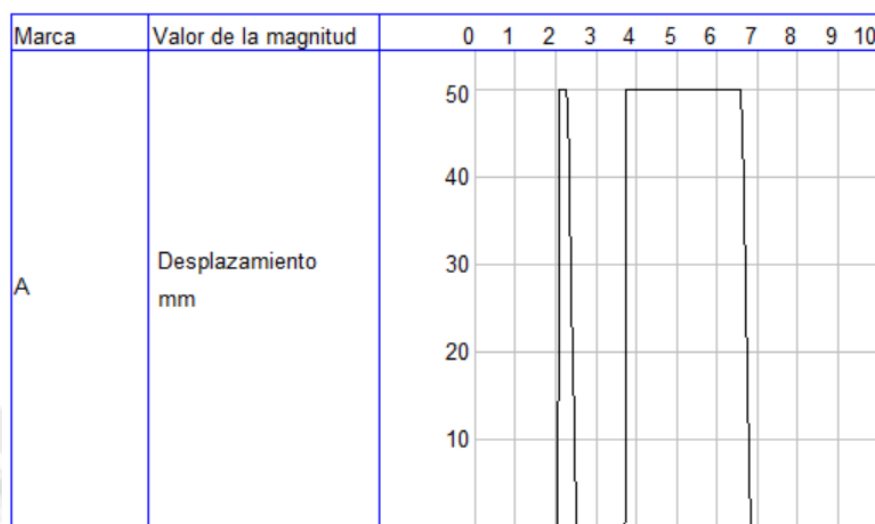


Fig. 4.22. Diagrama de estado del circuito de mando para un cilindro de simple efecto.

- 4.1.3 Implemente el circuito de mando de la pregunta 4.8.1 en el módulo de entrenamiento y explique el funcionamiento.



Fig. 4.23. Implementación del circuito de mando para un cilindro de simple efecto.

- 4.1.4 Simule el circuito de mando a distancia de un cilindro de doble efecto, explique su funcionamiento y diseñe el circuito eléctrico.

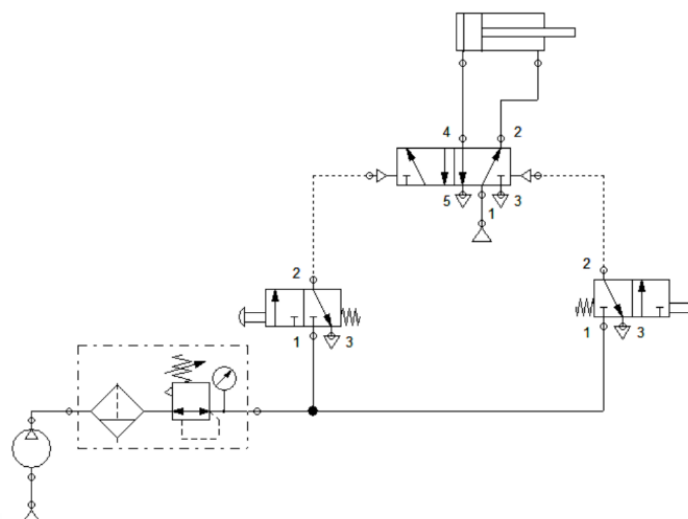


Fig. 4.24. Circuito de mando a distancia de un cilindro de doble efecto.

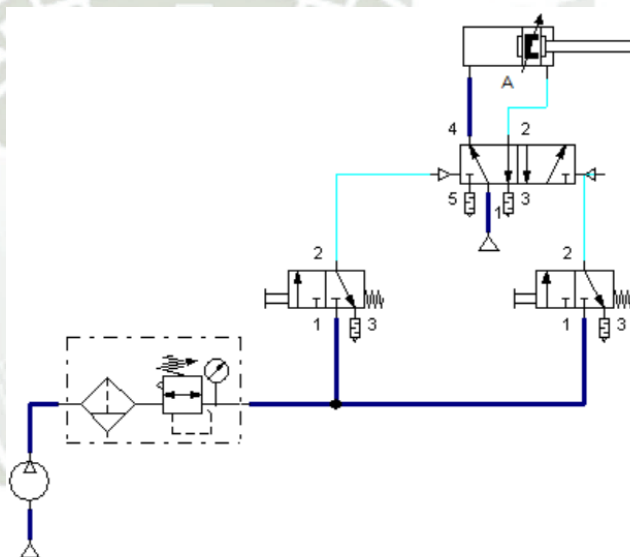


Fig. 4.25. Simulación del circuito de mando a distancia de un cilindro de doble efecto.

4.1.5 Explique el diagrama de estados del anterior circuito.

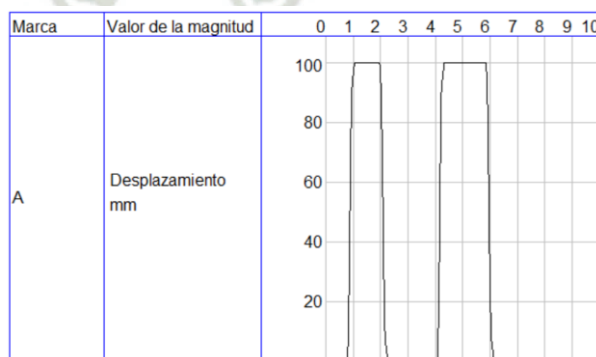


Fig. 4.26. Diagrama de estados del circuito de mando a distancia de un cilindro de doble efecto.

4.1.6 Diseñe un circuito de mando para un cilindro de doble efecto, usando las válvulas monoestables 5/2 con accionamiento manual.

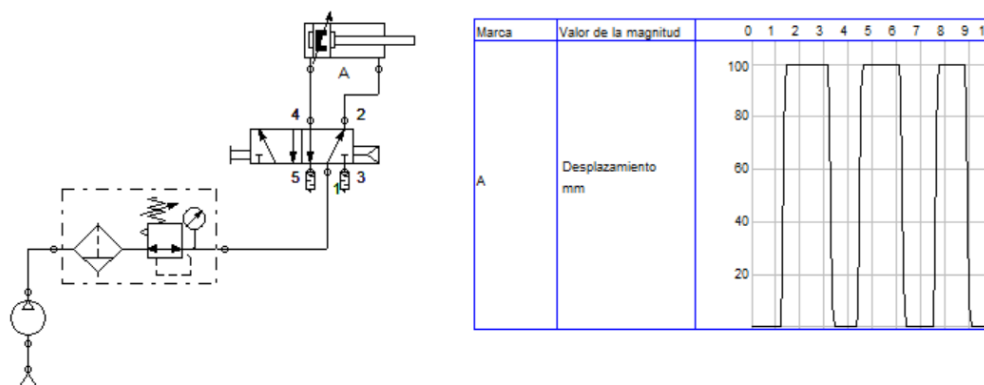


Fig. 4.27. Circuito de mando para un cilindro de doble efecto con válvulas monoestables 5/2.

- 4.1.7 Implemente el circuito de mando de la pregunta 4.8.6 en el módulo de entrenamiento y explique el funcionamiento.



Fig. 4.28. Implementación del circuito de mando para un cilindro de doble efecto con válvulas monoestables 5/2.

- 4.1.8 Diseñe un circuito de mando para un cilindro de doble efecto, usando las válvulas biestables 5/2 con accionamiento manual.

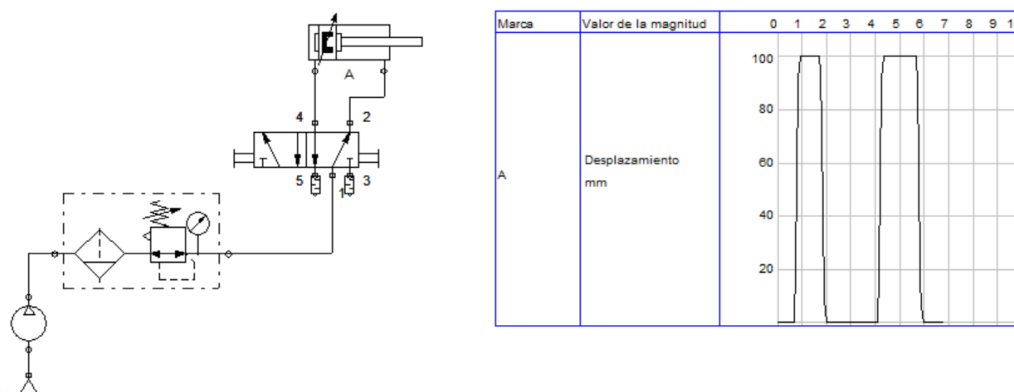


Fig. 4.29. Circuito de mando para un cilindro de doble efecto con válvulas biestables 5/2.

4.1.9 Implemente el circuito de mando de la pregunta 4.8.8 en el módulo de entrenamiento y explique el funcionamiento.



Fig. 4.30. Implementación del circuito de mando para un cilindro de doble efecto con válvulas biestables 5/2.

4.1.10 Diseñe un circuito de mando para un cilindro de doble efecto, usando las válvulas monoestables 3/2 con accionamiento manual.

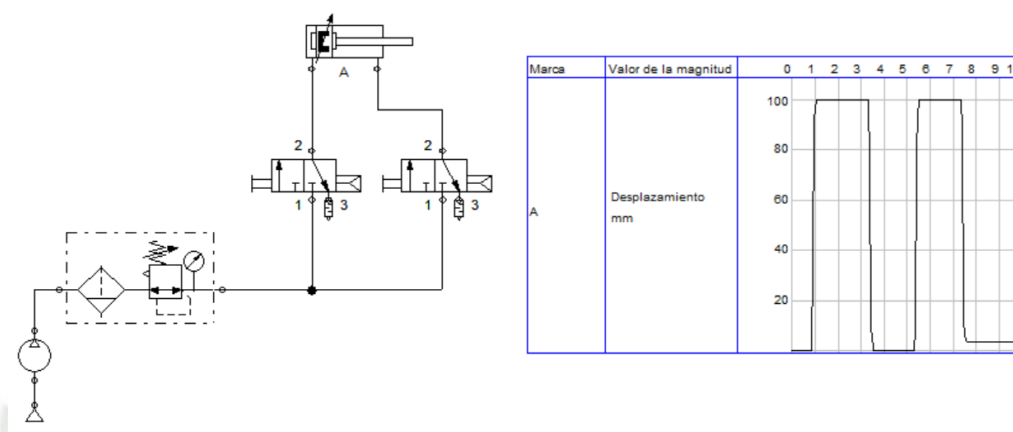


Fig. 4.31. Circuito de mando para un cilindro de doble efecto con válvulas monoestables 3/2.

4.1.11 Implemente el circuito de mando de la pregunta 4.8.10 en el módulo de entrenamiento y explique el funcionamiento.



Fig. 4.32. Implementación del circuito de mando para un cilindro de doble efecto con válvulas monoestables 3/2.

4.1.12 Según el punto 4.4.6 de la fundamentación teórica, diseñe el circuito neumático para solucionar el problema de simultaneidad de señales para la secuencia A+, B+, B-, A-.

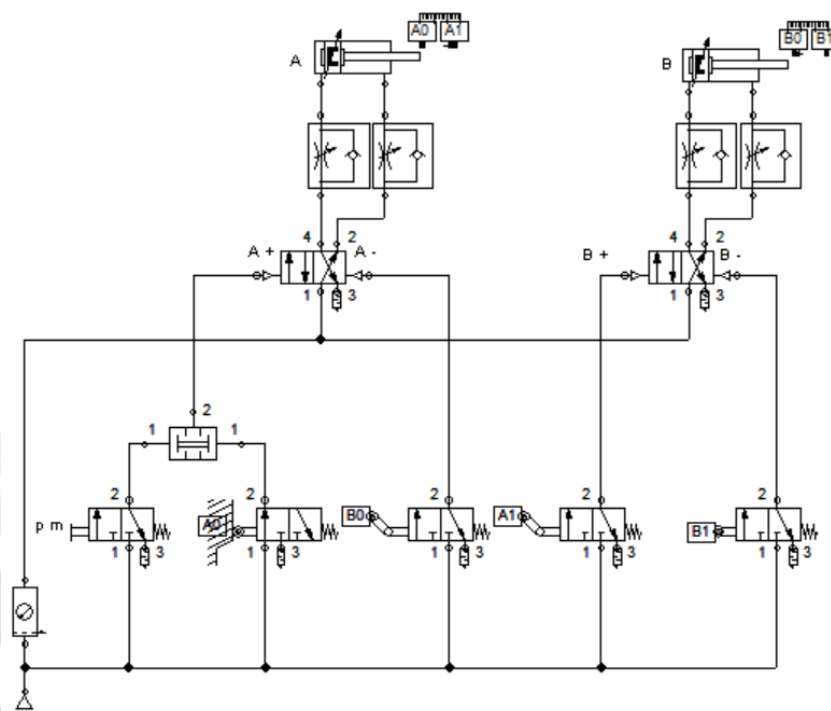


Fig. 4.33. Circuito neumático sin simultaneidad de señales.

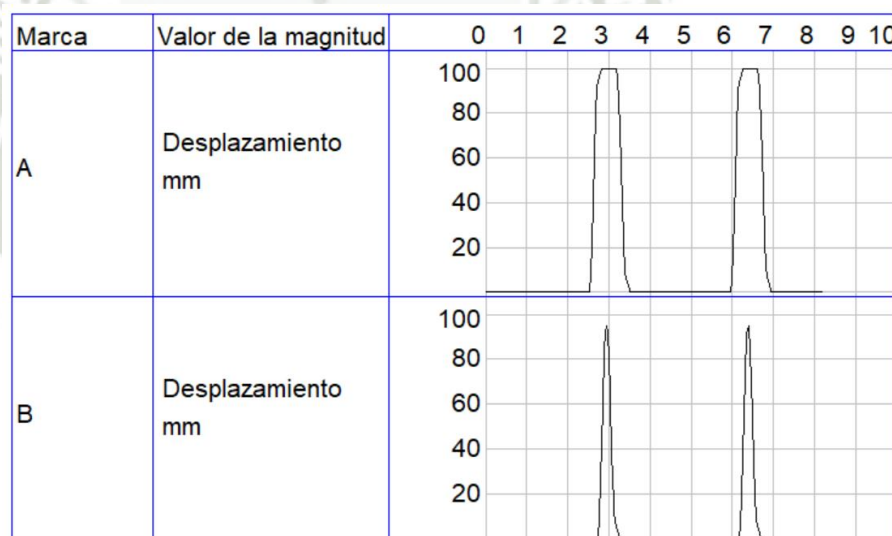


Fig. 4.34. Diagrama de estados para el circuito neumático sin simultaneidad de señales.

4.1.13 Utilizando el método intuitivo, diseñe un circuito neumático con la secuencia A+ B- C+ A- B+ C-.

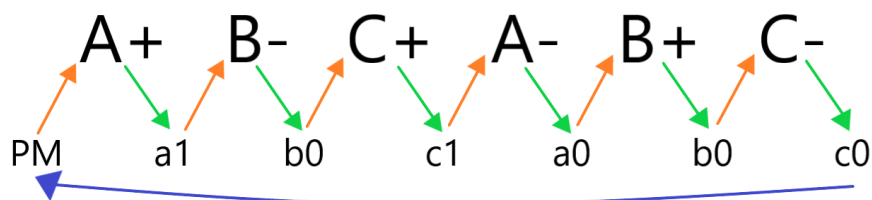


Fig. 4.35. Secuencia para tres cilindros con método intuitivo.

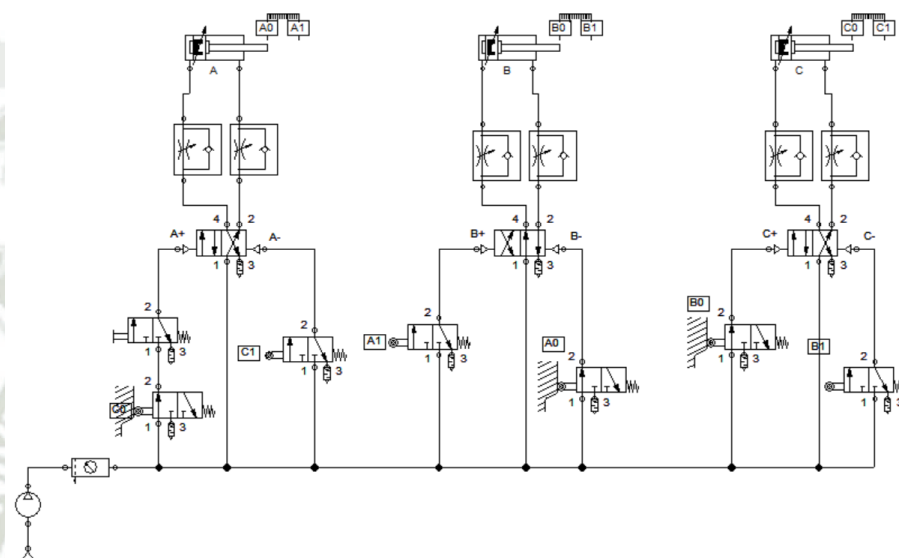


Fig. 4.36. Circuito neumático con método intuitivo para 3 cilindros.

4.1.14 Explique el diagrama de estados de la anterior pregunta.

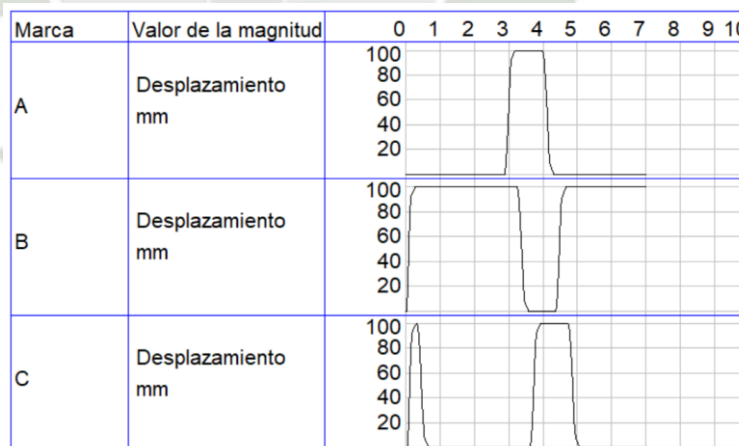


Fig. 4.37. Diagrama de estados para un circuito neumático con método intuitivo para 3 cilindros.

B-5 Solución de la guía de práctica N°5

5.1 Actividades a desarrollar

5.1.1 Diseñe un circuito neumático usando método cascada para la siguiente secuencia: A+, B-, A-, B+, para esto se tiene el siguiente grupo.

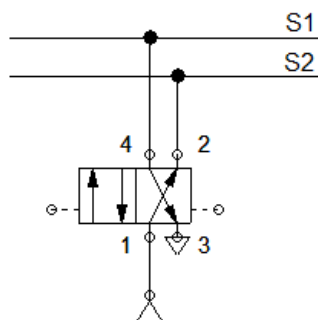


Fig. 5.38. Estructura para 2 grupos.

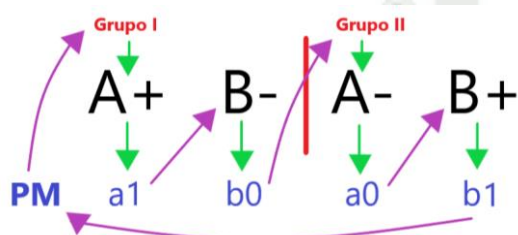


Fig. 5.39. Secuencia para dos cilindros.

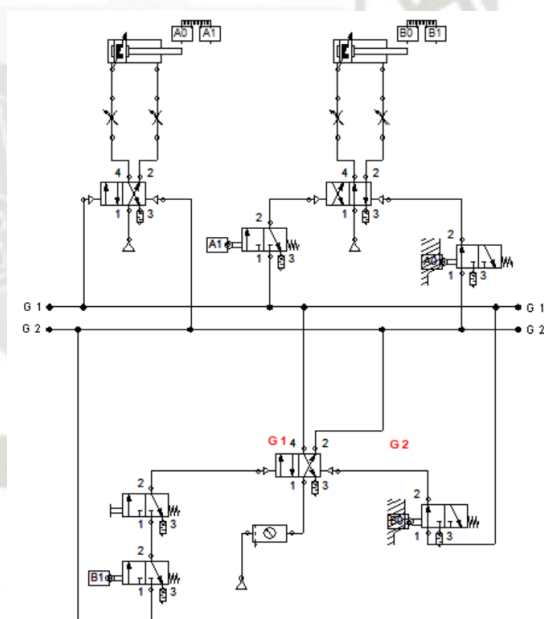


Fig. 5.40. Circuito neumático con método intuitivo para dos cilindros.

5.1.2 Explique el diagrama de estados de la anterior pregunta.

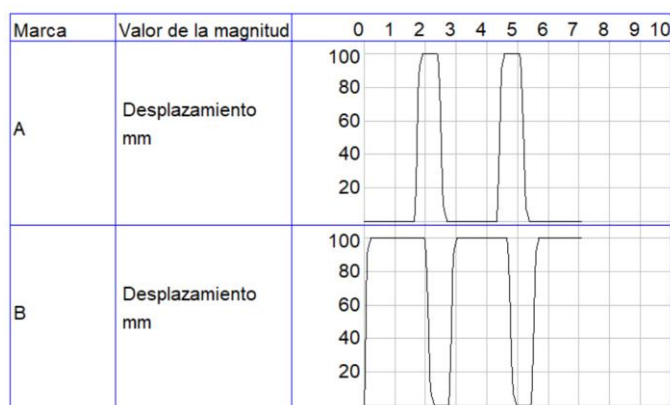


Fig. 5.41. Diagrama de estados de la secuencia para dos cilindros.

5.1.3 Diseñe un circuito neumático usando método cascada para la siguiente secuencia: A+, B+, A-, C+, C-, B-, para esto se tiene el siguiente grupo.

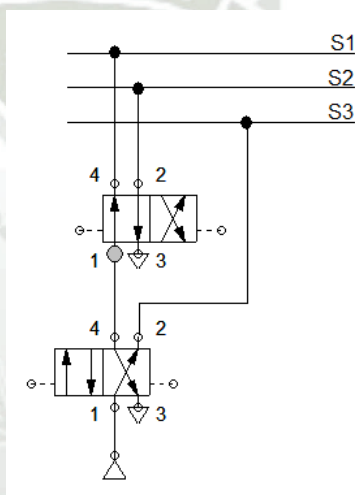


Fig. 5.42. Estructura para 3 grupos.

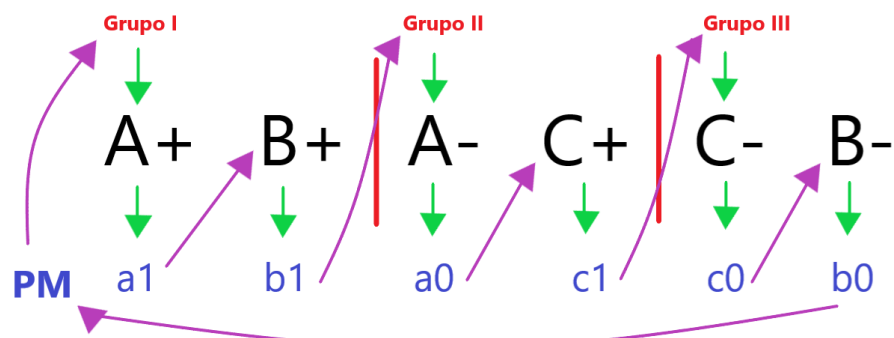


Fig. 5.43. Secuencia de tres cilindros.

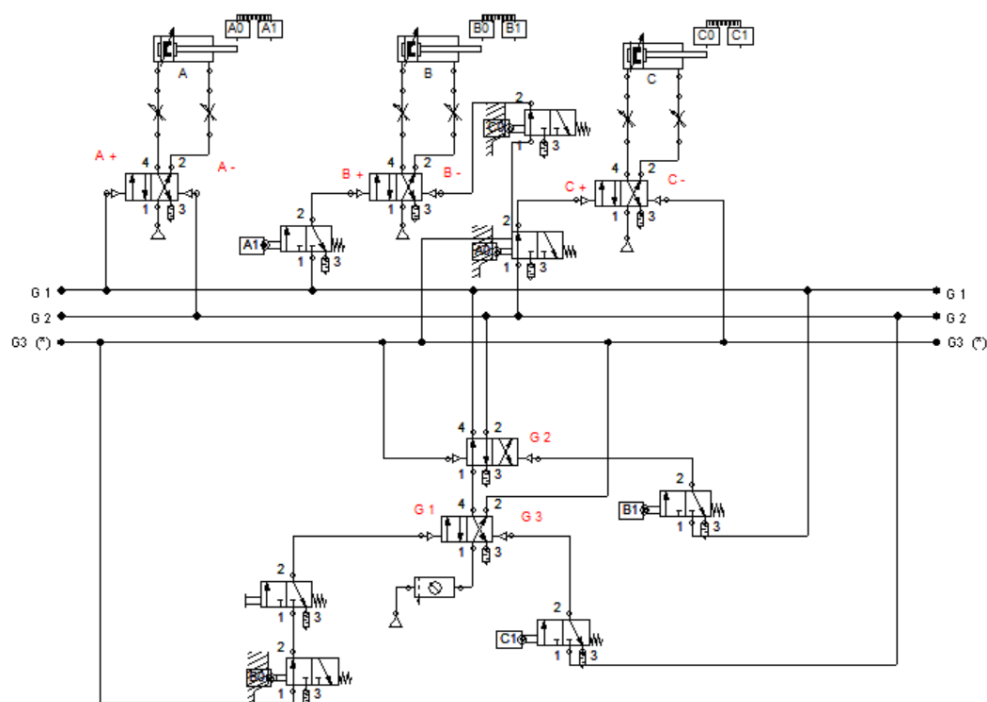


Fig. 5.44. Circuito neumático con método intuitivo para tres cilindros.

5.1.4 Explique el diagrama de estados de la anterior pregunta.

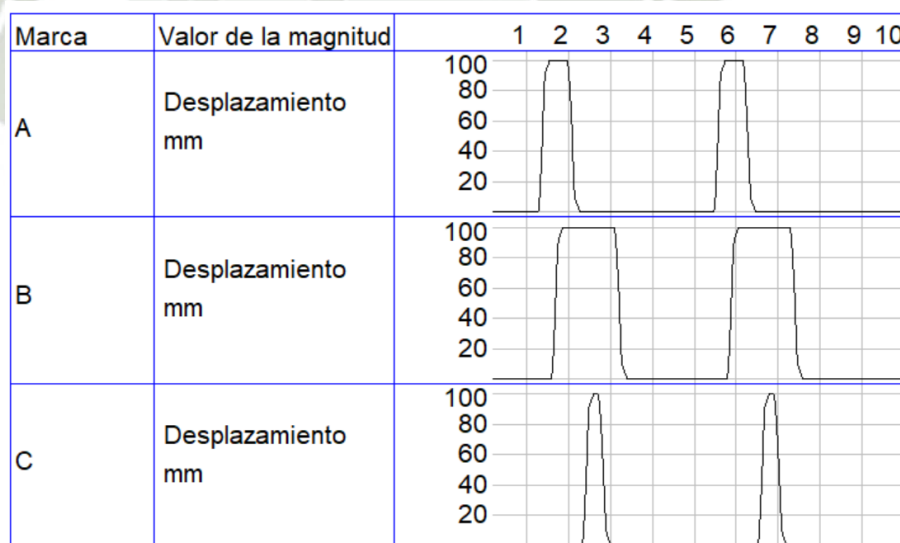


Fig. 5.45. Diagrama de estados de la secuencia para tres cilindros.

5.1.5 Diseñe un circuito neumático usando método cascada para la siguiente secuencia: A+, B+, B-, C-, C+, A-, D+, D-, para esto se tiene el siguiente grupo.

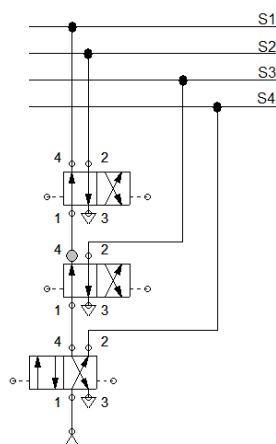


Fig. 5.46. Estructura para 4 grupos.

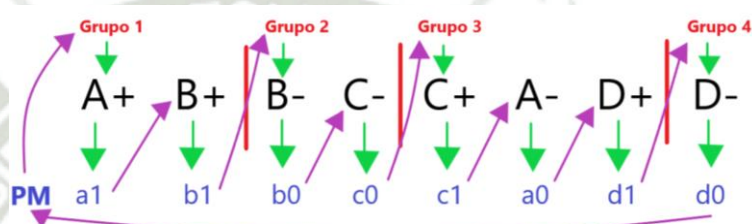


Fig. 5.47. Secuencia de cuatro cilindros

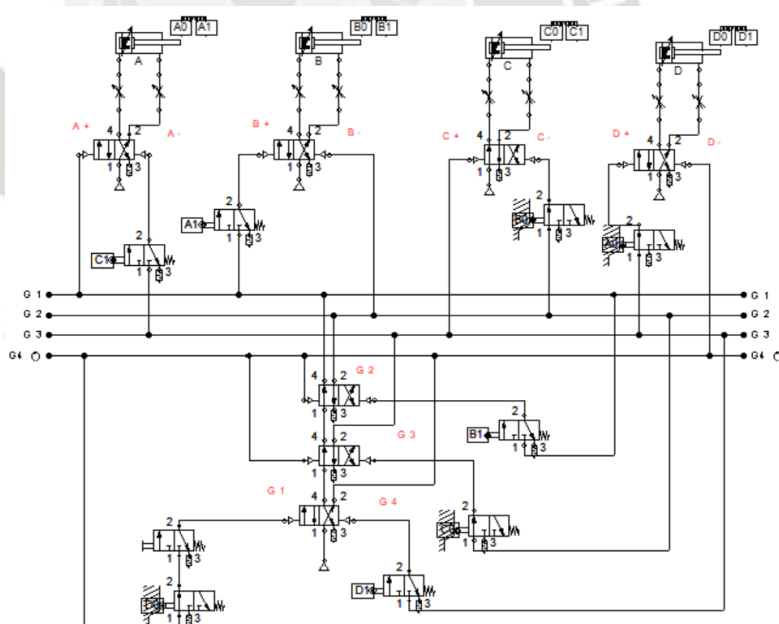


Fig. 5.48. Circuito neumático con método intuitivo para cuatro cilindros.

5.1.6 Explique el diagrama de estados de la anterior pregunta.

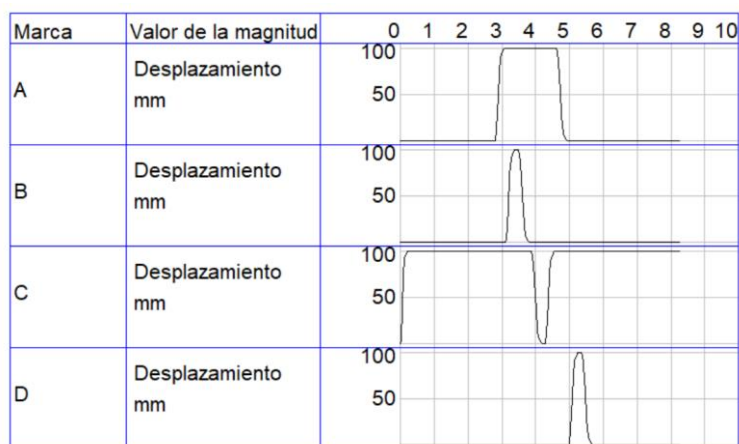


Fig. 5.49. Diagrama de estados de la secuencia para cuatro cilindros.



B-6 Solución de la guía de práctica N°6

6.1 Actividades a desarrollar

6.1.1 Según la secuencia A+, A-, B+, B-, diseñe un sistema electroneumático usando el método cascada.

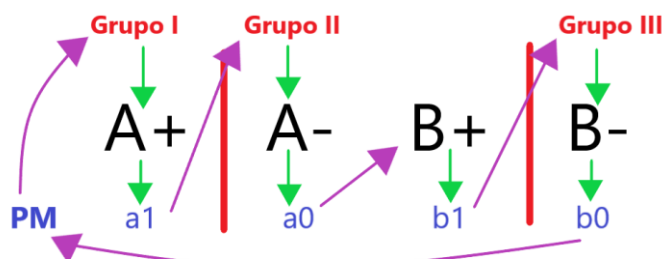


Fig. 6.50. Secuencia para dos cilindros.

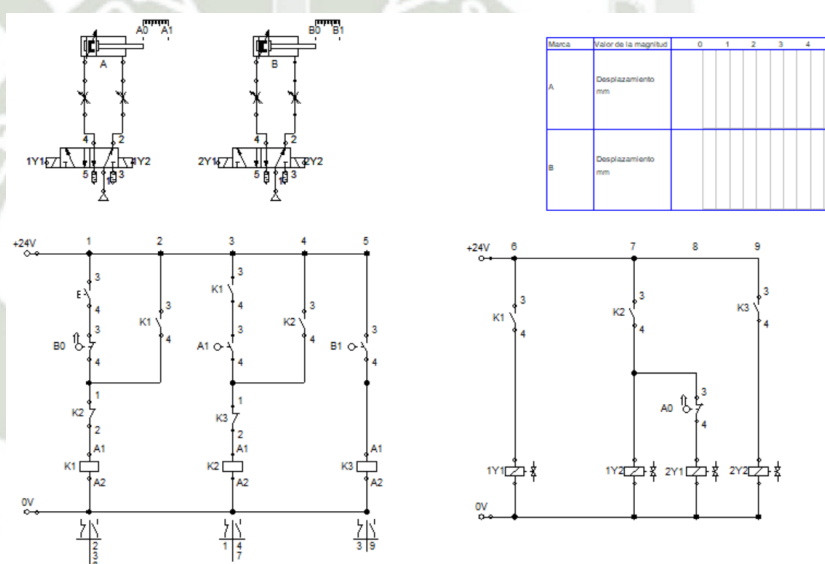


Fig. 6.51. Circuito de alimentación y de movimiento para dos cilindros.

6.1.2 Explique el diagrama de estados de la pregunta anterior.

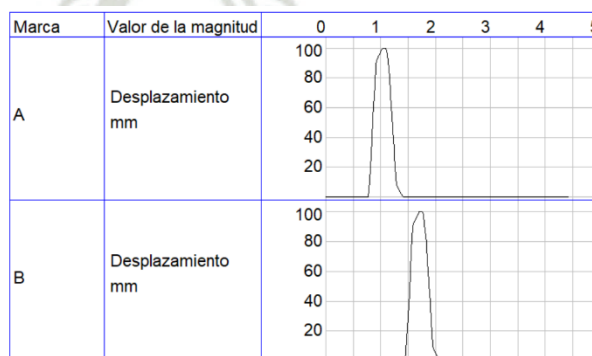


Fig. 6.52. Diagrama de estados para la secuencia de dos cilindros.

6.1.3 Realice las conexiones físicas de la pregunta 4.8.1 con el PLC, y haga la programación en lenguaje Ladder.

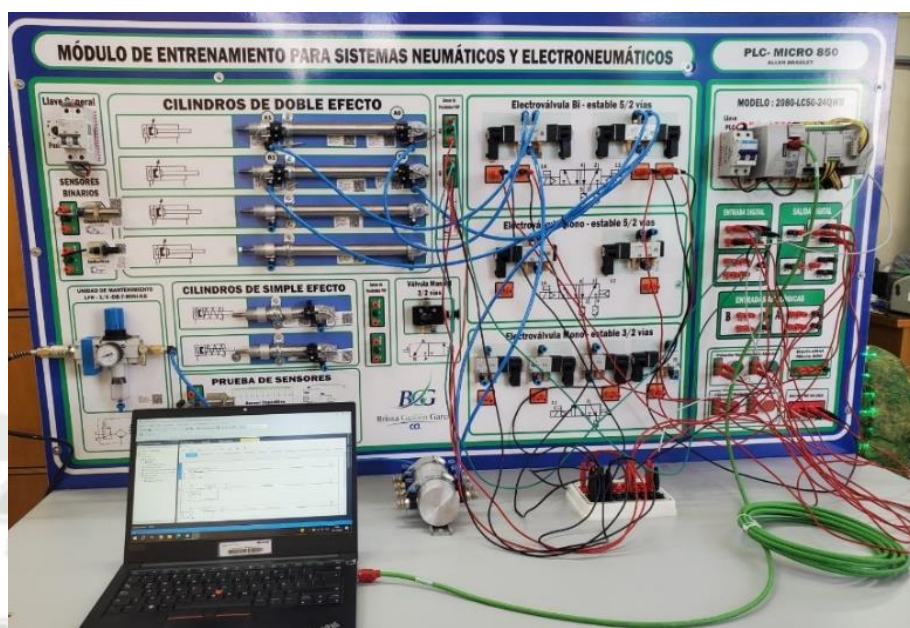


Fig. 6.4. Conexiones físicas de la secuencia de dos cilindros.

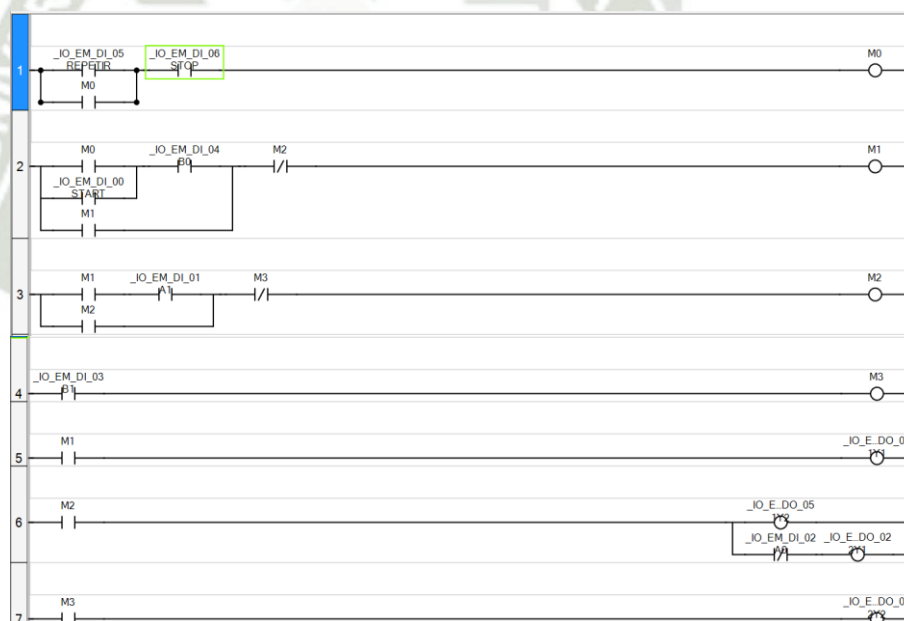


Fig. 6.53. Diagrama Ladder para la secuencia de dos cilindros.

6.1.4 Según la secuencia A+, B+, B-, C+, A-, C-, diseñe un sistema electropneumático usando el método cascada.

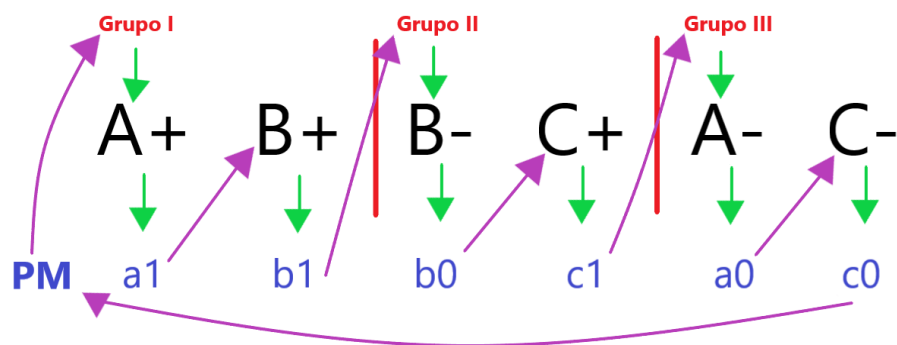


Fig. 6.54. Secuencia para tres cilindros

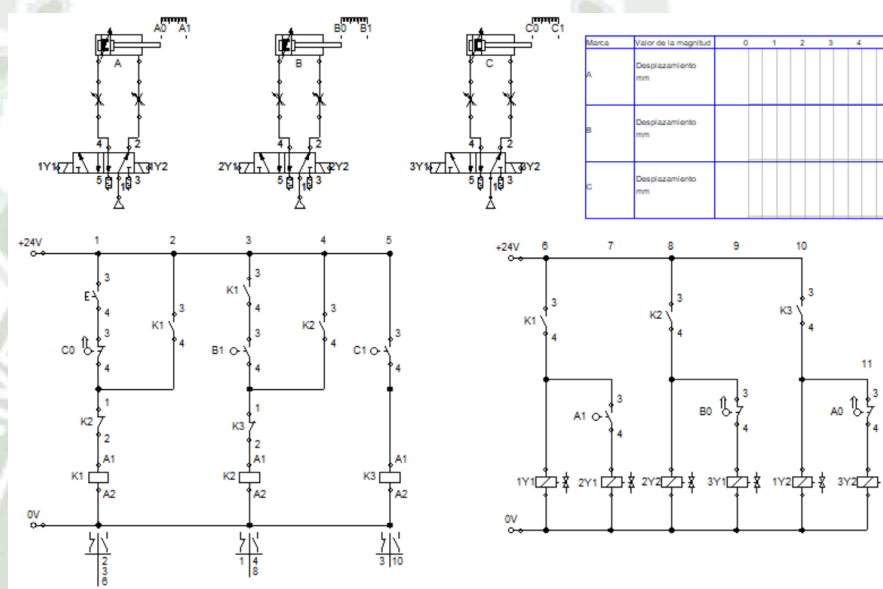


Fig. 6.55. Circuito de alimentación y de movimiento para tres cilindros.

6.1.5 Explique el diagrama de estados de la anterior pregunta.

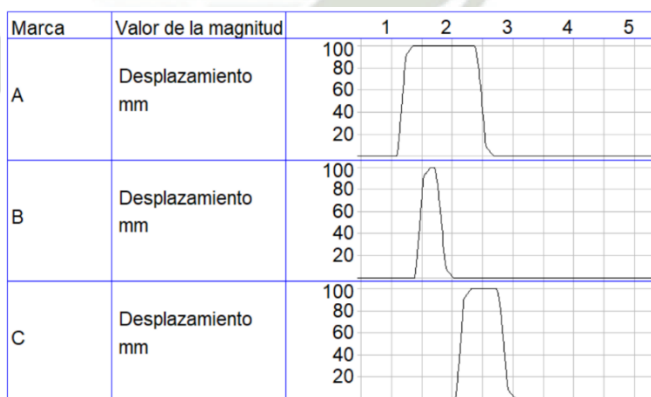


Fig. 6.56. Diagrama de estados para la secuencia de tres cilindros.

6.1.6 Realice las conexiones físicas de la pregunta 4.8.3 con el PLC, y haga la programación en lenguaje Ladder.

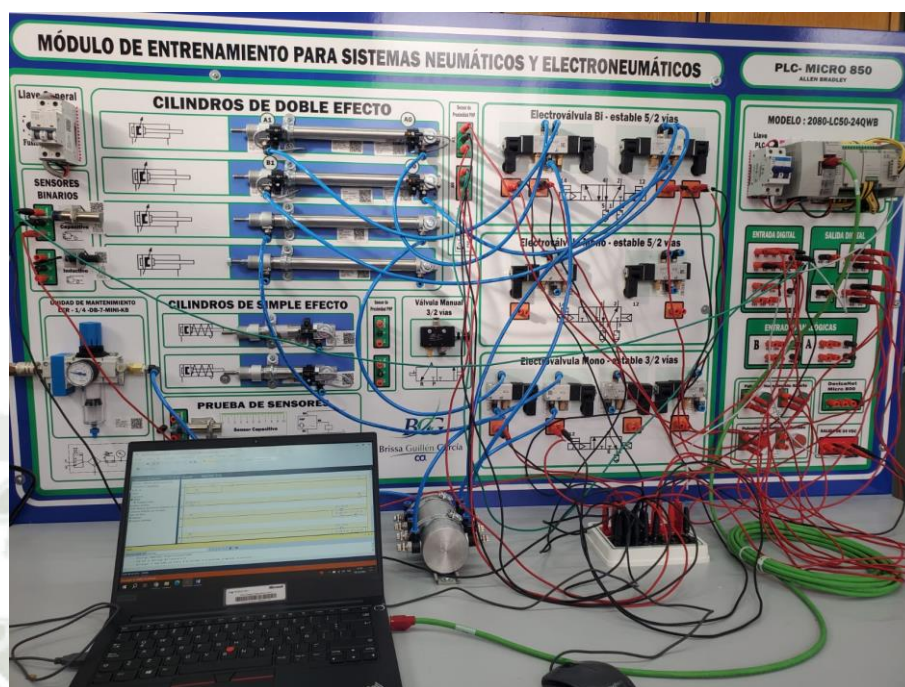


Fig. 6.57. Conexiones físicas de la secuencia de tres cilindros.

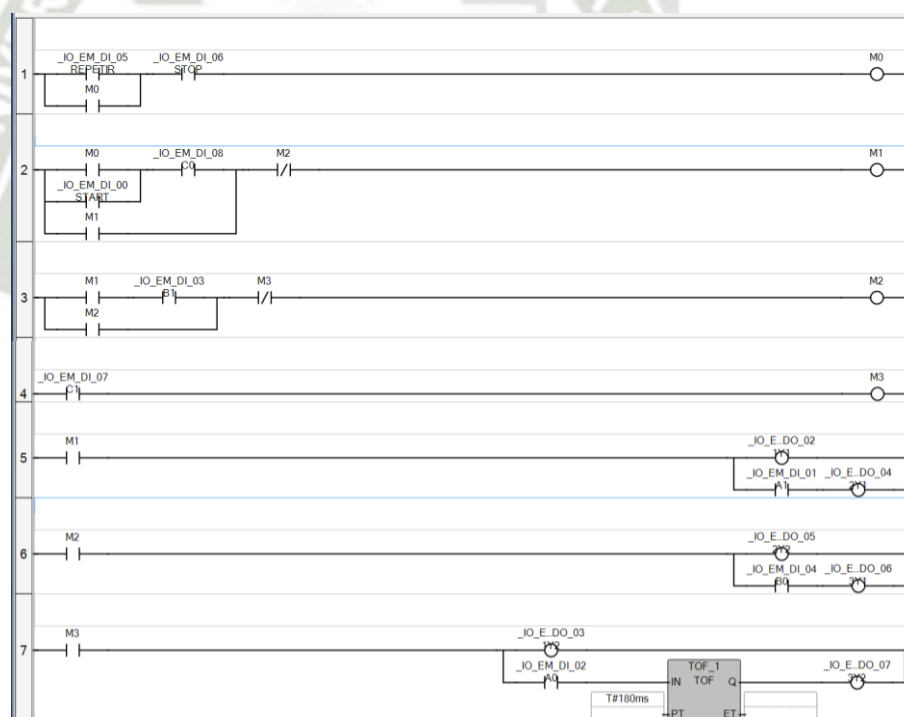


Fig. 6.58. Diagrama Ladder para la secuencia de tres cilindros.

6.1.7 Diseñe un sistema electropneumático con el método cascada para la siguiente secuencia: A+, B+, C+, B-, D+, C-, D-, A-.

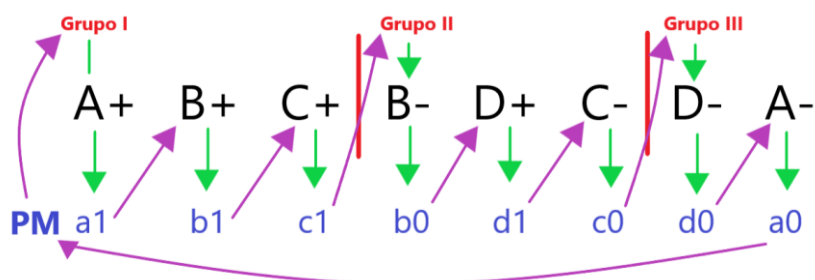


Fig. 6.59. Secuencia para cuatro cilindros

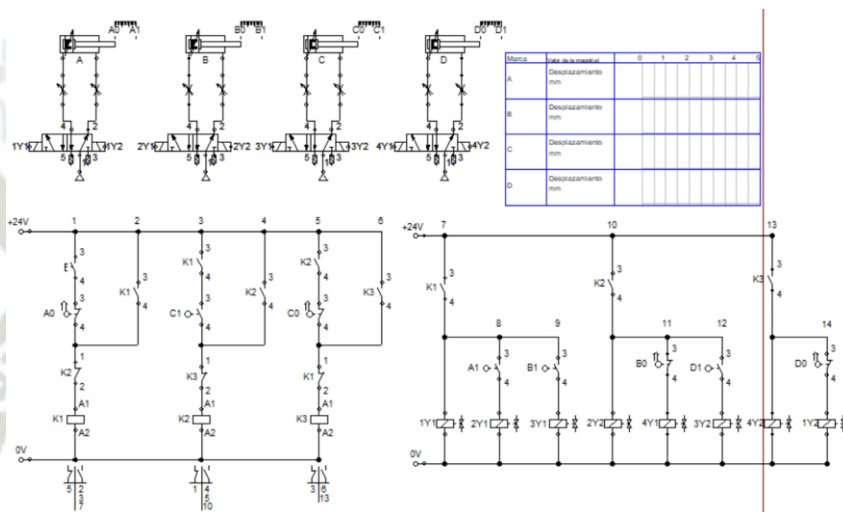


Fig. 6.60. Circuito de alimentación y de movimiento para cuatro cilindros.

6.1.8 Explique el diagrama de estados de la anterior pregunta.

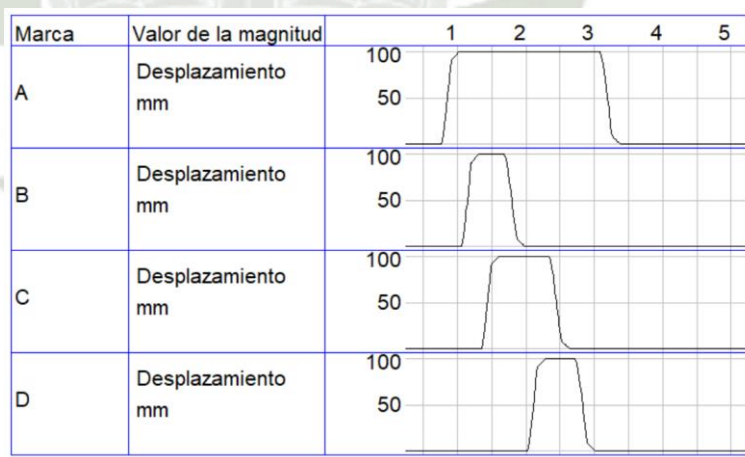


Fig. 6.61. Diagrama de estados para la secuencia de cuatro cilindros.

6.1.9 Realice las conexiones físicas de la pregunta 4.8.6 con el PLC, y haga la programación en lenguaje Ladder.

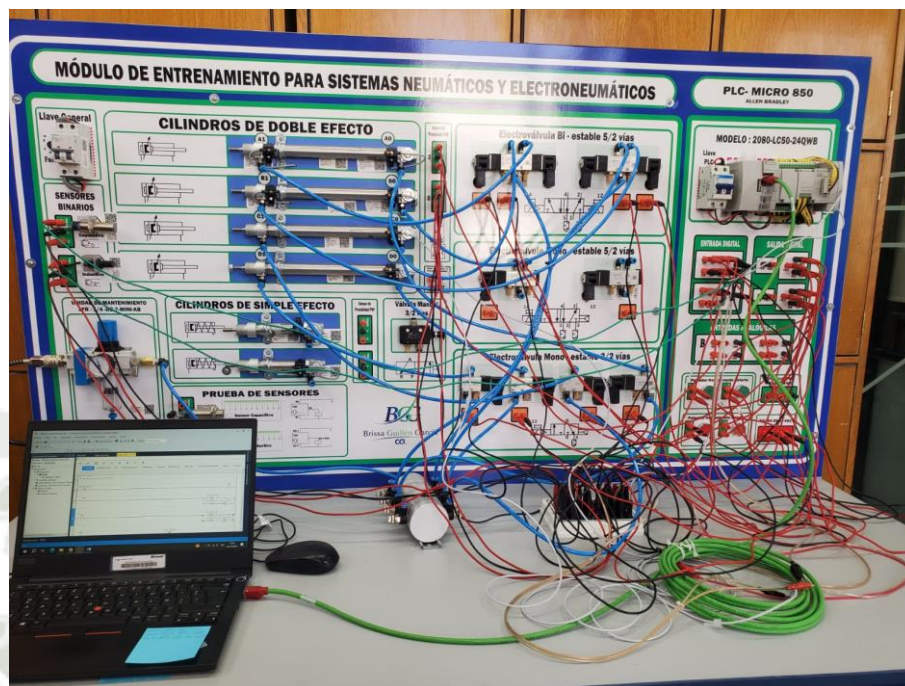


Fig. 6.62. Conexiones físicas de la secuencia de cuatro cilindros.

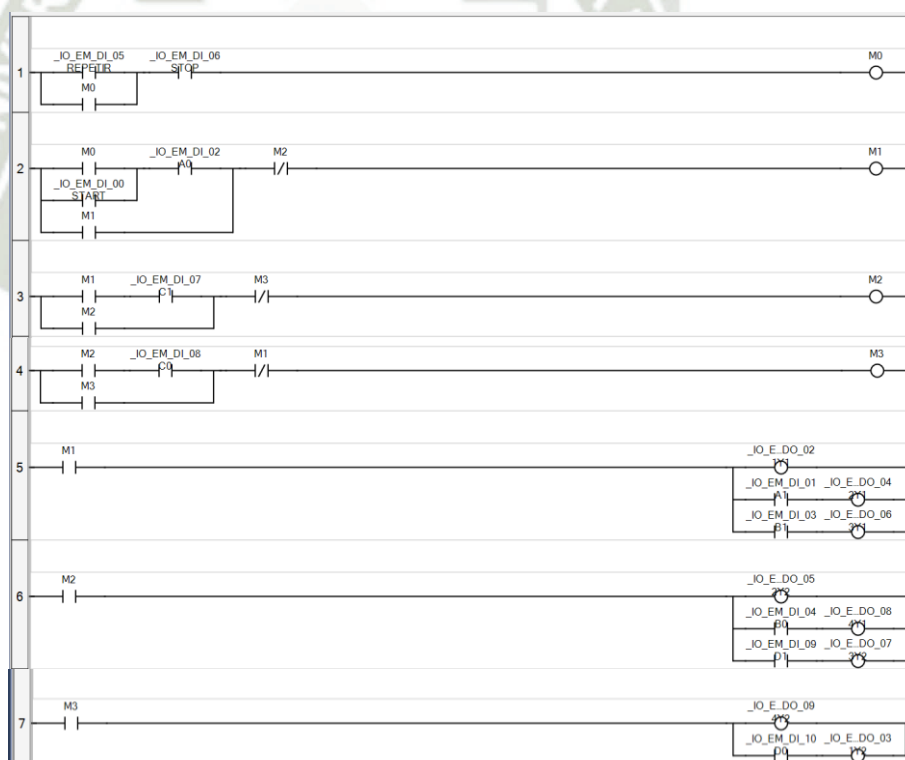


Fig. 6.63. Diagrama Ladder para la secuencia de cuatro cilindros.

B-7 Solución de la guía de práctica N°7

7.1 Actividades a desarrollar

7.1.1 Para la secuencia A+, B+, A-, C+, C-, B-, diseñe un sistema electroneumático utilizando el método paso a paso.

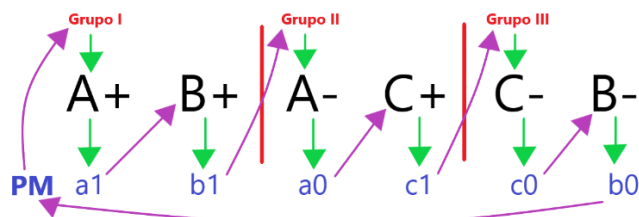


Fig. 7.66. Secuencia requerida usando 3 cilindros.

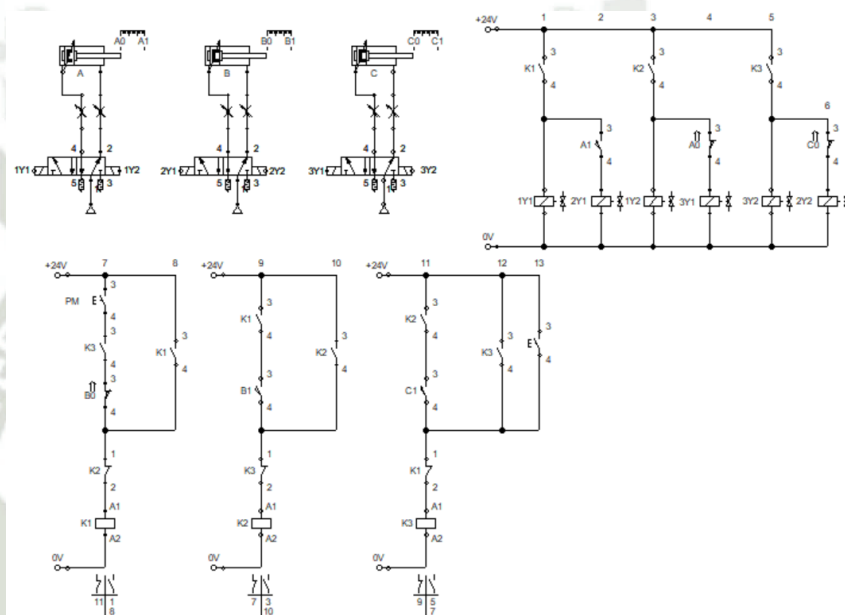


Fig. 7.67. Circuito de fuerza y de mando para la secuencia de tres cilindros.

7.1.2 Explique el diagrama de estados de la anterior pregunta.

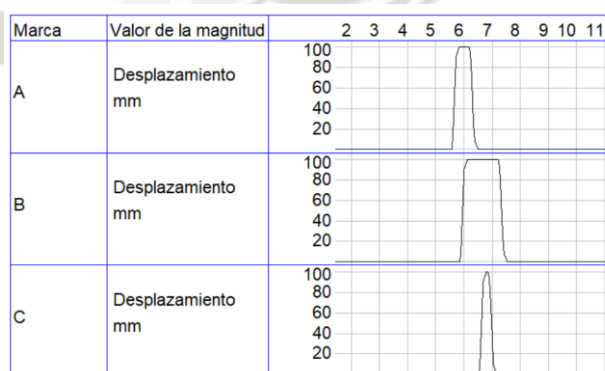


Fig. 7.3. Diagrama de estados de la secuencia para tres cilindros.

7.1.3 Realice las conexiones físicas de la pregunta 4.8.1 con el PLC, y haga la programación en lenguaje Ladder.

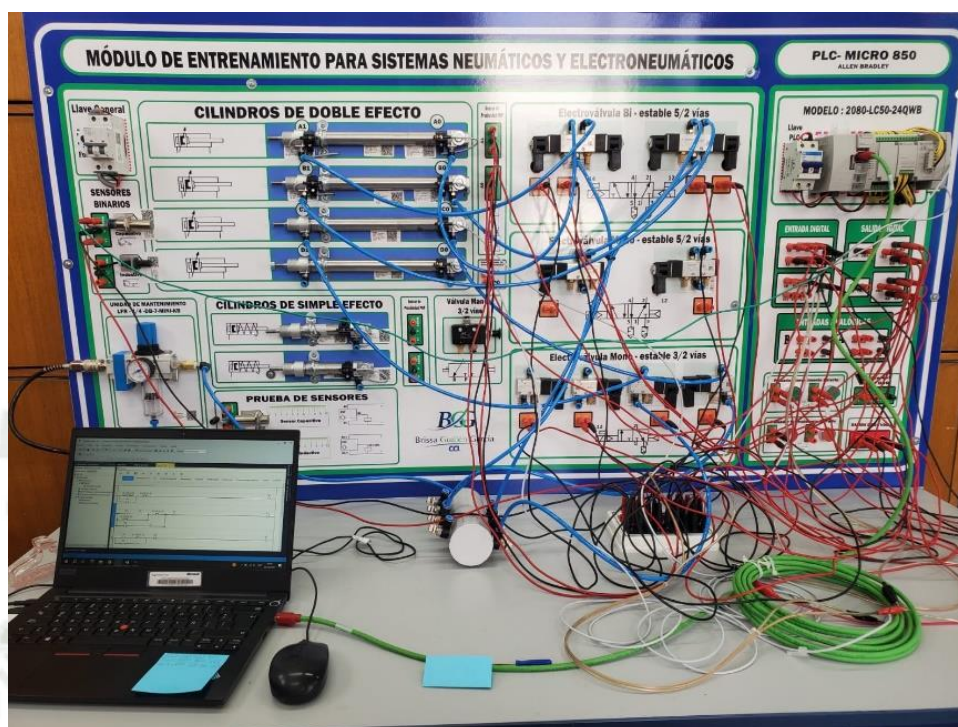


Fig. 7.68. Conexiones físicas de la secuencia para 3 cilindros.

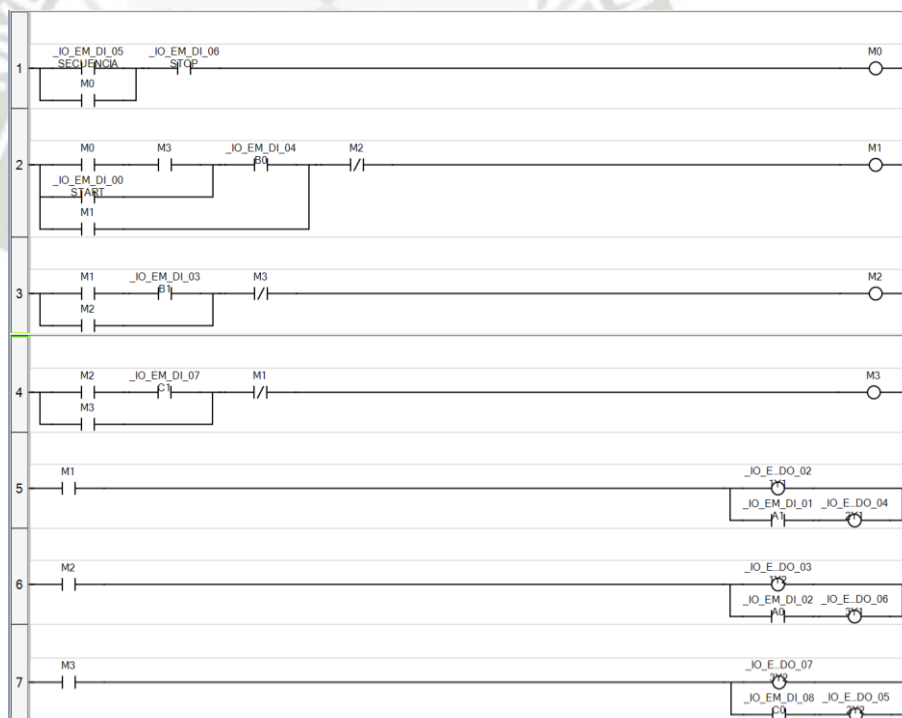


Fig. 7.69. Diagrama Ladder de la secuencia para tres cilindros.

7.1.4 Diseñe un sistema electropneumático con el método paso a paso para la siguiente secuencia: B+, A+, B-, A-.

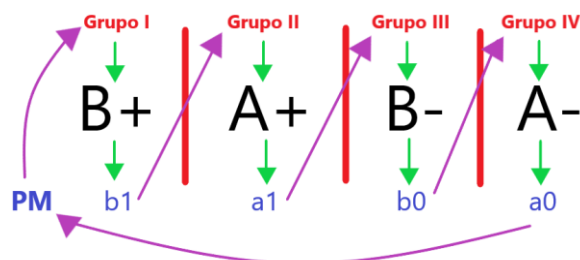


Fig. 7.70. Secuencia requerida usando dos cilindros.

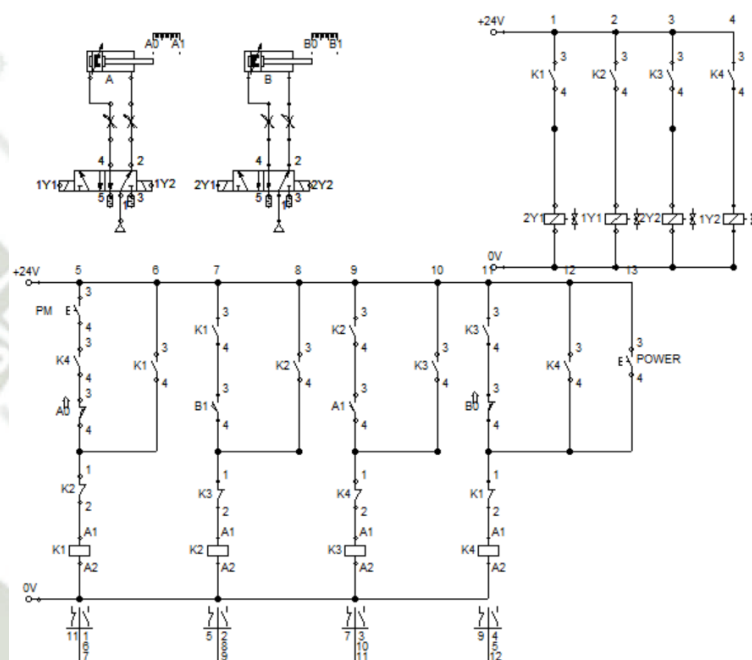


Fig. 7.71. Circuito de fuerza y de mando para la secuencia de dos cilindros.

7.1.5 Explique el diagrama de estados de la anterior pregunta.

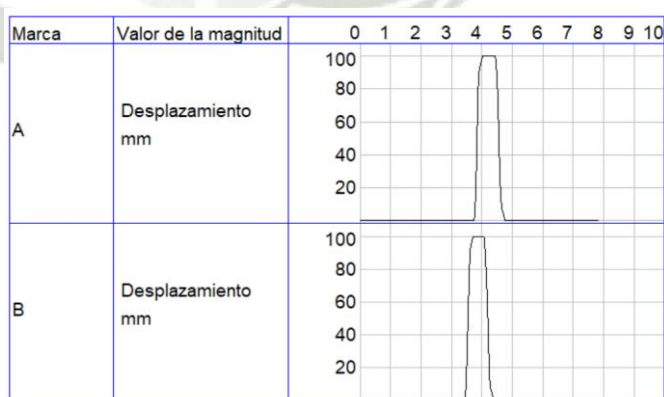


Fig. 7.72. Diagrama de estados de la secuencia para dos cilindros.

7.1.6 Realice las conexiones físicas de la pregunta 4.8.4 con el PLC, y haga la programación en lenguaje Ladder.

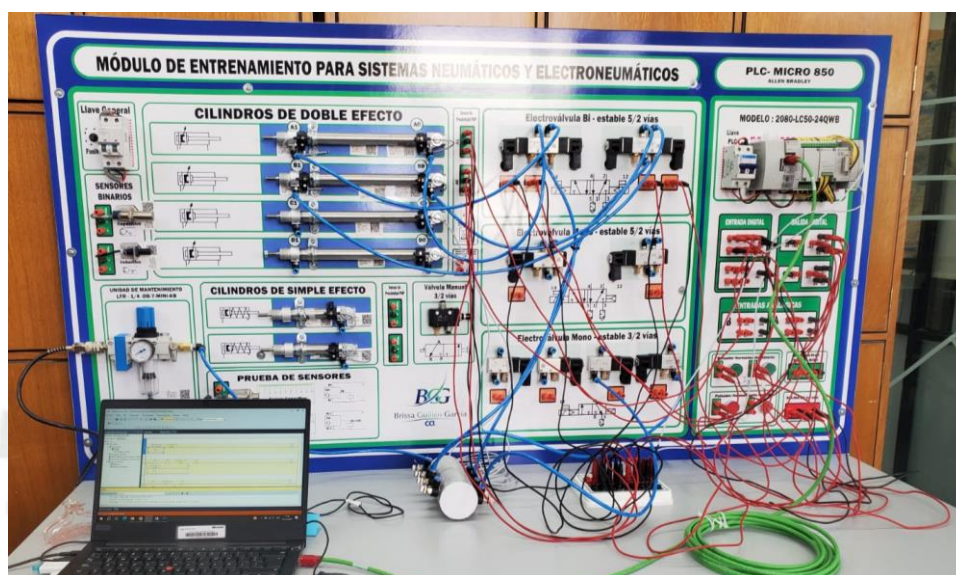


Fig. 7.73. Conexiones físicas de la secuencia para dos cilindros.

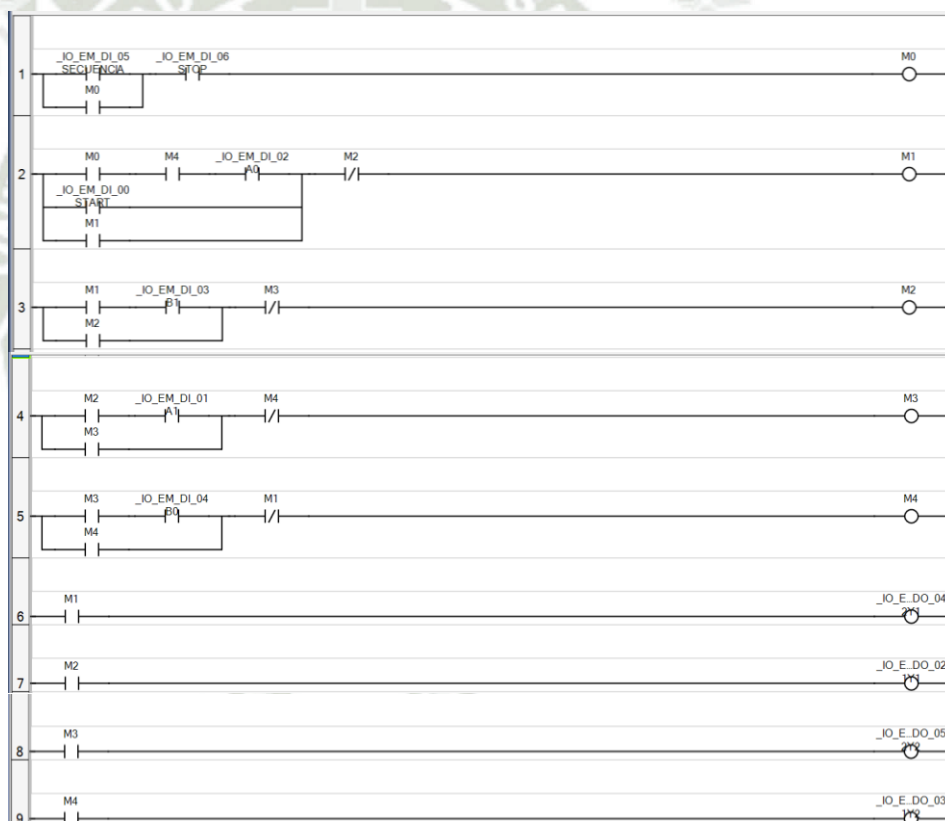


Fig. 7.74. Diagrama Ladder de la secuencia para dos cilindros.

ANEXO C
RÚBRICAS DE LAS GUÍAS DE
PRÁCTICA

RÚBRICA DE LA GUÍA DE PRÁCTICA 1

CRITERIOS DE EVALUACIÓN	PESO (%)	DEFICIENTE (0 - 59%)	SATISFACTORIO (60-74%)	BUENO (75 - 89%)	EXCELENTE (90-100%)
Cuestionario Previo y Cuestionario Final	15%	Respuestas incorrectas o no demuestra comprensión del funcionamiento.	Comprende el funcionamiento general, pero falla en explicar la lógica interna.	Responde correctamente analizando cómo interactúan válvulas y cilindros.	Demuestra un dominio integral de cómo las especificaciones técnicas dictan el diseño del sistema.
Simbología de Cilindros Neumáticos	10%	No identifica los símbolos o confunde cilindros de simple y doble efecto.	Identifica símbolos básicos, pero omite detalles.	Dibuja e identifica correctamente los símbolos de la mayoría de cilindros.	Identifica cilindros con amortiguación ajustable y vástago simple/doble con precisión.
Especificaciones Técnicas (Cilindros)	15%	Desconoce conceptos de carrera, diámetro y fuerza.	Identifica especificaciones básicas, pero no sabe cómo afectan el funcionamiento.	Describe correctamente variables como presión de trabajo y consumo de aire.	Explica detalladamente diámetro del émbolo, carrera, fuerzas de avance/retroceso y materiales de construcción.
Simbología de Accionamientos de Válvulas	10%	Confunde los tipos de accionamiento.	Identifica accionamientos comunes, pero falla en símbolos compuestos.	Identifica correctamente la mayoría de accionamientos	Identifica con exactitud accionamientos neumáticos, eléctricos, manuales y mecánicos.
Especificaciones de Válvulas y Electroválvulas	15%	No interpreta datos de placas técnicas o catálogos.	Identifica datos básicos, pero no distingue entre funciones.	Describe correctamente el número de vías, posiciones y tipo de la válvula.	Domina conceptos de conmutación, voltajes de bobina y tipos de pilotaje.
Criterio de Habilidad y Destreza	15%	Incapaz de localizar los componentes en el banco de trabajo o de leer sus placas.	Localiza componentes con ayuda. Tiene dificultad para diferenciar válvulas físicamente similares.	Encuentra los componentes con rapidez y reconoce sus puertos.	Muestra agilidad excepcional para identificar equipos. Reconoce componentes reales y los vincula con su símbolo sin errores.
Normas de Seguridad	10%	No respeta las normas de seguridad (uso de aire comprimido). Desordenado.	Trabaja con precaución básica, pero requiere recordatorios sobre el orden de las mangueras/cables.	Mantiene un área de trabajo organizada y sigue los protocolos de conexión y desconexión segura.	Demuestra liderazgo en seguridad. Maneja el aire comprimido con responsabilidad y mantiene el banco de trabajo impecable.
Conclusiones	5%	Menos de 3 conclusiones.	5 conclusiones muy breves o genéricas.	5 conclusiones válidas que resumen lo aprendido.	5 conclusiones técnicas de alto nivel que relacionan la simbología con la aplicación real.
Referencias, Orden y Presentación	5%	Documento descuidado, sin referencias formato.	Presentación aceptable, referencias incompletas.	Documento bien estructurado con bibliografía técnica adecuada.	Presentación profesional, uso de catálogos de fabricantes como referencia y excelente redacción.

CRITERIOS DE EVALUACIÓN	PESO (%)	DEFICIENTE (0 - 59%)	SATISFACTORIO (60-74%)	BUENO (75 - 89%)	EXCELENTE (90-100%)
Cuestionario Previo	10%	No presenta o las respuestas son incorrectas.	Respuestas incompletas.	Respuestas mayormente correctas y fundamentadas.	Respuestas completas, correctas y con citas bibliográficas precisas.
Especificaciones Técnicas de los PLCs	20%	Omite datos técnicos críticos de la familia de PLCs.	Menciona datos generales, pero se confunde entre modelos.	Describe correctamente la mayoría de las especificaciones de los PLCs.	Describe detalladamente tipos de E/S y puertos de cada modelo con precisión técnica.
Arquitectura Externa y Direccionamiento E/S	15%	No identifica los componentes físicos ni el formato de las etiquetas de E/S.	Identifica partes, pero comete errores en la nomenclatura de direccionamiento.	Identifica correctamente la arquitectura y el direccionamiento básico de las E/S.	Identifica con precisión cada parte física y domina el direccionamiento de E/S.
Configuración y Programación	15%	No logra establecer comunicación ni cargar un programa básico.	Configura la red con ayuda constante. El programa tiene errores lógicos.	Configura la red y programa secuencias básicas con ayuda.	Realiza la configuración de red, descarga y ejecuta los programas de forma autónoma y funcional.
Criterio de Desempeño	15%	Muestra inseguridad, desconoce el uso del software CCW y no identifica terminales.	Manipula el equipo con dudas, requiere supervisión para evitar errores de conexión.	Demuestra habilidad en el uso del software y seguridad al realizar las conexiones físicas.	Demuestra alta destreza, rapidez y seguridad en el manejo del hardware y el entorno de software.
Cuestionario Final	10%	No responde o demuestra no haber comprendido la práctica.	Responde parcialmente. Confunde conceptos básicos.	Responde correctamente la mayoría de las preguntas.	Demuestra un dominio total de los temas de reconocimiento, red y direccionamiento.
Conclusiones	5%	Menos de 3 conclusiones.	Presenta 5 conclusiones, pero son poco técnicas.	Presenta 5 conclusiones válidas.	Presenta 5 conclusiones críticas y técnicas.
Referencias	5%	Sin referencias	Referencias incompletas.	Referencias en formato adecuado.	Referencias bibliográficas de calidad.
Orden y Presentación	5%	Documento desordenado, sin estructura y con mala ortografía.	Presentación básica; falta limpieza en los diagramas o capturas de pantalla.	Documento bien estructurado, limpio y fácil de leer.	Presentación profesional, excelente redacción, diagramas claros y capturas bien documentadas.

RÚBRICA DE LA GUÍA DE PRÁCTICA 3					
CRITERIOS DE EVALUACIÓN	PESO (%)	DEFICIENTE (0 - 59%)	SATISFACTORIO (60-74%)	BUENO (75 - 89%)	EXCELENTE (90-100%)
Cuestionario Previo y Cuestionario Final	25%	No presenta el cuestionario o las respuestas son incorrectas.	Respuestas incompletas o teóricamente débiles.	Respuestas correctas en su mayoría.	Respuestas precisas y bien fundamentadas.
Conexión de Sensores a PLC	15%	No logra conectar el sensor o realiza conexiones que ponen en riesgo el equipo.	Conecta el sensor, pero requiere mucha ayuda para identificar hilos o el tipo de salida.	Realiza la conexión correctamente, pero con lentitud. Identifica el tipo de sensor.	Realiza conexiones, seguras y correctas a la primera.
Mediciones de Distancia	15%	Las mediciones son erróneas.	Registra mediciones, pero no respeta el método de acercamiento.	Realiza mediciones de distancia para todos los materiales con errores mínimos.	Registra datos exactos de detección para cada material, respetando los límites del sensor.
Análisis de las Mediciones	15%	No existe análisis; solo se presentan datos sueltos.	Compara superficialmente los sensores, pero no explica por qué varían las distancias.	Analiza la relación entre el material y la distancia de detección de forma coherente.	Realiza un análisis profundo y justifica los resultados obtenidos.
Desempeño	15%	No sigue las normas de seguridad. Trabaja de forma desinteresada o desorganizada.	Sigue las normas básicas, pero requiere supervisión constante para mantener el orden.	Trabaja de forma ordenada, cumple con los tiempos y sigue el procedimiento establecido.	Demuestra un comportamiento ejemplar: proactivo, respeta protocolos de seguridad y mantiene su área de trabajo impecable.
Conclusiones	5%	Conclusiones irrelevantes o menos de 3.	Presenta 5 conclusiones, pero son muy generales.	Presenta 5 conclusiones técnicas basadas en los resultados.	Presenta 5 conclusiones críticas que vinculan la teoría con los hallazgos experimentales.
Referencias, Orden y Presentación	10%	Documento descuidado, sin referencias o formato.	Presentación aceptable, referencias incompletas.	Documento bien estructurado con bibliografía técnica adecuada.	Presentación profesional, uso de catálogos de fabricantes como referencia y excelente redacción.

RÚBRICA DE LA GUÍA DE PRÁCTICA 4

CRITERIOS DE EVALUACIÓN	PESO (%)	DEFICIENTE (0 - 59%)	SATISFACTORIO (60-74%)	BUENO (75 - 89%)	EXCELENTE (90-100%)
Cuestionario Previo y Cuestionario Final	25%	No presenta el cuestionario o las respuestas son incorrectas.	Respuestas incompletas o teóricamente débiles.	Respuestas correctas en su mayoría.	Respuestas precisas y bien fundamentadas.
Diseño de Circuitos Neumáticos por Método Intuitivo (3 Ejercicios)	40%	El diseño, simulación o explicación de más de 2 de los 3 ejercicios es incorrecto o incompleto.	El diseño, simulación y/o explicación es correcto para 1 de los 3 ejercicios.	El diseño, simulación y explicación es correcto para 2 de los 3 ejercicios.	El diseño, simulación y explicación son correctos, eficientes y detallados para los 3 ejercicios. Demuestra plena comprensión del método intuitivo.
Desempeño y Habilidad Práctica (Uso de Software)	15%	No logra simular los circuitos en el software. No identifica los elementos ni realiza las conexiones correctamente.	Logra simular el circuito con errores. Muestra dudas al identificar elementos.	Simula el circuito mostrando confianza en la identificación de elementos y la realización de conexiones. Los errores son mínimos.	Demuestra plena seguridad y habilidad al utilizar el software, identificando la simbología y realizando las conexiones físicas virtuales de manera rápida y precisa.
Conclusiones	10%	No presenta conclusiones o son menos de 3.	Presenta de 3 a 4 conclusiones, pero son superficiales.	Presenta las 5 conclusiones requeridas, las cuales son válidas y reflejan un aprendizaje adecuado.	Presenta las 5 conclusiones requeridas, las cuales son profundas, críticas y demuestran una reflexión significativa sobre los resultados.
Referencias, Orden y Presentación	10%	Documento descuidado, sin referencias o formato.	Presentación aceptable, referencias incompletas.	Documento bien estructurado con bibliografía técnica adecuada.	Presentación profesional, uso de catálogos de fabricantes como referencia y excelente redacción.

RÚBRICA DE LA GUÍA DE PRÁCTICA 5

CRITERIOS DE EVALUACIÓN	PESO (%)	DEFICIENTE (0 - 59%)	SATISFACTORIO (60-74%)	BUENO (75 - 89%)	EXCELENTE (90-100%)
Cuestionario Previo y Cuestionario Final	25%	No presenta el cuestionario o las respuestas son incorrectas.	Respuestas incompletas o teóricamente débiles.	Respuestas correctas en su mayoría.	Respuestas precisas y bien fundamentadas.
Definición de Grupos	15%	No logra dividir la secuencia en grupos o comete errores que generan bloqueos de señal.	Divide en grupos, pero no optimiza la cantidad.	Define correctamente los grupos y las condiciones de cambio entre ellos.	Define de forma impecable y óptima los grupos, cambios de grupo y señales de cada fase.
Diseño del Sistema Cascada para Neumática	15%	El esquema es ilegible o no sigue la estructura de líneas de presión del método.	El diseño es funcional, pero está desordenado.	El diseño sigue la estructura de cascada correctamente.	Diseño profesional, estandarizado y optimizado. Usa correctamente las líneas de presión y simbología.
Funcionamiento del Sistema	15%	El sistema no completa la secuencia o presenta colisiones de aire.	La secuencia se completa con algunos errores o requiere ayuda manual.	El sistema funciona de forma continua y cumple con la secuencia dada.	El sistema funciona con total fluidez y precisión bajo condiciones de diseño.
Explicación del Diseño	10%	No sabe explicar cómo fluye el aire a través de las líneas de cascada.	Explica la secuencia, pero confunde la función de las válvulas de memoria.	Explica claramente la activación de cada grupo y el movimiento resultante.	Provee una explicación técnica magistral, justificando cada conexión y el uso del método.
Desempeño	5%	Trabaja de forma insegura o desordenada.	Sigue los pasos, pero requiere supervisión constante.	Trabaja de forma organizada, proactiva los pasos del método cascada.	Soluciona fallos de forma autónoma y mantiene el orden total.
Conclusiones	5%	Menos de 3 conclusiones.	5 conclusiones básicas.	5 conclusiones válidas.	5 conclusiones críticas de alto valor técnico.
Referencias, Orden y Presentación	10%	Documento descuidado, sin referencias o formato.	Presentación aceptable, referencias incompletas.	Documento bien estructurado con bibliografía técnica adecuada.	Presentación profesional, uso de catálogos de fabricantes como referencia y excelente redacción.

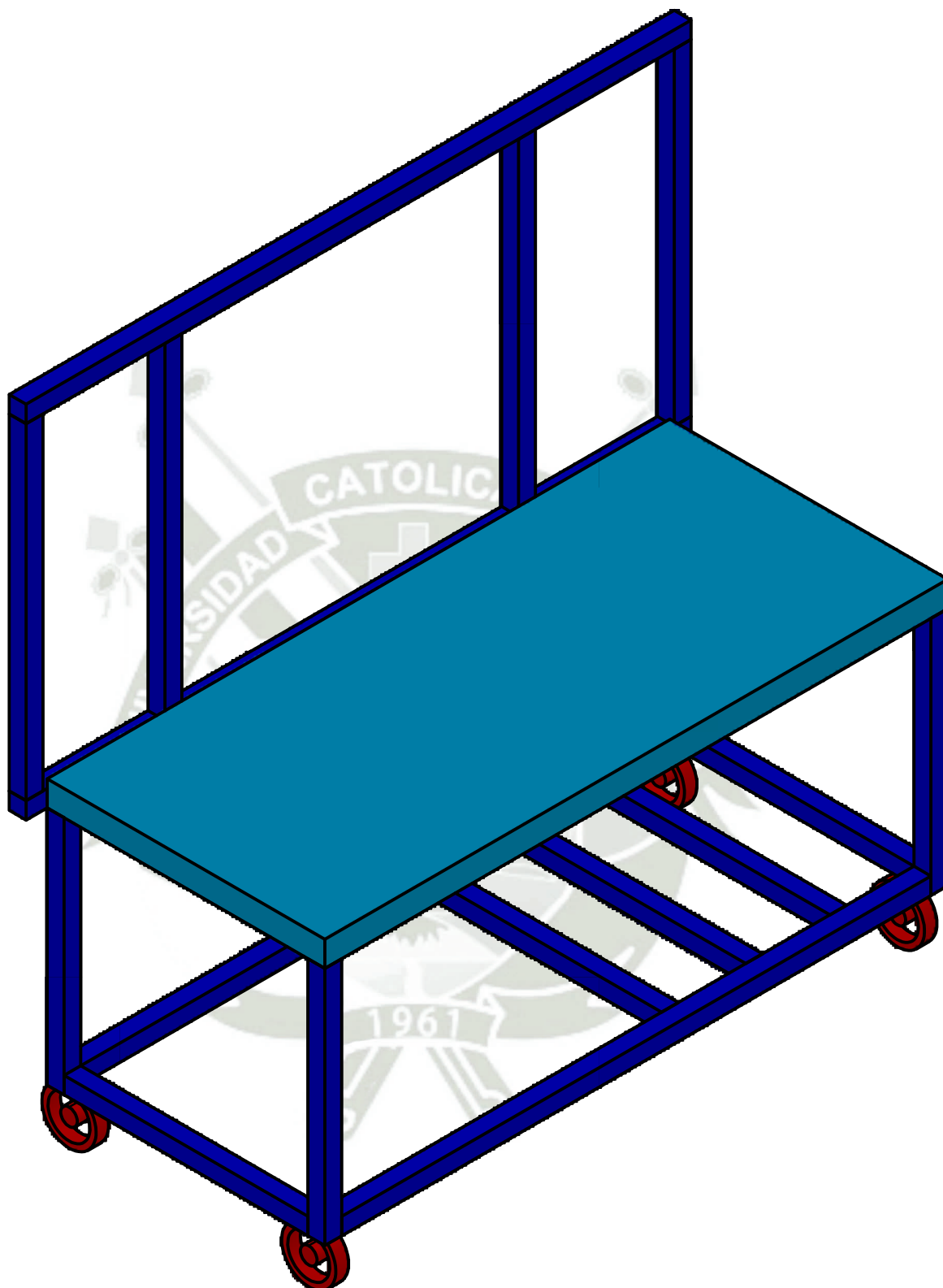
RÚBRICA DE LA GUÍA DE PRÁCTICA 6

CRITERIOS DE EVALUACIÓN	PESO (%)	DEFICIENTE (0 - 59%)	SATISFACTORIO (60-74%)	BUENO (75 - 89%)	EXCELENTE (90-100%)
Cuestionario Previo y Citación	10%	No entrega o las respuestas son incorrectas.	Respuestas superficiales y/o citas incompletas ausentes.	Responde correctamente, pero las citas tienen errores de formato.	Responde todo con profundidad técnica e incluye citas APA correctas.
Diseño del Sistema Cascada para Electroneumática	35%	Los diseños no usan el método cascada o no funcionan.	Diseña 1 o 2 ejercicios correctamente. Explicación insuficiente.	Diseña los 3, pero uno tiene errores menores en lógica o diagrama de estados.	Diseña los 3 ejercicios sin errores, con diagramas de estados, simulación, implementación y explicación clara.
Desempeño (Eficiencia y Seguridad)	20%	Desconoce simbología. Manipula el equipo y software de forma insegura.	Errores en simbología. Implementación con fallas que requieren asistencia.	Simbología adecuada. Pero la implementación con lentitud o desorden.	Simbología 100% correcta. Implementación eficiente, rápida y siguiendo normas de seguridad.
Cuestionario Final	10%	Respuestas incorrectas o no presentadas.	Respuestas parciales con errores conceptuales leves.	Responde bien, pero falta relacionar la teoría con la práctica observada.	Analiza profundamente los resultados y justifica las variantes técnicas.
Conclusiones	10%	Menos de 3 conclusiones.	5 conclusiones básicas.	5 conclusiones válidas.	5 conclusiones críticas de alto valor técnico.
Referencias	5%	Sin referencias.	Referencias incompletas.	Referencias en formato adecuado.	Referencias de catálogos y manuales de ingeniería.
Orden y Presentación	10%	Documento desorganizado y diagramas poco claros.	Presentación aceptable, pero con fallas de edición o formato.	Documento bien estructurado, limpio y profesional.	Presentación impecable. Documentación clara con capturas de pantalla o diagramas rotulados.

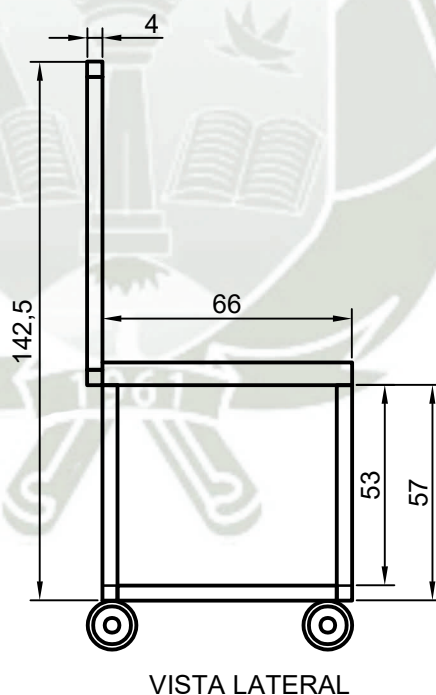
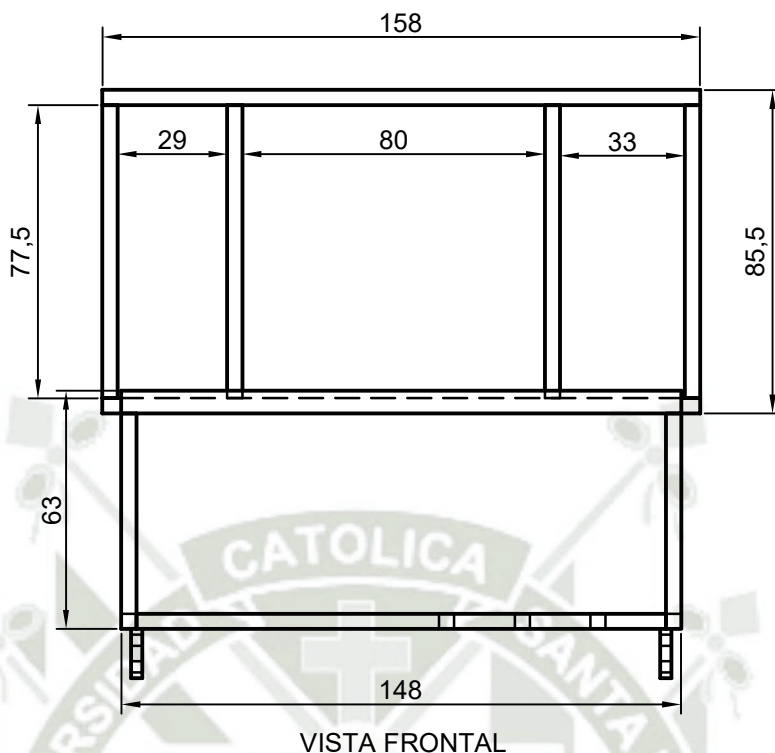
RÚBRICA DE LA GUÍA DE PRÁCTICA 7

CRITERIOS DE EVALUACIÓN	PESO (%)	DEFICIENTE (0 - 59%)	SATISFACTORIO (60-74%)	BUENO (75 - 89%)	EXCELENTE (90-100%)
Cuestionario Previo y Citación	10%	No entrega o las respuestas son incorrectas.	Respuestas superficiales y/o citas incompletas o ausentes.	Responde correctamente, pero las citas tienen errores de formato.	Responde todo con profundidad técnica e incluye citas APA correctas.
Diseño del Sistema Paso a Paso para Electroneumática	35%	Los diseños no usan el método paso a paso o no funcionan.	Diseña 1 ejercicio correctamente. Explicación insuficiente.	Diseña los 2, pero uno tiene errores menores en lógica o diagrama de estados.	Diseña los 2 ejercicios sin errores, con diagramas de estados, simulación, implementación y explicación clara.
Desempeño (Eficiencia y Seguridad)	20%	Desconoce simbología. Manipula el equipo y software de forma insegura.	Errores en simbología. Implementación con fallas que requieren asistencia.	Simbología adecuada. Pero la implementación con lentitud o desorden.	Simbología 100% correcta. Implementación eficiente, rápida y siguiendo normas de seguridad.
Cuestionario Final	10%	Respuestas incorrectas o no presentadas.	Respuestas parciales con errores conceptuales leves.	Responde bien, pero falta relacionar la teoría con la práctica observada.	Analiza profundamente los resultados y justifica las variantes técnicas.
Conclusiones	10%	Menos de 3 conclusiones.	5 conclusiones básicas.	5 conclusiones válidas.	5 conclusiones críticas de alto valor técnico.
Referencias	5%	Sin referencias.	Referencias incompletas.	Referencias en formato adecuado.	Referencias de catálogos y manuales de ingeniería.
Orden y Presentación	10%	Documento desorganizado y diagramas poco claros.	Presentación aceptable, pero con fallas de edición o formato.	Documento bien estructurado, limpio y profesional.	Presentación impecable. Documentación clara con capturas de pantalla o diagramas rotulados.

ANEXO D
PLANOS ESTRUCTURALES Y
DATASHEETS

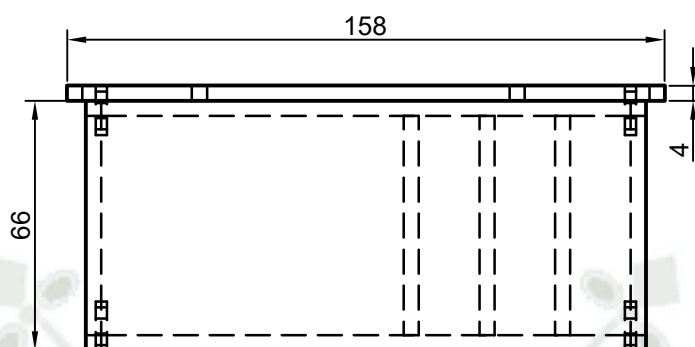


	Nombre	Fecha	Institucion
Dibujado	B. Guillen G.	18/11/2025	Universidad Catolica de Santa Maria Escuela Profesional de Ingenieria Electronica
Revisado	C. Málaga	30/11/2025	
Aprobado	C. Málaga	30/11/2025	Titulo del Proyecto Módulo de Entrenamiento para Sistemas Neumáticos y Electroneumáticos
Nombre de Dibujo			
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos En su investigación no olvide referenciar esta tesis			A4 N° de plano 1 

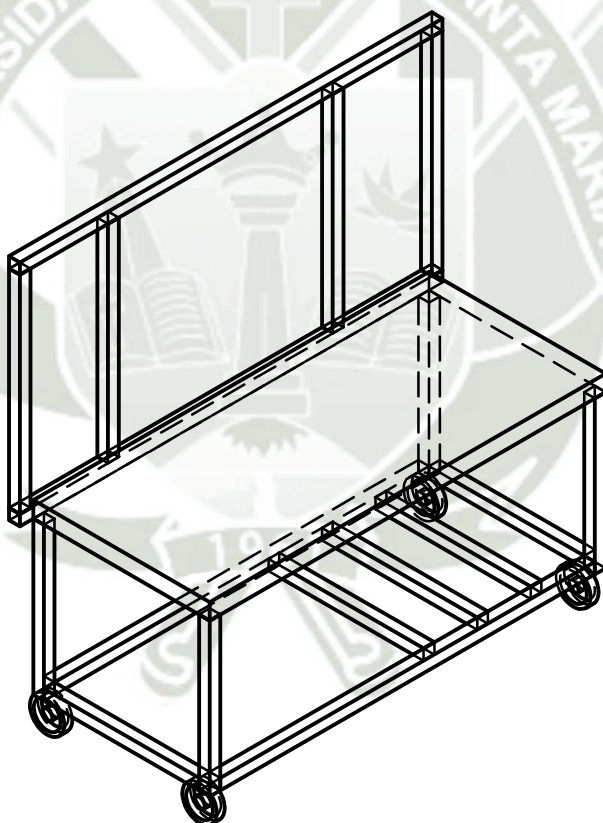


	Nombre	Fecha	Institucion
Dibujado	B. Guillen G.	18/11/2025	Universidad Catolica de Santa Maria
			Escuela Profesional de Ingenieria Electronica
Revisado	C. Málaga	30/11/2025	Titulo del Proyecto
			Módulo de Entrenamiento para Sistemas Neumáticos y Electroneumáticos
Aprobado	C. Málaga	30/11/2025	
Nombre de Dibujo			N° de plano
Estructura Metalica			2





VISTA SUPERIOR



ISOMÉTRICO

	Nombre	Fecha	Institucion
Dibujado	B. Guillen G.	18/11/2025	Universidad Catolica de Santa Maria Escuela Profesional de Ingenieria Electronica
Revisado	C. Málaga	30/11/2025	
Aprobado	C. Málaga	30/11/2025	Titulo del Proyecto Módulo de Entrenamiento para Sistemas Neumáticos y Electroneumáticos
Nombre de Dibujo			

Data sheet

5SY4220-7



Miniature circuit breaker 400 V 10kA, 2-pole, C, 20 A, D=70 mm

Model	
product brand name	SENTRON
product designation	Miniature circuit breaker
General technical data	
number of poles	2
design of pole	2P
tripping characteristic class	C
mechanical service life (operating cycles) typical	10 000
overvoltage category	3
degree of pollution	3
Voltage	
type of voltage of the operating voltage	AC
insulation voltage (Ui)	
• with single-phase operation at AC rated value	440 V
• with multi-phase operation at AC rated value	440 V
supply voltage with single-phase operation at AC rated value	230 V
• operational current	
— at 40 °C rated value	18.78 A
— at 50 °C rated value	17.48 A
— at 55 °C rated value	16.8 A
— at 60 °C rated value	16.08 A
• operational current at AC rated value	20 A
Supply voltage	
supply voltage	
• at AC	400 V
• at DC rated value	60 V
value range of the supply voltage frequency	50/60 Hz
operating voltage at DC rated value maximum	72 V
Protection class	
protection class IP	IP20, with connected conductors
Breaking Capacity	
switching capacity current	
• at DC according to IEC 60947-2 rated value	15 kA
• according to EN 60898 rated value	10 kA
• according to IEC 60947-2 rated value	20 kA
energy limitation class	3
Dissipation	

power loss [W] for rated value of the current at AC in hot operating state per pole	1.7 W
suitability for operation	Infrastructure / Industry
Product details	
product feature touch protection	Yes
product component	
• combined terminal top	Yes
• combined terminal bottom	Yes
• neutral conductor switching	No
product feature properties for main switches in accordance with EN 60204-1	Yes
product feature halogen-free	Yes
product feature sealable	Yes
product feature silicon-free	Yes
product extension installable supplementary devices	Yes
Product function	
set values setting current (Ii) for I-tripping	7,5
reference value setting current (Ii) for I-tripping	x In
Short circuit	
short-circuit current breaking capacity (Icn)	
• at AC according to UL 1077 and CSA C22.2 No.235	5 kA
Connections	
connectable conductor cross-section solid	
• minimum	0.75 mm ²
• maximum	35 mm ²
connectable conductor cross-section stranded	
• minimum	0.75 mm ²
• maximum	35 mm ²
connectable conductor cross-section finely stranded with core end processing	
• minimum	0.75 mm ²
• maximum	25 mm ²
AWG number as coded connectable conductor cross section	
• minimum	18
• maximum	4
tightening torque [lbf-in] with screw-type terminals	
• minimum	22 lbf-in
• maximum	31 lbf-in
tightening torque with screw-type terminals	
• minimum	2.5 N·m
• maximum	3.5 N·m
position of power supply cord	Any
Mechanical Design	
height	90 mm
width	36 mm
depth	76 mm
installation depth	70 mm
number of modular width units	2
fastening method	DIN rail
mounting position	any
Net Weight	309 g
Environmental conditions	
influence of the surrounding temperature	max. 95% RH up to 55°C, max. 55% RH up to 70°C, max. 35% RH up to 75°C
standard	IEC / EN 60898-1, IEC / EN 60947-2 / UL1077
vibration resistance according to IEC 60068-2-6	±1mm at 5 to 25Hz; 50m/s ² at 25 to 150Hz
ambient temperature during operation	
• minimum	-40 °C
• maximum	70 °C
ambient temperature during storage	

- minimum
- maximum

-40 °C

75 °C

number of test cycles for environmental testing according to IEC 60068-2-30

6

Environmental footprint

Environmental Product Declaration(EPD)

Yes

global warming potential [CO2 eq] total

16.8 kg

global warming potential [CO2 eq] during manufacturing

1.13 kg

global warming potential [CO2 eq] during operation

15.7 kg

global warming potential [CO2 eq] after end of life

-0.00046 kg

Approvals Certificates

General Product Approval



[Confirmation](#)



General Product Approval

EMV



[Miscellaneous](#)

[KC](#)



Test Certificates

Maritime application

[Special Test Certificate](#)

[Miscellaneous](#)



Maritime application

other

Railway

Environment



[Confirmation](#)



[Special Test Certificate](#)

[Confirmation](#)

[Environmental Confirmations](#)

Environment



[Environmental Confirmations](#)

Further information

Information on the packaging

<https://support.industry.siemens.com/cs/ww/en/view/109813875>

Information for data generation and storage

<https://support.industry.siemens.com/cs/ww/en/view/109995012>

Information- and Downloadcenter (Catalogs, Brochures,...)

<https://www.siemens.com/lowvoltage/catalogs>

Industry Mall (Online ordering system)

<https://mall.industry.siemens.com/mall/en/en/Catalog/product?mlfb=5SY4220-7>

Service&Support (Manuals, Certificates, Characteristics, FAQs,...)

<https://support.industry.siemens.com/cs/ww/en/ps/5SY4220-7>

Image database (product images, 2D dimension drawings, 3D models, device circuit diagrams, ...)

https://www.automation.siemens.com/bilddb/cax_en.aspx?mlfb=5SY4220-7

CAX-Online-Generator

<https://www.siemens.com/cax>

Tender specifications

<https://www.siemens.com/specifications>

XT118B1PAL2

Capacitive proximity sensors XT, cylindrical
M18, brass, Sn 5 mm, cable 2 m



Main

Range of product	Telemecanique Capacitive proximity sensors XT
Sensor type	Capacitive proximity sensor
Product specific application	Detection of insulated or conductive materials
Sensor name	XT1
Sensor design	Cylindrical M18
Size	70 mm
Body type	Fixed
Detector flush mounting acceptance	Flush mountable
Material	Metal
Enclosure material	Nickel plated brass
Type of output signal	Discrete
Wiring technique	3-wire
[Sn] nominal sensing distance	5 mm
Discrete output function	1 NO
Output circuit type	DC
Discrete output type	PNP
Electrical connection	Cable
Cable length	2 m
[Us] rated supply voltage	24 V DC with reverse polarity protection
Maximum delay response	5 ms
IP degree of protection	IP67 conforming to IEC 60529 IP67 conforming to IEC 60947-5-2

Complementary

ISO thread	M18 x 1
Detection face	Frontal
[Sa] assured operating distance	0...3.6 mm
Adjustment zone	1...8 mm
Differential travel	< 0.2 x Sr
Repeat accuracy	< 0.1 x Sr
Wire insulation material	PVC
Status LED	Output state indication: 1 LED (yellow)
Supply voltage limits	12...30 V DC
Maximum residual current	0.1 mA open state
Protection type	Short-circuit protection
Switching frequency	<= 200 Hz
Maximum voltage drop	<2 V (closed)
Current consumption	< 15 mA
Maximum delay first up	30 ms
Maximum delay recovery	5 ms
Maximum switching current	200 mA
Marking	CE
Setting-up	Sensitivity by potentiometer

Threaded length 55 mm

Environment

Standards	IEC 60947-5-2
Product certifications	cETLus
Ambient air temperature for operation	-25...70 °C
Vibration resistance	10 gn amplitude = 1 mm (f = 10...55 Hz) conforming to IEC 60068-2-6
Shock resistance	30 gn for 11 ms conforming to IEC 60068-2-27
Resistance to electrostatic discharge	4 KV contact conforming to IEC 61000-4-2 8 kV air conforming to IEC 61000-4-2
Resistance to electromagnetic fields	3 V/m conforming to IEC 61000-4-3
Resistance to fast transients	2 kV conforming to IEC 61000-4-4

Packing Units

Unit Type of Package 1	PCE
Number of Units in Package 1	1
Package 1 Height	2 cm
Package 1 Width	14 cm
Package 1 Length	16.2 cm
Package 1 Weight	144 g

Offer Sustainability

California proposition 65	WARNING: This product can expose you to chemicals including: Diisononyl phthalate (DINP), which is known to the State of California to cause cancer, and Di-isodecyl phthalate (DIDP), which is known to the State of California to cause birth defects or other reproductive harm. For more information go to www.P65Warnings.ca.gov
For all Reach Rohs enquiries contact us at	sustainability@tesensors.com

Contractual warranty

Warranty	18 months
----------	-----------

XS4P12PA370

Inductive proximity sensors XS, inductive sensor XS4 M12, L52mm, PPS, Sn4mm, 12...48 VDC, cable 2 m



Main

Range of product	Telemecanique Inductive proximity sensors XS
Series name	General purpose
Sensor type	Inductive proximity sensor
Sensor name	XS4
Sensor design	Cylindrical M12
Size	52 mm
Body type	Fixed
Detector flush mounting acceptance	Non flush mountable
Material	Plastic
Type of output signal	Discrete
Wiring technique	3-wire
[Sn] nominal sensing distance	4 mm
Discrete output function	1 NO
Output circuit type	DC
Discrete output type	PNP
Electrical connection	Cable
Cable length	2 m
[Us] rated supply voltage	12...48 V DC with reverse polarity protection
Switching capacity in mA	<= 200 mA DC with overload and short-circuit protection
IP degree of protection	IP68 double insulation conforming to IEC 60529

Complementary

Thread type	M12 x 1
Detection face	Frontal
Front material	PPS
Enclosure material	PPS
Operating zone	0...3.2 mm
Differential travel	1...15% of Sr
Cable composition	3 x 0.34 mm ²
Wire insulation material	PVC
Status LED	Output state: 1 LED (yellow)
Supply voltage limits	10...58 V DC
Switching frequency	<= 5000 Hz
Maximum voltage drop	<2 V (closed)
Current consumption	0...10 mA no-load
Maximum delay first up	10 ms
Maximum delay response	0.1 ms
Maximum delay recovery	0.1 ms
Marking	CE
Threaded length	42 mm
Height	12 mm
Length	52 mm

Net weight 0.065 kg

Product certifications	CCC[RETURN]UL[RETURN]CSA[RETURN]Ecolab
Ambient air temperature for operation	-25...70 °C
Ambient air temperature for storage	-40...85 °C
Vibration resistance	25 gn amplitude = +/- 2 mm (f = 10...55 Hz) conforming to IEC 60068-2-6
Shock resistance	50 gn for 11 ms conforming to IEC 60068-2-27

Packing Units

Unit Type of Package 1	PCE
Number of Units in Package 1	1
Package 1 Height	2.500 cm
Package 1 Width	12.400 cm
Package 1 Length	13.200 cm
Package 1 Weight	68.000 g
Unit Type of Package 2	S02
Number of Units in Package 2	22
Package 2 Height	15 cm
Package 2 Width	30 cm
Package 2 Length	40 cm
Package 2 Weight	1.810 kg

Offer Sustainability

Sustainable offer status	Green Premium product
Circularity Profile	End of Life Information
California proposition 65	WARNING: This product can expose you to chemicals including: Diisononyl phthalate (DINP), which is known to the State of California to cause cancer, and Di-isodecyl phthalate (DIDP), which is known to the State of California to cause birth defects or other reproductive harm. For more information go to www.P65Warnings.ca.gov
For all Reach Rohs enquiries contact us at	sustainability@tesensors.com

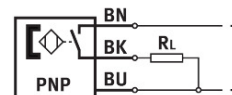
Contractual warranty

Warranty	18 months
----------	-----------

Sensor de proximidad SMT-8M-A-PS-24V-E-2,5-OE

Número de artículo: 574335

FESTO



 General operating condition

Hoja de datos

Característica	Valor
Forma constructiva	Para ranura en T
Basado en la norma	EN 60947-5-2
Símbolo	00991152
Certificación	RCM c UL us - Listed (OL)
Marcado CE (véase la declaración de conformidad)	Según Directiva de máquinas CEM de la UE Según la Directiva RoHS de la UE
Marcado UKCA (véase la declaración de conformidad)	Según la normativa del Reino Unido sobre CEM Según la normativa RoHS del Reino Unido
Organismo que expide el certificado	UL E232949
Características especiales	Resistente al aceite
Nota sobre el material	Conformidad con la Directiva RoHS Sin halógenos
Nota sobre la utilización	https://www.festo.com/Drive-Sensor-Overview
Magnitud de medición	Posición
Principio de medición	Magnetorresistivo
Temperatura ambiente	-40 °C ... 85 °C
Precisión de repetición	0.2 mm
Salida	PNP
Función del elemento de conmutación	Normalmente abierto
Tiempo de conexión	≤1.3 ms
Tiempo de desconexión	≤7.3 ms
Frecuencia de conmutación máx.	130 Hz
Corriente de salida máx.	100 mA
Corriente de salida máxima en kits de fijación	100 mA
Potencia máx. de conmutación DC	2.8 W
Potencia de conmutación máxima DC en los kits de fijación	2.8 W
Caída de tensión	<1.5 V
Resistencia a cortocircuitos	sí
Resistencia a sobrecargas	Presente
Cálculo de tensión de funcionamiento DC	24 V
Margen de tensiones de servicio DC	5 V ... 30 V
Protección contra inversión de polaridad	Para todas las conexiones eléctricas
Conexión eléctrica 1, tipo de conexión	Cable
Conexión eléctrica 1, técnica de conexión	Extremo abierto
Conexión eléctrica 1, cantidad de contactos/hilos	3
Sentido de salida de la conexión	Longitudinal

Característica	Valor
Condiciones de prueba del cable	Condiciones de las pruebas bajo demanda Resistencia a la torsión: > 300.000 ciclos, $\pm 270^\circ/0,1$ m Resistencia a la fatiga por flexión: >50000 ciclos, radio de flexión 5 mm Cadena de energía: >5 millones de ciclos, radio de flexión 28 mm
Longitud del cable	2.5 m
Propiedades del cable	Con aptitud para cadenas de energía/con aptitud para robot
Color de la cubierta aislante del cable	Gris
Material de la cubierta aislante del cable	TPE-U(PUR)
Material de la cubierta aislante	PP
Terminales de cable	Funda terminal de cable
Tipo de fijación	Se puede insertar en la ranura desde arriba
Par de apriete máx.	0.6 Nm
Posición de montaje	Cualquiera
Peso del producto	29.1 g
Color del cuerpo	Negro
Material del cuerpo	Acero inoxidable de alta aleación
Indicación del estado de conmutación	Diodo emisor de luz amarillo
Indicación de reserva de funcionamiento	Diodo emisor de luz naranja
Temperatura ambiente para tendido de cables móvil	-20 °C ... 85 °C
Grado de protección	IP65 IP68 IP69K
Conformidad PWIS	VDMA24364-B2-L
Idoneidad para la producción de baterías de iones de litio	Adecuado para la producción de baterías con valores reducidos de Cu/ Zn/Ni (F1a)
Clase de sala limpia	Elemento instalado estáticamente, no es posible una evaluación significativa según la norma ISO 14644-1

Cilindro normalizado ESNU-20-50-P-A

Número de artículo: 19268

FESTO



 General operating condition

Hoja de datos

Característica	Valor
Carrera	50 mm
Diámetro del émbolo	20 mm
Rosca del vástago	M8
Amortiguación	Amortiguación por topes elásticos/placas en ambos lados
Posición de montaje	Cualquiera
Conforme a la norma	ISO 6432
Extremo del vástago	Rosca exterior
Forma constructiva	Émbolo Vástago Camisa del cilindro
Detección de posición	Para sensor de proximidad
Símbolo	00991729
Variantes	Vástago simple
Presión de funcionamiento	0.12 MPa ... 1 MPa
Presión de funcionamiento	1.2 bar ... 10 bar
Modo de funcionamiento	Empuje De simple efecto
Medio de funcionamiento	Aire comprimido según ISO 8573-1:2010 [7:4:4]
Nota sobre el medio de trabajo/mando	Admite funcionamiento con lubricación (lo cual requiere seguir utilizándolo)
Clase de resistencia a la corrosión CRC	2 - riesgo de corrosión moderado
Conformidad PWIS	VDMA24364-B1/B2-L
Temperatura ambiente	-20 °C ... 80 °C
Energía de impacto en las posiciones finales	0.2 J
Fuerza teórica con 6 bar, avance	169 N
Masa móvil con carrera de 0 mm	44 g
Aumento masa móvil por 10 mm de carrera	4 g
Peso básico con carrera de 0 mm	186.8 g
Peso adicional por 10 mm de carrera	7.2 g
Tipo de fijación	Con accesorios
Conexión neumática	G1/8
Nota sobre el material	Conformidad con la Directiva RoHS
Material de la tapa	Aleación de forja de aluminio Anodizado incoloro
Material de las juntas	NBR TPE-U (PU)
Material del vástago	Acero inoxidable de alta aleación

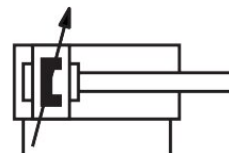
Característica	Valor
Material de la camisa del cilindro	Acero inoxidable de alta aleación



Cilindro normalizado DSNU-20-200-PPV-A

Número de artículo: 19242

FESTO


[PDF](#) General operating condition

Hoja de datos

Característica	Valor
Carrera	200 mm
Diámetro del émbolo	20 mm
Rosca del vástago	M8
Amortiguación	Amortiguación neumática, regulable en ambos lados
Posición de montaje	Cualquiera
Conforme a la norma	ISO 6432
Extremo del vástago	Rosca exterior
Forma constructiva	Émbolo Vástago Camisa del cilindro
Detección de posición	Para sensor de proximidad
Símbolo	00991235
Variantes	Vástago simple
Presión de funcionamiento	0.1 MPa ... 1 MPa
Presión de funcionamiento	1 bar ... 10 bar
Modo de funcionamiento	Doble efecto
Medio de funcionamiento	Aire comprimido según ISO 8573-1:2010 [7:4:4]
Nota sobre el medio de trabajo/mando	Admite funcionamiento con lubricación (lo cual requiere seguir utilizándolo)
Clase de resistencia a la corrosión CRC	2 - riesgo de corrosión moderado
Conformidad PWIS	VDMA24364-B1/B2-L
Clase de sala limpia	Clase 6 según ISO 14644-1
Temperatura ambiente	-20 °C ... 80 °C
Energía de impacto en las posiciones finales	0.2 J
Longitud de amortiguación	15 mm
Fuerza teórica con 6 bar, retorno	158.3 N
Fuerza teórica con 6 bar, avance	188.5 N
Masa móvil con carrera de 0 mm	44 g
Aumento masa móvil por 10 mm de carrera	4 g
Peso básico con carrera de 0 mm	186.8 g
Peso adicional por 10 mm de carrera	7.2 g
Tipo de fijación	Con accesorios
Conexión neumática	G1/8
Nota sobre el material	Conformidad con la Directiva RoHS
Material de la tapa	Aleación de forja de aluminio Anodizado incoloro

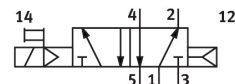
Característica	Valor
Material de las juntas	NBR TPE-U (PU)
Material del vástago	Acero inoxidable de alta aleación
Material de la camisa del cilindro	Acero inoxidable de alta aleación



Electroválvula VUVS-LK20-M52-AD-G18-1C1-S

Número de artículo: 8043214

FESTO


[PDF General operating condition](#)

Hoja de datos

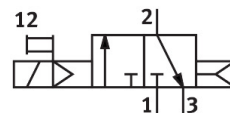
Característica	Valor
Función de la válvula	Monoestable de 5/2 vías
Tipo de accionamiento	Eléctrico
Tamaño de válvula	21 mm
Caudal nominal normal (normalizado según DIN 1343)	550 l/min
Conexión neumática de utilización	G1/8
Tensión de alimentación	24 V DC
Presión de funcionamiento	0.15 MPa ... 0.8 MPa
Presión de funcionamiento	1.5 bar ... 8 bar
Forma constructiva	Corredera del émbolo
Tipo de reposición	Muelle neumático
Grado de protección	IP65 Con caja tomacorriente Según IEC 60529
Diámetro nominal	5.2 mm
Función de escape	Estrangulable
Principio de sellado	Blando
Posición de montaje	Cualquiera
Accionamiento manual auxiliar	Con enclavamiento Sin enclavamiento
Tipo de control	Servopilotado
Alimentación del aire de pilotaje	Interno
Sentido de flujo	No reversible
Símbolo	00991049
Superposición	Superposición positiva
Valor b	0.38
Valor C	2.66 l/sbar
Tiempo de conmutación OFF	22 ms
Tiempo de conmutación ON	17 ms
Tiempo de conexión	100%
Impulso de control positivo máximo con señal 0	2700 µs
Máx. impulso de prueba negativo con señal 1	1100 µs
Valores característicos de las bobinas	24 V DC: 2,4 W
Fluctuaciones de tensión admisibles	+/- 10 %
Medio de funcionamiento	Aire comprimido según ISO 8573-1:2010 [7:4:4]
Nota sobre el medio de trabajo/mando	Admite funcionamiento con lubricación (lo cual requiere seguir utilizándolo)

Característica	Valor
Resistencia a las vibraciones	Control para el transporte con grado de severidad 2 según FN 942017-4 y EN 60068-2-6
Resistencia a los golpes	Control de impactos con grado de severidad 1, según FN 942017-5 y EN 60068-2-27
Clase de resistencia a la corrosión CRC	1 - riesgo de corrosión bajo
Conformidad PWIS	VDMA24364-Zona III
Temperatura del medio	-5 °C ... 50 °C
Medio de mando	Aire comprimido según ISO 8573-1:2010 [7:4:4]
Temperatura ambiente	-5 °C ... 50 °C
Peso del producto	145 g
Conexión eléctrica	Forma C Según EN 175301-803
Tipo de fijación	Con taladro pasante
Conexión para la abertura de aireación	No sujeto
Conexión neumática 1	G1/8
Conexión neumática 2	G1/8
Conexión neumática 3	G1/8
Conexión neumática 4	G1/8
Conexión neumática 5	G1/8
Nota sobre el material	Conformidad con la Directiva RoHS
Material de las juntas	HNBR NBR
Material del cuerpo	Aleación de aluminio forjado
Material de la corredera del émbolo	Aleación de forja de aluminio

Electroválvula VUVS-LK20-M32C-AD-G18-1C1-S

Número de artículo: 8043213

FESTO


[PDF General operating condition](#)

Hoja de datos

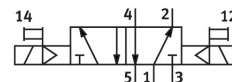
Característica	Valor
Función de la válvula	3/2 cerrada monoestable
Tipo de accionamiento	Eléctrico
Tamaño de válvula	21 mm
Caudal nominal normal (normalizado según DIN 1343)	550 l/min
Conexión neumática de utilización	G1/8
Tensión de alimentación	24 V DC
Presión de funcionamiento	0.15 MPa ... 0.8 MPa
Presión de funcionamiento	1.5 bar ... 8 bar
Forma constructiva	Corredera del émbolo
Tipo de reposición	Muelle neumático
Grado de protección	IP65 Con caja tomacorriente Según IEC 60529
Díámetro nominal	5.2 mm
Función de escape	Estrangulable
Principio de sellado	Blando
Posición de montaje	Cualquiera
Accionamiento manual auxiliar	Con enclavamiento Sin enclavamiento
Tipo de control	Servopilotado
Alimentación del aire de pilotaje	Interno
Sentido de flujo	No reversible
Símbolo	00991183
Superposición	Superposición positiva
Valor b	0.38
Valor C	2.66 l/sbar
Tiempo de conmutación OFF	20 ms
Tiempo de conmutación ON	16 ms
Tiempo de conexión	100%
Impulso de control positivo máximo con señal 0	2700 µs
Máx. impulso de prueba negativo con señal 1	1100 µs
Valores característicos de las bobinas	24 V DC: 2,4 W
Fluctuaciones de tensión admisibles	+/- 10 %
Medio de funcionamiento	Aire comprimido según ISO 8573-1:2010 [7:4:4]
Nota sobre el medio de trabajo/mando	Admite funcionamiento con lubricación (lo cual requiere seguir utilizándolo)

Característica	Valor
Resistencia a las vibraciones	Control para el transporte con grado de severidad 2 según FN 942017-4 y EN 60068-2-6
Resistencia a los golpes	Control de impactos con grado de severidad 1, según FN 942017-5 y EN 60068-2-27
Clase de resistencia a la corrosión CRC	1 - riesgo de corrosión bajo
Conformidad PWIS	VDMA24364-Zona III
Temperatura del medio	-5 °C ... 50 °C
Medio de mando	Aire comprimido según ISO 8573-1:2010 [7:4:4]
Temperatura ambiente	-5 °C ... 50 °C
Peso del producto	120 g
Conexión eléctrica	Forma C Según EN 175301-803
Tipo de fijación	Con taladro pasante
Conexión para la abertura de aireación	No sujeto
Conexión neumática 1	G1/8
Conexión neumática 2	G1/8
Conexión neumática 3	G1/8
Nota sobre el material	Conformidad con la Directiva RoHS
Material de las juntas	HNBR NBR
Material del cuerpo	Aleación de aluminio forjado
Material de la corredera del émbolo	Aleación de forja de aluminio

Electroválvula VUVS-LK20-B52-D-G18-1C1-S

Número de artículo: 8043215

FESTO


[General operating condition](#)

Hoja de datos

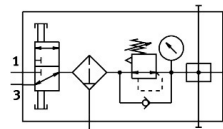
Característica	Valor
Función de la válvula	Biestable de 5/2 vías
Tipo de accionamiento	Eléctrico
Tamaño de válvula	21 mm
Caudal nominal normal (normalizado según DIN 1343)	550 l/min
Conexión neumática de utilización	G1/8
Tensión de alimentación	24 V DC
Presión de funcionamiento	0.15 MPa ... 0.8 MPa
Presión de funcionamiento	1.5 bar ... 8 bar
Forma constructiva	Corredera del émbolo
Grado de protección	IP65 Con caja tomacorriente Según IEC 60529
Diámetro nominal	5.2 mm
Función de escape	Estrangulable
Principio de sellado	Blando
Posición de montaje	Cualquiera
Accionamiento manual auxiliar	Con enclavamiento Sin enclavamiento
Tipo de control	Servopilotado
Alimentación del aire de pilotaje	Interno
Sentido de flujo	No reversible
Símbolo	00991005
Superposición	Superposición positiva
Valor b	0.38
Valor C	2.66 l/sbar
Tiempo de conmutación um	10 ms
Tiempo de conexión	100%
Impulso de control positivo máximo con señal 0	2700 µs
Máx. impulso de prueba negativo con señal 1	1100 µs
Valores característicos de las bobinas	24 V DC: 2,4 W
Fluctuaciones de tensión admisibles	+/- 10 %
Medio de funcionamiento	Aire comprimido según ISO 8573-1:2010 [7:4:4]
Nota sobre el medio de trabajo/mando	Admite funcionamiento con lubricación (lo cual requiere seguir utilizándolo)
Resistencia a las vibraciones	Control para el transporte con grado de severidad 2 según FN 942017-4 y EN 60068-2-6

Característica	Valor
Resistencia a los golpes	Control de impactos con grado de severidad 1, según FN 942017-5 y EN 60068-2-27
Clase de resistencia a la corrosión CRC	1 - riesgo de corrosión bajo
Conformidad PWIS	VDMA24364-Zona III
Temperatura del medio	-5 °C ... 50 °C
Medio de mando	Aire comprimido según ISO 8573-1:2010 [7:4:4]
Temperatura ambiente	-5 °C ... 50 °C
Peso del producto	200 g
Conexión eléctrica	Forma C Según EN 175301-803
Tipo de fijación	Con taladro pasante
Conexión para la abertura de aireación	No sujeto
Conexión neumática 1	G1/8
Conexión neumática 2	G1/8
Conexión neumática 3	G1/8
Conexión neumática 4	G1/8
Conexión neumática 5	G1/8
Nota sobre el material	Conformidad con la Directiva RoHS
Material de las juntas	HNBR NBR
Material del cuerpo	Aleación de aluminio forjado
Material de la corredera del émbolo	Aleación de forja de aluminio

Unidades de mantenimiento combinadas LFR-1/4-DB-7-MINI-KB-MPA

Número de artículo: 3339283

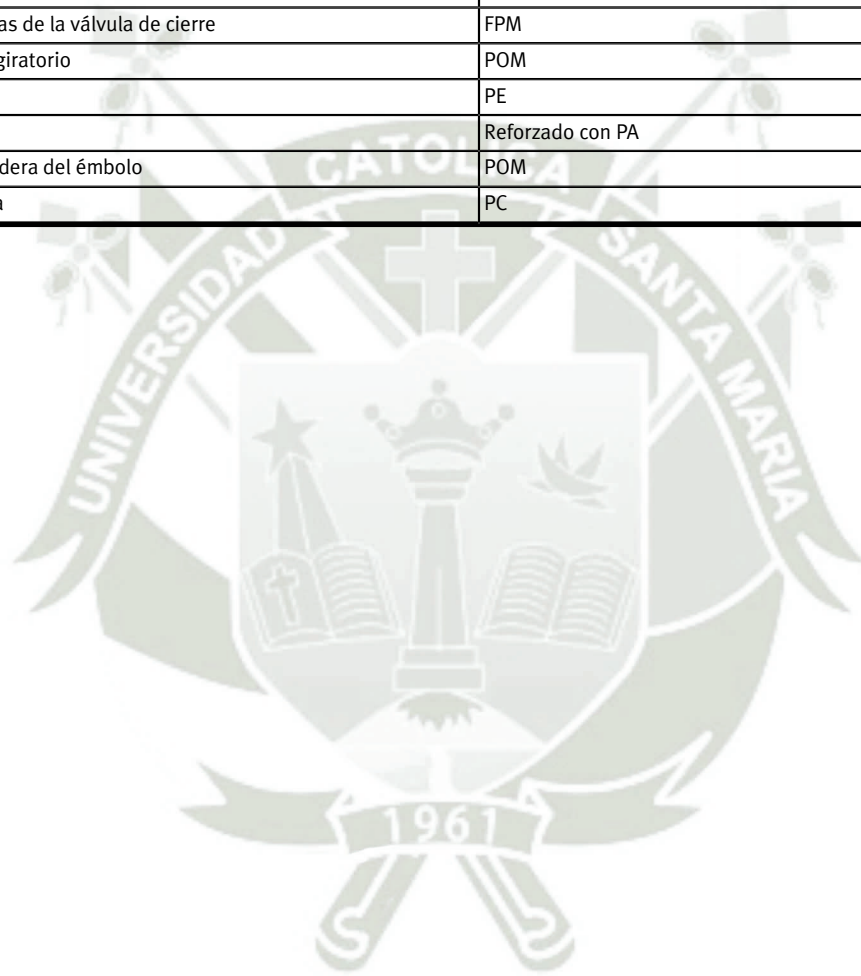
FESTO



Hoja de datos

Característica	Valor
Tamaño	Mini
Anchura	88 mm
Función de escape	No estrangulable
Serie	DB
Tipo de accionamiento	Manual
Bloqueo del accionamiento	Candado (opcional) Botón giratorio con bloqueo
Posición de montaje	Vertical +/- 5°
Grado de filtración	40 µm
Purga de condensado	Giro manual
Forma constructiva	Válvula de cierre - Unidad de filtro y regulador - Módulo distribuidor
Volumen máx. de condensado	13 ml
Función del regulador	Presión inicial constante Con escape de aire secundario Con flujo inverso Sin compensación de presión inicial
Indicador de presión	Con manómetro
Presión de funcionamiento	0.15 MPa...1 MPa 1.5 bar...10 bar 21 psi...145 psi
Margen de regulación de presión MPa	0.05 MPa...0.7 MPa
Margen de regulación de presión	0.5 bar...7 bar 7.25 psi...101.5 psi
Histéresis máxima de la presión	0.5 bar
Caudal normal máx.	2500 l/min
Caudal nominal normal (normalizado según DIN 1343)	1900 l/min
Medio de funcionamiento	Aire comprimido según ISO 8573-1:2010 [7:9:4]
Nota sobre el medio de trabajo/mando	Funcionamiento con lubricación imposible
Clase de resistencia a la corrosión CRC	1 - riesgo de corrosión bajo
Conformidad PWIS	VDMA24364-B1/B2-L
Temperatura de almacenamiento	-5 °C...50 °C
Clase de pureza del aire en la salida	Aire comprimido según ISO 8573-1:2010 [7:8:4]
Temperatura del medio	-5 °C...50 °C

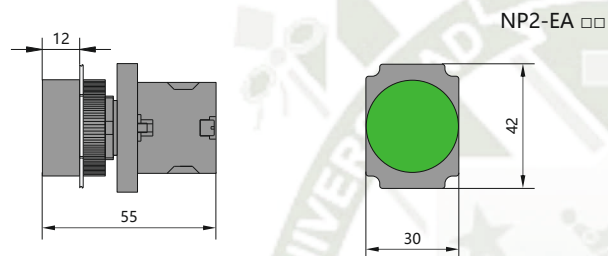
Característica	Valor
Temperatura ambiente	-5 °C...50 °C
Peso del producto	270 g
Tipo de fijación	A elegir: Instalación en la tubería Con taladro pasante Con escuadra de montaje
Conexión del manómetro	G1/8
Conexión neumática 1	G1/4
Conexión neumática 2	G1/4
Conexión neumática 3	G1/4
Nota sobre el material	Conformidad con la Directiva RoHS
Material de las juntas	NBR
Material de las juntas de la válvula de cierre	FPM
Material del botón giratorio	POM
Material del filtro	PE
Material del cuerpo	Reforzado con PA
Material de la corredera del émbolo	POM
Material de la funda	PC



★ Pulsador rasante momentáneo (no luminoso)

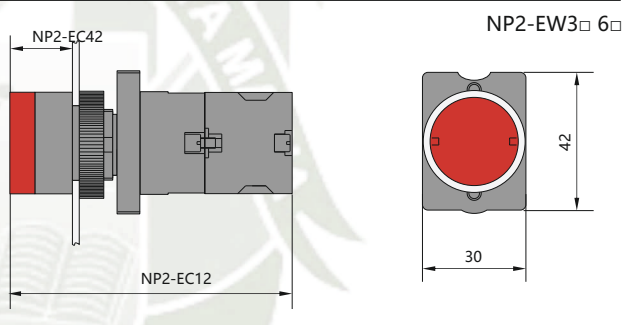
NP2-EA □□	Modelo	Color		
	NP2-EA11	○	1	—
	NP2-EA21	●	1	—
	NP2-EA31	●	1	—
	NP2-EA41	●	1	—
	NP2-EA51	●	1	—
	NP2-EA61	●	1	—
	NP2-EA12	○	—	1
	NP2-EA22	●	—	1
	NP2-EA32	●	—	1
	NP2-EA42	●	—	1
	NP2-EA52	●	—	1
	NP2-EA62	●	—	1

Dimensiones (mm)



Np2-EA □□	Modelo	Color		
	NP2-EA13	○	2	—
	NP2-EA23	●	2	—
	NP2-EA33	●	2	—
	NP2-EA43	●	2	—
	NP2-EA53	●	2	—
	NP2-EA63	●	2	—
	NP2-EA14	○	—	2
	NP2-EA24	●	—	2
	NP2-EA34	●	—	2
	NP2-EA44	●	—	2
	NP2-EA54	●	—	2
	NP2-EA64	●	—	2
	NP2-EA15	○	1	1
	NP2-EA25	●	1	1
	NP2-EA35	●	1	1
	NP2-EA45	●	1	1
	NP2-EA55	●	1	1
	NP2-EA65	●	1	1

Dimensiones (mm)



★ Pulsador rasante momentáneo (luminoso)

NP2-EW3□□	Bombilla-Tensión	Modelo	Color		
	LED 6 Vca/Vcc, 12 Vca/Vcc, 24 Vca/Vcc, 36 Vca/Vcc, 48 Vca/Vcc, 110 Vca/Vcc, 230 Vca/Vcc	NP2-EW3161	○	1	—
		NP2-EW3361	●	1	—
		NP2-EW3461	●	1	—
		NP2-EW3561	●	1	—
		NP2-EW3661	●	1	—
		NP2-EW3162	○	—	1
		NP2-EW3362	●	—	1
		NP2-EW3462	●	—	1
		NP2-EW3562	●	—	1
		NP2-EW3662	●	—	1
		NP2-EW3165	○	1	1
		NP2-EW3365	●	1	1
		NP2-EW3465	●	1	1
		NP2-EW3565	●	1	1
		NP2-EW3665	●	1	1

Tubo de plástico PUN-H-6X1-BL

Número de artículo: 197384

FESTO



 General operating condition

Hoja de datos

Característica	Valor
Diámetro exterior	6 mm
Radio de curvatura relevante para el caudal	26 mm
Diámetro interior	4 mm
Radio de flexión mín.	10 mm
Nota sobre la utilización	TPE-U a base de éter
Características de los tubos flexibles	Con aptitud para cadenas de energía
Presión de funcionamiento en todo el margen de temperatura	-0.095 MPa ... 0.6 MPa
Presión de funcionamiento en todo el margen de temperatura	-0.95 bar ... 6 bar
Presión de funcionamiento en todo el margen de temperatura	-13.775 psi ... 87 psi
Presión de funcionamiento en función de la temperatura	-0.095 MPa ... 1 MPa
Presión de funcionamiento en función de la temperatura	-0.95 bar ... 10 bar
Presión de funcionamiento en función de la temperatura	-13.775 psi ... 145 psi
Nota sobre la presión de funcionamiento	Agua: presión de funcionamiento en función de la temperatura, véase el diagrama, máx. 0,3 MPa a 0 - 60 °C
Certificación	TÜV
Organismo que expide el certificado	B 013277 0506 00
Medio de funcionamiento	Aire comprimido según ISO 8573-1:2010 [7:-:-] Agua (líquida, sin hielo)
Control de inflamabilidad del material	UL94 HB
Conformidad PWIS	VDMA24364-B2-L
Idoneidad para la producción de baterías de iones de litio	Adecuado para la producción de baterías con valores reducidos de Cu/ Zn/Ni (F1a)
Clase de sala limpia	Elemento instalado estáticamente, no es posible una evaluación significativa según la norma ISO 14644-1
Aptitud para el contacto con alimentos	Véase la información complementaria sobre el material
Temperatura ambiente	-35 °C ... 60 °C
Peso del producto según la longitud	0.0183 kg/m
Conexión neumática	Para racor de conexión de diámetro exterior 6 mm Para boquilla enchufable diámetro interior 4 mm con tuerca de unión
Color	Azul
Dureza Shore	D 52 +/-3
Nota sobre el material	Conformidad con la Directiva RoHS
Material del tubo flexible	TPE-U (PU)



Controladores programables Micro830, Micro850 y Micro870

Números de catálogo de controladores Micro830 2080-LC30-10QWB, 2080-LC30-10QVB, 2080-LC30-16AWB, 2080-LC30-16QWB, 2080-LC30-16QVB, 2080-LC30-24QWB, 2080-LC30-24QVB, 2080-LC30-24QBB, 2080-LC30-48AWB, 2080-LC30-48QWB, 2080-LC30-48QVB, 2080-LC30-48QBB

Números de catálogo del controlador Micro850 2080-LC50-24AWB, 2080-L50E-24AWB, 2080-LC50-24QWB, 2080-L50E-24QWB, 2080-LC50-24QVB, 2080-L50E-24QVB, 2080-LC50-24QBB, 2080-L50E-24QBB, 2080-LC50-48AWB, 2080-L50E-48AWB, 2080-LC50-48QWB, 2080-L50E-48QWB, 2080-LC50-48QWBK, 2080-L50E-48QWBK, 2080-LC50-48QVB, 2080-L50E-48QVB, 2080-LC50-48QBB, 2080-L50E-48QBB

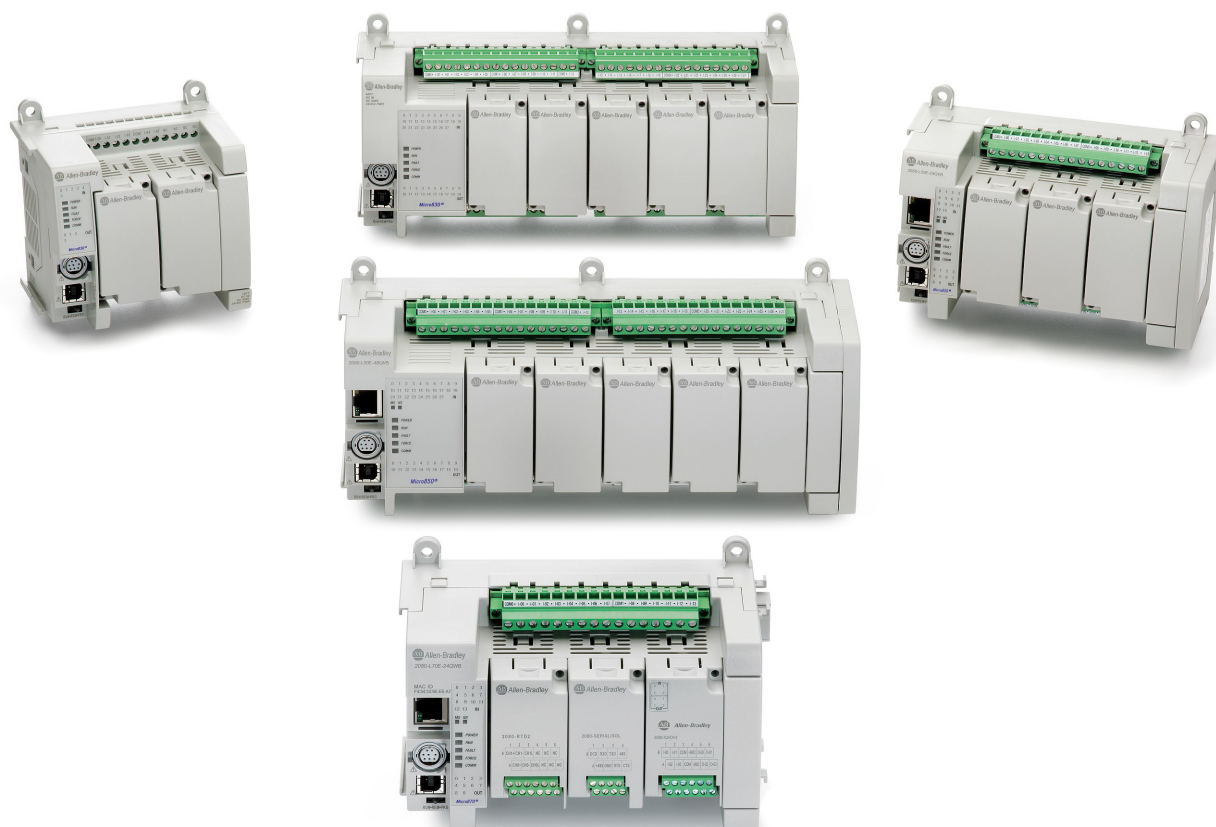
Números de catálogo del controlador Micro870 2080-LC70-24AWB, 2080-L70E-24AWB, 2080-LC70-24QWB, 2080-L70E-24QWB, 2080-LC70-24QWBK, 2080-L70E-24QWBK, 2080-L70E-24QWBN, 2080-L70E-24QWBNK, 2080-LC70-24QBB, 2080-L70E-24QBB, 2080-LC70-24QBBK, 2080-L70E-24QBBK, 2080-L70E-24QBBN



Allen-Bradley

by **ROCKWELL AUTOMATION**

Descripción general del hardware



Este capítulo presenta una descripción general de las características de hardware de los controladores Micro830®, Micro850® y Micro870®.

Características del hardware

Los controladores Micro830, Micro850 y Micro870 son controladores económicos estilo ladrillo con entradas y salidas incorporadas. Estos controladores aceptan de dos a cinco módulos enchufables, según el tipo de controlador. Los controladores Micro850 y Micro870 cuentan con características expandibles. El controlador Micro850 acepta hasta cuatro módulos de E/S de expansión, y el controlador Micro870 acepta hasta ocho módulos de E/S de expansión.

IMPORTANTE

Para obtener más información sobre los módulos enchufables y los módulos de E/S de expansión compatibles, consulte las siguientes publicaciones:

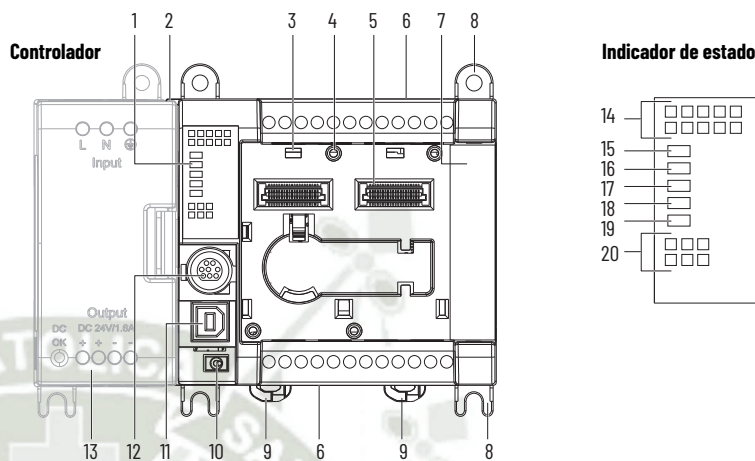
- Manual del usuario – Módulos de E/S de expansión Micro800, publicación [2080-UM003](#)
- Micro800 Plug-in Modules User Manual, publicación [2080-UM004](#)

Los controladores también admiten cualquier fuente de alimentación eléctrica clase 2, de 24 VCC, que cumpla con especificaciones mínimas, tal como la fuente de alimentación eléctrica Micro800 opcional.

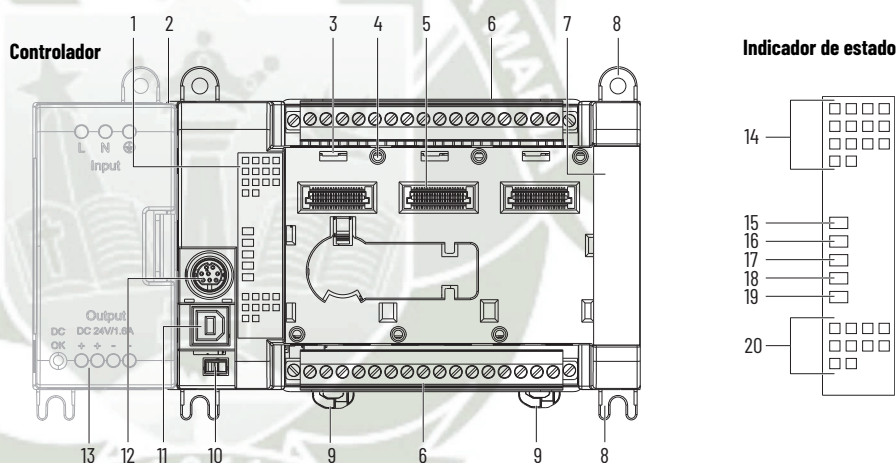
Para ver descripción de la operación del indicador de estado con el fin de realizar la resolución de problemas, consulte [Resolución de problemas en la página 317](#).

Controladores Micro830

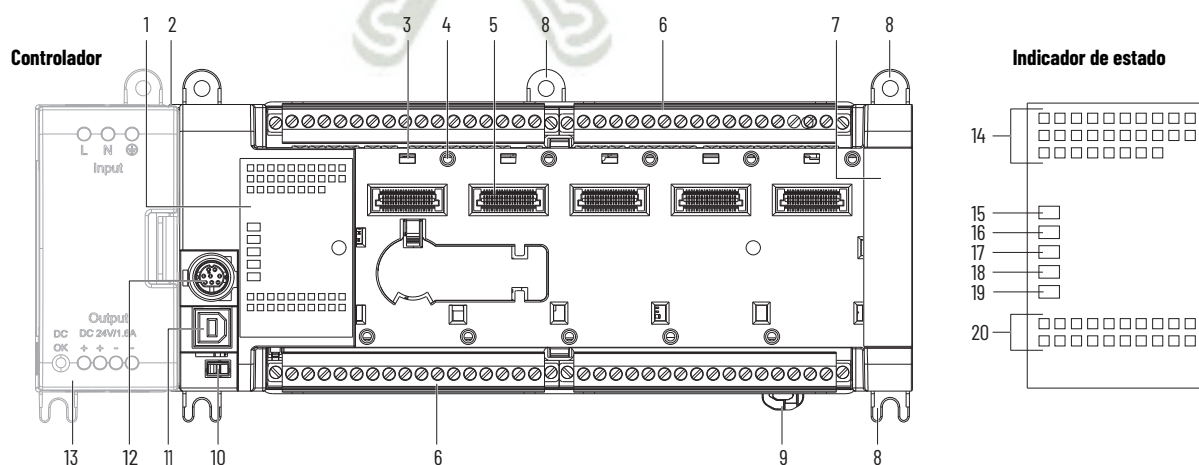
Controladores de 10/16 puntos Micro830 e indicadores de estado



Controladores de 24 puntos Micro830 e indicadores de estado



Controladores de 48 puntos Micro830 e indicadores de estado



Descripción del controlador Micro830

	Descripción		Descripción
1	Indicadores de estado	8	Agujero para tornillo de montaje/pie de montaje
2	Ranura de fuente de alimentación eléctrica opcional	9	Seguro de montaje en riel DIN
3	Seguro enchufable	10	Interruptor de modo
4	Agujero para tornillo de módulo enchufable	11	Puerto USB de conector tipo B
5	Conector enchufable de alta velocidad de 40 pines	12	Puerto serial combinado RS-232/RS-485 no aislado
6	Bloque de terminales E/S extraíble	13	Fuente de alimentación eléctrica de CA opcional
7	Cubierta de lado derecho		

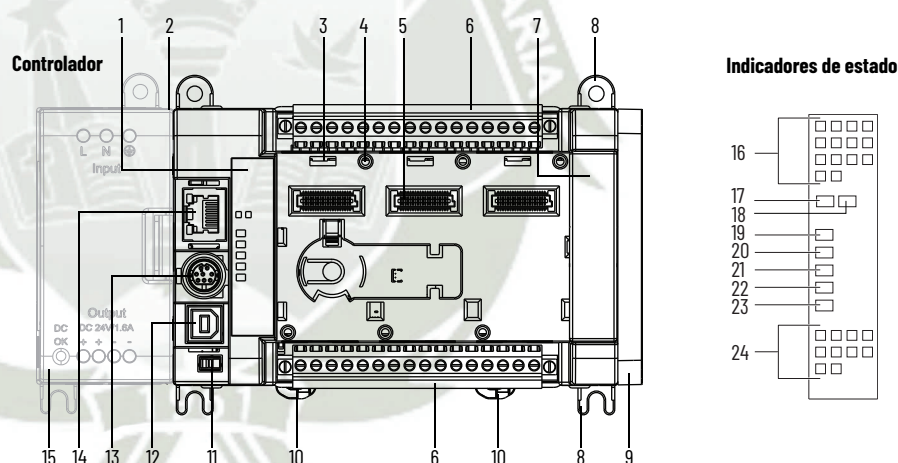
Descripción del indicador de estado del controlador Micro830 ⁽¹⁾

	Descripción		Descripción
14	Estado de entrada	18	estado de forzado
15	Estado de alimentación eléctrica	19	Estado de comunicaciones en serie
16	Estado de marcha	20	Estado de salida
17	Estado de fallo		

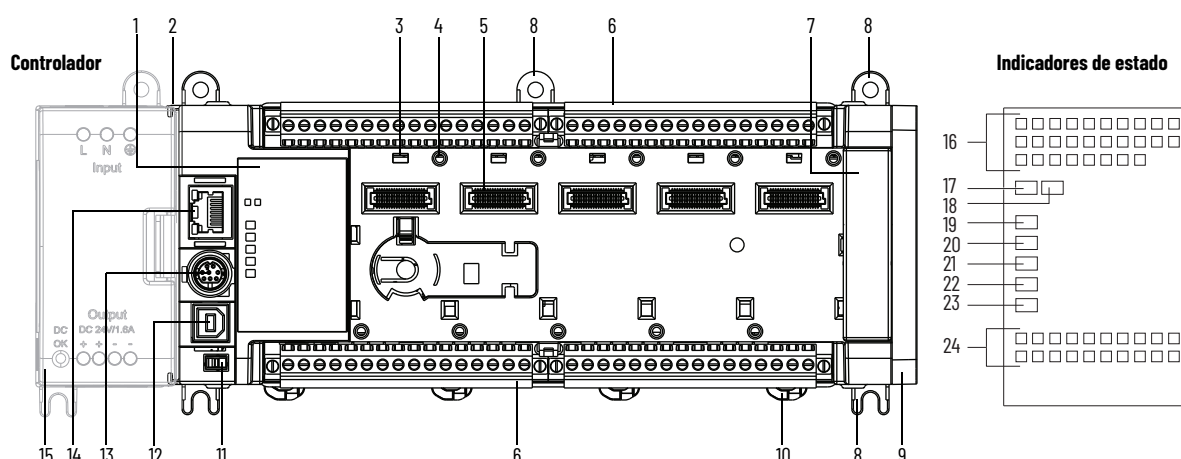
(1) Para obtener una descripción detallada de los diferentes indicadores LED de estado, consulte [Resolución de problemas en la página 317](#).

Controladores Micro850

Controladores Micro850 de 24 puntos e indicadores de estado



Controladores Micro850 de 48 puntos e indicadores de estado



Descripción del controlador Micro850

	Descripción		Descripción
1	Indicadores de estado	9	Cubierta de ranura de E/S de expansión
2	Ranura de fuente de alimentación eléctrica opcional	10	Seguro de montaje en riel DIN
3	Seguro enchufable	11	Interruptor de modo
4	Agujero para tornillo de módulo enchufable	12	Puerto USB de conector tipo B
5	Conector enchufable de alta velocidad de 40 pines	13	Puerto serial combinado RS-232/RS-485 no aislado
6	Bloque de terminales E/S extraíble	14	Conector RJ45 EtherNet/IP (con indicadores LED verde y amarillo incorporados)
7	Cubierta de lado derecho	15	Fuente de alimentación eléctrica de CA opcional
8	Agujero para tornillo de montaje/pie de montaje		

Descripción del indicador de estado del controlador Micro850 ⁽¹⁾

	Descripción		Descripción
16	Estado de entrada	21	Estado de fallo
17	Estado de módulo	22	estado de forzado
18	Estado de la red	23	Estado de comunicaciones en serie
19	Estado de alimentación eléctrica	24	Estado de salida
20	Estado de marcha		

(1) Para obtener una descripción detallada de los diferentes indicadores LED de estado, consulte [Resolución de problemas en la página 317](#).

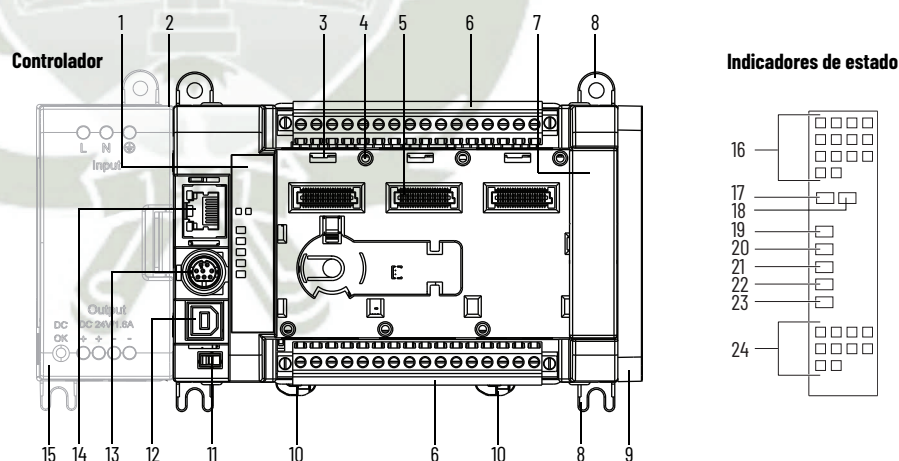


Puede pedir los siguientes bloques de terminales de repuesto por separado:

- 2080-RPL24RTB para controladores base de 24 puntos
- 2080-RPL48RTB para controladores base de 48 puntos

Controladores Micro870

Controladores Micro870 de 24 puntos e indicadores de estado



Descripción del controlador Micro870

	Descripción		Descripción
1	Indicadores de estado	9	Cubierta de ranura de E/S de expansión
2	Ranura de fuente de alimentación eléctrica opcional	10	Seguro de montaje en riel DIN
3	Seguro enchufable	11	Interruptor de modo
4	Agujero para tornillo de módulo enchufable	12	Puerto USB de conector tipo B
5	Conector enchufable de alta velocidad de 40 pines	13	Puerto serial combinado RS-232/RS-485 no aislado

Descripción del controlador Micro870 (Continuación)

	Descripción		Descripción
6	Bloque de terminales E/S extraíble	14	Conector RJ45 EtherNet/IP (con indicadores LED amarillo y verde incorporados)
7	Cubierta de lado derecho	15	Fuente de alimentación eléctrica de CA opcional
8	Agujero para tornillo de montaje/pie de montaje		

Descripción del indicador de estado del controlador Micro870 ⁽¹⁾

	Descripción		Descripción
16	Estado de entrada	21	Estado de fallo
17	Estado de módulo	22	estado de forzado
18	Estado de la red	23	Estado de comunicaciones en serie
19	Estado de alimentación eléctrica	24	Estado de salida
20	Estado de marcha		

(1) Para obtener una descripción detallada de los diferentes indicadores LED de estado, consulte [Resolución de problemas en la página 317](#).



Puede pedir por separado bloques de terminales de repuesto, número de catálogo 2080-RPL24RTB.

Tabla 1 - Controladores Micro830 - Número y tipos de entradas/salidas

Número de catálogo	Entradas		Salidas			Compatibilidad con PTO	Compatibilidad con HSC
	110 VCA	24 VCC/VCA	Relé	Drenadoras de 24 V	Surtidoras de 24 V		
2080-LC30-10QWB	-	6	4	-	-	-	2
2080-LC30-10QVB	-	6	-	4	-	1	2
2080-LC30-16AWB	10	-	6	-	-	-	-
2080-LC30-16QWB	-	10	6	-	-	-	2
2080-LC30-16QVB	-	10	-	6	-	1	2
2080-LC30-24QWB	-	14	10	-	-	-	4
2080-LC30-24QVB	-	14	-	10	-	2	4
2080-LC30-24QBB	-	14	-	-	10	2	4
2080-LC30-48AWB	28	-	20	-	-	-	-
2080-LC30-48QWB	-	28	20	-	-	-	6
2080-LC30-48QVB	-	28	-	20	-	3	6
2080-LC30-48QBB	-	28	-	-	20	3	6

Tabla 2 - Controladores Micro850 - Número y tipos de entradas/salidas

Número de catálogo	Entradas		Salidas			Compatibilidad con PTO	Compatibilidad con HSC
	120 VCA	24 VCC/VCA	Relé	Drenadoras de 24 V	Surtidoras de 24 V		
2080-LC50-24AWB	14	-	10	-	-	-	-
2080-L50E-24AWB	14	-	10	-	-	-	-
2080-LC50-24QWB	-	14	10	-	-	-	4
2080-L50E-24QWB	-	14	10	-	-	-	4
2080-LC50-24QVB	-	14	-	10	-	2	4
2080-L50E-24QVB	-	14	-	10	-	2	4
2080-LC50-24QBB	-	14	-	-	10	2	4
2080-L50E-24QBB	-	14	-	-	10	2	4
2080-LC50-48AWB	28	-	20	-	-	-	-
2080-L50E-48AWB	28	-	20	-	-	-	-
2080-LC50-48QWB	-	28	20	-	-	-	6
2080-L50E-48QWB	-	28	20	-	-	-	6
2080-LC50-48QWBK	-	28	20	-	-	-	6

Tabla 2 - Controladores Micro850 - Número y tipos de entradas/salidas (Continuación)

Número de catálogo	Entradas		Salidas			Compatibilidad con PTO	Compatibilidad con HSC
	120 VCA	24 VCC/VCA	Relé	Drenadoras de 24 V	Surtidoras de 24 V		
2080-L50E-48QWBK	-	28	20	-	-	-	6
2080-LC50-48QVB	-	28	-	20	-	3	6
2080-L50E-48QVB	-	28	-	20	-	3	6
2080-LC50-48QBB	-	28	-	-	20	3	6
2080-L50E-48QBB	-	28	-	-	20	3	6

Tabla 3 - Controladores Micro870 - Número y tipos de entradas/salidas

Número de catálogo	Entradas		Salidas			Compatibilidad con PTO	Compatibilidad con HSC
	120 VCA	24 VCC/VCA	Relé	Drenadoras de 24 V	Surtidoras de 24 V		
2080-LC70-24AWB	14	-	10	-	-	-	-
2080-L70E-24AWB	14	-	10	-	-	-	-
2080-LC70-24QWB	-	14	10	-	-	-	4
2080-L70E-24QWB	-	14	10	-	-	-	4
2080-LC70-24QWBK	-	14	10	-	-	-	4
2080-L70E-24QWBK	-	14	10	-	-	-	4
2080-L70E-24QWBN	-	14	10	-	-	-	4
2080-L70E-24QWBNK	-	14	10	-	-	-	4
2080-LC70-24QBB	-	14	-	-	10	2	4
2080-L70E-24QBB	-	14	-	-	10	2	4
2080-LC70-24QBBK	-	14	-	-	10	2	4
2080-L70E-24QBBK	-	14	-	-	10	2	4
2080-L70E-24QBBN	-	14	-	-	10	2	4

Cables de programación

Los controladores Micro800 cuentan con una interface USB que le permite usar cables USB estándar como cables de programación.

Utilice un cable USB estándar A macho a B macho para programar el controlador.



Cables de puerto serial incorporado

Aquí se listan los cables de puerto serial incorporado para comunicación. Todos los cables de puerto serial incorporado deben tener 3 metros (9.8 pies) de longitud como máximo.

Tabla 4 - Tabla de selección de cables de puerto serial incorporado

Conectores	Longitud	Número de catálogo	Conectores	Longitud	Número de catálogo
Mini DIN de 8 pines a mini DIN de 8 pines	0.5 m (1.5 pies)	1761-CBL-AM00 ⁽¹⁾	Mini DIN de 8 pines a conector tipo D de 9 pines	0.5 m (1.5 pies)	1761-CBL-AP00 ⁽¹⁾
Mini DIN de 8 pines a mini DIN de 8 pines	2 m (6.5 pies)	1761-CBL-HM02 ⁽¹⁾	Mini DIN de 8 pines a conector tipo D de 9 pines	2 m (6.5 pies)	1761-CBL-PM02 ⁽¹⁾
Mini DIN de 8 pines a mini DIN de 8 pines (con mecanismo de bloqueo en ambos conectores)	2 m (6.5 pies)	1761-CBL-AH02	Mini DIN de 8 pines con mecanismo de bloqueo a conector tipo D de 9 pines	2 m (6.5 pies)	1761-CBL-PH02
—			Mini DIN de 8 pines a bloque de terminales RS-485 de 6 pines	30 cm (11.8 pulg.)	1763-NC01 serie A

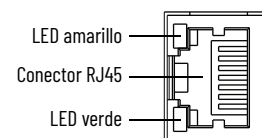
(1) Serie C o posteriores para aplicaciones de Clase 1, Div. 2.

Compatibilidad con Ethernet incorporada

Para los controladores Micro850 y Micro870, un puerto 10/100 Base-T (con indicadores LED verde y rojo incorporados) permite conectarlos a una red Ethernet mediante cualquier cable RJ45 Ethernet estándar. Los indicadores LED sirven como indicadores para transmitir y recibir información de estado.

Asignación de pines del puerto Ethernet RJ45

Número de contacto	Señal	Dirección	Función primaria
1	TX+	SALIDA	Transmisión de datos +
2	TX-	SALIDA	Transmisión de datos -
3	RX+	ENTRADA	Recepción de datos diferenciales Ethernet +
4			Eliminada
5			Eliminada
6	RX-	ENTRADA	Recepción de datos diferenciales Ethernet -
7			Eliminada
8			Eliminada



El indicador LED de estado amarillo indica que el vínculo está establecido (amarillo fijo) o que el vínculo no está establecido (apagado).

El indicador LED de estado verde indica que hay actividad (verde parpadeante) o que no hay actividad (apagado).

Los controladores Micro850 y Micro870 aceptan cables Ethernet cruzados (2711P-CBL-EX04).

Indicación de estado de Ethernet

Los controladores Micro850 y Micro870 también aceptan dos indicadores de estado para EtherNet/IP™ con el fin de indicar lo siguiente:

- Estado de módulo
- Estado de red

Para ver la descripción de los indicadores de estado de módulo y de red, consulte [Resolución de problemas en la página 317](#).

Original Instructions

Micro800 Programmable Controller External AC Power Supply

Catalog Number 2080-PSAC-12W

Topic	Page
Summary of Changes	1
Environment and Enclosure	2
Prevent Electrostatic Discharge	2
North American Hazardous Location Approval	3
Overview	4
Connect the Power Supply	5
Wire the Power Supply	6
Specifications	7
Additional Resources	10

Summary of Changes

This publication contains the following new or updated information. This list includes substantive updates only and is not intended to reflect all changes.

Topic	Page
Updated Certifications	9

**ATTENTION:**

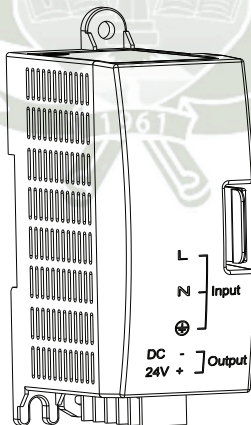
- Be careful when stripping wires. Wire fragments that fall into the controller could cause damage. Once wiring is complete, be sure the module is free of all metal fragments before removing the protective debris strip. Failure to remove the strip before operating can cause overheating.
- Be careful of metal chips when drilling mounting holes for your controller or other equipment within the enclosure or panel. Drilled fragments that fall into the controller could cause damage. Do not drill holes above a mounted controller if the protective debris strips have been removed.
- Electrostatic discharge can damage semiconductor devices inside the adapter. Do not touch the connector pins or other sensitive areas.
- Mount the power supply vertically.
- Allow 50 mm (2 in.) of space on all but the right side for adequate ventilation.
- Do not wire more than 2 conductors on any single terminal.

**WARNING:** Risk of electrical shock, fire, personal injury, or death.

- Do not use the power supply without proper grounding (Protective Earth).
- Turn power off before working on the device.
- Protect against inadvertent repowering.
- Make sure that the wiring is correct by following all local and national codes.
- Do not modify or repair the unit.
- Do not open the unit as high voltages are present inside.
- Use caution to prevent any foreign objects from entering into the housing.

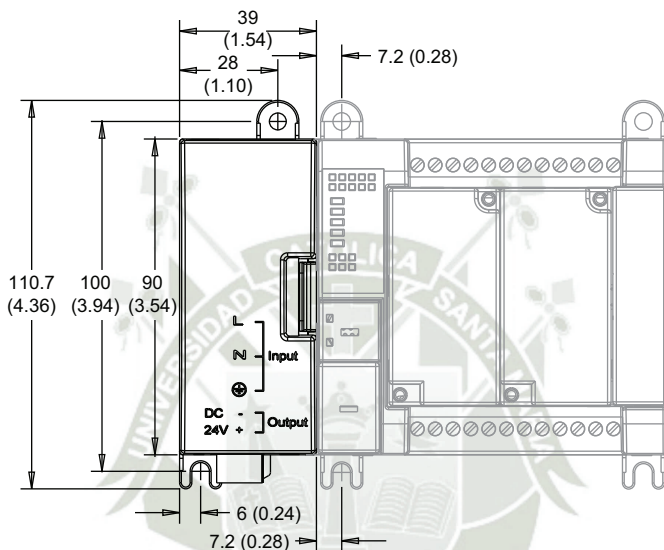
Overview

The 2080-PSAC-12W power supply can be used by controllers from the Micro800™ family as an optional AC power source.



Connect the Power Supply

Measurements in millimeters (inches)



General Considerations

Most applications require installation in an industrial enclosure to reduce the effects of electrical interference and environmental exposure. Locate your module as far as possible from power lines, load lines, and other sources of electrical noise such as hard-contact switches, relays, and AC motor drives. For more information on proper grounding guidelines, see the Industrial Automation Wiring and Grounding Guidelines, publication [1770-4.1](#).

Module Spacing

Maintain spacing from objects such as enclosure walls, wireways, and adjacent equipment. Allow 50.8 mm (2 in.) of space on all sides for adequate ventilation. An exception to this spacing guideline is allowed for the side at which you are connecting a Micro800 controller.

DIN Rail Mounting

Use a screwdriver to mount the power supply on EN 50022 - 35 x 7.5 DIN rails.

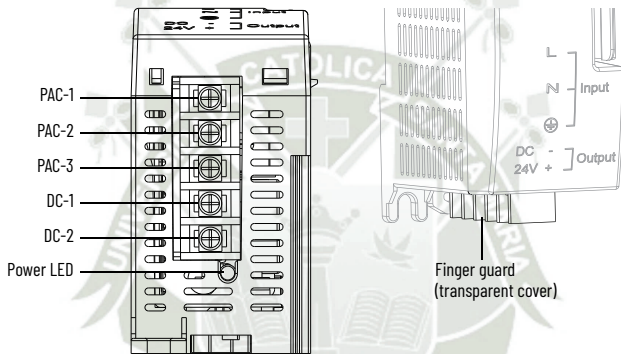
Panel Mounting

The preferred mounting method is to use four M4 (#8) screws per module. Hole spacing tolerance: ± 0.4 mm (0.016 in.).

Follow these steps to install the power supply using mounting screws.

1. Place the power supply against the panel where you are mounting it.
Make sure that the power supply is spaced properly.
2. Mark drilling holes through the mounting screw holes and mounting feet then remove the power supply.
3. Drill the holes at the markings, then replace the power supply and mount it.

Wire the Power Supply



AC Input Connectors			DC Output Connectors (DC 24V / 0.5 A)		
PAC-1	AC hot	100...240V AC	DC-1	-	
PAC-2	AC neutral	100...240V AC	DC-2	+	
PAC-3	Safety ground				



ATTENTION: Replace the finger guard after wiring the power supply.

Specifications

General Specifications

Attribute	Value
Dimensions, HxWxD	90 x 39 x 75 mm (3.54 x 1.54 x 2.95 in)
Shipping weight	0.2 kg (0.44 lb)
Supply voltage range ⁽¹⁾	100V...120V AC, 0.7 A 200...240V AC, 0.4 A
Supply frequency	47...63 Hz
Supply power	24V DC, 0.9 A @ 50 °C (122 °F) 24V DC, 0.5 A @ 65 °C (149 °F)
Inrush current, max	25 A @ 132V for 10 ms 40 A @ 265V for 10 ms
Line loss ride-through	10...3000 ms @ 88V AC
Power consumption (Output power)	21.6 W @ 50 °C (122 °F) 12 W @ 65 °C (149 °F)
Power dissipation (Input power)	27 W (115V AC), 26.7 W (230V AC) @ 50 °C (122 °F) 15.4 W (115V AC), 15.2 W (230V AC) @ 65 °C (149 °F)
Isolation voltage	250V (continuous), Primary to Secondary: Reinforced Insulation Type Type tested for 60 s at 2300V AC primary to secondary and 1350V AC primary to earth ground.
Output ratings	24V, 0.9 A, 21.6 W @ 50 °C (122 °F) 24V, 0.5 A, 12 W @ 65 °C (149 °F)
Enclosure type rating	Meets IP20
Wire size	0.32...2.1 mm ² (22...14 AWG) solid copper wire or 0.32...1.3 mm ² (22...16 AWG) stranded copper wire rated at 90 °C (194 °F) insulation max
Terminal screw torque	0.49...0.59 N·m (4.3...5.2 lb·in) (use a Phillips-head or 2.5 mm (0.10 in.) screwdriver)
Wiring category ⁽²⁾	2 - on power ports
Insulation-stripping length	5 mm (0.197 in.)
North American temp code	T4

- (1) Any fluctuation in voltage source must be within 88...264V. Do not connect the adapter to a power source that has fluctuations outside of this range.
- (2) Use this Conductor Category information for planning conductor routing. See Industrial Automation Wiring and Grounding Guidelines, publication [1770-4.1](#).

Diagramas de cableado

Módulo enchufable no aislado de entrada analógica unipolar Micro800™

Números de catálogo 2080-IF2, 2080-IF4

http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/wd/2080-wd003_-mu-p.pdf

FR Cette publication est disponible en français sous forme électronique (fichier PDF). Pour la télécharger, rendez-vous sur la page Internet indiquée ci-dessus.

IT Questa pubblicazione è disponibile in italiano in formato PDF. Per scaricarla collegarsi al sito Web indicato sopra.

DE Diese Publikation ist als PDF auf Deutsch verfügbar. Gehen Sie auf die oben genannte Web-Adresse, um nach der Publikation zu suchen und sie herunterzuladen.

ES Esta publicación está disponible en español como PDF. Diríjase a la dirección web indicada arriba para buscar y descargar esta publicación.

PT Esta publicação está disponível em português como PDF. Vá ao endereço web que aparece acima para encontrar e fazer download da publicação.

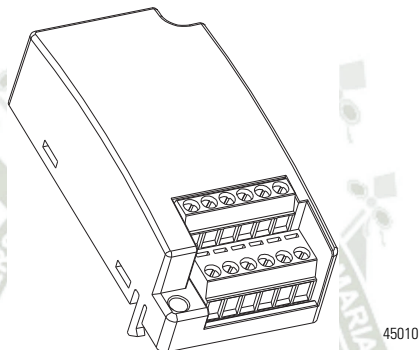
ZH 本出版物备有中文PDF格式文件，可从上面的网址找到并下载本出版物。

ZC 本出版物備有中文PDF檔，可由上列網址下載。

KO 본 간행물은 한글판 PDF 파일로 준비되어 있습니다. 위에 있는 웹 사이트에 가셔서 간행물을 다운로드 하십시오.

Lista de piezas

El paquete contiene un Módulo enchufable no aislado de entrada analógica unipolar Micro800 e instrucciones de cableado de guía de la configuración de pines.



Puede escoger cablear el módulo enchufable antes de introducirlo en el controlador, o cablear el mismo una vez que el módulo esté asegurado en el lugar.

ATENCIÓN

- Este equipo se considera equipo industrial del Grupo 1, Clase A según IEC/CISPR 11. Si no se observan las normas de precaución adecuadas, pueden producirse problemas de compatibilidad electromagnética en entornos residenciales y de otro tipo, debido a perturbaciones conducidas y radiadas.
- Tenga cuidado al pelar los cables. Los fragmentos de cable que caen dentro del controlador pueden causar daño. Al finalizar el cableado, asegúrese de que no haya fragmentos metálicos dentro del controlador antes de retirar la tira protectora.
- Evite cablear más de 2 conductores en una terminal unipolar.
- Si inserta o retira el módulo enchufable mientras está recibiendo alimentación, puede formarse arco eléctrico. Esto puede causar una explosión en lugares peligrosos. Antes de proceder, asegúrese de desconectar la alimentación eléctrica o de que el área no sea peligrosa.
- La longitud del cable debe ser menor a 10 metros.
- No inserte o retire el módulo enchufable mientras hay alimentación eléctrica, de lo contrario, puede dañarse permanentemente el equipo.

Cómo cablear el módulo

Siga el diagrama de configuración de pines para cablear su módulo enchufable.

Bloque de terminales hembra de 12 pines



2080-IF2

(Vista dentro del bloque de terminales)

Pin A1	COM	Pin A5	No utilizado	Pin B3	COM
Pin A2	No utilizado	Pin A6	No utilizado	Pin B4	VI-1
Pin A3	No utilizado	Pin B1	VI-0	Pin B5	CI-1
Pin A4	COM	Pin B2	CI-0	Pin B6	COM

2080-IF4

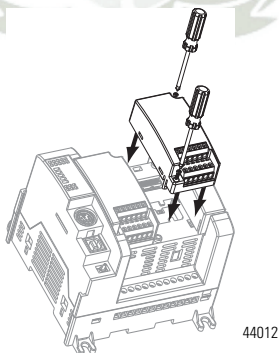
(Vista dentro del bloque de terminales)

Pin A1	COM	Pin A5	VI-3	Pin B3	COM
Pin A2	VI-2	Pin A6	CI-3	Pin B4	VI-1
Pin A3	CI-2	Pin B1	VI-0	Pin B5	CI-1
Pin A4	COM	Pin B2	CI-0	Pin B6	COM

Inserte el módulo en el controlador

Siga las instrucciones para insertar y fijar el módulo enchufable al controlador.

1. Coloque el módulo enchufable con el bloque de terminales orientado hacia la parte delantera del controlador, como se indica.



2. Encaje el módulo en el compartimento para módulos.

3. Con un destornillador, ajuste los 10...12 mm (0.39...0.47 pulg.) del tornillo autorroscante M3 según las especificaciones del par.

Especificaciones

Especificaciones generales y ambientales

Atributo	Valor											
Par de montaje	0.2 Nm (1.48 lb-pulg.)											
Par de apriete del tornillo terminal	0.22...0.25 Nm (1.95...2.21 lb-pulg.) (utilización de destornillador de punta plana 2.5 mm (0.10 pulg.))											
Calibre de cable	<table><tr><td></td><td>Mín</td><td>Máx</td><td></td></tr><tr><td>Macizo</td><td>0.14 mm² (26 AWG)</td><td>1.5 mm² (16 AWG)</td><td rowspan="2">clasificado en 90 °C (194 °F) aislamiento máximo</td></tr><tr><td>Trenzado</td><td>0.14 mm² (26 AWG)</td><td>1.0 mm² (18 AWG)</td></tr></table>		Mín	Máx		Macizo	0.14 mm ² (26 AWG)	1.5 mm ² (16 AWG)	clasificado en 90 °C (194 °F) aislamiento máximo	Trenzado	0.14 mm ² (26 AWG)	1.0 mm ² (18 AWG)
	Mín	Máx										
Macizo	0.14 mm ² (26 AWG)	1.5 mm ² (16 AWG)	clasificado en 90 °C (194 °F) aislamiento máximo									
Trenzado	0.14 mm ² (26 AWG)	1.0 mm ² (18 AWG)										
Impedancia de entrada	>100 kΩ para modo voltaje 250 Ω para modo corriente											
Rango de voltaje de entrada	0...10 V											
Rango de corriente de entrada	0...20 mA											
Consumo de energía	<60 mA @ 3.3 V											
Temperatura de funcionamiento	IEC60068-2-1 (prueba Ad, funcionamiento en frío), IEC60068-2-2, (prueba Bd, funcionamiento con calor seco), IEC 60068-2-14 (prueba Nb, funcionamiento con choque térmico): -20...65 °C (-4...149 °F)											
Temperatura del aire circundante, máx.	65 °C (149 °F)											
Temperatura, fuera de operación	IEC60068-2-1 (prueba Ad, funcionamiento en frío), IEC60068-2-2, (prueba Bd, funcionamiento con calor seco), IEC 60068-2-14 (prueba Nb, funcionamiento con choque térmico): -40...85 °C (-40...185 °F)											
Código de temp. de Norte América	T4											

Diagramas de cableado

Módulo enchufable DeviceNet Micro800

Número de catálogo 2080-DNET20

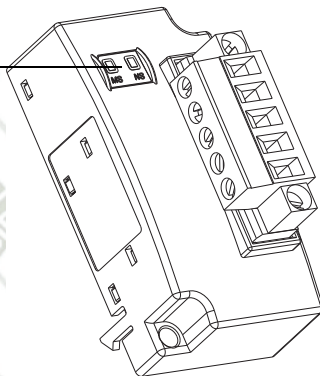
<http://www.rockwellautomation.com/literature/>

FR	Cette publication est disponible en français sous forme électronique (fichier PDF). Pour la télécharger, rendez-vous sur la page Internet indiquée ci-dessus.
IT	Questa pubblicazione è disponibile in italiano in formato PDF. Per scaricarla collegarsi al sito Web indicato sopra.
DE	Diese Publikation ist als PDF auf Deutsch verfügbar. Gehen Sie auf die oben genannte Web-Adresse, um nach der Publikation zu suchen und sie herunterzuladen.
ES	Esta publicación está disponible en español como PDF. Diríjase a la dirección web indicada arriba para buscar y descargar esta publicación.
PT	Esta publicação está disponível em português como PDF. Vá ao endereço web que aparece acima para encontrar e fazer download da publicação.
ZH	本出版物備有中文PDF格式文件， 可从上面的網址找到并下載本出版物。
ZC	本出版物備有中文PDF檔， 可由上列網址下載。
KO	본 간행물은 한글판 PDF 파일로 준비되어 있습니다. 위에 있는 웹 사이트에 가셔서 간행물을 다운로드 하십시오.

Lista de piezas

El paquete contiene un módulo enchufable Micro800™ DeviceNet, dos tornillos para fijación del módulo y estas instrucciones de cableado con la configuración de pines.

Indicadores LED de
estado del módulo y
estado de la red



46208

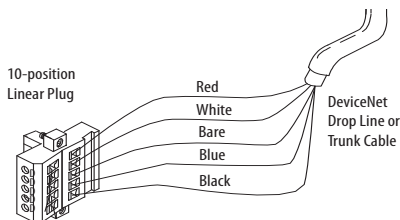
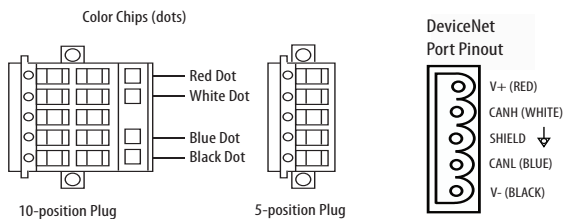


ATENCIÓN: Este módulo enchufable está diseñado para uso con la familia de controladores programables Micro800.

Puede cablear el módulo enchufable antes de insertarlo en el controlador, o cablearlo una vez que el módulo esté fijado en su lugar.

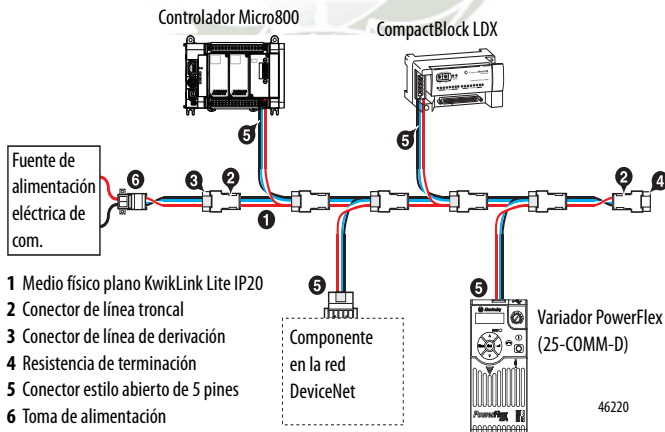
Cablee el conector DeviceNet

El conector de red DeviceNet es un conector macho tipo cabezal de 5 pines. Cablee el conector según las siguientes ilustraciones.



20474

Ejemplo de cableado de red usando medio físico plano Kwiklink Lite

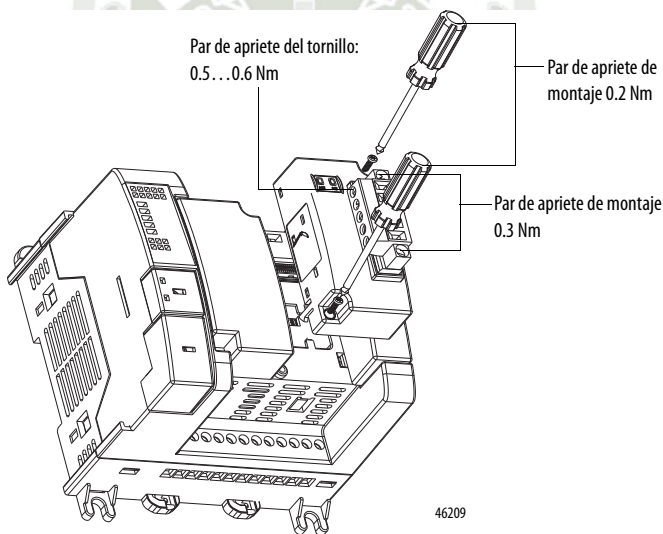


IMPORTANTE

Para obtener información detallada sobre la conexión DeviceNet, consulte el documento DeviceNet Media Design and Installation Guide, publicación [DNET-UM072](#).
También consulte Pautas de cableado y conexión a tierra de equipos de automatización industrial, publicación [1770-4.1](#).

Inserte el módulo en el controlador

Observe las instrucciones para insertar y fijar el módulo enchufable al controlador.





ADVERTENCIA: Si inserta o extrae el módulo mientras la alimentación eléctrica del controlador está conectada, puede producirse un arco eléctrico, lo cual podría causar una explosión en zonas peligrosas. Antes de proceder, asegúrese de desconectar la alimentación eléctrica o de que la zona no sea peligrosa.

ADVERTENCIA: Cuando este equipo se use en una zona peligrosa Clase I, División 2, deberá instalarse en un envoltorio adecuado con un método de cableado apropiado que cumpla con los códigos eléctricos locales.

ADVERTENCIA: Si se conecta o desconecta el cableado o el conector mientras la alimentación del lado del campo está activada, se puede producir un arco eléctrico, lo cual podría causar una explosión en zonas peligrosas. Antes de proceder, asegúrese de desconectar la alimentación eléctrica o de que la zona no sea peligrosa.



ADVERTENCIA: No inserte ni retire el módulo mientras la alimentación eléctrica del controlador está conectada para evitar cualquier daño al módulo y/o al controlador.

1. Coloque el módulo enchufable de manera que el bloque de terminales quede orientado hacia la parte delantera del controlador, como se indica.
2. Encaje el módulo en el compartimento para módulos.
3. Con un destornillador, ajuste el tornillo autorroscante M3 10...12 mm (0.39...0.47 pulg.) según las especificaciones del par.

Especificaciones

Especificaciones generales

Atributo	Valor
Par de apriete de tornillos	Consulte Inserte el módulo en el controlador en la página 8 para determinar el par de apriete de los tornillos
Dimensiones: alto x ancho x profundidad	62 x 31.5 x 20 mm (2.44 x 1.24 x 0.78 pulg.)
Peso	35 g
Velocidad máx. de comunicación DeviceNet	125 Kbps – 420 m (1378 pies.) 250 Kbps – 200 m (656 pies.) 500 Kbps – 75 m (246 pies.)
Número máx. de nodos	20 nodos para operación de E/S
Protocolo de red	Mensajería de E/S esclavas: Comando de encuesta
Indicadores de estado de DeviceNet	Estado del módulo – rojo/verde Estado de red – rojo/verde
Clasificación de tipo de envoltente	Cumple con IP20
Consumo de alimentación eléctrica del backplane	50 mA a 24 VCC
Corriente DeviceNet	24 VCC, 300 mA Clase 2
Disipación máx. de potencia	1.44 W
Voltaje de aislamiento	50 V (en régimen permanente) Tipo probado durante 60 s a 500 VCA entre el backplane y DeviceNet
Calibre de cable	Cable de cobre macizo o trenzado de 0.25... 2.5 mm ² (22...14 AWG) con clasificación de 90 °C (194 °F) o mayor, aislamiento de 1.2 mm (3/64 pulg.) máx.
Categoría de cable	1 – en puertos de alimentación eléctrica 2 – en puertos de comunicación
Código de temp. de Norteamérica	T4
Fuente de alimentación eléctrica preferida	1606-XLSDNET4