



Universidad Del Bío-Bío

Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil en Automatización

"Desarrollo de Experiencias Teórico-Prácticas En Electroneumática para la Utilización de Brazo Posicionador Neumático Festo."

Flavio G. Delgado Colipan

Fernando A. Salas Fierro

Seminario para Optar al Título de Ingeniero Civil en Automatización

Guiado por los Profesores Juan B. Antipil Ibáñez y Jaime A. Rohten Carrasco

Concepción - 2017

Índice general

Capítulo 1	1
1. Introducción.....	1
Capítulo 2	3
2. El problema, Nociones básicas.....	3
2.1. Antecedentes.....	3
2.2. Definición del problema	3
2.3. Justificación.....	6
2.4. Objetivos.....	6
2.4.1. Objetivo general	6
2.4.2. Objetivos específicos	6
2.5. Delimitaciones	6
2.6. Limitaciones	7
2.7. Resumen	7
Capítulo 3	8
3. Fundamentos teóricos.....	8
3.1. Neumática.....	8
3.2. Electroneumática	10
3.3. El Aire	11
3.3.1. La ley de Boyle-Mariotte	11
3.4. Compresor	12
3.5. Actuadores.....	13
3.6. Resumen	16
Capítulo 4	18
4. Elementos de control.....	18
4.1. Actuadores.....	18
4.2. Accionamiento o Control	18
4.2.1. Identificación de los orificios de conexión	19
4.2.2. Accionamientos de las válvulas	20
4.3. Sensores de posición o finales de carreras	20
4.3.1. Detector de posición accionamiento derecha o izquierda.....	21
4.3.2. Detector de posición óptico.....	21
4.3.3. Detector de posición electrónico.....	22
4.4. Elementos complementarios de control.....	22
4.4.1. Válvula de estrangulación y antirretorno.	22
4.4.2. Válvula de secuencia (con presóstato)	23
4.4.3. Válvula de desaceleración.....	23
4.4.4. Sensor de presión con indicador	24
4.4.5. Válvula selectora tiple (función lógica AND)	24
4.4.6. Válvula selectora tiple (función lógica OR).....	25
4.5. Elementos eléctricos de control.....	25
4.5.1. Elementos eléctricos de introducción de señales	25
4.5.2. Elemento eléctrico de procesamiento de señales (relé).....	28
4.6. Resumen	31
Capítulo 5	32
5. Software FluidSIM.....	32
5.1. Introducción a la simulación y construcción de circuitos.	32
5.1.1. Simulación de circuitos.....	33
5.1.2. Diseño de nuevos circuitos.....	35
5.2. Unidades de medida	39

5.3. Control de gráficos	41
5.4. Acoplamiento de equipo electroneumático.	41
5.5. Accionamiento de interruptores.	44
5.6. Resumen	46
Capítulo 6.....	48
6. Sistemas Electroneumáticos	48
6.1. Aspectos generales	49
6.1.1. Diagrama espacio-fase	50
6.2. Diagrama de mando.....	53
6.3. Diagrama de funcionamiento	54
6.4. Conceptos comunes en electroneumática.....	55
6.5. Simbología de elementos según la norma EN 81346-2:2009-10.....	57
6.6. Diseño Intuitivo	58
6.6.1. Mando directo	59
6.6.2. Mandos indirectos	60
6.6.3. Circuito de auto-retención.....	61
6.6.4. Mando con retorno automático de un cilindro simple efecto.....	62
6.6.5. Mando de un cilindro de doble efecto (movimiento continuo, parada).....	63
6.6.6. Aplicación de lo aprendido	63
6.7. Método Cascada	71
6.8. Método Paso a paso	77
6.9. Interferencias de señales.....	80
6.10. Resumen	81
Capítulo 7.....	82
7. Brazo Posicionador servo neumático Festo.....	82
7.1. Equipamiento disponible	83
7.2. Conexión y Posibilidades de aprendizajes parciales	86
7.2.1. PneuPos 1	87
7.2.2. PneuPos 1 + PneuPos 2	88
7.2.3. PneuPos 1 + PneuPos 2 + Gripper	89
7.3. Controlador de ejes SPC200.....	90
7.3.1. Módulo SCP200-PWR-AIF	91
7.3.2. Módulo SPC200-MMI-DIAG.....	92
7.3.3. Módulo SPC200-DIO.....	93
7.4. Software WinPISA	94
7.4.1. Instalación de software WinPISA v4.51	95
7.4.2. Configuración de hardware del SPC200 por medio de WinPISA v4.51	98
7.4.3. Configuración de modo de funcionamiento START/STOP	103
7.4.4. Configuración de ejes electroneumáticos.....	104
7.4.5. Crear, descargar y correr un nuevo programa.....	107
7.4.6. Código de programación según norma DIN 66025	109
7.5. Resumen	115
8. Conclusiones	116
9. Bibliografía.....	118

Índice de figuras

Figura 3.1: “Ley de Boyle-Mariotte”	12
Figura 3.2: “Unidad compresora”	13
Figura 3.3: “Cuerpo de un cilindro simple efecto”	14
Figura 4.1: “Actuadores en electroneumática”	17
Figura 4.2: “Tipos de actuadores lineales”	18
Figura 4.3: “Válvulas de accionamiento o control”	19
Figura 4.4: “Detector de posición”	21
Figura 4.5: “Detector de posición óptico”	22
Figura 4.6: “Detector de posición electrónico”	22
Figura 4.7: “Válvula de estrangulación y antirretorno”	23
Figura 4.8: “Válvula de secuencia”	23
Figura 4.9: “Temporizador normalmente cerrado”	24
Figura 4.10: “Sensor de presión con indicador”	24
Figura 4.11: “Válvula selectora triple (AND)”	25
Figura 4.12: “Válvula selectora triple (OR)”	25
Figura 4.13: “Esquema y conexión de contactos”	26
Figura 4.14: “Esquema de pulsadores”	27
Figura 4.15: “Esquema y conexión de interruptores”	27
Figura 4.16: “Placa de interruptores”	27
Figura 4.17: “Relé triple”	28
Figura 5.1: “Espacio de trabajo de FluidSIM”	32
Figura 5.2: “Vista previa de circuitos a simular”	33
Figura 5.3: “Circuito demo1.ct”	34
Figura 5.4: “Simulación del circuito demo1.ct”	34
Figura 5.5: “Circuito con algunos componentes a conectar”	35
Figura 5.6: “Todos los elementos conectados”	36
Figura 5.7: “Ventana de dialogo, configuración de válvula”	36
Figura 5.8: “Configuración cierre de conexión”	37
Figura 5.9: “Simulación de válvula accionada”	37
Figura 5.10: “Circuito con válvula estranguladora de presión”	38
Figura 5.11: “Ventana de configuración válvula estranguladora de presión”	38
Figura 5.12: “Circuito con válvula estranguladora de presión en simulación”	39
Figura 5.13: “Circuito con diagrama de estado para el cilindro y la válvula”	39
Figura 5.14: “Ventana de dialogo para la presentación de las medidas de estado”	40
Figura 5.15: “Ventana de dialogo de una conexión”	40
Figura 5.16: “Circuito diseñado erróneamente”	41
Figura 5.17: “Ventana de avisos de simulación”	41
Figura 5.18: “Circuito eléctrico simple”	42
Figura 5.19: “Circuito Electroneumático simple”	43
Figura 5.20: “Ventana de dialogo del solenoide de válvula”	43
Figura 5.21: “Simulación del circuito Electroneumático”	44
Figura 5.22: “Ejemplo de posicionamiento de regla de distancia”	44
Figura 5.23: “Ventana de dialogo de la regla de distancia”	45
Figura 5.24: “Cilindro doble efecto con regla de distancia”	45
Figura 5.25: “Relé con interruptores acoplados”	46
Figura 5.26: “Símbolos sencillos de interruptores”	46
Figura 6.1: “Sistema neumático básico”	49
Figura 6.2: “Diagrama espacio para dos elementos”	50
Figura 6.3: “Diagrama espacio – fase”	51

Figura 6.4: “Diagrama espacio – fase, con ciclos de trabajo”	51
Figura 6.5: “Diagrama espacio – fase, con dos cilindros”	52
Figura 6.6: “Diagrama espacio – fase, con elementos de trabajo”	52
Figura 6.7: “Diagrama espacio – fase, con elementos de trabajo para dos cilindros”	52
Figura 6.8: “Diagrama de movimientos espacio-fase, elementos neumáticos rotativos”	53
Figura 6.9: “Diagrama de mando para una válvula de accionamiento manual”	54
Figura 6.10: “Diagrama de funcionamiento y esquema, para un ciclo semiautomático”	55
Figura 6.11: “Identificación según norma EN 81346-2:2009-10”	58
Figura 6.12: “Identificación de componentes según norma EN 81346-2:2009-10”	58
Figura 6.13: “Circuito electroneumático, mando cilindro simple efecto”	59
Figura 6.14: “Circuito electroneumático, mando cilindro doble efecto”	60
Figura 6.15: “Circuito electroneumático biestable”	60
Figura 6.16: “Circuito desconectar dominante”	61
Figura 6.17: “Circuito conectar dominante”	62
Figura 6.18: “Circuito electroneumático para cilindro simple efecto”	62
Figura 6.19: “Circuito electroneumático para cilindro doble efecto”	63
Figura 6.20: “Esquema banda transportadora”	64
Figura 6.21: “Representación diagrama espacio – fases”	64
Figura 6.22: Circuito electroneumático usando FluidSIM	65
Figura 6.23: “Diagrama espacio – fase, del software FluidSIM”	65
Figura 6.24: “Circuito electroneumático usando FluidSIM”	66
Figura 6.25: “Diagrama espacio – fase, del software FluidSIM”	66
Figura 6.26: “Circuito electroneumático usando FluidSIM”	67
Figura 6.27: “Representación diagrama espacio – fases”	67
Figura 6.28: “Circuito electroneumático usando FluidSIM”	68
Figura 6.29: “Diagrama espacio – fase, del software FluidSIM”	69
Figura 6.30: “Circuito, parte neumática usando FluidSIM”	70
Figura 6.31: “Circuito, parte eléctrica usando FluidSIM”	70
Figura 6.32: “Representación diagrama espacio – fases”	70
Figura 6.33: “Esquema banda transportadora”	71
Figura 6.34: “Elementos neumáticos del circuito”	72
Figura 6.35: “Diagrama espacio – fases, actuadores lineales”	73
Figura 6.36: “Identificación de sensores”	73
Figura 6.37: “Conexión e identificación de control electroneumático”	74
Figura 6.38: “Conexión de auto-retención para el relé KF1”	75
Figura 6.39: “Líneas de alimentación de grupos”	75
Figura 6.40: “Circuito electroneumático usando FluidSIM”	76
Figura 6.41: “Representación diagrama espacio – fases”	76
Figura 6.42: “Representación diagrama espacio – fases”	77
Figura 6.43: “Secuencia dividida por el método paso a paso”	78
Figura 6.44: “Identificación del control electroneumático”	78
Figura 6.45: “Configuración relés método paso a paso”	79
Figura 6.46: “Conexión de bobinas, método paso a paso”	79
Figura 6.47: “Representación diagrama espacio – fases”	80
Figura 6.48: “Diagrama espacio – fases”	80
Figura 7.1: “Componentes eléctricos y neumáticos PneuPos 1”	87
Figura 7.2: “Conexión eléctrica y neumático PneuPos 1”	88
Figura 7.3: “Componentes eléctricos y neumáticos PneuPos1+PneuPos2”	88
Figura 7.4: “Conexión eléctrica y neumático PneuPos1+PneuPos2”	89
Figura 7.5: “Componentes eléctricos y neumáticos PneuPos1+PneuPos2+PneuPos3”	89

Figura 7.6: “Conexión eléctrico y neumático PneuPos1+PneuPos2+PneuPos3”	90
Figura 7.7: “Controlador de ejes SPC200”	91
Figura 7.8: “Buscador página Festo”	96
Figura 7.9: “Descarga de software WinPISA v4.51”	96
Figura 7.10: “Ejecución de software WinPISA v4.51”	96
Figura 7.11: “Asistente de instalación software WinPISA v4.51”	97
Figura 7.12: “Instalación software WinPISA v4.51 completada”	97
Figura 7.13: “Inicio de WinPISA”	98
Figura 7.14: “Entorno de trabajo de WinPISA”	98
Figura 7.15: “Crear nuevo proyecto”	99
Figura 7.16: “Directorio de proyecto”	99
Figura 7.17: “Inserción de objeto”	99
Figura 7.18: “Configuración SPC200”	100
Figura 7.19: “Finalización de Configuración SPC200”	101
Figura 7.20: “Icono 1st.AIF string”	101
Figura 7.21: “Configuración de parámetros para los ejes”	102
Figura 7.22: “Selección modo Online”	102
Figura 7.23: “Modo Online activado”	102
Figura 7.24: “Transmisión de datos”	103
Figura 7.25: “Carga de proyecto”	103
Figura 7.26: “Configuración SPC200”	104
Figura 7.27: “Configuración de modo operación”	104
Figura 7.28: “Configuración de ejes”	105
Figura 7.29: “Configuración eje X”	105
Figura 7.30: “Configuración eje Y”	106
Figura 7.31: “Configuración de Gripper”	106
Figura 7.32: “Controlador de pinza”	106
Figura 7.33: “Ejes y Gripper configurado”	107
Figura 7.34: “Descargar configuración del proyecto”	107
Figura 7.35: “Venta de código programa”	107
Figura 7.36: “Programa 0, movimiento eje X”	108
Figura 7.37: “Descargar programa”	108
Figura 7.38: “Selección de programa”	108
Figura 7.39: “Opciones de control para programa”	109

Resumen

Este trabajo de título surge como necesidad y alternativa de solución al problema de desuso de equipamiento Festo Didactic disponible en el laboratorio de control.

La principal razón para dar pie a la realización de este proyecto radica en que; con esto se ayudará al alumnado del establecimiento de educación superior Universidad del Bío-Bío a ampliar su gama de conocimientos y aprendizaje en las áreas de neumática y electroneumática, dando posibilidad a comprender como manipular y operar de mejor forma, segura y correcta, los implementos disponibles para su aprendizaje. Además de estudiar los elementos de neumática y electroneumática, también se busca facilitar al docente la aplicación de esta área de estudio haciendo más fácil la posibilidad de impartir materias de esta índole, poniendo a su disposición un documento que contendrá todo lo necesario para impartir dichas materias.

Como se comentaba anteriormente, a lo largo de este documento expondremos el conocimiento de la neumática, electroneumática y softwares utilizados en estas áreas, complementando con la teoría y ejercicios prácticos correspondientes a cada uno de ellos.

En la extensión del documento se presenta el material disponible en el laboratorio de control que será fundamental en el desarrollo de este estudio; complementaremos esta información con su respectiva descripción e información técnica proporcionada por el fabricante. También haremos un estudio completo en torno al controlador SPC200 y su software complementario WinPisa utilizado para manipular el brazo posicionador servo neumático Festo.

Capítulo 1

1. Introducción

Mediante la realización de este estudio, se utilizará el equipamiento Festo Didactic presente en el establecimiento de educación superior, para la elaboración de una serie de guías de laboratorios teórico-prácticos, para alumnos futuros, de manera que utilicen los equipos electroneumáticos y conozcan la teoría que acompaña a cada uno de ellos, para así, complementar la formación de los estudiantes, específicamente de la carrera de Ingeniería Civil en Automatización.

A lo largo del presente documento se comentará, mediante un planteamiento concreto, la problemática que se pretende abarcar y la propuesta de solución, entre estos se estudiará a grandes rasgos que se está haciendo hoy en día respecto a este tema, también hablaremos del principio de funcionamiento de sistemas de control neumático y electroneumáticos, la utilización de los softwares FluidSIM y WinPisa. También se presentará el equipamiento disponible en el laboratorio de control y algunos datos técnicos importantes para la etapa de implementación y utilización de ellos.

Este proyecto fue propuesto por el Profesor Juan Antipil, encargado de impartir ramos de control e instrumentación industrial, acompañado del Profesor Jaime Rohten y ejecutado por los alumnos Flavio G. Delgado Colipan y Fernando A. Salas Fierro, orientado al desarrollo de conocimientos de softwares utilizados en modelado de sistemas electroneumáticos y aplicación de control del mismo tipo sobre cilindros neumáticos y brazo posicionador robótico. El tema que aquí se ha tratado y que luego veremos en el objetivo es en concreto: “Desarrollar una serie de guías teórico-prácticas para el alumnado en el ámbito de la electroneumático y experiencias de laboratorio en la manipulación de brazo posicionadorFesto” utilizando el equipamiento existente en la universidad.

Estas guías teóricas-prácticas se desarrollarán con la finalidad de elaborar un conjunto de elementos útiles que permitan el aprendizaje y desarrollo de aplicaciones futuras a partir de la utilización de dichos componentes.

En los últimos años, la aplicación de la automatización sobre la electroneumática ha tenido un importante auge gracias a los avances técnicos de las tecnologías de este tipo, que permiten desarrollar aplicaciones que suplen cada vez en mayor cantidad las soluciones industriales, facilitando así la comunicación de dichos sistemas industriales con su operario.

Lo anterior comentado es la razón por la cual, numerosos proyectos para la obtención de títulos de pregrado han abarcado este tema como una prioridad de investigación en sus casas de estudio.

Capítulo 2

2. El problema, Nociones básicas

2.1. Antecedentes

Actualmente la Universidad del Bío-Bío, sede Concepción, cuenta con un kit de materiales marca Festo Didactic, pero no cuenta con material de apoyo, que permita llevar un aprendizaje adecuado en los campos de la neumática y electroneumática.

El departamento de ingeniería no cuenta con materias de esta índole para alumnos de ingeniería civil en automatización.

2.2. Definición del problema

La electroneumática es una de las técnicas que en la actualidad viene cobrando importancia en la optimización de los procesos a nivel industrial, sobre todo en procesos de control y automatización. Por un lado, la neumática ha revolucionado la aplicación de los servomecanismos para el accionamiento de sistemas de producción industrial. Por otro lado, gracias a los estudios de la electricidad y electrónica, se ha producido una fusión de métodos, dando así inicio a los sistemas electroneumáticos, los cuales son más compactos y más eficientes en comparación con sus pares puramente neumáticos. Es por esto, que la industria está utilizando en gran parte de sus procesos este tipo de mecanismos, lo cual nos lleva a tener presente una alta demanda de especialistas que posean conocimientos en esta área.

Hoy, la industria dispone de un amplio campo laboral enfocado al uso de aplicaciones electroneumáticas tanto en procesos de manipulación de alimentos (debido a que su funcionamiento con aire, la neumática es una técnica libre de contaminantes), y también en manufactura flexible en variados ámbitos tales como: producción en línea, industria forestal, papelería, entre otros.

Actualmente la mayoría de las casas de estudios superiores que imparten carreras de pregrado enfocadas al ámbito del control industrial y automatización, no son indiferentes a la utilización de equipamiento didáctico, que facilite el aprendizaje de los estudiantes en el área de electroneumática, siendo Festo la marca que se ha llevado todas las miradas a la hora de hablar del tema. La Universidad del Bío-Bío, en sus instalaciones de Concepción, también cuenta con equipamiento Festo Didactic e instrumentación necesaria para llevar a cabo experiencias de este tipo.

Debido a lo anterior es que, mediante la realización de este proyecto se realizara la utilización del equipamiento presente en el establecimiento, para preparar una serie de

laboratorios teórico-prácticos orientados a alumnos futuros, de manera que puedan manipular los equipos electroneumáticos Festo Didactic y conozcan la metodología que rige en ellos, de esta forma complementar la formación del alumnado, específicamente de la carrera de Ingeniería Civil en Automatización.

Antes de adentrarnos más en la solución propiamente tal a la problemática que se pretende plantear, es necesario entender algunos conceptos y nombres importantes para la correcta comprensión del proyecto de título.

El primer concepto a entender es **Automatización**, el cual aceptaremos como la consecuencia del verbo automatizar, este verbo por su parte alude a hacer que determinadas acciones se vuelvan automáticas, es decir, que se desarrollen por si solas y sin la participación directa de un individuo. Este concepto es utilizado en el ámbito industrial como referencia a un sistema que permite que una maquina desarrolle ciertos procesos o realice ciertas tareas sin la intervención del ser humano, permitiendo ahorrar tiempo y, muchas veces, dinero.

Neumática, es el segundo concepto a conocer, que entenderemos como la tecnología que emplea el aire comprimido como modo de transmisión de la energía necesaria para mover y hacer funcionar mecanismos. Los procesos consisten en incrementar la presión de aire y a través de la energía acumulada sobre los elementos del circuito neumático (por ejemplo, los actuadores lineales) y efectuar un trabajo útil.

Electroneumática, la energía eléctrica sustituye a la energía neumática como el elemento natural para la generación y transmisión de las señales de control que se ubican en los sistemas de mando. Los elementos nuevos y/o diferentes que entran en juego están constituidos básicamente para la manipulación y acondicionamiento de las señales de voltaje y corriente que deberán de ser transmitidas a dispositivos de conversión de energía eléctrica a energía neumática para lograr la activación de los actuadores neumáticos.

FestoS.A., es una empresa que asesora, desarrolla e implementa equipos de automatización industrial, elabora y dicta capacitaciones en tecnologías de automatización, tanto en el segmento industrial como educacional, además de la comercialización de equipamiento.

FestoDidactic, es el área de la empresa Festo dedicada a desarrollar metodologías de enseñanza y equipos de entrenamiento de automatización, de esta forma se encargan de apoyar a distintas instituciones en la difusión de este conocimiento.

FluidSIM, es un excelente software que permite tanto la construcción, como la simulación de diagramas de circuitos, en las áreas de la neumática, hidráulica y electroneumática, funciona en el entorno de Microsoft Windows.

WinPisa, es una potente aplicación diseñada para la configuración, puesta en servicio, la programación y la realización de diagnósticos en el controlador de posicionamiento SPC200. Los módulos de expansión están disponibles para el acoplamiento a sistemas de bus de campo y ejes eléctricos. Es compatible con las unidades de la familia DGP y motores paso a paso de la familia MTR- VRDM, en este caso se utilizará para la programación y manipulación del brazo posicionador marca Festo.

Como comentábamos al principio, gran parte de la industria utiliza sistemas neumáticos y electroneumáticos en sus procesos, entre ellos tenemos:

- Accionamiento de válvulas para aire, agua o productos químicos.
- Accionamiento de puertas pesadas o calientes.
- Descarga de depósitos en la construcción, fabricación de acero, minería.
- Apisonamiento en la colocación de hormigón.
- Pintura por pulverización.
- Industria papelera, industria farmacéutica.
- Sujeción y movimiento en la industria maderera.
- Sujeción para encolar, pegar en caliente o soldar plásticos.
- Máquinas de soldadura eléctrica por puntos.
- Máquinas de embotellado y envasado.
- Máquinas de manipulación de alimentos o fármacos.

Entonces, teniendo en consideración lo anterior es que queremos hacer énfasis en la necesidad de emplear el equipamiento Festo Didactic disponible en la Universidad del Bío-Bío, conociendo que actualmente se encuentra en desuso, en la formación del alumnado del departamento de ingeniería en electricidad y electrónico (DIEE), para así fortalecer la carencia presente en los conocimientos académicos de los estudiantes en relación con la Electroneumática y complementar el perfil profesional con un punto relevante a la hora de adjudicar un puesto de trabajo en el mundo laboral.

Es por esto que se propone como proyecto de título el diseño de una serie de guías teórico-prácticas para el alumnado en el ámbito electroneumático y experiencias de laboratorio en la manipulación de brazo posicionadorFesto. Con esto entendemos la importancia de justificar cada una de las prácticas de laboratorio con una sólida base teórica donde estudiaremos el principio de funcionamiento de sistemas de control electroneumático,

comprender la teoría de los actuadores neumáticos y equipamiento en general, También utilizaremos el software FluidSIM, para desarrollar experiencias prácticas de electroneumática en el simulador de este programa, concluyendo con el software WinPisa, con el cual se realizarán experiencias prácticas para el brazo posicionador Festo.

2.3. Justificación

Sumado a lo anterior, este proyecto se realizará para el bienestar de los alumnos y también para incrementar el nivel de aprendizaje.

La neumática y electroneumática son herramientas que se utilizan continuamente en las empresas y que el alumno debe conocer y saber manejar de acuerdo a sus conocimientos adquiridos.

Poseer un aprendizaje de neumática y electroneumática aumenta notoriamente el campo laboral, permitiendo tener mayores opciones de trabajo.

2.4. Objetivos

2.4.1. Objetivo general

Desarrollar una serie de guías teórico-prácticas para el alumnado en el ámbito de electroneumática y la manipulación de brazo posicionador Festo.

2.4.2. Objetivos específicos

- ✓ Estudiar y exponer principio de funcionamiento de sistemas de control electroneumático.
- ✓ Utilizar el software FluidSIM, necesario para experiencias prácticas de electroneumática.
- ✓ Utilizar el software WinPisa necesario para experiencias con el brazo posicionador Festo.
- ✓ Utilizar equipamiento Festo disponible en el laboratorio.

2.5. Delimitaciones

El proyecto se realizará en la Universidad del Bío-Bío, sede Concepción, Chile y tendrá una duración de 6 meses a partir de la fecha de aprobación de este documento, será desarrollado en el laboratorio de control de edificio Juan Gantes del mismo establecimiento educacional y se trabajará directamente con el equipamiento Festo Didactic ubicado en el lugar, irá en beneficio de todo el departamento de ingeniería y de la Universidad. Al término

del proyecto se entregará un manual para el docente que contendrá todo el estudio teórico y práctico necesario para llevar a cabo las experiencias con futuros alumnos.

2.6. Limitaciones

La Universidad del Bío-Bío cuenta con un equipamiento limitado para la realización de este proyecto de título, por lo tanto, las experiencias se limitarán a la disponibilidad de materiales existentes en el laboratorio.

2.7. Resumen

En este capítulo se trataron los antecedentes o el contexto en el cual se encuentra actualmente la neumática y electroneumática en la Universidad del Bío-Bío sede Concepción.

Se definieron los conceptos básicos que serán usados constantemente en el documento (automatización, neumática, electroneumática, entre otros). Además de plantear la necesidad por la cual se debe hacer uso de los elementos Festo Didactic presentes en la universidad y porque es necesario incluir la electroneumática en la formación de la carrera de Ingeniería Civil en Automatización. Finalmente se define lo que se desea realizar con el proyecto, señalando las limitaciones que lo engloban y los softwares FluidSIM y WinPisa, que serán empleados como herramientas de trabajo.

Capítulo 3

3. Fundamentos teóricos

3.1. Neumática

Desde la antigua Grecia el hombre tuvo el despertar por apreciar y conocer el poder del aire, los griegos fueron los primeros en aprovechar este poder al inventar la navegación con vela, que les permitió dominar los mares. La técnica que utiliza el aire como medio para transmitir energía se le conoce como neumática, proviene del vocablo griego Pneuma que significa alma. Más tarde con el uso de los molinos, el hombre transformó el viento en energía mecánica, automatizando tareas que antes requerían mucho esfuerzo como bombear agua o moler granos. El estudio de los gases comenzó hasta que se tuvo conocimiento del aire comprimido, esto a partir de la segunda mitad del siglo XVII. Fue hasta entonces que científicos como Torricelli, Pascal, Mariotte, Boyle y Gay Lussac comenzaron a estudiar su comportamiento y posibles aplicaciones. Los sucesos más notables en el avance del uso del aire comprimido por orden cronológico son los siguientes:

- 1500 A. C. Fuelle de mano y pie para fundición no ferrosa.
- 1688 Máquina de émbolos por Papín.
- 1762 Cilindro soplante por John Smeaton.
- 1776 Prototipo compresor por John Wilkinson.
- 1857 Perforación túnel MontCenis.
- 1869 Freno de aire para ferrocarriles por Westinghouse.
- 1888 Red de distribución neumática de correspondencia en París.
- 1934 Compresor de tornillo con dos rotores circulares por Lysholm.

Actualmente la neumática es una rama de la mecánica que estudia las propiedades mecánicas de los gases. Las aplicaciones para el aire comprimido se han ido expandiendo a todas las industrias donde se necesita automatizar algún proceso continuo, como la industria de la alimentación, los sistemas robotizados, ensamblaje y manipulación. Esto se debe a que los sistemas neumáticos ofrecen numerosas ventajas, tales como:

Disponibilidad: Muchas fábricas tienen algún suministro de aire comprimido y compresores portátiles para posiciones alejadas.

Almacenamiento: Se puede almacenar fácilmente en grandes cantidades dentro de depósitos especialmente diseñados para ello si es necesario.

Simplicidad de diseño y control: Los componentes son de configuración sencilla y fácil montaje, proporcionando a los sistemas automatizados un control relativamente sencillo.

Elección de movimientos: Se puede escoger fácilmente entre un movimiento lineal o angular, con velocidades fijas o continuamente variables.

Economía: La instalación de los sistemas neumáticos tiene un costo relativamente bajo, ya que los componentes son muy económicos y requieren muy poco mantenimiento.

Fiabilidad: El sistema se vuelve muy fiable gracias a la larga vida de los componentes neumáticos. La velocidad de los actuadores es elevada, cercana a 1 m/s.

Resistencia al entorno: Las altas temperaturas, polvo o atmosferas corrosivas no afectan al funcionamiento del sistema neumático.

Limpieza del entorno: El aire es limpio y con un adecuado tratamiento de aire en el escape se puede instalar según las normas correspondientes.

Seguridad: No posee características explosivas, aún después de haber sido comprimido. Los actuadores neumáticos no producen calor. En caso de fallo el sistema se detiene.

En la actualidad las aplicaciones de la neumática son innumerables. Debido a esto es que se ha querido mejorar el sistema para abaratar costos, es por eso que se ha combinado con otra técnica que ha sido trascendental, la electrónica, dando origen a los sistemas electroneumáticos que técnicamente logran la misma finalidad que los sistemas neumáticos, pero abaratan altamente los costos y por sobre todo, un aspecto muy importante en la industria, que son los espacios de trabajo, una cañería de aire siempre es más grande que un cable conductor, por lo cual lo diminuto de la electrónica vino a complementar perfectamente la utilización de la neumática, siendo así una de las técnicas más utilizadas en la industria moderna.

3.2. Electroneumática

La electricidad y la neumática se complementan muy bien entre sí al ser utilizados para controlar dispositivos industriales. En la electroneumática los actuadores siguen siendo neumáticos, pero las válvulas de gobierno mandadas neumáticamente son sustituidas por electroválvulas activadas con electroimanes en lugar de pilotadas con aire comprimido. Las electroválvulas son convertidores electroneumáticos, que transforman una señal eléctrica en una acción neumática.

Por otra parte, los dispositivos más comúnmente utilizados con la electroneumática son los sensores, detectores de posición y los captadores de información son elementos eléctricos, con lo que la regulación y la automatización son, por tanto, eléctricas o electrónicas.

Ventajas de los controles eléctricos frente al control Neumático

- Las señales eléctricas pueden ser transmitidas a grandes distancias cuando un circuito eléctrico se abre y deja de circular; en cambio el aire comprimido usado en circuitos neumáticos debe ser liberado.
- La electricidad produce una reacción instantánea.
- El control eléctrico permite instalar dispositivos que aumentan la eficiencia de los sistemas automatizados tales como sensores para medir parámetros eléctricos, celdas fotovoltaicas, termostatos, programadores lógicos controlables.
- Los controladores eléctricos ocupan menos espacio y pueden ser adaptables a entornos más estrechos que las tuberías neumáticas.
- Podemos diseñar circuitos más complicados de manera más sencilla.

Como resumen las ventajas de la electroneumática sobre la neumática pura, son obvias y se concretan en la capacidad que tienen la electricidad y la electrónica para emitir, combinar, transportar y secuenciar señales, que las hacen extraordinariamente idóneas para cumplir tales fines. Se suele decir que la neumática es la fuerza y la electricidad los nervios del sistema.

Teniendo en cuenta lo anterior se puede definir la electroneumática como la tecnología que trata sobre la producción y transmisión de movimientos y esfuerzos mediante el aire comprimido y su control por medios eléctricos y electrónicos.

La electroneumática es un paso intermedio entre la neumática básica y los autómatas programables, donde éstos por sí solos controlan el sistema con las ventajas singulares que con llevan.

3.3. El Aire

En electroneumática el aire es la fuente de alimentación necesaria para realizar todo tipo de trabajo de esfuerzo, por ello es necesario conocer sobre él, su composición y propiedades.

Se denomina aire a la mezcla de gases que constituye la atmósfera terrestre y que permanecen alrededor de la Tierra por la acción de la fuerza de gravedad. El aire está compuesto en proporciones ligeramente variables por sustancias tales como el nitrógeno (78%), oxígeno (21%), vapor de agua (variable entre 0-7%), ozono, dióxido de carbono, hidrógeno y algunos gases nobles como el criptón o el argón, es decir, 1% de otras sustancias.

3.3.1. La ley de Boyle-Mariotte

El aire puede comprimirse y tiene la tendencia de expandir. Esta ley describe las propiedades del aire: El volumen de una cantidad determinada de gas contenido en un depósito cerrado es inversamente proporcional a la presión absoluta, suponiendo una temperatura constante o también, el producto de volumen y presión absoluta es constante suponiendo una cantidad determinada de gas.

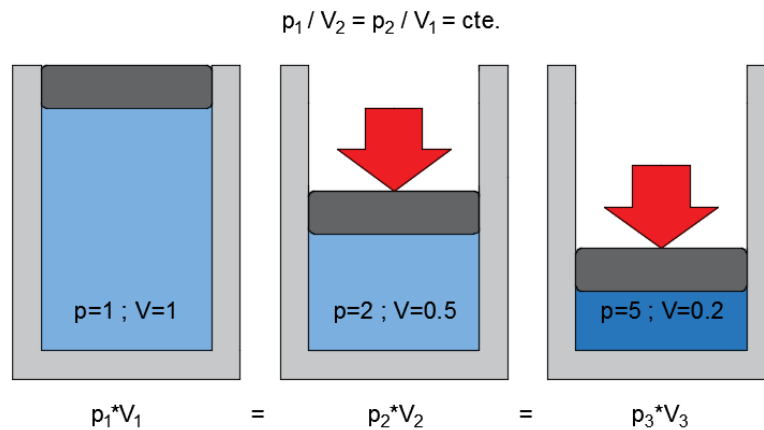


Figura 3.1: “Ley de Boyle-Mariotte”.

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

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} = \frac{V_3}{T_3} = Cte$$

La ley de Charles dice que, a Volumen constante, la presión absoluta de una masa de gas determinada es directamente proporcional a la temperatura. Esto significa, entre más se comprime un gas, más aumenta su temperatura. Puede ser presentado como:

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} = \frac{P_3}{T_3} = Cte$$

Las relaciones anteriores se combinan para proporcionar la “ecuación general de los gases perfectos”.

$$\frac{P_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{P_2 \cdot V_2}{T_2} = \frac{P_3 \cdot V_3}{T_3} = Cte$$

3.4. Compresor

Los compresores son máquinas especialmente diseñadas y construidas cuya función es aumentar la presión de los gases, lo más común es que se comprima aire. Dado que la presión atmosférica es muy pequeña para ser utilizada en los sistemas neumáticos, es necesario el uso de un compresor, el cual manipula la presión del aire de entrada para así obtener aire comprimido, adecuado para ser utilizado en los sistemas neumáticos.

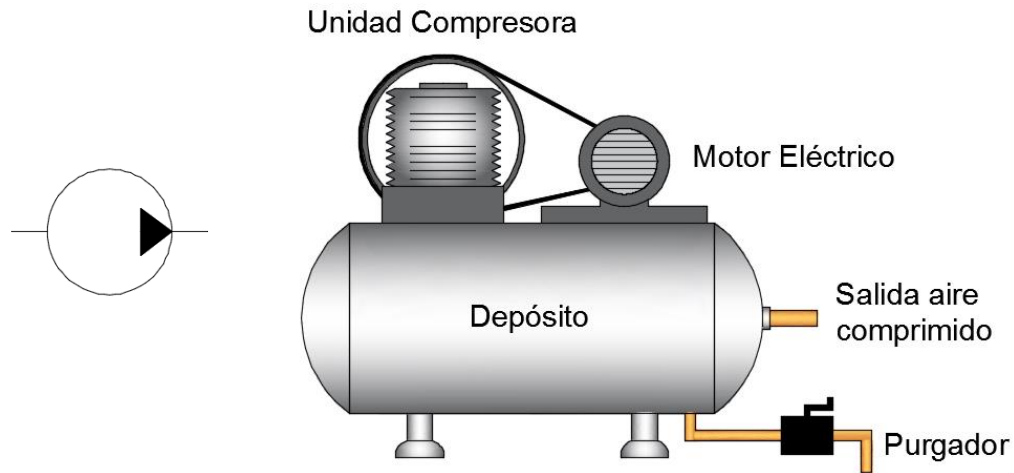


Figura 3.2: “Unidad compresora”.

Normalmente los compresores debido al ruido que producen se sitúan en el exterior de las instalaciones donde se encuentran los demás elementos de terreno.

3.5. Actuadores

Son aquellos componentes encargados de transformar la energía potencial latente del aire comprimido en trabajo mecánico, para el accionamiento de máquinas o mecanismos.

En nuestro caso nos centraremos en los actuadores lineales, como su nombre lo indica su trabajo es de forma lineal, de empuje-tracción y sus parámetros básicos son fuerza y límite de carrera.

El trabajo mecánico está dado por la fórmula:

$$T = F * e = P * S * L$$

Donde:

$P =$ Presión

$S =$ Superficie

$L =$ Carrera

Por su composición los actuadores lineales tienen dos constantes principales: sección y carrera.

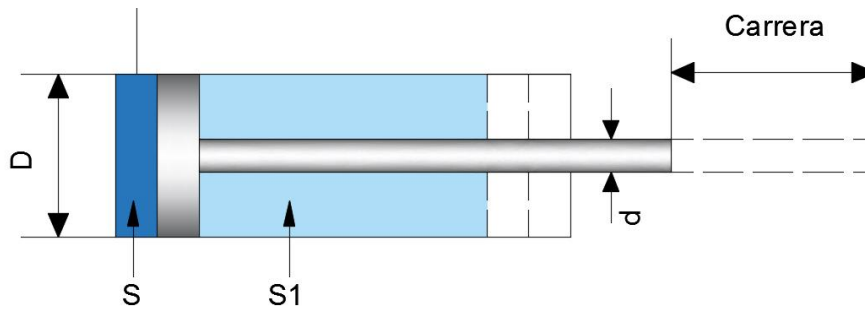


Figura 3.3: "Cuerpo de un cilindro simple efecto".

La sección del actuador lineal (cilindro simple efecto), al ser generalmente circular, viene dado por la fórmula:

$$s = \frac{\pi D^2}{4} = \pi * R^2$$

Fuerza: La transmisión de potencia mediante aire comprimido se basa en el principio de Pascal; "Toda presión ejercida sobre un fluido se transmite íntegramente en todas direcciones". Por lo tanto, la fuerza ejercida por un émbolo es igual al producto de la presión por la superficie.

$$F = p * s = p * \frac{\pi D^2}{4}$$

Carrera: La carrera, la otra constante del cilindro, viene dada por la diferencia de posición inicial y final del émbolo.

Al accionar el cilindro tendremos una diferencia de fuerzas, dado que para la salida del vástago la superficie es la total del tubo, en cambio para el sentido de entrada la superficie es la resultante de la diferencia entre el diámetro del tubo y el diámetro del vástago

$$S_1 = \pi * \frac{D^2 - d^2}{4}$$

Y por lo tanto la fuerza que efectúa el actuador lineal (cilindro simple efecto) en sentido de entrada es:

$$F_1 = R p * \pi * \frac{D^2 - d^2}{4}$$

Así, $F > F_1$; Si se conectan las dos entradas de un cilindro de doble efecto a una misma fuente de aire comprimido, el vástago tenderá a salir.

Velocidad del émbolo: La velocidad del émbolo en actuadores lineales neumáticos depende de la fuerza contraria a la presión del aire, de la longitud de la tubería y del caudal que circula por el elemento. Además, influye en la velocidad la amortiguación final de carrera.

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

La velocidad del émbolo puede regularse con válvulas especiales, como válvulas de estrangulación antirretorno y las de escape rápido, proporcionando mayores o menores velocidades. La estrangulación debe hacerse siempre en el caudal de salida, de lo contrario se producirán saltos en el movimiento del émbolo.

Consumo de aire: Para disponer de aire y conocer el gasto de energía, es necesario conocer el consumo de la instalación. El consumo de aire en cilindros neumático se mide en litros por metro, en condiciones normales y depende de su diámetro, carrera y del número de ciclos de ida y vuelta, que efectúa la unidad en el tiempo.

El volumen del cilindro en el sentido de salida del vástago para la carrera "C" viene dada por la fórmula:

$$V = C * \frac{\pi D^2}{4}$$

Para el volumen del cilindro en el sentido de entrada del vástago, está dado por la siguiente fórmula:

$$V_1 = C * \pi * \frac{D^2 - d^2}{4}$$

La suma de ellas (V y V_1) representa el volumen del cilindro en una carrera de ida y vuelta. Como el cilindro se llena de aire a presión, es preciso corregir este volumen por medio de la ley de Boyle-Marlotte, multiplicando el volumen total por la presión absoluta (presión manométrica + 1). Así finalmente el volumen de aire consumido por el cilindro en un ciclo viene dado por:

$$\text{Consumo} = (V + V_1) * (p + 1)$$

Por lo tanto, para obtener el consumo de aire total se debe multiplicar el consumo por el número de ciclos que efectúa el cilindro en la unidad de tiempo.

Amortiguación: Cuando el emboló llega su posición final de recorrido, golpea la cabeza correspondiente; si este golpeteo es repetitivo y constante, entonces se producen deformaciones que acaban destruyendo al cilindro. Por esto, se emplean las siguientes soluciones de amortiguación.

- Amortiguación elástica: Utilizado en pequeños cilindros, consiste en un anillo de material elástico, el cual absorbe la energía cinética del sistema móvil.
- Amortiguación neumática regulable: Para cilindros de amortiguación repetitiva, son depósitos cerrados que atrapan aire y cuando se llenan y alcanzan cierta presión se oponen al movimiento del embolo, esta amortiguación puede ser regulable.

Los actuadores lineales presentes en el laboratorio de control de la Universidad del Bío-Bío poseen amortiguación elástica.

3.6. Resumen

Este capítulo explica detalladamente que es la neumática y la electroneumática; apuntando a las ventajas de usar neumática en las aplicaciones industriales y por qué la electroneumática es más eficiente en comparación a la neumática pura. Además, se introduce el concepto del aire y sus propiedades.

Se explicando mediante la ecuación general de los gases (ley de Boyle-Marlotte), el cómo se comporta el aire al comprimirse en un espacio cerrado. Utilizando ese principio es

como el aire interactúa con los actuadores, transformando esa energía en trabajo mecánico y así hacer funcionar los sistemas electroneumáticos.

Finalmente, se revisaron los aspectos matemáticos que rigen a un actuador lineal (cilindro de simple efecto); analizando sus características de diseño, según las necesidades que puedan ser requeridas en el proceso de automatización, por ejemplo, la fuerza que se desea en un actuador lineal, o el consumo de aire por cantidad de ciclos.

Capítulo 4

4. Elementos de control

4.1. Actuadores

Es todo dispositivo capaz de convertir la energía del aire comprimido en la activación de un proceso, con la finalidad de generar un efecto sobre un proceso automatizado. Este recibe la orden de un regulador, pulsador o controlador y en función a ella genera la orden para activar un elemento final de control como, por ejemplo, un límite de carrera.

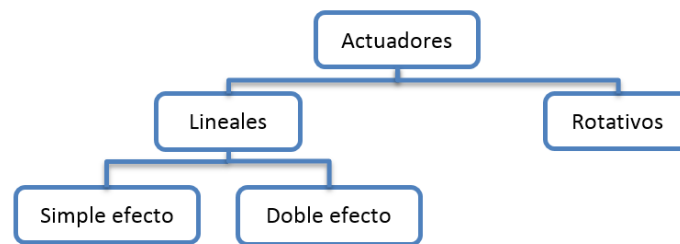


Figura 4.1: “Actuadores en electroneumática”.



Figura 4.2: “Tipos de actuadores lineales”.

Tanto el vástago del cilindro simple efecto o del cilindro doble efecto, actúan de una forma similar, al desplazarse hacia la posición final delantera aplicando aire comprimido. Su diferencia radica en el retorno; en el cilindro simple efecto cuando descarga el aire comprimido, el émbolo regresa a su posición de partida por efecto de un muelle (resorte), por otro lado, en el cilindro doble efecto su retorno es por la aplicación de aire comprimido.

El émbolo del modelo presente en el laboratorio de control, está provisto de un imán permanente que puede utilizarse para activar un sensor de proximidad, por ejemplo, el detector de posición electrónico.

4.2. Accionamiento o Control

Las válvulas tienen la función de accionar o controlar la presión, para esto requieren un agente externo o interno que mueve sus partes interiores de una posición a otra, en otros

términos, que altere las direcciones del flujo, efectúe los bloques y produzca la liberación de los escapes, las válvulas poseen los siguientes parámetros:

- Cantidad de conexiones (vías): 2, 3, 4 o 5 vías.
- Cantidad de posiciones de conmutación: 2 y 3 posiciones.
- Tipo de accionamiento: mecánico, neumático, eléctrico y manual.
- Tipo de reposición: por muelle (resorte) o por presión.

A continuación, en la figura 4.3 se presenta diversos tipos de válvulas, presentes en el laboratorio de control, estas son neumáticas, con solenoides y electroneumáticas.



Figura 4.3: “Válvulas de accionamiento o control”.

4.2.1. Identificación de los orificios de conexión

Las válvulas Festo pueden estar identificadas según la norma ISO 1219 o la norma DIN 24300, para que se pueda comprender el uso del fabricante se facilitan las siguientes tablas.

Tabla 4.1: “Esquema de conexionado según normas ISO y DIN”.

Simbología	Esquema de conexión	
ISO 1219		
DIN 24300		








Tabla 4.2: “Simbología de válvulas según normas ISO y DIN”.

	Numero de orificios	Norma DIN 24300	Norma ISO 1219
Válvulas 2/2, 3/2, 3/3	Orificio 1 (entrada de presión)	P	1
	Orificio 2 (salida de trabajo)	A	2
	Orificio 3 (salida de drenaje)	R	3
Válvulas 4/2, 4/3, 5/2, 5/3	Orificio 1 (entrada de presión)	P	1
	Orificio 2 y 4 (salida de trabajo)	A, B	2, 4
	Orificio 3 y 5 (salida de drenaje)	R, S	3, 5
Orificios de pilotaje	Bloqueo de presión	X	10
	Comunicación 1 y 2	Y	12
	Comunicación 1 y 4	Z	14

4.2.2. Accionamientos de las válvulas

Una misma válvula puede poseer uno o más mandos, estos son representados por símbolos, también se les conoce como elementos de pilotaje. Ellos describen el tipo de accionamiento de la válvula, los tipos de esquema de accionamiento presente en los elementos Festo Didactic que posee la Universidad del Bío-Bío son los siguientes:

Tabla 4.3: “Tipos de accionamientos”.

Símbolo	Descripción	Accionamiento
	Pulsador	Manual
	Botón pulsador tipo hongo	Manual
	Muelle o resorte	Mecánico
	Rodillo de contacto	Mecánico
	Mando neumático	Neumático
	Mando electromagnético con una bobina	Electroneumático
	Control por electroválvula y pilotaje	Electroneumático

4.3. Sensores de posición o finales de carreras

La detección de la posición de los actuadores lineales es necesaria para asegurar la operación segura de los elementos electroneumáticos. Estos interruptores pueden ser entre algunos inductivos, capacitivos, mecánicos o accionados por un campo magnético creado por un imán montado en el émbolo, determinando la posición del final de carrera del vástago o bien la posición en un punto intermedio de la carrera del vástago, entre otros, todo depende de lo que se desea realizar. En operaciones simultáneas realizadas en procesos complejos de periodos prolongados, es práctico usar estos elementos.

A continuación, se analizarán los tres tipos de detectores de posición presentes en el laboratorio de control:

- Accionamiento derecha o izquierda.
- Óptico.
- Magnético.

4.3.1. Detector de posición accionamiento derecha o izquierda.

Este detector de posición posee un micro interruptor de accionamiento mecánico. Aplicando presión sobre la palanca con rodillo, se activa el micro interruptor. Los contactos abren o cierran un circuito eléctrico. Al retirarse la presión aplicada sobre la palanca con rodillo, el micro interruptor vuelve a su posición inicial. El funcionamiento para este tipo de detector de posición, puede ser un accionamiento desde la izquierda o desde la derecha, respondiendo de igual manera a ambos.



Figura 4.4: “Detector de posición”.

4.3.2. Detector de posición óptico

Los detectores de posición ópticos tienen un emisor y un receptor. Tratándose de detectores de reflexión directa, el emisor y el receptor se encuentran en un mismo cuerpo. El emisor emite intermitentemente rayos de luz roja visible. El objeto detectado refleja una parte de dicha luz. El semiconductor del receptor detecta esta luz reflejada, provocando un cambio del estado de conmutación. El objeto detectado puede tener una superficie brillante, mate, transparente u opaca. Únicamente tiene que reflejar de modo directo o difuso una suficiente cantidad de luz. La distancia de conmutación puede regularse mediante un potenciómetro.

El detector de posición tiene una salida PNP, es decir que la línea que recibe la señal conmuta a positivo. El conmutador está normalmente abierto. La carga se conecta entre el detector de posición y la conexión a masa. Un diodo luminoso (LED) amarillo indica el estado de conmutación. El detector tiene polos inconfundibles y es resistente a sobrecargas y cortocircuitos.



Figura 4.5: “Detector de posición óptico”.

4.3.3. Detector de posición electrónico

El interruptor de proximidad emite una señal eléctrica cuando entra en un campo magnético. Las conexiones eléctricas se incorporan en el interruptor. El estado de conexión se muestra mediante un LED. Este LED amarillo se ilumina cuando se acciona el interruptor.



Figura 4.6: “Detector de posición electrónico”.

4.4. Elementos complementarios de control

Los elementos complementarios de control, son aquellos que sirven para realizar tareas adicionales importantes dentro de la secuencia, como por ejemplo retrasar o activar durante cierto tiempo un actuador, seleccionar entre un camino u otro para decidir un ciclo, entre otras cosas; normalmente estos elementos ocasionan confusiones a la hora de usarlos, pues en muchos casos se requiere de lógica e intuición para usarlos de manera eficiente, por esta razón se debe estudiar estos tipos de elementos más a fondo.

4.4.1. Válvula de estrangulación y antirretorno.

Este elemento sirve para regular la velocidad de movimiento de los actuadores, para hacer que el actuador se mueva más lento de lo normal y así obtener un control más prolongado de este; se utilizan siempre para regular la salida de aire de un actuador, están compuestos por una válvula unidireccional y una válvula estranguladora de caudal para obtener la regulación de una sola dirección como se muestra en la figura N°4.7.



Figura 4.7: “Válvula de estrangulación y antirretorno”.

La dirección de estrangulación de la válvula según la figura anterior es de 1 a 2, ya que la válvula unidireccional no deja pasar el aire, la única opción que queda es a través de la válvula de estrangulación; pero si se alimentan inversamente, la válvula unidireccional dejará pasar el aire y no se realizará regulación alguna.

4.4.2. Válvula de secuencia (con presóstato)

Las válvulas de secuencia son de un tipo especial de válvulas de presión que permiten realizar una medición de presión en un punto específico del circuito (generalmente en la alimentación de los actuadores), para permitir o impedir el paso de aire en otro punto específico del circuito.

La válvula de secuencia conmuta cuando se alcanza la presión de pilotaje en la conexión 12 y, al retirar la señal, vuelve a su posición inicial por efecto del muelle de recuperación. La presión de pilotaje puede ajustarse de modo continuo con un tornillo.

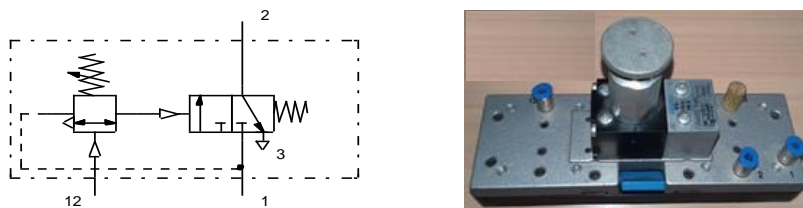


Figura 4.8: “Válvula de secuencia”.

Para la correcta conexión, deberá conectarse el terminal 12 al punto en el que se desea realizar la medición de presión, y a través de los terminales 1 y 2 se debe interrumpir el ducto del circuito que se requiere.

4.4.3. Válvula de desaceleración

Son elementos de control que sirven para mantener una señal durante cierto tiempo o para retardar el movimiento. La válvula de retardo de tiempo es accionada por una señal

neumática en el puerto 12, tras un tiempo predeterminado y el retardo ya ha transcurrido. Se devuelve a la posición normal a través del muelle de retorno cuando se elimina la señal. El retardo de tiempo es ajustable por medio de un regulador tornillo.

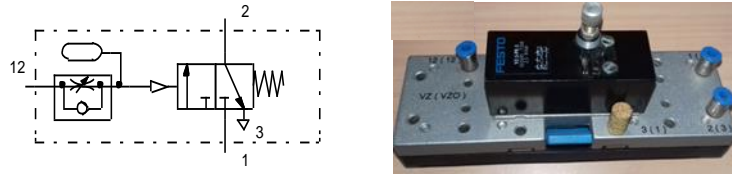


Figura 4.9: “Temporizador normalmente cerrado”.

La conexión 1 es la entrada de alimentación del temporizador, la conexión 2 es la salida del temporizador y la conexión 12 es la conexión de activación del temporizador. El temporizador consta de una válvula reguladora de caudal, un pequeño almacenador de aire comprimido, y una válvula 3/2 con retorno de muelle; la diferencia entre los dos temporizadores es la condición de la válvula 3/2.

4.4.4. Sensor de presión con indicador

El sensor de presión piezorresistivo, es un detector de presión relativa con amplificador integrado y con compensación de temperatura. La presión medida se transmite a un elemento piezorresistivo a través de una capa de silicona. La modificación de la señal se amplifica y se transmite como señal de tensión o de conmutación al conector tipo clavija.

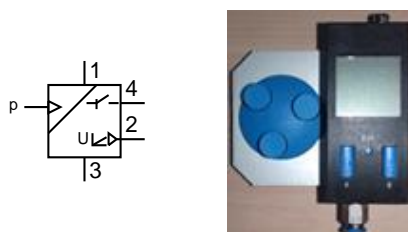


Figura 4.10: “Sensor de presión con indicador”.

4.4.5. Válvula selectora tiple (función lógica AND)

La válvula de simultaneidad se basa en que el aire comprimido debe entrar por ambas conexiones 1 y 1/3 para que salga por 2 (función AND). Si ambas entradas recibieran aire comprimido a diferente presión, la presión mayor llega a la salida 2.

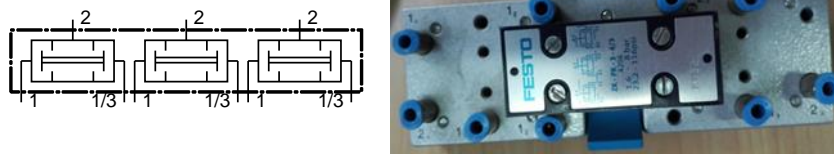


Figura 4.11: “Válvula selectora triple (AND)”.

4.4.6. Válvula selectora tiple (función lógica OR)

La válvula selectora de circuito se basa en que el aire comprimido que entra por la conexión 1 o 1/3 y sale por la conexión de salida 2 (función OR). Si ambas entradas recibieran aire comprimido a diferente presión, la salida sería la correspondiente a la presión más alta.

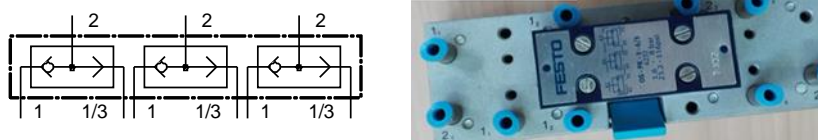


Figura 4.12: “Válvula selectora triple (OR)”.

4.5. Elementos eléctricos de control

La energía eléctrica es introducida, tratada y transportada por elementos específicos. Estos elementos son representados por símbolos en esquemas circuitales, facilitando su interpretación para el montaje y el mantenimiento, pero no es suficiente con identificar los símbolos en los esquemas, sino también su construcción, funcionamiento y aplicaciones.

4.5.1. Elementos eléctricos de introducción de señales

Estos elementos tienen la función de dar ingreso a las señales eléctricas provenientes de varios puntos del sistema, con el fin de ser procesadas por el elemento competente de la cadena de mando. Si tales elementos accionan contactos eléctricos, los llamaremos “elementos de contacto”; caso contrario, elementos sin contacto, los llamaremos “sensores” (los que fueron vistos en el apartado de 4.3 sensores de posición o límite de carrera).

En función de los elementos de contacto, distinguimos:

- Elemento de **cierre**, tiene la función de habilitar un camino para el paso de la corriente eléctrica, se le denomina como contacto normalmente abierto (NA)
- Elemento de **apertura**, tiene la función de bloquear o interrumpir dicho paso de la corriente eléctrica, denominado como contacto normalmente cerrado (NC).
- Una combinación constructiva de elementos de cierre y apertura es llamada **conmutador**. Entre los contactos existe un contacto móvil común a los dos, el que en posición de reposo esta siempre en conexión eléctrica con un solo contacto fijo.

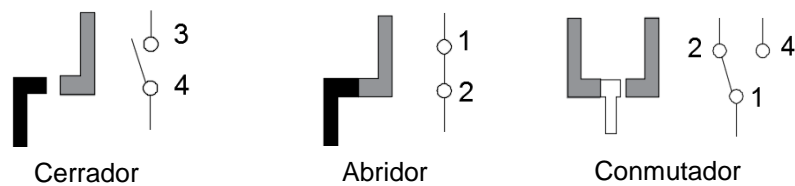


Figura 4.13: “Esquema y conexión de contactos”.

El accionamiento de estos elementos puede ser manual, mecánico o a través de impulsos eléctricos o neumáticos. Otro punto que debemos distinguir es entre “pulsador” e “interruptor”.

- **Pulsador:** Toma una posición al ser activado (cuando es pulsado). Cuando se libera el pulsador, por medio de un resorte, vuelve a su posición inicial.
- **Interruptor:** Toma una posición al ser accionado (cuando es pulsado). Para mantener esta posición, no es necesario el accionamiento permanente, pues posee un bloqueo mecánico, el retorno a la posición inicial será posible con un nuevo accionamiento.

4.5.1.1. Tipos de pulsadores

Un pulsador es un elemento que debe estar siempre relacionado con algún dispositivo o grupo de dispositivos, y que permite la activación, desactivación o conmutación de éste o éstos. Entre los diversos pulsadores encontramos los siguientes:

- Botón de impulso: Elemento de comando que permanece accionado mediante la constante aplicación de fuerza sobre el mismo.
- Pulsador flip-flop: Es un elemento que, mediante sucesivas actuaciones, va cambiando continuamente su estado.

- Pulsador golpe de puño y traba: botón que traba por golpe de puño y retorna a la posición inicial mediante giro de sentido horario. Suele ser usado como **pulsador de emergencia**.

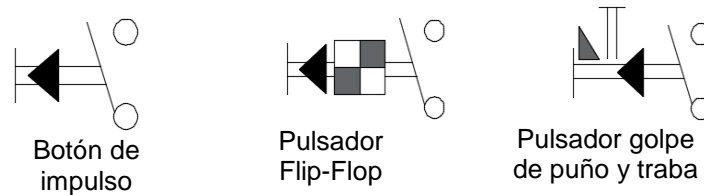


Figura 4.14: “Esquema de pulsadores”.

En los interruptores tenemos el bloqueo mecánico en el primer accionamiento. En el segundo, el bloqueo es eliminado y el interruptor retorna a la posición inicial.

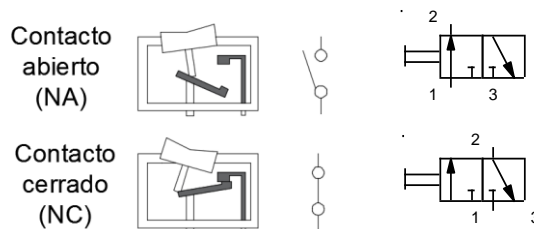


Figura 4.15: “Esquema y conexión de interruptores”.

En el laboratorio se hará uso de la placa de interruptores que se presenta a continuación. Ella posee un interruptor y dos pulsadores normalmente abiertos. A un lado están representados los contactos, dos normalmente abierto y dos normalmente cerrados, indicados claramente por el símbolo existente, además están presentes las designaciones numéricas de sus terminales.

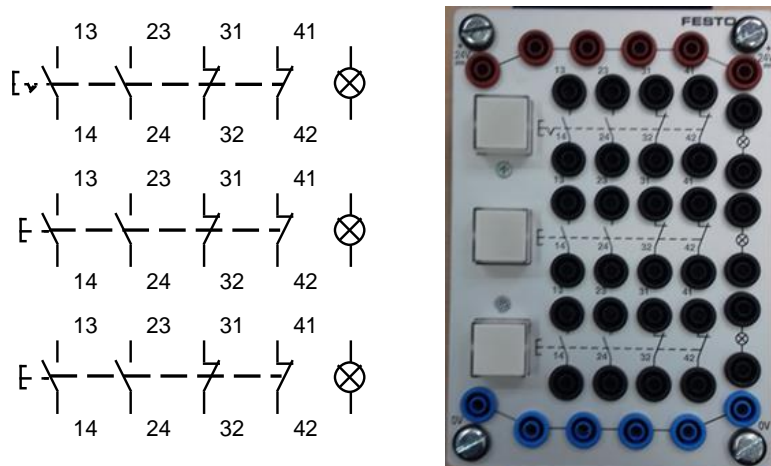


Figura 4.16: “Placa de interruptores”.

4.5.2. Elemento eléctrico de procesamiento de señales (relé)

En la mayoría de los comandos, los relés son utilizados para procesamiento de señales y también para el control remoto de los circuitos que transportan corrientes elevadas. El relé es un interruptor accionado electromagnéticamente, para determinadas capacidades de conexión. En la práctica, un relé debe satisfacer ciertas exigencias tales como: la poca necesidad de mantenimiento, el elevado número de maniobras y los tiempos cortos de maniobra.

Al conectar una tensión en la bobina, circula a través de la misma una corriente que crea un campo magnético. En consecuencia, el núcleo es atraído por la armadura que se comporta como electroimán. El movimiento del núcleo produce apertura o cierre mecánico de diferentes contactos eléctricos adecuadamente dispuestos.

Mientras la bobina permanezca energizada, los contactos se mantienen en su posición de accionamiento. Al ser desconectada la tensión, desaparece el campo magnético, que es atraído al núcleo, al que retoma su posición inicial por la acción del resorte. A continuación, en la figura 4.17 se presenta el relé triple, el cual será utilizado en las diversas actividades de laboratorio.

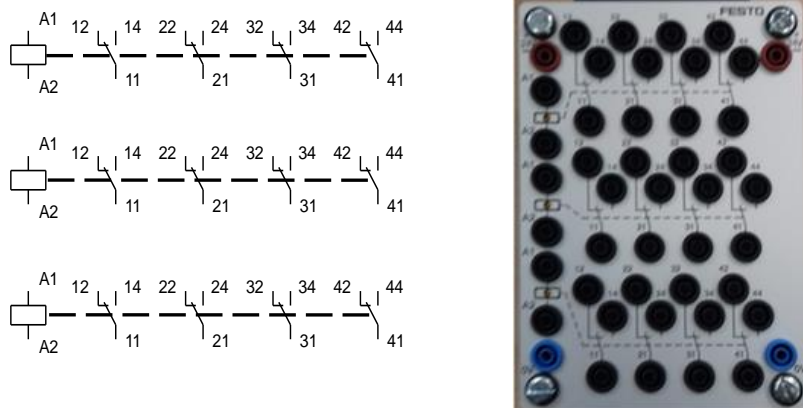


Figura 4.17: "Relé triple".

Donde el rectángulo del esquema circuital representa a la bobina, cuyos terminales de conexión son designados con la letra A1 y A2, un LED que indica si esta energizado. Al lado están representados los contactos, que son cuatro conmutadores, donde se puede hacer conexiones de tipo normalmente cerrado o normalmente abierto, indicado por el símbolo existente, además se muestran las designaciones numéricas de sus terminales.

El relé posee varias ventajas que son deseadas en la práctica y por esta razón el relé seguirá ocupando un lugar importante en el proceso electroneumático. Existen diferentes tipos de relés, siendo el principal funcionamiento siempre el mismo. Entre los varios tipos de relé hallamos:

- Relé de corriente continua: El núcleo es siempre de acero con muy bajo contenido de carbón y macizo. Consecuentemente, está garantizada una construcción simple y robusta, además de poseer una buena conductividad magnética. Las pérdidas de calor producidas durante el funcionamiento dependen de la resistencia óhmica de la bobina y de la corriente.
- Relé de corriente alterna: La armadura está formada por láminas pequeñas unidas. Esta construcción es utilizada a fin de reducir las pérdidas que ocurren en el hierro, debido a las corrientes de Foucault. Aun así, durante el funcionamiento se produce un fuerte aumento de la temperatura (calentamiento).
- Relé de impulso corriente: Al ser conectada la bobina, el núcleo lleva los contactos a una determinada posición y los mantiene gracias a una retención mecánica. Un segundo impulso de corriente en la bobina lleva los contactos a otra posición, que también son mantenidos cuando desaparece el impulso. Cada dos impulsos dados a la bobina los contactos ejecutan apenas un ciclo.
- Relé de remanencia: Produce un elevado magnetismo residual, es decir que mantiene el núcleo retraído después de haber sido excitado. También en el caso de falta de energía, se mantiene la posición de conectado. Para que el relé sea desactivado, es necesario un impulso contrario de corriente.
- Relé de tiempo (temporizado): tiene por finalidad conectar o desconectar los contactos en un circuito, después de transcurrido un determinado tiempo (regulable). Los contactos pueden ser de apertura o cierre. Existen relés temporizados con retardo de la conexión o retardo de la desconexión.

A continuación, se detalla una tabla inventario de elementos neumáticos, eléctricos y electroneumáticos Festo Didactic, que posee el laboratorio de control de la universidad del Bío-Bío, sede Concepción. En esta tabla se encuentra la cantidad existente del elemento y su número de artículo, ese número es la referencia para ver el datasheet del elemento.

Tabla 4.4: “Inventario de elementos Festo Didactic”.

Elementos	Código	Cantidad
Eléctricos		
Fuente de alimentación	159382	2
Relé triple	162241	3
Placa interruptores	162242	2
Unidad de indicación	162244	2
Pulsador de emergencia	183347	1
Cables de laboratorio de seguridad	167091	28
Neumáticos		
Cilindro simple efecto	152887	3
Cilindro doble efecto	152888	3
Distribuidor de aire	152896	1
Válvulas		
Cierre con unidad de filtro	540691	3
Estrangulación y antirretorno	539773	5
Secuencial	152884	1
Simultaneidad AND	152883	1
Simultaneidad OR	152882	1
Desaceleración	152879	1
Válvulas neumáticas		
5/2 vías, 1 piloto	152872	1
5/2 vías, 2 pilotos	152873	2
Válvulas con solenoide		
Biestable 5/2 vías NC con LED	167076	1
Monoestable 5/2 vías con LED	167074	1
Monoestable 3/2 vías con LED	167073	2
Electroválvulas		
Biestable 3/2 vías con LED	539776	2
Biestable 5/2 vías con LED	539778	4
Monoestable 5/2 vías con LED	539777	2
Detectores de posición		
Accionamiento derecho	183345	3
Accionamiento izquierdo	183322	3
Óptico	178577	2
Electrónico	540695	4
Sensor		
Presión con indicador	539757	2

4.6. Resumen

En este capítulo se describen los elementos Festo Didactic presentes en el laboratorio de control, los cuales son clasificados por elementos de control, elementos complementarios de control y elementos eléctricos de control.

En los elementos de control están presentes los actuadores, válvulas y sensores de posición; en ellos se describe el funcionamiento y además se presenta la nomenclatura de las válvulas utilizada por el fabricante, para identificar cada una de ellas. Dado que en la industria siempre se tienen procesos específicos son necesarios los elementos complementarios de control, estos elementos se ajustan para cada necesidad del proceso industrial buscando una solución singular para cada situación. Finalmente están los elementos eléctricos de control, son los elementos encargados de comandar las señales mediante relés, interruptores y pulsadores; gracias a esto se puede hacer control y automatizar un proceso industrial.

En este capítulo además se encuentra una tabla de inventario de los instrumentos existentes en el laboratorio de control, con sus respectivos números de artículos, que facilita la búsqueda de información técnica en la página de Festo.com.

Capítulo 5

5. Software FluidSIM

FluidSIM es una herramienta de simulación desarrollada para el aprendizaje, creado por la empresa alemana Festo, sirve para la simulación de sistemas neumáticos, hidráulicos y electroneumáticos, maximizando el uso intuitivo lo que genera una rápida adquisición de conocimiento, ofrece la posibilidad de diseñar y simular circuitos tras un breve periodo de empleo.

5.1. Introducción a la simulación y construcción de circuitos.

El objetivo de esta sección es que el usuario, a través de un curso breve de introducción, se familiarice con las funciones más importantes para la simulación y construcción de circuitos en FluidSIM.

Ejecute el programa FluidSIM a través de un doble clic en su icono de escritorio. Tras un breve momento aparecerá en su pantalla el espacio de trabajo de FluidSIM.

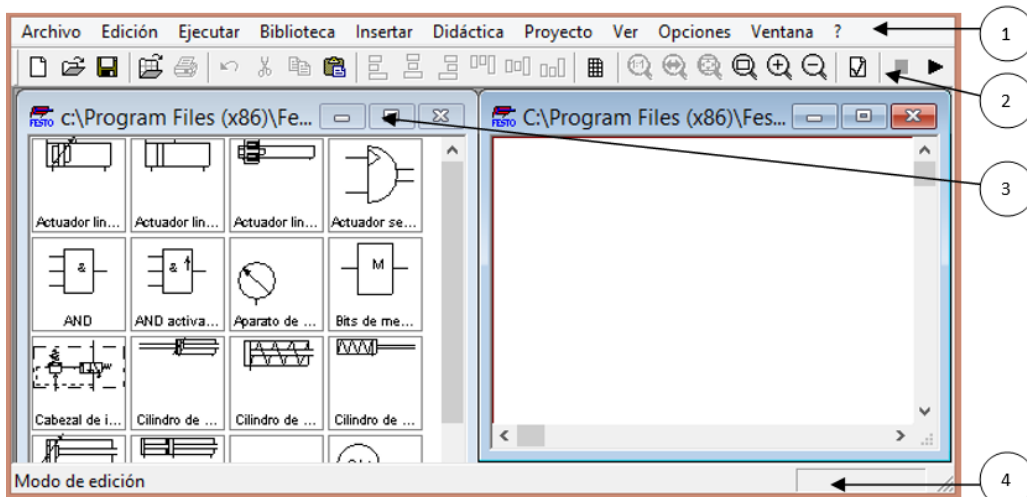


Figura 5.1: “Espacio de trabajo de FluidSIM”.

En la parte superior se encuentra la “Barra del menú” (1), se dispone de todas las funciones necesarias para la simulación y construcción de circuitos. La lista inferior “Barra de herramientas” (2), permite llamar rápidamente las funciones más frecuentes. En la parte izquierda se encuentra la “Biblioteca de componentes” (3), de FluidSIM; Esta contiene los componentes hidráulicos y electrónicos para proceder al bosquejo de nuevos circuitos.

En el borde inferior de la ventana se encuentra un “Indicador de estado” (4) que informa durante el manejo de FluidSIM el cálculo y las acciones actuales.

5.1.1. Simulación de circuitos.

En FluidSIM se incluyen un conjunto de circuitos ejecutables. Se trata de los circuitos que son parte del contenido didáctico, estos circuitos pueden cargarse y simularse en FluidSIM de la siguiente forma:

En la barra de Menú, haga clic en Archivos y seleccione la entrada de Vista previa de circuitos (Ctrl+U). Aparecerá una ventana con diferentes circuitos, como se aprecia en la figura a continuación.

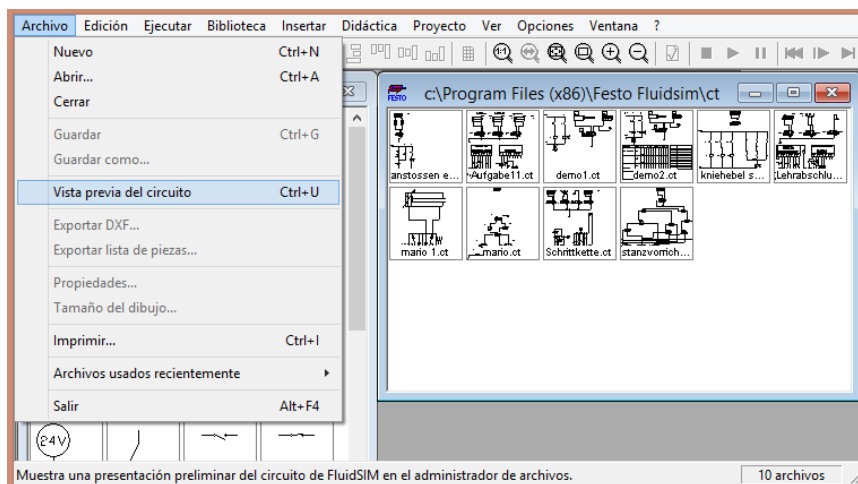


Figura 5.2: “Vista previa de circuitos a simular”.

Cada ventana indica de forma reducida, los diferentes diseños de circuitos. Escoja el circuito “demo1.ct” haciendo doble clic sobre el icono del circuito correspondiente. Haga clic sobre “Iniciar” o pulse la tecla F9.

FluidSIM entrara en el modo simulación y comenzara la simulación del circuito. En este modo el puntero del ratón se transformará a una mano, con la cual se puede interactuar con los mandos del circuito.

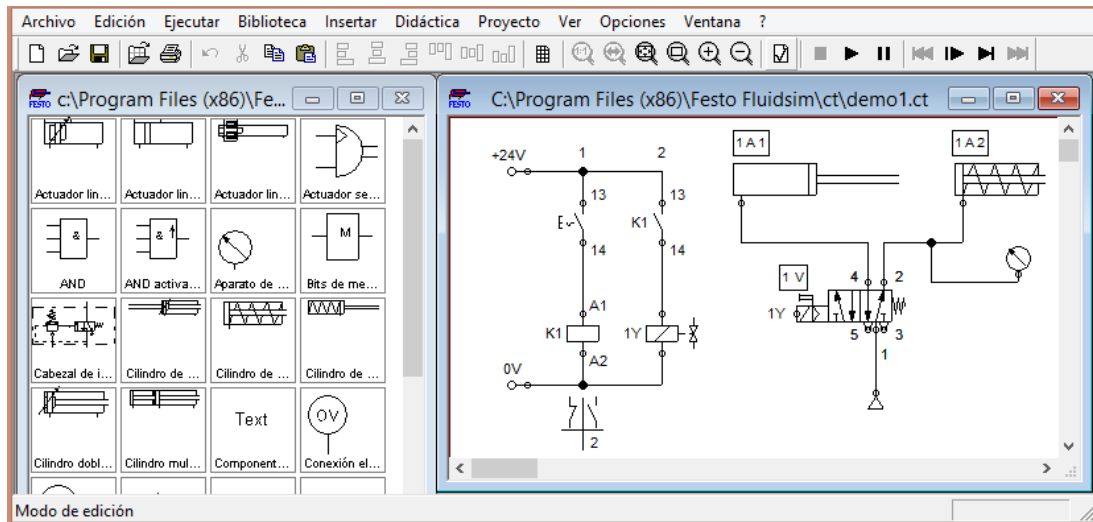


Figura 5.3: “Circuito demo1.ct”.

Las válvulas y los interruptores accionados manualmente pueden ser conmutados mediante un clic del ratón. Haga clic con el ratón sobre el interruptor de accionamiento manual y se emulara su comportamiento real.

En nuestro ejemplo al momento de cerrarse el interruptor, se inicia automáticamente un nuevo cálculo. Tras este cálculo se señala la nueva presión en la transmisión del segundo cilindro; El primer cilindro avanza, mientras el segundo retrocede.

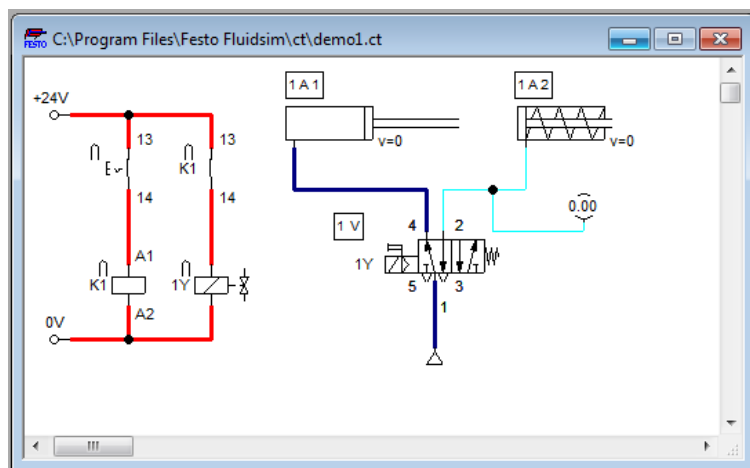


Figura 5.4: “Simulación del circuito demo1.ct”.

Los colores de los conductores tienen el siguiente significado:

Tabla 5.1: “Colores de conductores”.

Color	Significado
■	Sin presión
■	Transmisor de presión
■	Transmisor de corriente

Si se desea simular otro circuito, no es necesario cerrar el circuito actual. FluidSIM permite abrir varios circuitos a la vez. Todavía más, FluidSIM permite simular varios circuitos al mismo tiempo.

5.1.2. Diseño de nuevos circuitos

Esta sección contiene una introducción a los conceptos de FluidSIM para el diseño y simulación de nuevos circuitos. Abra una nueva superficie de diseño, haciendo clic en “Nuevo” o pulsado “Ctrl+N”.

Ejemplo:

De la biblioteca de componentes, seleccione un cilindro de simple efecto, para hacer esto solamente debe arrastrar con el botón izquierdo del mouse el elemento, hasta la superficie de diseño. De igual manera, arrastre una válvula de accionamiento manual 3/2 vías y una fuente de aire comprimido. Sitúelos los componentes más o menos de la siguiente forma:

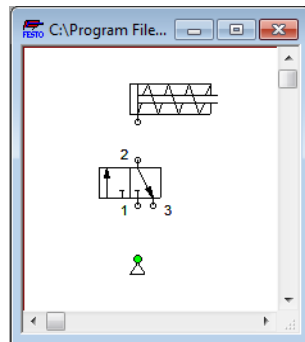


Figura 5.5: “Circuito con algunos componentes a conectar”.

Arrastre el punto de conexión de la fuente de aire comprimido, hacia el punto de conexión uno de la válvula 3/2 vías. Inmediatamente se mostrará un conducto entre los dos elementos. Conecte también los restantes elementos, el circuito final debe parecerse al siguiente.

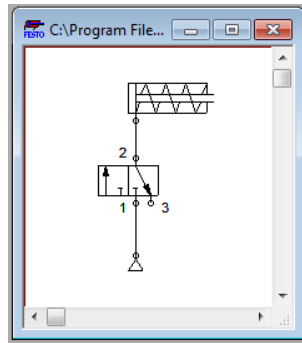


Figura 5.6: “Todos los elementos conectados”.

FluidSIM entrega una ventana de configuración para las válvulas, haga doble clic en la válvula 3/2 vías .

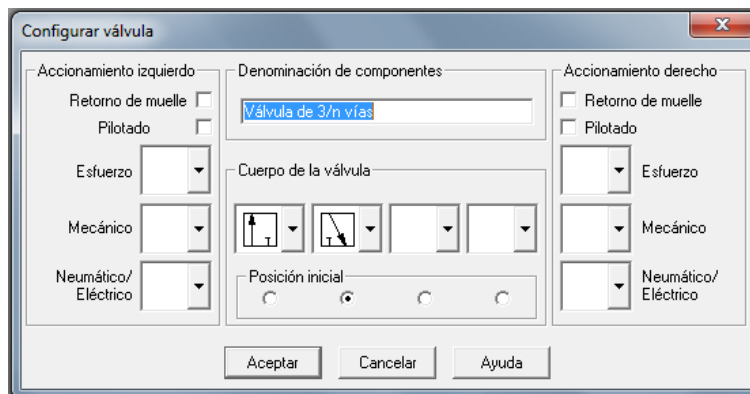


Figura 5.7: “Ventana de dialogo, configuración de válvula”.

En “Denominación de componentes”, cambiamos el 3/n por 3/2 vías, ya que esa es la válvula que utilizaremos.

Descripción del cuadro de dialogo:

- Accionamiento izquierdo/derecho: Para ambos lados pueden escogerse los tipos de accionamiento de la válvula entre categorías fuerza muscular, mecánica, así como neumática/eléctrico. Una válvula puede recibir diversos accionamientos simultáneos.
- Denominación de componentes: En este campo de texto podrá nombrar a la válvula, esto aparecerá en el diagrama de estado y en la lista de piezas.
- Cuerpo de la válvula: Una válvula configurable posee, como máximo, cuatro posiciones. Para cada una de ellas podrá elegirse en la lista un cuerpo de válvula. La válvula puede estar marcada como reversible para indicar que no hay un determinado sentido de circulación del flujo.

- Posición inicial: Aquí determinara que posición debe tomar la válvula en estado de reposo.

En accionamiento izquierdo, escogemos el tipo de accionamiento, debido que solo es una demostración, utilizaremos un accionamiento manual. Para ello en “Esfuerzo” escogemos el primer elemento “Pulsador”.

En accionamiento derecho, lo dejamos tal cual, ya que para esta demostración no es necesario modificar. Finalmente haga clic en finalizar para guardar la configuración de la válvula.

Haga doble clic en el terminal tres de la válvula, se activará la ventana de conexión neumática, donde fijaremos el tipo de cierre de conexión de este terminal. Seleccione el penúltimo conector, como se muestra en la siguiente figura.

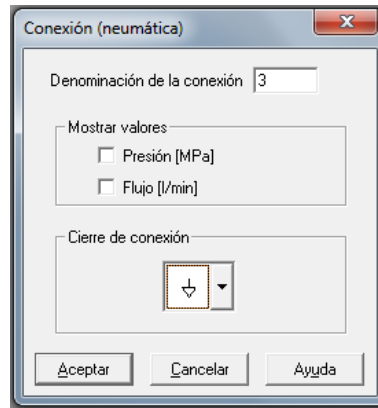


Figura 5.8: “Configuración cierre de conexión”.

El circuito está completamente diseñado. Ahora, intente simularlo. Inicie la simulación por medio de “Iniciar” o presionando F9. Haga clic en el mando manual de la válvula.

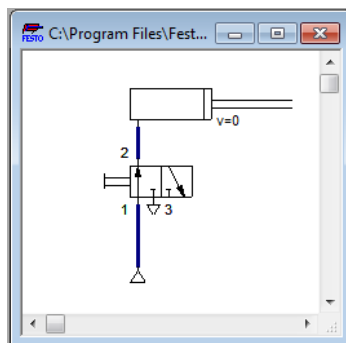


Figura 5.9: “Simulación de válvula accionada”.

Después de accionar el mando manual de la válvula, el aire de la fuente de aire comprimido ingresa en el cilindro, accionando el pistón de este.

Muchas veces, debido a que el movimiento del pistón es muy rápido es necesario limitar su avance. Para limitar la velocidad del pistón, se puede usar una válvula estranguladora de presión.

Arrastre la válvula estranguladora de presión a la superficie de diseño. Conéctela con la entrada del cilindro simple efecto y el terminal dos de la válvula de 3/2 vías. El circuito debe parecerse al siguiente:

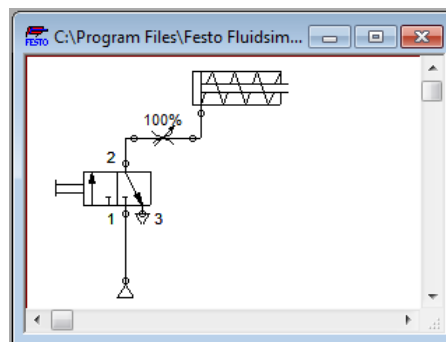


Figura 5.10: “Circuito con válvula estranguladora de presión”.

Haga doble clic en la válvula estranguladora de presión. Para configurar el grado de apertura de ella, esto limitará el avance del pistón y dependerá de que se desee realizar.

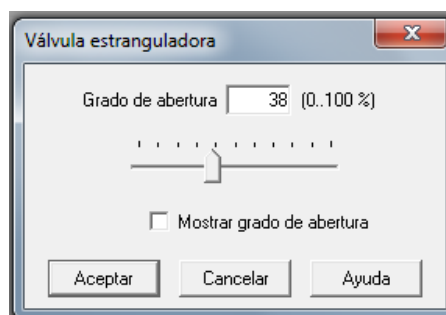


Figura 5.11: “Ventana de configuración válvula estranguladora de presión”.

El avance del pistón es de una forma lenta. En el momento que el mando manual es accionado el pistón sale de una forma lenta comparado con el experimento sin válvula estranguladora de presión. Así el retorno del pistón es aún más lento, debido a la presencia de la válvula estranguladora y que este retorno es accionado por el muelle del cilindro.

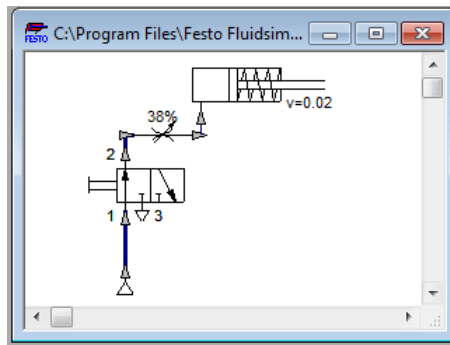


Figura 5.12: “Circuito con válvula estranguladora de presión en simulación”.

FluidSIM posee un “Diagrama de estado”. Arrastre desde la biblioteca de elementos el “Diagrama de estado”. Para graficar solamente debe arrastrar los elementos del circuito diseñado dentro del recuadro de “Denominación del componente”. Arrastre el cilindro de simple efecto y la válvula de 3/2 vías.

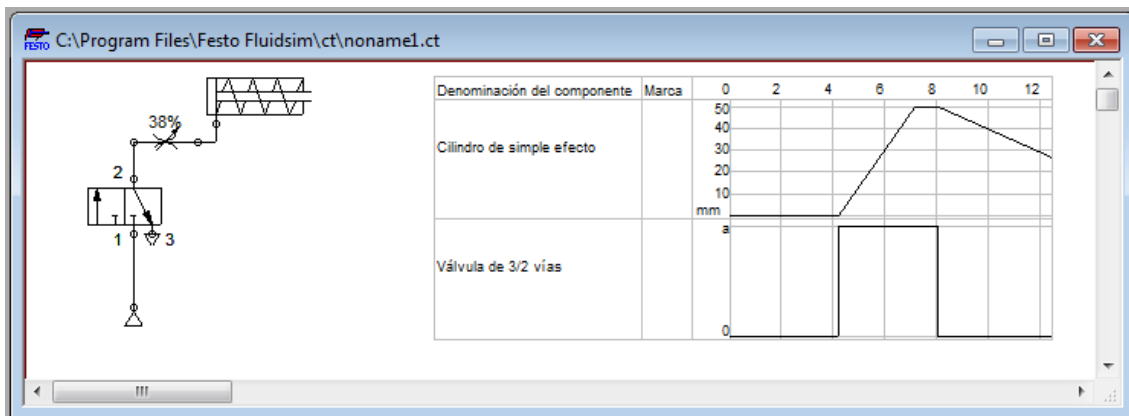


Figura 5.13: “Circuito con diagrama de estado para el cilindro y la válvula”.

Este diagrama de estado grafica los cambios de estado que sufren los elementos, durante el tiempo.

Finalmente guarde el circuito por medio de “Guardar” o presionado “Ctrl+G”. FluidSIM abrirá automáticamente la ventana de archivos, así, en caso de que este circuito no exista, podrá dar un nombre al archivo.

5.2. Unidades de medida

El valor numérico de todas las unidades de medida de un circuito, también se puede presentar en ausencia de un instrumento de medición.

Para ello haga clic en el Menú “Ver-Valores...” o pulsando “M”, para abrir la ventana que muestra unidades de medida:

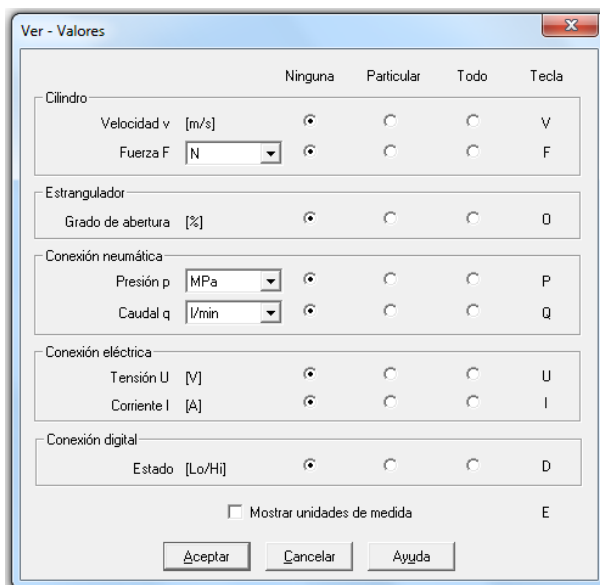


Figura 5.14: “Ventana de dialogo para la presentación de las medidas de estado”.

Para cada medida de estado representada puede definirse aquí el tipo de presentación.

Descripción del cuadro de dialogo:

- Ninguna: Presentación de ningún valor de esa medida de estado.
- Particular: Muestra los valores en solo aquellos que han sido seleccionado.
- Todo: Presenta todos los valores de esa medida de estado.

La elección de la inserción de la conexión para la presentación de medidas de estado individuales, es posible de la siguiente forma. Sobre el terminal de una conexión de componentes, abra la ventana de propiedades.

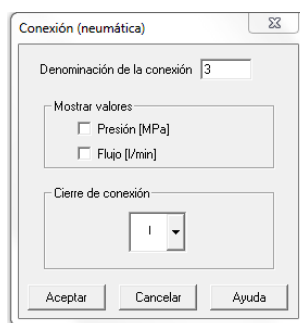


Figura 5.15: “Ventana de dialogo de una conexión”.

Descripción del cuadro de dialogo:

- Mostrar valores: pueden marcarse con un tick, las medidas de estado que se señalan en esa conexión.

Las configuraciones para la presentación de las medidas de estado son específicas del circuito, es decir, se refieren únicamente al circuito actual. Dado esto se pueden configurar, para circuitos abiertos distintos, diferentes opciones de visualización.

5.3. Control de gráficos

Puede examinarse el gráfico antes de iniciarse la simulación, por si este tuviese errores gráficos. Son posibles los errores siguientes:

1. Conductos que atraviesan componentes
2. Conductos superpuestos
3. Componentes superpuestos
4. Conexiones superpuestas y que no encajan

El circuito a continuación presentado contiene todos estos fallos.

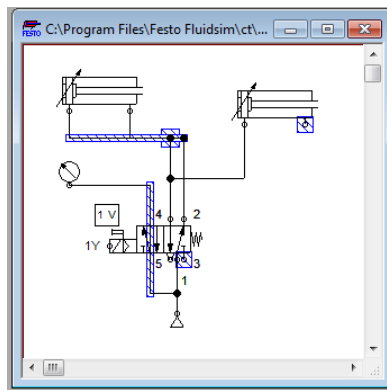


Figura 5.16: “Circuito diseñado erróneamente”.

Haga clic sobre “Comprobación previa” (F6) o bien Iniciar (F9). Aparecerán, una tras otra, las ventanas de dialogo que informan sobre cada uno de los errores de diseño.

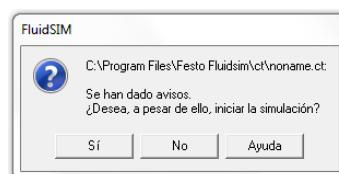


Figura 5.17: “Ventana de avisos de simulación”.

Tras estas indicaciones, puede decidirse a pesar de ello, iniciar la simulación.

5.4. Acoplamiento de equipo electropneumático.

Del mismo modo que pueden insertarse circuitos neumáticos también se pueden utilizar elementos eléctricos. Para esto arrastre los elementos eléctricos que desee utilizar de

la biblioteca de componentes sobre la superficie de diseño y allí deben ser ordenados y ensamblados según lo que se desee.

La figura siguiente ejemplifica esto:

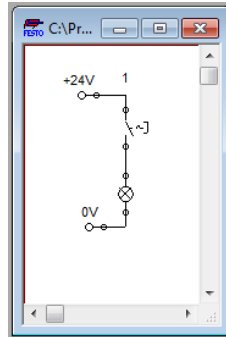


Figura 5.18: “Circuito eléctrico simple”.

Construya este circuito. Simule y compruebe que el indicador luminoso enciende, al accionar el pulsador.

Hay componentes eléctricos que pueden interactuar con los componentes neumáticos. Esta interacción es conocida por el nombre de “Electroneumática”. Para ello cuentan por ejemplo con interruptores de accionamiento eléctricos y válvulas de solenoides.

Se diseña el circuito eléctrico separado del neumático, es necesario establecer una clara conexión entre los componentes eléctricos y los componentes neumáticos. Para dicha conexión de este tipo se ofrecen “marcas” en los elementos eléctricos.

Una marca es un nombre concreto y un componente puede disponer de ella. Si dos componentes cuentan con el mismo nombre, estarán los dos conectados entre sí, aunque no exista un conducto visible entre ellos.

La entrada de un nombre de marca aparece sobre una ventana de dialogo que se abre, o bien por medio del doble clic sobre el componente, o bien seleccionado este y haciendo clic sobre “Edición-Propiedades...”. En válvulas de accionamiento eléctrico se incluyen las marcas de izquierda a derecha, donde debe hacerse el doble clic, no en medio del componente, si no sobre la conexión correspondiente.

El ejemplo siguiente muestra como pueden ser empleadas las marcas de FluidSIM.

Active el modo de edición, abra el archivo “demo1.ct”.

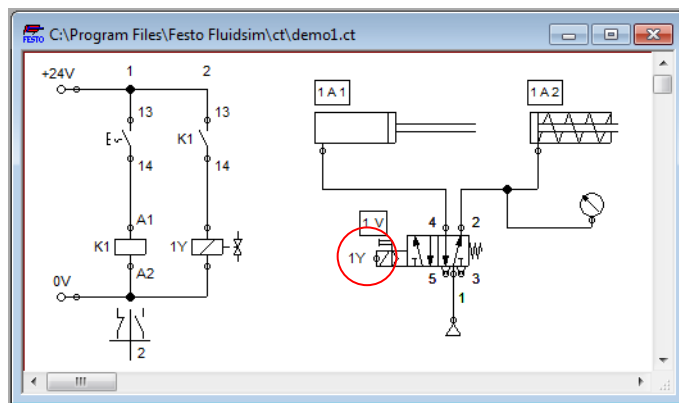


Figura 5.19: “Circuito Electroneumático simple”.

Estos componentes se acoplan, con la ayuda de las marcas para que la válvula pueda ser manejada por el solenoide.

Haga doble clic sobre el solenoide de válvula o seleccione el solenoide de la válvula y haga clic en “Edición-Propiedades...”. Aparecerá la siguiente ventana:

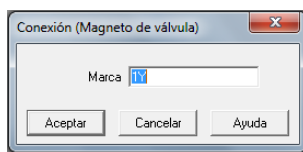


Figura 5.20: “Ventana de dialogo del solenoide de válvula”.

Descripción del cuadro de dialogo:

- Marca: Este campo de texto sirve para introducir el nombre de la marca. Este nombre puede constar de hasta 32 caracteres y tener en su interior combinación de letras, números y caracteres especiales.

Introduzca un nombre para esa marca (por ejemplo “marca1”). Haga doble clic fuera, en el solenoide eléctrico, para abrir la ventana correspondiente al nombre de la marca. Introduzca aquí el mismo nombre de marca que en el solenoide de la válvula (“marca1”). Ahora estará acoplado el solenoide eléctrico con el solenoide de la válvula.

Inicie la simulación. Se calcula el flujo de corriente y la distribución de presión. Las presiones resultantes se indican coloreadas.

Accione el interruptor eléctrico. A continuación, se conmuta la válvula, el segundo cilindro retrocede y el primer cilindro avanza:

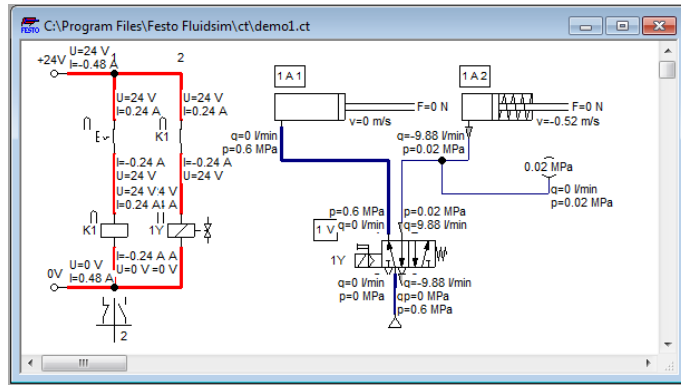


Figura 5.21: “Simulación del circuito Electroneumático”.

5.5. Accionamiento de interruptores.

Este apartado describe como puede ser accionados los interruptores, por presión, por medio de un relé o incluso a través de otros interruptores.

Interruptor en el cilindro

El límite carrera puede ser activado por medio del pistón del cilindro. Para ello es necesario instalar en primer lugar una regla de distancia en el cilindro. Arrastre un “Cilindro doble efecto” y una “Regla de distancia” cerca del cilindro en la superficie de diseño.

La “Regla de distancia” se coloca automáticamente cerca del “Cilindro doble efecto” en la posición correcta. Desplace el cilindro solo un poco, así moverá también la barra.

La posición correcta de una “Regla de distancia” depende del tipo de cilindro. Estas barras de medida de recorrido pueden abrirse sobre o delante del cilindro o en ambos lugares al mismo tiempo.

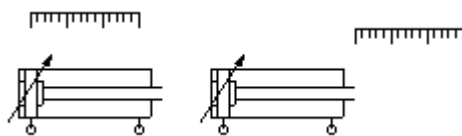


Figura 5.22: “Ejemplo de posicionamiento de regla de distancia”.

Haga un doble clic sobre la regla de distancia. Para abrir la siguiente tabla:

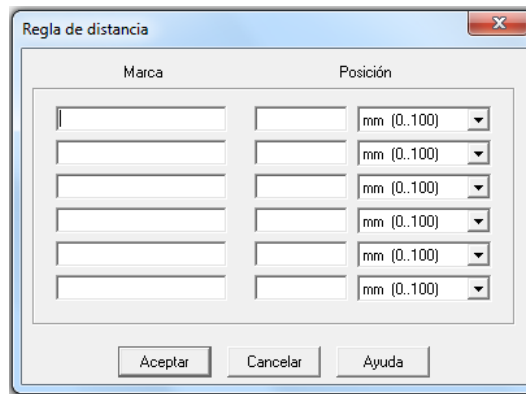


Figura 5.23: “Ventana de dialogo de la regla de distancia”.

Descripción del cuadro de dialogo:

- Marca: Los campos de texto de la columna izquierda sirven para introducir los nombres de marcas de los interruptores de alimentación o de límite que deben ser accionados por medio del pistón del cilindro.
- Posición: Los campos de texto de la columna derecha definen las posiciones exactas del conmutador y del interruptor de límite en el cilindro.
- Introduzca en la primera línea “Y1” como marca y como posición 35 mm; a continuación, cierre la ventana haciendo clic en “Aceptar”.

Surgirá al momento, bajo la regla de distancia y en la posición corresponde, una raya con el nombre de marca correspondiente.

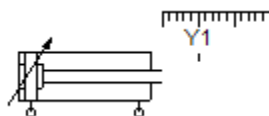


Figura 5.24: “Cilindro doble efecto con regla de distancia”.

Es decir, este cilindro activa el interruptor con la marca “Y1” si su pistón avanza 35 mm.

Relé

Por medio de un relé pueden conmutarse varios interruptores a la vez. Para ello es necesario, naturalmente, acoplar el relé con los interruptores correspondientes. En FluidSIM existen también marcas de relé con las cuales se puede definir del modo acostumbrado la pertenencia a interruptores. Si se hace un doble clic sobre el relé, aparecerá una ventana para los nombres de marcas.

La siguiente ilustración muestra un circuito eléctrico en el cual un relé conmuta al mismo tiempo dos obturadores:

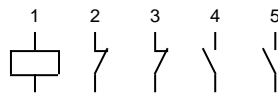


Figura 5.25: “Relé con interruptores acoplados”.

Junto a los relés simples, existen también relés de desaceleración de arranque, de desaceleración de caída y contadores. Estos se encargan de que los interruptores acoplados sean activados por impulsos antes de tiempo o cantidad configurados. En este tipo de relés también aparece una ventana de diálogo correspondiente (tras un doble clic) para la inclusión de los valores.

Acoplamiento de interruptores mecánicos

El acoplo de interruptores mecánicos se realiza en FluidSIM mediante el uso de una marca. Si varios interruptores mecánicos poseen la misma marca, entonces, al accionar uno de ellos, todos los demás que tengan la misma marca serán activados.

Reconocimiento automático de interruptores

FluidSIM reconoce los interruptores de desaceleración, limitadores y de presión por el tipo de construcción y por las marcas, e introduce automáticamente el símbolo correspondiente del interruptor en el circuito eléctrico.

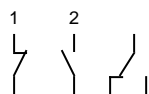


Figura 5.26: “Símbolos sencillos de interruptores”.

5.6. Resumen

En este capítulo se presentó el software de construcción y simulación de circuitos electroneumáticos “FluidSIM”, herramienta fundamental para comprender y tener una vista previa del funcionamiento del equipamiento Festo Didactic y así evitar posibles fallas antes de usar los elementos físicos.

Los puntos tratados fueron desde la instalación, construcción y simulación de circuitos. Además, se explican otras características como las unidades de medida de los instrumentos, los cuales pueden ser visualizados mientras se simula el circuito.

El control de gráficos, que es una breve explicación del por qué podría existir errores de simulación, finalmente se explica cómo se relacionan los mandos eléctricos y los elementos neumáticos, se incluyen ejemplos para poder hacer un aprendizaje más didáctico en el uso del software FluidSIM.

Capítulo 6

6. Sistemas Electroneumáticos

Luego de estudiar todos estos elementos electroneumáticos presentados, además del software FluidSIM donde podremos construir y simular, es necesario saber que es un sistema electroneumático y como diseñarlos. En la mayoría de los procesos industriales podemos encontrar sistemas electroneumáticos para infinidad de trabajos, entre ellos:

- Sujeción de piezas
- Embalar materiales
- Llenar recipientes
- Estampar piezas
- Contar piezas
- Girar piezas
- Mecanizados
- etc.

¿Qué es un circuito electroneumático?

Un circuito electroneumático es un sistema formado por un conjunto de elementos unidos entre sí de forma que el aire comprimido puede circular a través de ellos y además es capaz de realizar una o varias funciones, activado desde un control eléctrico.

Los circuitos electroneumáticos pueden ser muy simples o pueden ser muy complejos y con un número muy grande de elementos. Sin embargo, siempre aparecerán elementos mínimos o básicos, tales como:

- Motor-compresor
- Deposito
- Purgador
- Entrada de aire
- Unidad de mantenimiento
- Elementos de control
- Elementos complementarios de control
- Elementos eléctricos de control

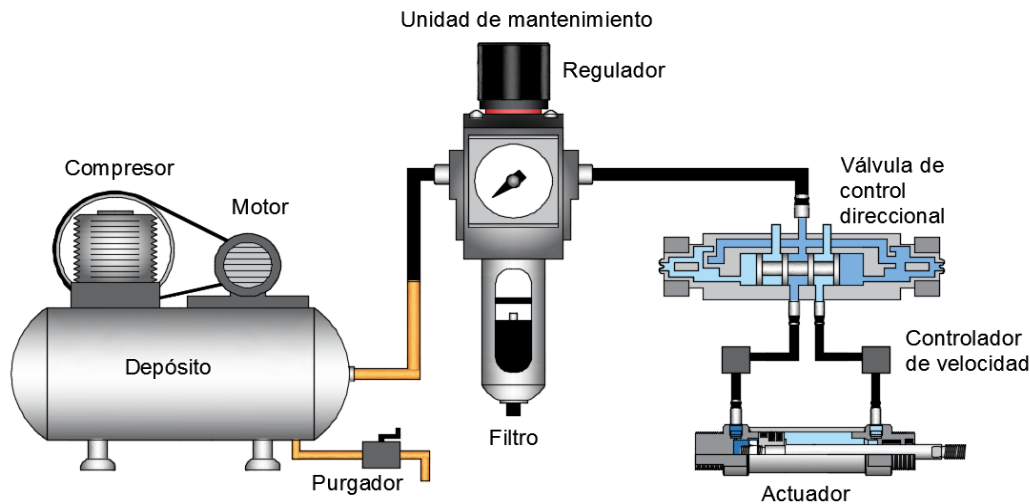


Figura 6.1: “Sistema neumático básico”.

Estos elementos ya fueron mencionados en el capítulo 4, además se puede encontrar información detallada en la página de Festo, con el número de artículo de la en la tabla 4.6. Ahora lo que necesitamos comprender es como construir un sistema electroneumático, y para esto existen métodos, los cuales abordaremos en este capítulo.

6.1. Aspectos generales

Para los circuitos neumáticos o electroneumáticos, el diagrama de funcionamiento es una herramienta fundamental para representar de forma gráfica la secuencia de movimientos que tendrán los elementos de trabajo de cualquier sistema (cilindro, válvulas, motor, etc.), de la misma manera, es usado también para los elementos de mando que intervienen en el proceso (pulsadores, sensores, finales de carrera, etc.).

Cuando nos enfrentamos a un circuito que consta de un solo elemento de trabajo, por ejemplo, un cilindro, el diagrama de funcionamiento no es tan necesario a menos de que existan fases en que deba variar el tiempo de avance o retroceso del vástago, ya que esto si debe reflejarse en el diagrama.

Cuando nos enfrentamos a un circuito que presenta dos o más elementos de trabajo se vuelve indispensable la utilización del diagrama de funcionamiento. Este nos permite conocer en cualquier instante del ciclo secuencial el estado de los distintos elementos de trabajo y de mando del circuito, lo que facilita en gran manera su comprensión y respectivo estudio, como,

por ejemplo, identificar un error de doble señal de instrucción sobre los dos pilotajes de una misma válvula biestable a la vez.

6.1.1. Diagrama espacio-fase

En el diagrama espacio-fase, también conocido como diagrama de procesos, se representan los movimientos o estados de los elementos de trabajo en función de las fases o pasos del ciclo o programa, por ejemplo, vástago de un actuador lineal saliendo o entrando sin tener en cuenta el tiempo que tarda en efectuar estas operaciones.

Para su representación se tendrán en cuenta los siguientes puntos:

- a) Cada elemento de trabajo tendrá representado su propio ciclo.
- b) Los ciclos de los distintos elementos de trabajo serán representados uno a continuación de otro y de arriba hacia abajo.
- c) Se dibujan dos líneas horizontales y paralelas para cada elemento de trabajo. La distancia entre ellas se considera como el "Espacio" entre vástago entrado y salido. Esta distancia no se representa a escala sino con una magnitud igual para todos los elementos de trabajo, independientemente de su recorrido.
- d) Para cada cilindro siguiente se dibujan dos nuevas líneas paralelas debajo de las anteriores separadas por una distancia menor a la empleada para los pares de líneas anteriores, pero suficiente para que el diagrama quede claro y legible.

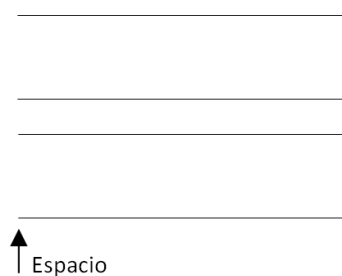


Figura 6.2: "Diagrama espacio para dos elementos".

- e) Las líneas paralelas anteriores se cortan por líneas perpendiculares y equidistantes. Cada línea vertical se considera como una "Fase" o "Paso" del ciclo numerándose a partir de 1 desde la izquierda.

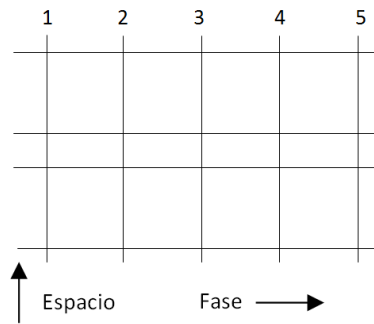


Figura 6.3: "Diagrama espacio – fase".

Nota:

Se entiende como "Fase" o "Paso" la línea del diagrama donde tiene lugar la modificación del estado de un elemento de trabajo o de un componente de mando.

f) En la fase a partir de la cual el ciclo vuelve a repetirse, por ejemplo, en la 5, se coloca el signo igual, que indica la repetición del ciclo (5 = 1).

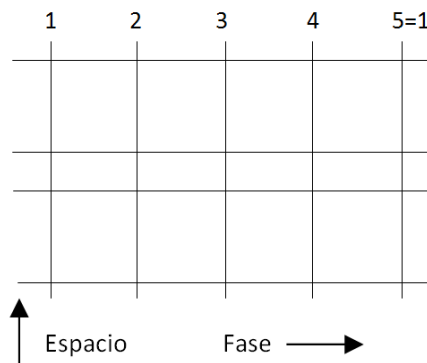


Figura 6.4: "Diagrama espacio – fase, con ciclos de trabajo".

g) En la parte izquierda del diagrama y entre cada dos líneas paralelas de mayor anchura se indica el código de identificación del elemento de trabajo, por ejemplo "1A", "2A". También es conveniente colocar junto a lo anterior la función del elemento de trabajo.

Como ejemplo consideraremos una estación de remachado, donde el cilindro 1A es el que sujeta la pieza (sujeción) y el cilindro 2A es el que remacha (remachado).

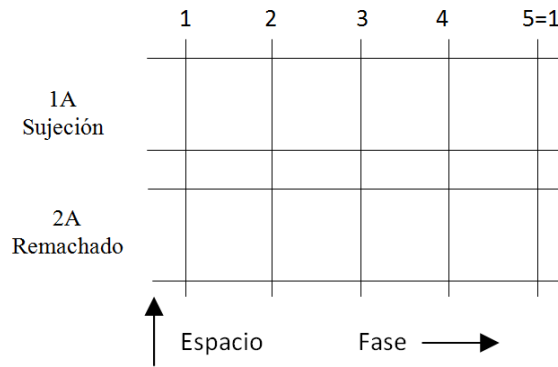


Figura 6.5: “Diagrama espacio – fase, con dos cilindros”.

h) En la línea superior de las dos que representan a un elemento de trabajo se anota vástago salido o bien 1, mientras que en la línea inferior se indica vástago entrado o bien 0.

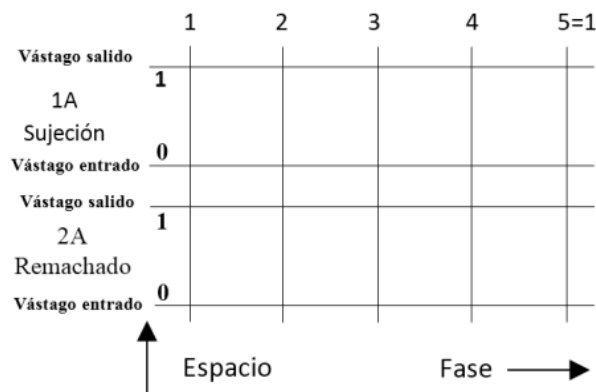


Figura 6.6: “Diagrama espacio – fase, con elementos de trabajo”.

i) El desarrollo del ciclo de cada elemento de trabajo se representa por líneas gruesas entre fases, uniendo de forma adecuada los puntos de intersección de las líneas que representan las fases con las dos líneas horizontales paralelas que cortan a las mismas.

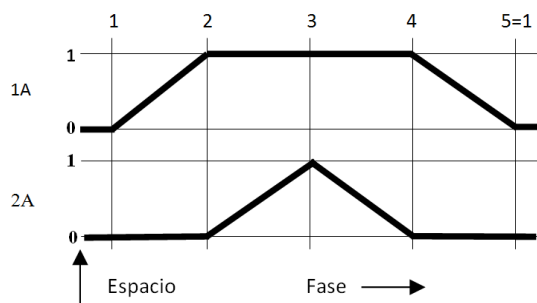


Figura 6.7: “Diagrama espacio – fase, con elementos de trabajo para dos cilindros”.

En el diagrama espacio-fase anterior se puede comprobar que de la fase 1 a la fase 2 el cilindro 1A (sujeción) va desde su posición “entrado” a su posición “salido” que alcanza en la fase 2. En ese instante el cilindro 2A (remachado) efectúa la misma operación desde la fase 2 a la fase 3 siguiendo el 1A en la posición “salido”.

En la fase 3 el cilindro 2A va desde la posición “salido” a la posición “entrado” que alcanza en la fase 4. En ese instante se inicia la “entrada” del cilindro 1A que finaliza en la fase 5, en cuyo instante los dos cilindros vuelven a estar en la situación de la fase 1.

Si los elementos de trabajo son rotativos puede optarse por realizar el diagrama bajo la configuración que se indica en la figura 6.8, que muestra el estado de conexión y desconexión de distintos motores neumáticos.

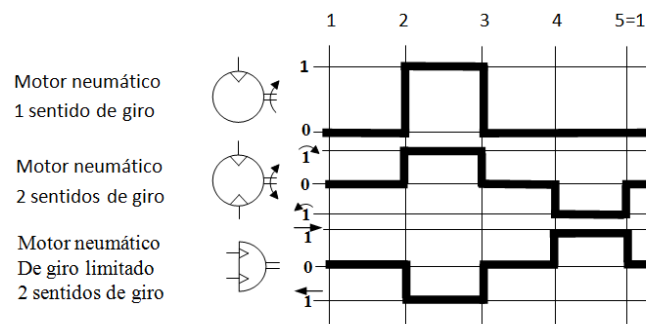


Figura 6.8: “Diagrama de movimientos espacio-fase, elementos neumáticos rotativos”.

Como se ha podido comprobar, la relación entre los distintos elementos de trabajo de un ciclo neumático queda perfectamente indicada observando las fases de su diagrama espacio-fase.

6.2. Diagrama de mando

Se emplea para representar el estado de actuación o conexión de los distintos elementos de mando, en función de la fase. En el diagrama de mando se considera el cambio de conmutación de las válvulas de manera instantánea.

Tiene una representación similar a los anteriores diagramas indicándose dos líneas paralelas horizontales para cada elemento con una distancia entre ellas algo menor (aproximadamente la mitad de la considerada para los elementos de trabajo).

Son cortadas por las mismas líneas verticales ya indicadas, es decir que el diagrama de mando se traza en combinación con el diagrama espacio-fase.

En la Figura 6.9 se indica el diagrama de mando para una válvula 3/2 vías, normalmente cerrada con accionamiento manual. En la fase 1 la vía 1 de la válvula está cerrada, y la vía 2 está conectada al escape 3. En la fase 2 tiene lugar la actuación de la válvula pasando a abierta, es decir que las vías 1 y 2 quedan comunicadas y la vía 3 obturada, estado que se mantiene hasta la fase 3 en que la válvula vuelve a su posición inicial.

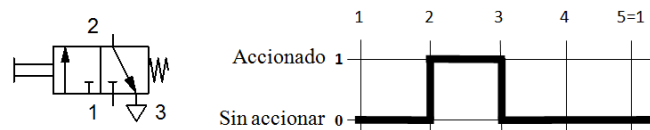


Figura 6.9: “Diagrama de mando para una válvula de accionamiento manual”.

6.3. Diagrama de funcionamiento

El diagrama de funcionamiento reúne en uno solo a los dos diagramas vistos con anterioridad, es decir el diagrama espacio-fase con el diagrama de mando.

Con él ya es posible ver la situación de cada uno de los elementos que intervienen en el ciclo neumático o electroneumático.

Para su representación se indicará en primer lugar y de arriba hacia abajo el diagrama espacio-fase correspondiente a los elementos de trabajo. Debajo de este se representará el diagrama de mando indicando en primer lugar la válvula de puesta en marcha del ciclo y a continuación los captadores de información o válvulas de accionamiento mecánico que son las que establecerán los cambios de fase.

Ejemplo: En la Figura 6.12 se indica el diagrama de funcionamiento para el accionamiento de un cilindro de doble efecto actuado por una válvula 5/2 vías con accionamiento neumático (biestable). El vástago del cilindro debe salir al actuar una válvula 3/2 vías de accionamiento manual (monoestable) y debe regresar al ser actuada una válvula 3/2 vías de accionamiento mecánico por una leva fijada al vástago.

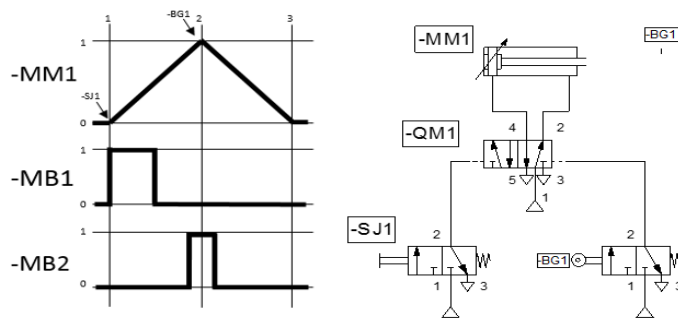


Figura 6.10: “Diagrama de funcionamiento y esquema, para un ciclo semiautomático”.

En la Figura 6.10 se observa que en la fase 1 se da un impulso momentáneo a -SJ1, de una duración tal que ya no llega a estar activada en la fase 2. Con ello se envía señal al pilotaje 14 de -QM1 que cambia su posición. El vástago de -MM1 inicia su carrera de avance en la fase 1 hasta acabar en la fase 2.

Antes de alcanzar la fase 2 se activa a -BG1 que envía una señal al pilotaje 12 de +QM1 que cambia su posición. El vástago de +MM1 inicia su carrera de retroceso en la fase 2 terminando en la fase 3. Unos instantes más tarde de la fase 2 es desactivada +BG1 por la leva del vástago.

Si la acción manual sobre -SJ1 se prolonga excesivamente puede ocurrir que el vástago de +MM1 no inicie su carrera de retroceso y no regrese a su posición de reposo puesto que la válvula biestable QM1 se encontraría con señal en sus dos pilotajes 12 y 14.

6.4. Conceptos comunes en electroneumática

Es necesario conocer ciertos tipos de conceptos que serán usadas habitualmente en el área de diseño de circuitos electroneumáticos, por ello a continuación, se definen los siguientes.

Mando o Comando: Es la acción engendrada en un sistema, sobre el cual uno o varios parámetros o señales de entrada modifican (según las leyes del propio sistema) a otros parámetros o señales considerados de salida. Entre los mandos que se emplearan con los elementos Festo Didactic existentes en el laboratorio de control, encontramos los siguientes:

- **Mando secuencial:** Es un mando con secuencia compulsiva paso a paso, en el que se efectúa el salto de un paso próximo de acuerdo con el cumplimiento de las condiciones establecidas en la secuencia.

Ejemplo: Utilizando límites de carrera, cada vez que el actuador lineal llegue a estas condiciones activará el siguiente paso o cumplimiento de condición.

- Mando secuencial controlado por el proceso: Es un mando cuyas condiciones de secuencia dependen de señales del sistema comandado. Un comando secuencial depende de la operación que trabaja en un circuito cerrado de acción.

Ejemplo: Esto se puede realizar mediante la activación de relés.

- Mando por enlaces lógicos: Todo sistema digital en el que sus salidas son función exclusiva del valor de sus entradas en un momento dado, sin que intervengan en ningún caso estados anteriores de las entradas o las salidas. Por tanto, carecen de memoria y realimentación. Este mando se basa en la álgebra Booleana.

Ejemplo: En FluidSIM se puede utilizar “módulo digital” para gobernar un sistema neumático, mediante el uso de bloques lógicos (And, OR, XOR, etc.).

Además del tipo de mando que sea emplea en construcción de circuitos neumáticos, también es necesario crear secuencias de trabajo, las cuales definen el accionamiento o movimiento de los Actuadores lineales dentro de un ciclo de trabajo, a continuación se aclara que conceptos son empleados:

Señal: Es una información cuya representación está dada por un valor o por la evolución de una magnitud física.

Secuencia: Orden en el que deben ejecutarse varias señales producto de un automatismo. En el caso específico de accionamientos neumáticos o neumáticos, se simplifica su representación, asignando a los actuadores lineales un signo (+) si el vástago del actuador lineal está extendido (salido) y un signo (–) si el vástago está retraído (entrado).

Grupo: Dada una secuencia de operación, el grupo se refiere a la partición que se realiza para lograr que la secuencia opere en forma adecuada, sin que se presente errores por interferencia de señales.

6.5. Simbología de elementos según la norma EN 81346-2:2009-10

La norma EN 81346-2 tiene la finalidad de clasificar los componentes mediante letras de identificación. A la identificación de referencia se le antepone signos que expresan la función (=), el tipo de producto (-) o el lugar (+) del componente. A continuación, se utilizan identificaciones de referencia relacionadas con el tipo de producto.

Los componentes incluidos en esquemas de circuitos correspondientes a una unidad de control se identifican mediante letras. Los componentes que obtienen la misma letra de identificación se numeran correlativamente. Los sensores y las bobinas tienen que aparecer tanto en el esquema de distribución neumática como el esquema de circuito eléctrico. Para evitar confusiones y para mayor claridad, los símbolos gráficos de los dos esquemas deberían identificarse de la misma manera y, además, también deberían numerarse del mismo modo.

Tabla 6.1: “Denominación de componentes en esquemas de distribución - identificación mediante letras (EN 81346-2:2009-10)”.

Componentes	Identificación
Interruptores de final de carrera, presóstatos	B
Relé	K
Bobina de una válvula	M
Sistema de avisos	P
Contactador, válvula distribuidora	Q
Pulsadores de accionamiento manual	S
Unidad de mantenimiento	AZ
Sensor de caudal	BF
Interruptor de final de carrera	BG
Sensor de presión	BP
Bomba	GP
Contactador auxiliar, regulador, relé	KF
Reguladores de fluidos, bloque de válvula	KH
Motor eléctrico	MA
Bobina de accionamiento (p. ej. bobina de válvula)	MB
Cilindro neumático / hidráulico	MM
Luz de aviso, LED	PF
Instrumento indicador	PG
Contactador de potencia	QA
Seccionador (eléctrico)	QB
Válvula distribuidora (neumática/hidráulica)	QM
Válvula de antirretorno	RM
Estrangulador hidráulico / neumático	RN
Válvula de estrangulación y antirretorno	RZ
Pulsador (eléctrico)	SF
Válvulas de accionamiento manual	SJ

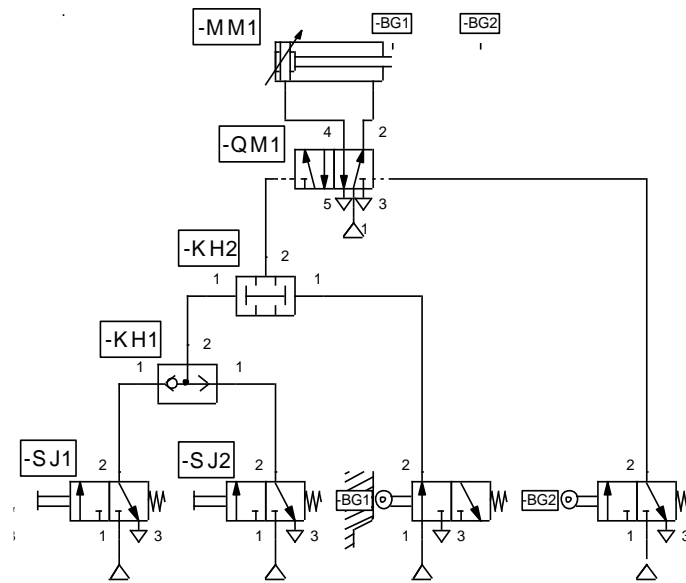


Figura 6.11: "Identificación según norma EN 81346-2:2009-10".

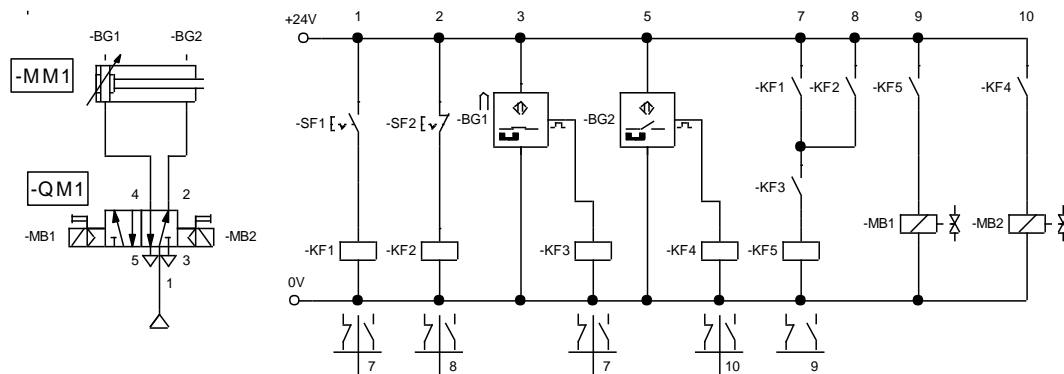


Figura 6.12: "Identificación de componentes según norma EN 81346-2:2009-10".

6.6. Diseño Intuitivo

Este Diseño sirve como un previo entrenamiento con los distintos elementos neumáticos y eléctricos. Este tipo de diseño necesita mucha experiencia del operador, pero es el mejor para lograr la resolución de problemas con los elementos señalados en el apartado anterior y es quien complementará los métodos que se describirán en este presente documento. Es recomendable resolver ejercicios solo basándose en este tipo de diseño, para obtener las destrezas necesarias.

Recomendaciones para su representación:

- El esquema neumático y el esquema eléctrico deben ser dibujados separadamente.
- Es conveniente efectuar la disposición según el diagrama de espacio – fases.
- Representar el esquema eléctrico en forma de diagrama de circulación de corriente.

6.6.1. Mando directo

a. Mando de un cilindro de simple efecto

El sistema de accionamiento de la válvula 3/2 vías electromagnética con retorno por muelle, es dibujado separado de la parte neumática.

Se desea que exista mando inmediato de retorno al liberar (-SF1). En este circuito no es necesario un elemento de conmutación adicional.

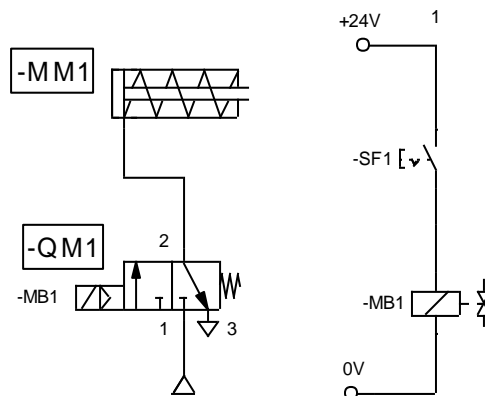


Figura 6.13: “Circuito electroneumático, mando cilindro simple efecto”.

b. Mando de un cilindro de doble efecto

En este caso se utiliza una válvula 5/2 vías con retorno por muelle, en lugar de la válvula 3/2 vías. El sistema de accionamiento de la válvula 5/2 vías es similar al caso anterior.

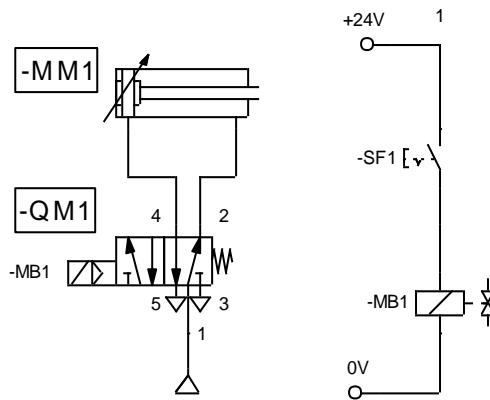


Figura 6.14: "Circuito electropneumático, mando cilindro doble efecto".

6.6.2. Mandos indirectos

En general se necesita de mandos indirectos en electropneumática, debido a la separación entre los circuitos de trabajo y de mando, y la conversión de la energía resultante. Existe la posibilidad de efectuar un mando indirecto a través de una válvula de impulso (botonera/ interruptor) o de un circuito de "auto-retención". En mandos electropneumáticos encontramos ambos tipos. El tipo de mando será escogido de acuerdo a las necesidades y dificultades del problema.

A. Circuito biestable con mando por válvulas de impulso

La figura muestra un circuito con válvula electropneumática biestable por impulsos eléctricos en 5/2 vías.

Los dos solenoides (-MB1) y (-MB2) necesitan, en el diagrama de circulación de corriente, dos trayectos de corriente. Un impulso a través de los botones (-SF1) y (-SF2) para conmutar la válvula 5/2 vías y mantener la conmutación hasta la llegada de la señal contraria.

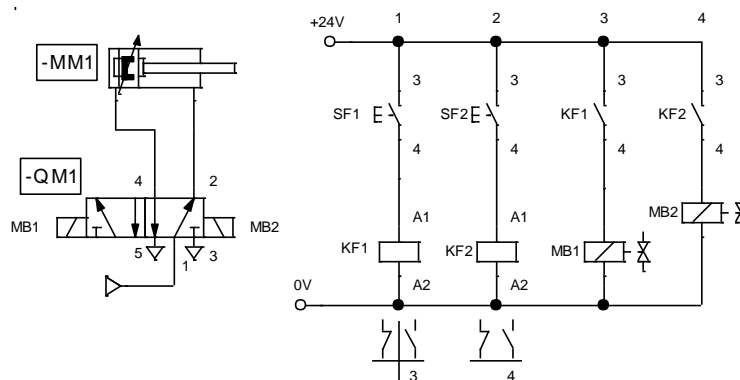


Figura 6.15: "Circuito electropneumático biestable".

6.6.3. Circuito de auto-retención

En circuitos de auto-retención podemos tener un comportamiento dominante de conectar o de desconectar.

a. Circuitos de auto-retención con desconectar dominante.

El circuito de auto-retención es constituido por el contacto normalmente abierto (NA) del relé (-KF1), conectado en paralelo con el pulsador (-SF1); el cual mantiene el sistema de accionamiento (-KF1) con corriente, aun retirando la señal (-SF1). Esta retención puede ser interrumpida a través del interruptor (-SF2). La señal de desconectar es dada a través del interruptor (-SF2), que se encuentra normalmente cerrado (NC).

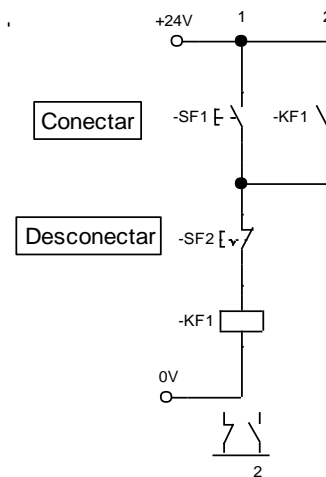


Figura 6.16: “Circuito desconectar dominante”.

b. Circuitos de auto-retención con conectar dominante.

En este caso el circuito de auto-retención está constituido por el contacto normal abierto (NA) del relé (-KF1), en serie con el contacto normal cerrado (NC) del interruptor (-SF2).

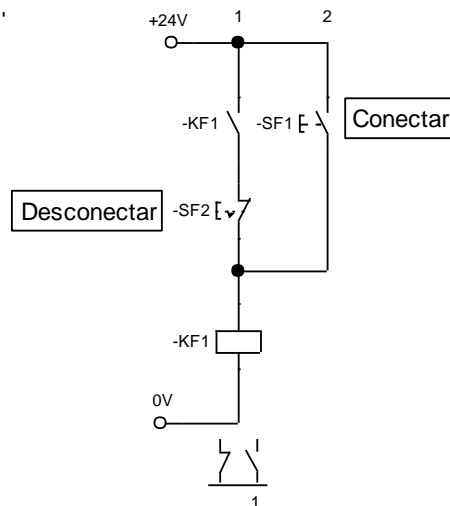


Figura 6.17: “Circuito conectar dominante”.

En este caso a pesar de que se accione el interruptor (–SF2), mientras este accionado el pulsador (–SF1) el circuito seguirá energizado.

6.6.4. Mando con retorno automático de un cilindro simple efecto.

Se utiliza un fin de carrera eléctrico (–BG1) en el final de la carrera del cilindro (–MM1) para conmutar su retorno y un pulsador (–SF1) para su accionar el cilindro de simple efecto. Además se usa una electroválvula direccional 3/2 vías con retorno por muelle (monoestable).

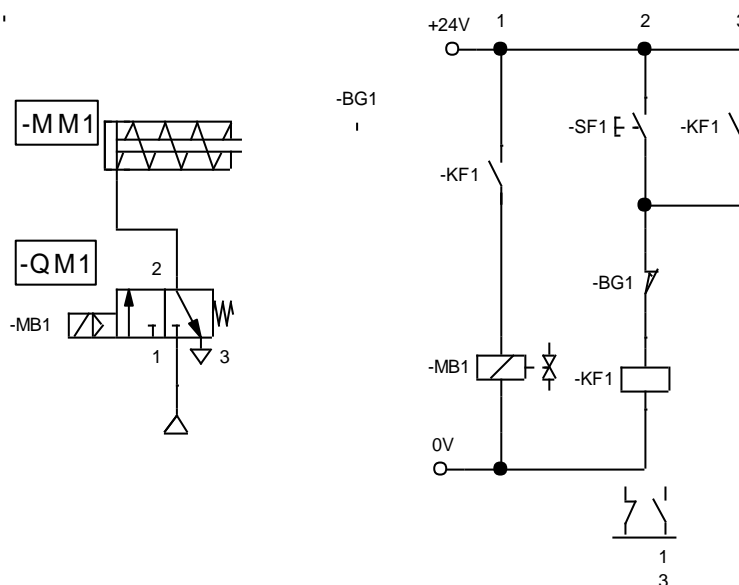


Figura 6.18: “Circuito electroneumático para cilindro simple efecto”.

También podemos hacerlo utilizando una válvula electroneumática 5/2 vías biestable, no siendo necesaria entonces el retorno por muelle, pero para este caso se necesitara otra bobina para conmutar esta válvula.

6.6.5. Mando de un cilindro de doble efecto (movimiento continuo, parada)

Utilizaremos una válvula electroneumática 5/2 vías biestable, dos finales de carrera electricos, que pueden ser mecánicos, inductivos u ópticos, para el movimiento continuo. Además de un interruptor (-SF1) para conectar y desconectar el circuito.

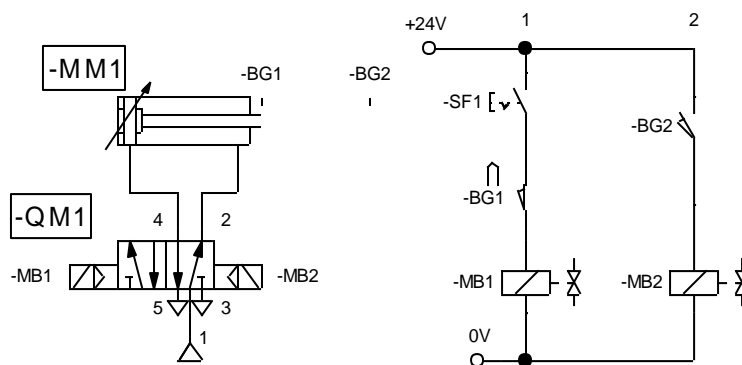


Figura 6.19: "Circuito electroneumático para cilindro doble efecto".

6.6.6. Aplicación de lo aprendido

Para el diseño de un circuito basado en el método intuitivo utilizaremos el siguiente ejemplo que facilitara el entendimiento de este método.

Ejemplo: Banda transportadora.

En una empresa se requiere desplazar cajas que llegan desde una banda de alimentación, hasta otra banda transportadora que está ubicada en un nivel superior; para lo cual se van a emplear dos actuadores líneas. El cilindro de doble efecto A, se encargará de subir las cajas; mientras que el cilindro de doble efecto B las empujará; tal como se ve en la figura 6.20.

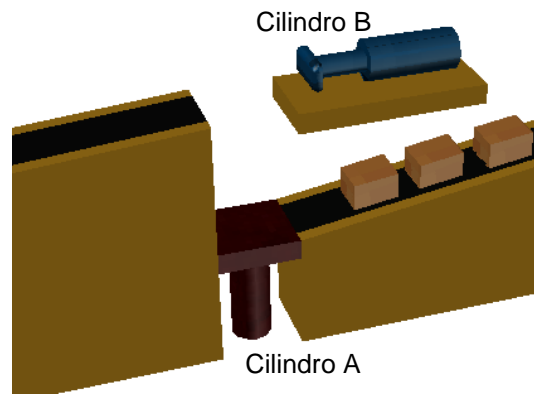


Figura 6.20: "Esquema banda transportadora".

El diagrama espacio – fase del funcionamiento de la banda transportadora se presenta en la figura a continuación:

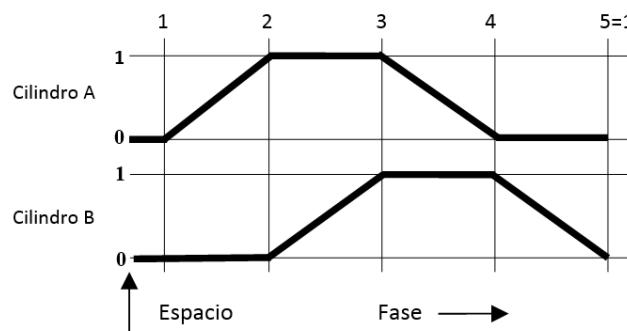


Figura 6.21: "Representación diagrama espacio – fases".

6.6.6.1. Aplicando el método intuitivo

Este ejemplo será realizado de tres diferentes formas (solución simple, con válvulas de impulso y circuito con retención), para demostrar que el método intuitivo no obedece a una única solución.

a. Método intuitivo, solución simple.

El circuito electroneumático para este problema se resolverá igual que el sistema planteado en el punto 6.6.5 (movimiento continuo, parada).

La secuencia para solucionar el problema se puede obtener de manera directa del diagrama espacio-fases de la figura 6.21, siendo la siguiente: *Secuencia: A+, B+, A-, B-*.

La construcción de este circuito consistirá en dos actuadores lineales (cilindro de doble efecto) los cuales son señalados en el enunciado, para comandar estos actuadores se utilizarán dos electroválvulas 5/2 vías y para conmutar estas, utilizaremos cuatro bobinas, las cuales activarán los pilotajes 12 y 14 de cada electroválvula. El movimiento continuo se producirá con cuatro límites de carrera. Finalmente la habilitación del circuito se hará mediante un interruptor.

La solución del problema de la banda transportadora obedece al siguiente circuito electroneumático:

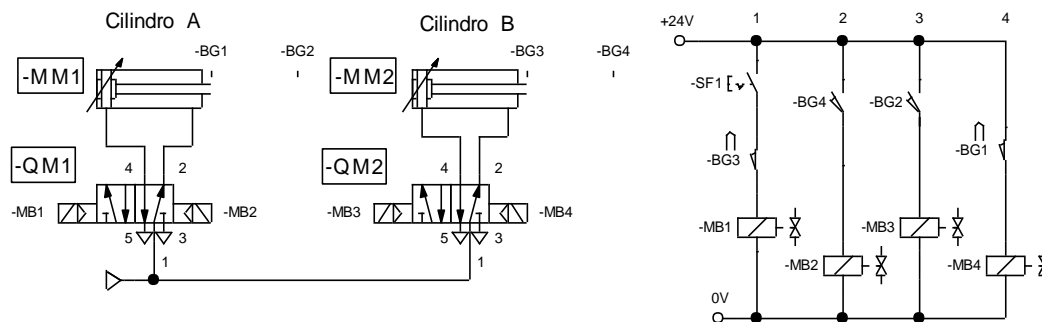


Figura 6.22: Circuito electroneumático usando FluidSIM.

El límite de carrera (-BG3) es utilizado en el circuito para el bloqueo del interruptor de arranque, siendo la condición de arranque el estado “entrado” del vástago del cilindro B, como se puede apreciar en la figura anterior. Mientras el interruptor (-SF1) es usado como interruptor de inicio de la secuencia y de término de secuencia.

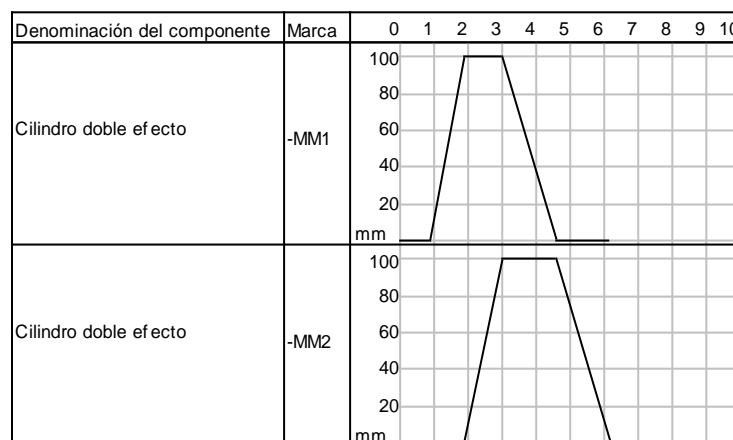


Figura 6.23: “Diagrama espacio – fase, del software FluidSIM”.

b. Circuito con válvulas de impulso

Para el bloqueo o conmutación de la señal, se utilizará un circuito de auto-retención para el relé (-KF1). El relé (-KF1) se encargará de bloquear las señales en los diversos trayectos de la corriente. A través de un contacto normalmente cerrado (-KF1), la señal de inicio (-SF1) es bloqueada adicionalmente.

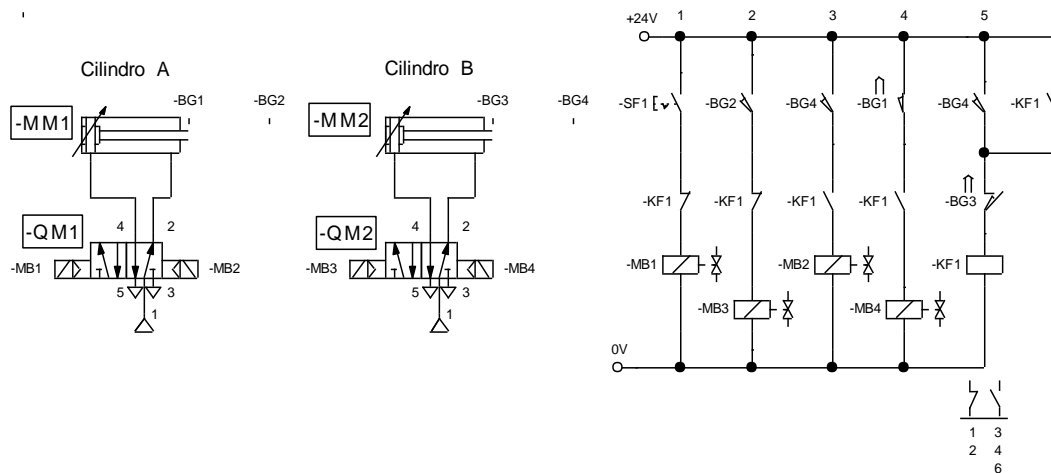


Figura 6.24: “Circuito electroneumático usando FluidSIM”.

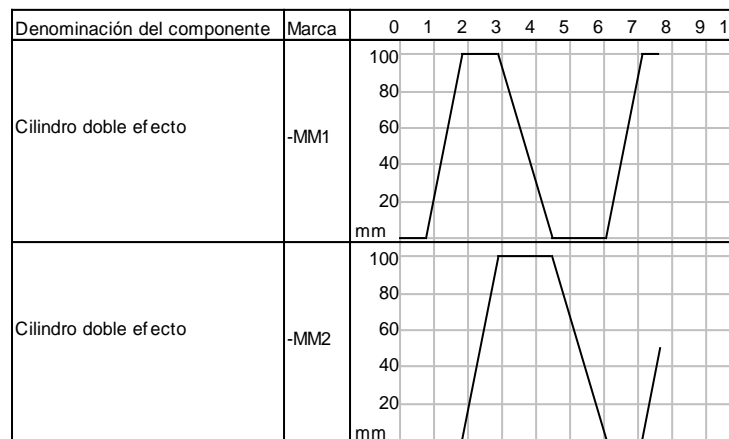


Figura 6.25: “Diagrama espacio – fase, del software FluidSIM”.

c. Circuito con retención.

En este caso no se utilizará dos electroválvulas 5/2 vías con doble pilotaje, sino de una manera más simple solamente utilizaremos un pilotaje en cada electroválvula y su retorno se hará mediante muelle. Esto en la práctica puede ahorrar mucho dinero en el componente

comprado, además del cableado, entre otros. La retención se realizara mediante dos relés KF1 y KF2, donde el relé KF1 activara la bobina MB1 de la electroválvula QM1, activando al cilindro A. Esto provocara un avance del vástago y por ende activara al límite de carrera BG2 en la rama (2) del circuito eléctrico se cerrara el contacto del límite de carrera BG2 y así activando la bobina MB2, provocando un efecto igual que en el cilindro A, en el cilindro B.

Al activarse el límite de carrera BG4 en la rama (1) del circuito eléctrico, se conmutara la electroválvula QM1, activando BG1 en la rama (6) del circuito eléctrico. Esto último generara dos acciones, la primera KF1 se desactivara y la segunda acción, KF2 se activará conmutando la electroválvula QM2, con esto el circuito electroneumático vuelve a su condición inicial.

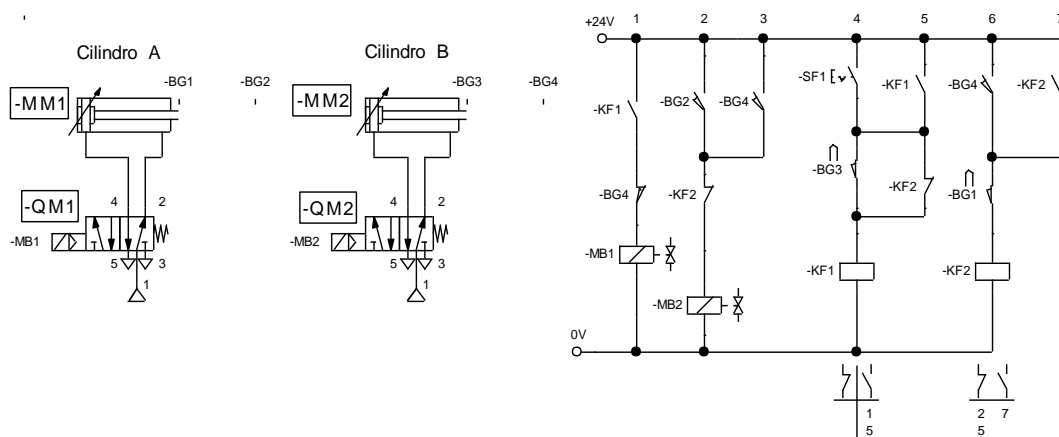


Figura 6.26: “Circuito electroneumático usando FluidSIM”.

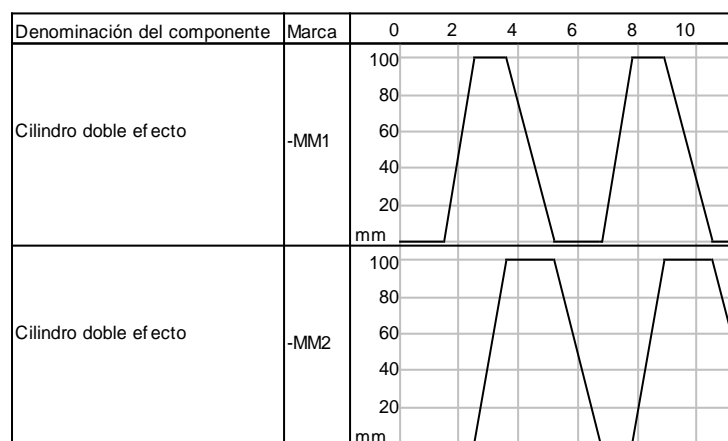


Figura 6.27: “Representación diagrama espacio – fases”.

6.6.6.2. Condiciones marginales

Llamaremos condiciones marginales a las condiciones especiales de mando que no pertenecen directamente al funcionamiento normal del un circuito electroneumático; entre estas condiciones especiales podemos encontrar: Arranque, arranque automático/manual, parada emergencia, avance lento y retroceso rápido, etc.

a. Parada de emergencia

Siguiendo el caso del circuito de retención del punto anterior, la condición de parada de emergencia se puede aplicar fácilmente en este caso, dado que después de retirar la tensión de las bobinas (MB1 y MB2) de las electroválvulas 5/2 vías (QM1 y QM2), los cilindros retornan inmediatamente a la posición inicial, cumpliendo la condición de “parada de emergencia”, con retorno a su posición inicial.

En este caso el interruptor SF1 además de iniciar la secuencia actúa como parada de emergencia devolviendo el circuito electroneumático a su estado inicial.

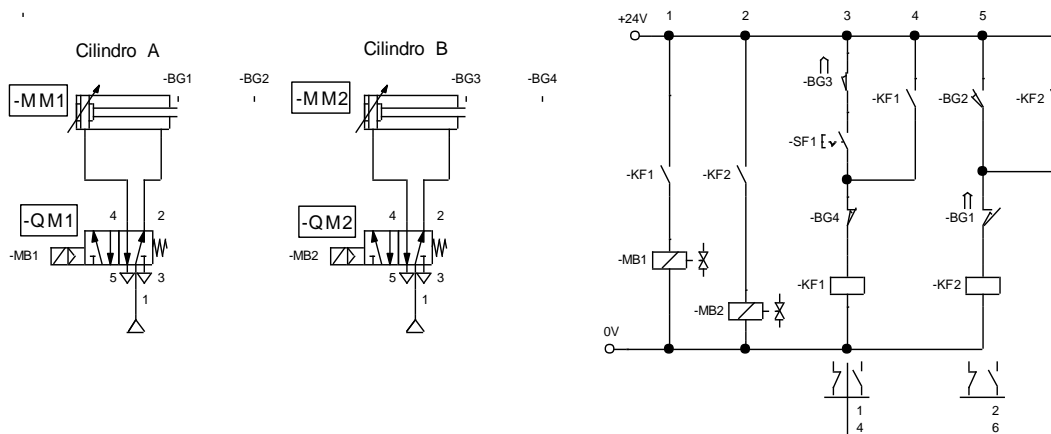


Figura 6.28: “Circuito electroneumático usando FluidSIM”.

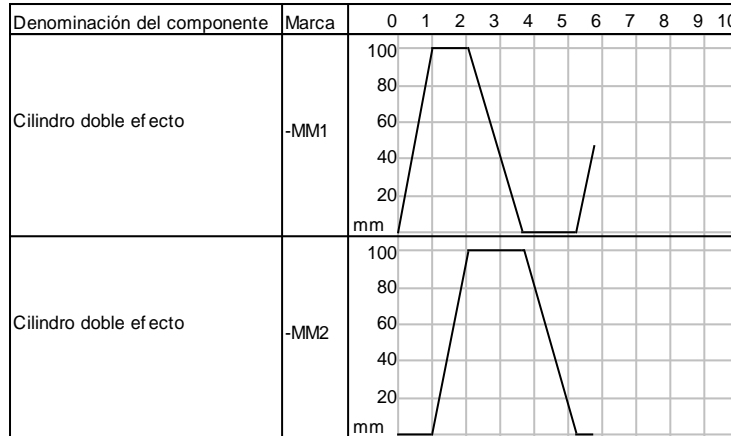


Figura 6.29: “Diagrama espacio – fase, del software FluidSIM”.

b. Otro caso

Generalmente en las planas, industrias, fábricas, etc. luego de implementarse un sistema se realiza estudios de mejoras de estos, en este punto, señalamos un caso que se da frecuentemente en las modificaciones de un sistema.

Luego de implementarse el sistema de la banda transportadora y haber evaluado su desempeño, en la empresa se dieron cuenta que se necesitaban mejorar el sistema con las siguientes condiciones marginales.

Se desea que el circuito tenga la condición de inicio y detención, un arranque automático y desconexión al arranque automático. Además de parada de emergencia en caso de algún accidente y como última medida de seguridad desbloqueo de parada de emergencia.

Los pulsadores e interruptores que serán utilizados son los siguientes:

- SF1: Inicio/Detener*
- SF2: Arranque automatico*
- SF3: Desconectar automatico*
- SF4: Parada de emergencia*
- SF5: Desbloqueo de parada de emergencia*

El sistema electroneumático que utilizaremos en este caso será un circuito de válvulas por impulso, dado que presenta una mayor comodidad al tratar con varias condiciones eléctricas.

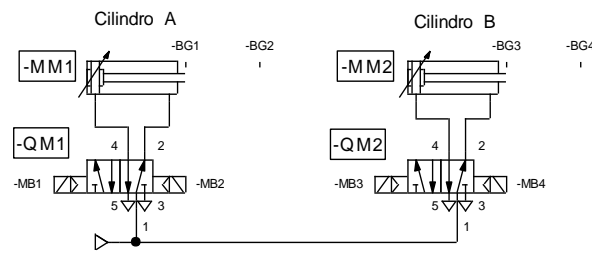


Figura 6.30: “Circuito, parte neumática usando FluidSIM”.

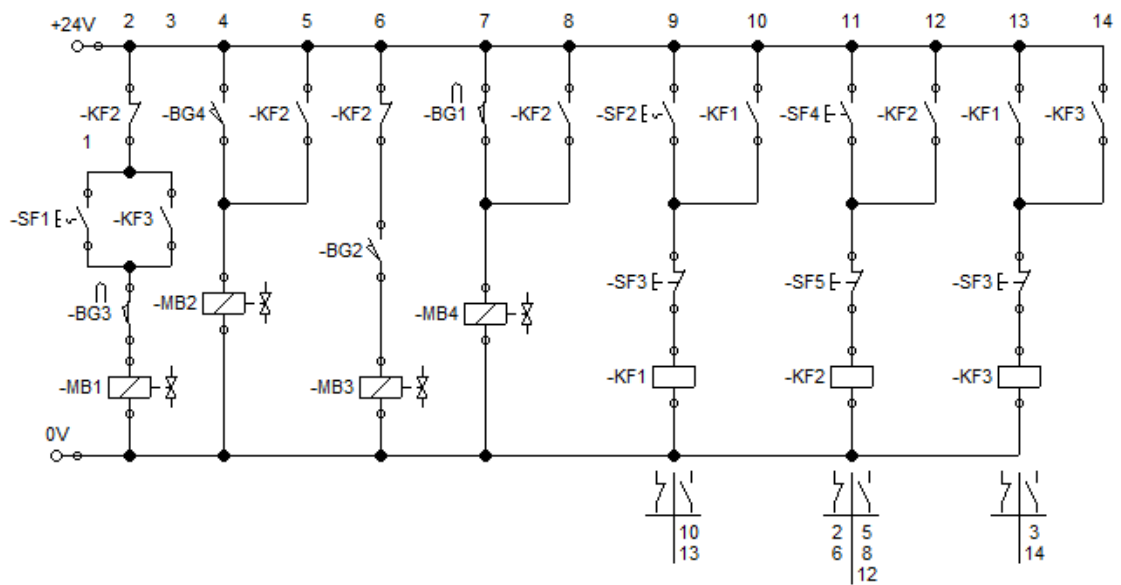


Figura 6.31: “Circuito, parte eléctrica usando FluidSIM”.

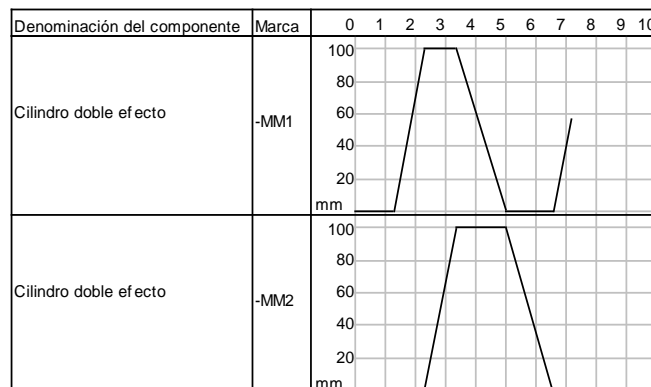


Figura 6.32: “Representación diagrama espacio – fases”.

6.7. Método Cascada

Este método se basa en la separación por grupos de la secuencia a realizar; los grupos están compuestos por los movimientos de los actuadores lineales, la regla para la división de grupos se explicará más adelante. Para el diseño de un circuito electroneumático basado en el método cascada, se deben los pasos que se presentaran a continuación, para llegar a un resultado óptimo.

Para facilitar el entendimiento de este método se desarrollará en conjunto con el ejemplo de la banda transportadora presentado anteriormente.

Ejemplo: Banda transportadora.

En una empresa se requiere desplazar cajas que llegan desde una banda de alimentación, hasta otra banda transportadora que está ubicada en un nivel superior; para lo cual se van a emplear dos actuadores líneas. El cilindro de doble efecto A, se encargará de subir las cajas; mientras que el cilindro de doble efecto B las empujará; tal como se ve en la figura 6.33.

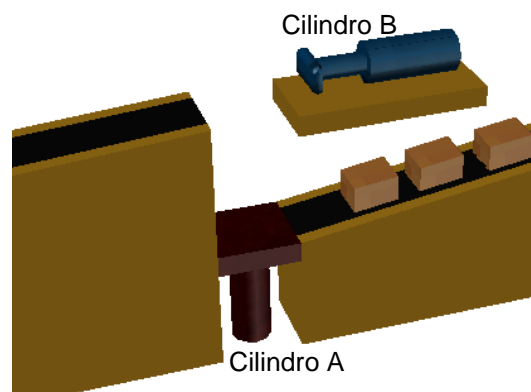


Figura 6.33: “Esquema banda transportadora”.

Paso 1: Analizar el problema y establecer el número de actuadores referenciándolos con letras a cada uno, es decir, para el primer actuador se referenciaría con la letra “A”, para el segundo con la letra “B”, y así sucesivamente. Además, identificar la cantidad de sensores para determinar las señales de cambio; para estas se utiliza la letra “S”, y para diferenciarlos, se enumeran de manera consecutiva, “S1” para el primer sensor, “S2” para el segundo y así sucesivamente.

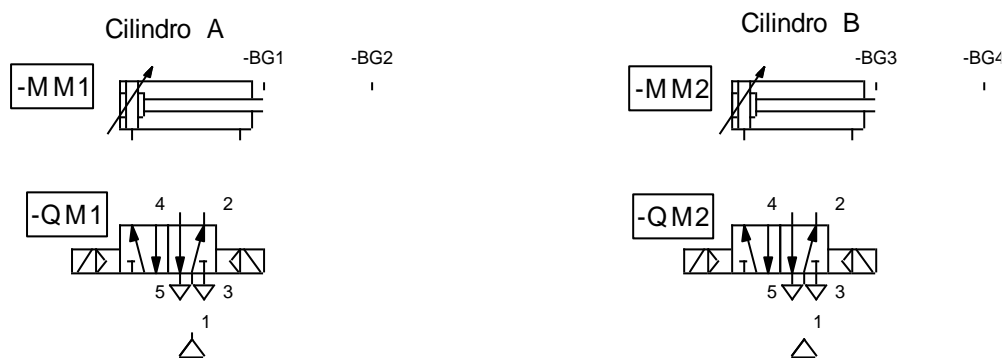


Figura 6.34: “Elementos neumáticos del circuito”.

Nº de actuadores: 2 (A y B)

Nº de sensores: 4 (S1, S2, S3 y S4)

Paso 2: Determinar la secuencia correcta a diseñar teniendo en cuenta que para el desplazamiento hacia afuera de los actuadores se simboliza con el signo más (+), y para el retorno de los actuadores se simboliza con el signo menos (-).

Tabla 6.2: “Representación gráfica”.

Símbolo	Cilindro A
A +	
A -	

De acuerdo a la figura 6.33 del ejemplo, el mando debe operar así:

- Al existir un paquete, el cilindro A lo sube: A+.
- Una vez que A, ha llegado su tope superior, el cilindro B empuja la caja: B+.
- Si fue empujada la caja, A se retrae para ir por otra caja: A-.
- Finalmente, el cilindro B se retrae (B-) y la secuencia se repite de nuevo.

Con base a lo anterior, se determina que la secuencia es: A+, B+, A-, B-.

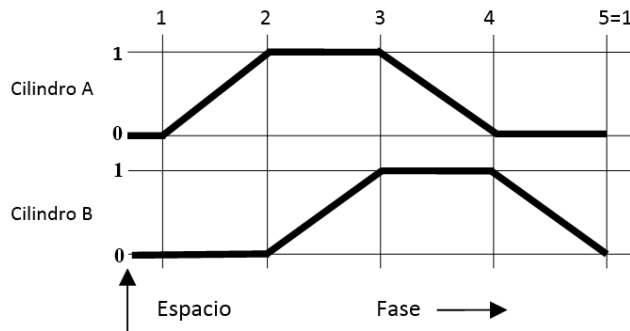


Figura 6.35: “Diagrama espacio – fases, actuadores lineales”.

Paso 3: Dividir la secuencia en grupos, teniendo en cuenta que un grupo no puede contener más de un movimiento del mismo actuador (por ejemplo, no puede tener A+ y A- en el mismo grupo), debido a que se provocan errores de interferencia y, además, cada grupo debe contener la mayor cantidad de movimientos de actuadores posibles. Para nuestro ejemplo se tendrían dos grupos.

Tabla 6.3: “División de Secuencia mediante método cascada”.

N° de Grupos	Grupo I	Grupo II
2	A+, B +	A-, B -

Paso 4: Se debe identificar cuáles son los sensores que hacen cambios de grupos y al mismo tiempo generan el primer movimiento del grupo, estos son simbolizados con una flecha por debajo con la referencia del sensor correspondiente, y también identificar que sensores generan los movimientos internos del grupo, simbolizados con una flecha por arriba con la referencia del sensor respectivo. Así:

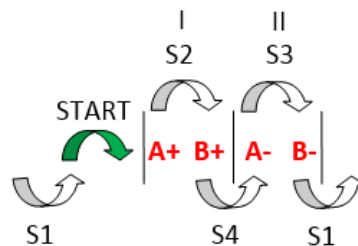


Figura 6.36: “Identificación de sensores”.

Nota:

Las señales de cambio de grupo S1 y S4 están debidamente identificadas con flechas en la parte inferior, mientras que las señales que producen movimientos de grupos S2, S3 y START están identificadas con flechas en la parte superior de la misma.

Paso 5: Establecer el número de relés que se necesitan para la secuencia, para esto se aplica la siguiente fórmula:

$$Nr = Ng - 1$$

Donde:

Nr = Numero de relés

Ng = Numero de grupos

Con esto se tiene que para nuestro ejemplo se usara un solo relé (KF1).

Paso 6: Se ponen los actuadores cada uno con su respectiva electroválvula 5/2 vías, se realiza las conexiones neumáticas, se ponen los sensores de limite de carrera de cada actuador lineal y se identifican las bobinas de las electroválvulas, según la nomenclatura de la norma “EN 81346-2:2009-10” como se muestra a continuación.

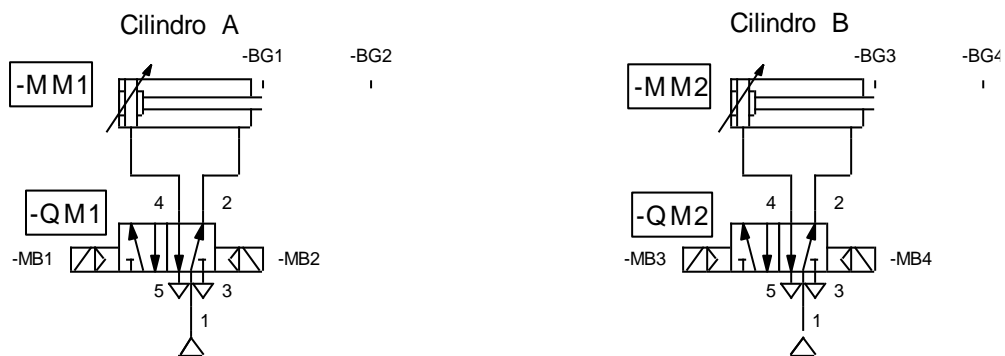


Figura 6.37: “Conexión e identificación de control electroneumático”.

Paso 7: Se comienza a diseñar la secuencia de principio a fin, comenzando por instalar la fuente de 24 V, y diseñando la alimentación del primer grupo con las condiciones tomadas de la secuencia de cambios de grupo y teniendo en cuenta que hay que hacer que tenga auto-retención cada relé que se calcularon en el paso 5.

Posteriormente en el segundo grupo se hace el mismo esquema con auto-retención sin embargo se agrega la condición de cambio de grupo, la retención debe ser interrumpida en todos los casos por el relé siguiente (si existe). Sin embargo, el último debe ser interrumpido por el último límite de carrera de cambio. La conexión para que tengan auto-retención los relés es mostrada en la figura 6.38.

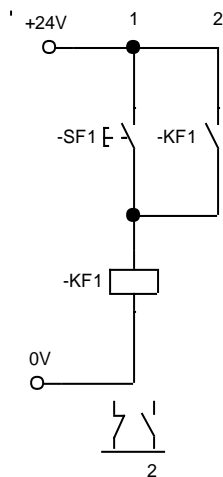


Figura 6.38: “Conexión de auto-retención para el relé KF1”.

Nota:

Al presionar el pulsador SF1, el relé KF1 se energiza y a través del contacto normalmente abierto en la rama (2) queda energizado, en el siguiente instante.

Paso 8: Se realizan las líneas de alimentación de cada grupo teniendo en cuenta que cada línea va alimentada de la fuente a través de un contacto normalmente abierto del relé de cada cambio de grupo, la última línea de alimentación de grupo está conectada a la fuente a través de contactos normalmente cerrado con todos los relés involucrados en la selección de grupos. Para nuestro ejemplo, es lo que se aprecia a continuación.

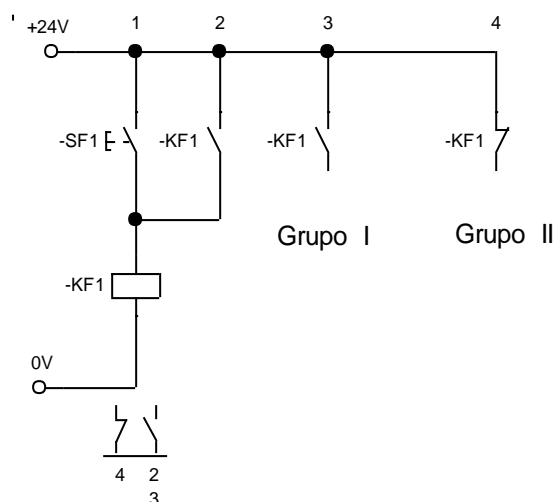


Figura 6.39: “Líneas de alimentación de grupos”.

Paso 9: Se procede a realizar la etapa de conexiones de las electroválvulas de la siguiente manera, el primer movimiento de cada grupo se conecta directamente a la línea de alimentación del respectivo grupo, los siguientes movimientos de grupo se conectan en paralelo a la línea directa, en serie con el sensor o elemento encargado del cambio de movimiento.

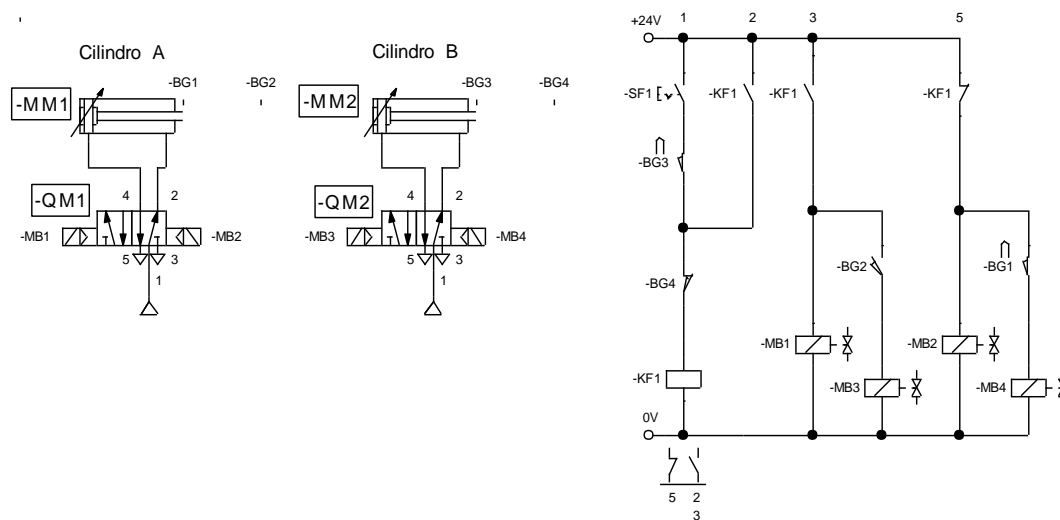


Figura 6.40: “Circuito electro neumático usando FluidSIM”.

Una vez finalizado el circuito se debe verificar su buen funcionamiento, esto se puede realizar con la ayuda del diagrama espacio-fase, que grafica los movimientos de los actuadores lineales en la simulación.

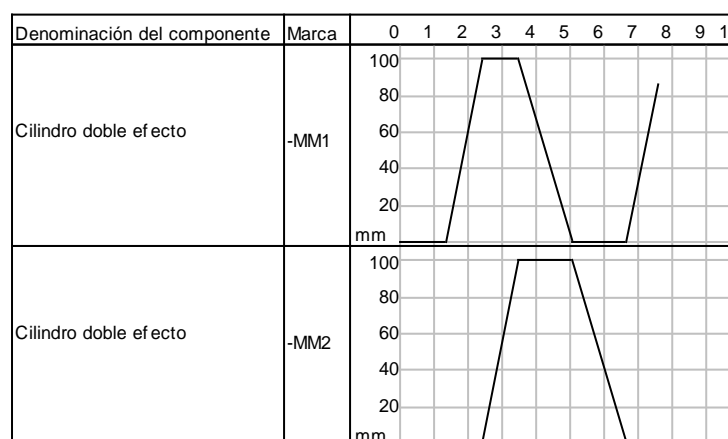


Figura 6.41: “Representación diagrama espacio – fases”.

6.8. Método Paso a paso

Este método consiste en obtener tantos grupos como movimientos se tenga dentro de una secuencia, este método es mucho más largo de realizar en comparación al método cascada. Para facilitar el entendimiento de este método se desarrollará en conjunto con el ejemplo de la banda transportadora presentado en el método anterior.

Paso 1: Analizar el problema y establecer el número de actuadores e identificar los sensores, al igual que en el método cascada.

Número de actuadores: 2 (MM1, MM2)

Número de sensores: 4 (BG1, BG2, BG3, BG4)

Paso 2: Determinar la secuencia correcta a diseñar. Como ya se determinó la secuencia en el método anterior, tenemos lo siguiente:

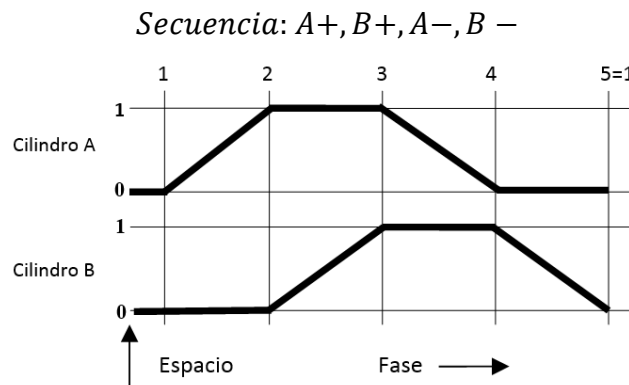


Figura 6.42: “Representación diagrama espacio – fases”.

Paso 3: Dividir la secuencia en tantos pasos como movimientos tenga el proceso e identificar que sensor acciona al paso dependiendo del último movimiento. El número de relés a utilizar, se determina con la siguiente ecuación:

$$Nr = Nm$$

Donde:

Nr = Numero de relés

Nm = Numero de movimientos

Entonces, para el método paso a paso se tendrán cuatro relés KF1, KF2, KF3 y KF4.

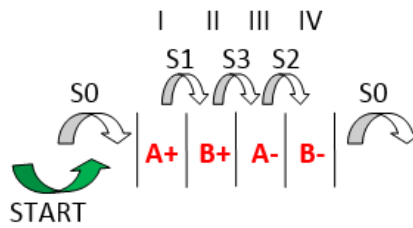


Figura 6.43: “Secuencia dividida por el método paso a paso”.

Paso 4: Se ponen los actuadores cada uno con su respectiva electroválvula 5/2 vías, se realiza las conexiones neumáticas, se ponen los sensores de limite de carrera de cada actuador lineal y se identifican las bobinas de las electroválvulas.

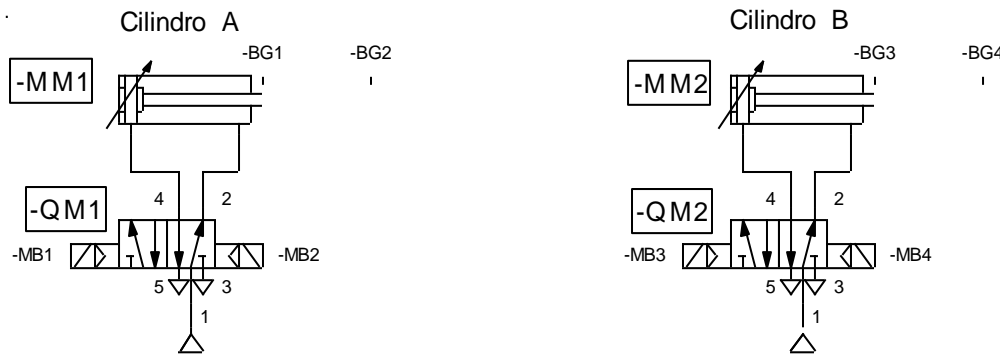


Figura 6.44: “Identificación del control electropneumático”.

Paso 5: Se inicia energizando el primer relé (Primer paso) a través de un interruptor de inicio SF1 y se retiene la activación del relé. El encargado de interrumpir la señal de auto-retención es el relé del siguiente movimiento. Para los otros movimientos se replica el mismo esquema, pero la activación dependerá de los elementos que hacen los cambios de movimientos. Es importante tener en cuenta que un paso habilita el siguiente y deshabilita el anterior.

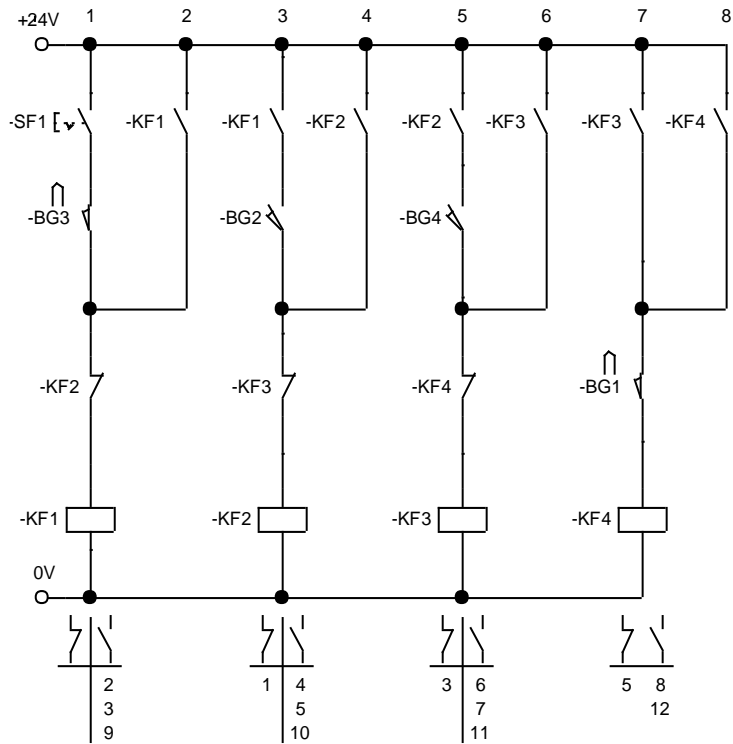


Figura 6.45: “Configuración relés, método paso a paso”.

Paso 6: Se procede a realizar la etapa de conexión de las bobinas de cada electroválvula en serie con un contacto normalmente abierto del relé correspondiente al movimiento.

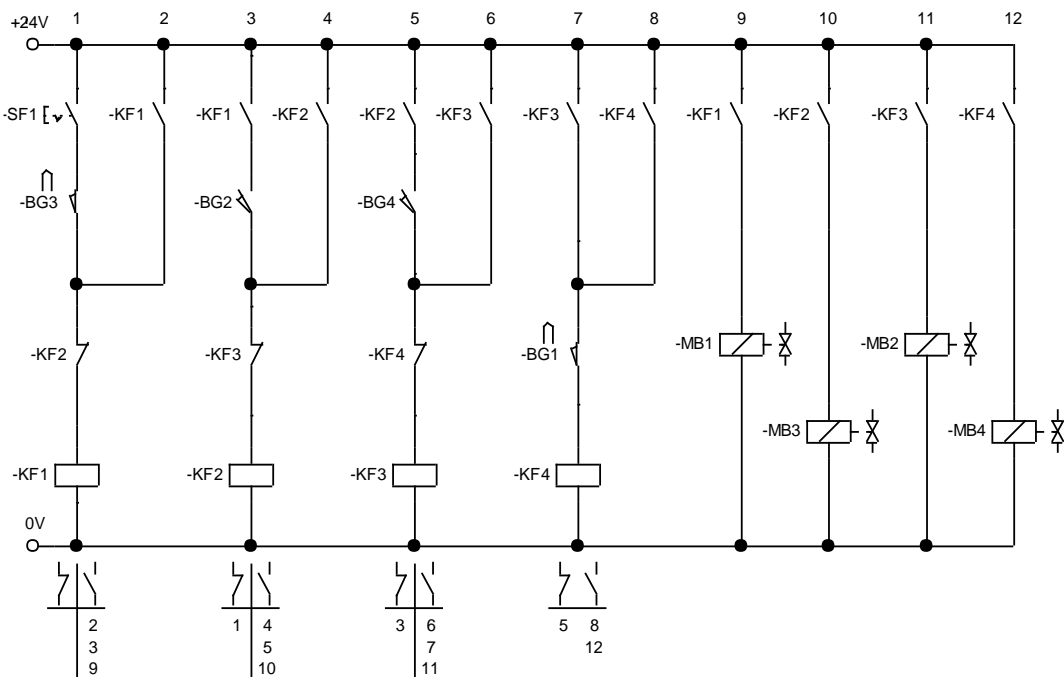


Figura 6.46: “Conexionado de bobinas, método paso a paso”.

Una vez finalizado el programa se debe verificar su buen funcionamiento, esto se puede realizar con la ayuda del diagrama de espacio-fase que genera los movimientos de los actuadores lineales.

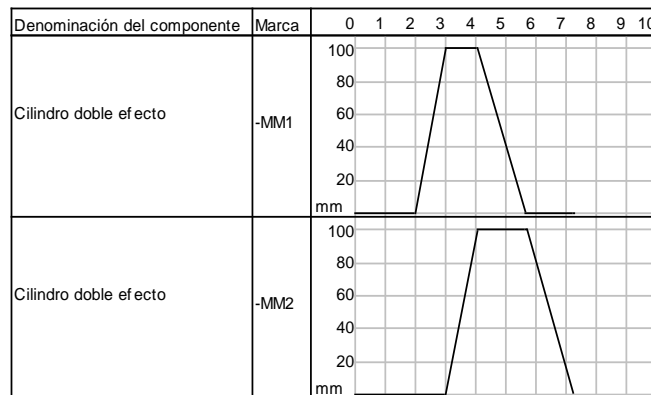


Figura 6.47: “Representación diagrama espacio – fases”.

6.9. Interferencias de señales

Se denomina interferencia de señales, al caso en que, cuando se desea efectuar un movimiento se sigue actuando sobre aquel elemento que produjo el efecto contrario, es decir, se está produciendo una señal indeseada que interfiere.

En el caso de producirse una interferencia el circuito llega a ese punto y se para, pues no se produce el movimiento deseado. Para que no se produzca interferencia es necesario que entre dos movimientos del mismo cilindro (A+, A-) exista el movimiento contrario al que produjo el primero de los dos movimientos (A+).

Por ejemplo, en la secuencia A+, B+, A-, B-, explicada en el ejemplo de la banda transportadora anteriormente, entre A+ y A- existe el movimiento B+, que es el movimiento contrario al que produjo B-. Además, entre B+ y B- existe el movimiento A-, que es el contrario al que produjo A+. Luego no hay interferencias en este proceso.

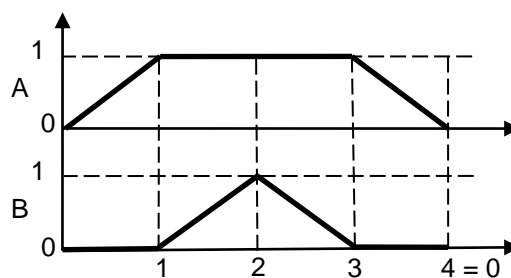


Figura 6.48: “Diagrama espacio – fases”.

Por otra parte, hay que tener en cuenta que un proceso no acaba con su secuencia, sino que esta vuelve a empezar, por ello la secuencia anterior debe ser estudiada completamente, es decir: A+, B+, A-, B-, A+, B+, A-, B-. Aquí tampoco hay interferencia entre A- y A+, ni entre B- y B+, por análogas razones a las mencionadas.

De otra forma, si no existe entre dos movimientos contrarios el inverso al que produjo el primero de los dos movimientos, se forma una interferencia que será preciso eliminar de alguna manera. Por ejemplo, en la secuencia A+, B+, B-, A- entre B+ y B-, no hay ningún movimiento, por lo que se tiene interferencia. Luego pasará lo mismo en A-; Si tomamos la secuencia completa: A+, B+, B-, A-, A+, B+, B-, A-. Entre A- y A+, se producirá otra interferencia por análogas razones.

6.10. Resumen

En este capítulo se define que es un sistema electroneumático y los conceptos básicos que se relacionan con él. Los conceptos que se incluyen abarcan desde que tipo de representación es usada para la representación de movimientos de un sistema electroneumático hasta la norma de simbología que se usara en la confección de circuitos.

También se enseñan tres métodos usados para crear circuitos electroneumáticos (intuitivo, cascada y paso a paso), cada método es explicado mediante la ayuda de ejemplos, para poder familiarizarse más rápidamente con la metodología de cada uno; El método intuitivo es el método mayormente utilizado, por la cualidad de ser más rápido, pero para hacer uso de éste de una forma eficiente es necesario una vasta experiencia en el diseño de sistemas electroneumáticos. Además, se explican las condiciones marginales, estas son funciones especiales de cada circuito, ya sea, una parada de emergencia, desbloqueo de parada de emergencia, partida remota o local, etc. Finalmente se concluye el capítulo analizando el problema de las interferencias de señales, que es el por qué, muchas veces fallan los diseños de sistemas electroneumáticos.

Capítulo 7

7. Brazo Posicionador servo neumático Festo

Los sistemas de posicionamiento electroneumático son populares en la actualidad por su alta flexibilidad, por poseer una configuración y programación de relativamente bajo costo y dificultad, y garantizan una alta dinámica de movimiento. Los también llamados, ejes de control numérico (abreviado: *ejes NC* por su sigla en inglés) han aumentado constantemente en diversas aplicaciones industriales, encontrando un mercado que los acoge con gran interés por su velocidad de producción, precisión y seguridad.

Los ejes NC servo neumáticos se utilizan, por ejemplo, en robótica o para tareas de paletización en la industria.

Otra área de aplicación es el enfoque controlado por software para las paradas. En comparación con accionamientos de cilindro convencionales de simple o doble efecto, accionados con válvulas de conmutación neumáticas, estos sistemas logran movimientos mucho más rápidos, precisos y tiempos de ciclo más cortos. También amplían el rango de posiciones posible a las que se puede mover un objeto limitándose solo por las características físicas del equipo y espaciales del lugar donde son instalados.

Es por esto que en este capítulo se estudiará el brazo posicionador electroneumático Festo, porque es un ejemplo claro de los equipamientos y sistemas que enfrenta un ingeniero en automatización en la industria moderna, y facilitará su aprendizaje y posterior manejo sumando un aspecto fundamental en la formación del alumnado.

El Posicionador Festo consiste en el conjunto de 3 kits de estudio de servo neumática elaborados por la Empresa alemana Festo Didactic, quienes se especializan en sistemas de aprendizaje de automatización y nuevas tecnologías mediante equipamiento compatibles con los utilizados en aplicaciones industriales reales. Los kits de trabajo son:

1. Equipamiento básico PneuPos 1
2. Extensión de equipamiento PneuPos 2
3. Extensión de equipamiento Gripper o PneuPos 3.

Estos kits en su conjunto conforman el brazo posicionador de dos ejes completo, este es controlado mediante el equipo SPC200, y utilizando como interfaz gráfica el software WinPISA siendo programado en código G.




Es WinPISA el que nos permite que los ejes NC funcionen de manera conveniente y de forma óptima. También permite la visualización gráfica de la respuesta de movimiento y control de los accionamientos servo neumáticos.

A continuación, se presenta el equipamiento disponible en laboratorio para el estudio del brazo, sus componentes, conexiones y aplicaciones.

7.1. Equipamiento disponible

Como se comentaba anteriormente, el equipamiento disponible en laboratorio está compuesto por: kit de equipamiento básico “PneuPos 1”, Kit de extensión “PneuPos 2” y Kit de extensión “PneuPos 3”. El cual se detalla en las siguientes tablas.

Tabla 7.1: “PneuPos 1 – Kit de equipamiento básico”.

Componente	Detalle	Descripción	Imagen
Actuador lineal	DGPL25-450	Cilindro neumático sin vástago manipulado mediante aire comprimido. Su posición es determinada por la válvula MPYE-5-1/8 y el potenciómetro MLO-Pot a través del interfaz SPC-AIF-POT.	
Electroválvula proporcional	MPYE-5-1/8-LF-010-B 0-10 bar 0-145 psi 24V DC Código: 151692 F372	Encargada de suministrar y cortar el flujo de aire al actuador lineal DGPL25-450, es manipulada por el interfaz de eje SPC-AIF-POT.	
Sistema de medición de desplazamiento	MLO-Pot-450-TLF Código: 152628	Sensor de posición mediante tecnología de potenciómetro, dependiente de los cambios de resistividad, envía información al interfaz de eje para conocer posición actual del actuador lineal.	






Interfaz de eje	SPC-AIF-POT Código:17022 8 T507	Dispositivo encargado de recibir las instrucciones del controlador y distribuirlas a los equipos correspondientes, y a la vez enviar información actualizada al controlador.	
Controlador	SPC-200	Encargado de controlar los ejes, apertura y regulación de válvulas por medio de los interfaces. Dispositivo inteligente que almacena y ejecuta el programa anteriormente cargado mediante su puerto de comunicación RS-232.	
Software para PC	WinPISA v4.51	Interfaz computacional que facilita la programación y monitoreo de las rutinas de trabajo. Amigable y flexible para con el usuario.	
Filtro de aire	LFR-D-5M-MIDI PinMáx:16 bar 230 psi/1.6MPa PoutMáx:12 bar 175 psi/1.2MPa Código: 186484	Dispositivo encargado de la purificación del aire generado por el compresor. Regula e indica la presión de trabajo del sistema.	
Accesorios eléctricos y neumáticos	Conectores eléctricos (cables) y neumáticos (tuberías, llaves de paso, reguladores, etc).	Conjunto de equipamiento necesario para el correcto montaje e instalación de los equipos.	

Tabla 7.2: “PneuPos 2 – Extensión de equipamiento”.




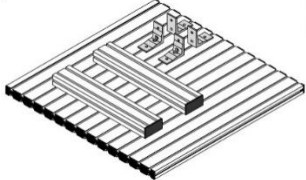



COMPONENTE	DETALLE	DESCRIPCION	IMAGEN
Actuador lineal	DGPIL-25-225-PPV-B-KF-AIF-GK-SV-AV P Máx: 8 bars Código:175134 T608	Cilindro neumático sin vástago manipulado mediante aire comprimido. Su posición es determinada por su sistema de encoder integrado y la válvula MPYE-5-1/8 a través del interfaz SPC-AIF-MTS.	
Electroválvula proporcional	MPYE-5-1/8-LF-010-B P: 0-10bar/ 0-145psi Código: 151692 U172	Encargada de suministrar y cortar el flujo de aire al actuador lineal DGPIL25-225, es manipulada por el interfaz de eje SPC-AIF-MTS.	
interfaz de eje	SPC-AIF-MTS Código:170231 U107	Dispositivo encargado de recibir las instrucciones del controlador y distribuir las a los equipos correspondientes, y a la vez enviar información actualizada al controlador.	
Estación de trabajo	de Base, columnas, angulares y fijaciones.	El equipamiento consiste en columnas para la instalación de un sistema de pórtico sobre una base de trabajo de 70cm x 70cm donde se instalarán todos los otros componentes.	
Accesorios eléctricos y neumáticos	Conectores eléctricos (cables) y neumáticos (tuberías).	Conjunto de equipamiento necesario para el correcto montaje e instalación de los equipos.	

Tabla 7.3: “PneuPos 3 – GRIPPER Extensión de equipamiento”.

Componente	Detalle	Descripción	Imagen
pinza	PneuPos3 Código: 192502	Pinzas paralelas con accionamiento electroneumático, es manipulada por el interfaz SPC-FIO en conjunto con la válvula MSZE-3-24.	
Electroválvula	MSZE-3-24 DC 1.28 W 24V DC Código:662 523	Electroválvula de conmutación para el accionamiento (apertura y cierre) de la pinza, es manipulada por el interfaz SPC-FIO.	
interfaz de conexión	SPC-FIO-2E/2A-M8 Código:170232 U807	Dispositivo encargado de recibir las instrucciones del controlador y distribuir las a los equipos correspondientes, y a la vez enviar información actualizada al controlador del estado de los equipos.	
Accesorios eléctricos y neumáticos	Conectores eléctricos (cables) y neumáticos (tuberías).	Conjunto de equipamiento necesario para el correcto montaje e instalación de los equipos.	

7.2. Conexionado y Posibilidades de aprendizajes parciales

En su extensión, el brazo posicionador servoneumático Festo, ofrece diversas posibilidades de aprendizaje por kits, permitiendo comprender y estudiar paso a paso cada uno de los equipos que se irán integrando en la implementación de este.

A continuación, se detallan por kit de trabajo los diferentes tópicos de posible estudio y sus conexiones tanto neumáticas, como eléctricas.

7.2.1. PneuPos 1

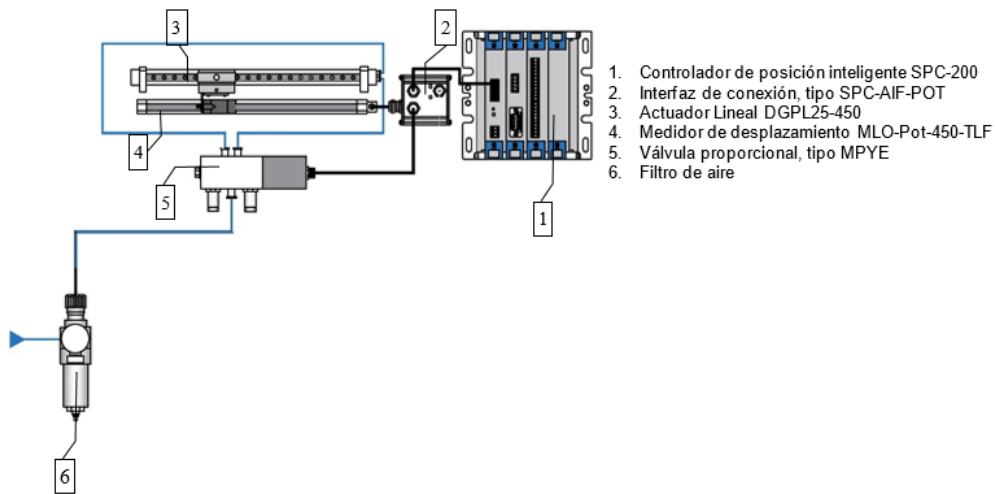


Figura 7.1: “Componentes eléctricos y neumáticos PneuPos 1”.

Este Kit básico sirve como introducción a los sistemas de control numérico. Presenta las siguientes posibilidades de estudio:

- Montaje y puesta en marcha de un eje Servoneumático.
- Programación de ejes de control numérico según norma DIN 66025 que rige la programación en código G en WinPISA.
- Examen y optimización de la respuesta de control.
- Algoritmos de control de auto adaptación.
- Circuitos de parada de emergencia.
- Localización de averías.

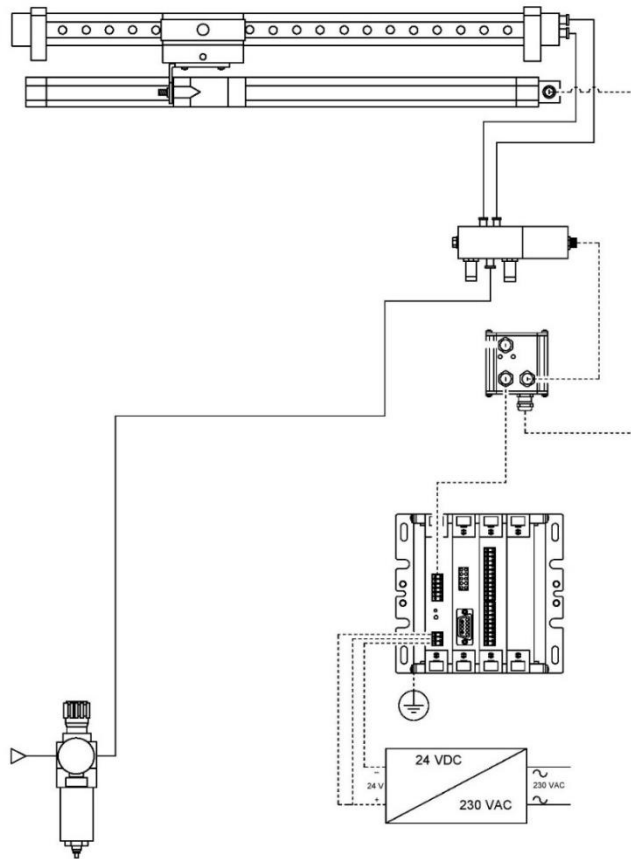


Figura 7.2: “Conexión eléctrica y neumática PneuPos 1”.

7.2.2. PneuPos 1 + PneuPos 2

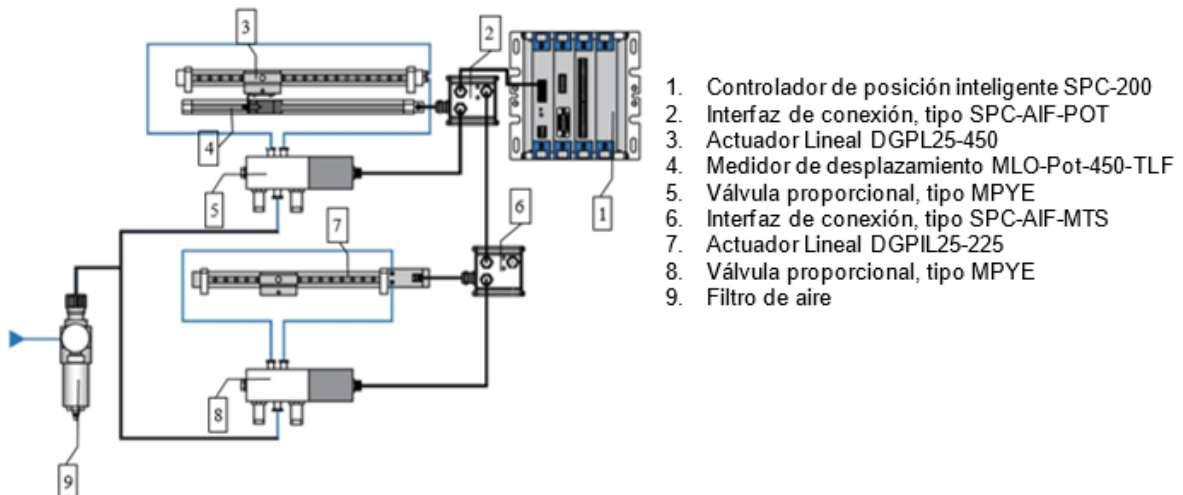


Figura 7.3: “Componentes eléctricos y neumáticos PneuPos1+PneuPos2”.

El conjunto de equipos de extensión PneuPos2 permite el aprendizaje de los siguientes temas:

- Montaje y puesta en marcha de un pórtico compuesto por dos ejes NC neumáticos.

- Programación del pórtico utilizando código G en software.
- Examinar y optimizar la respuesta de control de un eje controlado verticalmente mediante encoder.
- Parada de emergencia: Circuitos neumáticos y eléctricos, comportamiento del sistema.
- Localización de averías en equipos multieje.

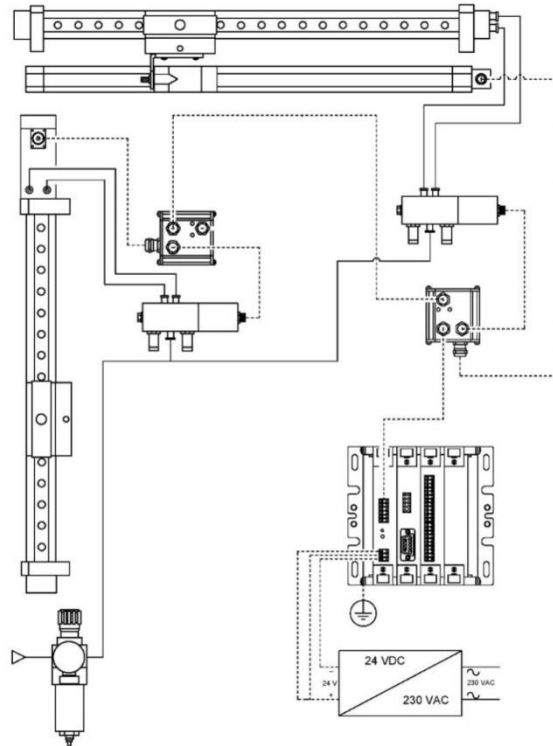


Figura 7.4: “Conexión eléctrica y neumática PneuPos1+PneuPos2”.

7.2.3. PneuPos 1 + PneuPos 2 + Gripper

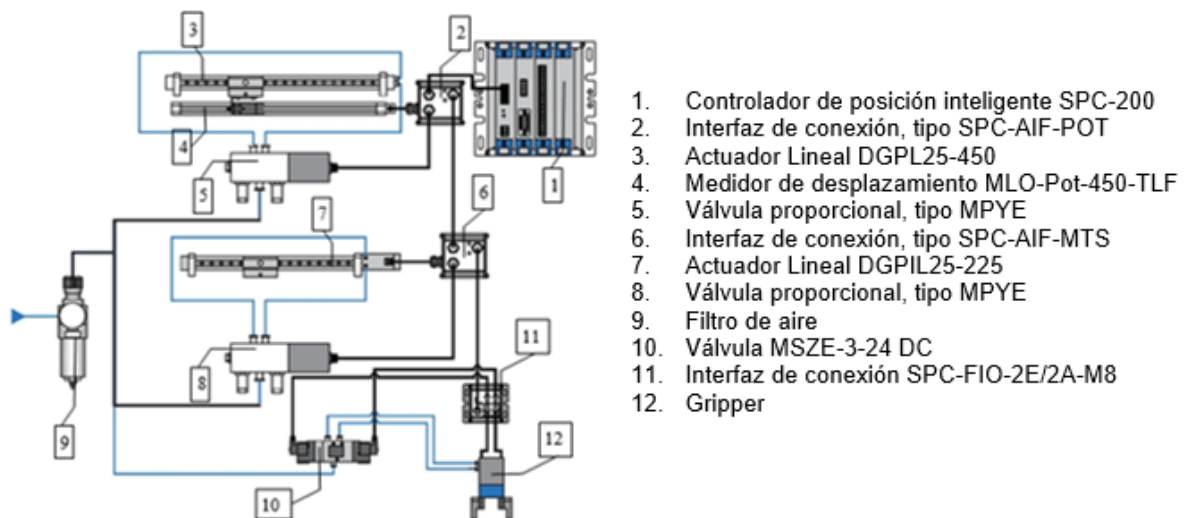


Figura 7.5: “Componentes eléctricos y neumáticos PneuPos1+PneuPos2+PneuPos3”.

En esta extensión del kit de equipamiento “Gripper” se facilita el aprendizaje de los siguientes temas:

- Programación de entradas y salidas binarias con el controlador de eje NC SPC-200.
- Implementación de aplicaciones en las que se mueven piezas de trabajo específicas.
- Comportamiento de parada de emergencia de los dispositivos de sujeción.

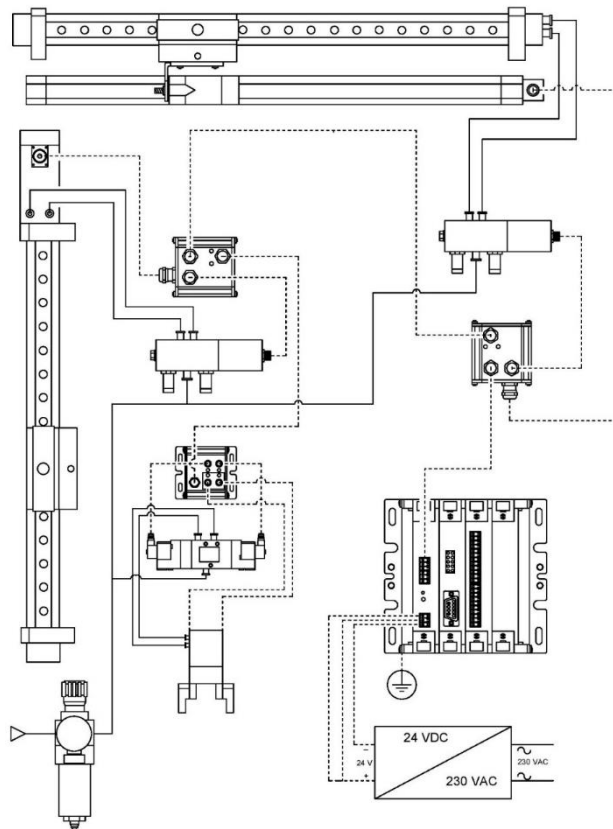


Figura 7.6: “Conexión eléctrica y neumática PneuPos1+PneuPos2+PneuPos3”.

7.3. Controlador de ejes SPC200

El SPC200 es el elemento clave en la manipulación de brazo posicionador Festo, es el único controlador de eje para la técnica de posicionamiento neumático y eléctrico desarrollado por la empresa Festo en su línea Didactic.

Este controlador puede encargarse del posicionamiento de 1 a 4 ejes, puede interactuar con 3 gamas de actuadores neumáticos, trabajar con motores paso a paso y permite combinaciones de estas tecnologías. Cuenta con entradas y salidas digitales, también cuenta con entradas analógicas. Permite comunicación mediante ProfiBus, DeviceNet e InterBus, también tiene la facilidad de insertar hasta 9 módulos complementarios, facilitando la combinación según exigencia de cada aplicación.

El controlador SPC200 es un equipo de sencilla instalación con cables preconfeccionados y con conexiones inconfundibles. El dispositivo permite variadas soluciones a aplicaciones sencillas funcionando en modalidad START/STOP para aplicaciones de automatización exigentes. Tiene una capacidad de almacenamiento de 100 programas, permite subprogramas, operaciones de registro y entre otros.

El SPC200 funciona en conjunto con el Software WinPisa, el cual cuenta con una interfaz de fácil operación permitiendo una puesta en marcha sencilla, programación de baja dificultad y un amplio diagnóstico mediante funciones gráficas.

El controlador cuenta con 3 módulos (ver figura 7.7), que describiremos a continuación.



Figura 7.7: “Controlador de ejes SPC200”.

7.3.1. Módulo SCP200-PWR-AIF

Este módulo alimentación de tensión y conexión es el encargado de suministrar energía eléctrica al primer ramal de ejes.

Tensión: 24 – 5 Volt.

Corriente máxima:

Carga pin1 = 5(A), Lógica pin2 = 4(A).

Entradas digitales: 16 entradas funcionales.

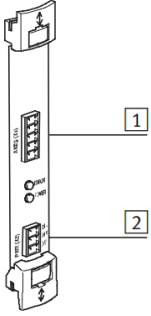
Salidas digitales: 16 salidas funcionales.

Marcado CE: según directiva UE para CEM.

Posición de montaje: 1



Tabla 7.4: “Usos de las Clavijas”.

	1	Regleta de bornes preconfeccionada para el cable KSPC-AIF-WD.	Importante: Las válvulas conectadas a las interfaces de los ejes y las salidas de los módulos CP se alimentan a través de la tensión de carga (24 Vdc) y en consecuencia pueden desconectarse independientemente de la lógica.
	2	Regleta de bornes de 3 contactos incluida en el suministro. Sección máx. de la conexión: 1,5 mm ²	
1 AXES (X1)		2 PWR (X2)	
Pin	Función	Pin	Función
1	CAN-LOW (Marrón)	1	Alimentación de 24 V de carga para las válvulas.
2	CAN-LOW (Blanco)	2	Alimentación de 24 V para la lógica.
3	24 V (Amarillo)	3	0 V
4	0 V (Verde)		
5	Alimentación (24 V) de carga		

7.3.2. Módulo SPC200-MMI-DIAG

La función de este módulo consiste en facilitar una interface serie RS-232 C para diagnóstico y programación mediante conexión de la unidad de mando MMI-1.

Módulo de Interface Serie RS-232 C.

Separación galvánica: Si

Velocidad: 9600, 19200, 38400, 57600, 115200 (baudios)

Tamaño de datos: 8 Bits

Bit de parada: 1

Conexión eléctrica: SUB-D de 9 contactos, tipo zócalo.

Módulo interface MMI Similar a RS-232

Separación galvánica: No

Conexión eléctrica: 5 regletas de clavijas de doble contacto.

Marcado CE: según directiva UE para CEM.

Posición de montaje: 2

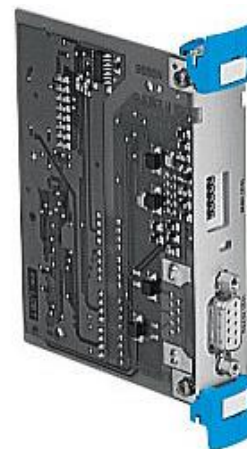
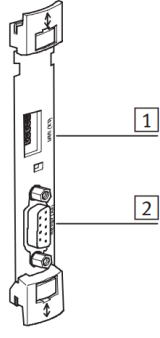


Tabla 7.5: “Usos de las Clavijas”.

	1	Conexión para la unidad de indicación y control SPC200-MMI-1.
	2	Módulo de interface serie.
2 RS-232 (X4)		
Pin	Función	
2	Datos recibidos (RxD)	
3	Datos transmitidos (TxD)	
5	Señal básica (SNGD)	

7.3.3. Módulo SPC200-DIO

Este módulo tiene la función de ser el gestor de las entradas y salidas digitales del controlador (entradas y salidas locales físicas). Cuenta con protección electrónica para cada uno de los detectores de alimentación contra cortocircuito.

Entradas digitales: 10

Salidas digitales: 8

Consumo de corriente: 8(mA) a 24 VdC

Consumo máx. de corriente: 250 (mA) a 24 VdC

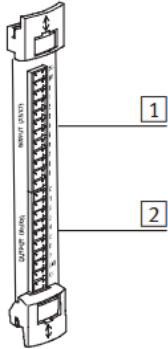
Tiempo de respuesta: 1,5 (ms)

Retardo: 5(ms)

Posición de montaje: a partir del 3.



Tabla 7.6: “Usos de las Clavijas”.

	1	Regleta de bornes de 12 contactos incluida suministros. Sección máxima de la conexión: 1,5 mm ²	<p>Importante:</p> <p>El primer submódulo ocupa las entradas y salidas por las funciones indispensables, tales como STAR/STOP, ON/OFF, etc. puede programarse libremente hasta 7 entradas y 5 salidas.</p> <p>En los submódulos adiciones es posible programar libremente las 10 entradas y 8 salidas. Se pueden usar hasta 4 submódulos de entrada y salida (en el rack de 6).</p>																								
	2	Regleta de bornes de 10 contactos incluida en el suministro. Sección máxima de la conexión: 1,5 mm ²																									
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="4" style="text-align: center;">1 INPUT (X5/X7)</td> <td colspan="4" style="text-align: center;">2 OUTPUT (X2)</td> </tr> <tr> <th>Pin</th> <th>Función</th> <th>Funcionamiento</th> <th>Selección de frases</th> <th>Pin</th> <th>Función</th> <th>Funcionamiento</th> <th>Selección de frases</th> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>STAR/STOP</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>STAR/STOP</td> <td></td> </tr> </table>				1 INPUT (X5/X7)				2 OUTPUT (X2)				Pin	Función	Funcionamiento	Selección de frases	Pin	Función	Funcionamiento	Selección de frases			STAR/STOP				STAR/STOP	
1 INPUT (X5/X7)				2 OUTPUT (X2)																							
Pin	Función	Funcionamiento	Selección de frases	Pin	Función	Funcionamiento	Selección de frases																				
		STAR/STOP				STAR/STOP																					
1	24 V	Alimentación (Detector)		1	Q0.0	Programable																					
2	0 V	Conexión 0V (Detector)		2	Q0.1	Libremente																					
3	10.0	Programable	RECBIT1	3	Q0.2	Programable																					
4	10.1	Libremente	RECBIT2	4	Q0.3	Libremente	RC_B																				
5	10.2	Programable	RECBIT3	5	Q0.4	Programable	RC_A																				
6	10.3	Libremente	RECBIT4	6	Q0.5	Libremente	ACK_B																				
7	10.4	Programable	RECBIT5	7	Q0.6	MC_B	ACK_A																				
8	10.5	Libremente	CLK_B	8	Q0.7	MC_A	READY																				
9	10.6	Programable	CLK_A	9	24 V	(SYNC_OUT/B)																					
10	10.7	Libremente	STOP	10	0 V	(SYNC_OUT/A)																					
11	10.8	Programable	RESET			READY																					
12	10.9	Libremente	ENABLE			Alimentación (Salida)																					
		(SYNC_IN/B)				Conexión 0V (Salida)																					
		(SYNC_IN/A)																									
		STOP																									
		START/RESET																									
		ENABLE																									

7.4. Software WinPISA

En este apartado estudiaremos el programa WinPISA, que es el software que permite el uso óptimo del controlador SPC200, ofreciendo un entorno propicio para la puesta en marcha, programación y mantenimiento de los ejes electroneumáticos sometidos a control.

Da acceso al manejo de varios posicionadores en proyecto. Facilita la puesta en marcha y diagnóstico de las unidades de posicionamiento de forma remota. Trabaja con programación en código G (también conocido como código maquina) regido por la norma alemana DIN 66025. Posibilita monitoreo del proyecto por pantalla, siguiendo el proceso en tiempo real.

En este apartado se utiliza la última actualización disponible de software, la versión 4.51 que se encuentra de libre acceso en la dirección web del fabricante.

Estudiaremos los pasos a seguir para su correcta instalación, configuración del hardware SPC200, su modo de trabajo, configuración de ejes, crear, cargar y correr un nuevo programa y se añadirá información con respecto a la norma que rige el lenguaje de programación utilizado.

A continuación, se desglosa el capítulo 7 en aspectos fundamentales para el correcto manejo del software.

- 7.4.1) Instalación de software WinPISA v4.51
- 7.4.2) Configuración de hardware del SPC200 por medio de WinPISA v4.51
- 7.4.3) Configuración de modo de funcionamiento START/STOP
- 7.4.4) Configuración de ejes electroneumáticos disponibles
- 7.4.5) Crear, cargar y correr un nuevo programa
- 7.4.6) Código de programación según norma DIN 66025

7.4.1. Instalación de software WinPISA v4.51

Para facilitar la comprensión, se procederá a realizar un paso a paso para la obtención y contigua instalación del software. Como se comenta anteriormente, WinPISA está disponible en la página del fabricante lo cual facilita de gran manera el acceso a este.

Para el ejemplo se utiliza una computadora portátil con sistema operativo Windows 7, y se utilizaron como navegador Google Chrome y compresor Winrar.

Paso 1: Inicie su navegador habitual, ingrese en la barra de direcciones www.festo.com.

Paso 2: Una vez en la página de Festo S.A., en la barra de búsqueda y escribimos WinPISA y hacemos clic en buscar (lupa). En la nueva ventana debemos seleccionar entre las pestañas la opción “software + controladores” ver figura 7.8.

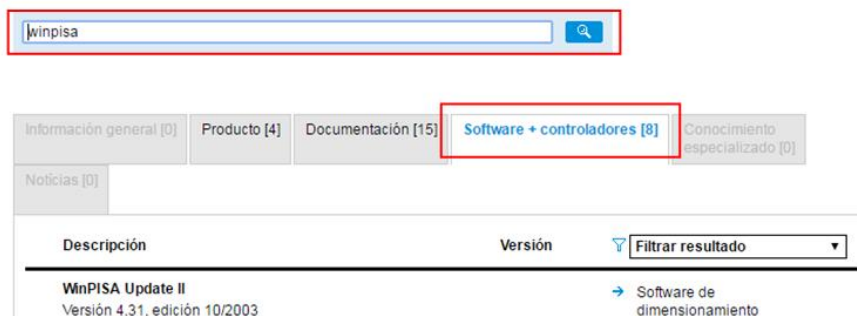


Figura 7.8: “Buscador página Festo”.

Paso 3: Buscamos en la lista desplegada “WinPISA Update V” y hacemos Clic, aparecerá una venta emergente, damos clic en “WinPISA 4.51.zip” y se iniciará la descarga.

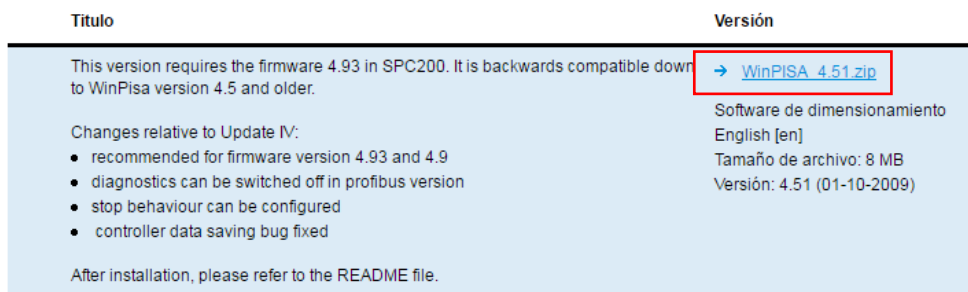


Figura 7.9: “Descarga de software WinPISA v4.51”.

Paso 4: Una vez descargado el archivo, diríjase a la carpeta de descargas de su computadora y abra el archivo .zip (previamente debe tener un software para abrir archivos .zip, por ejemplo, Winrar). Hacer doble clic sobre la carpeta WinPISA_4.51 y luego en el archivo setup.exe.

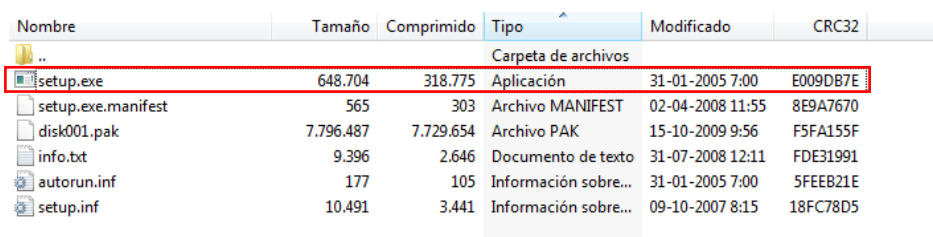


Figura 7.10: “Ejecución de software WinPISA v4.51”.

Paso 5: En este paso ya se encontrará con la ventana de instalación abierta.

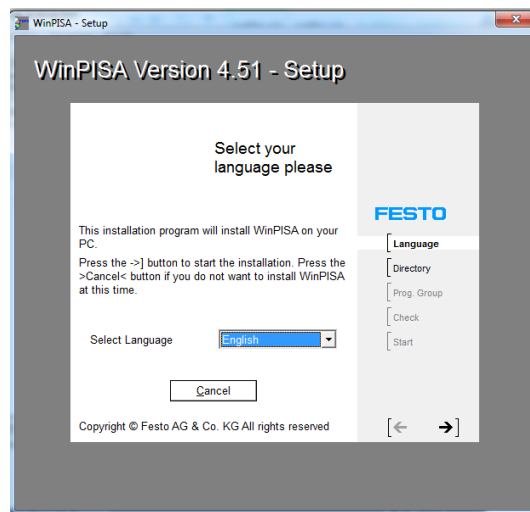


Figura 7.11: “Asistente de instalación software WinPISA v4.51”.

Paso 6: Debemos seguir las instrucciones e ir dando clic en siguiente (flecha derecha), una vez terminado el proceso aparecerá una ventana emergente anunciando la finalización y correcta instalación del software (dar clic en aceptar).

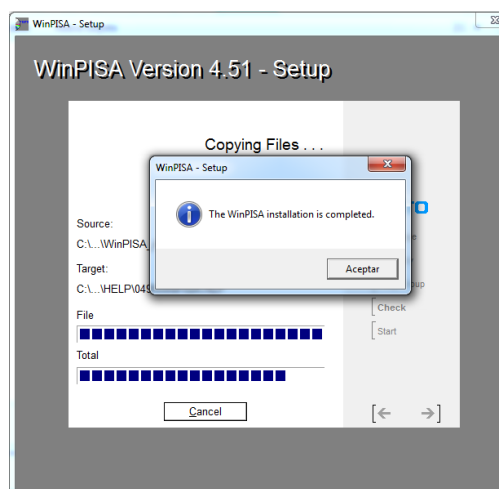


Figura 7.12: “Instalación software WinPISA v4.51 completada”.

Paso 7: Ya contamos con el software correctamente instalado en la computadora, nada más debemos buscarla en la barra de *Inicio/Todos Los Programas/Festo Software/WinPISA 4.51* y hacer doble clic. En la siguiente imagen se presenta el inicio del software.

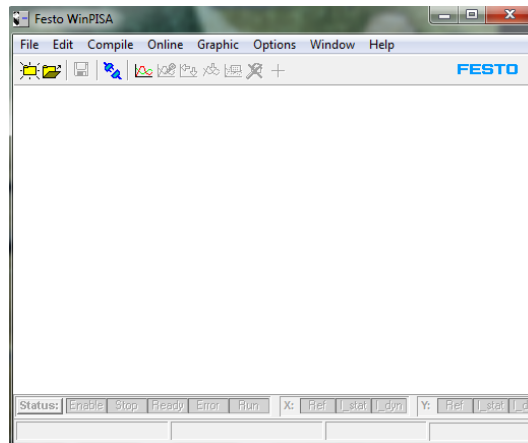


Figura 7.13: “Inicio de WinPISA”.

7.4.2. Configuración de hardware del SPC200 por medio de WinPISA v4.51

En este apartado se pretende proporcionar de manera sencilla, clara y secuencial, los pasos para la correcta configuración del controlador SPC200 mediante software WinPISA, esta parte es fundamental en el proceso, ya que es el SPC200 el encargado de accionar los movimientos del brazo posicionador electroneumático Festo.

El software contiene una variada gama de interfaces para el usuario según la tarea que se desee realizar. WinPISA presenta como característica un aspecto bastante sobrio, común en software de este tipo. Incluye una barra de herramientas y ventanas emergentes para las diferentes acciones del mismo (ver figura 7.14).

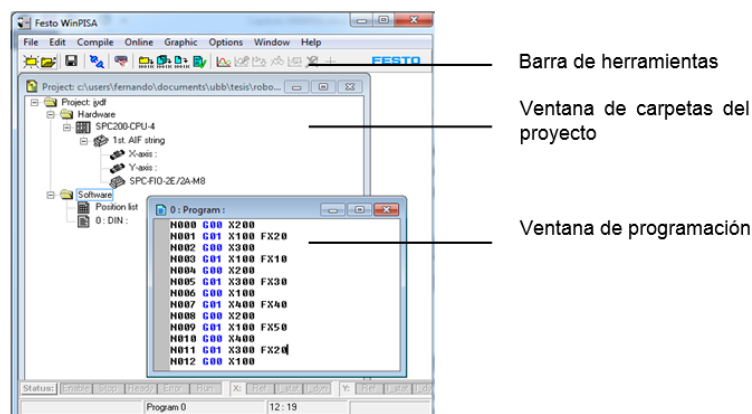


Figura 7.14: “Entorno de trabajo de WinPISA”.

Antes de poder configurar el controlador el software nos solicita la creación de un nuevo proyecto que cumpla las especificaciones del sistema. Este procedimiento secuencial es estándar para todos los proyectos creados, y siguen la siguiente secuencia:

Nota:

Si tu controlador ya posee un proyecto en su memoria, para tener acceso a esa configuración de hardware debes solamente subirlo a la computadora, para eso revisar **Paso opcional**.

Paso1: haz clic con el botón izquierdo del ratón en el icono “Create New Project”.



Figura 7.15: “Crear nuevo proyecto”.

Paso 2: Una vez creado el Nombre del proyecto “proyecto_ejemplo.prj” y aceptado, aparecerá la ventana de carpetas del proyecto.

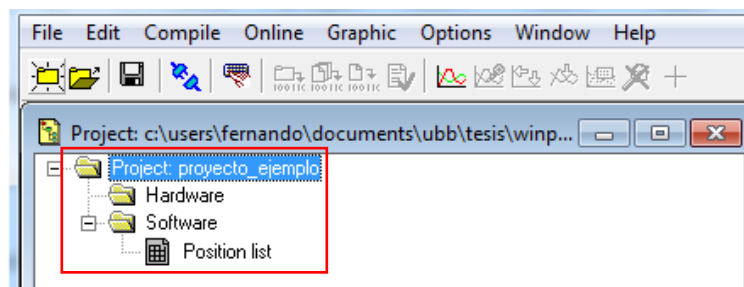


Figura 7.16: “Directorio de proyecto”.

Paso 3: Ahora podemos comenzar la configuración inicial, para eso debes ir a la carpeta de hardware y una vez en ella, hacer clic con el botón derecho del ratón, aparecerá un menú desplegado de opciones, debemos seleccionar la opción “Insert object/SPC200...”, como se especifica en la figura de a continuación.

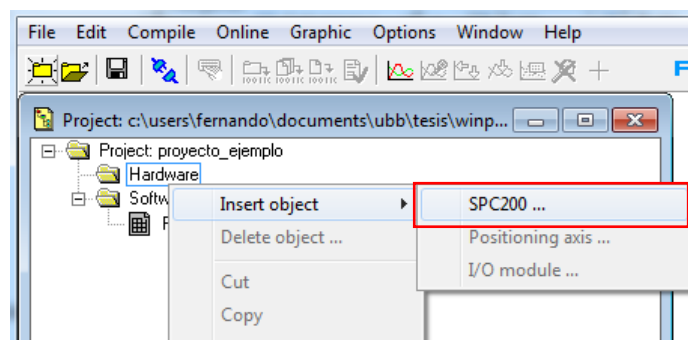


Figura 7.17: “Inserción de objeto”.

Paso 4: Cuando se haya seleccionado esta opción, aparece una ventana emergente, en la pestaña “Modules”, se realizará la configuración de las diferentes tarjetas físicas que tiene el SPC200 del proyecto. Aparecerán dos tarjetas por defecto (PWR-AIF módulo de bus y la MMI-DIAG módulo de interface de usuario) que son las mínimas necesarias para el funcionamiento del controlador, pero también permite agregar tarjetas extras. También, en esta ventana se seleccionará el tipo base del controlador (CPU-4 o CPU-6).

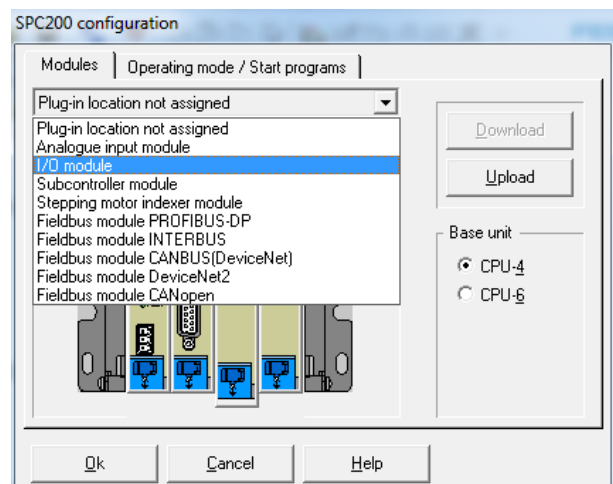


Figura 7.18: “Configuración SPC200”.

Las tarjetas se incluirán seleccionando el lugar de la tarjeta en la base y escogiendo en la lista desplegable superior el tipo de tarjeta. En el caso de esta tesis, solo se configuró un módulo de entradas y salidas (I/O module).

Paso 5: Una vez elegida la tarjeta deseada en la lista, aparecerá dibujada en el esquema de configuración de las tarjetas del SPC200.

Cuando se finaliza la inclusión de las tarjetas necesarias, se cargará esta configuración de hardware en el sistema real apretando el botón “Download”, con este paso se finaliza la configuración de hardware del SPC200 con WinPISA.

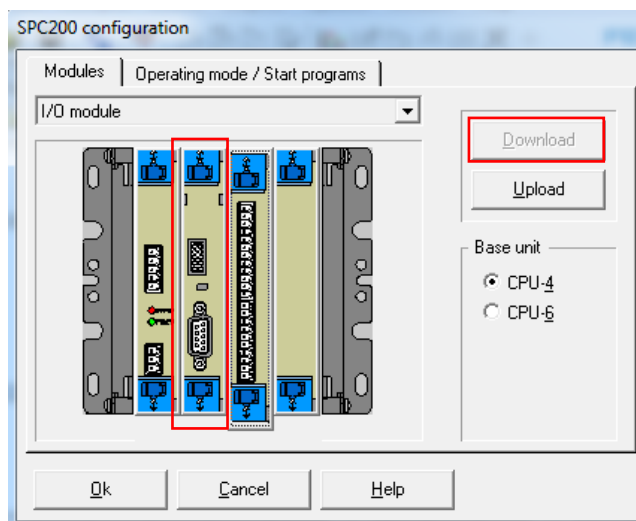


Figura 7.19: “Finalización de Configuración SPC200”.

Nota 1:

Según el tipo de tarjeta seleccionada se puede habilitar nuevas pestañas en la ventana, para la configuración interna de los parámetros de dicha tarjeta.

Nota 2:

Solo se podrá descargar la configuración en el controlador si está en modo Online, complementar con **Paso opcional**.

Paso 6: Cuando se haya realizado la configuración correctamente y se haya descargado en el equipo físico, en la ventana de carpetas del proyecto aparecerá el icono “1st. AIF string”.

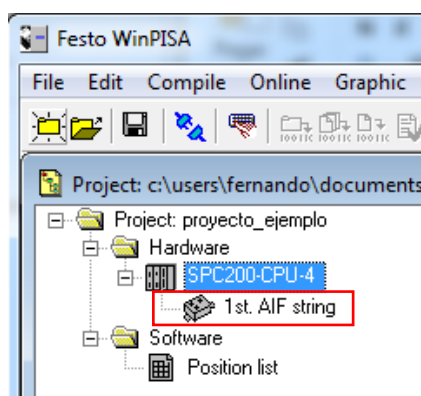


Figura 7.20: “Icono 1st.AIF string”.

Paso 7: Haciendo clic con el botón derecho del mouse sobre este icono, aparece un menú desplegable para poder realizar la configuración de los parámetros de los ejes electroneumáticos, utilizados en la aplicación real.

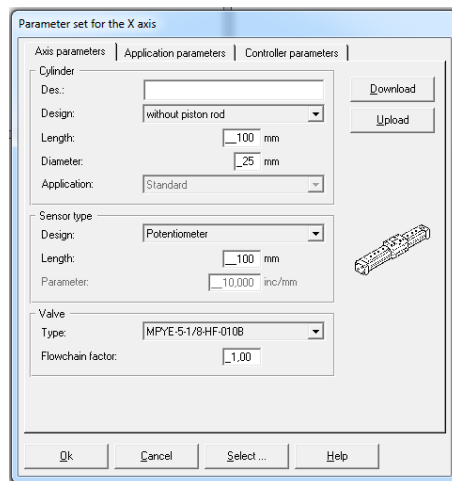


Figura 7.21: “Configuración de parámetros para los ejes”.

Paso opcional: Si ya se tiene conocimientos del software y lo que quiere es cargar la configuración directamente desde el hardware, deberá previamente conectarse (Online) con el SPC200 (Con el equipo en tensión y sin errores, conectar el PC y el SPC200 con el cable de programación suministrado por el fabricante).

Luego conecte el equipo haciendo clic con el botón izquierdo del ratón sobre el icono “Online”, tal y como se muestra en la imagen (El PC tratará automáticamente de establecer la comunicación con el SPC200).

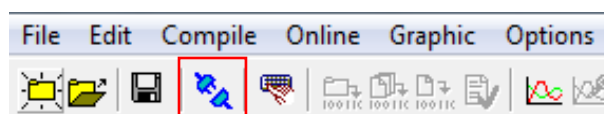


Figura 7.22: “Selección modo Online”.

Cuando el PC establezca la comunicación, el icono “Online” cambiará y quedará seleccionado.



Figura 7.23: “Modo Online activado”.

Nota:

Si no se establece la comunicación, en la barra de herramientas, ir al menú desplegable “Online/Data transmission...”. Aparece una ventana donde se puede variar el número de puerto serie utilizado, así como la velocidad de transmisión (Estándar COM1/9600 Bauds).

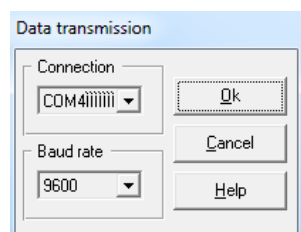


Figura 7.24: “Transmisión de datos”.

Una vez en estado “Online”, vamos a “Online/Upload/Project...”, damos en “Ok” en las ventanas emergentes y se iniciará la carga del proyecto almacenado en el SPC200 con toda la configuración de hardware necesaria. Al finalizar la carga veremos que la ventana de carpetas de proyecto tendrá toda la configuración que había sido almacenada anteriormente.

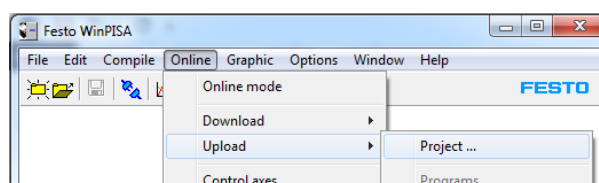


Figura 7.25: “Carga de proyecto”.

7.4.3. Configuración de modo de funcionamiento START/STOP

Por modos de mando entenderemos a la forma en cómo trabaja el SPC200 y como se relaciona con un equipo externo.

Para definir el modo de trabajo del SPC200 se deben seguir los siguientes pasos:

1. Ir a la ventana principal del WinPISA y en la ventana de carpetas del proyecto hacer doble clic en el icono para la configuración del SPC200.

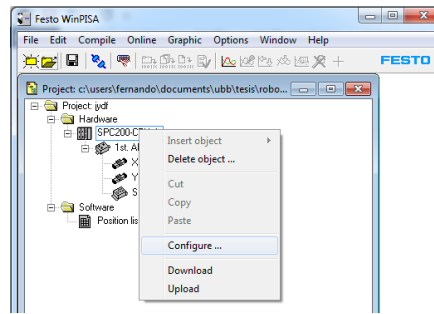


Figura 7.26: “Configuración SPC200”.

2. Cuando aparezca la ventana de configuración del SPC200, ir a la pestaña “Operating Mode / Start Programs”.

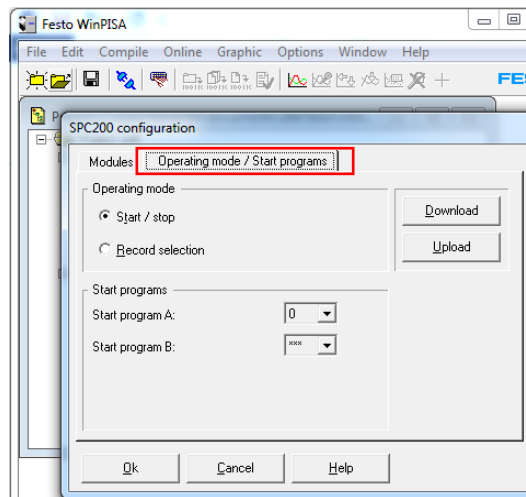


Figura 7.27: “Configuración de modo operación”.

3. Una vez allí se puede seleccionar uno de los tipos de modo de funcionamiento “Operating Mode” y el número de programa de inicio, para nuestra configuración, lo fijaremos en START/STOP ver figura 7.27.
4. Cuando se hayan realizado los cambios deseados, debemos descargar la nueva configuración del modo de trabajo en el SPC200, haciendo clic en el botón “Download” lo que descargará la configuración en el equipo físico.

7.4.4. Configuración de ejes electroneumáticos

Para configurar los ejes electroneumáticos, primero que todo debemos tener muy claro cuál es el equipamiento físico dispuesto en el proyecto, ya que esto es fundamental para integrar de forma correcta los ejes a nuestro proyecto.

Para iniciar debemos ir a “1st. AIF String”, damos clic derecho y seleccionamos la opción “insert object / Positioning axes” (ver imagen).

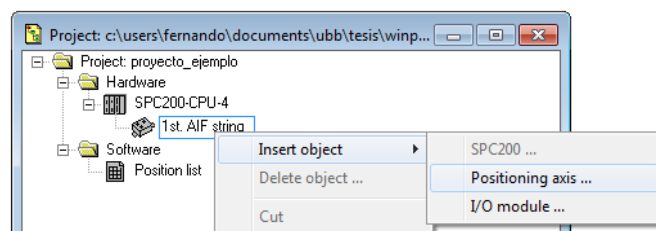


Figura 7.28: “Configuración de ejes”.

Aparecerá una ventana emergente donde configuraremos los parámetros de los ejes a utilizar, debemos seleccionar el modelo correcto y configurarle con las especificaciones del equipo real y dar clic en OK.

En este apartado es importante destacar que, para la configuración del equipamiento, se utilizaron parámetros de dispositivos similares, ya que en la base de datos no estaban disponibles los modelos reales. Para el eje X se utilizó la configuración DGP-32-100...350 y para el eje Y se utilizó la configuración DGPI-25-225, estas dos compatibles con los equipos del laboratorio.

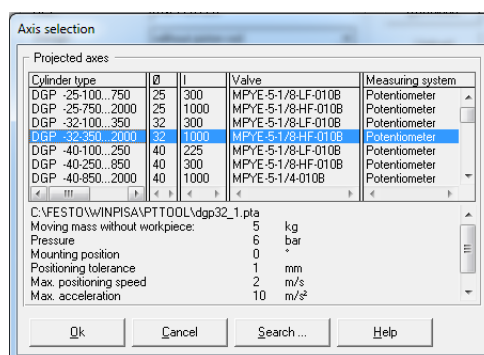


Figura 7.29: “Configuración eje X”.

Para el otro eje NC debemos repetir el proceso y utilizar como configuración compatible señalada anteriormente.

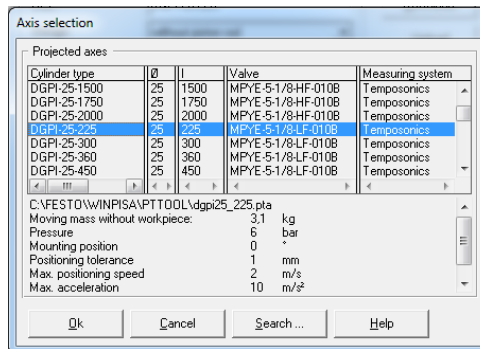


Figura 7.30: “Configuración eje Y”.

Ahora solo falta configurar el Gripper, para eso debemos ir nuevamente a “1st. AIF String”, damos clic derecho y seleccionamos la opción “Insert object / I/O Modules ...”.

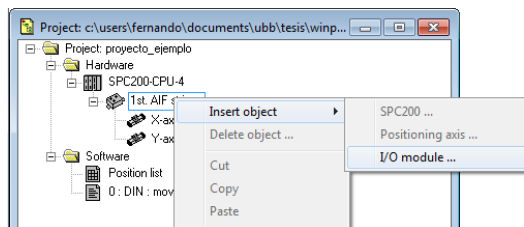


Figura 7.31: “Configuración de Gripper”.

Se abrirá una ventana emergente que nos permitirá seleccionar que tipo de interfaz utilizaremos para controlar la pinza del brazo, nuevamente debemos tener claro cuál es el equipo real dispuesto, en este caso vamos a la última opción (SPC-FIO-2E/2A-M8) y damos clic en OK.

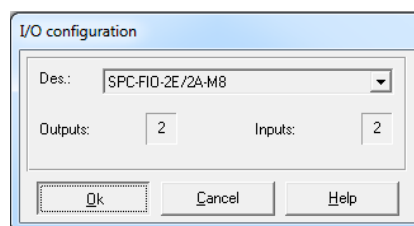


Figura 7.32: “Controlador de pinza”.

En este momento, si miramos en el directorio del proyecto, deberíamos tener ya correctamente configurado cada uno de nuestros ejes y el Gripper, como se muestra en la figura a continuación.



Figura 7.33: “Ejes y Gripper configurado”.

Para finalizar la configuración, solo basta descargar esto al controlador, para eso hacemos clic en la barra superior en “Online/Download/Project” y damos Ok a las ventanas emergentes.

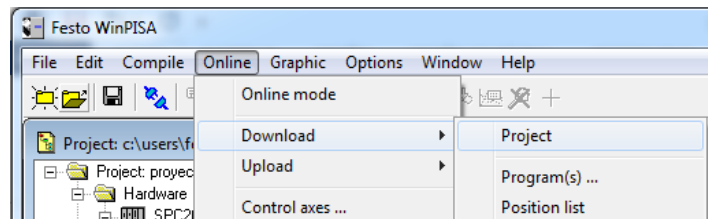


Figura 7.34: “Descargar configuración del proyecto”.

7.4.5. Crear, descargar y correr un nuevo programa

Para crear un nuevo programa debemos ir al apartado “Software” que aparece debajo de la configuración de los ejes electroneumáticos (ventana de carpetas del proyecto), hacemos clic en “Software”, luego damos clic en “Insert object...”. A continuación, debemos asignar un nombre a nuestro código, para el ejemplo será “programa 0”, ahora hacemos clic en “OK” y aparecerá la ventana de código.

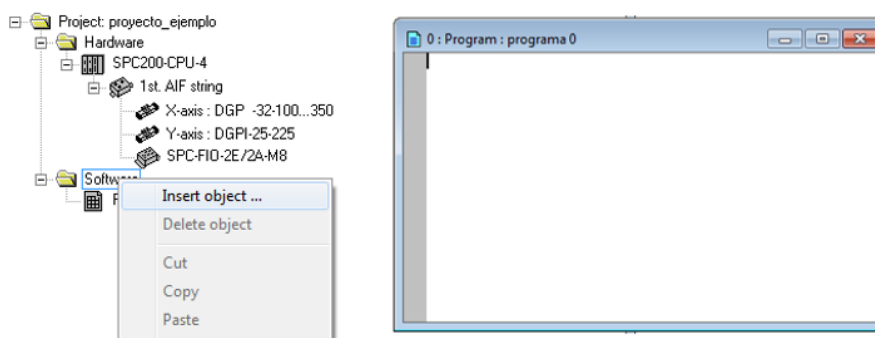


Figura 7.35: “Venta de código programa”.

Estamos listos para escribir nuestro primer programa, se recomienda estudiar el código de programación disponible en el punto 7.4.6.

Para el ejemplo ocuparemos un programa básico en el cual, damos la instrucción al eje X, ir a una posición específica dentro de su espectro de posiciones posibles, para eso recurrimos al comando G01 que nos permite elegir la velocidad del movimiento y finalizamos con el comando M30 el cual es el encargado de finalizar el programa.

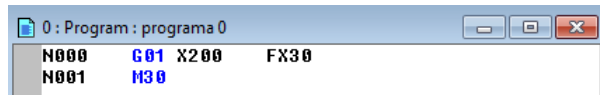


Figura 7.36: “Programa 0, movimiento eje X”.

Para descargar nuestro programa en el controlador SPC200 debemos estar “Online” entre la computadora y el SPC200 (revisar la Configuración de hardware del SPC200 por medio de WinPISA v4.51). Luego debemos ir a “Online/Download/Project” y hacer clic, con esto estaremos descargando toda la configuración de hardware y programa al controlador físico.

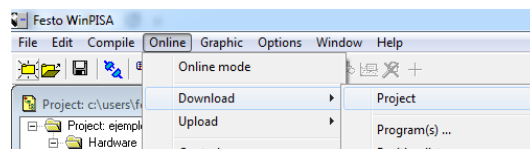


Figura 7.37: “Descargar programa”.

Ahora para iniciar el funcionamiento solo debemos ir a “Online/Control axes...” seleccionar nuestro programa en la ventana “Program selection” y seguir los pasos.

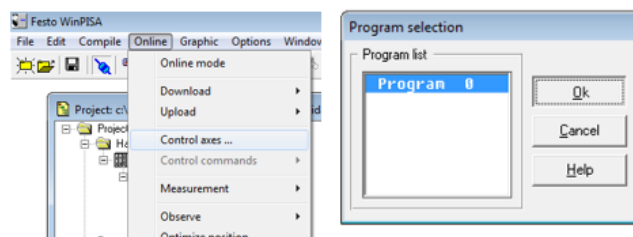


Figura 7.38: “Selección de programa”.

En este momento, en la barra de herramientas se activarán nuevas opciones que nos permitirán iniciar y detener el programa, también ir revisando paso a paso el avance del programa y graficar información importante, entre otras.



Figura 7.39: “Opciones de control para programa”.

7.4.6. Código de programación según norma DIN 66025

Presentamos a continuación la lista de comandos utilizados para programar en WinPISA, regidos bajo la norma DIN 66025 que estipula los estándares de la programación en código G. También se ejemplifican los comandos más utilizados en el software.

Comandos Fundamentales:

G00

Sintaxis:

G00 [G90 |G91] X<Posición> [Y, Z, U]

Donde <posición>: [Xmin-Xmáx] según la configuración del eje X y [Ymin-Ymáx] según la configuración del eje Y.

Descripción:

Posiciones del actuador final <posición> coordenadas definidas con la velocidad, absoluta o relativa a la posición actual (G90 o G91).

Ejemplo:

N000 G00 G91 X100 Pieza posicionada a 100 mm en el eje X en sentido positivo con la máxima velocidad posible.

Nota:

En el caso de no utilizar una de las opciones G90 o G91 será la posición absoluta.

G01

Sintaxis:

G01 [G90 |G91] X<Posición> F<Velocidad> [Y, Z, U]

Donde <Posición>: [Xmin-Xmáx] según la configuración del eje X y [Ymin-Ymáx] según la configuración del eje Y.

<Velocidad>: representa el porcentaje de la velocidad máxima [0...99] donde (0=100%...99=99%).

Descripción:

Posiciones finales de los actuadores<Posición> coordenadas definidas con la velocidad indicada en <Velocidad>, absoluta o relativa a la posición actual (G90 o G91).

Ejemplo:

N000 G01 X100 FX20 Y150 FY30 Coloque la pinza del eje X a 100 mm a una velocidad del 20% de la máxima velocidad. En el eje Y a velocidad de 30 al 150% de la velocidad máxima.

Nota:

En el caso de no utilizar una de las opciones será G90 o G91 posición absoluta.

G04

Sintaxis:

G4 <temp>

Donde <temp>: es el tiempo de residencia o de espera medido con factor (temp*10 ms).

Descripción:

El proceso deja de avanzar por un instante de tiempo igual a <temp>*10 ms.

Ejemplo:

N000 G04 250 Sistema apagado durante 2.5 segundos.

G08

Sintaxis:

G08 X<Aceleración> [Y, Z, U]

Donde <Aceleración>: representa el porcentaje de aceleración máxima [0...99] donde (0=100%...99=99%).

Descripción:

Ajusta el eje del acelerador por rampa para eje X [Y, Z, U].

Ejemplo:

N000 G08 X50 Eje X se acelera a 50% de aceleración máxima cerca del punto
 N001 G01 X80 FX50 X80 mm. La aceleración se establece en 100% después de
 N002 G08 X0 posicionarse el punto X 80 mm.

G09

Sintaxis:

G09 X<Posición> [Y, Z, U]

Donde <Aceleración>: representa el porcentaje de aceleración máxima [0...99] donde (0=100%...99=99%).

Descripción:

Poner el freno de aceleración de eje X [Y, Z, U].

Ejemplo:

N000 G09 X50	La aceleración de frenado es 50% la aceleración máxima antes
N001 G01 X80 FX50	de llegar al punto X80 mm.

G90

Sintaxis:

G90 X<Posición> [Y, Z, U]

Donde <Posición>: [Xmin-Xmáx] según la configuración del eje X y [Ymin-Ymáx] según la configuración del eje Y.

Descripción:

Posiciones finales del actuador en coordenadas absolutas (en relación con la referencia de 0) definida por <posición>.

Ejemplo:

N000 G00 G90 X200	Posiciona el eje X a 200mm de 0, a velocidad máxima.
-------------------	--

G91

Sintaxis:

G91 X<Posición>[Y, Z, U]

Donde <Posición>: [Xmin-Xmáx] según la configuración del eje X y [Ymin-Ymáx] según la configuración del eje Y.

Descripción:

Posición con el símbolo en la lista de posiciones <posición> en positivo o negativo.

Ejemplo:

N000 G00 G91 X200	Posiciona el eje X a 200mm de la posición anterior en sentido
N001 G00 G91 X-10	positivo y luego lo posiciona a 10mm del nuevo punto en sentido negativo.

M00

Sintaxis:

M00

Descripción:

Detiene la ejecución de un programa.

Ejemplo:

N000 G01 X100 FX50	Posiciona el eje X a 100mm de 0 a 50% de la velocidad
N001 M00	máxima, luego se detiene la aplicación del programa.

M02

Sintaxis:

M02

Descripción:

Finaliza un sub programa.

Ejemplo:

N000 G01 X100 FX50	Posiciona el eje X a 100mm de 0 a 50% de la velocidad
N001 M02	máxima, luego finaliza el sub programa en ejecución.

M30

Sintaxis:

M30

Descripción:

Finaliza todo el programa.

Ejemplo:

N000 G01 X100 FX50	Posiciona el eje X a 100mm de 0 a 50% de la velocidad
N001 M30	máxima, luego finaliza todo el programa.

A continuación, se especifican el uso de cada letra en comando G, esto se entrega para facilitar o tener una noción básica de que significa el comando que se está utilizando en el código del programa.

Tabla 7.7: “Identificación de comando”.

Letra	Descripción
N	Identificador para números de registro
G	Condiciones de PASO
M	Función de ayuda
E	Salto de funciones
L	Llamada de sub-programa
#	Operaciones de 1-bit o multi-bit
X, Y, Z, U	Identificación de ejes: eje X, eje Y, etc.
F	Colocación de velocidad
;	Comentarios
.	Divisor decimal (point)

En la siguiente tabla se detallan los comandos de posicionamiento, control de secuencia, entradas análogas y digitales, valores de válvulas, operaciones binarias, registros y comandos especiales.

Tabla 7.8: “Comandos disponibles para brazo posicionador”.

Comando	Descripción y Sintaxis
Calidad de posicionamiento (permitido en los modos de START/STOP y registrar modo seleccionado).	
G00	Mover a la posición en la velocidad más alta posible. G00 [G90 G91] X<Posición> [Y, Z, U].
G01	Mover a posicionar a una velocidad definida. G00 [G90 G91] X<Posición> [Y, Z, U].
G02	Eje neumático: mueve suavemente para posicionar a la velocidad definida Eje motor Paso a Paso: mover a la posición en START/STOP frecuencia. G00 [G90 G91] X<Posición> FX<Velocidad> [Y, Z, U].
---	Mover a la posición último modo de posicionamiento. X<Posición> [Y, Z, U].
G74	Iniciar la búsqueda de referencia. X<Modo> [Y, Z, U].
G08	Eje neumático: Aceleración por rampa de acceso. Eje Motor Paso a Paso: Aceleración por rampa de acceso y rampa de frenado. G08X<Aceleración> [Y, Z, U].
G09	Eje neumático: La aceleración de la rampa de frenado. G09X<Aceleración> [Y, Z, U].
G90	Especificación de dimensión absoluta. G90X<Posición> [Y, Z, U].
G91	Especificación de dimensión relativa. G91X<Posición> [Y, Z, U].
G28	Cargar el valor de la posición en el registro de posición.

	G28 @<Objetivo>X<Fuente> [Y, Z, U].
G60	Eje neumático: parada precisa y sin tiempo de amortiguación. G60X [Y, Z, U].
G61	Eje neumático: establecer la calidad de posicionamiento clase. G61X <Clase> [Y, Z, U].
G62	Eje neumático: parada rápida sin tiempo de amortiguación. G62 [Y, Z, U].
G29	Añadir el valor de Posición y Registro de posición. G29 @<Objetivo>X<Fuente> [Y, Z, U].
M38	Cargue Valor Actual en el registro de posición. M38 @<Registrar> [Y, Z, U]
Control de secuencia (permitido en modo START/STOP).	
G04	Tiempo de espera. G04 <Tiempo de espera>.
G25	Interruptor de Posición-dependiente de; para el siguiente registro. G25 <Preselección> [Y, Z, U].
E05	Salto incondicional. E05 <Número de registro>.
L	Llamar al subprograma. L <Número de programa>.
M00	Parada programada. M00.
M02	Final subprograma. M02.
M30	Fin del programa con repetición. M30.
M12	Desactive la parada del eje/Entrada de valor nominal. G04 X [Y, Z, U].
La especificación de valor análoga y digital nominal (permitido en modo START/STOP).	
M10	Activar la entrada de valor nominal. M10 X <Factor> [Y, Z, U].
M11	Compensación para analógica de especificación del valor nominal. M11X <Offset> [Y, Z, U].
M13	Ajuste modo de valor nominal. M13 X <Ajuste> [Y, Z, U].
M14	Asignar entradas de valor nominal. M14 X <Entrada> [Y, Z, U].
Valor de posicionamiento de la válvula (permitido en modo START/STOP).	
M39	Eje neumático: Valor de posición de la válvula de salida. M39 X<Valor de posición>[Y, Z, U].
M40	Eje neumático: Establecer el valor límite de parada (golpe). M40 X<Valor límite> [Y, Z, U].
M41	Eje neumático: Definir el valor límite de velocidad. M41X<Valor límite> [Y, Z, U].
Operaciones binarias (permitido en modo START/STOP).	
#S	Establecer la operación de un solo bit. #S <Operand>.

#R	Reiniciar la operación de un solo bit. #R <Operand>
#T	Prueba de operación de un solo bit para señal 1. #T <Operand><Registrar número>.
#TN	Prueba de operación de un solo bit para señal 0. #TN <Operand><Registrar número>.
Registrar operaciones (permitido en modo START/STOP).	
#LR	Registro de carga. #LR <Registrar> = <Valor>.
#AR	Añadir al registro. #AR <Registrar> = <Valor>.
#TR	Registro de prueba. #TR <Registrar> = <Valor><registrar número>.
Comandos especiales (permitido en modo START/STOP).	
M37	Eje neumático: establecer la evaluación de masas. M37 X<Masa> [Y, Z, U].

7.5. Resumen

En este capítulo se trata a fondo el brazo posicionador servo neumático Festo, primero se analiza por qué es una buena alternativa a ser usada, luego se describen desde un punto de vista técnico los kits que conforman al brazo posicionador. Se describe cada kits de forma individual y como pueden ser acoplados entre sí.

Este capítulo también contiene una descripción del controlador SPC200 y sus diferentes módulos de comunicación, estos son los encargados de ser la interfaz de comunicación para el controlador, los kits del brazo posicionador y el software WinPISA. Además, se incluye una guía detallada del software WinPISA, donde se explica su instalación, configuración del hardware de trabajo, tipos de modo de funcionamiento (START/STOP), configuración de los ejes y la creación de nuevos programas para hacer uso del brazo posicionador. Finalmente se detalla mediante ejemplo y sintaxis los comandos más usados en código g para el brazo posicionador servo neumático, añadiendo una tabla con todos los comandos posibles de usar en el control.

8. Conclusiones

Mediante la búsqueda de solución a la utilización de los recursos específicos en desuso del laboratorio de control de la Universidad del Bío-Bío sede Concepción, y una búsqueda constante por responder al objetivo general de nuestro trabajo de título se concluye que:

- Sin duda, los documentos presentados serán un material clave en el aprendizaje de nuevas áreas íntimamente relacionadas con la automatización. Conocimientos tanto de neumática como electroneumática, de softwares de simulación y programación en código G, son de gran aporte académico para generaciones futuras de ingenieros civiles en automatización.
- Es importante tener una visión general de cómo está funcionando la industria hoy en día y realizar un análisis constante en el contexto de comparación de nuestro programa de estudio frente a esta y/o frente a otras escuelas de estudio. También ir revisando constantemente el inventario de oportunidades de aprendizaje que se encuentran actualmente en desuso y hacer las gestiones respectivas para utilizarlos o desecharlos según sea la situación, y así no perder material o espacios con potencial de uso.
- En la industria moderna la neumática en conjunto con la electroneumática tiene su lugar propio, y se relacionan conjuntamente con el control y automatización de procesos, es por esto que sabemos, que es clave el conocimiento e integración de estas dos áreas para estar a la vanguardia de los sistemas actuales, y así, enfrentar el mundo profesional con las herramientas necesarias.
- Se logró conocer una gran cantidad de conceptos nuevos que serán usados constantemente en la vida profesional (automatización, neumática, electroneumática, entre otros).
- Hoy en día la automatización de procesos, en la mayoría de las industrias, se entrelaza con elementos neumáticos y/o electroneumáticos. Gracias a los recursos de Festo Didactic se brinda la oportunidad de trabajar con equipamiento similar a los encontrados en la industria y permiten tener un contacto con la electroneumática de una manera más amigable y sin escapar de lo real.

- Incluir en los conocimientos dos poderosos softwares, uno de diseño y simulación de circuitos neumáticos, hidráulicos y electroneumáticos (FluidSIM) y otro de programación (WinPisa), abren una gran gama de conocimientos y oportunidades laborales o la posibilidad de realizar investigaciones.
- Específicamente gracias a todo lo estudiado con FluidSIM, se logró conocer simbología utilizada en neumática y electroneumática (también de hidráulica), simular casos reales y llevarlos a la práctica mediante las maquetas disponibles. Por otro lado, gracias a WinPisa, se facilita una herramienta de complejidad leve para programar el brazo posicionador. Este software nos dio la oportunidad de ver y controlar un sistema servo-neumático de 2 ejes en funcionamiento. Consideramos clave para el aprendizaje este equipamiento, ya que hoy en día es muy utilizado en la industria, en un sinnúmero de tareas (paletización, montaje, ensamble, carga y descarga, producción en línea, etc.).

9. Bibliografía

“Automatización de un laboratorio de electroneumática”. Castillo Seguel, Fernando Miguel 2002. Páginas 15-40. Número de pedido Biblioteca: M 621 C278 2002.

Apuntes Neumática básica: “Iniciación a los automatismos neumáticos y electroneumáticos”. Salvador Millán. Automatización neumática y electroneumática, Terrassa, Noviembre 1995, páginas 27-30.

Química General: “Introducción a la Química Teórica”. Cristobal Valenzuela Calahorro. Ediciones Universidad de Salamanca. 1ra Edición. Enero 1995, páginas 256-280.

“Introducción a la neumática”. Antonio Guillén Salvador. Editore Boixaireu, MARCOMBO, S.A., 1993. Páginas 17-58.

FESTO SA. “Catalogo de productos”. [En línea]

<https://www.festo.com/cat/es-cl_cl/products>

[Consulta: 20 de Noviembre 2016]

FESTO SA. “Axis Controllers SPC200”. [En línea]

<https://www.festo.com/net/SupportPortal/Files/137760/SPC200_EN.pdf>

[consulta: 20 de Noviembre 2016].

FESTO SA.: “Manual SPC 200 Smart Positioning Controller Axis interface”. [En línea]

<https://www.festo.com/net/SupportPortal/Files/404852/SPC-AIF_2005-06b_691134d6.pdf>

[consulta: 13 de Diciembre 2016].

“Fundamentos de Neumática, Sensores y Actuadores”. [En línea]

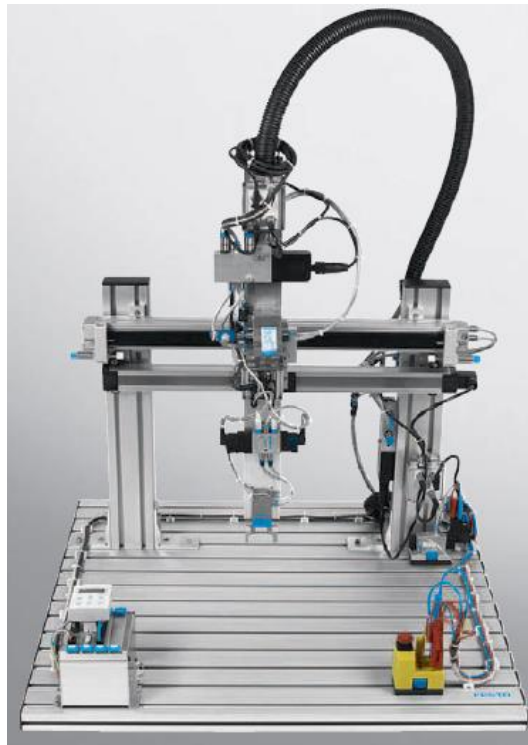
<<http://blog.utp.edu.co/ricosta/files/2011/08/CAPITULO-2-NEUM%C3%81TICA-Y-ELECTRONEUMATICA.pdf>>

[Consulta: 5 de Enero 2017]



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL EN AUTOMATIZACIÓN

Guía de laboratorio
Electroneumática



Concepción - 2017



Experiencia

1

Conociendo la electroneumática

Objetivos

- Implementar los circuitos electroneumáticos para ambas actividades
- Identificar y analizar el funcionamiento de los actuadores lineales, además de las válvulas 3/2 y 5/2 vías con solenoide.

Conocimientos previos

- Diagramar los circuitos de ensayo y simularlos en el software FluidSIM.
- Conocer según los datos del manual los principales parámetros de operación de los siguientes elementos:

Tabla 1.1: “Elementos de Experiencia”.

Elementos	N° Artículo
Cilindro Simple efecto	152887
Cilindro Doble efecto	152888
Válvula de Solenoide 3/2 vías	167073
Válvula de Solenoide 5/2 vías	152873
Placa interruptores	162242

Trabajo de laboratorio

Actividad 1: “Máquina compactadora de latas de refresco”.

Problema

Se desea implementar el accionamiento de una máquina para reducir el volumen de latas de refresco y así facilitar su reciclaje. Cada vez que se accione el pulsador, el vástago del cilindro debe avanzar para comprimir una lata. Después deberá recupera su posición original mediante el resorte que posee la válvula 3/2 vías.

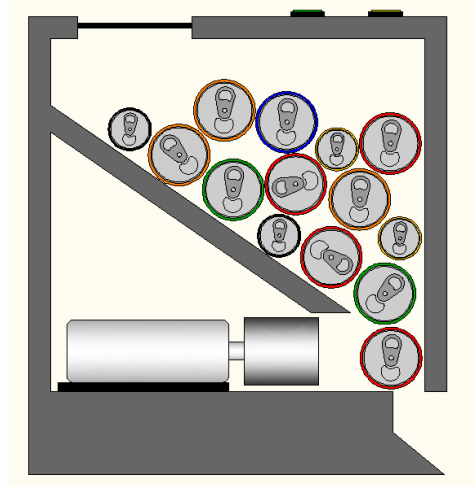


Figura 1.1: “Maquina compactadora”.

Actividad 2: “Accionamiento de puertas de bus”.

Problema

Se desea implementar un accionamiento electroneumático para la apertura y cierre de las puertas de un bus. A través del cilindro doble efecto genere los movimientos de apertura y cerrado para las puertas del bus.

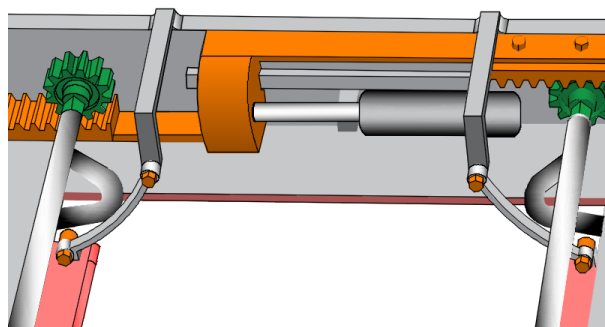


Figura 1.2: “Mecanismo para puertas de Bus”.



Facultad de Ingeniería
Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

Informe

- Adjunte los diseños de circuitos y esquemas de espacio–fase del software FluidSIM.
- Adjunte fotografía del esquema montado en el laboratorio comentando el funcionamiento.
- Compare el funcionamiento de ambos actuadores líneas y de las válvulas.
- Anote conclusiones y comentarios de interés.

Bibliografía

- https://www.festo.com/cms/es-cl_cl/index.htm
- Castillo Seguel, Fernando Miguel 2002. Automatización de un laboratorio de electroneumática. Número de pedido Biblioteca: M 621 C278 2002.



Experiencia

2

Aplicaciones del método intuitivo

Objetivos

- Comprender y aplicar el método intuitivo.
- Conocer las diversas condiciones y aplicaciones que puede tener un sistema.

Conocimientos previos

- Diagramar los circuitos de ensayo y simularlos en el software FluidSIM.
- Conocer según los datos del manual los principales parámetros de operación y funcionamiento de los siguientes elementos:

Tabla 2.1: “Elementos de Experiencia”.

Elementos	N° Artículo
Relé triple	162241
Detector de posición accionamiento izquierda	183345
Detector de posición accionamiento derecha	183322
Detector de posición electrónico	540695

Trabajo de laboratorio

Actividad 1: “Banda transportadora”.

Problema

En una empresa se requiere desplazar cajas que llegan desde una banda de alimentación, hasta otra banda transportadora que está ubicada en un nivel superior; para lo cual se van a emplear dos cilindros de doble efecto. Para esto, el cilindro A, se encargará de subir las cajas; mientras que el cilindro B será quien las empuje; tal como se ve en la figura 2.1.

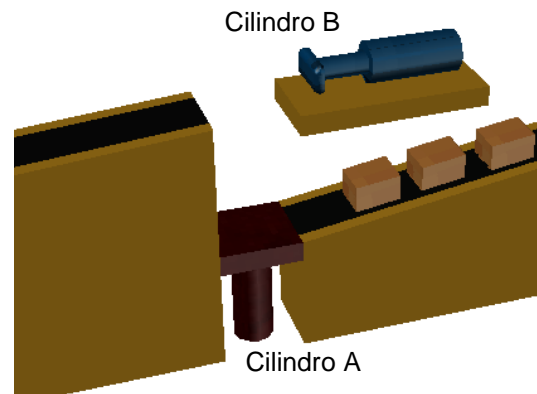


Figura 2.1: “Banda transportadora”.

Actividad 2: “Banda transportadora y condiciones marginales”.

Problema

Luego de implementarse el sistema de la banda transportadora y haber evaluado su desempeño, en la empresa se dieron cuenta que se necesitaban mejorar el sistema con las siguientes condiciones marginales.

Se desea que el circuito tenga la condición de inicio y detención, un arranque automático y desconexión al arranque automático. Además de parada de emergencia en caso de algún accidente y como última medida de seguridad desbloqueo de parada de emergencia, utilice la siguiente nomenclatura:

Tabla 2.1: “Elementos de Experiencia”.

Condición marginal	Elemento
Inicio/Detección	SF1
Arranque automático	SF2
Desconexión automática	SF3
Parada de emergencia	SF4
Desbloqueo parada de emergencia	SF5



Facultad de Ingeniería
Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

Informe

- Adjunte los diseños de circuitos y esquemas de espacio–fase del software FluidSIM.
- Explique qué diseño de circuito fue más complejo, nombre los problemas que se presentaron.
- Anote conclusiones y comentarios de interés.

Bibliografía

- https://www.festo.com/cms/es-cl_cl/index.htm
- Castillo Seguel, Fernando Miguel 2002. Automatización de un laboratorio de electroneumática. Número de pedido Biblioteca: M 621 C278 2002.



Experiencia

3

Aplicación de los métodos cascada y paso a paso

Objetivos

- Implementar para ensayo los circuitos del método cascada y paso a paso.
- Medir los parámetros de operación de ambos circuitos.

Conocimientos previos

- Diagramar el circuito de ensayo que permitan obtener una solución al problema planteado.
- Formule los criterios necesarios para realizar cada uno de estos métodos.

Trabajo de laboratorio

Actividad 1: “Ensayo del método cascada”.

Problema

En una empresa se requiere desplazar cajas que llegan desde una banda de alimentación, hasta otra banda transportadora que está ubicada en un nivel superior; para lo cual se van a emplear dos cilindros de doble efecto. Para esto, el cilindro A, se encargará de subir las cajas; mientras que el cilindro B será quien las empuje.

Para el problema anterior genere una solución mediante el método cascada. Determinar la secuencia correcta a diseñar teniendo en cuenta que para el desplazamiento hacia afuera de los actuadores se simboliza con el signo más (+), y para el retorno de los actuadores se simboliza con el signo menos (-).



Facultad de Ingeniería
Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

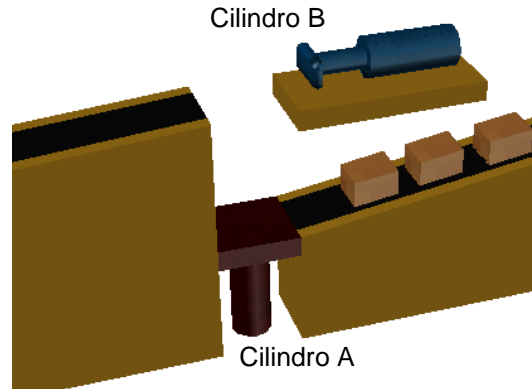


Figura 3.1: “Banda transportadora”.

Actividad 2: “Ensayo del método paso a paso”.

Problema

Para el problema anterior genere una solución mediante el método paso a paso.

Informe

- Adjunte los diseños de circuitos y esquemas de espacio–fase del software FluidSIM.
- Anote con detalle su procedimiento para determinar la solución con cada método.
- Explique qué diseño de circuito fue más crítico.
- Anote conclusiones y comentarios de interés

Bibliografía

- https://www.festo.com/cms/es-cl_cl/index.htm
- Castillo Seguel, Fernando Miguel 2002. Automatización de un laboratorio de electroneumática. Número de pedido Biblioteca: M 621 C278 2002.



Facultad de Ingeniería
Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

Experiencia

4

Secuencia larga por método intuitivo

Objetivos

- Implementar para ensayo el circuito para el problema planteado.
- Medir los parámetros de operación del circuito.

Conocimientos previos

- Diagramar los circuitos de ensayo que permitan obtener una solución al problema planteado.
- Formule los criterios necesarios para realizar esta experiencia.

Trabajo de laboratorio

Actividad: “Dispositivo de cortar”.

Problema

Se trata de cortar una lámina de metal mediante una cuchilla, para ello primero se ha de sujetar la lámina, después cortar y por último empujar para depositar la lamina en una caja. La tira de lámina que es colocada en el dispositivo y sujeta por el cilindro A. El cilindro B corta con una cuchilla la lámina de metal. Después de ser cortada el cilindro A elimina la sujeción y finalmente el cilindro C la expulsa. La secuencia deseada es: A-/B+/B-/A+/C+/C-.



Facultad de Ingeniería
Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

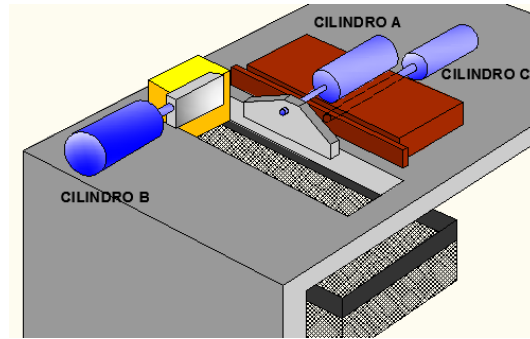


Figura 4.1: “Esquema dispositivo de cortar”.

Informe

- Adjunte los diseños de circuitos y esquemas de espacio–fase del software FluidSIM.
- Explique qué complicaciones se presentaron al montar el circuito.
- Anote conclusiones y comentarios de interés

Bibliografía

- https://www.festo.com/cms/es-cl_cl/index.htm
- Castillo Seguel, Fernando Miguel 2002. Automatización de un laboratorio de electroneumática. Número de pedido Biblioteca: M 621 C278 2002.



Facultad de Ingeniería
Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

Experiencia

5

Control de ejes en bucle cerrado para sistemas de ensamble de piezas

Objetivos

- Familiarizarse con las características de un control en lazo cerrado.
- Familiarizarse con líneas de producción en serie, mediante el brazo posicionador servoneumático.
- Familiarizarse con el software WinPISA y el controlador SPC200.
- Crear programas en el software WinPISA, para la utilización del brazo posicionador servoneumático.

Conocimientos previos

- Conocer los comandos de programación del controlador SPC200 usados en WinPISA.
- Configurar el brazo posicionador servoneumático con el software WinPISA.
- Conocer cómo crear y cargar un programa al controlador SPC200 mediante WinPISA.

Trabajo de laboratorio

Actividad: “Ensamble de piezas de engranaje”.

Problema

Se solicita implementar un sistema de accionamiento servoneumático de ensamble de precisión para engranajes automotrices, para esto se sabe que la zona de ensamble es alimentada por un cinta que transporta los engranajes a ensamblar y otro que retira las piezas ya ensambladas (ver figura 5.1). Se solicita al programador configurar el equipo para lograr la tarea requerida.



Facultad de Ingeniería
Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

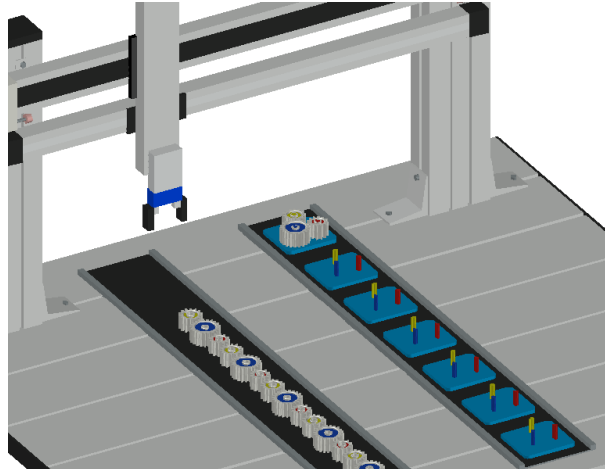


Figura 5.1: “Ensamble de engranajes”.

Informe

- Explicar características de un bucle en lazo cerrado.
- Presentar programa solución al problema presentado, adjuntar archivos de programa.
- Informar y respaldar comportamiento del sistema frente a la parada de emergencia configurada.
- Anote conclusiones y comentarios de interés.

Bibliografía

- Anexo manual de SPC-200
- Anexo Código G para WinPISA.



Experiencia

6

Sistemas de paletización de productos peligrosos

Objetivos

- Familiarizarse con el funcionamiento de sistemas industriales de palatización.
- Ser capaz de implementar una base de datos de posiciones de memoria para ordenar productos en bodega.
- Controlar velocidades de movimientos para tratamiento de sustancias peligrosas.
- Ser capaz de seleccionar adecuadamente la secuencia de parada de emergencia.

Conocimientos previos

- Investigar la función de una parada de emergencia.
- Conocer como realizar la conexión eléctrica de parada de emergencia para el controlador SPC-200.
- Investigar los tipos de estrategias neumáticas existentes para una parada de emergencia.

Trabajo de laboratorio

Actividad: “Paletización de productos radioactivos”.

Problema

Una empresa de almacenamiento de sustancias radioactiva se requiere para sus instalaciones un pórtico de 2 ejes para línea de bodega. Debido a que son residuos radioactivos el personal humano no está habilitado para hacer esta tarea, por lo cual requiere de un especialista para programar el equipo adecuado para la tarea. La solicitud implica trabajar con una lista de posiciones de almacenamiento preestablecidas que el pórtico debe ir llenando a medida que llegan los residuos, una vez llena la bodega debe detenerse y encender una baliza de aviso. Se sabe que



Facultad de Ingeniería
Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

es un proceso crítico y que debe contar con una parada de emergencia en caso de cualquier complicación.

Nota:

Teniendo en consideración los elementos de laboratorio se debe pensar en una solución para un sistema con solo 6 posiciones de paletizado.

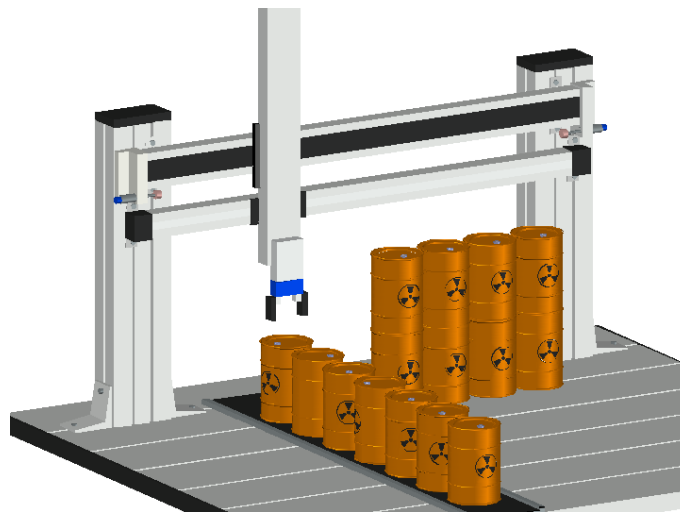


Figura 6.1: “Paletización de productos peligrosos”.

Informe

- Explicar la utilización de sistemas de paletizado en la industria.
- Presentar programa solución al problema presentado, adjuntar archivos de programa.
- Informar comportamiento del sistema frente a procesos de baja velocidad en tratamiento de residuos peligrosos.
- Anote conclusiones y comentarios de interés.

Bibliografía

- Anexo manual de SPC-200
- Anexo Código G para WinPISA.

**Experiencia**

7

Sistemas de alta velocidad para tareas industriales**Objetivos**

- Familiarizarse con el funcionamiento de sistemas industriales de producción en masa.
- Comprender las ventajas de sistemas electroneumáticos en aplicaciones de alta velocidad.
- Aplicar subrutinas para programación en software WinPISA.

Trabajo de laboratorio

Actividad: “Estación de remachado de tapas de botellas”.

Problema

Una empresa de renombre en venta de bebidas alcohólicas requiere para su línea de producción de botellas de cerveza un nuevo sistema de remachado de tapas, las cervezas llegan en bandejas de 12 botellas (matriz 3 x 4), el cliente solicita que se le informe cuál o cuáles son las mejores opciones de secuencia de remachado para hacer la tarea de la manera más rápida posible y así aumentar la producción diaria, se deben presentar propuestas funcionales para resolver el problema.

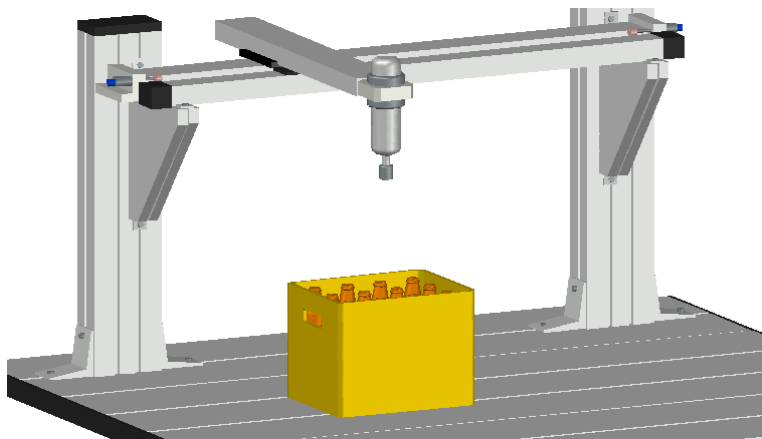


Figura 7.1: “Remachado de tapas de cerveza”.



Facultad de Ingeniería
Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

Informe

- Explicar procedimiento a seguir para selección de rutina de remachado.
- Presentar programa solución al problema presentado, adjuntar archivos de programa.
- Informar comportamiento del sistema frente a procesos de alta velocidad.
- Anote conclusiones y comentarios de interés.

Bibliografía

- Anexo manual de SPC-200
- Anexo Código G para WinPISA.

FESTO SA.: “Manual software package WinPISA ver. 4.51”. [En línea]

https://www.festo.com/net/SupportPortal/Files/40794/WINPISA_170097g1.pdf

[consulta: 20 de Enero 2017]

“Introducción a la Neumática”. [En línea]

<<http://www.microautomacion.com/capacitacion/Manual021IntroduccionalaNeumatica.pdf>>

[Consulta: 22 de Enero 2017]

FluidSIM: “Manual del Usuario”. [En línea]

<https://www.uclm.es/area/imecanica/AsignaturasWEB/Neumatica_hidraulica_Industrial/Practicas/Manual_Neumatica.pdf>

[Consulta: 7 de Febrero 2017]

“Identificación de referencia según ISO 1219-2 y/o EN 81346-2”. [En línea]

<http://www.festo_didactic.com/ov3/media/customers/1100/dsi_es_identificacion_de_referencia_iso_1219_en_81346.pdf>

[Consulta: 7 de Febrero 2017]

FESTO SA.: “Sistemas de medición de recorrido”. [En línea]

https://www.festo.com/cat/es_es/data/doc_es/PDF/ES/MLO-MME_ES.PDF

[consulta: 10 de Abril 2017]

FESTO SA. “SPC 200 Smart Positioning Controller 170246”. [En línea]

<https://www.festo.com/net/SupportPortal/Files/405327/SPC200-SYS_2009-01d_170246g1.pdf>

[consulta: 10 de Mayo 2017].

FESTO SA. “Instrucciones de equipos servoneumáticos PneuPos1”. [En línea]

<http://www.festo-didactic.com/ov3/media/customers/1100/741937_deenesfr.pdf>

[consulta: 12 de Junio 2017].

FESTO SA. PneuPos 1: “Pneumatic positioning with SPC 200 axis controller”. [En línea]

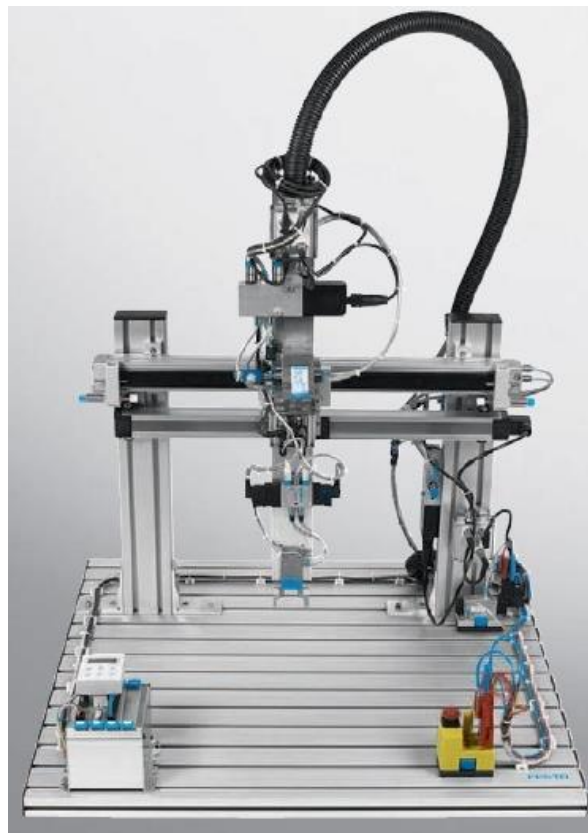
<http://www.festo-didactic.com/didactic/Demos/elkat_en/pdf/10095.pdf>

[consulta: 27 de Junio 2017].



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL EN AUTOMATIZACIÓN

Solución guía de laboratorio
Electroneumática



Concepción - 2017



Experiencia

1

Conociendo la electroneumática

Conocimientos previos

Tabla 1.1: "Elementos de Experiencia".

Elementos	Descripción
Cilindro Simple efecto	Al aplicarse aire comprimido, el vástago avanza hasta su posición final. Al dejar de alimentar, vuelve a su posición inicial. El embolo posee un imán, pudiendo activar detectores de posición electrónico.
Cilindro Doble efecto	El vástago del cilindro actúa de forma alterna, cambiando de sentido cuando se aplica aire comprimido en uno de sus dos lados. El embolo posee un imán, pudiendo activar detectores de posición eléctricos.
Válvula de Solenoide 3/2 vías	La válvula conmuta cuando se aplica voltaje a la bobina y vuelve a su posición inicial cuando el voltaje es removido. Su estado de conmutación es mostrado por un LED.
Válvula de Solenoide 5/2 vías	La válvula posee doble pilotaje activándose cuando se aplica voltaje en los terminales 12 o 14. Su estado de conmutación es mostrado por un LED.
Placa interruptores	Posee un conjunto de contactos normalmente abierto y cerrado (pulsadores e interruptores), que se activan al pulsar la botonera luminosa.
Datos técnicos para elementos neumáticos	Se sugiere utilizar 6 bar en la presión de alimentación.
Datos técnicos para elementos eléctricos	Tensión: 24 V DC Máxima intensidad en los contactos: 1 A

Actividad 1: "Máquina compactadora de latas de refresco".

Solución

Cada vez que se accione la botonera, el vástago del cilindro de simple efecto avanza y comprime una lata. Después recupera su posición original mediante el resorte que posee.



- Inicialmente el vástago se encuentra dentro del cilindro simple efecto (-MM1).
- Al pulsar el botón (SF1), la válvula (QM1), conmuta permitiendo el paso del aire por las vías 1 y 2, desde la fuente de alimentación de aire comprimido, hasta el cilindro de simple efecto, provocando el avance del vástago(+MM1). De ese modo el émbolo se desplaza a lo largo del cilindro aplastando la lata
- Al soltar el botón, se produce el retorno de la válvula (QM1), volviendo a su posición inicial (-QM1), por medio de su retorno por muelle.
- El muelle del cilindro provoca el retroceso del vástago hasta su posición inicial (-MM1), la lata aplastada es soltada y sale por la ranura de la maquina a otro proceso.

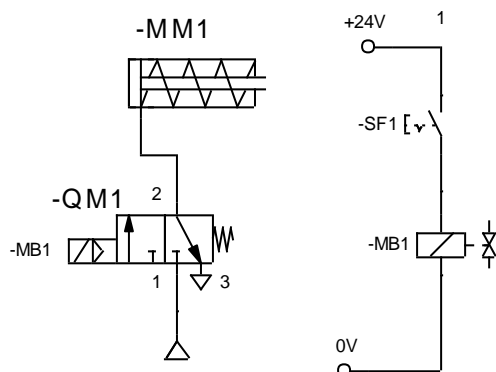


Figura 1.1: “Circuito electroneumático, máquina compactoda”.

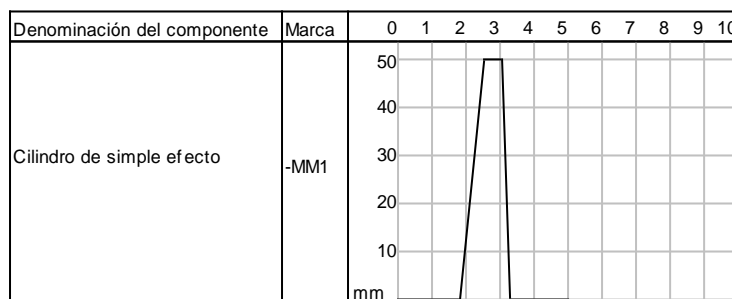


Figura 1.2: “Diagrama espacio-fase, compactación de lata”.

Nota:

Dado que el retorno del vástago del cilindro de simple efecto es realizado por su muelle, su retorno es dispar a su accionamiento.



Actividad 2: “Accionamiento de puertas de bus”.

Solución

En esta situación, es necesario que el cilindro genere una fuerza controlada tanto en el avance, como en el retroceso del vástago. Por tanto, se utilizará un cilindro de doble efecto, que será comandado por una electroválvula 5/2 vías. La apertura y cierre de las puertas se realizará desde dos pulsadores diferentes, uno de apertura (SF1) y otra de cierre (SF2).

- Inicialmente, el vástago se encuentra dentro del cilindro MM1 (puerta cerrada).
- Al presionar el pulsador (SF1), conmuta la electroválvula 5/2 vías QM1. Con esto el aire a presión llegará al cilindro MM1 a través de la vía, produciéndose el avance del vástago +MM1 (apertura de puerta).
- El vástago permanece en la posición salido, hasta que se presione el botón del pulsador SF2, de cerrado. En ese momento el vástago del cilindro comienza el retroceso, cerrando consigo las puertas del bus mientras se evacua el aire de la cámara izquierda del cilindro MM1 a través de la vía 5 de la electroválvula.

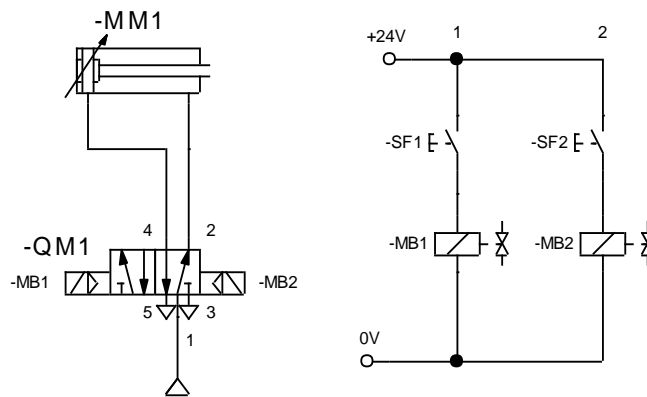


Figura 1.4: “Circuito electroneumático, puerta de bus”.



Facultad de Ingeniería
Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

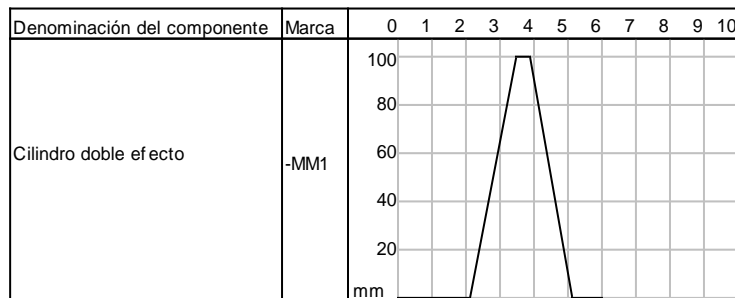


Figura 1.5: “Movimiento simétrico de vástago doble efecto”.

Nota:

A diferencia de la actividad 1, el accionamiento del cilindro de doble efecto es controlado por ello en ambos sentidos. En el diagrama de espacio-fase el avance y retroceso del vástago, se realiza de forma simétrica (ver figura 1. 5).



Experiencia

2

Aplicaciones del método intuitivo

Conocimientos previos

Tabla 2.1: “Elementos de Experiencia”.

Elementos	Descripción
Relé triple	Al aplicarse tensión en las conexiones de la bobina, fluye la corriente activando un conjunto de contactos. El estado de conmutación del relé se indica mediante un LED.
Detector de posición Accionamiento derecho	El detector posee un microinterruptor de accionamiento mecánico. Al aplicarse presión sobre la palanca con rodillo, se activa el microinterruptor. Los contactos abren o cierran un circuito eléctrico. Al retirarse la presión aplicada sobre la placa con rodillo el microinterruptor vuelve a su posición inicial.
Detector de posición Electrónico	Este detector emite una señal eléctrica al acercarse un campo magnético. Las conexiones de tensión de funcionamiento están identificadas con colores rojo (positivo), azul (negativo) y negro (salida de señales). La carga (relé) se conecta a la salida de conmutación y se une al polo negativo. La forma de conexión se aprecia en la figura 1.2.

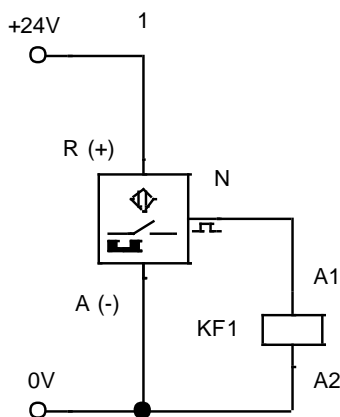


Figura 2.1: “Circuito de conexión, detector de posición electrónico”.



Actividad 1: “Banda transportadora”.

Solución

- Al existir una caja, el cilindro A lo sube: A+.
- Una vez que el cilindro A, ha llegado su límite, el cilindro B empuja la caja: B+.
- Si fue empujada la caja, el cilindro A se retrae para ir por otra caja: A-.
- Finalmente, el cilindro B se retrae (B-) y la secuencia se repite de nuevo.

Por lo tanto la secuencia de operación de la banda transportadora corresponde a la siguiente: $A + B + A - B -$.

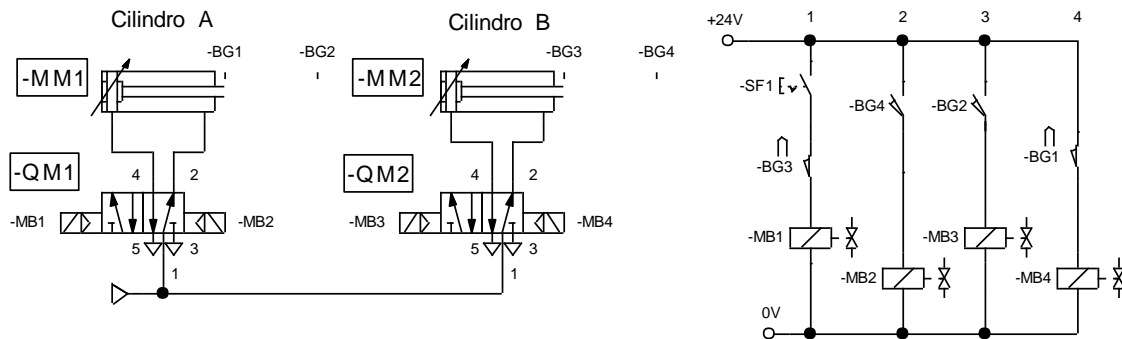


Figura 2.2: “Circuito electropneumático, banda transportadora”.

Al pulsarse el interruptor SF1 se energiza la bobina MB1 activando el avance del vástago del cilindro +MM1, con esto se activa el detector de posición BG2, se activa la bobina MB3 en la rama 3 del circuito. Con esto ya se han generado los movimientos A+/B+.

Luego que se activa el detector de posición BG4 (BG3 se abre, rama 1), producto del avance del vástago del cilindro +MM2, esto provoca el retroceso del vástago del cilindro -MM1. Finalmente se activa el detector de posición BG1, con esto la bobina MB4 y así retrocede el vástago del cilindro -MM2. Con esto se generan los movimientos A-/B-.



Si el interruptor SF1 no se encuentra activado, la secuencia de la banda transportadora se detiene, de manera contraria esta seguirá ejecutándose de forma permanente.

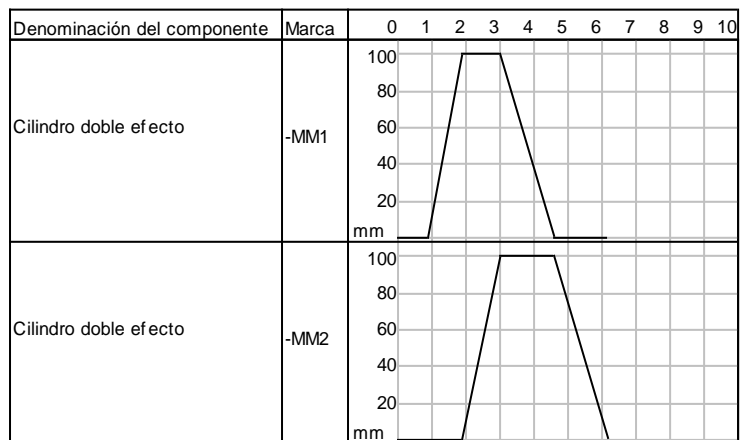


Figura 2.3: “Movimientos de vástagos, banda transportadora”.

Actividad 2: “Banda transportadora y condiciones marginales”.

Solución

Para satisfacer las condiciones marginales presentes en la actividad 2, el sistema electroneumático que será utilizado en este caso es de un circuito de válvulas por impulso, dado que presenta una mayor comodidad al tratar con varias condiciones eléctricas.

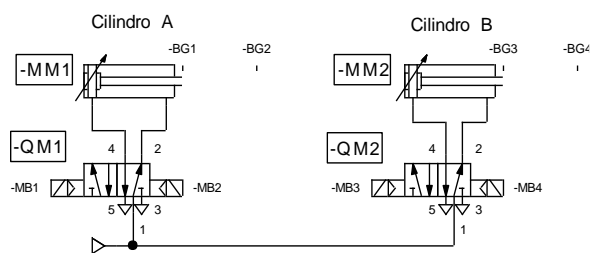


Figura 2.4: “Banda transportadora, para neumática”.

La parte neumática como se muestra en la figura anterior sigue siendo la misma que en la activad 1, dado que las modificaciones de las condiciones marginales solamente se aplican en la parte eléctrica.

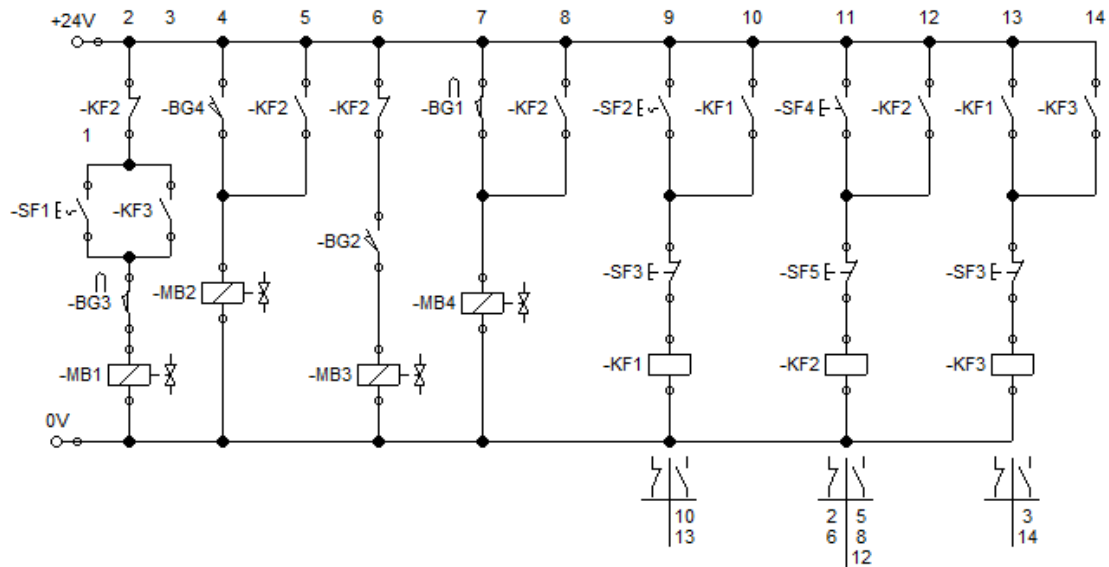


Figura 2.5: “Banda transportadora, parte eléctrica”.

El interruptor SF1, será quien inicie o detenga el funcionamiento de la banda transportadora, siempre y cuando el interruptor de arranque automático SF2 no este activo.

El botón de desconectar automático SF3, detiene la condición de funcionamiento automático, dado que libera las auto-retención producida por el relé KF1. El funcionamiento del botón de parada de emergencia SF4, limita la energía hacia la partida de secuencia en la línea 1 del circuito y además de eso devuelve a su posición inicial a ambos cilindros (MM1 y MM2).

Finalmente, la última condición marginal que fue requerida es el desbloqueo de la parada de emergencia, por medio del botón SF5, quien libera la auto-retención del relé KF2 y así vuelve al estado inicial del circuito electroneumático.

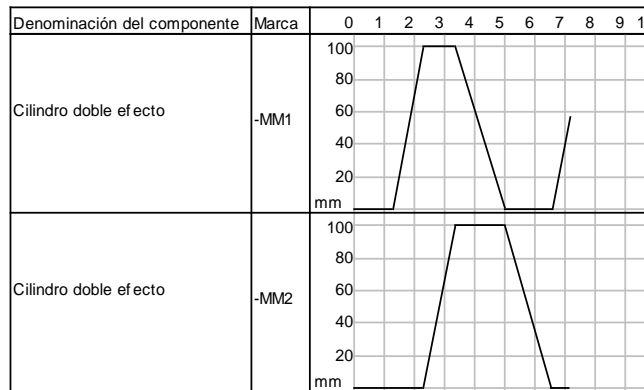


Figura 2.6: “Movimientos de vástagos, banda transportadora”.

Al igual que el caso de la actividad 1, el movimiento de los vástagos de ambos cilindros de doble efecto se mantienen de igual forma, obteniéndose la misma secuencia que se solicita para la banda transportadora.

Nota:

En estas actividades se recomiendan utilizar ambos detectores de posiciones, para generar una mayor familiaridad con los instrumentos, ellos no ocasionaran diferencia en la aplicación de esta resolución.



Experiencia

3

Aplicación de los métodos cascada y paso a paso

Actividad 1: “Método cascada”.

Solución

En la realización del método cascada se seguirán los siguientes pasos, y se tomara el problema de la banda transportadora como si fuera la primera vez que se trata con él.

Paso 1: Establecer el número de actuadores referenciándolos con letras en el orden del abecedario (A, B, C, etc.). Además, se identifica la cantidad de sensores para determinar las señales de cambio del proceso; para estos se utiliza la letra “S”, y para diferenciarlos, se enumeran de manera consecutiva, S1, S2, S3, etc.

Tabla 3.1: “Identificación de elementos”.

Elemento	Cantidad	Descripción
Actuadores	2	A, B
Sensores	4	S1, S2, S3 y S4

Paso 2: Determinar la secuencia, teniendo en cuenta que el desplazamiento hacia afuera del vástago se usa el signo más (+), y para el retorno del vástago el signo menos (-).

- Al existir una caja, el cilindro A la sube: A+.
- Una vez que A, ha llegado su tope superior, el cilindro B empuja la caja: B+.
- Si fue empujada la caja, A se retrae para ir por otra caja: A-.
- Finalmente, el cilindro B se retrae (B-) y la secuencia se repite de nuevo.

Del análisis se deduce que la secuencia de trabajo corresponde a: A+/B+/A-/B-.

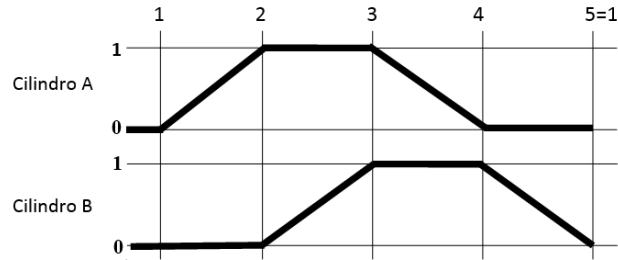


Figura 3.1: “Secuencia Banda transportadora”.

Paso 3: Dividir la secuencia en grupos, teniendo en cuenta que un grupo no puede contener más de un movimiento del mismo actuador (por ejemplo, A+ y A-).

Tabla 3.2: “División de Secuencia mediante método cascada”.

Nº de Grupos	Grupo I	Grupo II
2	A+, B +	A-, B -

Paso 4: Identificar los sensores que realizan los cambios de grupos y al mismo tiempo cual generan el primer movimiento del grupo, simbolizándolos con una flecha por debajo con la referencia del sensor correspondiente. Además, identificar que sensores generan los movimientos internos de grupo, simbolizándolos con una flecha por arriba con la referencia del sensor respectivo.

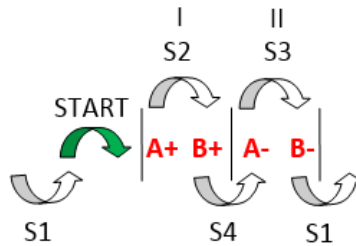


Figura 3.2: “Identificación de sensores”.

Paso 5: Establecer el número de relés que se necesitan para la secuencia, para esto se aplica la siguiente fórmula:

$$Nr = Ng - 1$$

Donde:

Nr: N° de relés

Ng: N° de grupos



$$Nr = 2 - 1 = 1$$

Por lo tanto, se usará un solo relé (KF1).

Paso 6: Construcción parte neumática, debe clasificarse cada elemento según la nomenclatura de la norma “EN 81346-2:2009-10”.

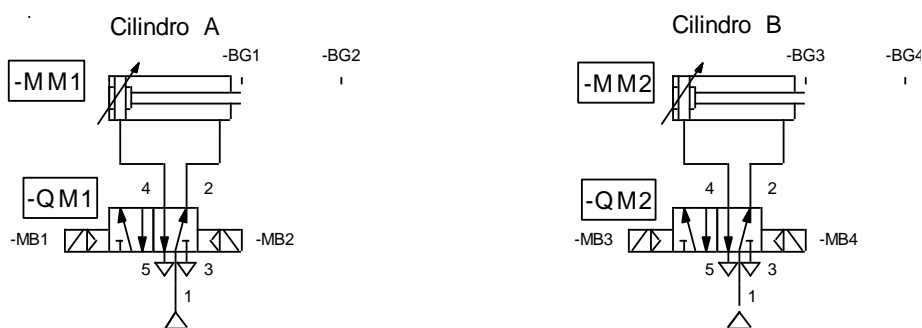


Figura 3.3: “Parte neumática identificada según la norma EN 81346-2:2009-10”.

Paso 7: Diseño de circuito parte eléctrica, Se inicia con la alimentación de 24 V DC, alimentando el primer grupo con las condiciones de cambios de grupo, teniendo en cuenta que hay que crear auto-retención para el relé.

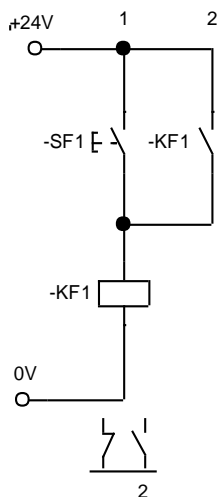


Figura 3.4: “Alimentación y auto-retención para el relé”.



Paso 8: Creación de líneas de alimentación para cada grupo, cada línea se alimenta con los 24 V DC, añadiendo un contacto normalmente abierto del relé (KF1). La última línea de alimentación, se le añade un contacto normalmente cerrado del relé (KF1).

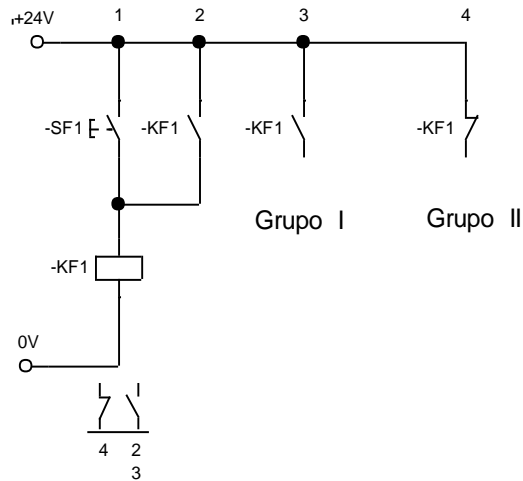


Figura 3.5: “Líneas de alimentación de grupos”.

Paso 9: Conexión de las electroválvulas, el primer movimiento de cada grupo se conecta directamente a la línea de alimentación del respectivo grupo, los siguientes movimientos de grupo se conectan en paralelo a la línea directa, en serie con el sensor (detector de posición).

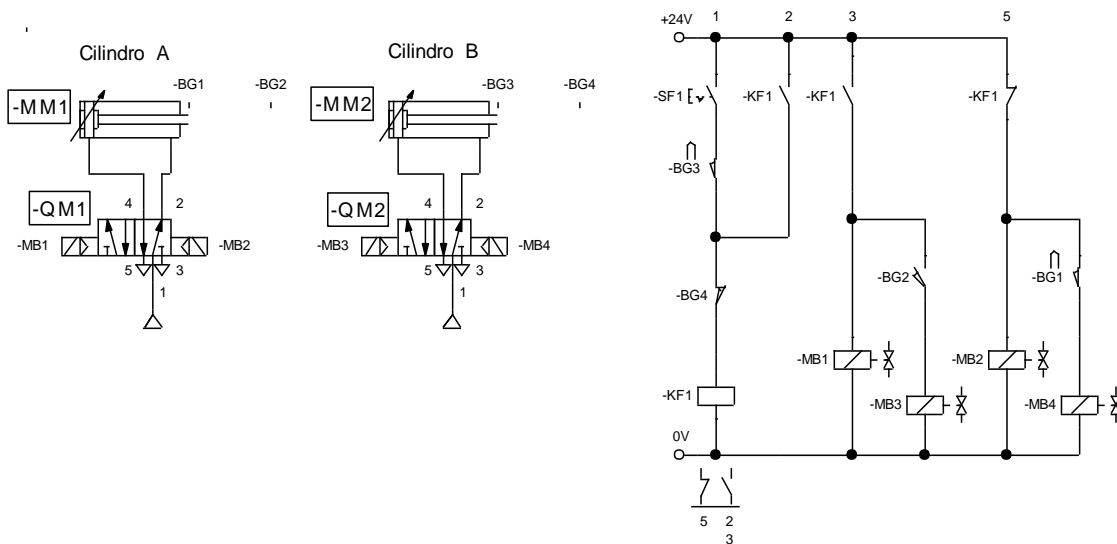


Figura 3.6: “Circuito electropneumático, por método cascada”.



Una vez finalizado el circuito se verifica su buen funcionamiento, con la ayuda del diagrama espacio-fase.

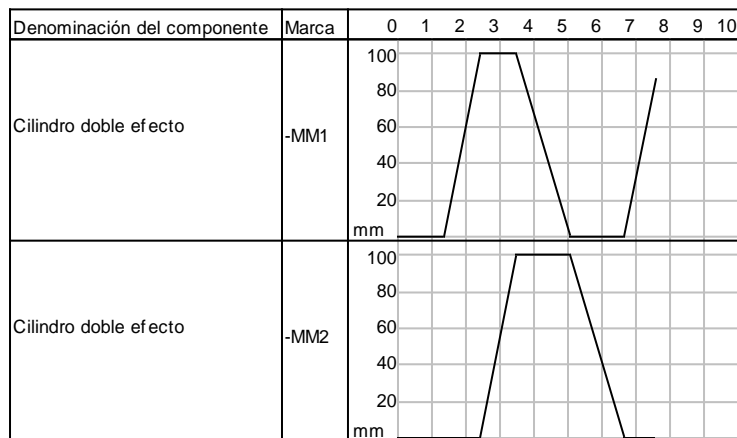


Figura 3.7: “Movimiento de actuadores mediante método cascada”.

Actividad 2: “Método paso a paso”.

Solución

Paso 1: Identificar los actuadores y sensores del problema clasificándolos.

Tabla 3.3: “Identificación de elementos”.

Elemento	Cantidad	Descripción
Actuadores	2	A, B
Sensores	4	S1, S2, S3 y S4

Paso 2: Determinar la secuencia correcta a diseñar. Se divide la secuencia en la mayor cantidad de pasos posibles.

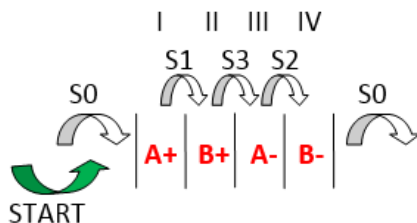


Figura 3.8: “Secuencia por método paso a paso”.



Paso 3: Identificar la cantidad de relés a utilizar, con la siguiente ecuación:

$$Nr = Nm$$

Donde:

Nr: N° de relés

Nm: N° de movimientos

$$Nr = 4$$

Por lo tanto, se usarán cuatro relés (KF1, KF2, KF3 y KF4).

Paso 4: Construcción parte neumática, debe clasificarse cada elemento según la nomenclatura de la norma “EN 81346-2:2009-10”.

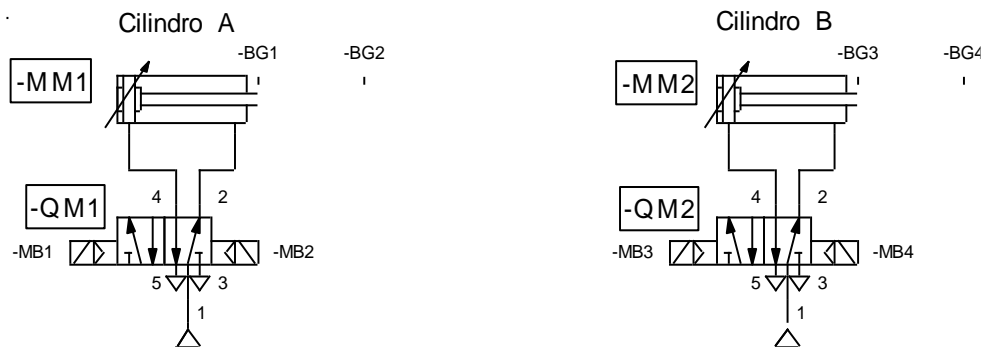


Figura 3.9: “Parte neumática identificada según la norma EN 81346-2:2009-10”.

Paso 5: Diseño de circuito parte eléctrica. Se alimenta con 24V DC al primer relé (Primer paso) en serie con el interruptor de inicio SF1 y se añade la auto-retención del primer relé (KF1). Para liberar la auto-retención se añade en serie el relé del siguiente movimiento.

Para los otros pasos se replica el mismo esquema, pero la activación dependerá de los elementos que hacen los cambios de movimientos. Es importante tener en cuenta que un paso habilita el siguiente y deshabilita el anterior paso.

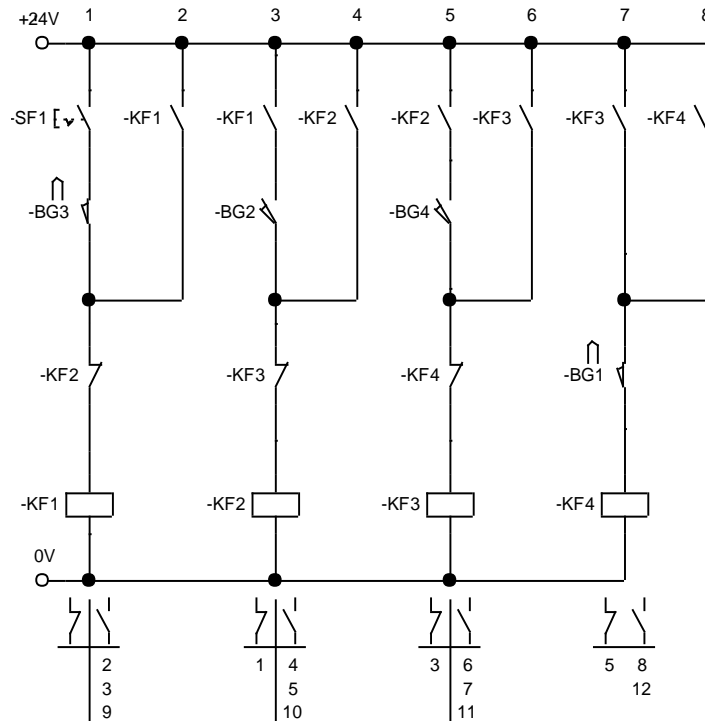


Figura 3.10: “Configuración relés, método paso a paso”.

Paso 6: Conexión de bobinas, cada bobina se conecta en serie con la fuente de alimentación y un contacto normalmente abierto del relé correspondiente al movimiento.

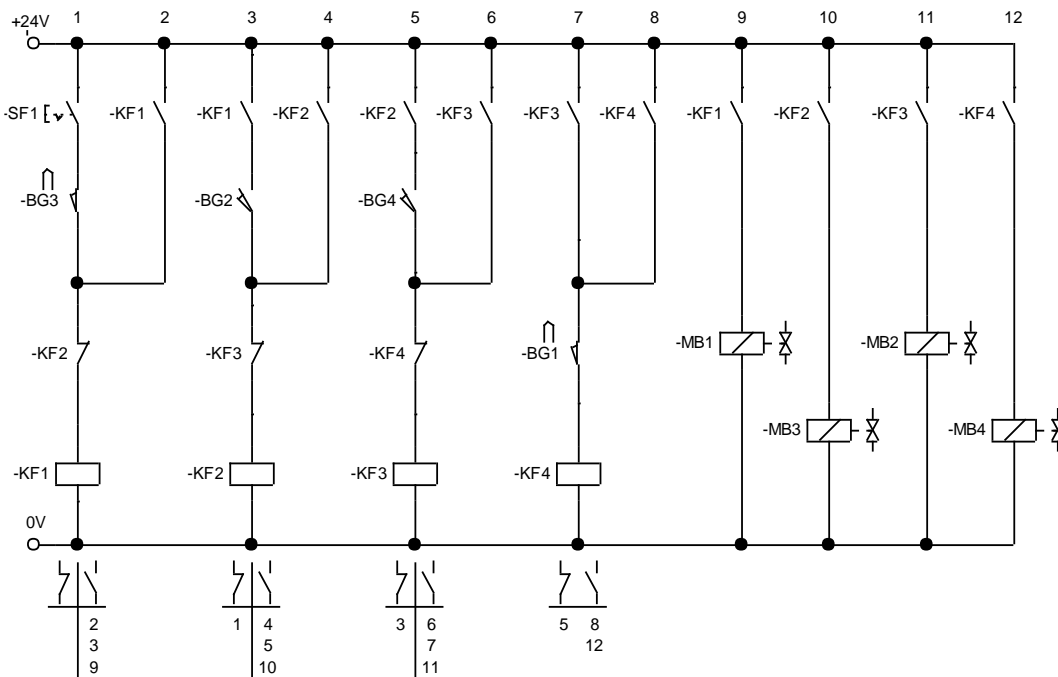


Figura 3.11: “Conexionado de bobinas, método paso a paso”.



Descripción del circuito:

Se activa el interruptor SF1 y BG3 está activo, se energiza el relé KF1, se genera la auto-retención en la línea 2 del circuito y en paralelo en la línea 3 y 9 se activan los contactos. En la línea 9 se realiza el movimiento A+.

Cuando A+ está totalmente salido, se activa BG2, energizando el relé KF2, se genera la auto-retención en la línea 4 y en paralelo los contactos en la línea 1, 5 y 10 son activados. En la línea 1 se libera la auto-retención y en la línea 10 se realiza el movimiento B+.

Después que B+ está totalmente salido, se desactiva BG3; se activa BG4 energizando el relé KF3, se genera la auto-retención en la línea 6 y en paralelo los contactos en la línea 3, 7 y 11 son activados. En la línea 3 se libera la auto-retención y en la línea 11 se realiza el movimiento A-.

Cuando A- está totalmente entrado, se activa BG1 energizando el relé KF4, se genera la auto-retención en la línea 8 y en paralelo los contactos en la línea 5 y 12 son activados. En la línea 5 se libera la auto-retención y en la línea 12 se realiza el movimiento B-.

La secuencia por medio del método paso a paso al igual que el método cascada se puede verificar mediante el diagrama de espacio-fase.

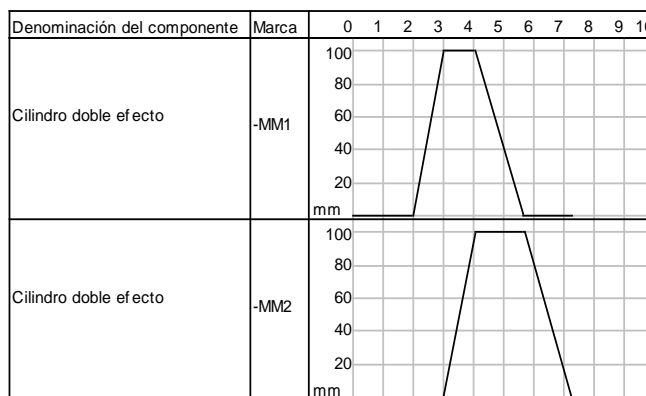


Figura 3.12: “Movimiento de actuadores mediante método paso a paso”.

Nota:

Este método es mucho más complejo de realizar en comparación a la simplicidad que posee el método cascada. Además este método requiere de una mayor cantidad de elementos eléctricos, la cantidad de relés siempre será mayor versus el método cascada.



Experiencia

4

Secuencia larga por método intuitivo

Actividad: “Dispositivo de cortar”.

Solución

La secuencia del dispositivo de cortar es: A-/B+/B-/A+/C+/C-

Se crea el circuito parte neumática con cilindros de doble efecto A, B y C con sus respectivas electroválvulas 5/2 vías y los finales de carrera. La electroválvula QM1 deberá tener una posición inicial contraria a las otras dos electroválvulas, así la posición inicial para el cilindro A (MM1) estará salido.

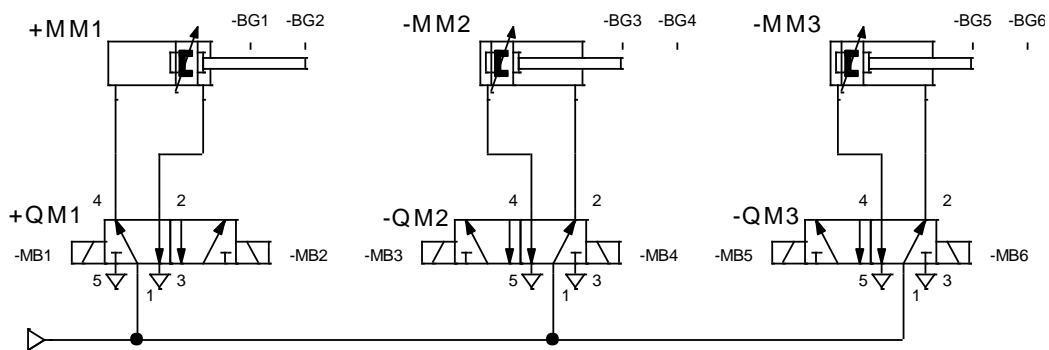


Figura 4.1: “Circuito dispositivo de cortar parte neumática”.

La construcción de la parte del circuito eléctrico se dividirá en tres pasos, para explicar detenidamente su funcionamiento.

Paso 1: Primera línea de mando (A-, B+)

Se alimenta el circuito con 24V DC, el relé KF1 es excitado a través del pulsador SF1 en serie con el detector de posición BG5. Se limita que el vástago del cilindro C este entrado antes que el cilindro A. Además, el contacto KF1 en la línea 2 realiza la auto-retención.

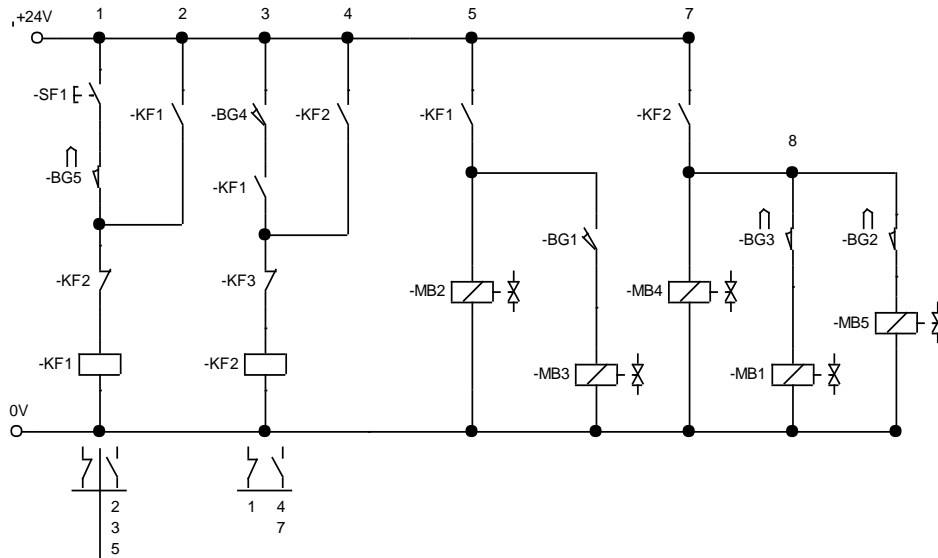


Figura 4.3: “Circuito parte eléctrica, segunda línea de mando”.

Con (B-), se activa el detector de posición (-BG3) y la bobina (-MB1), que a su vez activa la válvula (-QM1); por lo tanto sale el vástago del cilindro A (A+). Por último, al llegar el vástago del cilindro A, a su final de carrera, acciona (-BG2), que activa la bobina (-MB5) en la línea 9 del circuito, se activa la válvula (-QM3) y el vástago del cilindro C sale (C+).

Paso 3: Tercera línea de mando (C-)

Para evitar la nueva interferencia se necesita crear una nueva línea. De esta forma, siguiendo el orden desde el punto anterior, el cilindro C, al estar salido (C+) acciona al detector de posición (-BG6), energizando el relé (-KF3). Esto traerá dos consecuencias:

- El relé (-KF2) se desactivará por el contacto normalmente cerrado (-KF3) en la línea 3. Al desactivarse (-KF2), la línea 9 se desactivará, y con esto las bobinas MB1, MB4 y MB5, eliminando la interferencia que se presentaba y que impedía C-.
- En la línea 12 el contacto normalmente abierto (-KF3), se cerrará, activando la bobina MB6, que conmutará la válvula (-QM3), haciendo volver al vástago del cilindro C (C-).

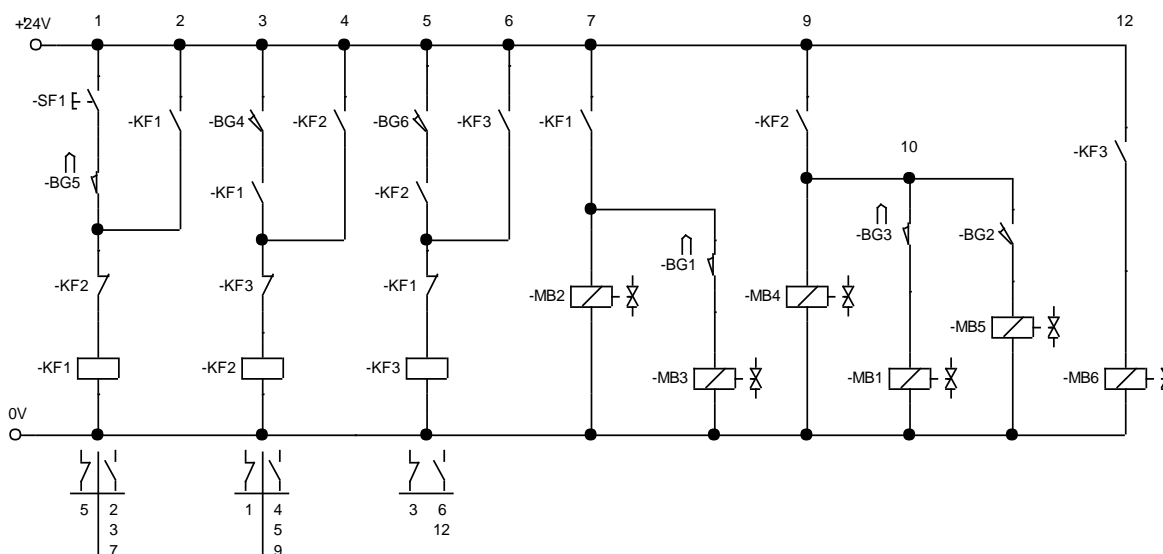


Figura 4.4: “Circuito parte eléctrica finalizado”.

Para finalizar el relé (-KF3) de la línea 5, se desactivará cuando se vuelva a activar el relé (-KF1) en la secuencia.

Nota:

Los contactos normalmente abiertos (-KF1) y (-KF3), de las líneas 3 y 5, tienen como finalidad que los relés KF2 y KF3, sólo se activen en el momento que es necesario.

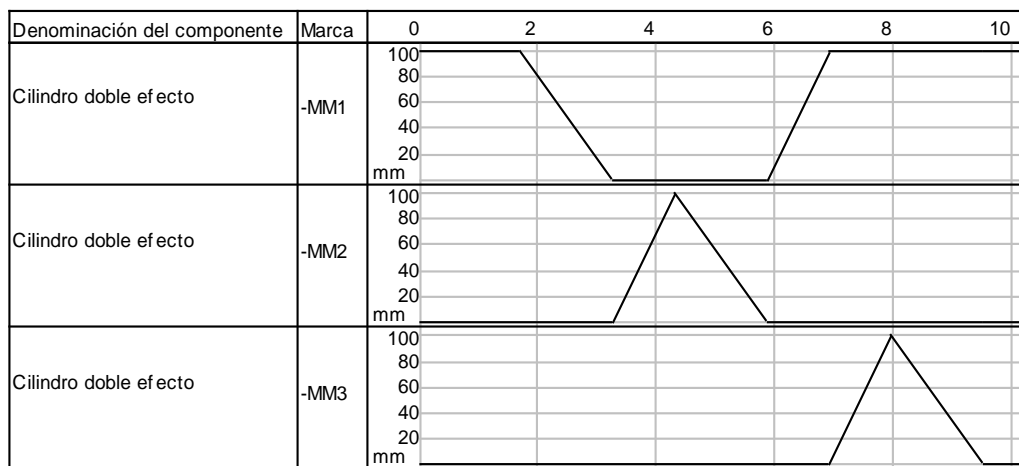


Figura 4.5: “Diagrama espacio-fase, dispositivo de cortar”.



Experiencia

5

Control de ejes en bucle cerrado para sistemas de ensamble de piezas

Conocimientos previos

Los comandos básicos de programación para el brazo posicionador servoneumático, utilizados con el software WinPISA se detallan a continuación:

Figura 5.1: “Comandos básicos de programación”.

Comando	Descripción
G01	Mover a la posición en la velocidad más alta posible. G00 [G90 G91] X<Posición> [Y, Z, U].
#SQ1.1 #RQ1.0	Abrir pinzas
#RQ1.0 #SQ1.1	Cerrar pinzas
M00	Parada programada.
M30	Fin de programa con repetición.

Nota:

Para configurar la velocidad de desplazamiento del comando “G01”, en la misma línea de código después de señalar la posición de desplazamiento se debe añadir “FX ó FY” dependiendo del caso y señalar la velocidad. Por ejemplo G01 X30 FX20.

Configuración de hardware para brazo posicionador con SPC200

Para iniciar debemos ir a “1st. AIF String”, damos clic derecho y seleccionamos la opción “insert object / Positioning axes”.

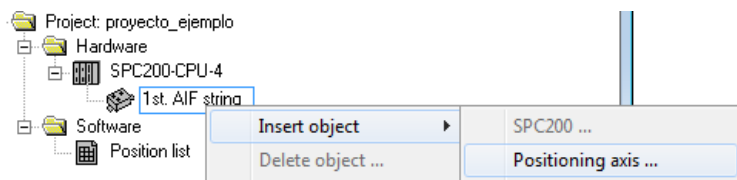


Figura 5.2: “Configuración de ejes”.



Para la configuración del equipamiento, se usará parámetros de dispositivos similares, ya que en la base de datos no están disponibles los modelos reales. Para el eje X se usará la configuración DGP-32-100...350 y en el eje Y seleccionamos DGPI-25-225.

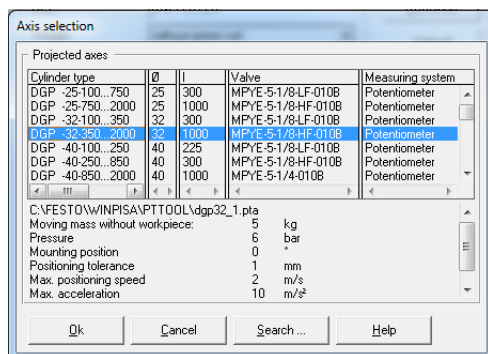


Figura 5.3: “Configuración de ejes”.

Se configura la pinza, para eso debemos ir a “1st. AIF String”, damos clic derecho y seleccionamos la opción “Insert object / I/O Modules ...”.

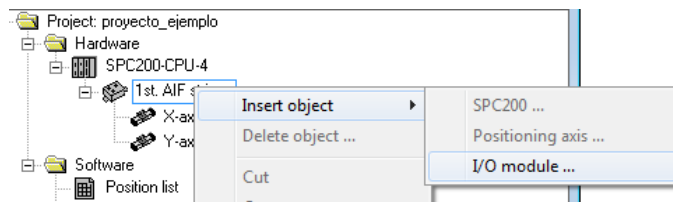


Figura 5.4: “Selección modulo de entrada”.

En la ventana emergente seleccionamos el tipo de interfaz para controlar la pinza, en este caso seleccionamos SPC-FIO-2E/2A-M8.

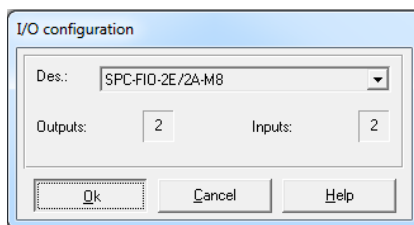


Figura 5.5: “Controlador de pinza”.



Si observamos el directorio del proyecto, debe poseer la siguiente configuración.



Figura 5.6: “Ejes y Gripper configurado”.

Para finalizar, solo basta descargar la configuración en el controlador. En la barra superior damos clic en “Online/Download/Project” y aceptamos.

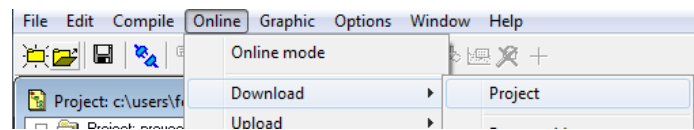


Figura 5.7: “Descargar configuración del proyecto”.

Crear y cargar un nuevo programa

Hacemos clic en “Software”, luego damos clic en “Insert object...”. A continuación, debemos asignar un nombre a nuestro código, por el ejemplo “programa 0”, aceptamos y aparecerá la ventana de código.

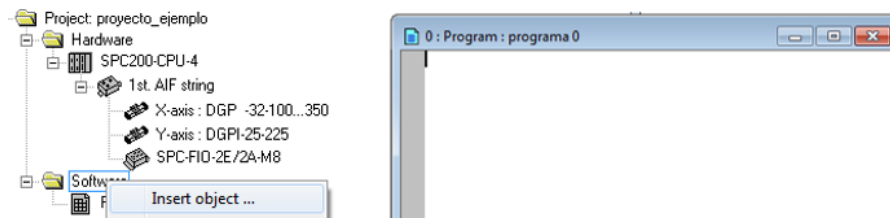


Figura 5.8: “Venta de código programa”.

Luego en esta ventana de código escribimos nuestro programa, teniendo en cuenta los códigos de programación y los límites de movimiento de cada eje, en caso de que un límite no se respete, el programa arrojará un error.



Después de terminar de escribir nuestro programa debemos descargarlo en el controlador SPC200, se debe estar en el modo “Online”. Luego vamos a “Online/Download/Project” y hacer clic, con esto se descargará el programa en el controlador.

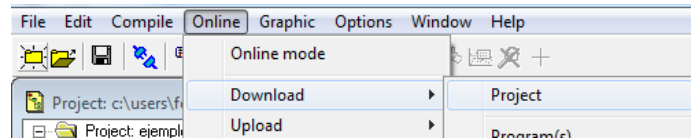


Figura 5.9: “Descargar programa”.

Ahora para iniciar el programa debemos ir a “Online/Control axes...” seleccionamos “Programa 0” y damos Ok.

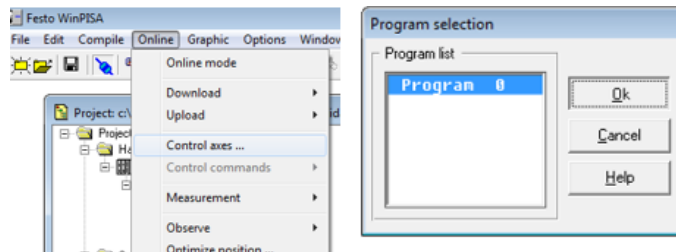


Figura 5.10: “Selección de programa”.

En la barra de herramientas se activarán nuevas opciones que nos permitirán controlar nuestro programa.

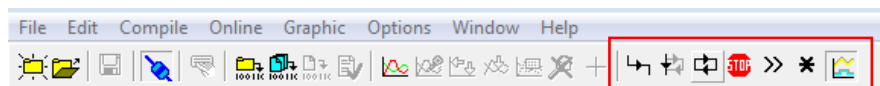


Figura 5.11: “Opciones de control para programa”.



Trabajo de laboratorio

Actividad: “Ensamble de piezas de engranaje”.

Problema

Se solicita implementar un sistema de accionamiento servoneumático de ensamble de precisión para engranajes automotrices, para esto se sabe que la zona de ensamble es alimentada por un cinta que transporta los engranajes a ensamblar y otro que retira las piezas ya ensambladas (ver figura 5.12). Se solicita al programador configurar el equipo para lograr la tarea requerida.

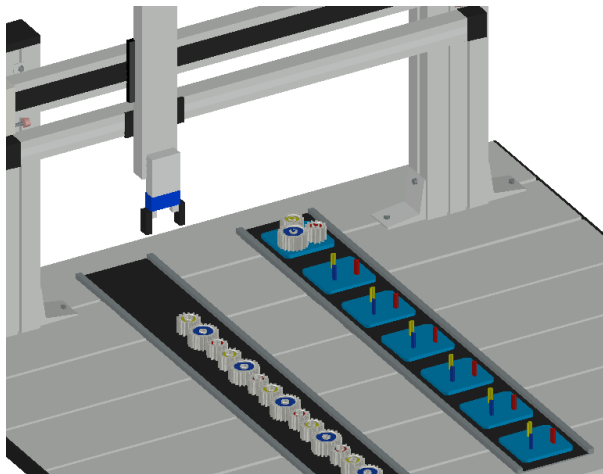


Figura 5.12: “Ensamble de engranajes”.



Programa principal

;INICIO PROGRAMA

N000 #SQ1.0 ;ABRIR PINZA
 N001 #RQ1.1 ;ABRIR PINZA
 N002 G01 X30 FX00 Y170 FY00 ;POSICION DE SEGURIDAD

;ENGRANAJE 1

N003 G01 X180 FX00 ;LLEVA PINZA SOBRE PIEZA 1 A MAX VELOCIDAD
 N004 G01 Y40 FY07 ;BAJA PINZA SOBRE PIEZA 1 A 7% DE VEL. MAX.
 N005 #RQ1.0 ;CERRAR PINZA
 N006 #SQ1.1 ;CERRAR PINZA
 N007 G01 X30 FX00 Y170 FY00 ;LLEVA PIEZA 1 SOBRE ENCAJE A MAX. VEL.
 N008 G01 Y40 FY07 ;BAJA PIEZA 1 SOBRE ENCAJE A 7% DE VEL. MAX
 N009 #SQ1.0 ;ABRIR PINZA
 N010 #RQ1.1 ;ABRIR PINZA

;ENGRANAJE 2

N011 G01 Y100 FY30 ;SUBE BRAZO A 30% DE VEL. MAX.
 N012 G01 X180 FX00 ;LLEVA PINZA SOBRE PIEZA 2 A MAX VELOCIDAD
 N013 G01 Y40 FY07 ;BAJA PINZA SOBRE PIEZA 2 A 7% DE VEL. MAX.
 N014 #RQ1.0 ;CERRAR PINZA
 N015 #SQ1.1 ;CERRAR PINZA
 N016 G01 X30 FX00 Y170 FY00 ;LLEVA PIEZA 2 SOBRE ENCAJE A MAX. VEL.
 N017 G01 Y80 FY07 ;BAJA PIEZA 2 SOBRE ENCAJE A 7% DE VEL. MAX
 N018 #SQ1.0 ;ABRIR PINZA
 N019 #RQ1.1 ;ABRIR PINZA

;ENGRANAJE 3

N020 G01 Y120 FY30 ;SUBE BRAZO A 30% DE VEL. MAX.
 N021 G01 X180 FX00 ;LLEVA PINZA SOBRE PIEZA 3 A MAX VELOCIDAD
 N022 G01 Y40 FY07 ;BAJA PINZA SOBRE PIEZA 3 A 7% DE VEL. MAX.
 N023 #RQ1.0 ;CERRAR PINZA
 N024 #SQ1.1 ;CERRAR PINZA
 N025 G01 X30 FX00 Y170 FY00 ;LLEVA PIEZA 3 SOBRE ENCAJE A MAX. VEL.
 N026 G01 Y120 FY07 ;BAJA PIEZA 3 SOBRE ENCAJE A 7% DE VEL. MAX
 N027 #SQ1.0 ;ABRIR PINZA
 N028 #RQ1.1 ;ABRIR PINZA

;REPETIR PROGRAMA

N029 G01 Y160 FY30 ;SUBE BRAZO A 30% DE VEL. MAX.
 N030 E053 ;REPITE EL CICLO DESDE N003
 N031 M30 ;FIN DEL PROGRAMA



Experiencia

6

Sistemas de paletización de productos peligrosos

Conocimientos previos

Parada de emergencia

Siempre se debe tener en consideración los protocolos de emergencia en cualquier proceso industrial, en manufactura la instalación de un botón de parada de emergencia es esencial, ya que sirve para proteger los sistemas y operadores en situaciones de riesgo.

Los siguientes requisitos deben ser considerados al implementar la parada de emergencia:

- Estar ubicado en un lugar de rápido y fácil acceso.
- Cumplir con las normas correspondientes (botón de color rojo sobre un fondo de color amarillo).
- Al activar la parada, el sistema debe llevarse a una posición o estado de seguridad.
- Al presionar el botón, el sistema debe desconectarse de la alimentación eléctrica.
- Después de soltar el botón de parada de emergencia, es posible que el sistema no se reinicie.

Configuración eléctrica de la función parada de emergencia

La función parada de emergencia debe ser implementada para que, en caso de fallo de la alimentación eléctrica, el sistema asuma una posición de seguridad. Por lo tanto, cada botón de emergencia debe ser diseñado como un contacto normalmente cerrado.

La figura 6.1 muestra el conexionado eléctrico del botón de parada de emergencia. El botón parada de emergencia interrumpe la tensión de alimentación del circuito de carga. La alimentación del controlador se mantiene cuando se pulsa el botón de parada de emergencia.

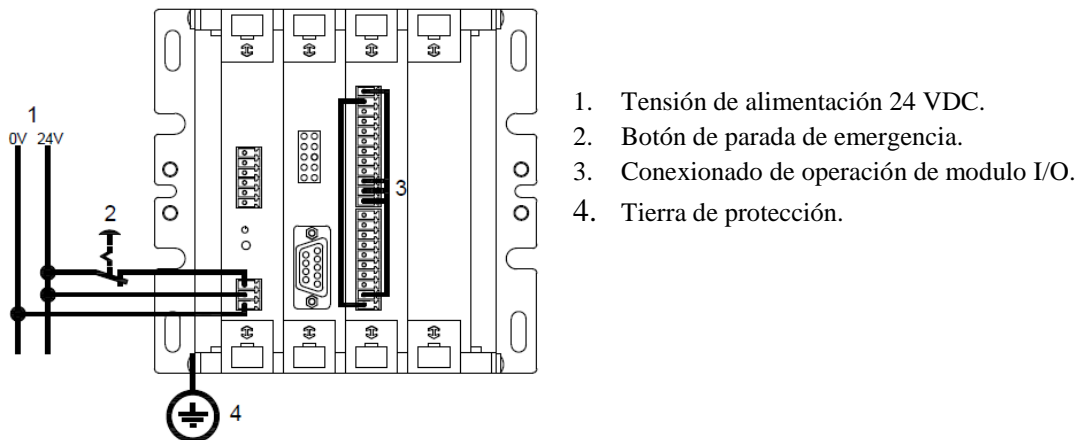


Figura 6.1: “Configuración eléctrica de la parada de emergencia”.

Diseño neumático de la función parada de emergencia

Las válvulas de conmutación se posicionan entre la válvula proporcional y el actuador lineal para asegurar un comportamiento claro del eje NC en caso de fallo de la alimentación eléctrica o si es activa la parada de emergencia. En caso de fallo, estas válvulas garantizan que se establezca un nivel de presión definido en las cámaras del cilindro o que se cierren las cámaras del cilindro.

La configuración de la función parada de emergencia varía dependiendo de la conexión que se realice en las válvulas QM1 y QM2 (ver figura 6.2), específicamente del terminal 3 de estas válvulas. La configuración se detalla en la tabla a continuación:

Tabla 6.1: “Comportamiento frente a una parada de emergencia”.

Comportamiento de cilindro	Puerto 3 válvula QM1	Puerto 3 válvula QM2
Liberar actuadores	Conectar silenciador	Conectar silenciador
Pistón sujetado	Cerrar con tapón	Cerrar con tapón
Posición final derecha	Conecte el aire comprimido	Conecte la válvula de control de flujo
Posición final izquierda	Conecte la válvula de control de flujo con silenciador	Conecte el aire comprimido



- En funcionamiento normal, se accionan las tres válvulas de conmutación QM1, QM2 y QM3. Los puertos 2 y 4 de la válvula proporcional están conectados a las dos cámaras del cilindro de doble efecto. El eje se controla con una válvula proporcional de 5/3 vías.
- En caso de parada de emergencia y en fallo de alimentación eléctrica, las válvulas QM1, QM2 y QM3 vuelven a la posición neutra. La válvula proporcional se desconecta de las cámaras del cilindro.

Pistón sujetado neumáticamente.

Si ambas cámaras están apagadas en el caso de una parada de emergencia (figura 6.2), esto conduce al siguiente comportamiento:

- El pistón se desacelera rápidamente.
- El pistón se mantiene en su posición por fricción y por sujeción entre ambas columnas de aire después de la finalización de la operación de deceleración.

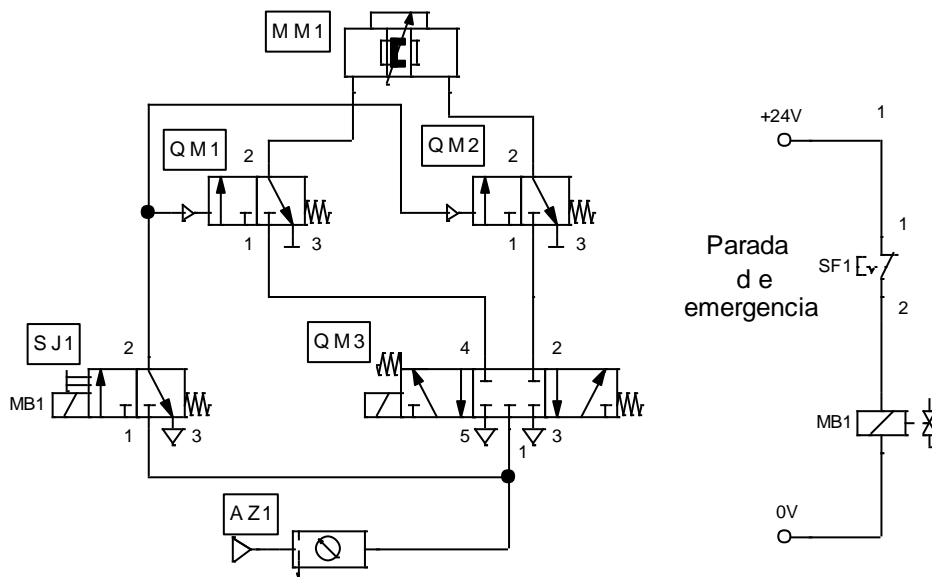


Figura 6.2: “Circuito parada de emergencia, pistón sujetado”.



Trabajo de laboratorio

Actividad: “Paletización de productos radioactivos”.

Problema

Una empresa de almacenamiento de sustancias radioactiva se requiere para sus instalaciones un pórtico de 2 ejes para línea de bodega. Debido a que son residuos radioactivos el personal humano no está habilitado para hacer esta tarea, por lo cual requiere de un especialista para programar el equipo adecuado para la tarea. La solicitud implica trabajar con una lista de posiciones de almacenamiento preestablecidas que el pórtico debe ir llenando a medida que llegan los residuos, una vez llena la bodega debe detenerse y encender una baliza de aviso. Se sabe que es un proceso crítico y que debe contar con una parada de emergencia en caso de cualquier complicación.

Nota:

Teniendo en consideración los elementos de laboratorio se debe pensar en una solución para un sistema con solo 6 posiciones de paletizado.

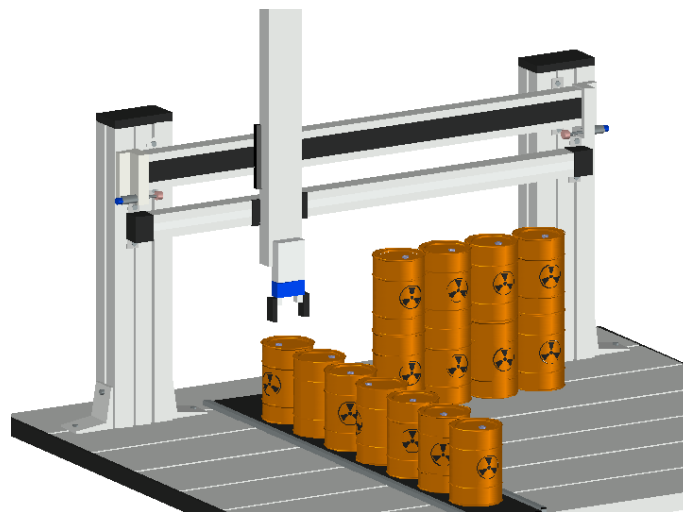


Figura 6.3: “Paletización de productos peligrosos”.



Programa principal

; INICIO PROGRAMA

N000 #SQ1.0 ; ABRIR PINZA
 N001 #RQ1.1 ; ABRIR PINZA
 N002 G01 X180 FX00 Y170 FY00 ; POSICION DE SEGURIDAD

; CONTEO Y SELECCIÓN DE PROCESO

N003 #LR0=6 ; FIJAR UN VALOR EN EL REGISTRO = 6
 N004 #TR0=6 11 ; REGISTRO ES = 6? SI LO ES, IR A N011
 N005 #TR0=5 13 ; REGISTRO ES = 5? SI LO ES, IR A N013
 N006 #TR0=4 15 ; REGISTRO ES = 4? SI LO ES, IR A N015
 N007 #TR0=3 17 ; REGISTRO ES = 3? SI LO ES, IR A N017
 N008 #TR0=2 19 ; REGISTRO ES = 2? SI LO ES, IR A N019
 N009 #TR0=1 21 ; REGISTRO ES = 1? SI LO ES, IR A N021
 N010 #TR0=0 23 ; REGISTRO ES = 0? SI LO ES, IR A N023

; INICIO DE SUB-PROGRAMAS

N011 L1 ; INICIAR SUB-PROGRAMA 1
 N012 E054 ; VOLVER A N004

N013 L2 ; INICIAR SUB-PROGRAMA 2
 N014 E054 ; VOLVER A N004

N015 L3 ; INICIAR SUB-PROGRAMA 3
 N016 E05 4 ; VOLVER A N004

N017 L4 ; INICIAR SUB-PROGRAMA 4
 N018 E05 4 ; VOLVER A N004

N019 L5 ; INICIAR SUB-PROGRAMA 5
 N020 E05 4 ; VOLVER A N004

N021 L6 ; INICIAR SUB-PROGRAMA 6
 N022 E05 4 ; VOLVER A N004

N023 M30 ; FIN DEL PROGRAMA



Sub-programa 1

N000	#SQ1.0	; ABRIR PINZA
N001	#RQ1.1	; ABRIR PINZA
N002	#TI1.0	; ¿PINZA ABIERTA?
N003	E05 2	; SI NO, TESTEAR DENUEVO
N004	G01 Y40 FY03	; BAJAR SOBRE BARRIL
N005	#RQ1.0	; CERRAR PINZA (TOMAR BARRIL)
N006	#SQ1.1	; CERRAR PINZA (TOMAR BARRIL)
N007	#TI1.0 9	; ¿PINZA CERRADA?
N008	E05 7	; SI NO, TESTEAR DENUEVO
N009	G01 Y150 FY20	; SUBIR BARRIL AL 20% DE VEL. MAX
N010	G01 X30 FX20	; MOVER SOBRE SU POCISION FINAL
N011	G01 Y40 FY03	; BAJAR A SU POCISION FINAL
N012	#SQ1.0	; ABRIR PINZA
N013	#RQ1.1	; ABRIR PINZA
N014	#TI1.0	; ¿PINZA ABIERTA?
N015	E05 14	; SI NO, TESTEAR DENUEVO
N016	G01 Y150 FY00	; UBICAR SOBRE BARRIL
N017	G01 X180 FX00	; LLEVAR A POSICION INICIAL
N018	#AR0=-1	; DECREMENTAR CONTADOR
N019	M02	; FIN SUB PROGRAMA 1

Sub-programa 2

N000	#SQ1.0	; ABRIR PINZA
N001	#RQ1.1	; ABRIR PINZA
N002	#TI1.0	; ¿PINZA ABIERTA?
N003	E05 2	; SI NO, TESTEAR DENUEVO
N004	G01 Y40 FY03	; BAJAR SOBRE BARRIL
N005	#RQ1.0	; CERRAR PINZA (TOMAR BARRIL)
N006	#SQ1.1	; CERRAR PINZA (TOMAR BARRIL)
N007	#TI1.0 9	; ¿PINZA CERRADA?
N008	E05 7	; SI NO, TESTEAR DENUEVO
N009	G01 Y150 FY20	; SUBIR BARRIL AL 20% DE VEL. MAX
N010	G01 X30 FX20	; MOVER SOBRE SU POCISION FINAL
N011	G01 Y80 FY03	; BAJAR A SU POCISION FINAL
N012	#SQ1.0	; ABRIR PINZA
N013	#RQ1.1	; ABRIR PINZA
N014	#TI1.0	; ¿PINZA ABIERTA?
N015	E05 14	; SI NO, TESTEAR DENUEVO
N016	G01 Y150 FY00	; UBICAR SOBRE BARRIL
N017	G01 X180 FX00	; LLEVAR A POSICION INICIAL
N018	#AR0=-1	; DECREMENTAR CONTADOR
N019	M02	; FIN SUB PROGRAMA 1



Sub-programa 3

N000	#SQ1.0	; ABRIR PINZA
N001	#RQ1.1	; ABRIR PINZA
N002	#TI1.0	; ¿PINZA ABIERTA?
N003	E05 2	; SI NO, TESTEAR DENUEVO
N004	G01 Y40 FY03	; BAJAR SOBRE BARRIL
N005	#RQ1.0	; CERRAR PINZA (TOMAR BARRIL)
N006	#SQ1.1	; CERRAR PINZA (TOMAR BARRIL)
N007	#TI1.0 9	; ¿PINZA CERRADA?
N008	E05 7	; SI NO, TESTEAR DENUEVO
N009	G01 Y150 FY20	; SUBIR BARRIL AL 20% DE VEL. MAX
N010	G01 X70 FX20	; MOVER SOBRE SU POCISION FINAL
N011	G01 Y40 FY03	; BAJAR A SU POCISION FINAL
N012	#SQ1.0	; ABRIR PINZA
N013	#RQ1.1	; ABRIR PINZA
N014	#TI1.0	; ¿PINZA ABIERTA?
N015	E05 14	; SI NO, TESTEAR DENUEVO
N016	G01 Y150 FY00	; UBICAR SOBRE BARRIL
N017	G01 X180 FX00	; LLEVAR A POSICION INICIAL
N018	#AR0=-1	; DECREMENTAR CONTADOR
N019	M02	; FIN SUB PROGRAMA 1

Sub-programa 4

N000	#SQ1.0	; ABRIR PINZA
N001	#RQ1.1	; ABRIR PINZA
N002	#TI1.0	; ¿PINZA ABIERTA?
N003	E05 2	; SI NO, TESTEAR DENUEVO
N004	G01 Y40 FY03	; BAJAR SOBRE BARRIL
N005	#RQ1.0	; CERRAR PINZA (TOMAR BARRIL)
N006	#SQ1.1	; CERRAR PINZA (TOMAR BARRIL)
N007	#TI1.0 9	; ¿PINZA CERRADA?
N008	E05 7	; SI NO, TESTEAR DENUEVO
N009	G01 Y150 FY20	; SUBIR BARRIL AL 20% DE VEL. MAX
N010	G01 X70 FX20	; MOVER SOBRE SU POCISION FINAL
N011	G01 Y80 FY03	; BAJAR A SU POCISION FINAL
N012	#SQ1.0	; ABRIR PINZA
N013	#RQ1.1	; ABRIR PINZA
N014	#TI1.0	; ¿PINZA ABIERTA?
N015	E05 14	; SI NO, TESTEAR DENUEVO
N016	G01 Y150 FY00	; UBICAR SOBRE BARRIL
N017	G01 X180 FX00	; LLEVAR A POSICION INICIAL
N018	#AR0=-1	; DECREMENTAR CONTADOR
N019	M02	; FIN SUB PROGRAMA 1



Sub-programa 5

N000	#SQ1.0	; ABRIR PINZA
N001	#RQ1.1	; ABRIR PINZA
N002	#TI1.0	; ¿PINZA ABIERTA?
N003	E05 2	; SI NO, TESTEAR DENUEVO
N004	G01 Y40 FY03	; BAJAR SOBRE BARRIL
N005	#RQ1.0	; CERRAR PINZA (TOMAR BARRIL)
N006	#SQ1.1	; CERRAR PINZA (TOMAR BARRIL)
N007	#TI1.0 9	; ¿PINZA CERRADA?
N008	E05 7	; SI NO, TESTEAR DENUEVO
N009	G01 Y150 FY20	; SUBIR BARRIL AL 20% DE VEL. MAX
N010	G01 X110 FX20	; MOVER SOBRE SU POCISION FINAL
N011	G01 Y40 FY03	; BAJAR A SU POCISION FINAL
N012	#SQ1.0	; ABRIR PINZA
N013	#RQ1.1	; ABRIR PINZA
N014	#TI1.0	; ¿PINZA ABIERTA?
N015	E05 14	; SI NO, TESTEAR DENUEVO
N016	G01 Y150 FY00	; UBICAR SOBRE BARRIL
N017	G01 X180 FX00	; LLEVAR A POSICION INICIAL
N018	#AR0=-1	; DECREMENTAR CONTADOR
N019	M02	; FIN SUB PROGRAMA 1

Sub-programa 6

N000	#SQ1.0	; ABRIR PINZA
N001	#RQ1.1	; ABRIR PINZA
N002	#TI1.0	; ¿PINZA ABIERTA?
N003	E05 2	; SI NO, TESTEAR DENUEVO
N004	G01 Y40 FY03	; BAJAR SOBRE BARRIL
N005	#RQ1.0	; CERRAR PINZA (TOMAR BARRIL)
N006	#SQ1.1	; CERRAR PINZA (TOMAR BARRIL)
N007	#TI1.0 9	; ¿PINZA CERRADA?
N008	E05 7	; SI NO, TESTEAR DENUEVO
N009	G01 Y150 FY20	; SUBIR BARRIL AL 20% DE VEL. MAX
N010	G01 X110 FX20	; MOVER SOBRE SU POCISION FINAL
N011	G01 Y80 FY03	; BAJAR A SU POCISION FINAL
N012	#SQ1.0	; ABRIR PINZA
N013	#RQ1.1	; ABRIR PINZA
N014	#TI1.0	; ¿PINZA ABIERTA?
N015	E05 14	; SI NO, TESTEAR DENUEVO
N016	G01 Y150 FY00	; UBICAR SOBRE BARRIL
N017	G01 X180 FX00	; LLEVAR A POSICION INICIAL
N018	#AR0=-1	; DECREMENTAR CONTADOR
N019	M02	; FIN SUB PROGRAMA 1



Experiencia

7

Sistemas de alta velocidad para tareas industriales

Trabajo de laboratorio

Actividad: “Estación de remachado de tapas de botellas”.

Problema

Una empresa de renombre en venta de bebidas alcohólicas requiere para su línea de producción de botellas de cerveza un nuevo sistema de remachado de tapas, las cervezas llegan en bandejas de 12 botellas (matriz 3 x 4), el cliente solicita que se le informe cuál o cuáles son las mejores opciones de secuencia de remachado para hacer la tarea de la manera más rápida posible y así aumentar la producción diaria, se deben presentar propuestas funcionales para resolver el problema.

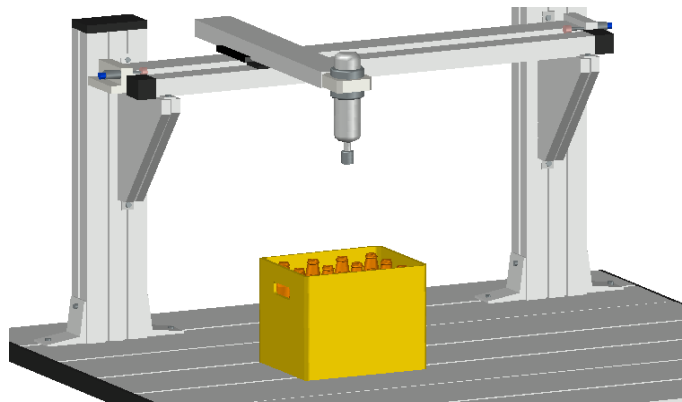


Figura 7.1: “Remachado de tapas de cerveza”.

Solución

Como se debe seleccionar la manera más rápida de hacer el remachado de tapas de botella, es necesario estudiar las posibilidades y analizar cual es más conveniente para programar, a continuación se proponen 3 opciones para representar el estudio realizado que justificará la elección de la secuencia a programar.

Opción 1: Se procede a hacer la sumatoria de las distancias para calcular el recorrido total del brazo, siendo X la distancia entre las botellas.

$$\text{Total opción 1} = Y + X + Y + X + Y + Z$$

$$\text{Total opción 1} = 3X + X + 3X + X + 3X + 3.6X$$

$$\text{Total opción 1} = 14.6X$$

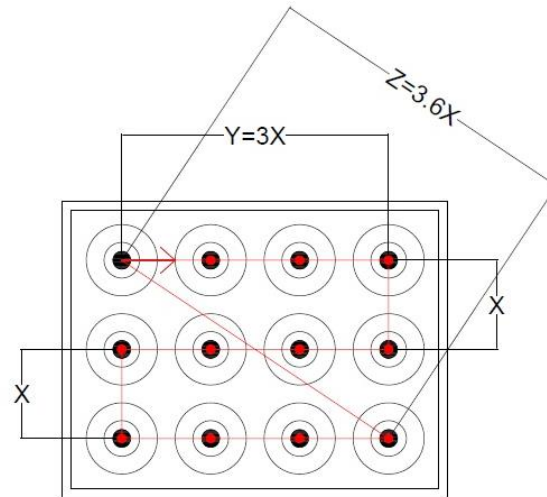


Figura 7.2: “Distancia entre las botellas, opción 1”.

Opción 2: Se procede a hacer la sumatoria de las distancias para calcular el recorrido total del brazo para la segunda opción, siendo X la distancia entre las botellas.

$$\text{Total opción 2} = Y + U + Y + U + Y + Z$$

$$\text{Total opción 2} = 3X + 3.16X + 3X + 3.16X + 3X + 3.6X$$

$$\text{Total opción 2} = 22.24X$$

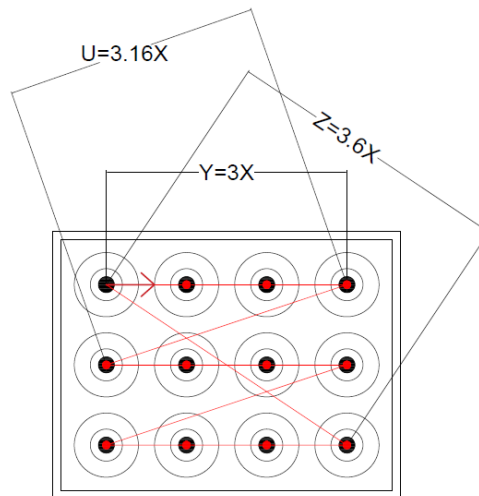


Figura 7.3: “Distancia entre las botellas, opción 2”.

Opción 3: Se procede a hacer la sumatoria de las distancias para calcular el recorrido total del brazo para la tercera opción, siendo X la distancia entre las botellas.

$$\text{Total opción 3} = Y + 2X + X + X + X + X + X + 2X$$



Programa principal

; INICIO PROGRAMA		
N000	#SQ1.0	; ABRIR PINZA
N001	#RQ1.1	; ABRIR PINZA
N002	G01 X180 FX00 Y170 FY00	; POSICION DE SEGURIDAD
; PASEO POR POSICIONES SEGÚN DISEÑO		
N003	G01 X150 FX00 Y120 FY00	; 1ª POSICION
N004	L1	; SUB-PROGRAMA DE REMACHE
N005	G01 X120 FX00	; 2ª POSICION
N006	L1	; SUB-PROGRAMA DE REMACHE
N007	G01 X90 FX00	; 3ª POSICION
N008	L1	; SUB-PROGRAMA DE REMACHE
N009	G01 X60 FX00	; 4ª POSICION
N010	L1	; SUB-PROGRAMA DE REMACHE
N011	G01 Y90 FY00	; 5ª POSICION
N012	L1	; SUB-PROGRAMA DE REMACHE
N013	G01 Y60 FY00	; 6ª POSICION
N014	L1	; SUB-PROGRAMA DE REMACHE
N015	G01 X90 FX00	; 7ª POSICION
N016	L1	; SUB-PROGRAMA DE REMACHE
N017	G01 Y90 FX00	; 8ª POSICION
N018	L1	; SUB-PROGRAMA DE REMACHE
N019	G01 X120 FX00	; 9ª POSICION
N020	L1	; SUB-PROGRAMA DE REMACHE
N021	G01 Y60 FY00	; 10ª POSICION
N022	L1	; SUB-PROGRAMA DE REMACHE
N023	G01 X150 FX00	; 11ª POSICION
N024	L1	; SUB-PROGRAMA DE REMACHE
N025	G01 Y90 FY00	; 12ª POSICION
N026	L1	; SUB-PROGRAMA DE REMACHE
N027	G01 Y120 FY00	; 1ª POSICION
N028	M30	; FIN DEL PROGRAMA

Sub-programa 1

; INICIO PROGRAMA		
N000	#RQ1.0	; CERRAR PINZA
N001	#SQ1.1	; CERRAR PINZA
N002	#SQ1.0	; ABRIR PINZA
N003	#RQ1.1	; ABRIR PINZA
N004	M02	; FIN DEL SUB PROGRAMA