



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA

**ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y REDES
INDUSTRIALES**

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO PARA
SIMULAR Y CONTROLAR EL PROCESO DE EMPACADO DE SÓLIDOS
GRANULADOS, PARA EL LABORATORIO DE CONTROL DE LA EIE-CRI”**

TESIS DE GRADO

Previa la obtención del título de:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA CONTROL Y REDES INDUSTRIALES

Presentado por:

**MÓNICA LILIAN NÚÑEZ NÚÑEZ
LUIS FERNANDO SISA AMAGUAYA**

Riobamba – Ecuador

2011

El desarrollo del presente proyecto lleva la inmensa gratitud a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Escuela de Ingeniería Electrónica, por abrirnos las puertas hacia el conocimiento científico y facilitar todo el equipo tecnológico necesario para la realización de nuestra tesis.

A nuestros Maestros Ing. Lenin Aguirre, Ing. Pablo Guevara quienes con humildad, sinceridad y responsabilidad, supieron guiarnos e impartir sus valiosos conocimientos.

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme la vida, la salud y las ganas para seguir adelante.

Al Ing. Lenin Aguirre por apoyar en la implementación de la tesis y compartir sus conocimientos.

Al Ingeniero Pablo Guevara por ser excelente docente y una gran persona

A mis padres Eligio y Jeanette que siempre estuvieron apoyándome, en todo momento, gracias a su apoyo económico y moral he logrado cumplir mi gran sueño ya que han sido un ejemplo de lucha y tenacidad.

A mis abuelitos Gloria y Amadeo q han sido mis segundos padres y han estado junto a mí siempre.

A Edison, por su paciencia e inagotable apoyo, gracias por compartir mi vida y mis logros, esta tesis también es tuya Te amo.

A todos mis maestros que aportaron a mi formación.

Y a todas aquellas personas que de una u otra forma colaboraron con la realización de mi sueño, hago extensivo mi más sincero agradecimiento.

Mónica

AGRADECIMIENTO

En primer lugar quisiera dar gracias a mi Dios ya que es a él, a quien debo todos mis logros y metas, al mantenerme junto a mi familia y llevarme por un camino lleno de éxitos y logros, tanto en lo profesional como en lo personal.

Al Ing. Lenin Aguirre por ayudar en la realización de esta tesis, compartiendo sus conocimientos e ideas para el desarrollo e implementación.

Al Ingeniero Pablo Guevara por ser excelente docente, amigo y colaborador en el sendero estudiantil que he llevado en la ESPOCH.

A mis padres Cesar y María que siempre estuvieron apoyándome y animándome, en todo momento, al brindarme su apoyo económico y moral hasta llegar a alcanzar mis metas profesionales.

A mis hermanos y amigos que de una u otra forma han contribuido en a mi engrandecimiento tanto en lo personal como en lo profesional.

Luis F.

DEDICATORIA

Esta tesis es una parte de mi vida y comienzo de otras etapas por esto y más, la dedico a Dios.

A mis padres Eligio y Jeanette, pilares fundamentales de mi vida, que siempre estuvieron apoyándome incondicionalmente en todo momento. De ellos es este triunfo.

A mi hijo Gabrielito, lo mejor de mi vida, que sin darse cuenta ha sido mi mayor inspiración para seguir con este sueño.

A mis hermanas, abuelitos, tíos, tías por sus cultos consejos y por haberme enseñado el valor de la familia.

A todos mis amigos q formaron parte de mi vida estudiantil.

Mónica

DEDICATORIA

A Dios ya que fue el factor mas importante e influyente en mi vida para lograr alcanzar mis metas.

Para mis padres Cesar y María ya que mas que padres mas bien fueron amigos y confidentes, se alegraron de mis triunfos y me apoyaban en mis fracasos, estando hoy en mi mas grande logro, este trabajo va especialmente dedicado a ellos.

A mis hermanos, amigos y compañeros ya que con su paciencia y sabiduría me han ayudado y apoyado en los momentos precisos.

Luis F.

NOMBRE	FIRMA	FECHA
Ing. Iván Menes. DECANO DE LA FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
Ing. Paúl Romero DIRECTOR DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA CONTROL REDES INDUSTRIALES
Ing. Lenin Aguirre DIRECTOR DE TESIS
Ing. Pablo Guevara MIEMBRO DEL TRIBUNAL
Lcdo. Carlos Rodríguez DIRECTOR DPTO. DOCUMENTACIÓN
NOTA DE LA TESIS	

“Nosotros, **Mónica Lilián Núñez Núñez** y **Luis Fernando Sisa Amaguaya** somos responsables de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta tesis; y, el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado pertenece a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO”

.....

.....

Mónica Lillian Núñez Núñez

Luis Fernando Sisa Amaguaya

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

AI	Entradas analogicas
API	Automata programable industrial
AQ	Salidas analogicas
AWL	Lista de instrucciones
CPU	Unidad central de procesamiento.
DC	Corriente Directa
DIN	Instituto Alemán de Normalización
E/S	Entrada/Salida
EEPROM	Electrically-Erasable Programmable Read-Only Memory
EPROM	Erasable Programmable Read-Only Memory
FBD	Diagrama de bloques funcionales
FUP	Diagrama de funciones
GRAF CET	GRAphe Fonctionnel de Commande Etapes-Transitions
IB	Byte de entrada
ID	Dobles palabras de entradas
IW	Palabra de entrada
KOP	Esquema de contactos
LD	Diagrama escalera
LDR	Resistencia dependiente de la luz
MB	Byte de marca interna
MW	Palabra de marca interna
MTU	Unidad terminal maestro
NO	Normalmente abierto
NC	Normalmente cerrado

NTC	Coeficiente negativo de temperature
PC	Computadora Personal
PLC	Programmable Logic Controller
PTC	Coeficiente positivo de temperature
QB	Byte de salida
QD	Dobles palabras de salidas
QW	Palabra de salida
RAM	random access memory
RTD	Resistencias Detectoras de Temperatura
rpm	Revoluciones por minute
ROM	read-only memory
USB	Universal Serial Bus
VB	Byte de memoria especial
VCC	Voltaje Corriente Continua
VD	Dobles palabras de memoria variables
VW	Palabra de memoria variable

INDICE DE TABLAS

Tabla III.I Posiciones de cilindros	81
Tabla III.II Especificaciones tecnicas del cilindro compacto simple efecto	90
Tabla III.III Especificaciones técnicas, cilindro neumático 5/2	95
Tabla III.IV Especificaciones técnicas de electrovalvulas 5/2	5
Tabla III.V Comandos mas usados en la programacion.	109
Tabla III.VI Direccionamiento de entradas.....	110
Tabla III.VII Direccionamiento de salidas.	10

INDICE DE FIGURAS

Figura II.01 Representacion general de un PLC	22
Figura.II.02 Partes de un PLC.	24
Figura II.03 Proceso en un PLC.	25
Figura II.04 Constitucion interna de un PLC.....iError! Marcador no definido.	26
Figura II.05 Bit, byte y palabra	28
Figura II.06 Memoria de datos	29
Figura II.07 Descripcion del direccionamiento del PLC.....	30
Figura II.08 Acceso a las diferentes areas de la memoria de PLC.....	30
Figura II.09 Direccionamiento de entradas analogicas.....	32
Figura II.10 Direccionamiento de salidas analogicas	33
Figura II.11 CPU S7-200	iError! Marcador no definido.33
Figura II.12 Conector para modulos de expansion.	34
Figura II.13 Estructura de la tapa superior del PLC.	35
Figura II.14 Salidas con diferentes fuentes de tensioniError! Marcador no definido.	5
Figura II.15 Estructura de la tapa inferior del PLC	36
Figura II.16 Fuente de tension interna del PLC....iError! Marcador no definido.	6
Figura II.17 Alimentacion de las entradas del PLC	37
Figura II.18. Tapa frontal	37
Figura II.19 Elementos necesarios para programar.	39
Figura II.20 Programa en FUP.....	41
Figura II.21 Esquema de programacion en KOP.....	42
Figura II.22 Sensor inductivo.....	45
Figura II.23 Sensor Magnetico.	45
Figura II.24 Ubicaci3n de un sensor magnetico en los cilindros	46
Figura II.25 Sensor capactivo	46
Figura II.26 Sensor optico	47
Figura II.27 Sensor final de carrera	48
Figura II.28 Generalidades de un Actuador neumatico	53
Figura II.29. Ejemplos de actuadores neumaticos.....	54

Figura II.30 Clasificación genérica de los actuadores neumáticosl.....	55
Figura II.31 Cilindro de simple efecto.	55
Figura II.32 Simbología normalizada de los cilindros de simple efecto.....	56
Figura II.33 Ejemplos de tipos de cilindros de simple efecto	57
Figura II.34 Cilindro de doble efecto convencional	58
Figura II.35 Cilindros de doble efecto	58
Figura II.36 Cilindros doble vástago	59
Figura II.37 Simbólicamente cilindro doble vástago	60
Figura II.38 Secciones de vástago para funciones antigiro.¡Error! Marcador no definido.	61
Figura II.39 Sistemas de guía	62
Figura II.40 Cilindro Tandem	64
Figura II.41 Cilindro fuelle.....	65
Figura II.42 Actuador de giro.....	70
Figura II.43 Tipos de actuadores de giro	71
Figura II.44 Ejemplo de aplicaciones de un actuador neumático	74
Figura III.1. Perfil de aluminio.	76
Figura III.2 Estructura de aluminio	76
Figura III.3 Cilindro dispensador de producto.	77
Figura III.4. Cilindros y porta níquelinas para el sellado vertical.	78
Figura III.5. Cilindro con porta níquelina para el sellado horizontal y cilindro de desplazamiento.	78
Figura III.6 Cilindro con tijera	79
Figura III.7 Diagrama de boques del proceso de empaquetado de sólidos granulados..	80
Figura III.8 Tolva portadora del producto	82
Figura III.9. Papel Termo para el sellado.....	83
Figura III.10 Etapa sellado vertical	84
Figura III.11 Etapa sellado horizontal.	85
Figura III.12 Dispensador del producto	86
Figura III.13 Etapa de desplazamiento.....	87
Figura III.14. Etapa de corte	88
Figura III.15 Cilindro de tipo compactos.....¡Error! Marcador no definido.	0
Figura III.16 Cilindro AIRTAC tipo compacto	92

Figura III.17 Partes principales de un cilindro Airtac.	94
Figura III.18. electrovalvulas 5/2	95
Figura III.19 Montaje de una electrovalvula en un manifold. iError! Marcador no definido.	
Figura III.20 Controlador de flujo y su simbolo. ... iError! Marcador no definido.	
Figura III.21. Racores instataneos.....	97
Figura III.22. Circuito neumatico del proceso.....	97
Figura III.23 Sensores magneticos en el modulo.	98
Figura III.24. Representacion de una etapa.	1000
Figura III.25 Etapa activa.....	10100
Figura III.26. Reagrupacion de etapas.	10201
Figura III.27. transicion entre etapas.....	10201
Figura III.28. Divergencia en O.....	10302
Figura III.29. Divergencia en y.	10402
Figura III.30 Secuencia unica	iError! Marcador no definido. 03
Figura III.31 secuencias simultaneas.	iError! Marcador no definido. 04
Figura III.32 Grafcet del proceso.....	iError! Marcador no definido. 06

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCION

CAPÍTULO I GENERALIDADES

1.1	JUSTIFICACIÓN	19
1.2	ANTECEDENTES.....	20
1.3	OBJETIVOS	20
1.3.1	GENERAL	20
1.3.2	ESPECIFICOS	211

CAPÍTULO II FUNDAMENTO TEORICO

2.1	CONTROLADOR LOGICO PROGRAMABLE (PLC)iError! Marcador no definido.	2
2.1.1	GENERALIDADES	22
2.1.2	FUNCIONAMIENTO BASICO DE UN PLC.....	24
2.1.3	ESTRUCTURA DE UN PLC	25
2.1.3.1	ESTRUCTURA INTERNA.....	26
2.1.3.1.1	MEMORIAS	27
2.1.3.1.1.1	MEMORIAS DE DATOS.....	28
2.1.3.1.1.1.1	ACCESO A UN BIT.....	29
2.1.3.2	ESTRUCTURA EXTERNA	33
2.1.3.2.1	CPU S7-200	33
2.1.3.2.1.1	TAPA SUPERIOR..... iError! Marcador no definido.	
2.1.3.2.1.1.1	FUENTE DE ALIMENTACION	4
2.1.3.2.1.1.2	SALIDAS.....iError! Marcador no definido.	35
2.1.3.2.1.2	TAPA INFERIOR.....	36
2.1.3.2.12.1	ALIMENTACION DC	36
2.1.3.2.1.2.2	ENTRADAS.....iError! Marcador no definido.	36
2.1.3.2.1.3	TAPA FRONTAL.....	37
2.1.3.2.1.4	LEDS DE ESTADO	38
2.1.3.2.1.5	CARTUCHO	38
2.1.3.2.1.6	PUERTO DE COMUNICACIONES	38
2.1.4	PROGRAMACION DEL PLC	39

2.1.4.1	LENGUAJES DE PROGRAMACION.....	39
2.1.4.1.1	EDITOR AWL	40
2.1.4.1.2	EDITOR FUP.....	41
2.1.4.1.3	EDITOR KOP	42
2.2.	SENSORES.....	44
2.2.1	DEFINICION	iError! Marcador no definido.4
2.2.2	DESCRIPCION DE TIPOS DE SENSORES.....	44
2.2.2.1	SENSOR INDUCTIVO	44
2.2.2.2	SENSOR MAGNETICO	45
2.2.2.3	SENSOR CAPACITIVO	46
2.2.2.4	SENSOR OPTICO.....	47
2.2.2.5	SENSOR FIN DE CARRERA	48
2.2.3	OTROS TIPOS DE SENSORES	48
2.3	ACTUADORES NEUMATICOS.....	53
2.3.1	ACTUADORES LINEALES	iError! Marcador no definido.55
2.3.1.1	CILINDROS DE SIMPLE EFECTO.....	55
2.3.1.2	CILINDROS DE DOBLE EFECTO.....	57
2.3.1.3	CILINDROS DOBLE VASTAGO	59
2.3.1.4	SISTEMAS ANTIGIRO	60
2.3.1.4.1	SECCION NO CIRCULAR.....	61
2.3.1.4.2	SISTEMAS DE GUIA.	62
2.3.1.4.3	SISTEMAS DE DOBLE VASTAGO.....	62
2.3.1.5	CILINDROS TANDEM.	63
2.3.1.6	CILINDROS MULTIPOSICIONALES.....	64
2.3.1.7	CILINDROS DE FUELLE	64
2.3.1.8	CALCULO DE CILINDROS LINEALES.....	65
2.3.2	ACTUADORES DE GIRO	70
2.3.2.1	DIMENSIONAMIENTO DE UN ACTUADOR ROTATORIO.....	iError! Marcador no definido
2.3.3	APLICACIONES DE ACTUADORES EN LA INDUSTRIA.....	iError! Marcador no definido
CAPÍTULO III DESARROLLO DEL MODULO DIDACTICO		
3.1	DISEÑO DE LA ESTRUCTURA.....	75
3.2	UBICACION DE LOS DISPOSITIVOS EN LA ESTRUCTURA DE ALUMINIO	77

3.3	FUNCIONAMIENTO DEL MODULO DE EMPACADO DE SOLIDOS.....	79
3.3.1	ESTADO INICIAL.....	8iError! Marcador no definido.
3.3.2	DETECCION Y SELLADO DEL PAPEL TERMO.....	82
3.3.3	SELLADO VERTICAL	84
3.3.4	SELLADO HORIZONTALL.....	85
3.3.5	DISPENSADOR DE PRODUCTO.....	85
3.3.6	EDESPALZAMIENTO ARRIBA/ABAJO.	86
3.3.7	CORTE DE FUNDAS.	87
3.4	SELECCION DE DISPOSITIVOS NEUMATICOS	88
3.4.1	SELECCION DE CILINDROS NEUMATICOS.	88
3.4.2	SELECCION D ELECTROVALVULAS	94
3.4.3	ELEMENTOS ADICIONALES EN EL CIRCUITO NEUMATICO	96
3.4.4	CIRCUITO NEUMATICO	97
3.5	SENSORES DE CONTROL PARA EL MODULO	97
3.6	DIAGRAMAS ELECTRICOS DEL MODULO	98
3.7	PROGRAMACION DEL PLC SIEMENS S7-200	99
3.7.1	GRAFCET	99
3.7.2	PROGRAMACION PARA EL PLC	108
	CONCLUSIONES.....	
	RECOMENDACIONES	
	BIBLIOGRAFIA	
	ANEXOS	

INTRODUCCIÓN

El desarrollo del trabajo de grado surge como respuesta a la necesidad de implementar un laboratorio de procesos industriales, para la Escuela de Ingeniería Electrónica en Control y Redes Industriales de la Facultad de Informática y Electrónica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en sus materias de Control y Automatización Industrial, aunque no de carácter excluyente para otras asignaturas que también lo requieran, Máquinas y Robótica Industrial por nombrar algunas, pueden participar de dicho modulo Automatización industrial, manejo de motores y bandas transportadoras entre otros muchos procesos industriales son adaptables a este modulo, a diario en los diferentes secciones de la industria, por tanto, los estudiantes no pueden estar fuera de este conocimiento y deben poseer bases que les permitan interactuar en el momento que lo requieran con estos dispositivos.

El trabajo de grado consta del diseño, implementación y la respectiva documentación del modulo didáctico.

Dicho módulo presenta todos los elementos necesarios para realizar y/o simular procesos industriales; cilindros, sensores, pulsadores, protecciones, breaker y fusibles, entre otros dispositivos, proveen gran versatilidad y funcionalidad.

Para el diseño y la posterior implementación se buscó aprovechar al máximo los elementos ya disponibles en los Laboratorios de la Escuela de Ingeniería

Electrónica en control y redes industriales, así el modulo es compatible con, tableros de control y cables de conexión.

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1 JUSTIFICACIÓN

En la actualidad la automatización y el control de procesos de empaqueo en la industria es una necesidad que viene creciendo de forma acelerada por lo que es imperioso que los estudiantes de Ingeniería Electrónica, Control y Redes Industriales, tengan una formación sobre estos procesos y se familiaricen con estos temas de un modo práctico, el desarrollo de este proyecto tiene como objetivo diseñar e implementar un módulo didáctico para la simulación y control de nivel, dosificación, y empaqueo de sólidos granulados en fundas , utilizando un PLC.

El proyecto permitirá aprovechar los conocimientos de los estudiantes con los recursos tecnológicos y las competencias intelectuales, para el desarrollo de una herramienta didáctica basada en tecnologías de última generación para que se facilite el aprendizaje de los estudiantes en los laboratorios de la escuela de Ingeniería Electrónica, Control y Redes Industriales y sea parte de un programa piloto, modelo de innovación, empeño y muestra de colaboración; obteniendo como valor agregado el posicionamiento de nuestra escuela a nivel regional y nacional, ganando de este modo el desempeño brillante de sus egresados y el deseo de muchos ecuatorianos de formarse y capacitarse en tan prestigiosa institución.

1.2 ANTECEDENTES

La automatización de procesos, técnica de control y regulación en la dosificación y empaque de sólidos granulados es un problema concerniente a diversas industrias tales como química, alimentos, construcción, metalmecánica, farmacéutica.

La búsqueda de soluciones automatizadas a estos procesos solo pueden ser desarrollados en laboratorios donde se pueda simular y en el cual intervengan áreas multidisciplinarias tales como: Mecatrónica, Tecnología de calentamiento, Electro neumático e Instrumentación y Sensores apoyado por sistemas TICs aplicados que desarrollen potentes programas que den soluciones estándar o personalizadas a los diferentes problemas planteados.

En la actualidad existen diversas maquinas que se encargan del envasado o empackado ya sean de productos sólidos o líquidos, como por ejemplo el envase de medicinas, el envase de diversas harinas, así como también el envase de gaseosas y muchos más productos que son usados con mucha frecuencia en la vida cotidiana de las personas.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 GENERAL

Diseñar e implementar un módulo didáctico para simular y controlar el proceso de empackado de sólidos granulados, para el laboratorio de Control de la EIE-CRI

1.3.2 ESPECIFICOS

- Diseñar y construir un mecanismo para la dosificación de sólidos granulados, utilizando actuadores neumáticos controlados por sensores de posición.
- Diseñar y construir un mecanismo para el empaqueo de sólidos granulados en fundas, utilizando actuadores neumáticos y sensores de posición para el sellado y corte de las fundas.
- Desarrollar un programa para el PLC que servirá para el manejo de los sensores y actuadores.
- Integrar y poner en funcionamiento el módulo didáctico, con sus respectivas pruebas de funcionamiento.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1.- CONTROLADOR LOGICO PROGRAMABLE (PLC)

2.1.1.- GENERALIDADES

El PLC (programmable logic controller) es un dispositivo electrónico programable, utilizado para cumplir funciones de automatismos lógicos y control de procesos en ambiente de tipo industrial y tiempo real.



FiguraII.01- Representación general de un PLC

Un controlador programable es un sistema de control de estado sólido que monitorea el estado de dispositivos conectados a sus entradas (inputs). Controla el estado de los dispositivos conectados a sus salidas (outputs). Está basado en un programa escrito que es almacenado en una memoria.

Anteriormente muchas de las tareas de control se solucionaban mediante relés y contactores. A este proceso se denominaba control mediante lógica cableada. Se tenían que diseñar los diagramas de circuito, especificar e instalar los componentes eléctricos, y crear varias listas de cableado.

Entonces se debía cablear los componentes necesarios para realizar una tarea específica. Si se cometía un error, los cables tenían que volver a conectarse correctamente. Un cambio en su función o una ampliación del sistema requería grandes cambios en los componentes y su recableado.

Con un PLC se puede realizar estas e incluso tareas más complejas. El cableado entre dispositivos y los contactos entre relés se hacen en un programa que se almacena en la memoria del PLC. Aunque todavía se requiere el cableado para conectar los dispositivos actuadores, sensores y demás, éste es menos intensivo. La modificación de la aplicación y la corrección de errores son más fáciles de realizar.

Como controlador digital, es capaz de tomar decisiones lógicas, realizar funciones combinatorias y secuenciales, contar, llevar control de tiempo, ejecutar operaciones con operandos de uno o más bits, convertir códigos, comparar y transferir información de diferentes tipos, entre otras actividades.

Como controlador analógico, puede controlar procesos de una o más variables siguiendo algoritmos de control clásico o de diseño especial, puede procesar variables analógicas de entrada y de salida y puede realizar control no lineal.

Como dispositivo de interfaz el PLC permite capturar información del mundo real discreto y analógico, y devolver señales de ambas características.

Como sistema de adquisición de datos, el PLC puede llegar a recoger gran cantidad de datos del mundo real, almacenándolos y procesándolos para ser utilizados en los procesos de control y gestión.

Como parte de un sistema de comunicaciones el PLC se puede comunicar con otros a su vez mediante el empleo de redes locales.

Como elemento de un sistema de inteligencia artificial se puede ver a un PLC fácilmente detectando fallas y generando diagnóstico.

2.1.2.- FUNCIONAMIENTO BÁSICO.

Un PLC consiste en módulos de entradas, una CPU o procesador y módulos de salidas.

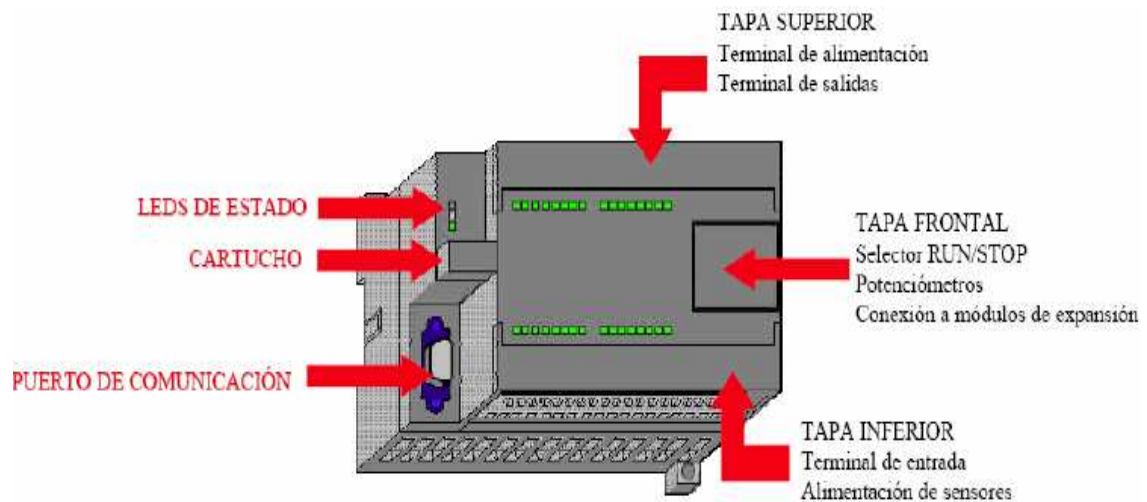


Figura II.02 Partes de un PLC.

Una entrada acepta una gran variedad de señales analógicas o digitales de diversos dispositivos como sensores, pulsadores entre otros, y los convierte en una señal lógica que puede usar la CPU, la cuál toma las decisiones y ejecuta las instrucciones de control basadas en las instrucciones del programa de la memoria en la cuál se almacena. Los módulos de salida convierten las instrucciones de control de la CPU en una señal digital o analógica (dependiendo del módulo de salida) que se puede usar para

controlan diversos dispositivos como contactores y muchos actuadores más. Estas instrucciones especifican lo que debe hacer el PLC según una entrada específica.

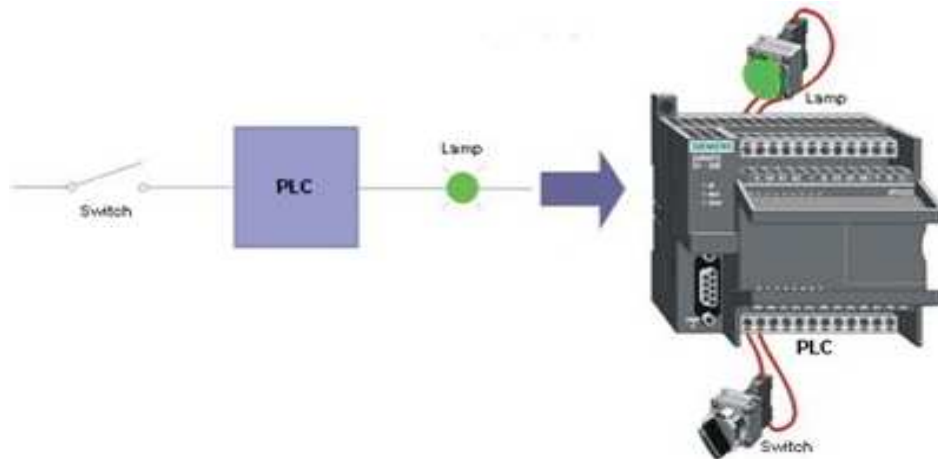


Figura II.03. Muestra cómo se lleva a cabo un proceso en un PLC.

- El PLC lee el estado de las entradas (switch).
- El programa almacenado en el PLC utiliza las entradas para evaluar la lógica. Durante la ejecución del programa, el PLC actualiza los datos.
- El PLC escribe los datos en las salidas y enciende o apaga la lámpara según el análisis efectuado.

2.1.3.- ESTRUCTURA DE UN PLC

Un PLC está formado por dos partes importantes, las mismas que mediante una utilización correcta nos servirán para llegar a alcanzar la debida justificación de la necesidad de utilizar un PLC para la automatización de procesos industriales, a continuación se detalla cada una de esas partes:

2.1.3.1.- ESTRUCTURA INTERNA

Los PLC cuentan con elementos internos como: Procesador o CPU, memorias internas, memorias de programas, interfaces de entrada y salida, buses de direccionamiento y de datos, puertos, periféricos y fuente.

El secuenciador en este caso estará conformado por las interfaces tanto de entrada como de salida, al igual que por la CPU o procesador.

En el siguiente diagrama se muestra de forma mas detallada cada una de las partes constitutivas de un PLC.

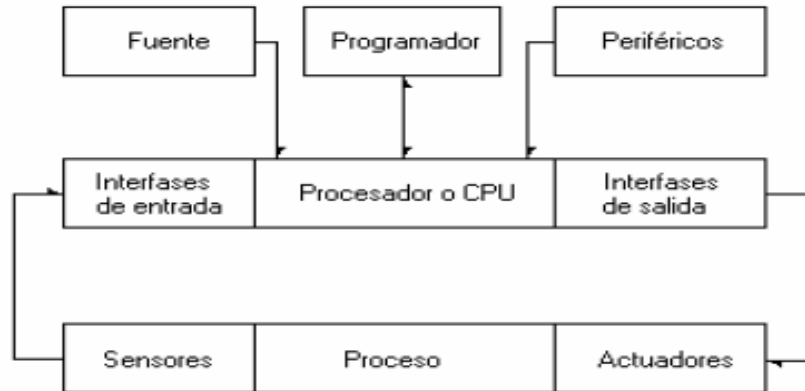


Figura II.04 Constitución interna de un PLC.

- El CPU realiza operaciones de tiempo (ya sea trabajando con retardos o temporizando), de secuencia, de combinación, de auto mantenimiento y retención.
- Las interfaces de entrada y salida que establecen la comunicación entre la CPU y el proceso, realizan las siguientes funciones: filtrado, adaptación y codificación de las señales de entrada, decodificación y amplificación de las señales de salida que se han generado durante la ejecución del programa.
- La Memoria que permite el almacenamiento de datos del programa (RAM), el sistema operativo (ROM), el programa de usuario (RAM no volátil o EEPROM), configuración de PLC (ROM o RAM no volátil para parámetros configurables), rutinas de arranque (ROM) y rutinas de chequeo (ROM).
- El programador es el dispositivo mediante el cual es posible introducir al PLC el programa previamente ya elaborado con el fin de controlar el proceso o los procesos elegidos. Esta interfase entre el procesador y el usuario; está constituido principalmente por un display, un teclado con comandos lógicos y de servicio.

- Los periféricos en un PLC son empleados para hacer una supervisión del proceso, ninguno de estos, forma parte del circuito interno del PLC; algunos de estos son: monitor, impresora, unidad de disco, leds, teclados; etc.

2.1.3.1.1.- MEMORIAS

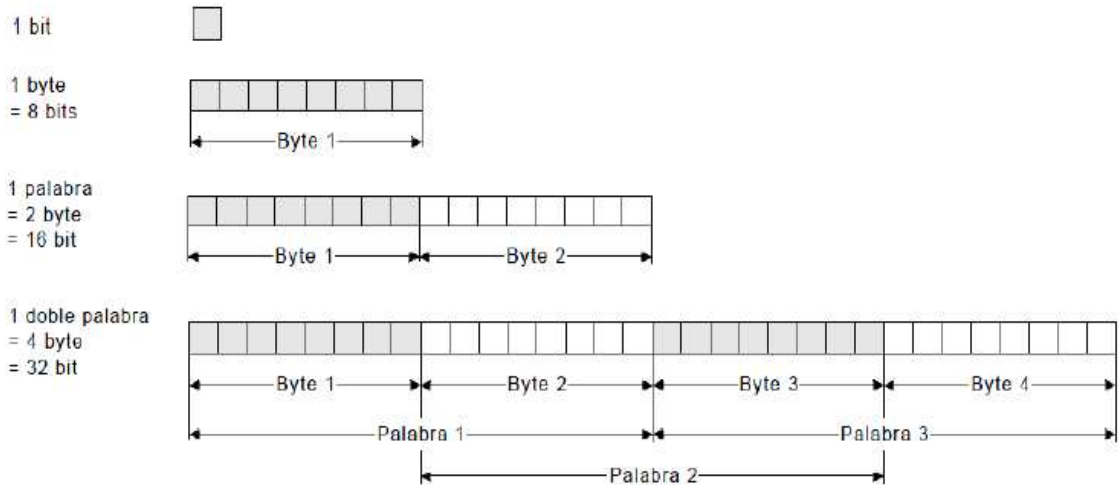
Bit, Byte, palabra, doble palabra.

El Bit es la unidad de una señal binaria. 1 bit es la menor unidad de información y puede adoptar los estados "1" ó "0".

Un Byte está formado por 8 caracteres binarios sucesivos. Así pues, un byte tiene una longitud de 8 bits. En un P.L.C. esto permite agrupar en un byte de entrada (IB), un byte de salida (QB) los estados de señal de 8 entradas u 8 salidas binarias. De la misma manera que para las entradas/salidas, se hablará de byte de marca interna (MB) ó de byte de memoria especial (VB).

Si se agrupan 2 byte - es decir, 16 bit - formando una unidad, entonces las 16 posiciones binarias forman una palabra. En el P.L.C. los estados de señal de 16 entradas o 16 salidas se agrupan en una palabra de entrada (IW), una palabra de salida (QW), una palabra de marca interna (MW), ó en una palabra de memoria variable (VW).

Si finalmente agrupamos 2 palabras, obtenemos una doble palabra que estará formada por 32 bits. Los P.L.C. ´s mas potentes permiten trabajar con dobles palabras de entradas (ID), dobles palabras de salidas (QD), dobles palabras de marcas internas (MD), ó dobles palabras de memoria de variables (VD).



Indicadores de tamaño (y sus respectivos márgenes de números enteros)

Tamaño de los datos	Margen de enteros sin signo		Margen de enteros con signo	
	Decimal	Hexadecimal	Decimal	Hexadecimal
B (byte): valor de 8 bits	0 a 255	0 a FF	-128 a 127	80 a 7F
W (palabra): valor de 16 bits	0 a 65.535	0 a FFFF	-32.768 a 32.767	8000 a 7FFF
D (palabra doble): valor de 32 bits	0 a 4.294.967.295)	0 a FFFF FFFF	-2.147.483.648 a 2.147.483.647	8000 0000 a 7FFF FFFF

Figura II.05 Bit, Byte y palabra

2.1.3.1.1.1- MEMORIA DE DATOS

La memoria de datos del S7-200 se compone del área de datos y de objetos.

El área de datos se divide en una memoria de variables, una imagen de proceso de las entradas, una imagen de proceso de las salidas, marcas internas y marcas especiales. El área de datos es muy flexible, permitiendo accesos de lectura/escritura a todas las áreas de memoria, a excepción de algunas marcas especiales que sólo pueden leerse. El acceso a la memoria de datos completa se realiza en forma de bits, bytes, palabras o palabras dobles.

Los objetos son direcciones asignadas a elementos, como puede ser p.ej. el valor de un temporizador. Los objetos abarcan temporizadores, contadores, entradas y salidas analógicas, acumuladores y valores actuales de los

contadores rápidos. El acceso a los objetos está más limitado, puesto que solamente se puede acceder a ellos en función del uso que se les haya previsto.

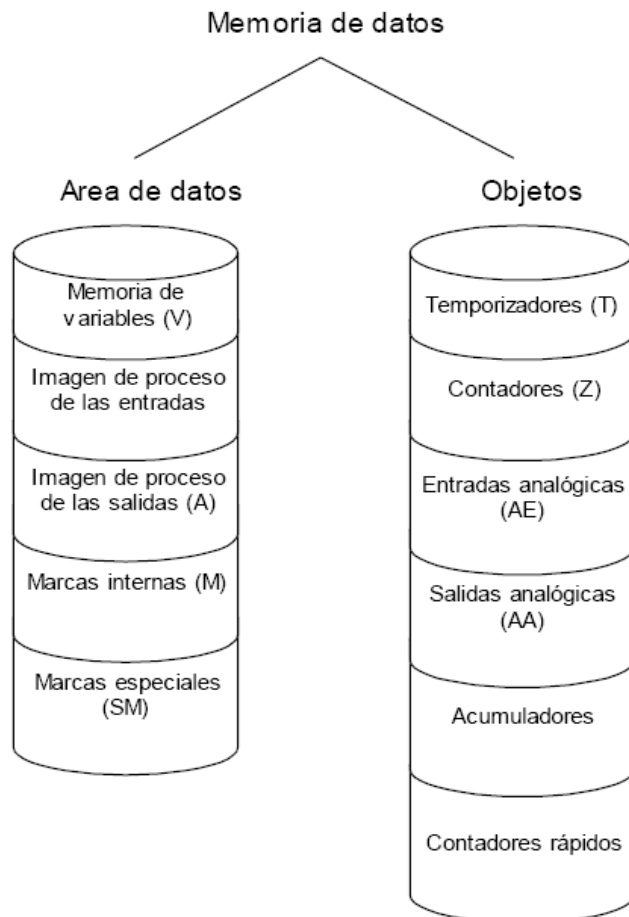


Figura II.06 Memoria de datos (elementos)

2.1.3.1.1.1.2- ACCESO A UN BIT

- "Identificador de area" "dirección del byte". "nº del bit"

Ejemplo: I 0.0 -> el bit 0 del byte 0 de las entradas

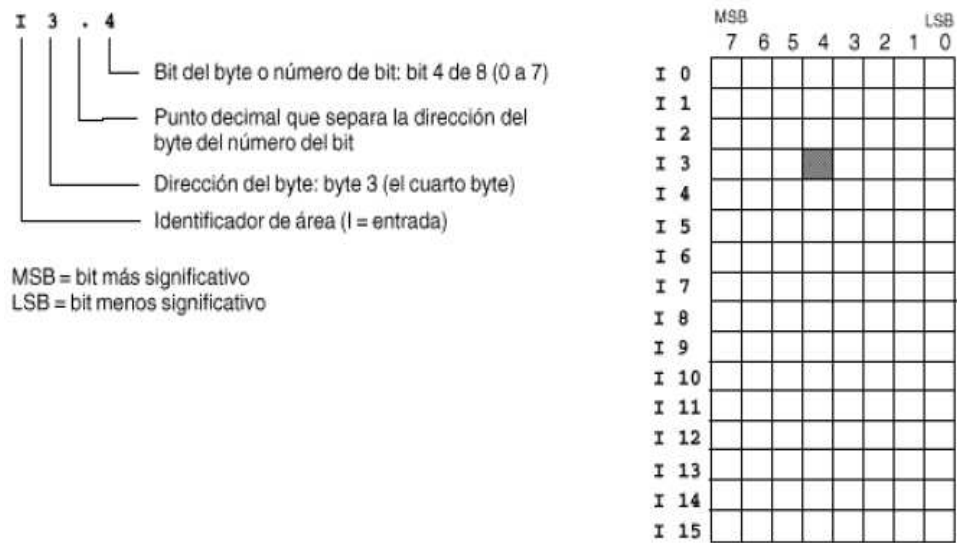


Figura II.07. Descripción del direccionamiento del PLC

Se puede acceder a diversas áreas de la memoria de la CPU (V, I, Q, M, SM) en formato byte, palabra y palabra doble.

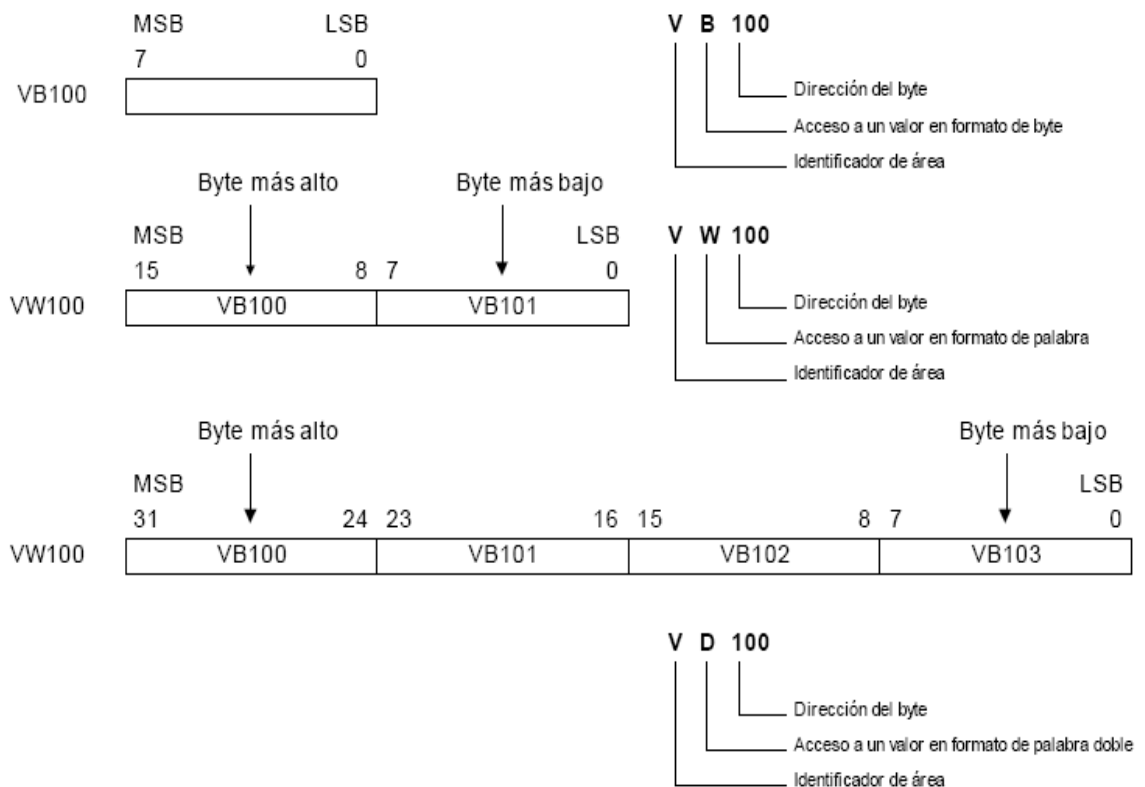


Figura II.08 Acceso a diversas áreas de la memoria de la CPU (V, I, Q, M, SM) en formato byte, palabra y palabra doble.

Direccionamiento de la imagen del proceso de las entradas (I, E)

- Formato:
 - Bit I [direcc. del byte].[direcc. del bit] I0.1
 - Byte, palabra, palabra doble I [tamaño][direcc. del byte inicial] IB4

Direccionamiento de la imagen del proceso de las salidas (Q, A)

- Formato:
 - Bit Q [direcc. del byte].[direcc. del bit] Q1.1
 - Byte,palabra, p.doble Q [tamaño][direcc. del byte inicial] QB5

Direccionamiento de la memoria de variables (V)

- Formato:
 - Bit V [direcc. del byte].[direcc. del bit] V10.2
 - Byte, palabra, p. Doble V [tamaño][direcc. del byte inicial] VW100

Direccionamiento del área de marcas (M)

- Las marcas internas (área de marcas M) se pueden utilizar como relés de control para almacenar el estado intermedio de una operación u otras informaciones de control.
- Formato:
 - Bit M [direcc. del byte].[direcc. del bit] M26.7
 - Byte,palabra,p. Doble M [tamaño][direcc. del byte inicial] MD20

Direccionamiento de las marcas especiales (SM)

- Las marcas especiales permiten intercambiar datos entre la CPU y el programa. Dichas marcas se puede utilizar para seleccionar y controlar algunas funciones especiales de la CPU S7-200, tales como:
 - Un bit que se activa sólo en el primer ciclo.
 - Bits que se activan y se desactivan en determinados intervalos.
 - Bits que muestran el estado de operaciones matemáticas y de otras operaciones.

- Aunque el área de las marcas especiales se basa en bits, es posible acceder a los datos en formato de bit, byte, palabra o palabra doble.
- Formato:
 - Bit SM [direcc. del byte].[direcc. del bit] SM0.1
 - Byte, palabra, p. Doble SM [tamaño][direcc. del byte inicial] SMB86

Direccionamiento de las entradas analógicas (AI)

- La CPU S7-200 convierte valores reales analógicos (p.ej.temperatura, tensión, etc.). en valores digitales en formato de palabra (de 16 bits).
- Puesto que las entradas analógicas son palabras que comienzan siempre en bytes pares (p.ej. 0, 2, 4, etc)., es preciso utilizar direcciones con bytes pares (p.ej. AIW0, AIW2, AIW4, etc)
- Formato:
 - AIW [dirección del byte inicial] AIW4

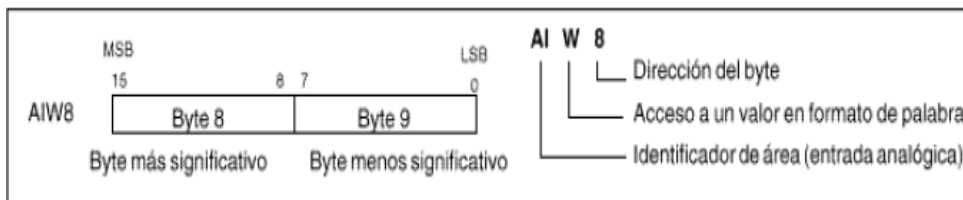


Figura II.09 Direccionamiento de las entradas analógicas

Direccionamiento de las salidas analógicas (AQ)

- La CPU S7-200 convierte valores digitales en formato de palabra (de 16 bits) en valores reales analógicos (p.ej. corriente o voltaje), proporcionales al valor digital.
Puesto que las salidas analógicas son palabras que comienzan siempre en bytes pares (p.ej. 0, 2, 4, etc)., es preciso utilizar direcciones con bytes pares (p.ej. AQW0, AQW2, AQW4, etc). Para acceder a las mismas.
- Formato:
 - AQW [dirección del byte inicial] AQW4

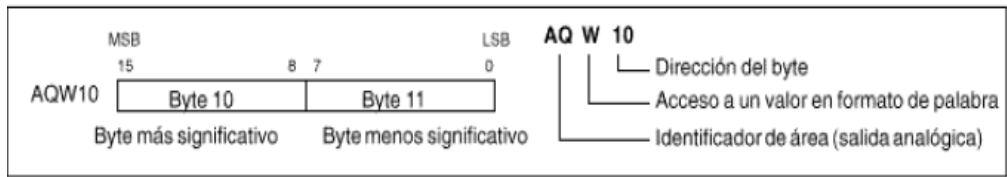


Figura II.10. Direccionamiento de las salidas analógicas.

2.1.3.2.- ESTRUCTURA EXTERNA.

El PLC S7-200 está constituido por la CPU S7-200 y una serie de módulos de expansión adicionales, hasta un máximo de 7 en el caso de la CPU 224.

2.1.3.2.1.- CPU S7-200

La CPU S7-200 está formada por una CPU propiamente dicha, una fuente de alimentación y entradas/salidas digitales, todo eso contenido en un módulo compacto.

La estructura es la siguiente:

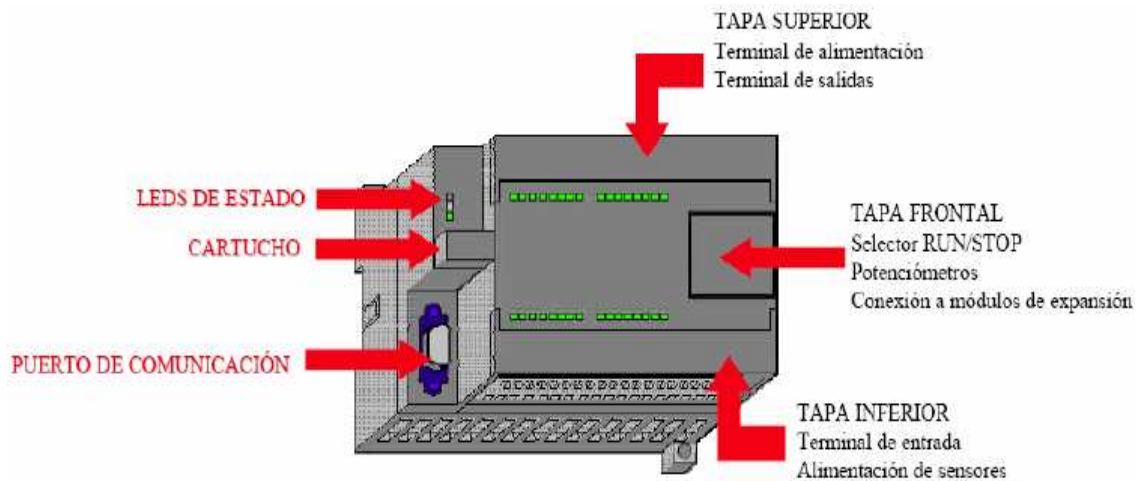


Figura II.11 CPU S7-200

Además, contiene un conector de expansión que permite ampliar la CPU con la adición de módulos de expansión.



Figura II.12 Conector para módulos de expansión.

2.1.3.2.1.1.- TAPA SUPERIOR

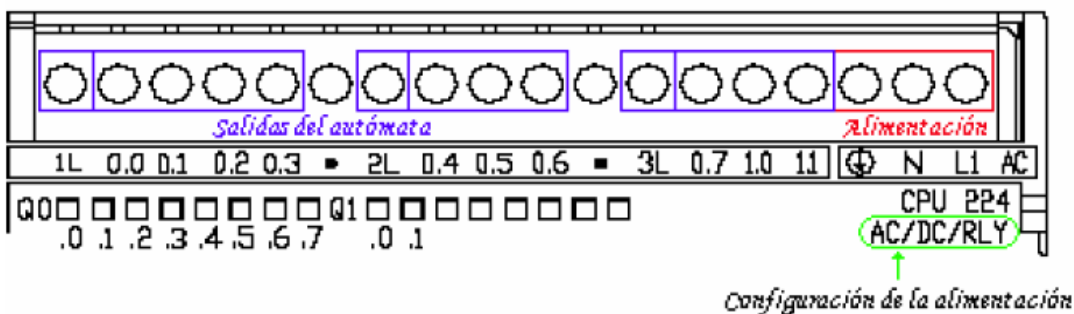
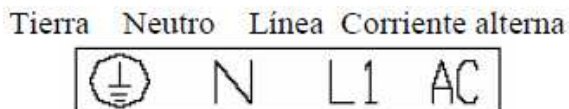


Figura II.13 Estructura de la tapa superior del PLC

Esta sección del PLC esta formada por varios elementos, las mismas que ayudan al funcionamiento del autómata, se detallara a continuación cada uno de estos elementos:

2.1.3.2.1.1.1.- Fuente de alimentación:

Se necesita de una fuente de alimentación externa, para proporcionar los niveles de tensión necesarios para el correcto funcionamiento de los distintos circuitos electrónicos del PLC (en este caso la CPU únicamente). La alimentación de la CPU requiere de 120 a 230 V de corriente alterna, lo cual viene indicado en el extremo derecho de la tapa superior.



Respecto a la memoria y las interfaces, es la propia CPU la que las alimenta a través del bus interno.

- **Características de la alimentación del PLC:**

En la tapa superior vemos la siguiente inscripción:

AC/DC/RLY

Esto significa que el PLC se alimenta con una tensión alterna AC, posee una salida de continua DC y las salidas tienen conexión de relé o contacto libre de potencial RLY.

2.1.3.2.1.1.2.- Salidas:

En el caso del PLC con CPU-224, las salidas tienen conexión por relé (contacto libre de potencial). Debido a esto, la tensión con la que debemos alimentar los comunes (1L, 2L, 3L) de las salidas debe coincidir exactamente con la tensión nominal de la carga que se encuentre conectada a la salida.

Esta tensión puede ser:

- 24V de corriente continua
- De 24 V a 230V de corriente alterna

Puesto que normalmente disponemos de varias cargas que requieren distintos niveles de tensión, deberemos conectar todas aquellas cargas que precisen la misma tensión a las salidas pertenecientes a un mismo común, y alimentar dicho común con la tensión nominal que necesiten dichas cargas.

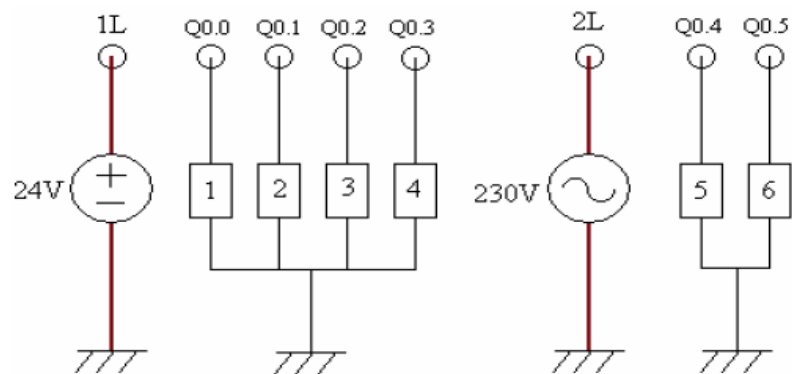


Figura II.14 Salidas con diferentes fuentes de tensión

Las cargas 1 - 4 necesitan una tensión de 24V de continua, mientras que las cargas 5 y 6, requieren 230V de alterna.

2.1.3.2.1.2.- TAPA INFERIOR

De igual forma que la etapa anterior esta también esta dividida en varias secciones, las cuales las detallamos a continuación:

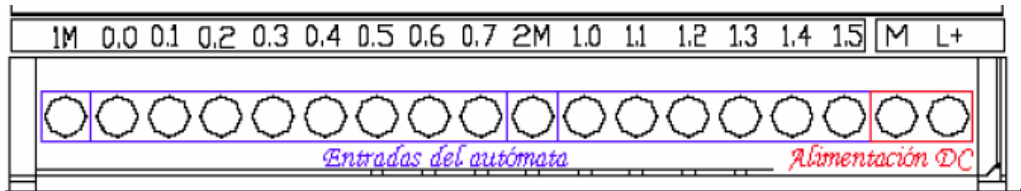


Figura II.15 Estructura de la tapa inferior del PLC.

2.1.3.2.1.2.1.- Alimentación DC:

En el PLC S7-200, existe una salida de tensión de 24VCC que se puede utilizar para alimentar las entradas del autómata.

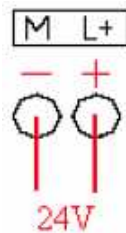


Figura II.16 Fuente de tensión interna del PLC

2.1.3.2.1.2.2.- Entradas:

Las características de las entradas son las siguientes:

- Necesitan una tensión de entrada de 0V ó 24V de corriente continua para activarse.
- Tienen una separación galvánica vía optoacoplador. De esta forma, si a la entrada llega un pico de tensión, la circuitería interna de la CPU-224 permanece intacta.

Para activar las entradas se deben hacer dos cosas:

1. Conectar a las entradas comunes 1M, 2M una tensión de 0V o de 24V de corriente continua.

2. Dependiendo de qué tensión hayamos aplicado a los comunes, tendremos que introducir a las entradas I0.0, I0.1, etc., 0V ó 24V para provocar una diferencia de tensión y activarlas.
 - Si queremos que las entradas se activen al aplicar 24V, debemos introducir 0V al común al que pertenezca dicha entrada:

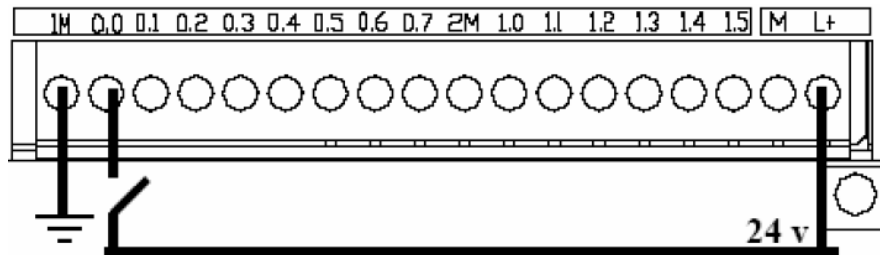


Figura II.17 Alimentación de las entradas del PLC

2.1.3.2.1.3.- TAPA FRONTAL



Figura II.18 Tapa frontal

En la tapa frontal tenemos un selector con tres posiciones que nos permite situar al PLC en tres modos de funcionamiento distinto:

- RUN: El PLC ejecuta cíclicamente las instrucciones del programa de usuario.
- TERM: Este estado permite el control del PLC desde un terminal externo como, por ejemplo, un PC. Desde este terminal se puede poner el autómatas en modo RUN o STOP.
- STOP: El autómatas está encendido, pero el programa de usuario no se ejecuta.

Debajo de esta tapa también se ubican dos potenciómetros analógicos y la conexión a módulos de ampliación.

Los potenciómetros permiten incrementar o decrementar valores almacenados en los bytes de marcas especiales SMB28 y SMB29. Estos valores están comprendidos en el rango [0..255]. El programa puede utilizar estos valores de sólo lectura para diversas funciones, ej. para actualizar el valor actual de un temporizador o de un contador.

2.1.3.2.1.4.- LED'S DE ESTADO

En el PLC existen una serie de LED's que proporcionan información acerca del modo de funcionamiento de la CPU (RUN, STOP o TERMINAL), del estado de las entradas y salidas locales y de un fallo en el sistema.

Mediante la visualización de estos led's no podremos dar cuenta con mayor claridad lo que esta sucediendo con el funcionamiento del PLC, si es correcto o no y si hay que intervenir para mejorarlo.

2.1.3.2.1.5.- CARTUCHO

Las CPUs asisten un cartucho de memoria opcional que permite almacenar el programa en una EEPROM portátil.

2.1.3.2.1.6.- PUERTO DE COMUNICACIONES

El PLC S7-200 posee un único puerto de comunicaciones que permite conectar el autómata a otras unidades programables. Principalmente se utiliza para conectar la consola de programación o el PC con el autómata para cargar el programa de control o también a la consola propia de programación del PLC Siemens S 7-200, que es parecida a una calculadora. Uno de los aspectos importantes al momento de establecer comunicación entre el PLC y la consola de programación (en nuestro caso la PC) es necesario que estos dos equipos estén sincronizados a la misma velocidad de transmisión y el mismo puerto de comunicación.

2.1.4.- PROGRAMACION DEL PLC.

Esta parte es una de las más importantes ya que mediante una correcta programación se puede obtener los resultados buscados a través de la automatización de procesos industriales. Es así que se debe poner énfasis en la enseñanza/aprendizaje de la programación de un controlador lógico programable (PLC).

Para la programación de un PLC es necesario tener algunos elementos, tales como:

Una computadora en la que se encuentre instalado el software a utilizar, en nuestro caso el STEP 7-Micro/Win32 versión 3.2 o en su defecto de una programadora manual, la cual es similar a una calculadora. También se requiere que estos elementos estén conectados físicamente a través de un cable (PPI) que se conectan a los puertos de comunicaciones de cada elemento.

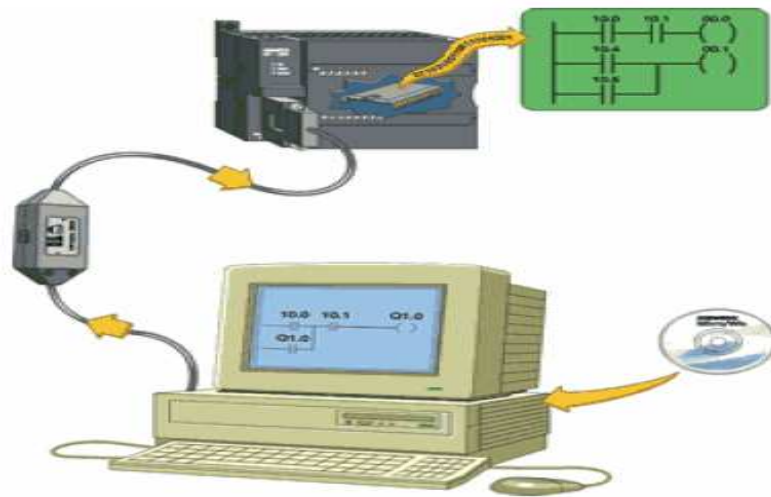


Figura 2.19. Elementos necesarios para programar un PLC.

2.1.4.1.- LENGUAJES DE PROGRAMACION.

Existen varios lenguajes utilizados para la programación de los PLC; por lo cual, la norma IEC 1131 los estableció en cinco lenguajes específicos, estos son:

- Diagrama de funciones secuenciales (FBD).
- Diagrama de bloques.
- Diagramas de escalera (LD).
- Lenguajes estructurados.
- Lista de instrucciones (AWL).

Pero dentro de estos, los más utilizados en la actualidad son:

- AWL (Lista de instrucciones). Similar a lenguaje ensamblador.
- KOP (Esquema de contactos). Editor LD (Diagrama de escalera)
- FUP (Diagrama de funciones) Editor FBD (Diagrama de bloques funcionales)

2.1.4.1.1.- Editor AWL (Lista de instrucciones).

El editor AWL (Lista de instrucciones) permite crear programas de control introduciendo la nemotécnica de las operaciones. Por lo general, el editor AWL se adecua especialmente para los programadores expertos ya familiarizados con los sistemas de automatización y con la programación lógica. El editor AWL también permite crear ciertos programas que, de otra forma, no se podrían programar con los editores KOP ni FUP. Ello se debe a que AWL es el lenguaje nativo de la CPU, a diferencia de los editores gráficos en los que son aplicables ciertas restricciones para poder dibujar los diagramas correctamente.

A continuación se muestra un ejemplo de un programa AWL.

NETWORK

LD I0.0

LD I0.1

LD I2.0

A I2.1

OLD

ALD
= Q5.0

Como podemos observar, este lenguaje es similar a lenguaje ensamblador, en el que se programa solo a base de comandos.

A continuación se indican los aspectos principales a considerar cuando se desee utilizar el editor AWL:

- El lenguaje AWL es más apropiado para los programadores expertos.
- En algunos casos, AWL permite solucionar problemas que no se podrían resolver muy fácilmente con los editores KOP o FUP.

2.1.4.1.2.- Editor FUP (Diagrama de funciones).

El editor FUP (Diagrama de funciones) permite visualizar las operaciones en forma de cuadros lógicos similares a los circuitos de puertas lógicas. En FUP no existen contactos ni bobinas como en el editor KOP, pero sí hay operaciones equivalentes que se representan en forma de cuadros. La lógica del programa se deriva de las conexiones entre dichas operaciones de cuadro.

En la figura II.20 se muestra un ejemplo de un programa creado con el editor FUP.

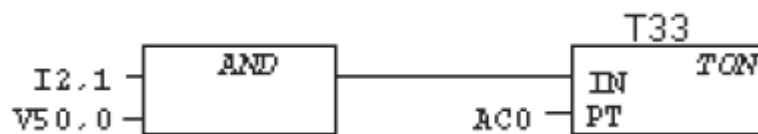


Figura II.20 Programa en FUP.

A continuación se indican los aspectos principales a considerar cuando se desee utilizar el editor FUP:

- El estilo de representación en forma de puertas gráficas se adecua especialmente para observar el flujo del programa.

- El editor FUP se puede utilizar con los juegos de operaciones IEC 1131.

2.1.4.1.3.- Editor KOP (Esquema de contactos).

El editor KOP (Esquema de contactos) permite crear programas con componentes similares a los elementos de un esquema de circuitos. Básicamente, los programas KOP hacen que la CPU simule la circulación de corriente eléctrica desde una fuente de alimentación, a través de una serie de condiciones lógicas de entrada que, a su vez, habilitan condiciones lógicas de salida. Por lo general, la lógica se divide en unidades pequeñas y de fácil comprensión llamadas "segmentos" o "networks". El programa se ejecuta segmento por segmento, de izquierda a derecha y luego de arriba a abajo. Tras alcanzar la CPU el final del programa, comienza nuevamente en la primera operación del mismo.

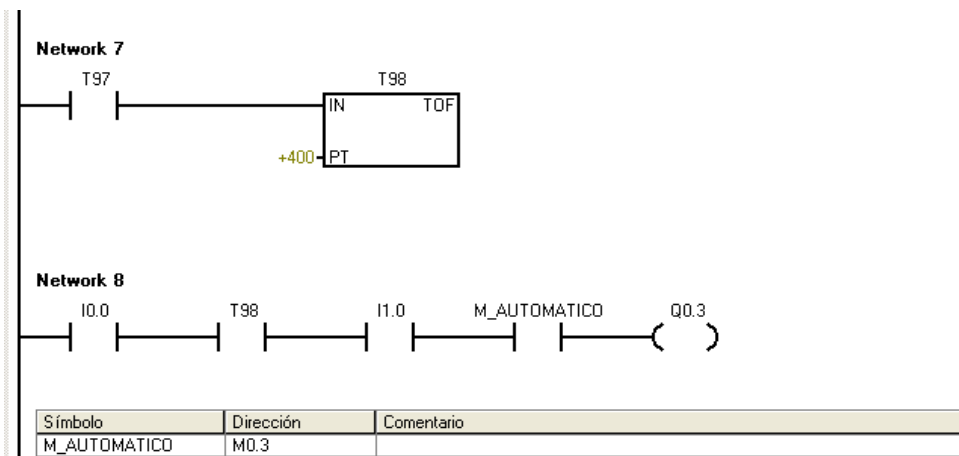


Figura II.21. Esquema de programación en KOP.

Las operaciones se representan mediante símbolos gráficos que incluyen tres formas básicas. Como muestra la figura anterior, se pueden conectar en serie incluso varias operaciones de cuadros.

- **Contactos:** representan condiciones lógicas de "entrada" tales como interruptores, botones, condiciones internas, etc.

- **Bobinas:** representan condiciones lógicas de "salida" tales como lámparas, contactores, relés interpuestos, condiciones internas de salida, etc.
- **Cuadros:** representan operaciones adicionales tales como temporizadores, contadores u operaciones aritméticas.

A continuación se indican los aspectos principales a considerar cuando se desee utilizar el editor KOP:

- El lenguaje KOP les facilita el trabajo a los programadores principiantes.
- La representación gráfica es a menudo fácil de comprender, siendo popular en el mundo entero.

2.2 SENSORES

2.2.1 DEFINICION

Un sensor o captador, como prefiera llamársele, no es más que un dispositivo diseñado para recibir información de una magnitud del exterior y transformarla en otra magnitud, normalmente eléctrica, que seamos capaces de cuantificar y manipular.

Normalmente estos dispositivos se encuentran realizados mediante la utilización de componentes pasivos (resistencias variables, PTC, NTC, LDR, etc... todos aquellos componentes que varían su magnitud en función de alguna variable), y la utilización de componentes activos.

2.2.2 DESCRIPCIÓN DE TIPOS SENSORES:

Sensores discretos.

- Estos indican si se encuentran detectando algún objeto ó no, esto genera un "1" lógico si detectan, o un "0" lógico si no detectan, esta información es originada principalmente por presencia de voltaje o por ausencia de este, aunque en algunos casos la información nos la reportan por medio de un flujo de corriente eléctrica.
- Pueden operar tanto con señales de voltajes de corriente directa (VCD) como con señales de voltajes de corriente alterna (VCA).

2.2.2.1 SENSOR INDUCTIVO

Este tipo de sensor por su naturaleza de operación se dedica a detectar la presencia de metales. El sensor inductivo (Figura II.22.) internamente posee un circuito electrónico que genera un campo magnético, el cual esta calibrado para medir una cierta cantidad de corriente eléctrica sin la presencia de metal alguno en el campo magnético, pero cuando se le acerca un metal, el campo magnético se altera provocando que la corriente que lo genera cambie de valor, lo que a su vez el sensor responde al sistema de control dicándole la presencia del metal. Una

aplicación de este sensor es por ejemplo en las bandas transportadoras en donde van viajando una serie de materiales metálicos, como pueden ser latas y en los puntos donde se deben colocar estas latas, se instalan los sensores, y sin necesidad de un contacto físico el sensor reporta cuando una lata se encuentra en su cercanía.

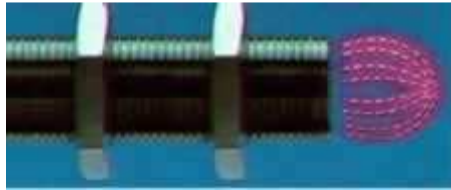
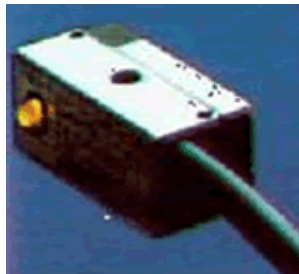


Figura II.22 Sensor Inductivo.

2.2.2.2 SENSOR MAGNÉTICO.

El sensor magnético se encarga de indicar cuando un campo magnético se encuentra presente cerca de él. El sensor magnético posee un circuito interno que responde cuando un campo magnético incide sobre este, este sensor puede ser desde un simple reed switch hasta un circuito más complejo que reporte por medio de un voltaje la presencia o no del campo magnético. Una aplicación de este tipo de sensores puede encontrarse en aquellos actuadores que pueden desplazarse linealmente, y a estos colocarles imanes en sus extremos, para que cuando lleguen al sensor magnético sea detectado el campo del imán y el actuador se detenga y ya no prosiga con su movimiento.



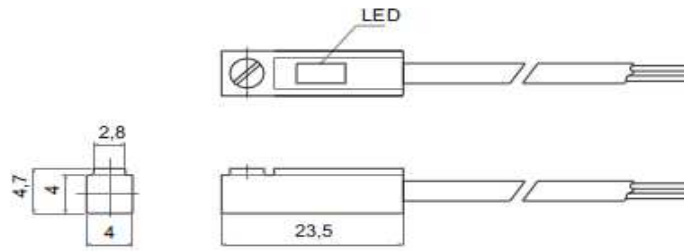
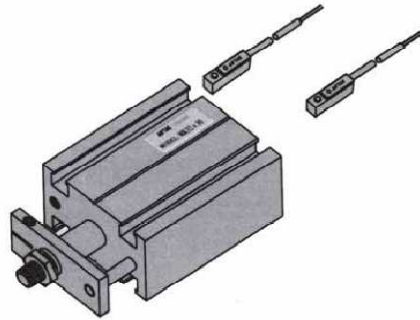


FIGURA II.23 **Sensor Magnético**



Ubicación de un sensor magnético en los cilindros.

FIGURA II.24

2.2.2.3 SENSOR CAPACITIVO.

- Este tipo de sensor tiene la misión de detectar aquellos materiales cuya constante dieléctrica sea mayor que la unidad.
- El sensor capacitivo basa su operación en el campo eléctrico que puede ser almacenado en un capacitor, el cual dependiendo del material dieléctrico la carga almacenada será muy grande o pequeña, teniendo como base la constante dieléctrica del aire que es igual que 1, cualquier otro material que puede ser plástico, vidrio, agua, cartón, etc, tienen una constante dieléctrica mayor que 1.
- Pues bien para detectar un material que no sea el aire, el sensor capacitivo tiene que ser ajustado para que sepa que material debe detectar.
- Un ejemplo para emplear es
- tipo de sensor es en una línea de producción en donde deben llenarse envases transparentes ya sean de vidrio o plástico, con algún líquido que inclusive puede ser transparente también.

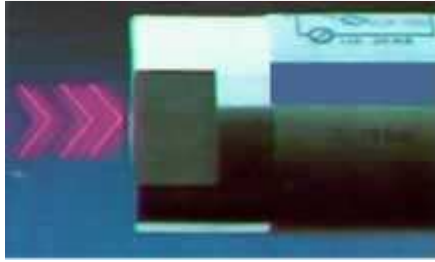


Figura II.25. Sensor Capacitivo

2.2.2.4 SENSOR ÓPTICO.

- El sensor óptico genera una barrera a base de la emisión de un haz de luz infrarrojo, motivo por el cual este sensor se dedica a la detección de interferencias físicas o incluso a identificar colores y obtener distancias. (Figura II.26).
- Este sensor se basa en el uso de un diodo emisor de luz infrarroja, que por naturaleza del ojo humano no la podemos percibir, el diodo emisor envía el haz de luz y por medio de la reflexión, este haz de luz se hace regresar para ser captado por medio de un fotodiodo o fototransistor que es el que entrega una señal como respuesta a si existe el haz de luz infrarroja o no está presente.
- Para medir distancias se puede tomar el tiempo que tarda el haz de luz en regresar y por medio de una formula muy simple se puede calcular la distancia ya que $v = d/t$, en donde el tiempo lo podemos medir, y v es la velocidad a la que viaja la luz, por lo tanto se puede calcular la distancia d .
- La aplicación de este tipo de sensores puede ser muy amplia, ya que se puede utilizar como una barrera para que detecte el momento en que un operario introduce sus manos en un área peligrosa y pueda sufrir un accidente, o para detectar cuando el haz de luz se corta que un material lo atravesó cuando viajaba por sobre una banda transportadora entre otras aplicaciones.36

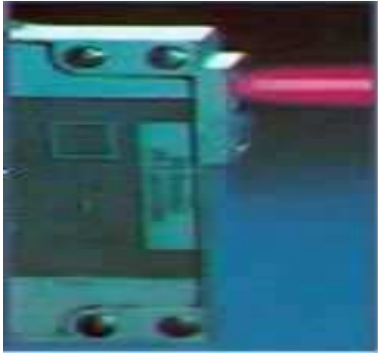


Figura II.26 Sensor Óptico



2.2.2.5 SENSOR FIN DE CARRERA.

Estos sensores tienen la tarea de detectar un final de carrera o límite de área, es porque se encuentran trabajando en conjunto con un actuador que produce un desplazamiento mecánico, y por lo tanto cuando esa parte mecánica haya llegado a su límite se debe detener su recorrido, para no dañar alguna parte del proceso automático. Cuando el actuador se encuentra en su límite de desplazamiento permitido, acciona los contactos de un interruptor que bien los puede abrir o cerrar.



Figura II.27 Sensores de final de carrera

2.2.3 OTROS TIPOS DE SENSORES

Detectores de ultrasonidos

Los detectores de ultrasonidos resuelven los problemas de detección de objetos de prácticamente cualquier material. Trabajan en ambientes secos y

polvorientos. Normalmente se usan para control de presencia/ausencia, distancia o rastreo.

Interruptores básicos

Se consiguen interruptores de tamaño estándar, miniatura, subminiatura, herméticamente sellados y de alta temperatura. Los mecanismos de precisión se ofrecen con una amplia variedad de actuadores y características operativas. Estos interruptores son idóneos para aplicaciones que requieran tamaño reducido, poco peso, repetitividad y larga vida.

Interruptores manuales

Estos son los sensores más básicos, incluye pulsadores, llaves, selectores rotativos y conmutadores de enclavamiento. Estos productos ayudan al técnico e ingeniero con ilimitadas opciones en técnicas de actuación y disposición de componentes.

Productos encapsulados

Diseños robustos, de altas prestaciones y resistentes al entorno o herméticamente sellados. Esta selección incluye finales de carrera miniatura, interruptores básicos estándar y miniatura, interruptores de palanca y pulsadores luminosos.

Productos para fibra óptica

El grupo de fibra óptica está especializado en el diseño, desarrollo y fabricación de componentes optoelectrónicos activos y submontajes para el mercado de la fibra óptica. Los productos para fibra óptica son compatibles con la mayoría de los conectores y cables de fibra óptica multimodo estándar disponibles actualmente en la industria.

Productos infrarrojos

La optoelectrónica es la integración de los principios ópticos y la electrónica de semiconductores. Los componentes optoelectrónicos son sensores fiables

y económicos. Se incluyen diodos emisores de infrarrojos (IREDs), sensores y montajes.

Sensores para automoción

Se incluyen sensores de efecto Hall, de presión y de caudal de aire. Estos sensores son de alta tecnología y constituyen soluciones flexibles a un bajo costo. Su flexibilidad y durabilidad hace que sean idóneos para una amplia gama de aplicaciones de automoción.

Sensores de caudal de aire

Los sensores de caudal de aire contienen una estructura de película fina aislada térmicamente, que contiene elementos sensibles de temperatura y calor. La estructura de puente suministra una respuesta rápida al caudal de aire u otro gas que pase sobre el chip.

Sensores de corriente

Los sensores de corriente monitorizan corriente continua o alterna. Se incluyen sensores de corriente lineales ajustables, de balance nulo, digitales y lineales. Los sensores de corriente digitales pueden hacer sonar una alarma, arrancar un motor, abrir una válvula o desconectar una bomba. La señal lineal duplica la forma de la onda de la corriente captada, y puede ser utilizada como un elemento de respuesta para controlar un motor o regular la cantidad de trabajo que realiza una máquina.

Sensores de efecto Hall

Son semiconductores y por su costo no están muy difundidos pero en codificadores ("encoders") de servomecanismos se emplean mucho.

Sensores de humedad

Los sensores de humedad relativa/temperatura y humedad relativa están configurados con circuitos integrados que proporcionan una señal acondicionada. Estos sensores contienen un elemento sensible capacitivo en base de polímeros que interacciona con electrodos de platino. Están

calibrados por láser y tienen una intercambiabilidad de +5% HR, con un rendimiento estable y baja desviación.

Sensores de posición de estado sólido

Los sensores de posición de estado sólido, detectores de proximidad de metales y de corriente, se consiguen disponibles en varios tamaños y terminaciones. Estos sensores combinan fiabilidad, velocidad, durabilidad y compatibilidad con diversos circuitos electrónicos para aportar soluciones a las necesidades de aplicación.

Sensores de presión y fuerza

Los sensores de presión son pequeños, fiables y de bajo costo. Ofrecen una excelente repetitividad y una alta precisión y fiabilidad bajo condiciones ambientales variables. Además, presentan unas características operativas constantes en todas las unidades y una intercambiabilidad sin recalibración.

Sensores de temperatura

Los sensores de temperatura se catalogan en dos series diferentes: TD y HEL/HRTS. Estos sensores consisten en una fina película de resistencia variable con la temperatura (RTD) y están calibrados por láser para una mayor precisión e intercambiabilidad. Las salidas lineales son estables y rápidas.

Sensores de turbidez

Los sensores de turbidez aportan una información rápida y práctica de la cantidad relativa de sólidos suspendidos en el agua u otros líquidos. La medición de la conductividad da una medición relativa de la concentración iónica de un líquido dado.

Sensores magnéticos

Los sensores magnéticos se basan en la tecnología magnetoresistiva SSEC. Ofrecen una alta sensibilidad. Entre las aplicaciones se incluyen brújulas,

control remoto de vehículos, detección de vehículos, realidad virtual, sensores de posición, sistemas de seguridad e instrumentación médica.

Sensores de presión

Los sensores de presión están basados en tecnología piezoresistiva, combinada con microcontroladores que proporcionan una alta precisión, independiente de la temperatura, y capacidad de comunicación digital directa con PC. Las aplicaciones afines a estos productos incluyen instrumentos para aviación, laboratorios, controles de quemadores y calderas, comprobación de motores, tratamiento de aguas residuales y sistemas de frenado.

2.3 ACTUADORES NEUMATICOS

El trabajo de estudio de la automatización de una máquina no acaba con el esquema del automatismo a realizar, sino con la adecuada elección del receptor a utilizar y la perfecta unión entre éste y la máquina a la cual sirve.

En un sistema neumático los receptores son los llamados actuadores neumáticos o elementos de trabajo, cuya función es la de transformar la energía neumática del aire comprimido en trabajo mecánico.

Los actuadores neumáticos se clasifican en dos grandes grupos:

- Cilindros
- Motores

Aunque el concepto de motor se emplea para designar a una máquina que transforma energía en trabajo mecánico, en neumática sólo se habla de un motor si es generado un movimiento de rotación, aunque es también frecuente llamar a los cilindros motores lineales.

	<u>Actuador Neumático</u>
Fuerza Generadora de Movimiento	Presión de aire
Elemento Motriz	Émbolo, Pistón o Veleta
Transmisión de Fuerza o Torque	Eje o Cremallera
Conversión mecánica	Yugo o Piñón

Generalidades actuador neumático

Figura II.28

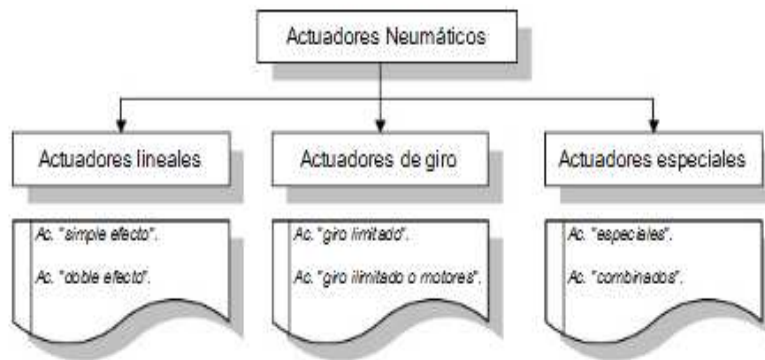
Un ACTUADOR es un dispositivo inherentemente mecánico cuya función es proporcionar fuerza para mover o "actuar" otro dispositivo mecánico. La fuerza que provoca el actuador proviene de tres fuentes posibles: Presión neumática, presión hidráulica, y fuerza motriz eléctrica (motor eléctrico o solenoide). Dependiendo de el origen de la fuerza el actuador se denomina "neumático", "hidráulico" o "eléctrico".



Ejemplos de Actuadores neumáticos.

Figura II.29

El trabajo realizado por un actuador neumático puede ser lineal o rotativo. El movimiento lineal se obtiene por cilindros de émbolo (éstos también proporcionan movimiento rotativo con variedad de ángulos por medio de actuadores del tipo piñón-cremallera). También encontramos actuadores neumáticos de rotación continua (motores neumáticos), movimientos combinados e incluso alguna transformación mecánica de movimiento que lo hace parecer de un tipo especial.



Clasificación genérica de los actuadores neumáticos

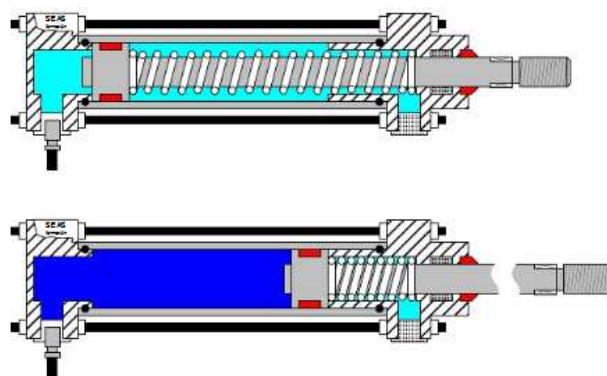
Figura II.30

2.3.1 ACTUADORES LINEALES

La energía del aire comprimido se transforma por medio de cilindros en un movimiento lineal de vaivén

2.3.1.1 CILINDROS DE SIMPLE EFECTO

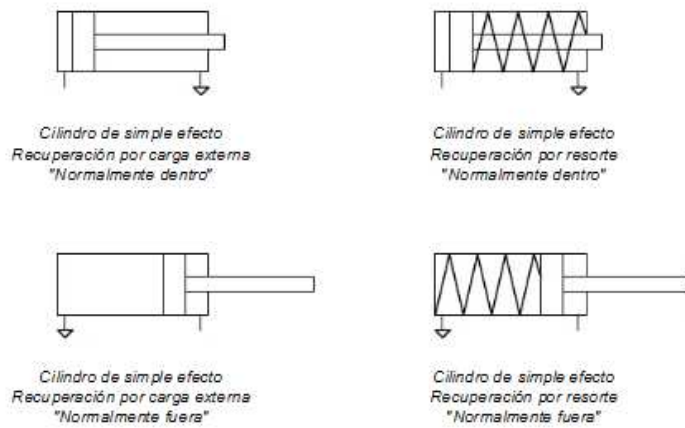
Un cilindro de simple efecto desarrolla un trabajo sólo en un sentido. El émbolo se hace retornar por medio de un resorte interno o por algún otro medio externo como cargas, movimientos mecánicos, etc. Puede ser de tipo "normalmente dentro" o "normalmente fuera".



Cilindro de simple efecto

Figura II.31

Los cilindros de simple efecto se utilizan para sujetar, marcar, expulsar, etc. Tienen un consumo de aire algo más bajo que un cilindro de doble efecto de igual tamaño. Sin embargo, hay una reducción de impulso debida a la fuerza contraria del resorte, así que puede ser necesario un diámetro interno algo más grande para conseguir una misma fuerza. También la adecuación del resorte tiene como consecuencia una longitud global más larga y una longitud de carrera limitada, debido a un espacio muerto.



Simbología normalizada de los cilindros de simple efecto

Figura II.32

La variedad constructiva de los cilindros de simple efecto es muy importante, pero todos ellos presentan la misma mecánica de trabajo. Se muestran a continuación algunos ejemplos de los mismos:





Ejemplos de tipos de cilindros de simple efecto

Figura II.33

Como se puede observar, los fabricantes ofertan soluciones para casi todas las necesidades que se puedan presentar en el diseño del automatismo neumático. Conviene repasar la gama genérica de actuadores de los principales fabricantes.

2.3.1.2 CILINDROS DE DOBLE EFECTO

Los cilindros de doble efecto son aquellos que realizan tanto su carrera de avance como la de retroceso por acción del aire comprimido. Su denominación se debe a que emplean las dos caras del émbolo (aire en ambas cámaras), por lo que estos componentes sí que pueden realizar trabajo en ambos sentidos.

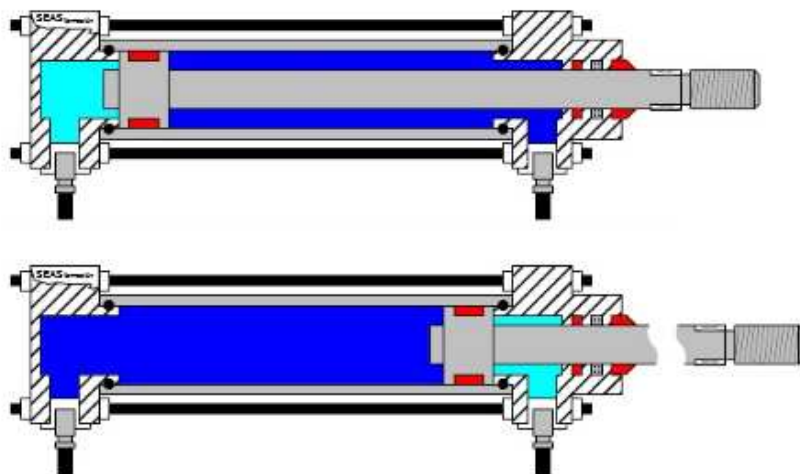
Sus componentes internos son prácticamente iguales a los de simple efecto, con pequeñas variaciones en su construcción. Algunas de las más notables las encontramos en la culata anterior, que ahora ha de tener un orificio roscado para poder realizar la inyección de aire comprimido (en la disposición de simple efecto este orificio no suele prestarse a ser conexionado, siendo su función la comunicación con la atmósfera con el fin de que no se produzcan contrapresiones en el interior de la cámara).



Cilindro de doble efecto convencional.

Figura II.34

El perfil de las juntas dinámicas también variará debido a que se requiere la estanqueidad entre ambas cámaras, algo innecesario en la disposición de simple efecto.



Cilindros doble efecto

Figura II.35

En definitiva, podemos afirmar que los actuadores lineales de doble efecto son los componentes más habituales en el control neumático. Esto es debido a:

- ♦ Se tiene la posibilidad de realizar trabajo en ambos sentidos (carreras de avance y retroceso).

- ♦ No se pierde fuerza en el accionamiento debido a la inexistencia de muelle en oposición.

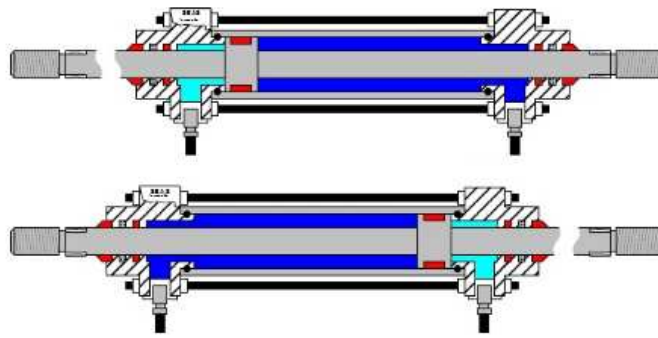
Para una misma longitud de cilindro, la carrera en doble efecto es mayor que en disposición de simple, al no existir volumen de alojamiento.

2.3.1.3 CILINDROS DE DOBLE VÁSTAGO

Características

- Tienen un vástago corrido hacia ambos lados.
- La guía del vástago es mejor, porque dispone de dos cojinetes y la distancia entre éstos permanece constante.
- Pueden absorber también cargas laterales pequeñas.
- Los emisores de señales, pueden disponerse en el lado libre del vástago.
- La fuerza es igual en los dos sentidos (las superficies del émbolo son iguales), al igual que sucede con la velocidad de desplazamiento.
- Este tipo de cilindros recibe también la denominación de cilindro compensado.

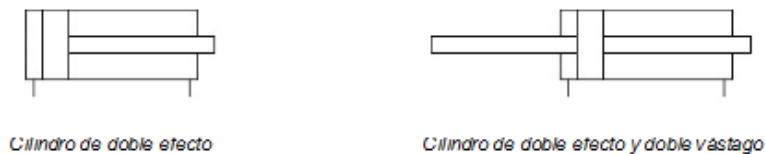




Cilindros de doble vástago

Figura II.36

La fuerza es igual en los dos sentidos (las superficies del émbolo son iguales), al igual que sucede con la velocidad de desplazamiento. Este tipo de cilindros recibe también la denominación de cilindro compensado y es importante recordar el equilibrio entre fuerzas y velocidad de lo que puede considerarse como "teóricos" avances y retornos de vástago.



Simbólicamente cilindro con doble vástago

Figura II.37

Simbólicamente, los cilindros de doble efecto muestran su doble punto de conexión. En el caso de los doble vástago (efecto compensador), también se puede apreciar su mecánica doble efecto.

2.3.1.4 SISTEMAS ANTIGIRO

Uno de los principales problemas que plantean los cilindros de émbolo convencionales es el movimiento de giro que puede sufrir el vástago sobre sí mismo, ya que tanto el émbolo como el vástago, habitualmente son de sección circular al igual que la camisa, y por ello ningún elemento evita la rotación del conjunto pistón.

En determinadas aplicaciones, esto puede tener efectos negativos y se hace necesaria la incorporación de actuadores o elementos exteriores que realicen un efecto antigiro.

Existen múltiples posibilidades, de las cuales detallamos las más extendidas.

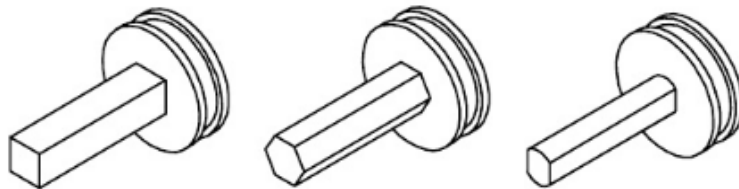
Sistemas de sección no circular (embolo – camisa o vástago –casquillo).

Sistemas de guía (simple o doble).

Sistemas doble vástago.

2.3.1.4.1 SECCIÓN NO CIRCULAR

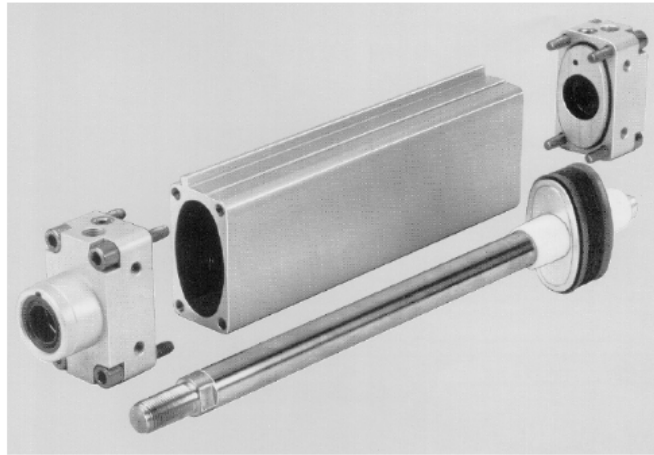
Una de las primeras soluciones adoptadas, fue sustituir la clásica sección del vástago (circular) por otros perfiles que no permitan el giro sobre sí mismo. Algunos de estos perfiles fueron los cuadrados, ovales, etc., pero presentaban el problema de una difícil mecanización (y por ello precio un excesivo del componente), además de presentar un grado de estanqueidad bastante bajo, ya que el perfil de la juntas dinámicas y estáticas no es el más adecuado.



Secciones de vástago para funciones antigiro

Figura II.38

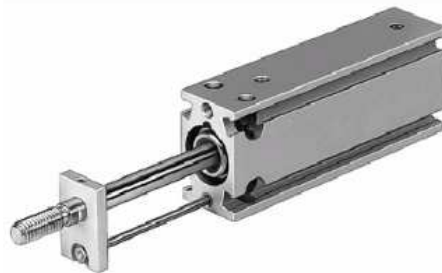
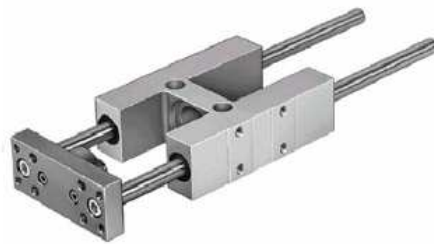
Otra solución corresponde al trabajo mediante secciones de vástago circulares (y en consecuencia del casquillo guía) pero marcando la función antigiro sobre el perfil interior de la camisa del cilindro (y en consecuencia del émbolo).



2.3.1.4.2 SISTEMAS DE GUÍA

Las unidades de guiado son elementos mecánicos exteriores que aseguran la función de guiado del vástago al mismo tiempo que protegen al vástago de las fuerzas de giro y flexión exteriores.

Se fabrican en acero y se acoplan sobre la culata anterior de los cilindros normalizados. En su interior se encuentran unos cojinetes de bronce sintetizado por los cuales se deslizan las varillas de guiado (en ocasiones pueden ser rodamientos lineales, los cuales aportan una mayor fiabilidad, reducen el rozamiento pero incrementan el coste de la unidad).



Sistemas de guía

Figura II.39

Una de las ventajas adicionales que presentan los sistemas de guía es la posibilidad de limitar la carrera de un cilindro de forma rápida, sencilla y sin intervención sobre el mismo. Esta limitación suele ser muy frecuente ya que rara vez coincidirá la carrera deseada en el diseño con las ofertadas comercialmente.

Esta limitación de carrera se ejecuta mediante un disco colocado directamente sobre la guía (golpeando antes de la ejecución completa de la carrera). Se pueden colocar amortiguadores hidráulicos sobre el bloque si el fabricante lo ha previsto.

2.3.1.4.3 SISTEMAS DE DOBLE BÁSTAGO

Este tipo de actuadores tiene función antigiro, y presentan mayor prestación en cuanto a la absorción de cargas exteriores, si bien, la principal ventaja de estos actuadores es que al disponer de un doble émbolo, desarrollan el doble de fuerza que uno convencional de igual tamaño.

3.2.5. CILINDROS TÁNDEM

Está constituido por dos cilindros de doble efecto que forma una unidad. Gracias a esta disposición, al aplicar simultáneamente presión sobre los dos émbolos se obtiene en el vástago una fuerza de casi el doble de la de un cilindro normal para el mismo diámetro.

Se utiliza cuando se necesitan fuerzas considerables y se dispone de un espacio relativamente pequeño, no siendo posible utilizar cilindros de diámetros mayores. Sin ser unidades excesivamente comunes, vale la pena conocerlas ya que en ocasiones pueden resultar de interés para la resolución de problemas muy concretos



Cilindros Tandem

Figura II.40

2.3.1.6 CILINDROS MULTIPOSICIONALES

- Los cilindros multiposicionales son una buena opción en aquellos casos en los que se requiera alcanzar 3 ó 4 posiciones diferentes y no se requiera una variabilidad frecuente de las mismas.

Aplicación:

Colocación de piezas en estantes, por medio de cintas de transporte

Mando de palancas

Dispositivos de clasificación (piezas buenas, malas y a ser rectificadas)

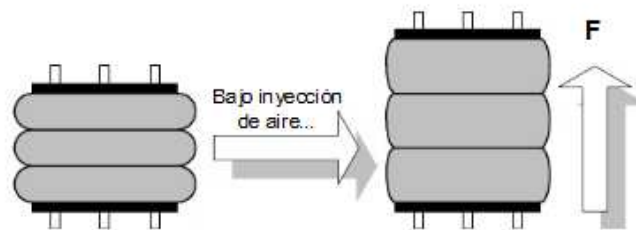
2.3.1.7 CILINDROS DE FUELLE

Los cilindros de fuelle o de lóbulos, están constituidos por dos tapas de cierre que actúan a modo de culata unida entre sí por medio de una membrana elástica (fabricada de material elastómero, como el neopreno).

Su disposición es siempre de simple efecto, deformándose la membrana axialmente ante la aplicación de aire comprimido y recuperándose por acción de la gravedad o de fuerzas externas (previa liberación del aire comprimido de la cámara de expansión).

Presentan numerosas ventajas, como son:

- Son de larga duración y están exentos de mantenimiento, al no existir piezas internas (trabajo por expansión de lóbulos).
- No se producen rozamientos en la maniobra. Tienen una instalación simple y por tanto, económica.
- Buena relación de volumen ocupado entre compresión - expansión (son fabricados con 1, 2 ó 3 lóbulos).
- Buena absorción de cargas radiales en los extremos. Pueden ser utilizados como amortiguadores debido a la facilidad con la que pueden absorber las vibraciones.



Cilindro fuelle (3 lóbulos)

Figura II.41

Hay que tener en cuenta que, al no disponer de vástago ni de guías, el cilindro es incapaz por sí solo de alinearse, por lo que hay que instalarlos en alojamientos guiados si se pretende que el movimiento sea perfectamente axial

2.3.1.8 Cálculos de cilindros

Fuerza del émbolo

La fuerza ejercida por un elemento de trabajo depende de la presión del aire, del diámetro del cilindro del rozamiento de las juntas. La fuerza teórica del émbolo se calcula con la siguiente fórmula:

$$F_{\text{teór}} = A \cdot p$$

$F_{\text{teór}}$ = Fuerza teórica del émbolo

A = Superficie útil del émbolo

p = Presión de trabajo

(N)

(cm²)

(kPa, 10⁵ N/m², bar)

En la práctica es necesario conocer la fuerza real. Para determinarla hay que tener en cuenta los rozamientos. En condiciones normales de servicio (presiones de 400 a 800 kPa/4 a 8 bar) se puede suponer que las fuerzas de rozamiento representan de un 3 a un 20% de la fuerza calculada. ANEXO 1

Cilindro de simple efecto.

$$F_n = A \cdot p - (F_R + F_F)$$

Cilindro de doble efecto (en el avance)

$$F_n = A \cdot p - F_R$$

F_n = Fuerza efectiva o real del émbolo

A = Superficie útil del émbolo

$$= \left(\frac{D^2 \cdot \pi}{4} \right)$$

A' = Superficie útil del anillo de émbolo

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

p = Presión de trabajo

F_R = Fuerza de rozamiento (3-20%)

F_F = Fuerza del muelle de recuperación

D = Diámetro del émbolo

d = Diámetro de vástago

Cilindro de doble efecto (en el retorno)

$$F_n = A' \cdot p - F_R$$

(N)

(cm²)

(cm²)

(kPa, 10⁵ N/m², bar)

(N)

(N)

(mm)

(mm)

Ejemplo de calculo:

$$\begin{aligned} D &= 50 \text{ mm} \\ d &= 12 \text{ mm} \\ A &= 19,625 \text{ cm}^2 \\ A' &= 18,5 \text{ cm}^2 \\ F_H &= 10\% \text{ (valor medio)} \\ F_n &= ? \end{aligned}$$

Superficie del émbolo

$$A = D \cdot \frac{\pi}{4} = 5 \text{ cm} \cdot 5 \text{ cm} \cdot \frac{\pi}{4} = 19,625 \text{ cm}^2$$

Superficie anular del émbolo

$$A' = (D^2 - d^2) \cdot \frac{\pi}{4} = (25 \text{ cm}^2 - 1,44 \text{ cm}^2) \cdot \frac{\pi}{4} = 18,5 \text{ cm}^2$$

Fuerza teórica de empuje en el avance

$$F_{\text{teór.}} = A \cdot p = 19,625 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot 6 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2 = 1.177,5 \text{ N}$$

Resistencia de rozamiento $F_H = 117,75 \text{ N}$

Fuerza real de empuje del émbolo en el avance

$$F_n = A \cdot p - F_H = 19,625 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot 6 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2 - 117,75 = 1.060 \text{ N}$$

Fuerza teórica de tracción del émbolo en el retorno

$$F_{\text{teór.}} = A' \cdot p = 18,5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot 6 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2 = 1.110 \text{ N}$$

Resistencia de rozamiento $F_R = 111 \text{ N}$

Fuerza real de tracción del émbolo en el retorno

$$F_n = A' \cdot p - F_R = 18,5 \cdot 10^{-4} \cdot 6 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2 - 111 \text{ n} = 999 \text{ N}$$

Velocidad del émbolo

La velocidad del émbolo en cilindros neumáticos depende de la fuerza antagonista de la presión del aire, de la longitud de la tubería, de la sección entre los elementos de mando y trabajo y del caudal que circula por el elemento demando. Además, influye en la velocidad la amortiguación final de carrera.

Cuando el émbolo abandona la zona de amortiguación, el aire entra por una válvula antirretorno y de estrangulación y produce una reducción de la velocidad.

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

La velocidad del émbolo puede regularse con válvulas especiales. Las válvulas de estrangulación, antirretorno y de estrangulación, y las de escape rápido proporcionan velocidades mayores o menores.

Consumo de aire

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

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

Relación de compresión · Superficie del émbolo · Carrera

La relación de compresión $p_{e2} : p_{e1}$ se calcula de la forma siguiente:

$$\frac{101,3 + \text{Presión de trabajo}}{101,3} \text{ en kPa (referida al nivel del mar)}$$

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

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

Fórmulas para calcular el consumo de aire

Cilindro de simple efecto

$$\dot{V} = s \cdot n \cdot \frac{d^2 \cdot \pi}{4} \cdot \text{Relación de compresión (l/min)}$$

Cilindro de doble efecto

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

\dot{V} = Cantidad de aire (l/min)
 s = Longitud de carrera (cm)
 n = Ciclos por minuto

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

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

Relacion de compresion:

$$\frac{101,3 + \text{presión de trabajo}}{101,3} = \frac{101,3 \text{ kPa} + 600 \text{ kPa}}{101,3 \text{ kPa}} = \frac{701,3 \text{ kPa}}{101,3 \text{ kPa}} = 6,9$$

Consumo de aire:

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

$$\dot{V} = \left[10 \text{ cm} \cdot \frac{25 \text{ cm}^2 \cdot \pi}{4} + 10 \text{ cm} \cdot \frac{25 \text{ cm}^2 - 1,44 \text{ cm}^2 \cdot \pi}{4} \right] \cdot 10 \text{ min}^{-1} \cdot 6,9$$

$$\dot{V} = [196,25 \text{ cm}^3 + 184,94 \text{ cm}^3] \cdot 10 \text{ min}^{-1} \cdot 6,9$$

$$\dot{V} = 381,2 \text{ cm}^3 \cdot 69 \text{ min}^{-1}$$

$$\dot{V} = 26.302,8 \text{ cm}^3/\text{min} = 26,3 \text{ l/min}$$

La fórmula para calcular el consumo de aire conforme al diagrama del Anexo 2 es la siguiente: Cilindro de simple efecto

$$\dot{V} = s \cdot n \cdot q \text{ (l/min)}$$

Cilindro de doble efecto

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

\dot{V} = Cantidad de aire (l/min)

n = Ciclos por minuto (1/min)

s = Longitud de carrera (cm)

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

En caso de emplear el diagrama de consumo de aire del Anexo 2, para

nuestro ejemplo se obtiene la fórmula siguiente

$$\dot{V} = 2 \cdot (s \cdot n \cdot p) \text{ l/min}$$

$$\dot{V} = 2 \cdot (10 \text{ cm} \cdot 10/\text{min} \cdot 0,134 \text{ l/cm})$$

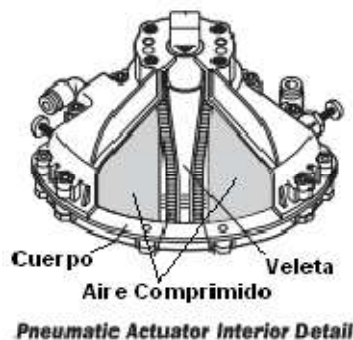
$$\dot{V} = 2 \cdot 13,4 \text{ l/min}$$

$$\dot{V} = 26,8 \text{ l/min}$$

2.3.2 ACTUADORES DE GIRO

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

Para hacer funcionar el actuador neumático, se conecta aire comprimido a uno de los lados del émbolo o veleta (en adelante, solo "émbolo") generando una fuerza en sentido de la expansión del espacio entre el émbolo y la pared del cilindro o el cuerpo.



Actuador de Giro

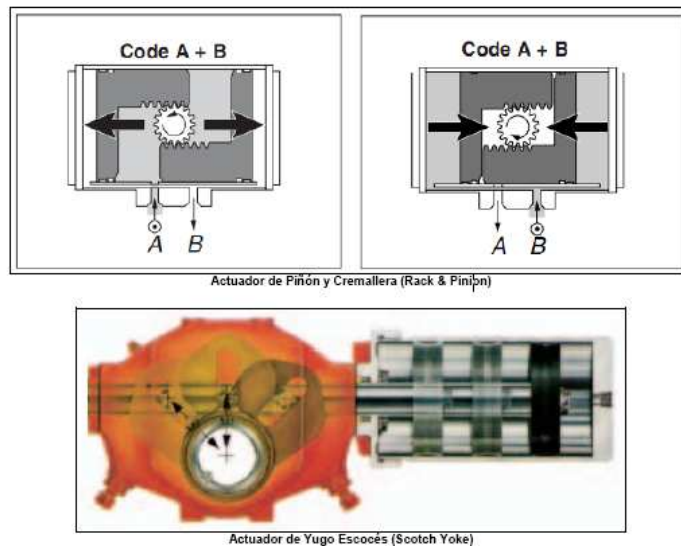
Figura II.42

Mediante un dispositivo mecánico que puede ser el conjunto piñón y cremallera, yugo escocés, o una simple veleta, el movimiento se transforma en rotatorio. Para mover el actuador en sentido contrario es necesario introducir aire comprimido en el lado opuesto del émbolo. El torque que genera el actuador es directamente proporcional a la presión del aire comprimido, pero dependiendo de su diseño puede ser variable de acuerdo a la posición actual del actuador. Es decir, supongamos que el movimiento del actuador rotatorio está definido en el rango de 0% a 100% de su movimiento. El torque de salida en 0% es en algunos casos diferente al

torque de salida cuando está en la posición 50%. A mayor abundamiento, en realidad lo que se tiene es una curva de torques en función de la posición del actuador. ¿Es esto una desventaja? No necesariamente, esta variabilidad de hecho es beneficiosa para la mayoría de las válvulas, ya que permite ajustar más el tamaño del actuador, pudiendo incluso bajar un modelo o dos al seleccionado originalmente.

Hoy existen 3 tipos de actuadores neumáticos

- Piñón y cremallera
- Yugo Escocés
- Veleta



Tipos de actuadores de giro

Figura II.43

2.3.2.1 Dimensionamiento de un actuador Neumático Rotatorio

- **Primero** se debe determinar el torque que se necesita para generar el movimiento rotatorio. Este torque puede ser expresada en N-m, lb-in, lb-ft, etc. (Newton metros, libras-pulgadas o libras-pié, etc.). El fabricante de la válvula debe suministrar este dato. Usualmente está publicado en su sitio web.
- No olvidar considerar la presión de la línea, que muy posiblemente lucha en contra del actuador.

- Establecer el porcentaje de sobredimensionamiento. Usualmente y dependiendo del tamaño y diseño de la válvula, entre 10% y 50% de sobredimensionamiento.

- **Segundo**, debe establecerse la carrera angular del actuador (¿90°, 180°?).

- **Tercero**, conseguir la presión mínima de aire disponible en el punto. Es en esta situación en la que el actuador está en su peor condición. La válvula debe ser actuada aún cuando la presión de aire caiga al mínimo. También se debe conseguir la presión máxima esperada, y compararla con la presión máxima que soporta el actuador y con el torque máximo que soporta el eje de la válvula.

- **Cuarto**, con los torques ya determinados, y recurriendo a las tablas de torque de los diferentes modelos, se puede escoger un modelo adecuado para la aplicación.

Es importante determinar el factor final de sobre dimensionamiento que se calcula dividiendo el torque del actuador por el torque original requerido por la válvula. Por ejemplo, si el torque original requerido de una válvula es de 3600 lb-in y se utiliza un porcentaje de 30%, es decir multiplicamos por 1,30 encontramos que se requiere un actuador de 4680 lb-in (la presión disponible de aire es 80 psi mín); hay un modelo XX0350 que entrega 3547 lb-in que no es suficiente; el siguiente tamaño XX0600 entrega 6028 lb-in que es mas que suficiente. Sin embargo, el factor ya no es 1,30, si no que 1,67. Es importante tenerlo en cuenta para no perder de vista cuanto torque realmente estamos entregando a la válvula, sobre todo cuando el cliente o el ingeniero suministran el torque máximo admisible para el vástago de la válvula.

- Verificar el torque máximo admisible para el vástago de la válvula.
- Establecer los controles que gobernarán al actuador: Posicionador, válvulas solenoides, interruptores de carrera, transmisores de posición, etc.

- Si el torque máximo a máxima presión de aire supera el torque máximo admisible del vástago de la válvula, debe considerar instalar un regulador de presión para limitar la presión máxima de aire

2.3.3 Aplicaciones de Actuadores en la industria

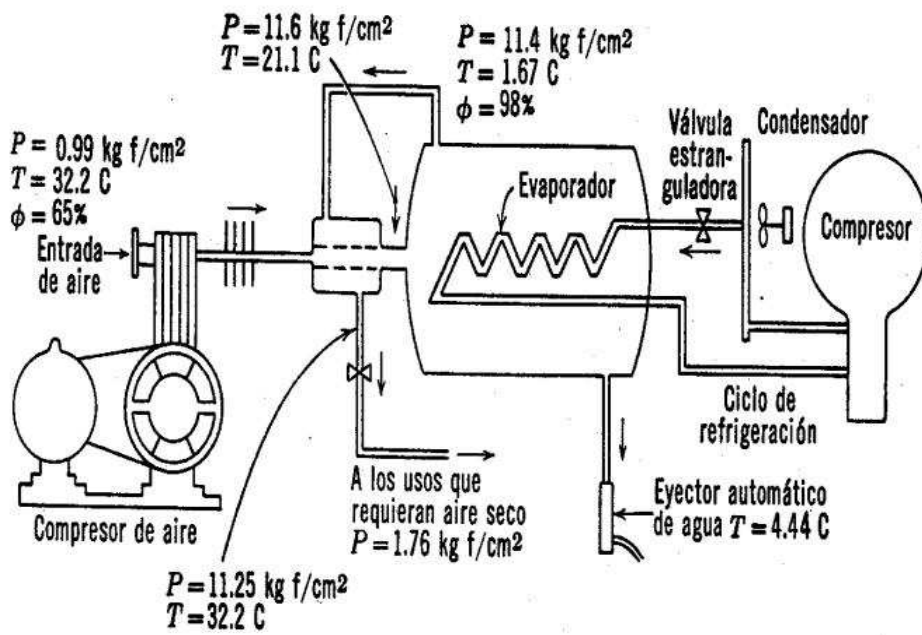
Los actuadores neumáticos tienen una amplia gama de aplicación dentro de la industria y esto se debe a su "fácil" utilización y a su mecanismo empleado. Los actuadores, que comúnmente o en su mayoría son cilindros, son apropiados para ser utilizados en la industria química, en los procesos de galvanización, en la industria alimenticia etc.

Los cilindros de simple efecto son utilizados para:-Dispositivos de corte y prensado en la fabricación de piezas de plástico-Dispositivos de sujeción, de corte, de plegado y de prensado, accionamiento de prensas de recortes, accionamiento de dosificadores de grapas en manipulados de papel y cartón.-Dispositivos de corte en las industrias de confección y en la industria de calzado.-Expulsión de piezas en la industria alimenticia y en la industria farmacéutica.

Los actuadores o cilindros de doble efecto son utilizados para:-Cierre de compuertas en centrales nucleares.-Dispositivos de elevación y descenso para baños, accionamiento de compuertas en la industria química.-Aplastador de chatarra.-Desplazamiento de rodios en sierras alternativas, accionamientos en sierras tronadoras y prensas de bastidor en la industria de la madera.-Dispositivos para prensas de moldeo y sujeción en la industria de muebles.-Accionamiento de puertas en vehículos de transporte.

Frecuentemente es necesario disponer de una fuente de aire seco, a mantener bajo presión los cables telefónicos u otras instalaciones semejantes. La figura muestra en esquema un dispositivo para proveer de aire seco. El aire es comprimido a 11.6 kg f/cm^2 , enfriado a $21.1 \text{ }^\circ\text{C}$ en un enfriador y en cambiador de calor a contra flujo. Finalmente es enfriado a $1.67 \text{ }^\circ\text{C}$ por trasmisión de calor al refrigerante en el evaporador del ciclo de

refrigeración. El agua condensada en estos procesos, es separada del aire y sale por un eyector automático. La mezcla aire-vapor de agua remanente se usa como medio enfriamiento en el cambiador de calor y su presión reducida a 1.76 kgf/cm², a ser usada en la aplicación programada.



Ejemplo de aplicaciones de actuadores neumáticos

Figura II.44

CAPÍTULO III

DESARROLLO DEL MODULO DIDÁCTICO

En este capítulo se detallara todo lo utilizado para la elaboración del modulo, dimensiones de perfiles, selección de sensores de control, selección de cilindros neumáticos, utilización de niquelinas, programación del PLC entre los mas principales.

El desarrollo del modulo requiere de una ingeniería avanzada ya que estaremos utilizando varios elementos que necesitan de un conocimiento básico-avanzado para en lo posterior no tener problemas con la manipulación.

3.1.- DISEÑO DE LA ESTRUCTURA

Se ha visto conveniente la utilización de perfiles de aluminio, debido a que abunda en el mercado, es de bajo costo, fácil de manipular, liviano en cuanto al peso y de fácil adaptación con los demás elementos necesarios que se vayan a adherir al modulo para su funcionamiento.

La ingeniería requiere de una variedad de cálculos para la elaboración de cualquier tipo de estructura sea cual sea su utilización ya que se debe garantizar el correcto funcionamiento de las distintas aplicaciones en las que se vayan a utilizar.

En este caso se obviarán dichos cálculos ya que el trabajo a realizar abarca más un sentido experimental y práctico que nos servirá para las posteriores aplicaciones que se puedan dar.

El perfil a utilizar es de aluminio como se especificó anteriormente, llamado "divisiones de oficina" que tiene un espesor de 3,2 mm.

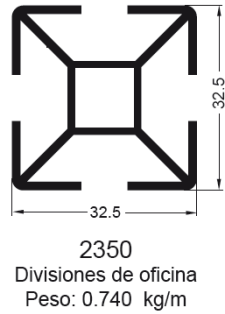


Figura III.1. Perfil de aluminio

Antes de empezar el trabajo manual se ha decidido hacer un bosquejo general de la estructura mecánica del proceso, ya que se necesita dimensionar las medidas de cada perfil que conformarían la estructura debido a que el proceso lleva varios elementos en diferentes ubicaciones. Previamente seleccionados los elementos a ser utilizados, se ha tomado las medidas respectivas de cada uno de estos, para que el diseño de la estructura sea hecha lo más real posible y por ende se pueda dar una correcta ubicación a cada uno de sus elementos, existiendo así, el espacio necesario para la realización de cualquier trabajo de mantenimiento o ampliación.

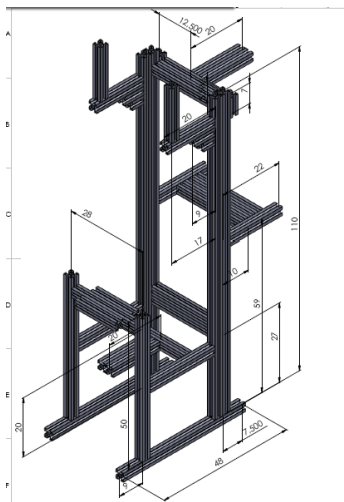


Figura III.2. Estructura de aluminio

Se ha llegado a determinar las debidas dimensiones de la estructura del modulo (anexo 1) la cual nos servirá para la implementación real.

Para la sujeción entre perfiles se ha utilizado pernos hexagonales con sus respectivos sujetadores, ya que estos debido a su pequeña estructura no modifican ni alteran el diseño y funcionamiento del modulo, también brindan firmeza y estabilidad al ser ajustados.

3.2.- UBICACIÓN DE DISPOSITIVOS EN LA ESTRUCTURA DE ALUMINIO

Debido a que el proceso esta conformado por varias etapas, se tienen diferentes elementos que forman parte de estas, y necesitan ser sujetadas a la estructura.

Se tiene 7 cilindros cada uno de estos designados para una operación especifica en cada una de las etapas del proceso de empacado de sólidos granulados.

- Un cilindro se necesita ubicarlo en la parte superior de la estructura ya que nos servirá como dispensador. Estará este adherido a la tolva.

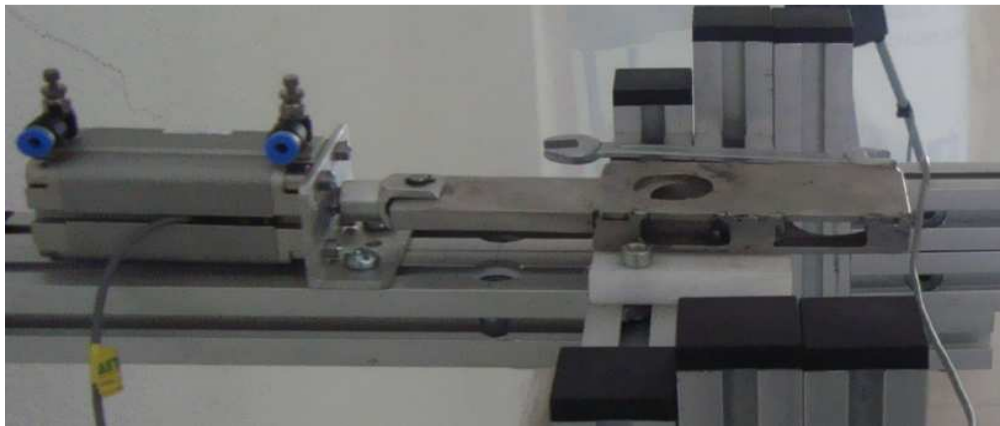


Figura III.3. Cilindro dispensador de producto

- Dos cilindros para el sellado vertical, con sus respectivas portaniquelinas, las mismas que serán ubicadas a una altura promedio de la estructura.



Figura III.4. Cilindros y porta niquelinas para el sellado vertical.

- Dos cilindros para el sellado horizontal con un porta niquelinas, estas están fijadas a otro cilindro que nos servirá para el desplazamiento de arriba hacia abajo el mismo que está sujeto a la estructura a una altura ya calculada.

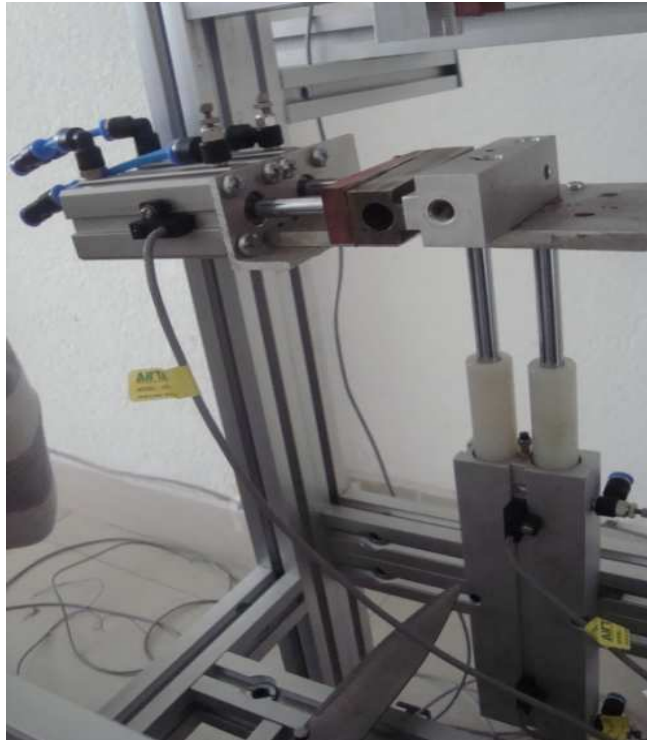


Figura III.5. Cilindro con porta niquelina para el sellado horizontal y cilindro de desplazamiento.

- Un cilindro ubicado en la parte inferior de la estructura, está adherido a una tijera que me servirá para cortar las fundas selladas y llenadas del producto las que pasaron por las etapas anteriores del módulo.



Figura III.6. Cilindro con tijera

3.3.- FUNCIONAMIENTO DEL MODULO DE EMPACADO DE SÓLIDOS GRANULADOS.

El modulo de empacado de sólidos granulados es un proceso de sellado del papel térmico tanto horizontalmente como vertical para luego proceder al llenado del producto, transportarlo y se proceda a cortar las fundas.

Se ha elaborado un diagrama de bloques del proceso de empacado de sólidos granulados el mismo que se detalla a continuación.

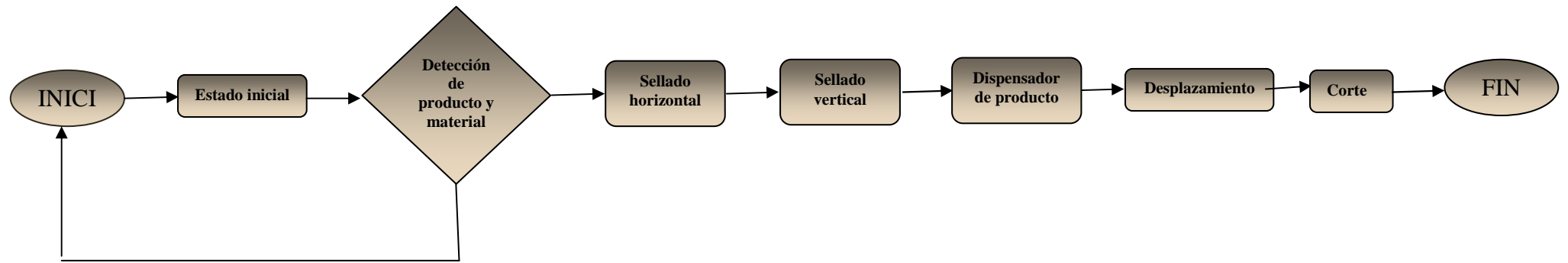


Figura III.7. Diagrama de boques del proceso de empacado de sólidos granulados.

Debido a que en el proceso de empaqueo de sólidos granulados se realizan algunas operaciones se lo ha clasificado en varias etapas las cuales detallamos a continuación:

3.3.1.- ESTADO INICIAL

Se ha determinado un estado inicial para cada etapa del proceso, el cual ve estar condicionado de dos factores: la existencia de producto y la ubicación del papel termo-pegable.

Con los estados iniciales se quiere que los cilindros se mantengan en un estado preestablecido:

- El cilindro del dispensador (C1) debe estar en posición positiva.
- El sellado horizontal esta conformado por dos cilindros los cuales están conectados en paralelo y por ende dependerán de la misma orden para realizar e trabajo asignado, se ha dado una sola notación ya que hacen lo mismo y funcionan al mismo tiempo. La condición inicial de los cilindros de sellado horizontal (C2) se requiere que este en posición positiva.
- Para el sellado vertical se ha tomado en cuenta lo mismo que se considero en la etapa anterior y tendremos un solo símbolo por los dos cilindros. La condición inicial de los cilindros de sellado vertical (C3) se requiere que este en posición negativa.
- Para el desplazamiento arriba/abajo se esta utilizando un cilindro de doble vástago (C4) y su condición inicial es en posición positiva.
- En el corte se ha ubicado un cilindro (C5) con posición inicial positiva.

Posición del cilindro	Descripción
Mas (+)	El cilindro en posición más indica que su vástago se encuentra extendido,
Menos(-)	El cilindro en posición menos indica que su vástago se encuentra recogido

Tabla III.I. Posiciones de cilindros

3.3.2.- DETECCIÓN DE PRODUCTO Y PAPEL DE TERMO-SELLADO

- **DETECCIÓN DE PRODUCTO.**

Para la detección del producto a ser empacado se empleara en este proceso, un sensor inductivo (S7), el mismo que será encargado de indicar la existencia del producto en la tolva a una altura ya determinada.

Si el sensor esta enviando una señal al PLC, quiere decir que si hay suficiente producto por ser empacado por ende el modulo seguirá funcionando a través de la realización de todas sus etapas de producción, en caso de recibir una respuesta negativa o la desactivación del sensor el modulo automáticamente parara.



Figura III.8. Papel Termo pegable

- **DETECCIÓN DE PAPEL TERMO**

Para la detección del papel termo, se está usando un sensor capacitivo (S8), el cual será encargado de indicar la existencia del papel, listo para ser sellado.

De igual forma que el sensor anterior, este también debe estar enviando una señal constante al PLC para decirme o afirmarme la existencia de papel termo, en caso contrario la producción parara.

Dependiendo del estado de estos dos sensores, se dará paso al inicio del proceso o permanecerá detenido hasta cumplir con estas dos condiciones.

En caso de que el proceso este en funcionamiento y se incumpla con los requerimientos de estos sensores, se dará paso inmediatamente bloquee y detener la producción hasta que se cumplan estas dos restricciones.



Figura III.9. Papel Termo pegable

3.3.3.- SELLADO VERTICAL

La función de esta etapa es realizar el sellado del papel termo en forma horizontal como se podrá apreciar en la figura siguiente.



Figura III.10. Etapa de sellado vertical

Esta etapa consta de varios elementos entre los cuales tenemos:

- Dos cilindros que están conectados en paralelo por lo tanto operan paralelamente (al mismo tiempo), para facilitar la notación lo hemos tomado como si fuera uno solo, (C3).

El C3 estará controlado mediante un sensor (S3), el mismo que enviara una señal al PLC que será procesada y determinara si activa o no la electro válvula y esta a su vez si activa o no los cilindros (C3).

- Se ha adaptado a los vástagos de los cilindros un sistema de sellado, mediante la utilización de niquelinas, que serán activadas con una alimentación de 120 VCA.
- Para proporcionar el calor a las niquelinas se esta usando un controlador de temperatura regulable que va desde 0 °C hasta 320 °C, pero lo recomendable es dejarlo en 80 °C.

3.3.4.- SELLADO HORIZONTAL

En esta parte del proceso se procederá al sellado vertical del papel termopegable.

Los elementos del sellado vertical son los mismo que se detallaron anteriormente en la etapa de sellado horizontal, tienen la misma función y operan de igual forma que lo explicado anteriormente.

Cabe indicar que a los cilindros se los llama C2, el sensor de control en esta etapa es el S2 y todo el funcionamiento de esta parte del proceso va a depender de este dispositivo.



Figura III.11. Etapa de sellado horizontal

3.3.5.- DISPENSADOR DEL PRODUCTO

Esta etapa tiene como labor fundamental el racionamiento del producto en partes iguales, se determinara la cantidad exacta que se desea empaquetar mediante una correcta orden de activación y desactivación.

El dispensador cuenta con un cilindro (C1), acoplado en su vástago un sistema de racionamiento, el cual hace posible tener una cantidad exacta e igual para todas las fundas a ser selladas. Este cilindro va estar controlado a través de un sensor (S1) el mismo que se va a encargar de avisar al PLC si el dispensador esta en funcionamiento.

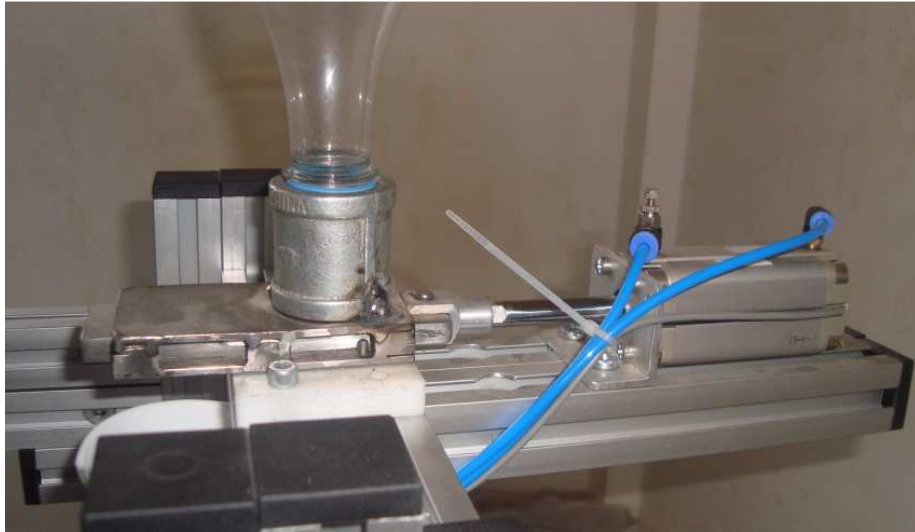


Figura III.12. Dispensador del producto

La activación y desactivación del cilindro dispensador (C1) va a depender de si ya se han realizado las etapas anteriormente descritas, como:

- Detección de material y papel termo-pegable
- Sellado horizontal
- Sellado vertical

Solo así, se llevara a cabo le ejecución de esta etapa.

3.3.6.- DESPLAZAMIENTO ARRIBA/ABAJO

El desplazamiento lo realizara un cilindro (C4) de doble vástago. Este al contrario que los cilindros anteriores tiene dos sensores de contro; S4 que me indica cuando el cilindro esta desactivado (arriba), S5 en cambio indica cuando el cilindro esta activado (abajo), como se indico antes se deben realizar los eventos anteriores para que se pueda dar esta etapa.

El cilindro de desplazamiento (C4) sirve para bajar las fundas llenas y selladas tanto horizontal como verticalmente.



Figura III.13 Etapa de desplazamiento.

Se ha visto conveniente fijar al vástago del cilindro (C4) el cilindro de sellado horizontal (C2) para que de esta forma ayude a la sujeción de las fundas y desplazamiento hacia abajo para empezar un nuevo proceso de llenado, sellado y desplazamiento.

3.3.7.- CORTE DE FUNDAS

El corte se lo realizara a través del cilindro (C5), el cual tiene acoplado en su vástago una tijera que al momento que detecte que el cilindro de desplazamiento ya bajo y subió nuevamente realizara el corte.

También tiene un sensor de control (S6) que me indicara la posición del cilindro (C5).

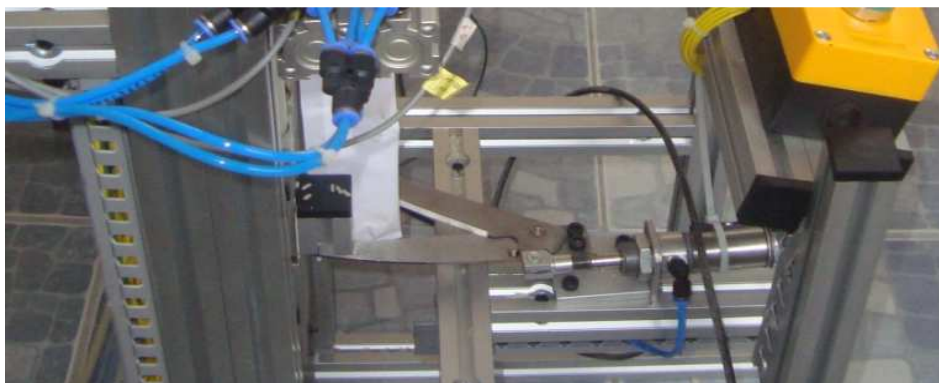


Figura III.14. Etapa de corte.

Nota:

Todas las etapas antes mencionadas están relacionadas una con la otra, ya que hemos establecido una secuencia de ejecución, ejemplo:

- El dispensador de producto no puede activarse antes de que este la funda sellada vertical y horizontalmente.
- Tampoco se puede activar el desplazamiento antes de que termine el trabajo el dispensador o activarse la tijera antes de que haya habido un desplazamiento hacia abajo con el producto enfundado.

Toda la secuencia va a depender de la programación del PLC, pero existen etapas que aun así no deben ni van a poder cambiar su orden de activación.

3.4.- SELECCIÓN DE DISPOSITIVOS NEUMÁTICO

En la selección de dispositivos neumáticos existen algunos aspectos que se deben tomar en cuenta al momento de realizarlos, para que exista una ingeniería mas completa y podamos estar seguros del trabajo que se esta realizando.

En primer lugar se procederá a la selección de cilindros y la selección de electroválvulas, para ya con estos elementos seleccionados podamos realizar el respectivo circuito neumático.

3.4.1.- SELECCIÓN DE CILINDROS NEUMÁTICOS

Existen factores que intervienen directamente con la selección de cilindros, uno de estos y el más importante es la fuerza. El valor de la fuerza depende exclusivamente del diámetro del pistón y de la presión del aire comprimido con que se alimenta el cilindro.

Otro de los factores que intervienen también es la posición en la que se necesita para que los cilindros desarrollen su trabajo.

Se debe aplicar un pequeño cálculo de ingeniería para la selección de estos dispositivos neumáticos y con los resultados obtenidos pasar a la búsqueda y selección correspondiente en las diferentes tablas de selección que se tiene a disposición.

La ecuación que lo sustenta es:

$$F = P.A = 10.p.\pi.\left(\frac{d^2}{4}\right).n$$

Donde:

F: fuerza

P: Presión de trabajo (bar)

d: Diámetro del pistón.

N: fuerza de rozamiento (0,9)

La fuerza de rozamiento va a ser mínima, estimando en un 90%.

Se puede trabajar con una presión experimental desde los 4 hasta los 6 bares según a la acción en la que los cilindros vayan a ser utilizados, pero como nos podemos dar cuenta todos estos están conectados a una misma presión de aire por ende todos van a trabajar a la misma presión que se decida en nuestro caso será de 5 bares.

- **Selección del cilindro dispensador (C1)**

La función de este cilindro (C1) es la de proporcionar el producto a ser empaquetado en raciones iguales, se consideraría que en este cilindro se va a utilizar una fuerza media, por lo que se ha estimado una fuerza de 130 [N].

Datos:

F= 130 [N]

P= 5 bares

.n= 90% = 0.9

.d= ¿?

$$130[N] = P.A = 10.(5[bar]).\pi.\left(\frac{d^2}{4}\right).0.9$$

$$d = 1.92 [cm]$$

Con los datos obtenidos vamos a la selección del cilindro correspondiente, el mismo que según su diámetro de vástago será buscado en la tabla del anexo 1.

Ingresando los datos en la tabla del anexo 1 no podemos dar cuenta que necesitamos un cilindro de 20 mm.

Y se ha decidido seleccionar un cilindro de 20 mm de diámetro de vástago, de tipo compacto, simple efecto, para que realice el trabajo de dispensador de producto y se pueda realizar esta operación en espacios reducidos.



Figura. III.15 Cilindro de tipo compacto.

Sus principales características son:

Especificaciones técnicas

Tipo:	ACPS 16X30
Presión de operación	1 – 10 [bar]
Temperatura	0 – 80°C
Rango de velocidad	30 – 500 mm/seg
Anillo magnético	Standart
Diámetro Ø	16 mm
Carrera	<-→ 12 mm

Tabla III.II. Especificaciones técnicas del cilindro compacto de simple efecto.

- **Selección de los cilindros para los sellados: vertical y horizontal C3 y C2 respectivamente.**

Las etapas de sellado necesitan un poco mas de fuerza que las otras etapas ya que debemos asegurarnos de que el sellado se lo realice correctamente, y como hemos visto en la formula anteriormente expuesta para que exista mayor fuerza se necesita que la presión y el diámetro del vástago sean grandes ya que son directamente proporcional a la fuerza.

Se ha considerado los siguientes datos:

F: ?

P: 5 bar (experimentalmente)

D: 2 cm. (Experimentalmente)

Fuerza de rozamiento: 90%

$$F = P \cdot A = 10 \cdot (5[\text{bar}]) \cdot \pi \cdot \left(\frac{(2[\text{cm}])^2}{4} \right) \cdot 0.9$$

$$F = 141.3 [\text{N}] \approx F = 142 [\text{N}]$$

Esta es la fuerza teórica que desarrollara el cilindro, suficiente como para poder realizar el sellado del papel termo-pegable.

Si ingresamos estos datos en el grafico del ANEXO 1 con $F=142[\text{N}]$ y una presión de $p= 5[\text{Bar}]$ obtendremos un cilindro de 20 mm de diámetro de vástago.

En el mercado se ha encontrado una variedad de cilindros neumático que se puede utilizar pero se tomo la decisión de seleccionar los cilindros AIRTAC de tipo compacto, simple efecto ya que estos me brindan un poco mas de fuerza que lo especificado.



Figura III.16. Cilindro AIRTAC tipo compacto.

Para obtener resultados mas gratificantes se utilizo dos cilindros por etapa de sellado, ya que se necesita ejercer una presión igual a lo largo de toda una área y por eso se adquirió cuatro cilindros del mismo tipo y características seleccionadas.

- **Selección del cilindro de desplazamiento C4**

Es el cilindro que mas fuerza necesita, ya que va hacer las veces de ascensor y va a llevar adaptado en su vástago la etapa de sellado horizontal por que necesita que al momento de bajar un sistema haga presión a la funda y la lleve hacia abajo al igual que el vástago del cilindro de desplazamiento.

De manera experimental se han considerado los siguientes datos para el cálculo:

F: ?

P: 5 bar (experimentalmente)

D: 2 cm. (Experimentalmente)

Fuerza de rozamiento: 90%

$$F = P \cdot A = 10 \cdot (5[bar]) \cdot \pi \cdot \left(\frac{(2[cm])^2}{4} \right) \cdot 0.9$$

$$F = 141.3 [N] \approx F = 142[N]$$

Ingresando los datos obtenidos en la tabla del ANEXO 1 se obtuvo el siguiente resultado: que con una presión de 5 bares y una fuerza de 142[N] el diámetro del vástago del cilindro es de 20 mm.

Pero por lo expuesto anteriormente se ha decidido utilizar un cilindro AIRTAC compacto, de simple efecto pero de doble vástago.

- **Selección del cilindro de corte C5.**

Utilizando la anterior ecuación hacemos la selección de los cilindros que nos servirá para realizar el corte de las fundas fabricadas.

Para la realización del corte de las fundas se ha considerado necesaria una fuerza mediana, por lo que experimentalmente se ha tomado los siguientes datos:

F: ?

P: 6bar (experimentalmente)

D: 2cm. (Experimentalmente)

Fuerza de rozamiento: 90%

$$F = P \cdot A = 10 \cdot (5[\text{bar}]) \cdot \pi \cdot \left(\frac{(2[\text{cm}])^2}{4} \right) \cdot 0.9$$

$$F = 170[\text{N}]$$

Esta es la fuerza teórica que desarrollara el cilindro, suficiente como para realizar un corte preciso.

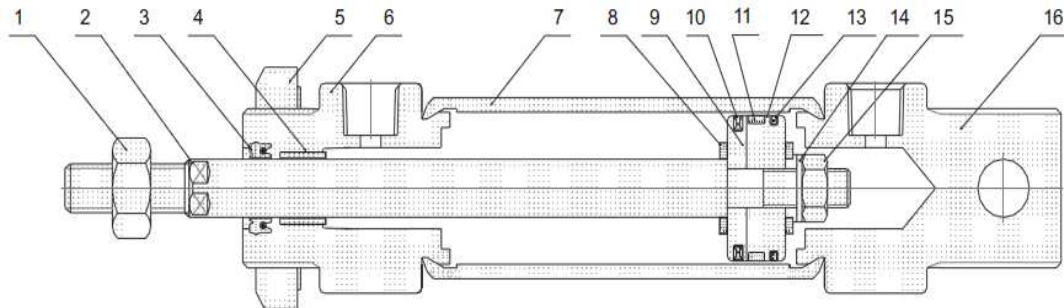
Si ingresamos estos datos en el grafico del ANEXO 1 con F=170[N] y una presión de p= 6[Bar] obtendremos un cilindro de 20 mm.

Es por esto que se ha utilizado un cilindro neumático de doble efecto de marca Aitac, con soporte de anillo magnético para conocer su posición y presenta las siguientes características:

Especificaciones técnicas	
Presión de operación	1 – 10 [bar]
Temperatura	0 – 70°C
Rango de velocidad	50 – 80 mm/seg
Anillo magnético	Standart
Diámetro Ø	20 mm
Material	Acero inoxidable
Carrera	<-→ 12 mm

Tabla III.III Especificaciones técnicas de un cilindro C5.

Su estructura física se describe en la figura siguiente:



No.	Item	No.	Item
1	Tuerca del vástago	2	Vástago
3	Sello del vástago	4	Buje
5	Tuerca de montaje	6	Cabeza delantera
7	Camisa	8	Amortiguación
9	Pistón	10	Sello del pistón
11	Anillo magnético	12	Soporte del anillo magnético
13	Anillo raspador	14	Arandela trasera de ajuste
15	Tuerca del pistón	16	Cabeza trasera

Figura. III.17. Partes principales de un cilindro Airtac.

3.4.2. SELECCIÓN DE ELECTROVÁLVULAS.

Para la activación y desactivación de los cilindros neumáticos se ha utilizado electroválvulas de mando directo con 5 vías y 2 posiciones (5/2). En si en el mercado existe una gran gama de productos que nos ofrecen varias características de mando con resultados mas óptimos, pero debido al factor económico que es un principal limitante para la selección de dispositivos ha tocado adaptarse a los alcances.

En las electroválvulas escogidas en su conjunto el mando resulta indirecto. Resultan así distribuidores más livianos, solenoides más pequeños y de menor potencia, y más alta velocidad de respuesta.

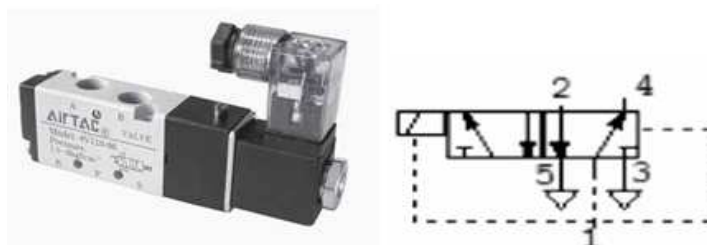


Figura. III.18 Electroválvulas 5/2.

Las electroválvulas adquiridas son las AIRTAC ya que debido a su coste accesible y su confiabilidad en la realización del trabajo se adaptara de mejor manera a los mandos de los cilindros que se utilice.

En la tabla siguiente podremos apreciar características de trabajo que nos brinda este tipo de electroválvulas.

Especificaciones técnicas	
Modelo	Selenoide valve 4V110-06
Presión de operación	1,5 – 8 [bar]
Relé	24VDC, 2,5W
Rango de voltaje	21VDC - 26.4VDC
IP (protección)	65

Tabla III.IV. Especificaciones técnicas de electroválvula 5/2.

Adaptación de válvulas a la estructura del modulo.

Para esto se necesitan de los Manifold o también llamados montajes múltiples, son modulares y adaptables a la necesidad, de acuerdo al número de electroválvulas a instalar.

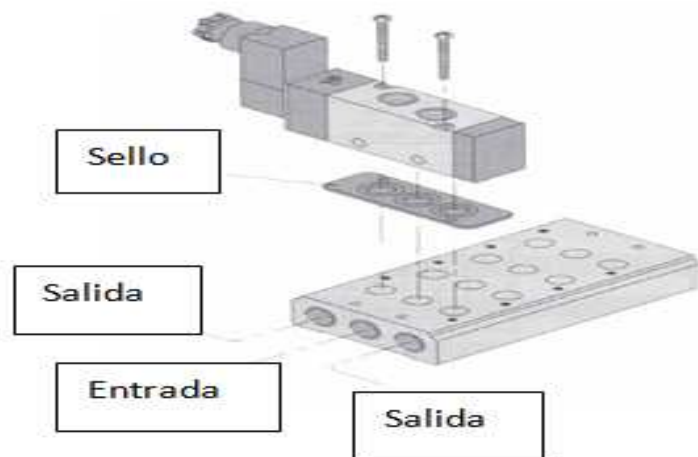


Figura III.19 Montaje de una electroválvula en un manifold

3.4.3 ELEMENTOS ADICIONALES EN EL CIRCUITO NEUMÁTICO.

- **Controladores de flujo.**

Se creyó pertinente instalar válvulas anti retorno regulables, en los diferentes cilindros para así controlar el flujo de aire hacia y desde los cilindros.



Figura III.20 Control de flujo y su símbolo.

- **Racores Instantáneos.**

Utilizados para la distribución del fluido (aire) a través de los elementos incluidos en el circuito neumático, tanto como codos, acoples, T o Y como se muestra en la figura



Figura III.21 Racores instantáneos.

3.4.4.- CIRCUITO NEUMÁTICO

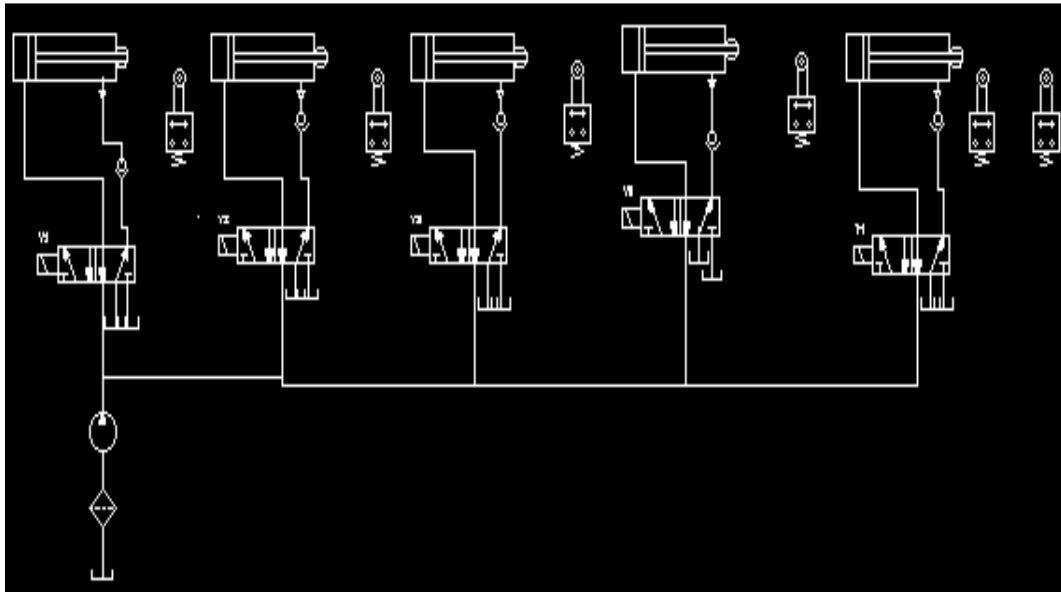


Figura III.22 Circuito neumático de proceso de empacado de sólidos granulados.

3.5.- SENSORES DE CONTROL PARA EL MODULO [2.2]

Teniendo en cuenta los parámetros que se desea controlar se ha decidido por la utilización de sensores magneticos seleccionados en el ANEXO 5, los cuales me indican la posición de los diferentes cilindros. Con esto nos será más fácil el control automático del proceso, ya que tendremos señales de avisos al PLC por parte de los sensores.

Se instalaran un sensor por cada etapa, excepto en la de desplazamiento ya que aquí habrán dos sensores los que me indicaran si el desplazamiento esta arriba o abajo.

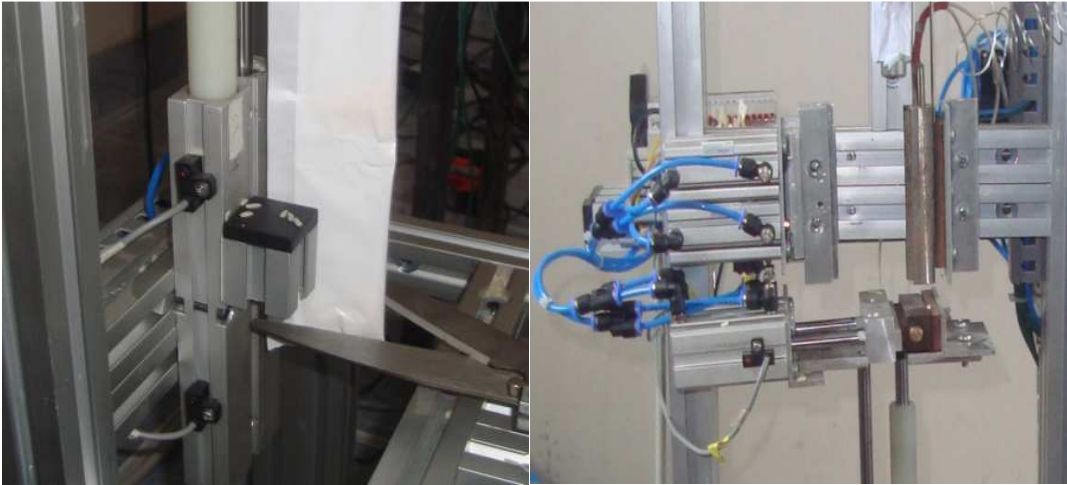


Figura III.23 Sensores de proximidad en el modulo.

3.6.- DIAGRAMAS ELÉCTRICOS DEL MODULO.

Los diagramas eléctricos deben ser elaborados detalladamente, teniendo en cuenta todos los dispositivos conectados con sus respectivas configuraciones.

Se parte desde las diferentes fuentes de alimentación tanto para DC como para AC, sabiendo que el PLC necesita una tensión de 120 VAC para activarse y para los sensores y actuadores se necesita una tensión de 24 VDC.

Posteriormente pasamos a las borneras de seguridad que se utiliza para la conexión entre el PLC, los sensores y las electroválvulas.

El proceso llevan focos de alertas (marcha, paro y emergencia), también las botoneras de control (marcha, paro, emergencia y un selector de manual/automático), los mismos que se convierten en salidas y entradas correspondientemente.

En el proceso existe un dispositivo llamado AB-7, el cual esta como interfaz entre el PLC y las entradas/salidas.

En el ANEXO 4 podemos observar las diferentes conexiones eléctricas del modulo.

3.7.- PROGRAMACIÓN DEL PLC SIEMENS S7-200. [2.1]

Para la programación del PLC vamos a utilizar el lenguaje KOP que se basa en diagramas de contactos. Pero antes, se ha adoptado un esquema de partida para iniciar la programación, conocido como GRAFCET, el cual se parece a un diagrama de bloque en secuencias y me indica cual va a ser la secuencia del proceso de elaboración.

3.7.1 GRAFCET

Este diagrama funcional permite describir los comportamientos del automatismo en relación a las informaciones que recibe, imponiendo un funcionamiento riguroso, evitando de esta forma incoherencias, bloqueos o conflictos en el funcionamiento. En cada nivel de descripción, este diagrama puede ser modificado o corregido, sin necesidad de volver a partes ya estudiadas.

Metodología Grafcet

El Grafcet se compone de un conjunto de:

- Etapas o Estados a las que van asociadas acciones.
- Transiciones a las que van asociadas receptividades.
- Uniones Orientadas que unen las etapas a las transiciones y las transiciones a las etapas.
- **Etapas**

Una etapa se caracteriza por un comportamiento invariable en una parte o en la totalidad de la parte de mando.

- En un momento determinado, y según sea la evolución del sistema:
- Una etapa puede estar activa o inactiva.

- El conjunto de las etapas activas definen la situación de la parte de mando.
- Las etapas se representan por un cuadrado con un número en su parte superior como identificación. La entrada y salida de una etapa aparece en la parte superior e inferior, respectivamente, de cada símbolo.

El conjunto formado por el cuadrado y la extensión de las entradas y salidas constituye el símbolo completo de la etapa (Figura 3.20):

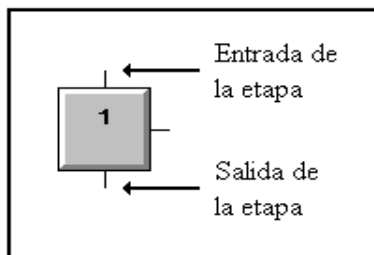


Figura. III.24. Representación de una etapa. Activa.

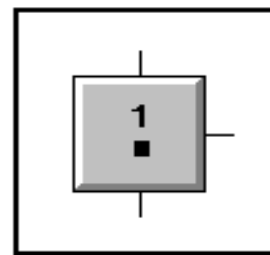


Figura III.25. Etapa Activa.

Cuando es necesario determinar la situación del Grafcet en un momento determinado, es muy cómodo identificar todas las etapas activas en ese momento, mediante un punto en la parte inferior de los símbolos de las etapas activas (Figura III.21).

Cuando varias transiciones van unidas a una misma etapa, las uniones orientadas correspondientes se reagrupan antes o después de la etapa:

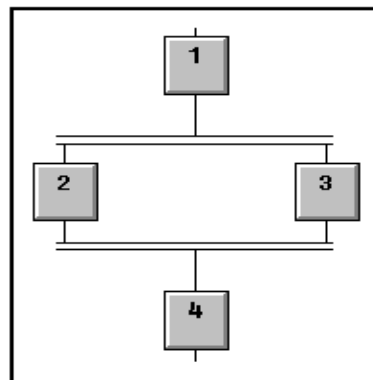


Figura III.26 Reagrupación de etapas.

- **Transición**

Una transición indica la posibilidad de evolución entre etapas. Esta evolución se presenta al producirse el franqueo de la transición. El franqueo de una transición provoca el paso en la parte de mando de una situación a otra situación.

Una transición puede estar validada o no validada.

- Validada.- Es cuando todas las etapas inmediatamente unidas a esta transición están activas.
- Una transición entre dos etapas se representa mediante una línea perpendicular a las uniones orientadas, también puede llevar una línea paralela a las uniones orientadas. Para facilitar la comprensión del Grafcet cada transición puede ir numerada a la izquierda de la línea perpendicular

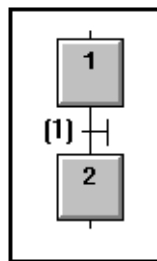


Figura III.27 Transición que une la etapa 1 con la etapa 2

- **Reglas de estructuras de uso frecuente**

Divergencia en O. Se representa mediante el esquema de la Figura III.28.

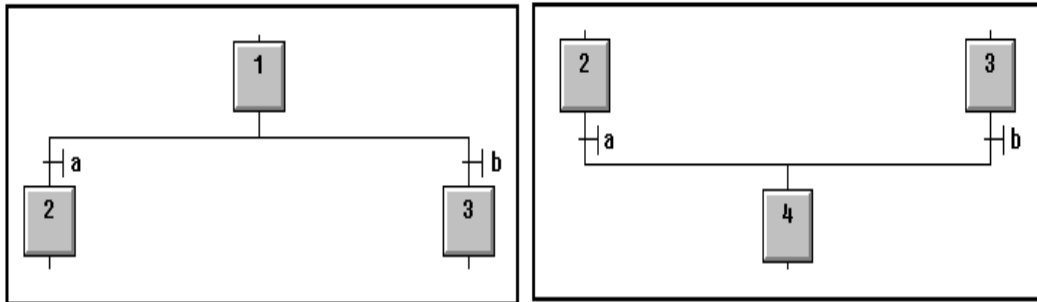


Figura III.28 Divergencia en O.

Cuando la etapa 1 está activa, según se cumpla la receptividad asociada a la transición a o la receptividad asociada a la transición b, pasará a ser activa la etapa 2 o bien la etapa 3 respectivamente.

Si la etapa activa es la 2 debe cumplirse la receptividad asociada a la transición a para pasar a la etapa 4 a activa. Si la etapa activa es la 3 debe cumplirse la receptividad asociada a la transición b, para que la etapa 4 pase a estar activa

Divergencia en Y. Viene dada por el esquema que se representa en la Figura

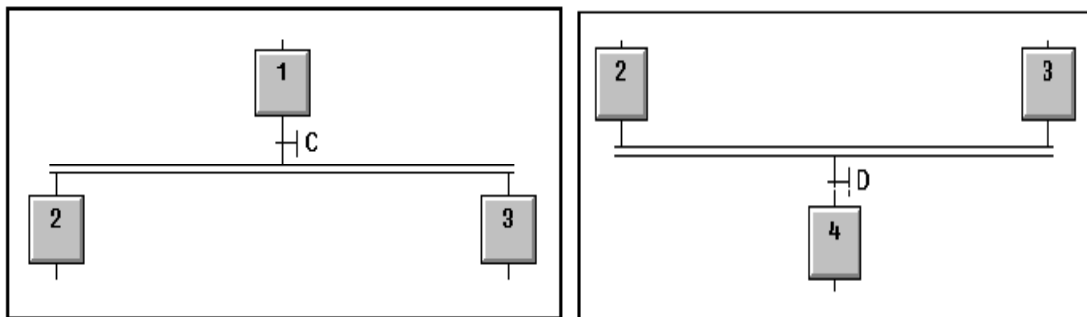


Figura. III.29 Divergencia en Y.

Estando activa la etapa 1 y si se cumple la receptividad asociada a la transición C, pasan a estar activas las etapas 2 y 3.

Y ara que se activa la etapa 4 deben estar activas las etapas 2 y 3 y cumplirse la receptividad asociada a la transición D.

- **Estructuras Principales**

Las estructuras de base más utilizadas se describen a continuación. Pueden combinarse entre ellas, siendo esta enumeración no limitativa.

- **Secuencia Única**

Una secuencia única se compone de una sucesión de etapas que son activadas una a continuación de otra. A cada Etapa le sigue solamente una transición y cada transición es validada por una sola etapa.

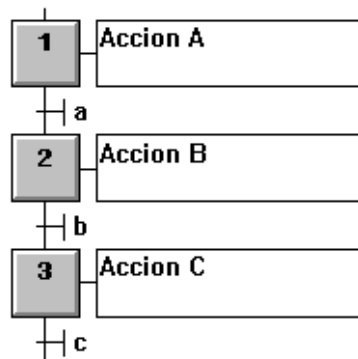


Figura. III.30 Secuencia única.

Se dice que la secuencia está activa si al menos lo está una etapa. Por el contrario se dice que está inactiva si todas las etapas están inactivas.

- **Secuencias Simultáneas o paralelismo estructural**

Cuando el franqueo de una transición conduce a la activación de varias secuencias al mismo tiempo, se dice que son secuencias simultáneas. Después de la activación de estas secuencias, las evoluciones de las etapas activas en cada una de las secuencias son independientes. Para asegurar la sincronización de la desactivación de varias secuencias al mismo tiempo, generalmente se ponen etapas de espera recíproca (Figura III.31).

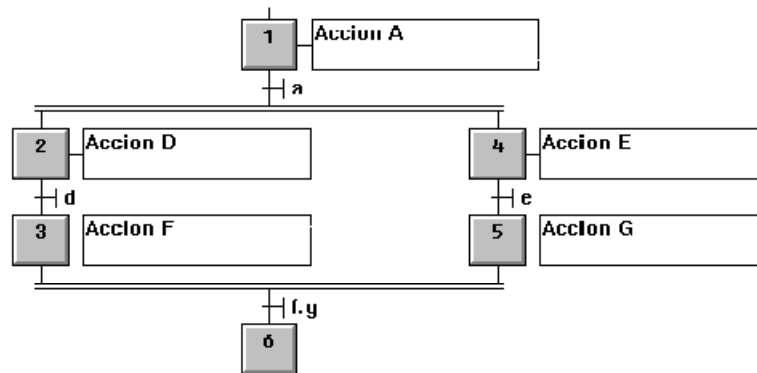


Figura. III.31 Secuencias simultáneas.

Las activaciones o desactivaciones simultáneas de estas secuencias pueden efectuarse en una o varias veces.

- **Implementación Del Grafcet**

Una vez realizado el Grafcet del proceso que deseamos controlar, el paso siguiente es la obtención de las condiciones de activación de las etapas, así como de las acciones asociadas a las mismas. Para ello se utilizará un proceso de normalización en el cual, y partiendo del Grafcet realizado, se va obteniendo las condiciones de activación para cada una de las etapas y acciones. La obtención de estas condiciones booleanas se basará en la utilización de dos hechos:

- Una etapa se activará cuando estando activa la etapa inmediatamente anterior a ella, se evalúe a cierto la receptividad existente entre estas dos etapas, desactivándose la etapa anterior y activándose la nueva etapa.
- Una acción se deberá ejecutar, si la etapa a la que está asociada está activa.

Una vez obtenidas estas condiciones booleanas, el paso siguiente es la implementación en el lenguaje apropiado para el controlador que se haya escogido como unidad de control del proceso.

GRAFSET DEL MÓDULO DE EMPACADO DE SÓLIDOS GRANULADOS

Al elaborar el grafset (grafico) del proceso de empacado de sólidos granulados según los requerimientos de funcionamiento se obtuvo el siguiente diagrama.

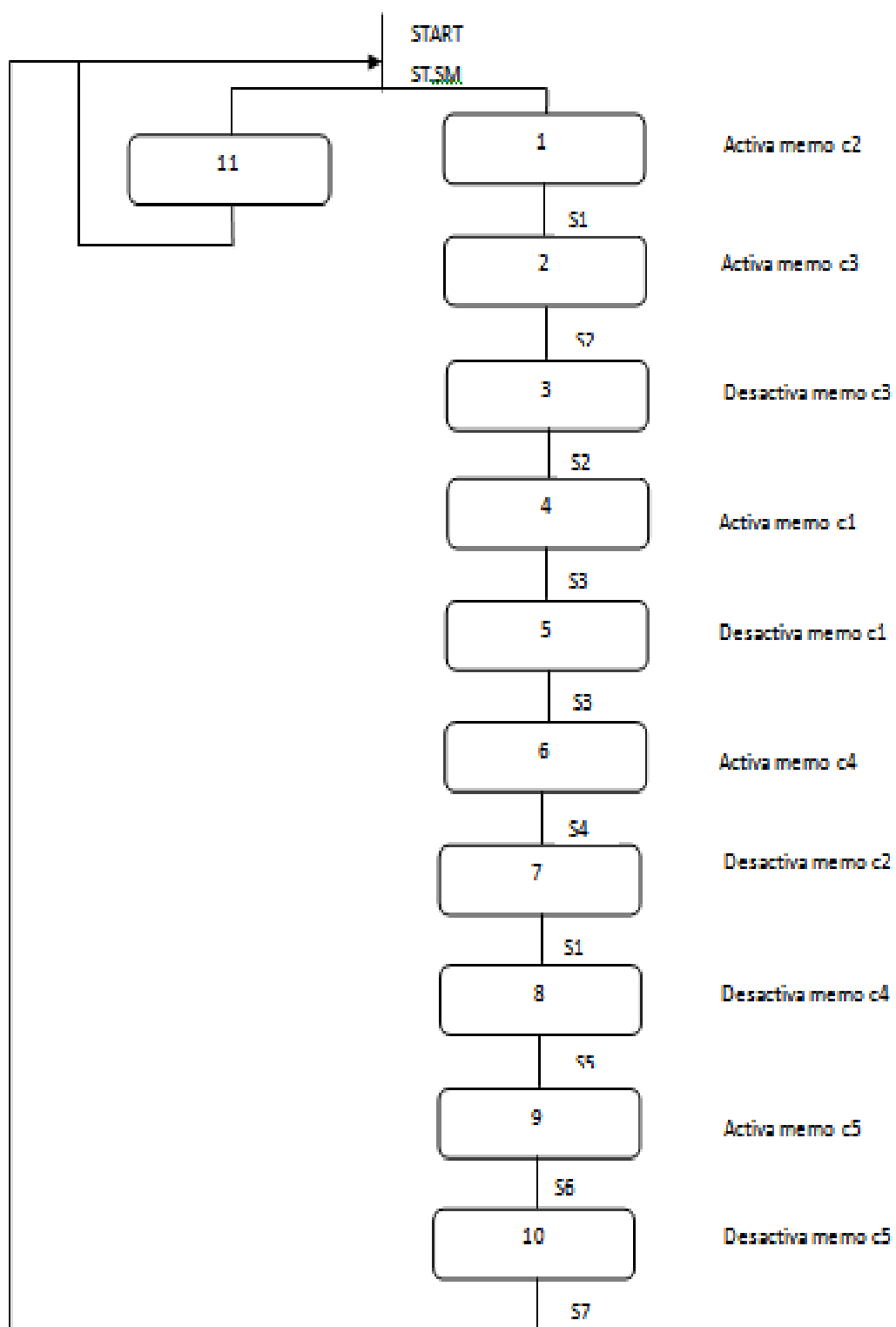


Figura III.32 GRAFCET del proceso de empacado de sólidos granulados.

Una vez elaborado el diagrama secuencial de bloques procedemos a obtener las diferentes ecuaciones según el análisis respectivo de la figura III.32, las mismas que en lo posterior me servirán para la programación del PLC.

Para la obtención de las ecuaciones hay que seguir los siguientes pasos:

- (El estado anterior \times la transición anterior) + (el estado actual \times el estado siguiente negado).

Asignación de memorias

A cada etapa se asigna una memoria referencial así:

- M1 = Activa memo cilindro2
- M2 = Activa memo cilindro3
- M3 = Desactiva memo cilindro3
- M4 = Activa memo cilindro1
- M5 = Desactiva cilindro1
- M6 = Activa cilindro4
- M7 = Desactiva cilindro2
- M8 = Desactiva cilindro4
- M9 = Activa cilindro5
- M10 = Desactiva cilindro5

Ecuaciones de grafcet:

En esta sección se debe tomar en cuenta las sugerencias antes mencionadas.

- $M1 = start + m10 * S6 + M1 * \overline{M2}$
- $M2 = M1 * S2 + M2 * \overline{M3}$

3.7.2 PROGRAMA PARA EL PLC

Se ha elaborado una tabla de los símbolos mas utilizados en nuestra programación:

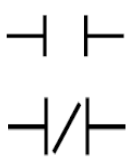
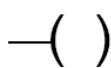
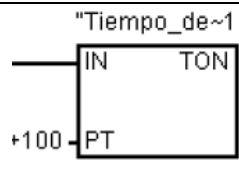
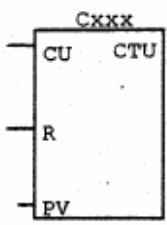
GRAFICO	NOMBRE	FUNCIÓN	DIRECCIONAMIENTO
	Contactos abierto y cerrado	Si están en serie implica una función (AND), si están en paralelo (OR)	I0.0,I0.1,.....In.7 Q0.0,Q0.1,.....Qn.7 M0.0,M0.1,.....Mn.7 T1,T2.....Tn C1,C2,.....Cn
	Bobina	Sirven para alertar que esta sucediendo esa transición.	Q0.0, Q0.1.....Qn.7 M0.0, M01.....Mn.7
	Temporizador	Hay de tres tipos: <ul style="list-style-type: none"> • Orientado a la conexión • Orientado a la desconexión • Orientado a la conexión con memoria 	TON y TOFF: T33 - T36 T101- T125 TONM T1-T8
	Contadores	Existen varios tipos de contadores: Contador hacia adelante, contador hacia atrás y otro que combina estas dos operaciones.	C1,C2,.....Cn

Tabla III.V Comandos más utilizados en la programación.

Con los comandos descritos en la tabla anterior se procede a realizar el programa para luego ser cargado en la CPU del S7-200. El programa elaborado lo podremos observar en el ANEXO 6

➤ **Asignación de entradas y salidas del programa.**

ENTRADAS	DIRECCIONAMIENTO
Botón de Emergencia	I0.0
Sensor del cilindro dispensador (S1)	I0.1
Sensor de sellado horizontal (S2)	I0.2
Sensor de sellado vertical (S3)	I0.3
Sensor de desplazamiento arriba(S4)	I0.4
Sensor de desplazamiento abajo (S5)	I0.5
Sensor de tijera (S6)	I0.6
Botón Marcha	I0.7
Botón Parada	I1.0
Selector Manual	I1.1
Selector Automático	I1.2

Tabla III.VI direccionamiento de entradas

SALIDAS	DIRECCIONAMIENTO
Cilindro dispensador (C1)	Q0.0
Cilindro sellado horizontal (C2)	Q0.1
Cilindro sellado vertical (C3)	Q0.2
Cilindro de desplazamiento (C4)	Q0.3
Cilindro de corte (C5)	Q0.4
Foco de marcha	Q0.5

Foco de pare	Q0.6
Foco emergencia	Q0.7

Tabla III.VI direccionamiento de salidas

CONCLUSIONES

- El presente proyecto cumple con los objetivos planteados inicialmente, el diseño e implementación de un módulo didáctico para el laboratorio de la Escuela de Electrónica en Control y Redes Industriales.
- La metodología Grafcet es de gran ayuda en lo que se refiera a los procesos a automatizar, ya que facilita la programación y el buen funcionamiento de los mismos.
- Para armar un módulo didáctico para uso estudiantil se debe tener en cuenta diferentes consideraciones, como por ejemplo la flexibilidad del mismo ya que debe facilitar su manipulación.

- Los actuadores neumáticos tienen una amplia gama de aplicación dentro de la industria y esto se debe a su "fácil" utilización y a su mecanismo empleado. Los actuadores, que comúnmente o en su mayoría son cilindros, son apropiados para ser utilizados en todo tipo de industria.
- Los indicadores de seguridad son elementos indispensables en cualquier proceso industrial, ya que estos obedecen a normas de seguridad ya definidas.

RECOMENDACIONES

- Antes de poner en marcha el modulo se recomienda verificar las conexiones eléctricas, tanto la de 24v como la de 110V en AC para así evitar daños eléctricos graves en los sensores y/o actuadores.
- Se recomienda tener mucha precaución y cuidado de no poner las manos cuando el modulo está en marcha ya que un descuido puede causar daños físicos graves en estas extremidades.
- Es recomendable verificar la fuente de energía neumática del modulo para obtener un correcto funcionamiento de los cilindros.

- Antes de armar un modulo de cualquier proceso se recomienda realizar un bosquejo previo del diseño de la estructura para así evitar sobredimensionamientos de los dispositivos a usar.
- Para evitar cualquier daño en el papel termo al momento del sellado se debe conocer los rangos de temperatura que soporta.

• **BIBLIOGRAFIA**

LIBROS

- 3 BLANCHARD, M. El Grafcet Principios y Conceptos. 4ta ed. Italia, ADEPA , 1999. pp. 14-32.
- 4 CEKIT S.A. Curso práctico de electrónica Industrial y Automatización. Vol II. Pereira, Marcombo, 2002. pp. 1-18.
- 5 CREUS, S.A. Instrumentación Industrial. 5ta ed. Antioquia Colombia , Colecciones Gráficas, 1992. pp. 35-58.
- 6 GUILLÉN SALVADOR, Antonio. Introducción a la Neumática. Barcelona, Marcombo, 1988. pp. 31 – 40
- 7 KATSUHIKO O. Ingeniería de Control Moderna. 2da ed. México DF, Calypso S.A., 1985. pp. 2-16.
- 8 MAYOL, A. Autómatas Programables. 3era ed. México DF – México, Colección Productiva, 1987. pp. 5-31.
- 9 SCHARF S. Electroneumática Nivel Básico. 5ta. Ed. México DF – México, Festo-didactic, 2005. pp. 16-18.

BIBLIOGRAFIA DE INTERNET

- **ACTUADORES NEUMATICOS**

<http://es.scribd.com/doc/2684435/ACTUADORES-NEUMATICOS>

2011-03-15

<http://www.festo.com/argentina/104.htm>

2011-04-20

<http://www.sapiens.itgo.com/neumatica/neumatica19.htm>

2011-05-29

- **CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE**

<http://www.monografias.com/trabajos-pdf/controlador-logico-programable/controlador-logico-programable.pdf>

[http://isa.uniovi.es/-alonsog/Automatas Siemens/S7-200 en una hora.pdf](http://isa.uniovi.es/-alonsog/Automatas_Siemens/S7-200_en_una_hora.pdf)

2011-04-15

<http://galia.fc.uaslp.mx/->

cantocar/automatas/PRESENTACIONES PLC PDF S/13 S7 200.PDF

2011-05-15

[http://www.automation.siemens.com/mcms/programable-](http://www.automation.siemens.com/mcms/programable-logic/controller/en/simatic-s7-controller/s7-200/cpu/pages/Default.aspx)

[logic/controller/en/simatic-s7-controller/s7-200/cpu/pages/Default.aspx](http://www.automation.siemens.com/mcms/programable-logic/controller/en/simatic-s7-controller/s7-200/cpu/pages/Default.aspx)

2011-02-12

- **SENSORES**

<http://www.gmelectronica.com.ar/catalogo/pag48.html>

2011-04-10

http://www.profesormolina.com.ar/tecnologia/sens_transduct/tipos.htm

2011-05-10

RESUMEN

Diseño e implementación de un módulo didáctico para simular y controlar el proceso de empacado de sólidos granulados, para el Laboratorio de Control de la Escuela de Ingeniería Electrónica, Control y Redes Industriales de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Para la estructura base de este modulo se usó perfil de aluminio, consta de sensores magnéticos, capacitivos y fotoeléctricos, posee cilindros neumáticos lineales activados por electroválvulas y otros elementos que fueron ubicados de manera experimental en la estructura. Para el control de estos dispositivos se utilizó un Controlador Lógico Programable (PLC), programado con el método Grafcet.

De 100 pruebas realizadas para el empacado de sólidos granulados, el 80% tuvo resultados positivos siendo óptimos, el 15% tuvo un empacado regular y un 5% un empacado

defectuoso, a más de que todos los elementos y dispositivos del proceso funcionaron correctamente.

A través de este modulo didáctico los estudiantes pueden simular y controlar una efectiva unidad de producción industrial y familiarizarse con los procesos industriales.

Este modulo será de gran refuerzo tanto para estudiantes como para maestros, ya que ayudará al proceso de enseñanza-aprendizaje en el área de control y automatización industrial, además puede ser utilizado para formar parte de una completa línea de producción con soluciones didácticas.

SUMMARY

Design and implementation of a didactic module to simulate and control the packed process of granular solids for the Control Laboratory of Electronic Engineering School, Control and Industrial networks of the Polytechnics Superior School of Chimborazo.

For the base structure of this module we used an outline profile, it has magnetic sensors, capacitors and photoelectric, it possess pneumatic cylinders, capacitive sensors and photoelectric, it has pneumatic line actuators activated with bulbs with electric command and other elements were located in an experimental way in the structure. For controlling the devices we used the Programming Logic control (PLC), programmed with Grafcet Method.

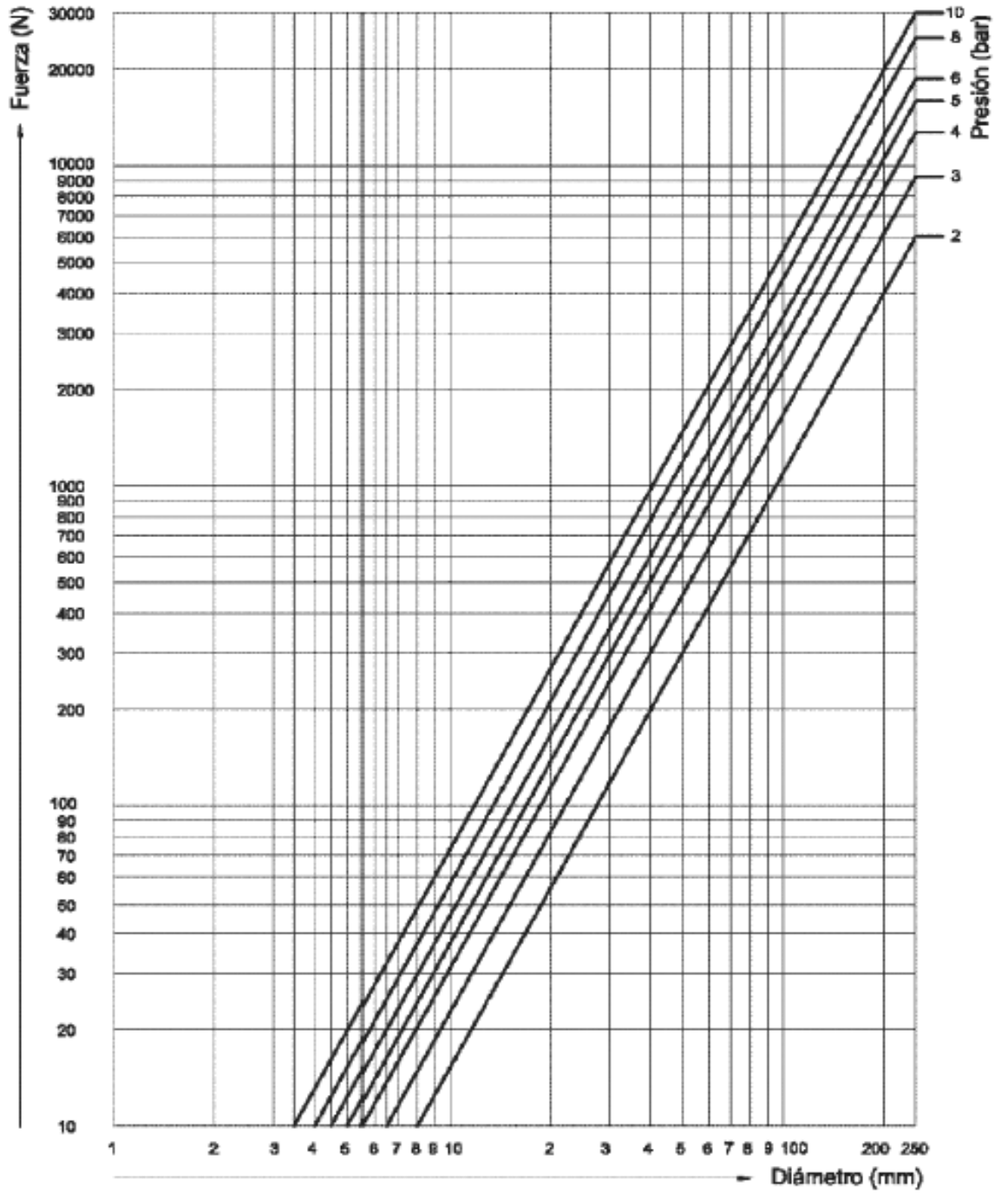
From 100 tested for packaging of granular solids, the 80% had positive results, 15% had a regular packing and a 5% a defective packing, moreover all elements and devices of the process worked well.

Through this didactic module the students can simulate and control a line production and familiarize with industrial processes.

This module will be a big boost for students and teachers, due to it will help in the teaching-learning process in the control and automation industrial área, in addition it can be use to form part of a complete line production with didactic solutions.

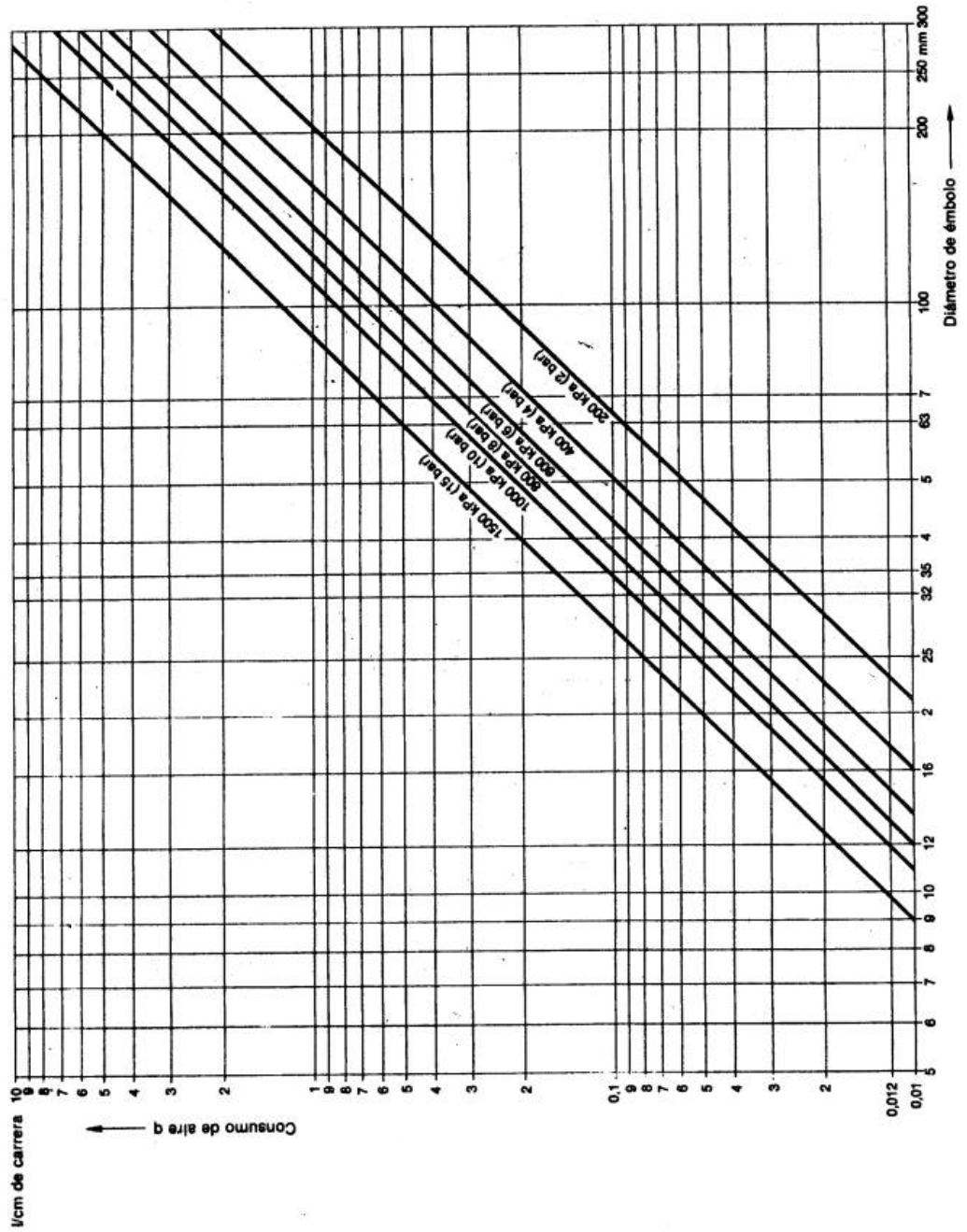
ANEXOS

ANEXO 1



ANEXO 2

Figura 72: Diagrama de consumo de aire

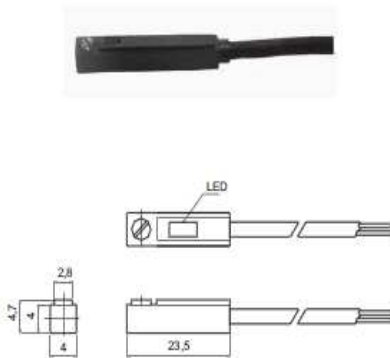


ANEXO 5

CILINDROS MULTIMONTAJE SENSOR MAGNETICO

El sensor magnético CSI-G es el mismo para todos los modelos de cilindros MD

Código	Referencia
ACSI-G	CSI-G



Especificaciones Técnicas	
Tipo	Reed Switch
Tipo de contacto	Normalmente abierto
Rango de voltaje DC	3V ~ 30V
Rango de voltaje AC	5V ~ 240V
Rango de corriente	DC: 5-40mA; AC: 5-50mA
Tiempo de respuesta	0,3 ms
Rango de temperatura	0 ~ 60 °C
Indicador	con Led
Longitud del cable	2 metros
Protección	IP - 67