

11126
3



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN**

**"SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL ENVASADO
DE CHOCOLATE EN POLVO"**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A N :

**ABRAHAM CELSO } ALMARAZ MUÑOZ
GODOFREDO MUÑOZ FIGUEROA**

ASESOR: M.I. JOSE GUADALUPE ALFONSO RAMOS ANASTASIO

COASESOR: ING. ENRIQUE CORTEZ GONZALEZ

CUAUTITLAN IZCALLI, ESTADO DE MEXICO

2003

A



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



ESTADOS UNIDOS MEXICANOS

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN
P R E S E N T E

ATN: Q. Ma. del Carmen Garcia Mijares
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS:
"Sistema automatizado para el envasado de chocolate en polvo".

que presenta el pasante: Godofredo Muñoz Figueroa
con número de cuenta 352787-5 para obtener el título de:
Ingeniero Mecánico Electricista

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXÁMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 24 de ENERO de 2003

PRESIDENTE	M.I. José Guadalupe Alfonso Ramos Anastasio	<i>[Firma]</i>
VOCAL	Ing. José Antonio López González	<i>[Firma]</i>
SECRETARIO	Ing. Rogelio Ramos Carranza	<i>[Firma]</i>
PRIMER SUPLENTE	Ing. Santos Carlos López Escobar	<i>[Firma]</i>
SEGUNDO SUPLENTE	Ing. Jorge Ramírez Rodríguez	<i>[Firma]</i>

B



SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN
P R E S E N T E

ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS:

"Sistema automatizado para el envasado de chocolate en polvo"

que presenta el pasante Abraham Celso Almaraz Muñoz
con número de cuenta: 9656982-5 para obtener el título de:
Ingeniero Mecánico Electricista

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

A T E N T A M E N T E

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 24 de ENERO de 2003

PRESIDENTE	<u>M. I. José Guadalupe Alfonso Ramos Anastasio</u>	
VOCAL	<u>Ing. José Antonio López González</u>	
SECRETARIO	<u>Ing. Rogelio Ramos Carranza</u>	
PRIMER SUPLENTE	<u>Ing. Santos Carlos López Escobar</u>	
SEGUNDO SUPLENTE	<u>Ing. Jorge Ramírez Rodríguez</u>	

C

AGRADECIMIENTOS
ABRAHAM ALMARAZ MUÑOZ

GRACIAS:

A Dios creador del cosmos y universo entero. A Dios que existe y está presente en todo lugar, sobre todas las ciencias y todo lo que pueda haber. Le quiero agradecer por darme la sabiduría y permitirme vivir para lograr un triunfo más en mi vida, todo este y eterno agradecimiento.

A mis padres Celso y Reyna por haberme dado la vida y haberme guiado al camino del éxito, ya que sin ello no hubiese sido posible este triunfo en mi vida. Por el apoyo moral y los buenos valores que me inculcaron. A mi padre por enseñarme que la vida se vive mejor cuando se tiene amor, paz y respeto.

A mis hermanos Sara, Lourdes, Cecilia y Leopoldo por los buenos consejos y apoyo que me dieron como mayores. Que cuidaron de mí cuando era pequeño y supieron como instruirme en esos momentos tan difíciles de mi niñez. Hermanos los quiero y aprecio mucho.

A mi esposa María G. A quien amo, por haberme comprendido y apoyado en una etapa muy difícil de mi vida, por motivarme y hacerme sentir bien con migo mismo.

A mi hijo Irving Abraham por ser una bendición en mi vida y que gracias a ti hijo mi vida cambio para bien, lo cual me causa una bonita satisfacción.

A mi Mama Sarita como representante de la Familia Almaraz por sus buenos consejos y apoyo moral, les agradezco a todos.

A mi compañero de tesis Godofredo y Familia por su dedicación y paciencia para realizar este proyecto de tesis.

A los Ingenieros de la Facultad por haber contribuido a mi formación profesional y haber tenido paciencia en la enseñanza. Al Ing. Alfonso Ramos Anastasio y José Antonio López Gonzalez como instructores principales.

AGRADECIMIENTOS Y DEDICATORIA
GODOFREDO MUÑOZ FIGUEROA

A Jesucristo por prestarme la vida y por las diversas situaciones que formaron mi carácter.

A mis padres Godofredo y Margarita.

A mi padre por su amor, dedicación y el haberme dado los elementos necesarios para defenderme en la vida. Por todas tus enseñanzas.

A mi madre por su amor, paciencia y el haberme enseñado el valor de la perseverancia, la constancia y la dedicación con su ejemplo en la vida. Por sus oraciones que siempre me acompañaron.

A mi abuelita "Bita" por todo el cariño que me brindó.

A Don Miguel y todos aquellos que ya no se encuentran entre nosotros.

A toda mi familia

A mi compañero de tesis Abraham por su amistad y paciencia.

A la Universidad Nacional Autónoma de México y a la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán por brindarme la oportunidad de formarme profesionalmente.

A todos y cada uno de los profesores que tuve la fortuna de conocer a lo largo de este camino; por haber compartido generosamente sus conocimientos y experiencias.

A los Ingenieros Alfonso Ramos Anastasio y José Antonio López González por su amistad, consejos y paciencia.

A todos mis amigos y compañeros por su apoyo, buen humor y amistad. Por todos los buenos momentos que pasamos juntos.

INDICE

Dedicatorias	I,II
Indice	III
Introducción	1
1 Conceptos Fundamentales de neumática	3
2 Bases de electrneumática	23
2.1 Cadena de control de un sistema	25
2.2 Propósito de proyecto	32
2.3 Descripción del tipo de producto	33
2.4 Cantidades de materia prima para producción de una revolutura	34
3 Arquitectura de los controladores lógicos programables	
3.1 Referencia histórica de los PLC's	36
3.2 Organización material general de un PLC	40
3.3 Arquitectura principal	43
3.4 Las pilas de información	44
3.5 Tecnología cableada, microprogramación y microprocesadores	46
3.6 Memoria central	49
4 El entorno de los PLC's	
4.1 Noción de configuración	51
4.2 Consola de programación	55
4.3 Comunicación con el PLC	62
4.4 Modo de intervención	65
4.5 Diversos tipos de consolas	66
5 Transductores	
5.1 Introducción a los transductores	74
5.2 Clasificación de sensores	75
5.3 Características generales de los sensores	79
5.4 Transductores de posición	85
5.5 Detectores de proximidad	86
5.6 Medidores de pequeños desplazamientos y deformación (principio de operación de las celdas de carga)	94
6 Diseño para la automatización del sistema de envasado	
6.1 Características de los productos pulverizados	100
6.2 Materiales de construcción para uso en la industria alimenticia	102
6.3 Tipos de dosificadores de aridos	103
6.4 Dispositivos para automatizar el proceso de dosificación	107
6.5 Cálculo de compuertas	112
6.6 Proyecto	116
6.7 Croquis de la situación	117
6.8 Diagrama espacio fase	121
6.9 Diagramas neumáticos	123
Conclusiones	130
Bibliografía	132
Apéndice A Diagrama de contactos (programación del PLC)	134
Apéndice B Lista de variables	137
Apéndice C Diagrama de conexiones del PLC	138

Introducción

Introducción

El propósito de nuestro proyecto es la automatización de un proceso de envasado de productos en polvo ya que en la micro y pequeña empresa se ha llevado acabo de manera artesanal dichos procesos, esto es debido a la fuerte inversión que implica la compra de una envasadora automática, las cuales ya existen en el mercado pero su costo las hace prohibitivas a la micro y pequeña empresa, debido a que el costo final de dichos equipos es elevado por los costos de diseño y patentes por parte de las compañías que los fabrican. Además si dichos equipos son importados las cotizaciones se hacen en divisa extranjera dificultando aun más su adquisición, en estas condiciones las compañías que pueden tener acceso a este tipo de equipos son; las medianas y grandes empresas y las transnacionales, por lo que este tipo de diseño pretende dar solución a las necesidades de la micro y pequeña empresa, las cuales no puedan tener acceso a los recursos financieros para la compra de este tipo de equipo o para el diseño de equipo especial. Los ingenieros mecánicos electricistas formados en la U.N.A.M contamos con las bases teórico-prácticas para el desarrollo de este tipo de equipos, de esta manera pretendemos contribuir de manera tangible a la sociedad que posibilitó nuestra formación con este tipo de desarrollos enfocados a la micro y pequeña empresa, posibilitando el desarrollo de las mismas y la apertura de nuevas fuentes de trabajo a distintos niveles ya que es este sector el que genera el mayor número de dichas fuentes de trabajo en el país.

El proyecto que estamos presentando para este trabajo de tesis consiste en el diseño de un dispositivo para el envasado de chocolate en polvo u otro producto

PAGINACION DISCONTINUA

Introducción

en polvo de manera automática mediante el control del volumen a envasar. Esto se logrará mediante el diseño de una tolva de acero inoxidable en donde verter el producto a granel y enseguida un sistema de compuertas accionadas por dispositivos electroneumáticos (cilindros y electroválvulas) que permita la separación de determinada cantidad de producto adecuada al tamaño del envase de la presentación que se desee producir. El control del peso del producto se controlará ya sea con dispositivos temporizadores (para la apertura de compuertas) o mediante sensores de peso (báscula); el conjunto de estos dispositivos será controlado mediante un controlador lógico programable (PLC), el cual debido a la disponibilidad de entradas y salidas de control y de señales extras permitirán a futuro controlar un número mayor de operaciones en el proceso facilitando una automatización más completa.

1. CONCEPTOS FUNDAMENTALES DE NEUMÁTICA

Preparación del aire comprimido

Para garantizar la confiabilidad de un mando neumático es necesario que el aire alimentado al sistema tenga un nivel de calidad suficiente. Ello implica considerar los siguientes factores.

- Presión correcta
- Aire seco
- Aire limpio

Si no se acatan estas condiciones, es posible que se originen tiempos más prolongados de inactivación de las máquinas y, además, aumentarán los costos de servicio.

La generación del aire a presión empieza por la compresión de aire. El aire pasa a través de una serie de elementos antes de llegar hasta el punto de su consumo. El tipo de compresor y su ubicación en el sistema inciden en mayor o menor medida en la cantidad de partículas, aceite y agua incluidos en el sistema neumático. Para el acondicionamiento adecuado del aire es recomendable utilizar los siguientes elementos

- Filtro de aspiración
- Compresor
- Acumulador de aire a presión
- Secador

- Filtro de aire a presión con separador de agua
- Regulador de presión
- Lubricador (si se requiere)
- Puntos de evacuación del condensado

El aire que no ha sido acondicionado debidamente provoca un aumento de la cantidad de fallos y, en consecuencia, disminuye la vida útil de los sistemas neumáticos. Esta circunstancia se manifiesta de las siguientes maneras:

- Aumento del desgaste de juntas y de piezas móviles de válvulas y cilindros
- Válvulas impregnadas de aceite
- Suciedad en los silenciadores
- Corrosión en tubos, válvulas, cilindros y otros componentes
- Lavado de la lubricación de los componentes móviles

En caso de inestabilidad el aire comprimido saliente puede afectar los materiales a mecanizar (p.ej. productos alimenticios)

Nivel de presión

Los elementos neumáticos son concebidos, por lo general, para resistir una presión de 800 hasta 1000 kPa (8 hasta 10 bar). No obstante, para que el sistema funcione económicamente, es suficiente aplicar una presión de 600 kPa (6bar). Dadas las resistencias que se oponen al flujo del aire en los diversos elementos

Capítulo 1

Conceptos fundamentales de neumática

(por ejemplo, en las zonas de estrangulación) y en las tuberías, deberá contarse con una pérdida de presión entre 10 y 50 kPa (0,1 y 0,5 bar). En consecuencia, el compresor debería generar por lo menos una presión de 650 hasta 700 kPa (6,5 hasta 7 bar) con el fin de mantener una presión de servicio de 600 kPa (6 bar). La elección del compresor depende de la presión de trabajo y de la cantidad de aire necesaria. Los compresores se clasifican según su tipo constructivo

Breve descripción de los tipos de compresores

Compresores de émbolo

Los compresores de émbolo comprimen el aire que entra a través de una válvula de aspiración. A continuación, el aire pasa al sistema a través de una válvula de escape.

Los compresores de émbolo son utilizados con frecuencia porque su gama cubre un amplio margen de presiones. Para generar presiones elevadas se recurre a un sistema escalonado de estos compresores. En ese caso, el aire es enfriado entre cada una de las etapas de compresión.

Las presiones óptimas para los compresores de émbolo son las siguientes:

Hasta 400 kPa (4Bar)	Una etapa
Hasta 1500 kPa (15 Bar)	Dos etapas
Más de 1500 kPa (>15 Bar)	Tres o más etapas

A continuación se indican presiones usuales, aunque no siempre representan una solución económica

Capítulo 1

Conceptos fundamentales de neumática

Hasta 1200 kPa (12 Bar)	Una etapa
Hasta 3000 kPa (30 Bar)	Dos etapas
Más de 3000 kPa (>30 Bar)	Tres o más etapas

Compresores de membrana

Los compresores de membrana pertenecen al grupo de compresores de émbolo. En este caso, la cámara de compresión está separada del émbolo mediante una membrana. Esta solución ofrece la ventaja de no dejar pasar aceite del compresor al aire. Por esta razón, los compresores de membrana suelen utilizarse en la industria de alimentos y en la industria farmacéutica y química.

Los compresores de émbolo giratorio

Los compresores de émbolo giratorio comprimen el aire mediante un émbolo que gira. Durante el proceso de compresión se reduce continuamente la cámara de compresión.

Compresor helicoidal

En estos compresores, dos árboles de perfil helicoidal giran en sentido contrario. El perfil de ambos árboles engrana y así se transporta y comprime el aire.

Compresor de flujo

Especialmente apropiados para grandes caudales. Los compresores de flujo se fabrican en dos tipos de construcción, axial y radial. Mediante uno o dos rodetes de turbina se pone en circulación el aire. La energía de movimiento se convierte en energía de presión. Con un compresor axial la aceleración del aire se realiza mediante los rodetes en el sentido axial de la circulación.

Regulación del suministro de aire comprimido

A fin de poder adaptar la cantidad suministrada del compresor a un consumo variable, se requiere una regulación del compresor. Entre los márgenes ajustables para la presión mínima y máxima se regula la cantidad suministrada. Existen diferentes tipos de regulación:

• Regulación en vacío	Regulación por purgado. Regulación por cierre. Regulación por pinza
• Regulación de carga parcial	Regulación por aspiración estrangulada Regulación de velocidad
Regulación de todo o nada	

Regulación en vacío

En la regulación por purgado el compresor trabaja en contra de una válvula limitadora de presión. Una vez conseguida la presión ajustada, la válvula limitadora de presión se abre y el aire sale al exterior. Una válvula antirretorno evita el vaciado del recipiente. Esta regulación únicamente se aplica en instalaciones muy pequeñas.

En la regulación por cierre se bloquea el lado de aspiración. El compresor no puede aspirar. Este tipo de regulación se aplica sobre todo en compresores de émbolo giratorio.

En compresores de émbolo más grandes se aplica la regulación por pinza. Una pinza mantiene la válvula de aspiración abierta, el compresor no puede comprimir el aire.

Regulación de carga parcial

Capítulo 1

Conceptos fundamentales de neumática

En la regulación de la velocidad se regula la velocidad del motor de accionamiento del compresor en función de la presión alcanzada.

En la regulación por aspiración estrangulada, la regulación se realiza mediante un estrangulamiento en la conexión de aspiración del compresor.

Regulación de todo o nada

En esta regulación el compresor adopta alternativamente el régimen de marcha a carga máxima y reposo. El motor de accionamiento del compresor se desconecta al alcanzar la P_{max} y vuelve a conectarse al alcanzar la P_{min} .

Acumulador

Para estabilizar el aire comprimido se coloca adicionalmente al compresor un acumulador. El acumulador equilibra las oscilaciones de la presión al extraer aire comprimido del sistema. Si en el acumulador cae la presión por debajo de un determinado valor, entonces el compresor lo llenará hasta alcanzar el valor superior de presión ajustado. Esto tiene la ventaja de que el compresor no tiene que trabajar en funcionamiento continuo.

La superficie relativamente grande del acumulador provoca un enfriamiento del aire contenido en él. Durante este proceso de enfriamiento se condensa agua que debe ser purgada regularmente a través de un grifo.

Capítulo 1

Conceptos fundamentales de neumática

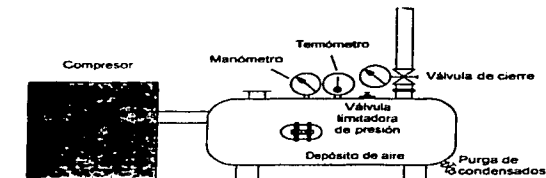


Fig.1.1 Acumulador

El tamaño del acumulador depende de los siguientes criterios:

- Caudal del compresor
- Cantidad de aire requerida en el sistema
- Red de tuberías (posible necesidad de volumen de aire adicional)
- Regulación del compresor
- Oscilación permisible de la presión en el sistema.
- Secadores de aire

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

La humedad (el agua) llega a través del aire aspirado del compresor a la red. El porcentaje de humedad depende en primer lugar de la humedad relativa del aire. La humedad relativa del aire depende de la temperatura del aire y de la situación meteorológica.

La humedad absoluta es la cantidad de vapor de agua contenida realmente en un m^3 de aire. La cantidad saturada es la cantidad de vapor de agua que puede absorber un m^3 de aire con la correspondiente temperatura máxima.

Capítulo 1

Conceptos fundamentales de neumática

Si la relativa humedad del aire es indicada en tanto por ciento, es válida la siguiente fórmula:

$$\text{Humedad, relativa} = \frac{\text{Humedad, absoluta}}{\text{Cantidad, saturada}} * 100\%$$

Como la cantidad saturada depende de la temperatura, la humedad relativa cambia según la temperatura, incluso si la humedad absoluta permanece constante. Si se alcanza el punto de condensación, aumenta la humedad relativa a un 100%

Punto de condensación

Se denomina punto de condensación a la temperatura en la cual la humedad relativa alcanza el 100%. Si se continúa reduciendo la temperatura, el agua que contiene comienza a condensarse. Cuanto menor sea la temperatura, tanta más agua condensará.

El aire comprimido con un contenido demasiado elevado de humedad reduce la vida útil de los sistemas neumáticos. En consecuencia es necesario instalar secadores de aire con el fin de reducir el contenido de humedad del aire. Para secar el aire puede recurrirse a alguno de los siguientes métodos:

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

Capítulo 1

Conceptos fundamentales de neumática

Punto de condensación de presión

Para que puedan compararse distintos equipos de secado debe tenerse en cuenta la presión de servicio del equipo. Para ello se utiliza el concepto punto de condensación de presión. El punto de condensación de presión es la temperatura del aire que se alcanza en un secador con la presión de servicio

El punto de condensación de presión del aire secado debería estar de 2 a 3 °C aprox. por debajo de la temperatura ambiente más fría.

Distribución del Aire

Dimensiones de las tuberías

Para calcular las diferencias de presión es necesario conocer exactamente la longitud de las tuberías. Las conexiones de tubos, las desviaciones y los ángulos deberán ser sustituidos por las longitudes respectivas. Además, la selección del diámetro interior correcto depende también de la presión de servicio y de la cantidad de aire alimentado al sistema; en consecuencia, es recomendable calcular el diámetro mediante un nomograma.

Resistencia al caudal

Cualquier tipo de influencia que incida sobre el flujo de aire o cualquier cambio de dirección significan un factor de interferencia que provoca un aumento de la

Capítulo 1

Conceptos fundamentales de neumática

resistencia al flujo. Ello tiene como consecuencia una constante disminución de la presión dentro de las tuberías. Dado que es inevitable utilizar desviaciones, ángulos y conexiones de tubos en cualquier red neumática, es imposible evitar una reducción de la presión. No obstante, la instalación óptima de las conexiones, la elección de los materiales adecuados y el montaje correcto de las conexiones pueden contribuir a que la reducción sea mínima.

Material de las tuberías

Los sistemas neumáticos modernos exigen la instalación de tubos que cumplan con determinadas condiciones. Concretamente, los materiales tienen que cumplir con lo siguiente

- Bajo nivel de pérdida de presión
- Estanqueidad
- Resistencia a la corrosión
- Posibilidad de ampliación

En lo que respecta al uso de materiales de plástico, no solo tiene que tomarse en cuenta sus precios, sino que también cabe anotar que con ellos los costos de instalación son más bajos. Los tubos de plástico pueden unirse al 100% de estanqueidad utilizando pegamentos. Además, las redes de tuberías de plástico pueden ampliarse fácilmente.

Capítulo 1 Conceptos fundamentales de neumática

Las tuberías de cobre o de acero, por lo contrario, son más baratas, pero para unirías hay que soldarlas o utilizar conexiones roscadas. Si estos trabajos no son llevados a cabo de modo esmerado, bien puede suceder que el sistema sea contaminado con virutas, residuos de soldadura, depósitos de partículas o de materiales de juntas. De este modo pueden surgir problemas durante el funcionamiento del sistema. Tratándose de tubos de diámetros pequeños y medianos, los de plástico ofrecen ventajas en comparación con todos los demás en lo que respecta al precio, al montaje, al mantenimiento y a la posibilidad de ampliar la red.

Dadas las oscilaciones de la presión en la red, es indispensable que los tubos sean montados sólidamente, ya que de lo contrario es posible que se produzcan fugas en las conexiones atornilladas o soldadas.

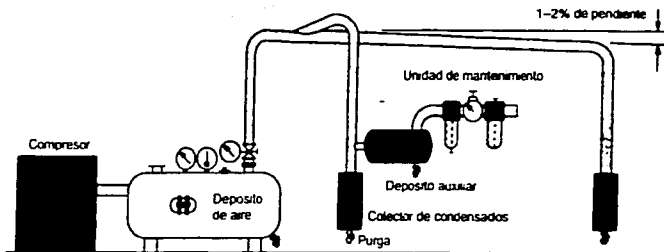
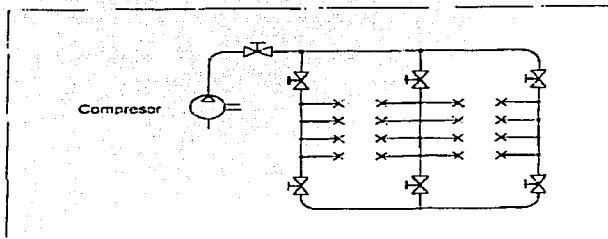


Fig. 1.2 Sistema de abastecimiento de aire

Configuración de la red de tubos

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



MEGACOM
FÁBRICA DE ORIGEN

Fig. 1.3 Red múltiple

Aunque el sistema de evacuación de aire del sistema generador de presión sea eficiente, siempre puede haber residuos de condensado en el sistema de tuberías debido a caídas de presión o de la temperatura exterior. Para evacuar ese condensado, todo el sistema debería tener una inclinación de 1 hasta 2% en dirección del flujo de aire. Los puntos de evacuación también pueden instalarse escalonadamente. De esta forma, el condensado puede ser evacuado en los puntos respectivamente más bajos a través de un separador de agua.

Unidad de mantenimiento

Las distintas funciones del acondicionamiento del aire a presión, filtrar, regular y lubricar pueden llevarse a cabo con elementos individuales. A menudo estas funciones se han unido en una unidad operativa, la unidad de mantenimiento. Dicha unidad es antepuesta a todas las instalaciones neumáticas.

Capítulo 1 Conceptos fundamentales de neumática

Por lo general la lubricación de aire a presión ya no es necesaria en las instalaciones modernas. Solo debería aplicarse puntualmente, sobre todo en la sección de potencia de una instalación. El aire comprimido en la sección de mando no debería lubricarse.

El condensado, las impurezas y demasiada cantidad de aceite pueden ser motivo de desgaste de piezas móviles y de juntas de elementos neumáticos. Dichas sustancias pueden contaminar el medio ambiente a través de fugas en el sistema. Si no se utilizan filtros, es posible que los productos que se produzcan en la fábrica queden inutilizados por efecto de la suciedad (por ejemplo, en el caso de alimentos o productos farmacéuticos o químicos)

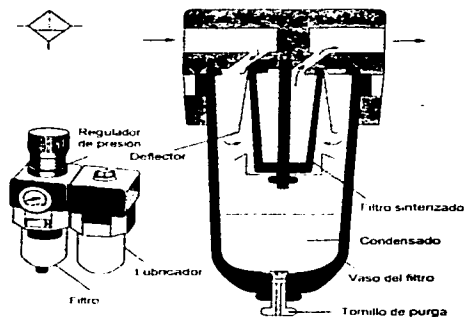


Fig. 1.4 Filtro de aire a presión

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Capítulo 1 **Conceptos fundamentales de neumática**

El abastecimiento de aire a presión de buena calidad en un sistema neumático depende en gran medida del filtro que se elija. El parámetro característico de los filtros es la amplitud de los poros. Dicho parámetro determina el tamaño mínimo de las partículas que pueden ser retenidas en el filtro.

El agua condensada deberá ser purgada antes de que su volumen llegue al nivel máximo, ya que de lo contrario volvería a mezclarse con el aire.

El aire a presión que entra en el filtro choca con un disco en espiral, por lo que se produce un movimiento rotativo. La fuerza centrífuga tiene como consecuencia la separación de partículas de agua y de sustancias sólidas, que se depositan en la pared interior del filtro, desde donde son evacuadas hacia un depósito. El aire acondicionado de esta manera atraviesa el filtro, en el que son separadas las partículas de suciedad restantes que tengan dimensiones superiores a los tamaños de los poros. Los filtros normales tienen poros con dimensiones que oscilan entre 50 μ m y 40 μ m.

Los filtros tienen que ser sustituidos después de cierto tiempo, ya que las partículas de suciedad pueden obturarlos. Para determinar el momento oportuno para cambiar el filtro, deberá efectuarse un control visual o una medición de la diferencia de presiones.

Capítulo 1

Conceptos fundamentales de neumática

Mantenimiento

Los intervalos para el cambio de los filtros dependen de la calidad del aire comprimido, de la cantidad de aire requerido por los elementos neumáticos y del tamaño del filtro. Las operaciones de mantenimiento de filtros incluyen lo siguiente:

- Sustituir o limpiar el cartucho filtrante
- Evacuación de condensado

Reguladores de presión

El nivel de la presión del aire comprimido generado por el compresor no es constante. Las oscilaciones de la presión en las tuberías pueden incidir negativamente en las características de conmutación de las válvulas, en la velocidad de los cilindros y en la regulación del tiempo de válvulas de estrangulación y de retardo.

En consecuencia, es importante que la presión del aire sea constante para que el equipo neumático no ocasione problemas. Para obtener un nivel constante de la presión del aire se instalan reguladores de presión en la red de aire a presión con el fin de procurar la uniformidad de la presión en el sistema de alimentación de aire comprimido (presión secundaria), independientemente de las oscilaciones que surjan en el circuito principal (presión primaria). El reductor o regulador de presión

Capítulo 1 Conceptos fundamentales de neumática

es instalado detrás del filtro de aire, con el fin de mantener un nivel constante de la presión de servicio.

En la práctica una presión de servicio de

- 600 kPa (6 bar) en la sección de operación
- 300 a 400 kPa (3 a 4 bar) en la sección de mando

han demostrado ser la mejor solución para satisfacer los criterios de generación de aire a presión y los del rendimiento de los elementos neumáticos

Si la presión de trabajo es más elevada, no se aprovecharía debidamente la energía y además el desgaste sería mayor, si la presión es menor, disminuiría el rendimiento, especialmente en la sección operativa del sistema.

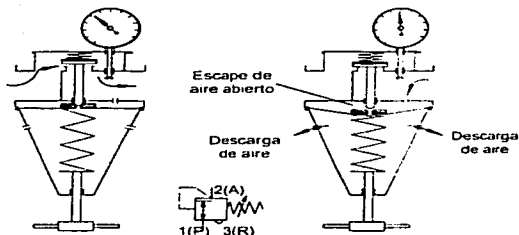


Fig.1.5 Válvula reguladora de presión con escape

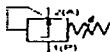
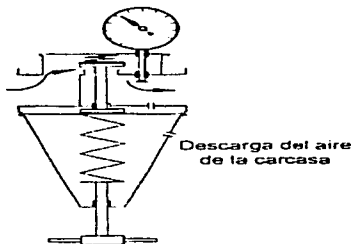
La presión de entrada (presión primaria) siempre tiene que ser mayor que la presión de salida (presión secundaria) en la válvula reguladora de presión. La

Capítulo 1 Conceptos fundamentales de neumática

presión es regulada mediante una membrana. La presión de salida actúa sobre uno de los lados de la membrana, mientras que por el otro lado actúa un muelle. La fuerza del muelle puede ajustarse mediante un tornillo.

Si la presión aumenta en el circuito secundario, por ejemplo al producirse un cambio de cargas en un cilindro, la membrana es presionada contra el muelle, con lo que disminuye o se cierra el diámetro del escape en el asiento de la válvula. El asiento de la válvula abre y el aire a presión puede salir a través de los taladros de evacuación.

Si disminuye la presión en el circuito secundario, el muelle se encarga de abrir la válvula. En consecuencia, la regulación de la presión de aire en función de una presión de trabajo ajustada con antelación significa que el asiento de la válvula abre y cierra constantemente por efecto del volumen de aire que pasa a través de ella. La presión de trabajo es indicada en un instrumento de medición.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Fig 1.6 Válvula reguladora de presión sin escape

Capítulo 1 Conceptos fundamentales de neumática

Funcionamiento de la válvula reguladora de presión sin escape

Si la presión de trabajo (presión secundaria) es demasiado alta, aumenta la presión en el asiento de la válvula, con lo que la membrana actúa en contra la fuerza del muelle. Al mismo tiempo es reducido o cerrado el escape en el asiento de la junta. De este modo queda reducido o bloqueado el caudal de aire. Para que pase el aire a presión es necesario que la presión de trabajo en el circuito secundario sea menor que la presión del circuito primario.

La regla básica es: Acondicionar el aire a presión sin aceite, teniendo en cuenta los siguientes aspectos

- No permitir que el aceite proveniente del compresor pase a la red del aire a presión (instalación de un separador de aceite).
- Instalar exclusivamente elementos que también puedan funcionar sin aire lubricado
- Una vez que un sistema ha funcionado con aceite, deberá seguir funcionando con aire lubricado ya que los elementos pierden su lubricación de fábrica en el transcurso del tiempo a causa del aceite agregado al aire

Unidad de mantenimiento

En relación a la unidad de mantenimiento hay que tener en cuenta lo siguiente

- El tamaño de la unidad de mantenimiento depende del caudal de aire (m^3/h) Si el caudal es demasiado grande, la caída de presión en los elementos neumáticos sería considerable

Capítulo 1
Conceptos fundamentales de neumática

- La presión de servicio no deberá rebasar el valor correspondiente indicado en la unidad de mantenimiento. La temperatura ambiente no debería ser superior a 50 °C (valor máximo para elementos de material plástico).

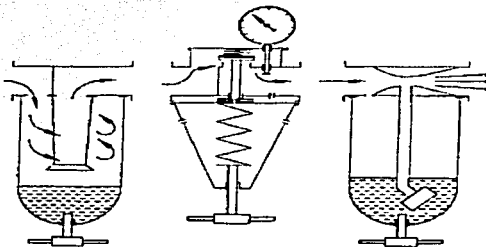


Fig. 1.7 Unidad de mantenimiento: Funcionamiento

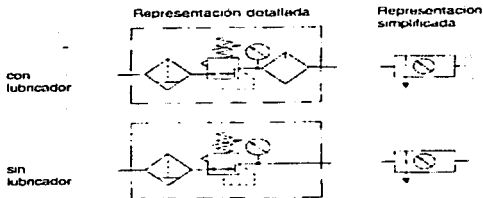


Fig. 1.8 Unidad de mantenimiento: Símbolos

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Capítulo 1 Conceptos fundamentales de neumática

Mantenimiento que deberá efectuarse con regularidad:

- Filtro de aire:

Controlar regularmente el nivel del condensado, puesto que de ningún modo deberá permitirse que suba del nivel máximo. Si el nivel es superior al nivel máximo, es posible que el condensado sea aspirado hacia las tuberías de aire a presión. El excedente de condensado puede ser evacuado a través del grifo de purga. Además, deberá revisarse el grado de suciedad del cartucho del filtro y, si fuese necesario, deberán efectuarse los trabajos de limpieza correspondientes o proceder a su sustitución.

- Regulador de aire a presión:

El regulador no precisa de mantenimiento, siempre y cuando se haya instalado delante de él un filtro de aire.

Los filtros de plástico y los vasos no deberán limpiarse con disolventes (tricloroetileno).

2 Bases de electroneumática

Los circuitos de control emplean diferentes métodos para detectar la posición del vástago de un cilindro o de un actuador rotativo. En el nivel más simple la detección se realiza por finales de carrera. Circuitos más sofisticados emplean contactos reed y sensores electrónicos. Para detección continua se emplean transductores lineales, galgas extensométricas, potenciómetros lineales. Este proceso de detección se conoce como realimentación (feedback).

Realimentación en los controles electroneumáticos

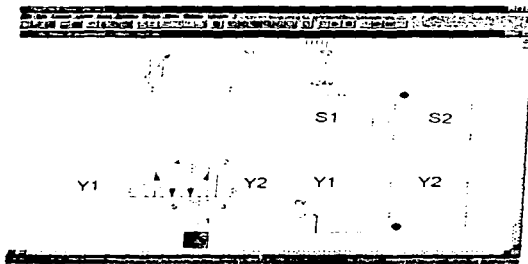
Una forma elemental de realimentación es la utilización de finales de carrera para proporcionar información de los movimientos en un sistema. El grado de requerimiento de estas señales depende de las necesidades de la aplicación en cuanto a fiabilidad, exigencias de seguridad, complejidad de la secuencia o acciones y la necesidad de simplificar el diseño. Es aconsejable en todos los sistemas de control que incluyen secuencias de movimientos, que se utilicen detectores del recorrido de los actuadores para asegurar correctamente la secuencia.

Los siguientes ejemplos utilizan finales de carrera accionados por rodillo como dispositivo de realimentación. Estos interruptores pueden estar físicamente situados en las posiciones de avance y retroceso del vástago del cilindro y generalmente se accionan por una leva instalada en el mismo vástago.

Para algunas aplicaciones puede ser necesaria también una confirmación de posición intermedia. Un método para conseguirlo sería situar finales de carrera

Capítulo 2 Electroneumática

adicionales en las posiciones intermedias deseadas. Es la limitación de espacio lo que determina cuántos finales de carrera pueden instalarse y con qué precisión



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Fig. 2.1 Diagrama de sistema electroneumático

En la figura 2.1 se observa que pulsando S1 se activa Y1 y se invierte la válvula de control 1. El aire fluye de 1 a 4 y el émbolo del cilindro avanza. Cuando el vástago alcanza el final de carrera S2, fluye corriente hacia Y2 invirtiendo la válvula y haciendo retroceder al émbolo. Si, p. ej. el vástago se atasca mecánicamente antes de alcanzar la posición extendida, no se accionará S2. Por lo tanto, el control no avanzará al siguiente paso, es decir, no se producirá el retroceso del émbolo.

Una aproximación al desarrollo de un sistema de control es la de ver el sistema como si tuviera tres secciones definidas. Estas comprenden los dispositivos de salida, los componentes que controlan las salidas y los elementos que proporcionan las entradas y la información realimentada. Estas divisiones

Capítulo 2

Electroneumática

representan una cadena de control en donde las señales y la energía fluyen en un sentido identificable hacia el circuito.

2.1 Cadena de control de un sistema

Una aproximación al desarrollo de un sistema de control es la de ver el sistema como si tuviera tres secciones definidas. Estas comprenden los dispositivos de salida, los componentes que controlan las salidas y los elementos que proporcionan las entradas y la información realimentada. Estas divisiones representan una cadena de control en donde las señales y la energía fluyen en un sentido identificable hacia el circuito.

Para el diseñador y el responsable de mantenimiento de sistemas electroneumáticos es importante identificar los niveles dentro de un circuito. Cada nivel tiene una determinada tarea relacionada al paso o procesamiento de las señales. Los niveles pueden utilizarse para ayudar en los siguientes procesos:

- • Situación de los componentes en el esquema
- • Identificación del tamaño físico, tensión e intensidad nominal de componentes
- • Indica si una sección debe utilizar un relé o un contactor
- • Para determinar disposiciones de consola
- • Para que el personal de mantenimiento pueda identificar y localizar claramente los componentes

Capítulo 2

Electroneumática

La parte neumática de la figura 2.1 representa el flujo de señales de abajo hacia arriba. El esquema eléctrico se representa de arriba hacia abajo, implicando que la corriente fluye desde el común positivo (+) hacia el común negativo (-).

Los sistemas de control utilizan una gran variedad de señales para controlar el flujo de energía a través de la cadena de control. Las tres formas de señales se utilizan en varias tecnologías, incluyendo neumática, electricidad, hidráulica y electrónica. En electroneumática, generalmente se utilizan señales binarias.

Sistema de control analógico

Es aquel sistema de control que funciona predominantemente con señales analógicas, en la sección de procesamiento de señales.

Sistema de control digital

Es aquel sistema de control que funciona principalmente con señales digitales en la sección de procesamiento de señales.

Sistema de control binario

Es aquel sistema de control que funciona principalmente con señales binarias en la sección de procesamiento de señales y en donde las señales binarias no son parte de una representación de datos.

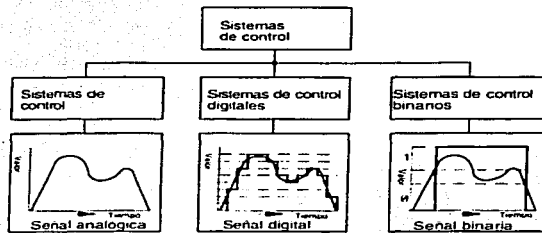


Fig. 2.2 Señales de un sistema de control

En controles electroneumáticos, las baterías, si se utilizan, son generalmente para fines de salvaguarda. Esto es, en caso de fallo de la tensión principal de alimentación, se mantiene una reserva de energía eléctrica para las funciones de emergencia, alarmas, pilotos, etc.

Un sistema que utilice CA, puede requerir la utilización de una fuente de alimentación consistente solo en un transformador. Donde se necesite CC, la CA debe rectificarse, filtrarse y regularse para proporcionar una salida de CC filtrada con una componente muy baja o nula de CA remanente (rizado).

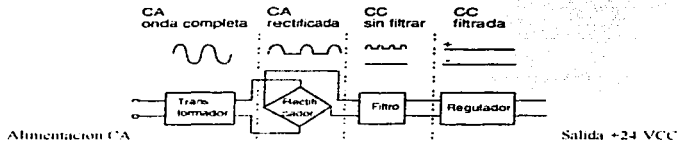


Fig. 2.3 Fuente de alimentación en CC

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Principio de funcionamiento de un selenoide

Si a un conductor (p. ej. un hilo de cobre) se le da la forma de una circunferencia y se hace circular por él una corriente, se forma una fuerza electromotriz (FEM). Las líneas de fuerza alrededor del conductor se concentran por la forma circular. Esta forma circular concentra la FEM en un sentido, mientras que en un conductor recto, se extiende en su longitud. Añadiendo vueltas al conductor, el campo magnético se fortalece y se incrementa la FEM. Para aplicaciones en solenoides, un electroimán consistente en simples bobinas de hilo no generan suficiente FEM para mover las levas de la mayoría de las válvulas.

La FEM se incrementa mucho con el mismo consumo de corriente, si la bobina se forma alrededor de un núcleo de hierro dulce, en lugar de hacerlo al aire.

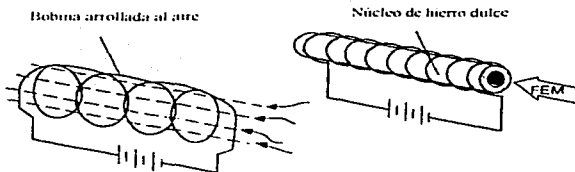


Fig. 2.3 Principio de funcionamiento de un solenoide

Solenoides de Corriente Continua

Disposición constructiva

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Capítulo 2 Electroneumática

Los solenoides de CC tienen un núcleo de hierro dulce. Esto asegura un diseño sencillo y robusto. El calentamiento que se produce durante el funcionamiento depende de la resistencia (R) de la bobina del solenoide y por lo tanto de la intensidad (I). El núcleo sólido de hierro también proporciona un medio óptimo de conducción del campo magnético.

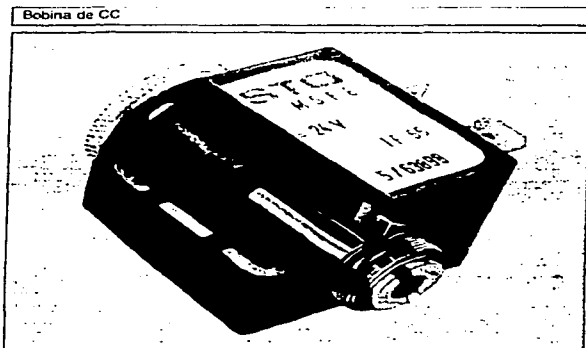


Fig.2.4 Solenoide de Corriente Continua (Corte)

Comutación:

Cuando se excita un solenoide de CC la intensidad (I) crece lentamente. Durante la creación del campo magnético la inductancia de la bobina produce una fuerza contraelectromotriz que se opone a la tensión aplicada. Esto explica la acción ligeramente amortiguadora de los solenoides en CC.

Los solenoides en CC ofrecen ventajas y desventajas:

Ventajas

- Funcionamiento suave
- Fácilmente conectables
- Baja potencia de excitación
- Baja potencia de mantenimiento
- Larga duración, del orden de 100×10^6 maniobras
- Silenciosos

Desventajas

- Se producen sobretensiones al desconectar
- Se requiere una supresión del arco
- Desgaste de los contactos por las altas tensiones inducidas
- Se requiere un rectificador si solo se dispone de CA
- Largo tiempo de respuesta

Desconexión de los solenoides de C C

Cuando se desconectan cargas inductivas tales como bobinas, el campo magnético se colapsa, esto puede provocar una tensión inducida de muchas veces la tensión aplicada lo cual provoca un arco eléctrico.

Esta alta tensión inducida puede dañar el aislamiento del devanado de la bobina. Esto provoca arcos entre los contactos de los interruptores y relés provocando un rápido desgaste e incluso en casos extremos la soldadura de los contactos. Una solución es montar un supresor de arco. Por ejemplo, en la figura 2.5 se observa un condensador en paralelo con el interruptor (S). El condensador absorbe la sobrecorriente durante la desconexión. Para evitar la descarga brusca del condensador al cerrar el interruptor, se requiere una resistencia (R) que mantenga la supresión del arco con una combinación R-C descarga de corriente a un valor

Capítulo 2 Electroneumática

bajo. Se conecta una resistencia en serie con el condensador (C). El circuito está protegido siempre que la resistencia (R) no sea excesivamente pequeña. Un valor demasiado pequeño anularía el interruptor (S) y excitaría permanentemente la bobina (L) del solenoide.

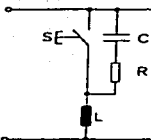


Fig. 2.5 Supresión de arco con condensador.

Un método muy común de absorber el arco es la utilización de un diodo conectado en paralelo con la bobina (L). Fig. 2.6 Cuando se conecta un diodo con su ánodo orientado hacia el positivo (+), conduce la corriente y se dice que está directamente polarizado. Por lo tanto, en un circuito de supresión, el diodo debe estar polarizado inversamente de forma que cuando se acciona el interruptor no se produzca un cortocircuito.

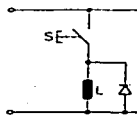


Fig. 2.6 Supresión del arco con un diodo

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Capítulo 2 **Electroneumática**

La corriente que fluye en los solenoides con núcleo de hierro, causa unas corrientes parásitas que generan calor. Una solución a esta pérdida de energía, es la de utilizar finas hojas laminadas montadas en capas y aisladas entre si con barniz o poliuretano.

2.2 Propósito del proyecto

El propósito de nuestro proyecto es la automatización de un proceso de envasado de productos en polvo que en la micro y pequeña empresa se lleva acabo de manera artesanal debido a la fuerte inversión que implica la compra de una envasadora automática, las cuales ya existen en el mercado pero su costo las hace prohibitivas a la micro y pequeña empresa debido a que en el costo final de dichos equipos se eleva por los costos de diseño y patentes por parte de las compañías que los fabrican. Además si dichos equipos son importados las cotizaciones se hacen en divisa extranjera dificultando aun mas su adquisicion. en estas condiciones las compañías que pueden tener acceso a este tipo de equipos son las medianas y grandes empresas y las transnacionales por lo que este tipo de diseño pretende dar solución a las necesidades de la micro y pequeña empresa las cuales no puedan tener acceso a los recursos financieros para la compra de este tipo de equipo o para el diseño de equipo especial

El proyecto que estamos presentando para este trabajo de tesis consiste en el diseño de un dispositivo para el envasado de chocolate en polvo u otro producto en polvo de manera automática mediante el control del volumen a envasar. Esto se lograra mediante el diseño de una tolva de acero inoxidable en donde verter el

Capítulo 2 **Electroneumática**

producto a granel y enseguida un sistema de compuertas accionadas por dispositivos electroneumáticos (cilindros y electroválvulas) que permita la separación de determinada cantidad de producto adecuada al tamaño del envase de la presentación que se desee producir. El control del peso del producto se controlará ya sea con dispositivos temporizadores (para la apertura de compuertas) o mediante sensores de peso (báscula); el conjunto de estos dispositivos será controlado mediante un controlador lógico programable (PLC), el cual debido a la disponibilidad de entradas y salidas de control y de señal extras permitirán a futuro controlar un mayor número de operaciones del proceso facilitando un mayor grado de automatización. Para este trabajo de tesis se automatizará el proceso de envasado del producto, pudiendo aumentar el número de tareas a automatizar debido a la flexibilidad del diseño

La implementación de dicho proyecto se basa en la utilización de diversos dispositivos con tecnología vanguardista que además de optimizar el proceso están disponibles en el mercado

2.3 Descripción del tipo de producto

Especificación del bien o servicio.

Producto alimenticio Complemento alimenticio en polvo para preparar una malteada de componentes 100% naturales siendo estos: Avena, amaranto, lecitina, alga espirulina, harina de soya, cocoa, cebada perla y mascabado de azúcar. De cuatro diferentes sabores, chocolate, vainilla, fresa y nuez.

Las presentaciones que se manejan son botes de: 430g, 1kg, 3Kg

Problemas de comercialización que enfrenta este mercado

- A. Dar el producto a crédito
- B. La competencia baja sus precios
- C. Distribución alejada de los centros de consumo
- D. Oferta por parte de las empresas grandes

Los aspectos tecnológicos nos obligaran en un futuro a buscar innovación en maquinaria, haciendo necesario el acoplamiento de pulverizadoras, revoledoras y bandas transportadoras automatizados que permitan desplazamiento del producto a través de los distintos procesos necesarios para su elaboración de manera continua. En un inicio el PLC solo controla la maquina de envasado. Proponemos la utilización del PLC Fec 20 de Festo. Debido a que dispone un número de salidas y entradas adecuado para controlar otros dispositivos, además de contar con la opción de conectar en serie dos PLC's de este mismo modelo (a través de puerto de comunicaciones RJ11) Esto posibilita la duplicación del número de dispositivos a controlar

2.4 Cantidades de materia prima para producción de una revoltura

Las cantidades necesarias para una revoltura se especifican en la tabla siguiente. Siendo una revoltura la producción mínima por día para que resulte rentable la utilización del equipo. Requiriéndose de botes con presentación etiquetada en

Capítulo 2
Electroneumática

presentaciones de 430g, 1Kg y 3Kg. Siendo el bote de cartón con película doble de polietileno de baja densidad para producto alimenticio.

1500 Kg. de revoltura por día con las cantidades siguientes.

Ingrediente	Cantidad Kg.
Azúcar mascabado	600 Kg
Harina de soya	250 Kg
Cocoa	200 Kg
Avena	200 Kg
Amaranto	100 Kg
Cebada perlada	100 Kg
Lecitina de soya	50 Lt

Lo que equivale a 3488 botes de 430g por una revoltura.

Lo que equivale a 1500 botes de 1Kg por una revoltura

Lo que equivale a 500 botes de 3Kg por una revoltura

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Capítulo 3

Arquitectura de los controladores lógicos programables

3.1 Referencia histórica del control Lógico Programable

El primer Control Lógico Programable (Programmable Logic Control o PLC) fue desarrollado por un grupo de ingenieros en la General Motors en 1968, cuando la empresa estaba buscando una alternativa para reemplazar los complejos sistemas de control por relés.

El nuevo sistema de control tenía que cumplir con los siguientes requerimientos:

- Programación sencilla
- Cambios de programa sin intervención en el sistema (sin tener que rehacer el cableado interno)
- Más pequeño, más económico y más fiable que los correspondientes sistemas de control por relés
- Sencillo y con bajo coste de mantenimiento

Los sucesivos desarrollos llevaron a un sistema que permitía la conexión sencilla de señales binarias. Los requerimientos de cómo estaban conectadas estas señales se especificaba en el programa de control. Con los nuevos sistemas, fue posible por primera vez mostrar las señales en una pantalla y archivar los programas en memorias electrónicas.

Desde entonces han pasado tres décadas, durante las cuales los enormes progresos hechos en el desarrollo de la micro electrónica han favorecido la proliferación de los controles lógicos programables. Por ejemplo, a pesar de que en sus comienzos, la optimización del programa y con ello la necesidad de reducir

Capítulo 3

Arquitectura de los controladores lógicos programables

la ocupación de memoria representaba una tarea importante para el programador, en la actualidad esto apenas tiene importancia.

Además, las funciones disponibles han crecido considerablemente. Hace quince años, la visualización de procesos, el procesamiento analógico o incluso la utilización de un PLC como un regulador, eran considerados una utopía. Actualmente, muchos de estos elementos son parte integral de muchos PLCs.

Todas las máquinas o sistemas automáticos tienen un control. Dependiendo del tipo de tecnología utilizada, los controles pueden dividirse en neumáticos, hidráulicos, eléctricos y electrónicos. Con frecuencia se utiliza una combinación de las diferentes tecnologías. Además, debe distinguirse entre controles con programa cableado es decir, conexiones físicas de componentes electromecánicos (relés, etc. o componentes electrónicos (circuitos integrados)) y controles lógicos programables. Los primeros se utilizan principalmente en casos en los que la reprogramación por el usuario está fuera de toda duda y el alcance de la tarea justifica el desarrollo de un sistema de control especial. Las aplicaciones típicas de tales controles pueden hallarse en los electrodomésticos, video cámaras, vehículos, etc.

Sin embargo, si la tarea de control no justifica el desarrollo de un control especial, o si el usuario debe tener la posibilidad de hacer cambios sencillos, o de modificar tiempos o valores de contadores, entonces el uso de un control universal, en el que el programa se escribe en una memoria electrónica es la opción preferida. El PLC representa un control universal. Puede utilizarse para diferentes aplicaciones:

Capítulo 3 Arquitectura de los controladores lógicos programables

y, dado que el programa se halla escrito en su memoria electrónica, el usuario puede modificar, ampliar y optimizar con cierta sencillez sus procesos de control.

La tarea original de un PLC es la interconexión de señales de entrada, de acuerdo con un determinado programa y, si el resultado de esta interconexión es "cierta", activar la correspondiente salida. El álgebra de Boole forma la base matemática para esta operación, ya que solamente reconoce dos estados definidos de una variable "0" (falso) y "1" (cierto). Consecuentemente, una salida sólo asume estos dos estados. Por ejemplo, una electroválvula conectada a la salida puede estar activada o desactivada, es decir, controlada.

Esta función ha acuñado el nombre de PLC: **Programmable Logic Control** o **Control Lógico Programable**. En él, el comportamiento de las entradas/salidas es similar al de los controles realizados con relés electromagnéticos o con elementos lógicos neumáticos o electrónicos. La diferencia reside en que el programa en lugar de estar "cableado" está almacenado en una memoria electrónica.

Sin embargo las tareas del PLC se ampliaron rápidamente: las funciones de temporización y recuento, operaciones de cálculo matemático, conversión de señales analógicas, etc. representan funciones que pueden ejecutarse en casi todos los PLCs actuales.

Las demandas que se requieren de los PLCs siguen creciendo al mismo ritmo que su amplia utilización y desarrollo en la tecnología de automatización. Por ejemplo:

Capítulo 3

Arquitectura de los controladores lógicos programables

la visualización, es decir, la representación de los estados de las máquinas o la supervisión de la ejecución del programa por medio de una pantalla o monitor. También el control directo, es decir, la facilidad de intervenir en los procesos de control o, alternativamente, impedir tal intervención a las personas no autorizadas. También se ha visto la necesidad de interconectar y armonizar sistemas individuales controlados por PLC, por medio de redes o buses de campo. Aquí, un ordenador master o maestro permite la generación de órdenes de mayor nivel para el procesamiento de programas en los diversos sistemas PLC interconectados

La conexión en red de varios PLCs, así como la de un PLC con el ordenador master se realiza por medio de interfaces de comunicación especiales. Para ello, la mayoría de los más recientes PLCs son compatibles con sistemas de bus abiertos estandarizados, tales como Pro-fibus según DIN 19 245. Gracias al enorme aumento de la potencia y capacidad de los PLCs avanzados, estos pueden incluso asumir directamente la función de un ordenador master.

Hacia finales de los setenta, las entradas y salidas binarias fueron finalmente ampliadas con la adición de entradas y salidas analógicas, ya que hay muchas aplicaciones técnicas que emiten y requieren señales analógicas (medición de fuerzas, velocidades, sistemas de posicionamiento, servoneumáticos, etc.) Al mismo tiempo la adquisición y emisión de señales analógicas permite la comparación de valores reales con los de consigna y, como consecuencia, la realización de funciones de regulación automática, una tarea que va más allá del ámbito que sugiere el nombre de control lógico programable

Capítulo 3 Arquitectura de los controladores lógicos programables

Los PLCs que existen actualmente el mercado han sido adaptados a los requerimientos de los clientes hasta tal punto que ya es posible adquirir un PLC exactamente adaptado para casi cada aplicación. Así, hay disponibles actualmente desde PLCs en miniatura con unas decenas de entradas/salidas hasta grandes PLCs con miles de entradas/salidas.

Muchos PLCs pueden ampliarse por medio de módulos adicionales de entradas/salidas, módulos analógicos y de comunicación. Hay PLCs disponibles para sistemas de seguridad, barcos o tareas de minería. Otros PLCs son capaces de procesar varios programas al mismo tiempo (Multitarea). Finalmente, los PLCs pueden conectarse con otros componentes de automatización, creando así áreas considerablemente amplias de aplicación.

3.2 ORGANIZACIÓN MATERIAL GENERAL DE UN PLC

El PLC, está constituido por un procesador y una memoria. Un conjunto de otros dispositivos además de los antes mencionados forman el PLC y aseguran funciones esenciales tales como la circulación interna de la información, la comunicación con el exterior, la sincronización o encadenamiento de las tareas, las adaptaciones físicas de las señales etc

La Unidad Central Procesamiento (CPU) es el conjunto de dispositivos necesarios para el funcionamiento lógico interno del PLC.

La CPU es el "corazón" de la máquina

Las entradas / salidas (E/S) son el conjunto de los componentes que permiten el intercambio de informaciones entre el PLC y el mundo exterior

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Capítulo 3 Arquitectura de los controladores lógicos programables

Este mundo exterior puede ser el sistema o proceso —entonces las E/S son industriales— el equipo de desarrollo de las aplicaciones.

El ambiente o entorno del PLC es pues multiforme (fig. 3.1). La arquitectura de un PLC simple está esquematizada en la figura 3.2.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Capítulo 3 Arquitectura de los controladores lógicos programables

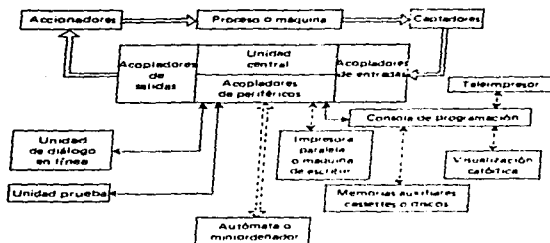


Fig 3.1 EL PLC y su entorno

(= uniones permanentes; - temporales; - eventuales)

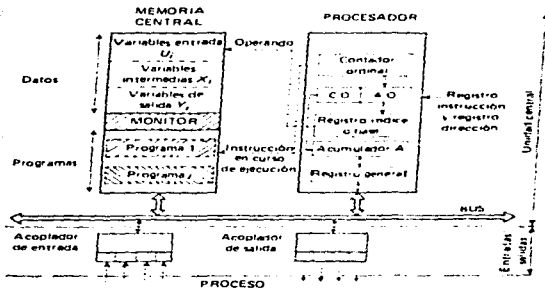


Fig. 3.2 Estructura del CPU en un PLC.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Capítulo 3

Arquitectura de los controladores lógicos programables

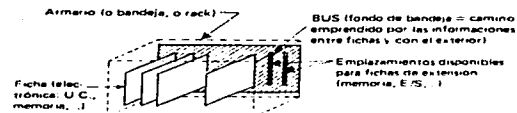


Fig. 3.3. Representación esquemática de un PLC y su organización a base de bus

EL CPU es pues la sede o el lugar de flujos permanentes de información. Estos flujos recorren un camino común, el bus que une entre sí todas las unidades funcionales: memoria, procesador, acopladores de E/S. Materialmente, el bus es un circuito impreso situado en el fondo del compartimento o caja (fig. 3.3).

3.3 Arquitectura Principal

El procesador

El procesador es "la inteligencia" del CPU. Es el conjunto funcional encargado de asegurar el control de la máquina y de efectuar los tratamientos requeridos o demandados por las instrucciones de los programas.

Los registros

El procesador está organizado por un cierto número de registros, un registro es una memoria rápida de semiconductores complementada con dispositivos lógicos que permiten la manipulación de las informaciones que contienen, o de su combinación con informaciones exteriores.

Es una memoria activa y especializada que permite la ejecución de ciertas funciones de tratamiento o de servicio.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Capítulo 3 Arquitectura de los controladores lógicos programables

Algunos registros son utilizados por la máquina únicamente; otros son accesibles al usuario, implícita o explícitamente, según las herramientas de programación de que dispone y emplea.

Los registros internos, accesibles únicamente a la máquina, aseguran las funciones de gestión interna y de control. su número y sus funciones dependen de las opciones asumidas por el diseñador

Una alternativa en la organización en registros generales es la de la pila

3.4 Las pilas de información

Una pila está constituida por un conjunto ordenado de informaciones y una técnica de su adquisición (apilamiento) y de su restitución (desapilamiento).

Puede estar realizada por registros cableados de manera apropiada o estar formada por palabras de memoria administradas por un sistema de programación especializado

En la técnica LIFO (último que entra, primero que sale, LAST IN FIRST OUT fig. 3-4a), el apilamiento se hace desde arriba y desplaza las informaciones en la pila hacia abajo. El desapilamiento se efectúa por arriba con el desplazamiento correspondiente

En la técnica FIFO (salida en el orden de adquisición o "primero que entra, primero que sale" FIRST IN FIRST OUT), las informaciones, apiladas desde arriba, son amontonadas sobre el fondo de la pila de donde se las extrae (fig. 3-4b)

Para efectuar los tratamientos, el procesador utiliza una pila LIFO, siendo el registro del acumulador el punto de entrada y de salida de la pila. El ejemplo

Capítulo 3

Arquitectura de los controladores lógicos programables

siguiente ilustra la eficacia de esta organización en el caso de encadenamiento de las operaciones.

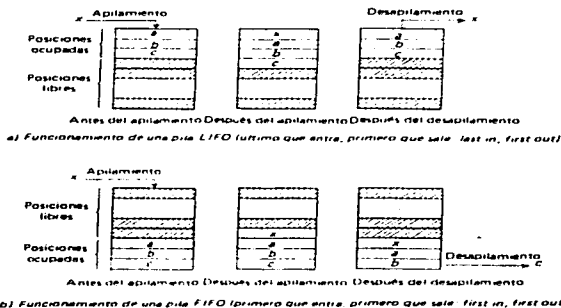
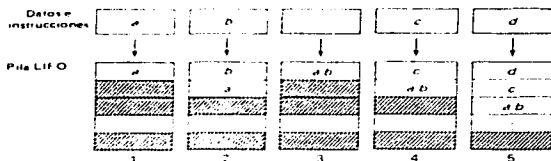


Fig. 3.4 Pílas LIFO y FIFO. El avance de la información en esta gestionado por la pila.

EjemPlo

Sea el cálculo siguiente a efectuar: $x = a + b + c - d - e$ donde a, b, c, d y e son números. Una máquina provista de una pila LIFO procederá como se esquematiza en la figura siguiente [observar que una operación cualquiera expresada habitualmente $a + b$, lo está aquí bajo la forma $(a, b)^{-1}$].

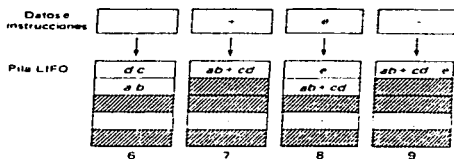


¹ Esta representación se denomina notación pólaca inversa.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Capítulo 3

Arquitectura de los controladores lógicos programables



TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Este ejemplo muestra las ventajas siguientes

- La estructura de pila maneja implícitamente los paréntesis
- $(a+b)(c+d)-e$;
- Memoriza los resultados intermedios sin necesidad de acceso a la memoria central;
- El encadenamiento de los cálculos es pues extremadamente rápido.
- Puede ser concebido para que sea accesible en todo instante el conjunto de su contenido (instrucción de desplazamiento circular cerrado).

3.5. Tecnología cableada, microprogramación y microprocesadores

En lo que se ha admitido implícitamente se acaba de exponer que la tecnología del procesador era cableada. Esto no quiere decir, no obstante, que su realización sea discreta, es decir, que esté compuesta de circuitos lógicos que ejecuten las operaciones booleanas básicas. La integración tecnológica permite, desde hace unos 20 años, disponer de entidades funcionales complejas bajo la forma de circuitos integrados: registros acumuladores, índice, contador ordinal. La unidad

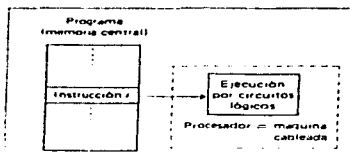
Capítulo 3 Arquitectura de los controladores lógicos programables

de tratamiento (UT es sinónimo de procesador o bien de unidad aritmética y lógica ALU), se presenta bajo la forma de una tarjeta de circuitos impresos que materializan el cableado, en la cual están insertados los componentes o circuitos integrados (chips). La integración importante permite disponer, en un volumen reducido, de funciones cada vez más elaboradas

Esto hace que la concepción de las CPU sea a la vez más simple (menos componentes elementales) y más compleja (multiplicidad de funciones). En particular la puesta a punto, la corrección y también el añadido adicional de funciones pueden plantear serios problemas

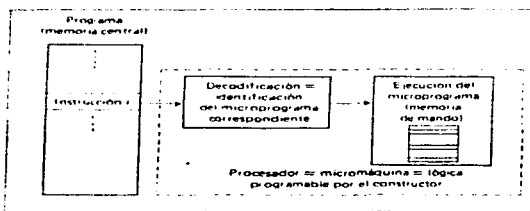
La ejecución de una instrucción máquina, en lugar de ser física, por la puesta en acción directa de los circuitos integrados, es entonces realizada por una sucesión de instrucciones todavía más elementales, que constituyen un microprograma. Las microinstrucciones que lo constituyen son ejecutadas en una micromáquina denominada microprocesador (Chip). Una memoria particular, llamada memoria de mando o mandato asociada al microprocesador, contiene el conjunto de microprogramas que simula el juego deseado de instrucciones. El triplete microprocesador, memoria, microprograma completado con los dispositivos asociados medios internos de comunicación, reloj. Simula el procesador de un PLC. La figura 3 5 resume las consideraciones precedentes

Capítulo 3
Arquitectura de los controladores lógicos programables



a) Lógica programable en tecnología cableada

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



b) Lógica programable en tecnología microprogramada

Fig 3.5 Presentación funcional de las tecnologías cableadas y microprogramadas de las lógicas programables

La memoria de mando es programada por el diseñador. Está reservada a la máquina y es inaccesible a su usuario. Aquí se utiliza una tecnología particular de memorias muertas o de ROM, memoria de sólo lectura (read only memory) así como sus variantes.

Los microprocesadores de los PLC son en general de 8 o 16 bits, también podrán ser de 32 y 64 bits en el futuro.

Por esto la gran mayoría de los PLC's están contruidos basándose en microprocesadores, los sistemas cableados que utilizan circuitos cada vez mas

Capítulo 3 Arquitectura de los controladores lógicos programables

integrados se reservarán en lo sucesivo a las funciones cuya velocidad puede llegar a ser crítica.

3.6 LA MEMORIA CENTRAL

La memoria de un sistema informático está habitualmente escindida en dos partes: la memoria central, contenida en el CPU, y la memoria masiva (discos, disquetes, bandas magnéticas, etc.), situada en los periféricos.

La misión de la memoria central

La memoria central está concebida para contener todas las informaciones necesarias en el funcionamiento del sistema y de su explotación. Una parte está reservada al software o sistema de programación básico concebido, desarrollado y provisto por el constructor (en todo o en parte), y cuyo objeto es facilitar la puesta en acción del sistema. Sin este software el usuario tendría que limitarse prácticamente a codificar la máquina en su lenguaje nativo en código binario

Todo o parte de este software reside permanentemente en la memoria central según su grado de refinamiento y la capacidad de la máquina para portar una memoria masiva eficaz: disco, disquete. El PLC concebido para los ambientes industriales, no está conectado a estos periféricos cuando está en explotación. El software básico de explotación es, pues, completamente residente

Capítulo 3 **Arquitectura de los controladores lógicos programables**

La memoria central contiene igualmente el software de aplicación, conjunto de programas realizados por el usuario con vistas a la explotación del sistema. Finalmente también memoriza los datos, constantes o variables, que son utilizados o producidos por los programas de aplicación.

La memoria dialoga con el procesador, por una parte, y con los órganos le entrada-salida, por otra.

4.1 NOCIÓN DE CONFIGURACIÓN

Para el cumplimiento de su misión en el proceso, un PLC debe disponer de E/S industriales adaptadas en número, en naturaleza y en características físicas. La construcción de los PLC permite tal adaptación: el conjunto así particularizado recibe el nombre de configuración.

Estos dispositivos comprenden, por ejemplo, la impresora que edita el diario de servicio de la explotación o bien el módulo que permite al operador regular u observar la evolución de ciertos parámetros. Entre los más importantes figuran la consola de programación, herramienta privilegiada del diálogo hombre-máquina; esta consola, puede estar dotada de dispositivos que estén directamente conectados a ella, tales como los lectores-registradores de disquettes (floppy disks) que memorizan los programas

Se denominan periféricos de un PLC los dispositivos, externos al mismo propiamente dicho, que están directamente conectados a él

Los auxiliares de un PLC designan los periféricos de su consola de programación

La configuración de un PLC es el conjunto de dispositivos internos (procesadores especializados o no, E/S industriales) y externos (periféricos y auxiliares) que le completan formando un sistema apto para cumplimentar las misiones que le son asignadas

La elección de una configuración está estrechamente relacionada con las funciones desarrolladas en el PLC, con las soluciones asumidas y con el catálogo

Capítulo 4 El entorno de los PLC's

del proveedor del PLC o de los proveedores de los componentes físicos o equipos compatibles.

El esquema de la figura 4.1 representa los elementos de las dos funciones externas principales de una configuración:

- La extensión, por dispositivos específicos, de las funciones básicas del PLC;
- El diálogo y la comunicación hombre-máquina y máquina-máquina.

Este segundo punto merece un comentario previo al estudio de los diferentes componentes de una configuración

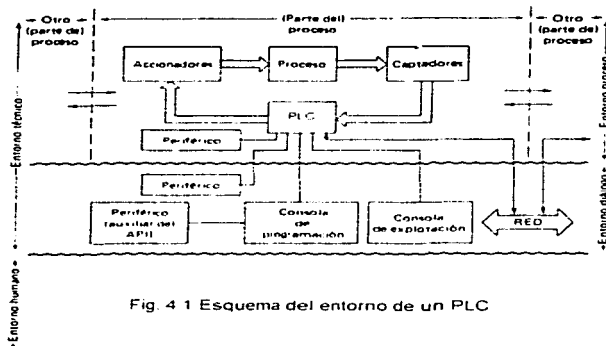


Fig. 4.1 Esquema del entorno de un PLC

La puesta en acción o aplicación de un PLC necesita un diálogo hombre-máquina tanto en la fase de desarrollo como en la fase de puesta a punto o de explotación. En la fase de desarrollo el diseñador o el programador, que a menudo son la

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Capítulo 4

El entorno de los PLC's

misma persona, dispone de una solución teórica del problema de automatismo que desea solventar en el PLC. Esta solución es expresada en el lenguaje habitual del técnico de automatismo según su experiencia, su práctica y la adecuación de este lenguaje a la expresión del algoritmo elegido.

Cualquiera que sea la forma, será una expresión que se aproxime al lenguaje (técnico) natural del hombre

El entorno del PLC debe permitir transmitir esta expresión en máquina, bajo una forma aceptable para ésta, es decir, comprensible y ejecutable.

Para ello el programador introduce su solución por medio de la consola en la forma que él ha asumido o en una forma próxima; puede leerla y corregirla si observa un error. La memorización del programa así realizado permite salvaguardarlo, reproducirlo y archivarlo ya que demandará luego su traducción en el lenguaje máquina del PLC

Para ejecutarlo, será necesario previamente cargar el código ejecutable en la memoria central del PLC y luego darle a éste las órdenes apropiadas

En la fase de puesta a punto el operador simula la ejecución del programa e identifica y controla sus efectos. De esta manera está obligado a rectificar y, eventualmente, completar la lógica de su algoritmo, también ajusta o regula los parámetros del programa, tales como los valores de temporización o de conteo. Para apreciar ciertas fases cruciales, se puede desear imponer en la máquina un estado particular que represente el proceso en la fase crítica y analizar las reacciones previstas en esta situación.

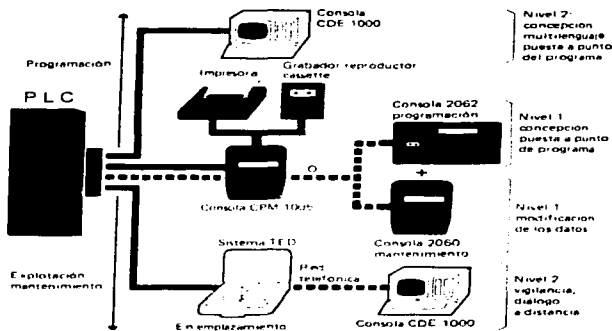


Fig. 4.2 Las consolas de programación, de explotación y de mantenimiento de Merlin Geim, April. (Fuente: Merlin Geim)

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

En todo esto, el operador está dialogando permanentemente con el PLC y toda o parte de su configuración y del proceso. Utiliza una herramienta especializada que le permite ejecutar este trabajo con una comodidad y una eficacia óptimas: la consola de programación. Fig. 4.2

En fase de explotación, la permanencia del diálogo no es, en general, necesaria. Basta acceder a ciertas informaciones para vigilar la instalación o suministrar ciertos valores para afinar los ajustes y la productividad o la calidad. Han sido creadas herramientas especiales para satisfacer estas necesidades.

La consola de explotación accede a los subsistemas (partes del sistema) locales o distantes, con funciones adaptadas al estado de éstos según modos tradicionalmente cualificados de marcha automática, de funcionamiento asistido o

Capítulo 4 **El entorno de los PLC's**

de mando manual, tanto en la explotación normal como en el sistema de seguridad o de urgencia.

4.2. LA CONSOLA DE PROGRAMACIÓN

La consola de programación (C.P.) de un (conjunto de) PLC es la herramienta privilegiada de la comunicación hombre-máquina para el desarrollo, la puesta a punto y, eventualmente, la explotación de las aplicaciones.

Se presenta como un puesto de trabajo constituido por un teclado, una pantalla, dispositivos específicos asociados, completados eventualmente con periféricos (los auxiliares del PLC), adaptado al medio industrial, a las especificaciones de los automatismos y conectable al PLC.

La consola de programación constituye la originalidad esencial del autómatas programable como producto informático.

Misiones y tipología

La consola de programación tiene tres cometidos principales. Son:

- Una herramienta de programación y de actualización de las aplicaciones;
- Un intermediario de diálogo con el PLC;
- Un medio de intervención en el PLC y en el proceso.

Las dos primeras misiones se deducen de una concepción clásica del PLC; la tercera es más reciente (1980) y corresponde a la doble preocupación cada vez mayor del usuario: la explotación y la seguridad.

Capítulo 4 El entorno de los PLC's

Para satisfacer estas misiones, la consola de programación debe disponer no sólo de órganos de entrada/salida hacia el programador, sus periféricos y el autómatas, sino también de memoria y de inteligencia.

La gran mayoría de las consolas de programación son actualmente autónomas, verdaderos microordenadores especializados que comprenden su propia memoria y contruidos a base de microprocesadores; ciertas consolas son, por otra parte, microordenadores comerciales. La autonomía de la consola ofrece apreciables ventajas funcionales como todos los periféricos inteligentes y, principalmente, el desacople entre la producción y la explotación de los programas. Así, la preparación y la producción son tratadas por el procesador de la consola, mientras la explotación es confiada al procesador del PLC

La consola de programación y el PLC pueden funcionar independientemente, salvo en el momento en que el programa que deberá ser ejecutado se transfiere desde la consola de programación hasta el PLC. Este concepto ha inspirado recientemente a los informáticos preocupados por la "ingeniería del software" o sistemas de programación, que han concebido "estaciones programadoras" o "estaciones de trabajo", las cuales no son sino consolas de programación autónomas, pero universales. El esquema de la figura 4.3 resume estas consideraciones.

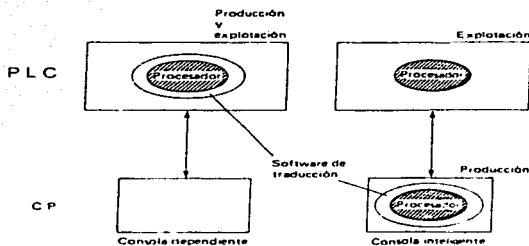


Fig. 4.3 Una originalidad del control lógico programable es el conjunto "biprosesador"

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Las diversas funciones de la consola de programación

a) Los modos de funcionamiento de la consola de programación

Cuando es evolucionada, la consola de programación tiene varias funciones posibles y el operador o el usuario le debe indicar la función que le atribuye. A una función corresponde un modo de funcionamiento.

En el momento de la introducción del programa, la consola estará en la condición de editor de textos. El programa, conjunto de instrucciones, será considerado como un texto compuesto de frases. El programador dispone entonces de un conjunto de funciones especializadas de tratamiento del texto (supresión, inserción, corrección, desplazamiento) que afecta a las entidades tales como nombres de variables, de instrucciones y de párrafos (conjunto de instrucciones).

Capítulo 4 El entorno de los PLC's

Estas funciones especializadas son órdenes dadas por el programador a la lógica de la consola y, por tanto, al sistema de explotación asociado.

Se llaman directivas las instrucciones destinadas al sistema de explotación de una lógica programable cuyo propósito es declarar las entidades que debe conocer o llamar a las funciones y los recursos de la gestión.

El modo de una consola de programación está determinado por las directivas. A un modo particular corresponde un conjunto de directivas específicas.

Los diferentes modos de una consola de programación, la manera de acceder a ella y las funciones asociadas, presentan aspectos que pueden ser muy diferentes entre una consola de programación y otra. Lo que no varía es el esfuerzo permanente de los industriales para producir herramientas simples, para las cuales los conceptos precedentes sean generalmente transparentes o implícitos para el usuario. Una manera de hacer esto es asociar los conceptos a las teclas de un teclado y visualizar en la pantalla una guía de operador en que figuren en todo momento las funciones accesibles. A veces el mismo usuario puede accionar una función "HELP" para que la propia consola le ayude, indicándole dónde está y cómo podrá proseguir, suspender o modificar la progresión de su trabajo.

*E>xplicitamente o implícitamente según los casos y los productos

b) Modo de programación

Es el modo según el cual la consola cumple su misión principal: permitir al automatista programar, actualizar o completar su aplicación.

Capítulo 4 El entorno de los PLC's

Para realizar estas tareas son necesarias numerosas funciones, que se relacionan a continuación.

Declaración y estructuración

Como preliminar a la introducción de los códigos, es necesario declarar explícitamente* las variables y programas que componen una aplicación.

Declarar los tipos de variables permite controlar las transferencias peligrosas o ilegales. Asignar las variables a una o varias aplicaciones evita su utilización involuntaria, en particular su modificación. La memoria puede ser entonces estructurada como memoria común a varios o a todos los programas y como memoria privada, reservada a un programa; la memoria común contiene los datos comunes y sirve para transmitir los parámetros de un subprograma a otro, incluso entre máquinas en el caso de una red.

La descripción de la aplicación precisa la jerarquía de los programas, las uniones con los subprogramas (procedimientos) y funciones indicando las que son compartidas (comunes) y las que son reservadas (locales).

Programación

Una consola de programación dispone de uno o varios lenguajes de una forma próxima a la que sirve al automatista para describir su algoritmo de control/mando.

El programador procede, para cada módulo de programa, a una captación en el teclado de la sucesión completa de instrucciones, según la sintaxis del lenguaje que haya elegido en función de su disponibilidad en la consola de programación y su adaptación a la programación.

Capítulo 4 El entorno de los PLC's

Este trabajo pone en acción al editor de textos o cualquier sistema de software o programas básico, de funciones similares.

El programa en memoria es la imagen del escrito sobre la hoja de programación. Después de su lectura, de su verificación y de su corrección puede ser *archivado* en un soporte magnético periférico de la consola: unidad de disco, de disquete. Puede igualmente ser objeto de una *edición* en una impresora conectada a la consola de programación

Interpretación y compilación del programa

El programa precedente en ciertos casos puede ser ejecutado directamente a partir de su forma inicial (lenguaje evolucionado); se dice entonces que es *interpretado*. El *intérprete* considera cada instrucción del programa una tras otra. Cada una es analizada y, si es correcta, traducida para ser inmediatamente ejecutada. A continuación es tratada de la misma manera la siguiente. Esta manera de proceder es ideal en la fase de puesta a punto, puesto que es fácil *simular* la ejecución del programa y, en función de los resultados, corregirla inmediatamente. En cambio, la ejecución es constantemente retardada por el análisis y la traducción.

Por esto, principalmente para el uso que hace de ello en parte el PLC, puede resultar eficaz traducir el código fuente en un programa directamente ejecutable por los procesadores. Se dice entonces que es *compilado* el programa, y el compilador asegura la realización de esta función. Es necesario memorizar el código objeto después de la compilación por la consola de programación para transferirlo ulteriormente al PLC.

Capítulo 4 El entorno de los PLC's

Simulación, test o comprobación y puesta a punto

En general, esta parte es larga y delicada: en efecto es esencial asegurar la conformidad del automatismo realizado con los objetivos que se le habían fijado inicialmente.

Esto permite conocer y simular el estado de una aplicación. Una ejecución paso a paso prueba la lógica de cada módulo después de cada instrucción, la visualización de los parámetros permite la verificación del desarrollo. La ejecución por bloques de instrucciones facilita el análisis de la arquitectura del conjunto o la verificación de las fases importantes. La imposición de ciertos valores en las entradas y en las variables pone al automatismo en un estado conocido para proseguir o, por el contrario, para apreciar su capacidad teniendo en cuenta las situaciones excepcionales. La principal dificultad de este trabajo consiste en asegurar que sean reproducidos y comprobados todos los casos razonablemente previsibles.

Cuando el equipo lo permite, puede ser prudente asegurar por un control del PLC mediante la consola la reproducibilidad de las situaciones precedentes simuladas.

Edición y documentación

Una vez preparada la aplicación es esencial conservarla en memoria y en fichero tal como se ha hecho con el código inicial. Esta salvaguarda evita un trabajo laborioso de volver a capturar el programa siempre expuesto a error y, por tanto, necesariamente sometido a prueba. Un doble archivo (en disquete) es una

Capítulo 4 El entorno de los PLC's

precaución cuya utilidad se comprueba en la práctica, puesto que los riesgos de defecto o de deterioro de los soportes magnéticos son reales. La reanudación del trabajo se obtiene entonces directamente por relectura del fichero (código fuente y código objeto).

El programa fuente, convenientemente comentado, es igualmente editado gracias a la impresora para constituir el documento de análisis y de programación. Este documento contiene el conjunto de las informaciones necesarias y suficientes para que sea posible una intervención ulterior en las mejores condiciones. Debe ser mantenido al día con rigor, lo que es una de las principales dificultades en la práctica. Es pues del mayor interés que la consola esté provista de funciones de documentación o de un dispositivo especializado.

Simultáneamente, el equipo de desarrollo constituirá un *dossier de explotación* que contendrá el conjunto de las informaciones necesarias para el usuario bajo una forma apropiada.

4.3 Comunicación con el PLC

En este modo, la consola realiza funciones cuya finalidad es principalmente la carga de la memoria y el control de la ejecución del código objeto del PLC.

Carga de los programas y de los datos

El programa a ejecutar debe ser cargado desde la consola hasta el autómatas, según sean las tecnologías puestas en acción para la memoria programa del PLC son posibles diversas soluciones

Capítulo 4 El entorno de los PLC's

Si la memoria programa es una memoria viva, la carga corresponde a la transferencia del programa ejecutable desde la memoria de la consola de programación. Esta función se identifica con la de transferencia de archivo. La unión física entre la consola de programación y el PLC es gestionada por un programa especializado en las comunicaciones según modalidades que dependen de la naturaleza de la unión y de las convenciones de comunicación. Estas modalidades se denominan protocolo de comunicación.

Cuando la memoria programa del PLC es una memoria muerta, de cualquier tipo que sea, la carga del programa consiste:

- *en inscribir* en la consola, provista de los dispositivos necesarios, el programa ejecutable en memoria muerta partiendo de una versión en la memoria central;
- *en implantar* físicamente los componentes de memoria muerta así cargados en el módulo memoria del PLC.

Sin embargo, esto supone que la tecnología utilizada permita hacerlo sin recurrir a un taller especializado. Este es el caso de las EPROM, REPROGRAMABLE EPROM. La propia consola de programación o un dispositivo asociado debe entonces permitir el borrado de la memoria, inicialmente o en la consideración de la corrección. La carga de los datos relacionados con un programa puede tener lugar simultáneamente con la carga de éste. Los parámetros de una explotación son considerados como un archivo y transmitidos a la memoria de los datos del PLC donde, si no son muy numerosos, son recogidos en el teclado de la consola de programación y transmitidos al PLC uno a uno. En general es posible cargar

Capítulo 4

El entorno de los PLC's

algunos datos directamente en el PLC por medio del teclado elemental del cual disponen ciertos modelos en su cara frontal.

Puesta en servicio de un autómeta

Durante la puesta en servicio, la consola de programación que dispone de las funciones adaptadas puede rendir muchos servicios importantes al técnico programador.

Permite poner en marcha programas de prueba del PLC para asegurarse de su funcionamiento normal.* También facilita la verificación de las uniones del PLC con su entorno.

La consola sirve igualmente para la prueba de las E/S industriales y para el control de la aplicación anteriormente probada por simulación. También en este caso se utilizan las directivas de seguimiento y de control de la ejecución de los programas posicionado de los parámetros de las E/S, activación de (módulos de) programas por bloques o paso a paso con la captación de diferentes informaciones de estado. Por ejemplo, etapa activa indicada por la señalización de los códigos referidos indicados en la pantalla, desarrollo de los esquemas en la pantalla simultáneamente a la ejecución de las partes correspondientes de los códigos, indicación de los parámetros designados por el operador.

Estas funciones se muestran particularmente interesantes y valiosas cuando el autómeta está distante de la consola o cuando se pone en acción una red de autómetas.

Seguimiento del funcionamiento

La consola es también, en caso necesario, una herramienta que permite el seguimiento a distancia de la explotación. De estructura modular en ciertas construcciones, tales como la de Allen Bradley, es adaptable en su presentación y en sus funciones a las necesidades del usuario elección de un teclado, teclas de función, pilotos luminosos, posibilidad de versión estanca y de órgano de salida vocal la consola sirve entonces como pantalla de control o, por lo menos, puede ser utilizada integrada en éste

4.4 Modo intervención: control del automatismo

Aquí la consola desempeña un papel activo no solo ante el PLC o redes de PLC, sino también con respecto al sistema en funcionamiento. De este modo, por útil que sea, no está exento de riesgos, no deberá ser accesible más que a un personal calificado y entrenado

Por esto solo se justifica en las fases cruciales, cambio de fabricación, problemas de seguridad, riesgo de avería y cuando la utilización de una consola de explotación no se justifica económicamente o no se dispone de herramientas apropiadas

Esta facultad necesita funcionalidades particulares de los sistemas de explotación de la consola y del PLC, por lo que es necesario reconocer las intervenciones privilegiadas de este último.

La consola de programación debe poder en este modo.

Capítulo 4 El entorno de los PLC's

— seguir el desarrollo detallado de la explotación dando acceso no sólo a las variables de explotación, sino también a las variables específicas del programa, a los registros de estado del PLC, a las señales que provienen de otro PLC o están "Corrección" son en efecto difíciles de localizar y seguir sin una información total.

Por otra parte, muy a menudo el técnico está obligado a poner o utilizar aparatos de medida para afinar su investigación o accionar manualmente al sistema después de descubierta una anomalía o parada en condición anormal (valor anormal tomado por una variable o un resultado de cálculo) desarrollando la secuencia crítica paso a paso.

Cada vez más es necesaria la intervención en el propio proceso para diagnosticar su estado. Aquí se trata de anticipar siempre que sea posible la situación de avería o, si ésta se produce, acelerar el proceso de identificación del fallo, y acortar el tiempo de intervención y el de detención de la fabricación. Se utilizan, además de las consolas, los programas de test (autotest, autodiagnóstico) implantados por el constructor en el PLC y, en lo que concierne al proceso, códigos específicos concebidos por el usuario.

4.5. Los diversos tipos de consolas

a) Clasificación

Las consolas son autónomas o no. En estas dos grandes categorías han sido elaborados diferentes modelos.

Capítulo 4 El entorno de los PLC's

- *Consola integrada:* se diseñan así las consolas de programación realizadas en el propio PLC y cuyo teclado y su dispositivo de rotulación se presentan en la parte anterior como un teclado elemental y una pantalla. Esta solución es adaptada a los autómatas de gamas bajas destinados a problemas simples. La reducción de los costes es resultado del uso en común de los circuitos lógicos, de la memoria y de la estructura mecánica. La miniaturización de estos PLC facilita el transporte y acrecienta el interés de este sistema.

- *Consola integrada desmontable:* es la misma solución precedente con la posibilidad de desconectar la consola, que es una caja de pequeñas dimensiones, de modo que está bien protegido el acceso al PLC en funcionamiento. La serie 6 de General Electric MORS ha adoptado esta solución. Una variante es la consola Siemens PG 605 U destinada a la serie U y en particular a la S5 101 U. Aquí la consola se conecta al autómata por un cordón plano. Dispone de una memoria de 1 K pero utiliza el procesador del PLC. La semiautonomía así obtenida puede ser muy útil para la evolución de un programa operacional sin perturbar éste.

- *Consola conectable:* estas consolas inteligentes o autónomas se deben o pueden conectar al PLC en todos o en ciertos modos (transferencias, puesta a punto, simulación, por ejemplo). La mayoría necesita conexión por cable plano con conector. Algunas se pueden conectar con dos hilos, como las de la firma Allen Bradley. La opción de telecomunicación por conexión telefónica (modem acústico o electrónico) la ofrecen casi todos los constructores de gama alta o disponen de una estructura de comunicación entre autómatas. Este es el caso de la firma Merlin-Gérin* (TED 3001 y 3004) así como la Allen Bradley (red Datahighway) o Modicon (red Modbus).

Capítulo 4 **El entorno de los PLC's**

— Consola únicamente autónoma: el caso es raro debido a la multiplicidad de las funciones de la consola. Sin embargo, se encuentra en la firma SIEMENS. El PG 690 es una estación con puesto de trabajo autónomo, análogo a un miniordenador de gestión. La vinculación con el PLC se hace memorizando los códigos sobre disquete y utilizando una consola PG 670. Esta es una solución ciertamente potente (utilizando multilenguajes, discos duros), pero pesada, que se justifica probablemente mejor en un contexto de varios puestos o estaciones constituyendo un verdadero taller de ingeniería de software.

b) Las consolas simples

Las consolas simples tienen por objeto asegurar las funciones esenciales del puesto de trabajo del programador: la declaración y captación de las variables y de los programas, la visualización, las correcciones elementales y la transferencia hacia o desde la memoria central del PLC directamente en modo conectado e indirectamente por escritura o lectura de un componente de memoria de semiconductor.

El resultado obtenido de las "maletas de programación" del decenio de los setenta son consolas ligeras, poco voluminosas y muy móviles. Se han beneficiado ampliamente de los progresos tecnológicos en electrónica y también, sobre todo, en lo que se refiere a los teclados y las pantallas. Actualmente se utilizan las computadoras portátiles o "Laptops" las cuales funcionan con baterías y permiten trabajar en el lugar donde encuentra el PLC abriendo un compartimento donde se ubica el puerto de comunicaciones del mismo; y conectándolo mediante

Capítulo 4

El entorno de los PLC's

un cable por puerto serial o paralelo o un puerto inalámbrico (infrarrojo o de radio frecuencia)

Los teclados presentan diversas fisonomías, desde el botón industrial robusto, pasando por la tecla (versión industrial) de la calculadora de bolsillo, hasta la tecla táctil o pantallas touch screen que facilitan la operación del PLC.

Las pantallas están aquí reducidas para limitar el volumen que ocupan y el peso. Permiten la visualización de una línea de programa en código nemotécnico o de algunas líneas de los diagramas de escalera o de GRAFCET. En el primer caso, es suficiente una visualización con diodos electroluminiscentes. En el segundo, resulta indispensable la tecnología de cristal líquido que ha hecho posible esta evolución.

Además, algunos indicadores luminosos complementarios o una línea de servicio de la pantalla con cristal líquido sirven para visualizar las informaciones de servicio modo y estado de la consola, naturaleza de la variable indicada (dirección, E/S, variable interna), directiva ejecutada.

La utilización de tal consola es muy simple, puesto que son introducidas las instrucciones secuencialmente, indicando el número de la instrucción (contador ordinal), el tipo de la instrucción (código operatorio), el tipo del operando (entrada-salida-memoria interna-contador-temporización) y su número.

Siempre es posible la corrección en curso de introducción de una instrucción, antes de su validación. Sin embargo, las consolas disponen cada vez más de una dirección y de directivas de inserción y de supresión de un código o conjunto de ellos. Por tanto, la corrección resulta facilitada a condición de que no se haga directamente la escritura sobre REPRON o memoria equivalente

Capítulo 4

El entorno de los PLC's

En efecto, en este caso la corrección sólo se puede efectuar por uno de los medios siguientes:

- Borrado de todo el módulo con pérdida del código introducido (en las de borrado por rayo Ultra Violeta puede ser necesario un tiempo de 10 a 20 min.) y repetición desde el principio;
- Invalidación del código erróneo por un salto de retorno dos direcciones después de ésta y de la correspondiente a la palabra implicada.

c) Las consolas evolucionadas

Con algunas diferencias según los constructores, estas consolas tienen el objetivo común de asegurar la mayor parte de las funciones normalmente desarrolladas en un puesto de trabajo evolucionado. Además de las tareas ya tenidas en cuenta en las consolas simples, ofrecen los complementos necesarios para una programación compleja o evolutiva, con una puesta a punto completada con la simulación y en unión o no con el autómatas, los medios de diálogo y la intervención en el PLC y en el proceso.

A veces está completado con teclas virtuales (SIEMENS PG 675) cuyas funciones dependen del modo en el cual se encuentra la consola de programación. Dispone corrientemente de un teclado AZERTY o QWERTY.

La pantalla presenta una capacidad de visualización o rotulación que a menudo es de 80 columnas y 24 líneas que es el formato estándar de la consola informática. La legibilidad de los programas mnemotécnicos, de relé o GRAFCET resulta considerablemente acrecentada y la gestión de la pantalla se efectúa por

Capítulo 4 El entorno de los PLC's

desenvolvimiento en vez de por páginas, para facilitar el seguimiento continuo de las instrucciones o de los esquemas. El perfeccionamiento del código activo es una valiosa ayuda para el programador en fase de prueba o de control manual para la consola de la aplicación.

En 1984 y 1985 el progreso de la tecnología informática ha permitido simplificar el manejo de las consolas: el lápiz luminoso o la pantalla táctil.

KLÜCKNER-MOELLER ha optado por el lápiz luminoso para su consola PRG 311. Un menú permite elegir la función deseada por punteo. Para elaborar un programa, el operador indica sucesivamente, punteando con el lápiz, el símbolo que le interesa —relé abierto, relé cerrado, etc.— y después el lugar donde quiere insertar su esquema. Este procedimiento se parece mucho al diseño asistido por ordenador (CAD). En el programa así creado, el operador llama el menú y señala o apunta el mando de transferencia del programa de módulo EPROM o su impresión.

Por su parte MODICON ha elegido la pantalla táctil por su MODVUE que se puede clasificar, con todo rigor, como categoría de consolas de explotación. Entre las funciones ofrecidas en la pantalla, la de retención es la designada por el dedo del programador posado sobre la pantalla. El efecto capacitivo así creado, identifica la función deseada. El diálogo hombre-máquina adquiere así un aspecto más natural en la medida en que el operador "muestra" la función deseada. Se exige así simultáneamente de una extensa utilización del teclado, sin que esto suponga pérdida alguna de las posibilidades ofrecidas por éste.

Capítulo 4 **El entorno de los PLC's**

Aún es demasiado pronto para apreciar plenamente el impacto de estas nuevas tecnologías. Sin embargo, se puede prever que son la vanguardia de una nueva generación de consolas para las cuales la existencia de funciones más completas y evolucionadas no impedirá la simplicidad del manejo.

*Otra solución tecnológica es la creación de una rejilla de células delante de la pantalla que el dedo corta en (x, y), lo que permite reconocer la función demandada.

d) Los microordenadores

La expansión de la microinformática afecta a todos los sectores de la vida económica. Paradójicamente también afecta al mundo industrial del PLC.

Destinado al gran público (profesional o no), el microordenador es un ejemplo de simplicidad y de aplicación de los medios informáticos. Está destinado a su uso conjunto con el PLC y su consola de programación; pero presenta, por su propia construcción, la limitación de no poder resistir las condiciones del ambiente industrial.

Los constructores interesados han podido optar entre dos soluciones:

- La de la consola autónoma, cuya principal utilización es la oficina-estudio que es menos exigente que la propia ubicación industrial. En esta gestión, es suficiente dotar al microordenador de los medios de comunicación con el PLC y adaptar un lenguaje de autómatas para satisfacer esta necesidad. La comunicación puede hacerse en línea de máquina a máquina o por intermedio de una memoria muerta EPROM.

Capítulo 4

El entorno de los PLC's

- La precedente, pero endureciendo el micro para que pueda soportar el ambiente del proceso y del taller.

La precedente exposición detallada de la consola de programación no debe hacer olvidar que esta herramienta, desde luego fundamental, no es más que uno de los componentes de la configuración de un PLC.

5.1 INTRODUCCIÓN A LOS TRANSDUCTORES

La cadena de realimentación resulta imprescindible en muchos automatismos industriales para poder realizar un control en lazo cerrado, con las conocidas ventajas en cuanto a cancelación de errores y posibilidades de regulación precisa y rápida. A su vez, dicha cadena de realimentación requiere unos elementos de captación de las magnitudes de planta, a los que llamamos genéricamente sensores o transductores y unos circuitos adaptadores llamados circuitos de interfaz.

Por otro lado, es evidente la necesidad de unos accionamientos o elementos que actúan sobre la parte de potencia de la planta. La potencia necesaria para actuar sobre los accionamientos puede ser considerable y, a veces, no puede ser suministrada directamente por el sistema de control. En tales casos, se requieren unos elementos intermedios encargados de interpretar las señales de control y actuar sobre la parte de potencia propiamente dicha. Dichos elementos se denominan habitualmente preaccionamientos o acoplamientos entre la etapa de control y la etapa de potencia y cumplen una función de amplificadores, ya sea para señales analógicas o para señales digitales.

Nos enfocamos básicamente de aquellos sensores cuya salida es una señal eléctrica o electromagnética y de los preaccionamientos gobernados por señales eléctricas

Capítulo 5 **Transductores**

También es habitual que los sensores requieran una adaptación de la señal eléctrica que suministran para que sean conectables a un determinado sistema de control. Esta función la realizan los bloques de interfaz, que pueden ser totalmente independientes del sensor o estar parcialmente incluidos en él. En cualquier caso, en la descripción que vamos a dar aquí, pretendemos aclarar esencialmente el principio de funcionamiento del captador propiamente dicho e incluiremos únicamente la parte de interfaz que incorporen habitualmente los sensores disponibles comercialmente.

5.2 CLASIFICACIÓN DE SENSORES

Los términos «sensor» y «transductor» se suelen aceptar como sinónimos, aunque, si hubiera que hacer alguna distinción, el término transductor es quizás más amplio, incluyendo una parte sensible o «captador» propiamente dicho y algún tipo de circuito de acondicionamiento de la señal detectada. Si nos centramos en el estudio de los transductores cuya salida es una señal eléctrica, podemos dar la siguiente definición

«Un transductor es un dispositivo capaz de convertir el valor de una magnitud física en una señal eléctrica codificada, ya sea en forma analógica o digital».

No todos los transductores tienen por qué dar una salida en forma de señal eléctrica. Como ejemplo puede valer el caso de un termómetro basado en la diferencia de dilatación de una lámina bimetálica, donde la temperatura se convierte directamente en un desplazamiento de una aguja indicadora.

Capítulo 5

Transductores

Sin embargo, el término transductor suele asociarse bastante a dispositivos cuya salida es alguna magnitud eléctrica o magnética y, por otro lado, nos interesan aquí sólo este tipo de transductores, en la medida que son elementos conectables a autómatas programables a través de las interfaces adecuadas.

Limitándonos, pues, a los transductores basados en fenómenos eléctricos o magnéticos, éstos suelen tener una estructura general en la cual podemos distinguir las siguientes partes:

- Elemento sensor o captador. Convierte las variaciones de una magnitud física en variaciones de una magnitud eléctrica o magnética, que denominaremos habitualmente señal.
- Bloque de tratamiento de señal. Si existe, suele filtrar, amplificar, linealizar y, en general, modificar la señal obtenida en el captador, por regla general utilizando circuitos electrónicos.
- Etapa de salida. Esta etapa comprende los amplificadores, interruptores, convertidores de código, transmisores y, en general, todas aquellas partes que adaptan la señal a las necesidades de la carga exterior.

CLASIFICACIONES SEGÚN EL TIPO DE SEÑAL DE SALIDA.

Atendiendo a la forma de codificar la magnitud medida podemos establecer una clasificación en:

- Analógicos. Aquellos que dan como salida un valor de tensión o corriente variable en forma continua dentro del campo de medida. Es frecuente para

Capítulo 5

Transductores

este tipo de transductores que incluyan una etapa de salida para suministrar señales normalizadas de 0-10 V o 4-20 mA.

- —Digitales. Son aquellos que dan como salida una señal codificada en forma de pulsos o en forma de una palabra digital codificada en binario, BCD u otro sistema cualquiera.
- Todo o nada. Indican únicamente cuándo la variable detectada rebasa un cierto umbral o límite. Pueden considerarse como un caso límite de los sensores digitales en el que se codifican sólo dos estados.

Otro criterio de clasificación, relacionado con la señal de salida, es el hecho de que el captador propiamente dicho requiera o no una alimentación externa para su funcionamiento. En el primer caso se denominan sensores pasivos y en el segundo caso activos o directos.

Los sensores pasivos se basan, por lo general, en la modificación de la impedancia eléctrica o magnética de un material bajo determinadas condiciones físicas o químicas (resistencia, capacidad, inductancia, reluctancia, etc.). Este tipo de sensores, debidamente alimentados, provoca cambios de tensión o de corriente en un circuito, los cuales son recogidos por el circuito de interfaz.

Los sensores activos son, en realidad, generadores eléctricos, generalmente de pequeña señal. Por ello no necesitan alimentación exterior para funcionar, aunque sí suelen necesitarla para amplificar la débil señal del captador.

Transductores de diversas magnitudes físicas.

MAGNITUD	TRANSDUCTOR CARACTERÍSTICA
Pequeños desplazamientos o deformaciones	Galga Analógico extensométrica
Fuerza y par	Medición indirecta Analógicos (galgas o platos diferenciales)
Presión	Membrana + detector Analógico de desplazamiento
Caudal	Piezoeléctricos Analógicos De turbina Analógico Magnético Analógico
Sensores de presencia o proximidad	Inductivos Todo o nada o analógicos Capacitivos Todo o nada Ópticos Todo o nada o analógicos Ultrasónicos Analógicos
Sensores táctiles	Matriz de contactos Todo o nada- Matriz capacitiva Todo o nada piezoeléctrica u óptica Piel artificial Analógico

CLASIFICACION SEGÚN LA MAGNITUD FÍSICA A DETECTAR.

En cuanto a la naturaleza de la magnitud física a detectar, existe una gran variedad de sensores en la industria. En la tabla se da un resumen de los más frecuentes utilizados en los automatismos industriales. En la columna encabezada como «TRANSDUCTOR» aparece a veces el nombre del elemento captador de dicho transductor, sobre todo en casos de medición indirecta. Así, por ejemplo,

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Capítulo 5 **Transductores**

para fuerza y par se utilizan captadores de deformación unidos a piezas mecánicas elásticas.

En general, los principios físicos en los que suelen estar basados los elementos sensores son los siguientes:

- Cambios de resistividad,
- Electromagnetismo (inducción electromagnética),
- Piezoelectricidad,
- Efecto fotovoltaico,
- Termoelectricidad.

5.3 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS SENSORES

El comportamiento de un sistema en lazo cerrado depende muy directamente de los transductores e interfaces empleados en el lazo de realimentación, la relación salida/entrada en régimen permanente depende casi exclusivamente del bucle de realimentación. Dejando a un lado las características constructivas particulares de cada transductor o de cada sistema de medida previsto como lazo de realimentación, es importante conocer diversos aspectos genéricos de su comportamiento a fin de prever o corregir la actuación tanto estática como dinámica del lazo de control.

• Un transductor ideal sería aquel en que la relación entre la magnitud de salida y la variable de entrada fuese puramente proporcional y de respuesta instantánea e idéntica para todos los elementos de un mismo tipo. Sin embargo, la respuesta

Capítulo 5

Transductores

real de los transductores nunca es del todo lineal, tiene un campo limitado de validez, suele estar afectada por perturbaciones del entorno exterior y tiene un cierto retardo a la respuesta. Todo ello hace que la relación salida/entrada deba expresarse por una curva, o mejor por una familia de curvas, para transductores de un mismo tipo y modelo.

Para definir el comportamiento real de los transductores se suelen comparar éstos con un modelo ideal de comportamiento o con un transductor «patrón» y se definen una serie de características que ponen de manifiesto las desviaciones respecto a dicho modelo. Dichas características pueden agruparse en dos grandes bloques:

- Características estáticas: que describen la actuación del sensor en régimen permanente o con cambios muy lentos de la variable a medir.
- Características dinámicas: que describen la actuación del sensor en régimen transitorio, a base de dar su respuesta temporal ante determinados estímulos estándar o a base de identificar el comportamiento del transductor con sistemas estándar, e indicar las constantes de tiempo relevantes.

A continuación se dan las definiciones de las características estáticas y dinámicas más relevantes que suelen aparecer en la mayoría de especificaciones técnicas de los transductores. Debe tenerse en cuenta que todas las características suelen variar con las condiciones ambientales. Por ello uno de los parámetros esenciales a comprobar al elegir un transductor es el campo de validez de los parámetros que se indican como nominales del mismo y las máximas desviaciones provocadas por dichas condiciones ambientales.

Características estáticas

CAMPO DE MEDIDA

El campo de medida, es el rango de valores de la magnitud de entrada comprendido entre el máximo y el mínimo detectables por un sensor, con una tolerancia de error aceptable.

RESOLUCIÓN.

Indica la capacidad del sensor para discernir entre valores muy próximos de la variable de entrada. Se mide por la mínima diferencia entre dos valores próximos que el sensor es capaz de distinguir. Se puede indicar en términos de valor absoluto de la variable física medida o en porcentaje respecto al fondo de escala de la salida.

PRECISIÓN.

La precisión define la máxima desviación entre la salida real obtenida de un sensor en determinadas condiciones de entorno y el valor teórico de dicha salida que correspondería, en idénticas condiciones, según el modelo ideal especificado como patrón. Se suele indicar en valor absoluto de la variable de entrada o en porcentaje sobre el fondo de escala de la salida

REPETIBILIDAD.

Característica que indica la máxima desviación entre valores de salida obtenidos al medir varias veces un mismo valor de entrada, con el mismo sensor y en idénticas condiciones ambientales. Se suele expresar en porcentaje referido al fondo de escala y da una indicación del error aleatorio del sensor. Algunas veces

Capítulo 5 Transductores

se suministran datos de repetibilidad variando ciertas condiciones ambientales, lo cual permite obtener las variaciones ante dichos cambios.

LINEALIDAD.

Se dice que un transductor es lineal, si existe una constante de proporcionalidad única que relaciona los incrementos de señal de salida con los correspondientes incrementos de señal de entrada, en todo el campo de medida.

La no linealidad se mide por la máxima desviación entre la respuesta real y la característica puramente lineal, referida al fondo de escala.

SENSIBILIDAD.

Característica que indica la mayor o menor variación de la salida por unidad de la magnitud de entrada. Un sensor es tanto más sensible cuanto mayor sea la variación de la salida producida por una determinada variación de entrada. La sensibilidad se mide, pues, por la relación:

$$SENSIBILIDAD = \frac{\Delta \text{Magnitud de Salida}}{\Delta \text{Magnitud de entrada}}$$

Obsérvese que para transductores lineales esta relación es constante en todo el campo de medida, mientras que en un transductor de respuesta no lineal depende del punto en que se mida.

RUIDO.

Capítulo 5 Transductores

Se entiende por ruido cualquier perturbación aleatoria del propio transductor o del sistema de medida, que produce una desviación de la salida con respecto al valor teórico.

HISTÉRESIS.

Se dice que un transductor presenta histéresis cuando, a igualdad de la magnitud de entrada, la salida depende de si dicha entrada se alcanzó con aumentos en sentido creciente o en sentido decreciente. Se suele medir en términos de valor absoluto de la variable física o en porcentaje sobre el fondo de escala. Obsérvese que la histéresis puede no ser constante en todo el campo de medida.

En el caso de sensores todo o nada se denomina histéresis a la diferencia entre el valor de entrada que provoca el basculamiento de 0 a 1 y aquel que provoca el basculamiento inverso de 1 a 0.

Características dinámicas

La mayor parte de transductores tienen un comportamiento dinámico que se puede asimilar a un sistema de primer o segundo orden, es decir, con una o, como máximo, dos constantes de tiempo dominantes. Los principales parámetros que caracterizan el comportamiento dinámico de un transductor serán, pues, los que se definieron para estos tipos de sistemas. Sólo cabe destacar que los transductores que responden a modelos de segundo orden suelen ser sistemas sobreamortiguados es decir, sistemas en los que no hay rebasamiento en la respuesta al escalon. A continuación damos un resumen de las características dinámicas más importantes:

VELOCIDAD DE RESPUESTA.

La velocidad de respuesta mide la capacidad de un transductor para que la señal de salida siga sin retraso las variaciones de la señal de entrada, la forma de cuantificar este parámetro es a base de una o más constantes de tiempo, que suelen obtenerse de la respuesta al escalón. Los parámetros más relevantes empleados en la definición de la velocidad de respuesta son los siguientes:

Tiempo de retardo.

Es el tiempo transcurrido desde la aplicación del escalón de entrada hasta que la salida alcanza el 10% de su valor permanente.

Tiempo de subida.

Es el tiempo transcurrido desde que la salida alcanza el 10% de su valor permanente hasta que llega por primera vez al 90% de dicho valor.

Tiempo de establecimiento al 99%.

Es el tiempo transcurrido desde la aplicación de un escalón de entrada hasta que la respuesta alcanza el régimen permanente, con una tolerancia de $\pm 1\%$.

Constante de tiempo

Para un transductor con respuesta de primer orden (una sola constante de tiempo dominante) se puede determinar la constante de tiempo a base de medir el tiempo empleado para que la salida alcance el 63% de su valor de régimen permanente, cuando a la entrada se le aplica un cambio en escalón.

RESPUESTA FRECUENCIAL.

Capítulo 5 Transductores

Relación entre la sensibilidad y la frecuencia cuando la entrada es una excitación senoidal. Se suele indicar gráficamente mediante un gráfico de Bode, la respuesta frecuencial está muy directamente relacionada con la velocidad de respuesta.

ESTABILIDAD Y VARIACIONES.

Características que indican la desviación de salida del sensor al variar ciertos parámetros exteriores distintos del lo que se pretende medir, tales como condiciones ambientales.

5.4 TRANSDUCTORES DE POSICIÓN

Los transductores de posición permiten medir la distancia de un objeto respecto a un punto o eje de referencia o simplemente detectar la presencia de un objeto a una cierta distancia. Precisamente, su capacidad de medida o sólo indicación de presencia y la capacidad de medir distancias más o menos grandes permite establecer una división en los grupos que se citan a continuación:

- Detectores de presencia o proximidad. Se trata de sensores de posición todo o nada que entregan una señal binaria que informa de la existencia o no de un objeto ante el detector. El más elemental de estos sensores es quizás el conocido interruptor final de carrera por contacto mecánico.
- Medidores de distancia o posición. Entregan una señal analógica o digital que permite determinar la posición lineal o angular respecto a un punto o eje de referencia.
- Transductores de pequeñas deformaciones. Se trata de sensores de posición especialmente diseñados para detectar pequeñas deformaciones o

movimientos. Muchas veces se emplean adosados a piezas elásticas o con palpadores como transductores indirectos de fuerza o de par.

5.5 DETECTORES DE PROXIMIDAD

Conceptos generales

Los detectores de proximidad pueden estar basados en distintos tipos de captadores, siendo los más frecuentes los siguientes:

- Detectores inductivos.
- Detectores capacitivos.
- Detectores ópticos.
- Detectores ultrasónicos

Por lo general, se trata de sensores con respuesta todo o nada, con una cierta histéresis en la distancia a priori lección y con salida a base de interruptor estático (transistor, tiristor o triac), pudiendo actuar como interruptores de CC o de CA. Pero, algunos de ellos pueden llegar a dar una salida analógica proporcional a la distancia.

Atendiendo al tipo de alimentación (CC o CA), al tipo de salida y a la forma de conexión podemos clasificar los detectores de proximidad en diferentes grupos

CLASIFICACIÓN SEGÚN EL TIPO DE SALIDA.

- Detectores todo o nada de CA. Se trata de detectores cuya salida es un interruptor estático de CA a base de tiristores o triacs. Por lo general, no

Capítulo 5

Transductores

pueden utilizarse más que para CA, ya que para CC una vez cebados no se desactivan.

- Detectores todo o nada de CC. Se trata de detectores cuya salida suele ser un transistor PNP o NPN. Precisamente el tipo de transistor determina la forma de conexión de la carga.
- Detectores Namur. Detectores de tipo inductivo, previstos para funcionamiento en atmósferas explosivas, según recomendaciones NAMUR (DIN 19.234). Son detectores de dos hilos que absorben una intensidad alta o baja dependiendo de la presencia o no del objeto detectado. La actuación puede considerarse todo o nada con una histéresis, igual que los tipos mencionados anteriormente. En general, se usan como captador en atmósferas explosivas y la señal que generan se conecta a un amplificador externo con relé de salida.
- Detectores con salida analógica. Los detectores con salida analógica dan una corriente proporcional a la distancia entre el cabezal detector y el objeto a detectar. La conexión suele ser a dos hilos y permite detectar un rango de distancias limitado. Los de tipo inductivo y capacitivo tienen una linealidad y una resolución bastante pobres, que hace que no puedan emplearse como verdaderos medidores de distancia. Únicamente los de tipo óptico y ultrasónico pueden detectar distancias considerables con una resolución aceptable.

CLASIFICACIÓN SEGÚN EL TIPO DE CONEXIÓN

- Conexión a dos hilos. El sensor se conecta en serie con la carga, como si se tratara de un interruptor electromecánico. Esta conexión es habitual para los detectores de CA. Los sensores NAMUR siguen también una conexión de dos

Capítulo 5 Transductores

hilos, aunque como se ha dicho no son propiamente interruptores, sino que precisan de un circuito auxiliar externo.

- Conexión a tres hilos. Ésta es la más frecuente para los detectores de CC con salida por transistor. Se tiene un hilo común para alimentación y carga y los otros dos son diferenciados uno para la alimentación y otro para la carga. El hilo común debe conectarse al terminal negativo de la alimentación para transistores PNP y al terminal positivo para los de tipo NPN.
- Conexión a cuatro o cinco hilos. Se suelen emplear para detectores de C.C. Emplean dos hilos para la alimentación, y otros dos (o tres, en montaje conmutado) corresponden al contacto de salida para control de la carga.

CARACTERÍSTICAS DE SALIDA.

Como se ha dicho, los detectores de proximidad suelen tener salida estática a base de tiristores o transistores. Este tipo de conmutadores presentan siempre una caída de tensión residual en el estado cerrado y una corriente de fugas en el estado abierto. Esto implica que no pueden trabajar por debajo de una cierta tensión de alimentación y que requieren una mínima corriente de carga para asegurar una buena conmutación.

Desde el punto de vista de su aptitud para ser usados como elementos de mando en los autómatas, una excesiva corriente de fugas puede ocasionar problemas de interpretación de nivel alto de entrada cuando en realidad el interruptor está desactivado. Por ello, los detectores con excesiva corriente de fugas no son aptos para accionar las entradas de los autómatas.

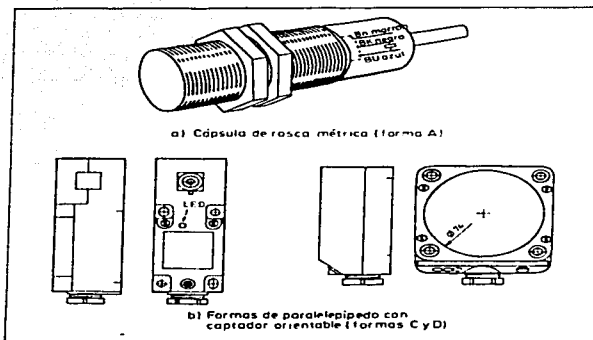
Detectores inductivos

Este tipo de detectores sirven para detectar la proximidad de piezas metálicas en un rango de distancias que va desde 1 mm a unos 30 mm, con una posible resolución del orden de décimas de milímetro. La ejecución mecánica y eléctrica está normalizada a nivel europeo por CENELEC (normas EN 50.032, EN 50.036, EN 50.037, EN 50.038)

Mecánicamente las mencionadas normas definen varios tipos:

- Forma A cilíndrica roscada con diámetros normalizados de M8, M12, M18 y M30. Existen, además, otros tipos sin rosca con tamaños de diámetro de 4 y 5 mm. A su vez, todos ellos pueden ser de tipo enrasable o no enrasable, dependiendo de si se puede o no enrasar el cabezal detector en metal.
- Forma C de paralelepípedo con cabezal orientable. Generalmente son utilizados para distancias grandes.

A nivel de bloques están formados por un circuito oscilador L-C con alta frecuencia de resonancia. La bobina está construida sobre un núcleo de ferrita abierto en forma de «pot-core», de forma que el flujo se cierra en la parte frontal a través de la zona sensible. La presencia de metal dentro de dicha zona sensible altera la reluctancia del circuito magnético, atenúa el circuito oscilante y hace variar la amplitud de oscilación. La detección de dicha amplitud permite obtener una señal de salida todo o nada.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Fig. 5.1 Tipos de sensores inductivos o de proximidad.

La distancia de detección está definida según norma para una placa cuadrada de acero ST57 de 1 mm de espesor y de dimensiones acordes al diámetro del cabezal sensible. Para otros tipos de metal y otras dimensiones la distancia nominal de detección debe corregirse con un factor de valor entre 0,4 a 0,6 y 1.

La variación de amplitud de la oscilación, provocada por la presencia de metal frente al cabezal detector, puede utilizarse para obtener una señal analógica de posición. El detector de proximidad da entonces una señal que es proporcional a la distancia. Sin embargo, la medida es muy imprecisa, depende mucho del tipo de metal y de las condiciones ambientales.

El campo de aplicación más importante de los detectores inductivos es como interruptores final de carrera con algunas ventajas con respecto a los

Capítulo 5 Transductores

electromecánicos, tales como: ausencia de contacto con el objeto a detectar, robustez mecánica, resistencia a ambientes agresivos y altas temperaturas y bajo precio.

Detectores capacitivos

El principio de funcionamiento y las características son análogas a las descritas para los detectores inductivos, pero en este caso el elemento sensible es el condensador del circuito oscilante, formado por dos aros metálicos concéntricos situados en la cara sensible, y cuyo dieléctrico es el material de la zona sensible.

Este tipo de sensores permiten detectar materiales metálicos o no, pero su sensibilidad se ve muy afectada por el tipo de material y por el grado de humedad ambiental y del cuerpo a detectar. Por ello se utilizan exclusivamente como detectores todo o nada, con una repetibilidad bastante dependiente de las condiciones ambientales.

Para paliar el problema de dependencia de la sensibilidad con el tipo de material, se suelen construir con un ajuste de sensibilidad que permite utilizarlos para la detección de algunos materiales entre otros por ejemplo, aluminio, cobre o latón. Las aplicaciones típicas son, sin embargo, la detección de materiales no metálicos como vidrio, cerámica, plástico, madera, aceite, agua, cartón, papel, etc.

En cuanto a las formas de ejecución mecánica, tipos de alimentación y formas de conexión son idénticas a las de los detectores inductivos.

Detectores ópticos

Los detectores ópticos emplean fotocélulas como elementos de detección. Algunos tipos disponen de un cabezal que incorpora un emisor de luz y la fotocélula de detección, actuando por reflexión y detección del haz de luz reflejado sobre el objeto que se pretende detectar. Otros tipos trabajan a modo de barrera y están previstos para detección a mayores distancias con fuentes luminosas independientes del cabezal detector. Ambos tipos suelen trabajar con frecuencias luminosas en la gama de los infrarrojos.

Las características particulares de los detectores de proximidad ópticos, respecto a otros detectores de proximidad son:

- Elevada inmunidad a perturbaciones electromagnéticas (EMI) externas.
- Distancias de detección grandes respecto a los inductivos o capacitivos. Se obtienen fácilmente hasta 500 m en modo barrera, y hasta 5 m por reflexión.
- Alta velocidad de respuesta y frecuencia de conmutación.
- Permiten la identificación de colores
- Capaces de detectar objetos del tamaño de décimas de milímetro.

Existen algunas variantes de detectores ópticos previstas para aplicaciones especiales. Por ejemplo, para ambientes muy iluminados pueden emplearse barreras ópticas basadas en detección de luz polarizada. El emisor emite luz polarizada contra una placa reflectora que hace girar el plano de polarización 90° y la devuelve hacia el detector, previsto para recibirla en el plano vertical.

Capítulo 5

Transductores

Cualquier objeto, incluso reflectante, que se interponga entre el emisor y el reflector será detectado, puesto que no girará el plano de polarización del haz luminoso.

Otra variante de detectores ópticos son los de fibra óptica, que tienen los puntos de emisión/recepción de luz separados de la unidad generadora, y unidos a ella mediante la fibra. de esta forma, la detección puede llevarse a puntos inaccesibles para las fotocélulas de barrera o reflexión, aprovechando la flexibilidad de la fibra. Estos detectores, disponibles en versiones de reflexión y de barrera, tienen distancias de detección desde 3 mm a 10 metros, pudiendo detectar objetos muy pequeños, como marcas de 1 mm sobre piezas que se mueven a gran velocidad (30 m/s), u objetos estáticos de hasta unas 20 micras de diámetro.

Existen también variantes de detectores ópticos con salida analógica, aunque suelen tener problemas de falta de repetibilidad frente a cambios de iluminación ambiental, ambientes polvorientos y otras condiciones del entorno.

Criterios de selección

Vistos los principios de medida, el alcance, la resolución y otras características de los diferentes tipos de detectores de proximidad, pueden establecerse los criterios indicados en la tabla como guía para la elección de uno u otro tipo de detector.

5.6 MEDIDORES DE PEQUEÑOS DESPLAZAMIENTOS Y DEFORMACIONES

(principio de operación de las celdas de carga)

Este tipo de sensores se utiliza para la detección de pequeños desplazamientos, deformaciones, rugosidad y planitud de superficies, etc. Se emplean también unidos solidariamente a sólidos deformables, como transductores indirectos de esfuerzos (fuerza o par).

Transformadores diferenciales

El transformador diferencial dispone de un primario y dos secundarios idénticos acoplados magnéticamente al primero mediante un núcleo móvil. Dicho núcleo se hace solidario a un palpador o vástago, cuyo desplazamiento se va a medir, de tal forma que, en posición de reposo, el núcleo está colocado simétricamente respecto a ambos secundarios y, al desplazarse, queda descentrado. Mecánicamente el desplazamiento del núcleo puede ser lineal o rotativo.

Tanto en los transformadores de desplazamiento lineal como angular, los dos secundarios se suelen conectar en oposición, de tal forma que, en la posición cero, las tensiones inducidas en cada uno de ellos son iguales y, por tanto, la tensión total obtenida es nula. Si el núcleo se desplaza, las tensiones de los secundarios dejan de ser iguales y la tensión F resultante varía en módulo y signo según la magnitud y sentido del desplazamiento. Con este tipo de transductores se pueden alcanzar resoluciones de algunas décimas de milímetro.

Capítulo 5

Transductores

Para desplazamientos de unos milímetros o ángulos de giro de hasta unos 45° , la relación de amplitudes secundario/primario varía casi linealmente con el desplazamiento alcanzándose linealidades entre 0,5% y 1% sin histéresis apreciable.

Una variante del sistema de transformador diferencial la constituye el transformador de reluctancia variable, basado en la variación del entrehierro de un núcleo. Este tipo de sensores suele utilizarse en la construcción de celdas de carga para grúas y otros sistemas de pesaje de baja resolución.

Galgas extensométricas

Las galgas extensométricas son sensores de deformaciones basados en la variación de resistencia de un hilo conductor calibrado o, más recientemente, resistencias construidas a base de pistas de semiconductor.

Se utilizan generalmente combinadas con muelles o piezas deformables, para detectar de forma indirecta esfuerzos de tracción, compresión, torsión, etc. En definitiva, más que como sensores de desplazamiento se usan como transductores indirectos de fuerza o de par. También se aplican como transductores indirectos en otros tipos de sensores como acelerómetros, detectores de presión, celdas de carga, etc.

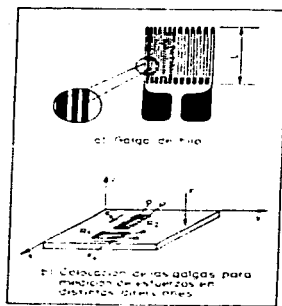
Se describen a continuación los dos tipos básicos de galgas extensométricas: las de hilo y las de semiconductor.

GALGAS DE HILO.

En este tipo de galgas la resistencia está formada por un hilo dispuesto en forma de zigzag sobre un soporte elástico, con una orientación preferente según la cual se encuentra la mayor parte de la longitud del hilo. Fig.5.2; Al deformarse la galga por tracción en la dirección preferente, se produce un alargamiento del hilo y una disminución de su sección y, por tanto, una variación de su resistencia según la ley:

$$R = \rho \frac{l}{S} = \rho \frac{l}{\pi \cdot r^2}$$

Donde ρ es la resistividad del material (Ω/cm), l es la longitud del hilo (cm) y S es la sección del hilo (cm^2).



**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Fig.5.2 Galgas extensométricas

Capítulo 5 Transductores

En las galgas de hilo la variación de resistencia se produce por dos causas simultáneamente, el aumento de longitud y la disminución de sección, manteniéndose prácticamente constante la resistividad:

$$dR = \frac{\rho \cdot S \cdot d \cdot l - \rho \cdot l \cdot dS}{S^2} = \frac{\rho \cdot S \cdot dl - \rho \cdot l \cdot 2\pi \cdot r \cdot dr}{\pi^2 r^4}$$

Dado que las deformaciones longitudinales dl y transversales dr de un cuerpo elástico están ligadas por el módulo de Poisson, ν , cuya expresión es:

$$\nu = -\frac{dr/r}{dl/l}$$

la relación anterior puede escribirse:

$$dR = R(1 + 2\nu) \cdot \frac{dl}{l}$$

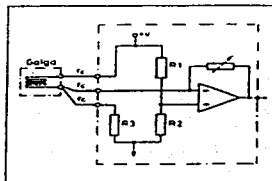
Es decir, la variación unitaria de resistencia dR/R está ligada con la variación unitaria de longitud dl/l , por un coeficiente constante $(1 + 2\nu)$, que se denomina coeficiente de sensibilidad.

A fin de poder medir variaciones dR significativas, la galga tiene una resistencia alta, entre 100Ω a 1000Ω , y funciona con un consumo muy bajo de corriente, para evitar en lo posible que el efecto Joule provoque variaciones importantes de resistencia por calentamiento.

La medición de deformaciones requiere una meticulosa colocación de las galgas y una calibración laboriosa, dado que el coeficiente de sensibilidad suele ser muy

Capítulo 5 Transductores

pequeño. La posterior amplificación de las señales suele hacerse por métodos diferenciales, con tres hilos, como el representado en la figura 5.3 Por lo general, para compensar los errores debidos a las condiciones ambientales o al propio calentamiento por efecto Joule, se disponen como resistencias patrón R_1 , R_2 , R_3 , de galgas idénticas a la utilizada para la medición, y el conjunto se conecta por el método de 3 o 4 hilos para compensar las resistencias del cableado.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Fig.5.3 puente de medida para galgas extensométricas

GALGAS DE SEMICONDUCTOR

Como hemos dicho, el coeficiente de sensibilidad de las galgas de hilo es muy pequeño y requiere el empleo de amplificadores de alta sensibilidad y muy bajas variaciones. Como solución alternativa pueden emplearse galgas de semiconductor, en las cuales la variación de resistencia se produce simultáneamente por el efecto de alargamiento y estricción de una pista de semiconductor y por efecto piezoeléctrico (variación de la resistividad por deformación del semiconductor). En dichas galgas la expresión que liga la deformación longitudinal con la variación unitaria de resistencia es la siguiente:

$$\frac{dR}{R} = (1 + 2\mu + \pi_e E) \frac{dl}{l}$$

Donde: dR/R es la variación unitaria de resistencia, μ es el módulo de Poisson, E es el módulo de Young (esfuerzo / deformación), dl/l es la variación unitaria de longitud, π_e es el coeficiente de piezoresistividad.

El coeficiente de piezoresistividad toma valores típicos entre 100 y 200 para los semiconductores más frecuentes, con lo cual la sensibilidad de dichas galgas es mucho mayor que las de hilo. No obstante, la resistividad de los semiconductores tiene una gran dependencia de la temperatura y esto obliga a compensarlas térmicamente y dificulta en cierto modo la calibración.

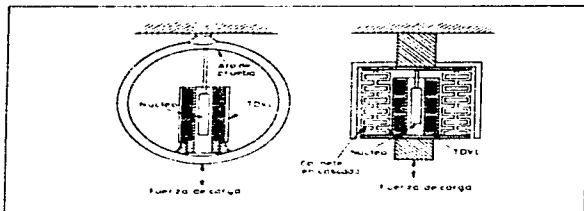


Fig.5.4 Celda de carga.

Las celdas de carga como la mostrada en la fig 5 4 se encuentran disponibles en el mercado, estos dispositivos se componen de las celdas de carga y un cerebro electrónico para la calibración de las mismas además de contar con un display digital para facilitar la lectura y control de la medición.

TIPIFIS CON
CELULA DE ORIGEN

Capítulo 6 Diseño de la automatización del sistema de envasado

6.1 Características de los productos pulverizados

Densidad a granel y porosidad

La densidad a granel es la masa de las partículas que ocupan la unidad de volumen y la porosidad es la fracción de volumen no ocupada por el producto sólido.

La siguiente fórmula nos proporciona un valor teórico de la porosidad del producto que estamos manejando.

$$\text{Porosidad total} = 1 - \frac{\text{Densidad a granel}}{\text{Densidad de producto sólido}}$$

Como los productos pulverizados se pueden comprimir, su densidad a granel se suele dar especificando las condiciones: vertido, tras vibración o comprimido.

En nuestro caso; obtuvimos una densidad de producto compactado de $605.2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$.

El valor la densidad de producto a granel sin compactar es $450 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

$$\text{Porosidad total} = 1 - \frac{450 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{605.2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}$$
$$\text{Porosidad total} = 0.2564$$

Evaluación de las propiedades de flujo de los alimentos en polvo

Uno de los métodos estándar de ensayo de las mezclas de partículas sólidas implica el cálculo del " cociente de Hausner ", definido como la relación entre su densidad a granel sin aplicar ninguna maniobra compactadora y la densidad a

Capítulo 6

Diseño de la automatización del sistema de envasado

granel tras compactar el polvo por golpeo del recipiente que lo contiene.

Representa un índice de su facilidad de flujo

$$\text{Cociented de Hausner} = \frac{\text{Densidad a granel del producto compactado}}{\text{Densidad a granel del producto sin compactar}}$$

$$\text{Cociented de Hausner} = \frac{605.2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{450 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 1.34$$

	Tipo de flujo Libre Intermedio Difícil Muy difícil
---	---

Según los datos obtenidos por nosotros, nuestro producto presenta gran similitud en cuanto a características de flujo con la mezcla para hot-cakes por lo cual en la gráfica siguiente utilizamos las características de la mezcla para hot-cakes para ubicar el tipo de flujo y el decremento en volumen de nuestro producto.

Dando como resultado un tipo de flujo difícil y un decremento de volumen del 22%.

**ANÁLISIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Capítulo 6

Diseño de la automatización del sistema de envasado

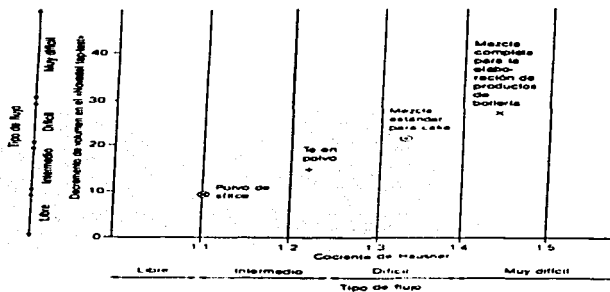


Fig.6.16 Comparación y combinación de los ensayos de las propiedades de flujo.

6.2 Materiales de construcción para uso en la industria alimenticia

Composición de algunos tipos de acero inoxidable

Composición	Tipo 304	Tipo 316
Carbono	0.08	0.10
Manganeso	2.00	2.00
Fósforo	0.04	0.04
Azufre	0.03	0.03
Silicio	1.00	1.00
Níquel	8-10	10-14
Cromo	18-20	16-18
molibdeno	0.00	2.00-3.00

FESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Capítulo 6 Diseño de la automatización del sistema de envasado

Resistencia de los aceros inoxidables a la corrosión

Cuanto mayor es su riqueza en aleación, mayor es su resistencia a la corrosión, dentro de un amplio rango de condiciones que abarca de las extremadamente oxidantes a las reductoras, pero mayor resulta también su costo. A continuación se citan, en orden de resistencia a la corrosión, algunos tipos y se dan sus resistencias tomando como unidad la del acero inoxidable T304



El tipo de aleación que nosotros proponemos para la construcción de los dispositivos es el acero inoxidable 316; debido a que se reduce la presencia de cromo en la aleación, lo cual reduce la posibilidad de que se generen carburos de cromo que pudiesen contaminar el producto

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

6.3 Tipos de dosificadores de áridos.

Existen diversos mecanismos para dosificar áridos; se pueden describir de acuerdo al tipo de mecanismo de cierre de la tolva: por movimiento oscilante, por movimiento lineal y por movimiento de giro. (Fig. 6.1). El tipo de dosificador de áridos que proponemos es de tipo esclusas de movimiento lineal. En este sistema el paso de producto a través del ducto de alimentación nunca es totalmente libre ya que las compuertas trabajan de manera alternada.

En este proyecto pretendemos automatizar el proceso de envasado de chocolate en polvo mediante dispositivos neumáticos, electroneumáticos y controlados a su

Capítulo 6 **Diseño de la automatización del sistema de envasado**

vez por un PLC. Proponemos la utilización de celdas de carga para controlar el peso exacto de producto a envasar, debido a que una de las características de ciertos productos pulverizados es la de cambiar de densidad dependiendo del grado de compactación del producto, lo cual dificulta la utilización de un dispositivo que maneje un volumen fijo de control.

La función principal de este dispositivo es proporcionar cantidades de peso predeterminadas de producto de acuerdo al envase que se este utilizando; este objetivo se consigue mediante una tolva de pesaje que opera con celdas de carga y que a su vez descarga el producto dentro del envase. La alimentación del proceso depende de una tolva superior la cual es alimentada manualmente; encontrándose el producto a granel.

Este tipo de dispositivos se conocen comúnmente como dosificadores de áridos; dependiendo del tipo de producto que se maneje varían sus sistemas.

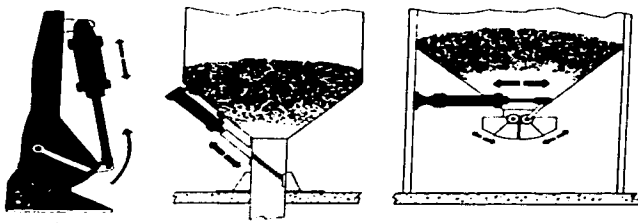


Fig. 6 1 Distintas ejecuciones para el accionamiento neumático de cierres de silos y de conductos
a) Por movimiento oscilante.
b) Por movimiento lineal.
c) Por movimiento de giro.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

En la figura 6.2 se observa un tipo de dosificador de áridos que trabaja en base a un volumen de control y las operaciones se realizan mediante un sistema de eje gíatorio con un mecanismo basculante de compuertas. Este tipo de dosificador completamente mecánico es muy utilizado para productos como granos, arena, grava y en general productos que no modifican su densidad de manera significativa al compactarse, o que su venta no requiere controlar el peso únicamente su volumen. Este tipo de dosificador mecánico no es recomendable para dosificar una amplia gama de presentaciones ya que ello implicaría modificaciones estructurales

Capítulo 6
Diseño de la automatización del sistema de envasado

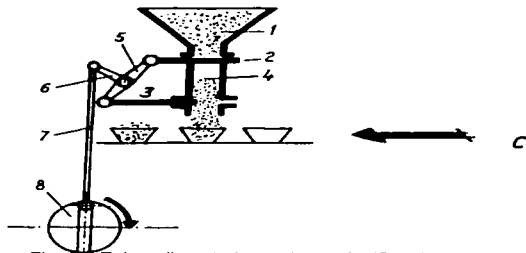


Fig. 6.2 Tolva alimentadora (1) con dosificación tipo esclusas (2 y 3) operación mecánica (5,6,7 y 8) en base al volumen de control (4)

TESIS CON
FALTA DE ORIGEN

Capítulo 6

Diseño de la automatización del sistema de envasado

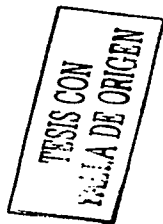
6.4 Dispositivos para automatizar el proceso de dosificación

Compresor de aire.

Marca Air Dragon Modelo AD103 cabezas en hierro fundido dos etapas con filtro de aspiración y control de arranque y paro mediante presostato ajustable, manómetro y válvula de esfera con salida a ½ plg. Y válvula de seguridad para sobre presión.

Características:

- Y Compresor de émbolo recíprocante
- Y Potencia 3 HP.
- Y Capacidad 150 Lt.
- Y Forma vertical
- Y Alimentación 220 VCA.
- Y Presión de trabajo $130 \text{ Lb/Plg}^2 = 8.965 \text{ Bar}$



Capítulo 6

Diseño de la automatización del sistema de envasado

Unidad de mantenimiento y acondicionamiento de aire.

Características:

FRC-1/8-D-MINI Purga automática

Cuerpo de polímero con funda metálica.

Separador de agua de accionamiento automático.

Filtro para polvo agua y aceites reemplazable.

Regulador integrado con manómetro de 0 a 16 Bar.

Tubo flexible para interconexión de los dispositivos Modelo PUN 8X1 de 8mm. De diámetro.

Cilindros neumáticos

Características:

ESNU-35- 100P-A

Cilindro de doble efecto con sensores de inicio final de carrera del tipo reed inductivo

Diámetro del émbolo = 35mm.

Longitud de carrera = 100mm.

Cálculo de fuerza:

$$F = P \cdot A$$

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

$$F = (6.12 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}) \left(\frac{\pi}{4}\right) (3.5\text{cm})^2$$

Capítulo 6

Diseño de la automatización del sistema de envasado

$$F = (6.12 \frac{Kg}{cm^2})(0.7853 * 12.25cm^2)$$

$$F = (6.12 \frac{Kg}{cm^2})(9.61cm^2) = 58.81 \frac{Kg}{cm^2}$$

$$F = 58.81 \frac{Kg}{cm^2} * 9.81 \frac{m}{seg^2} = 576.92N$$

Consumo de aire

$$Consumo = At * L * n$$

$$l^2 = 2l * n$$

Despejando n

$$n = \frac{l^2}{2L} = \frac{350 \frac{mm}{seg}}{2(100mm)} = 1.75 \frac{ciclos}{seg}$$

Sustituyendo en la fórmula

$$Consumo = At * L * n$$

$$Consumo = (9.61cm^2)(10cm)(1.75 \frac{ciclos}{seg})(60 \frac{seg}{min}) = 10090.5 \frac{cm^3}{min}$$

$$Consumo = \frac{10090.5 \frac{cm^3}{min}}{1000} = 10.0905 \frac{dm^3}{min} = 10.0905 \frac{lts}{min}$$

Potencia disponible en el vástago

$$P = F \cdot V \cdot l^2$$

$$P = (58.81Kg * 9.81 \frac{m}{seg^2})(0.35 \frac{m}{seg}) = 20.58 \frac{Kg \cdot m}{seg}$$

$$1 HP = 76 Kg \cdot m / seg.$$

$$P = \frac{20.58 \frac{Kg \cdot m}{seg}}{76 \frac{Kg \cdot m}{seg}} = 0.270 HP = \frac{9}{32} HP$$

Capítulo 6 Diseño de la automatización del sistema de envasado

ESNU-8- 50P-A

Cilindro de doble efecto con sensores de inicio final de carrera del tipo reed inductivo.

Las siguientes imágenes ilustran los diferentes tipos de dosificadores y sistemas de compuertas.

Diámetro del émbolo = 8mm.

Longitud de carrera = 50mm.

$$F = P \cdot A$$

$$F = P \cdot \left(\frac{1}{4} D^2\right)$$

$$F = (6.12 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}) \left(\frac{1}{4} (0.8\text{cm})^2\right)$$

$$F = (6.12 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}) (0.7853 \cdot 0.64\text{cm}^2)$$

$$F = (6.12 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}) (0.5025\text{cm}^2) = 3.075 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$F = 3.075 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{seg}^2} = 30.165\text{N}$$

Consumo de aire

$$\text{Consumo} = A \cdot L \cdot n$$

$$L^2 = 2L \cdot n$$

Despejando n

$$n = \frac{L^2}{2L} = \frac{400 \frac{\text{mm}}{\text{seg}}}{2(50\text{mm})} = 4 \frac{\text{ciclos}}{\text{seg}}$$

Sustituyendo en la formula

$$\text{Consumo} = A \cdot L \cdot n$$

Capítulo 6

Diseño de la automatización del sistema de envasado

$$Consumo = (0.5025 \text{ cm}^2)(5 \text{ cm})(4 \frac{\text{ciclos}}{\text{seg}})(60 \frac{\text{Seg}}{\text{min}}) = 603 \frac{\text{cm}^3}{\text{min}}$$

$$Consumo = \frac{603 \frac{\text{cm}^3}{\text{min}}}{1000} = 0.603 \frac{\text{dm}^3}{\text{min}} = 0.603 \frac{\text{litros}}{\text{min}}$$

$$\text{Consumo de ambos cilindros} = 10.0905 \frac{\text{litros}}{\text{min}} + 0.603 \frac{\text{litros}}{\text{min}} = 10.6935 \frac{\text{litros}}{\text{min}}$$

Potencia disponible en el vástago

$$P = F \cdot X \cdot i$$

$$P = (3.075 \text{ Kg}) (0.4 \frac{\text{m}}{\text{seg}}) = 1.23 \frac{\text{Kg} \cdot \text{m}}{\text{seg}}$$

$$1 \text{ HP} = 76 \text{ Kg} \cdot \text{m}/\text{seg}$$

$$P = \frac{1.23 \frac{\text{Kg} \cdot \text{m}}{\text{seg}}}{76 \frac{\text{Kg} \cdot \text{m}}{\text{seg}}} = 0.016 \text{ HP} = \frac{1}{60} \text{ HP}$$

Potencia total en ambos vástagos = 9/32 HP

Los cilindros anteriormente descritos se complementan con válvulas reguladoras de caudal modelo GRLA-M5-B; así como válvulas de escape rápido con silenciador integrado modelo SEU-1/8.

Además de los dispositivos antes mencionados se requieren para controlar el proceso de los siguientes dispositivos electroneumáticos, sensores y el control lógico programable.

Descripción de equipo electrónico y electroneumático:

Electroválvula con doble pilotaje 5/2 cinco vías dos posiciones accionada por solenoide de CA modelo JMFH-5-1/8

Electroválvula con retorno por muelle 5/2 cinco vías dos posiciones accionada por solenoide de CA MFH -5-1/8

Capítulo 6 Diseño de la automatización del sistema de envasado

Un control lógico programable Fec E FEC-20-AC-FST

Un sensor de proximidad inductivo del tipo Reed de forma A cilíndrica roscada con diámetros normalizados M8

6.5 Cálculo de compuertas

Los datos de la fuerza necesaria disponible en los cilindros se calculan en base a compuertas de tipo esclusa considerando el tamaño de cada compuerta y las fuerzas a que estarán sometidas en base al diseño de dispositivo y sus dimensiones descritas en las figuras No.

De ahí tenemos que la compuerta de la tolva de alimentación, accionada por el cilindro No. 1 tiene las siguientes características:

Las dimensiones de la compuerta son:

Largo = 15 cm, ancho = 9.6cm y espesor de 4mm.

Calcularemos el peso de la misma en base a su volumen y la densidad de acero inoxidable T-304

$$\text{Vol.} = 0.096\text{m} \times 0.15 \text{ m} \times 0.004 \text{ m}$$

$$\text{Vol} = 5,76 \times 10^{-5} \text{m}^3$$

$$m = \rho \cdot V$$

despejando la masa

$$m = \rho \cdot V$$

sustituyendo valores

$$m = 7850 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 5,76 \times 10^{-5} \text{ m}^3 = 0,45216 \text{ kg}$$

Su peso será entonces

Capítulo 6

Diseño de la automatización del sistema de envasado

$$0.452164 \times 9.81 \frac{m}{s^2} = 4.4356N$$

Para conocer el esfuerzo a que estará sometido tenemos que calcular el volumen de la tolva y el peso del producto máximo en la misma.

Dimensiones de la tolva de alimentación:

La tolva es una pirámide cuadrangular truncada con lado de 65 cm, altura a la base menor 47.6314 cm y lado de la base menor de 10cm

La base mayor tiene un área de $(65cm)^2 = 4225cm^2$

La base menor tiene un área de $(10cm)^2 = 100cm^2$

Para calcular el volumen de dicha pirámide truncada utilizamos la siguiente fórmula:

$$Vol = \frac{1}{3}h(B + b + \sqrt{Bb})$$

Sustituyendo valores:

$$Vol = \frac{1}{3}(47.6314cm)(4225cm^2 + 100cm^2 + \sqrt{4225cm^2 \times 100cm^2})$$

$$Vol = 78988.73 \text{ cm}^3 = 78.988dm^3 \text{ o litros}$$

Considerando la caja de la tolva que forma parte de la base mayor añadimos el volumen de la misma:

$$Vol = 65cm \times 65cm \times 20cm$$

$$Vol = 84500cm^3 \text{ o lo que es igual } 84.5dm^3$$

Volumen total de la tolva es igual a $84.5 + 78.9 = 163.4dm^3$

Si de la tolva solo se ocupa un volumen de $150dm^3$ se puede calcular la fuerza máxima que se requiere en la corredera de la compuerta No 1.

Se conoce que el peso específico de producto es de $5.9374N/dm^3$, obtenemos un peso de $890.61N$ mas el peso de dicha compuerta $4.4356N$ obtenemos un peso

Capítulo 6 Diseño de la automatización del sistema de envasado

de 895.04N considerando el coeficiente de fricción de $\mu=0.25$ nos da un total de 223.761N ; La fuerza disponible en el vástago del cilindro No. 1 es de 576.92N, contamos con un factor de seguridad de 2.57.

El cilindro No. 2 se encargara de accionar la compuerta de la tolva bascula, procederemos a calcular la fuerza necesaria disponible en el cilindro en base al volumen de carga máximo de dicha tolva y el peso de la hoja de la compuerta que también es de acero inoxidable T304 de 4mm. De espesor

De ahí tenemos que la compuerta de la tolva de pesaje, accionada por el cilindro No. 2 tiene las siguientes características:

Las dimensiones de la compuerta son:

Largo = 75 cm, ancho = 4.6cm y espesor de 4mm.

Calcularemos el peso de la misma en base a su volumen y la densidad de acero inoxidable T-304

$$Vol = 0.046m \times 0.075 m \times 0.004 m$$

$$Vol = 1.38 \times 10^{-5} m^3$$

$$\rho = \frac{m}{V}$$

despejando la masa

$$m = \rho \cdot V$$

sustituyendo valores

$$m = 7850 \frac{kg}{m^3} \cdot 1.38 \times 10^{-5} m^3 = 0.1084 kg$$

Su peso será entonces: $0.1084 kg \cdot 9.81 \frac{m}{s^2} = 1.059 N$

Capítulo 6

Diseño de la automatización del sistema de envasado

Para conocer el esfuerzo a que estará sometido tenemos que calcular el volumen de la tolva y el peso del producto máximo en la misma.

Dimensiones de la tolva de alimentación:

La tolva es una pirámide cuadrangular truncada con lado de 20 cm, altura a la base menor 23.8157 cm y lado de la base menor de 5cm

La base mayor tiene un área de $(20\text{cm})^2 = 400\text{cm}^2$

La base menor tiene un área de $(5\text{cm})^2 = 25\text{cm}^2$

Para calcular el volumen de dicha pirámide truncada utilizamos la siguiente fórmula:

$$Vol = \frac{1}{3} h(B + b + \sqrt{Bb})$$

Sustituyendo valores:

$$Vol = \frac{1}{3} (23.8157\text{cm})(400\text{cm}^2 + 25\text{cm}^2 + \sqrt{400\text{cm}^2 \cdot 25\text{cm}^2})$$

$$Vol = 3537.5 \text{ cm}^3 = 3.537\text{dm}^3 \text{ o litros}$$

Considerando la caja de la tolva que forma parte de la base mayor añadimos el volumen de la misma

$$Vol = 20\text{cm} \times 20\text{cm} \times 10\text{cm}$$

$$Vol = 4000\text{cm}^3 \text{ o lo que es igual } 4\text{dm}^3$$

Volumen total de la tolva es igual a $3.537 + 4 = 7.537\text{dm}^3$

Si de la tolva solo se ocupa un volumen de 4.95dm^3 y conocemos que el peso específico del producto es 5.9374 N/dm^3 se puede calcular la fuerza necesaria para la apertura de la compuerta.

La compuerta pesa 1.059N mas los 3Kg de producto que equivalen a 29.43N nos da un peso total de 30.489N ; considerándola como fuerza normal multiplicando

Capítulo 6

Diseño de la automatización del sistema de envasado

esta fuerza por un coeficiente de fricción de $\mu=0.25$ obtenemos una fuerza de 7.6222N

Teniendo en cuenta que la fuerza de apertura de la compuerta disponible en el vástago es de 30.1742N. obtenemos un factor de seguridad de 3.95.

6.6 Proyecto

Se requiere controlar el envasado de chocolate en polvo mediante dispositivos neumáticos, electroneumáticos. Los cuales por medio de PLC funcionan de manera sincronizada para implementar un sistema de tipo esclusas, anteriormente descrito, dicho sistema tiene por objeto dosificar cantidades controladas a conveniencia del usuario de producto; dicho producto es pesado en la tolva de pesaje y un cilindro de doble efecto controla la apertura de la compuerta de la tolva de alimentación (superior). Un segundo cilindro de doble efecto (inferior) realiza el trabajo de apertura para la compuerta que se ubica en la parte inferior de la tolva de pesaje y la cual desemboca a los recipientes. Un operario puede iniciar el ciclo manual o establecer el ciclo continuo mediante botones en el panel de control. El sensor inductivo en la parte inferior del dispositivo se encarga de detectar la presencia de recipientes metálicos.

En el panel de control se ubican botones de paro de emergencia y reset, como también un display digital donde se establece el peso adecuado a cada tamaño de envase. En la misma ubicación se encuentra el PLC el cual recibe las señales de los distintos sensores y de la báscula para poder operar las electroválvulas que accionan los cilindros neumáticos.

6.7 Croquis de la situación.

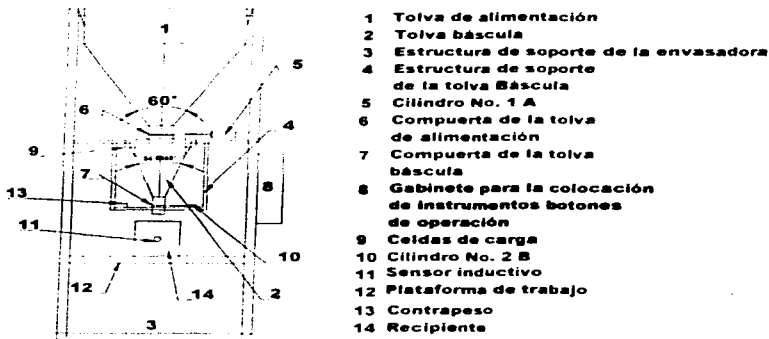


Fig. 6.3 Descripción de la envasadora y sus componentes.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

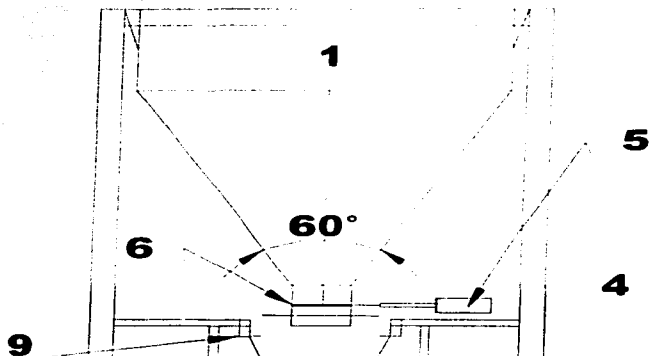


Fig. 6.4 Detalle de la tolva de alimentación

En esta figura observamos con mayor detalle la disposición de la tolva de alimentación (1) el ángulo que se presenta al interior de la misma (60°), lo que permite el descenso del producto por gravedad. También se observan las celdas de carga sujetas a la estructura de la envasadora (9) mismas que a su vez sujetan la tolva báscula, así mismo se observa con mayor detalle el cilindro No 1 actuado con el vástago conectado a la compuerta de alimentación, la cual esta cerrada

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

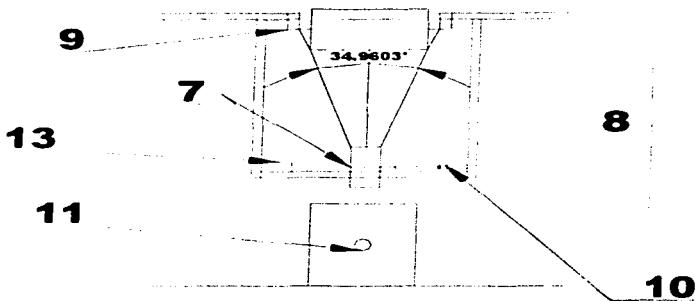


Fig. 6.5 Detalle de la tolva báscula.

En esta figura observamos la tolva báscula donde se pesa el producto antes de ser depositado en el envase; también se observa el cilindro No.2 (10) actuado cerrando la compuerta del ducto de descarga (7) de la tolva de pesaje además del contrapeso (13) necesario para el equilibrio de la tolva, ya que esta está suspendida de las celdas de carga (9). En la figura también se observan la plataforma donde se colocan los envases a llenar y el sensor inductivo tipo Reed que detecta la presencia del envase (11) y permite la ejecución de las operaciones para su llenado evitando que se descargue producto si no está presente un envase para recibir dicho producto

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Capítulo 6
Diseño de la automatización del sistema de envasado

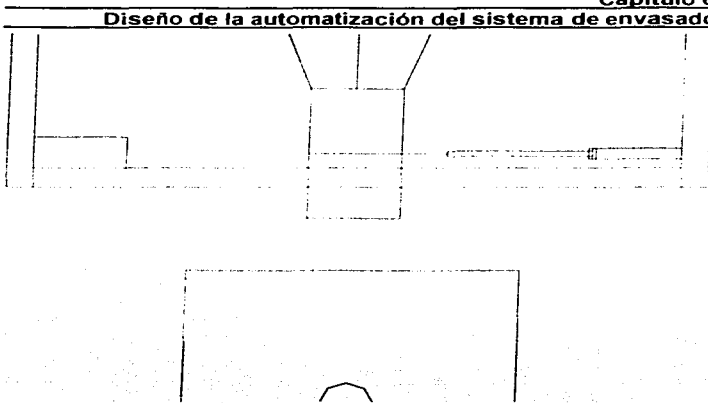


Fig. 6.6 Detalle del ducto de descarga de la tolva báscula y el cilindro 2 B

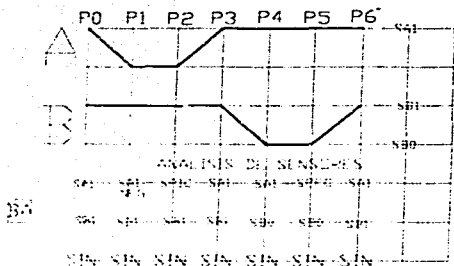
En esta figura se muestra con mayor detalle el cilindro No. 2 B que por la escala no se aprecia en la descripción de componente de la Fig. 6.3 ya que tiene un diámetro de émbolo de 8mm y se sujeta a la estructura de soporte que pende de las celdas de carga, así como el contrapeso del mismo cilindro para lograr el equilibrio del dispositivo al momento que se está pesando el producto.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Capítulo 6
Diseño de la automatización del sistema de envasado

6.8 Diagrama espacio fase

En la página siguiente se muestra el diagrama espacio fase el cual representa los movimientos de los cilindros neumáticos y también se incluye análisis de sensores



**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Fig 6.7 Diagrama espacio – fase y análisis de sensores.

Los diagramas neumático, diagrama de contactos y diagrama de conexiones del PLC. Y una simulación del accionamiento neumático se encuentran representados

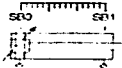
Capítulo 6 Diseño de la automatización del sistema de envasado

en las figuras de las siguientes páginas. El diagrama de contactos se encuentra en el apéndice A al final de este documento, la lista de variables y el diagrama de conexiones del PLC se encuentran en los apéndices B y C respectivamente.

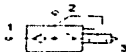
En la figura 6.8 se observa la simbología utilizada en los diagramas neumáticos de las páginas siguientes y su descripción detallada así como sus conexiones según la norma ISO.



Tolva superior Cilindro A 1.0 De doble efecto
D = 35mm L = 100mm d = 26.25mm Am = 541.18mm²
AM = Ø62mm² Sensores inductivos integrados



Tolva inferior Cilindro B 2.0 De doble efecto
D = 8mm L = 50mm d = 4mm Am = 12.56mm²
AM = 50.26mm² Sensores inductivos integrados



Válvula de escape rápido con silenciador



Válvula reguladora de caudal

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Capítulo 6

Diseño de la automatización del sistema de envasado

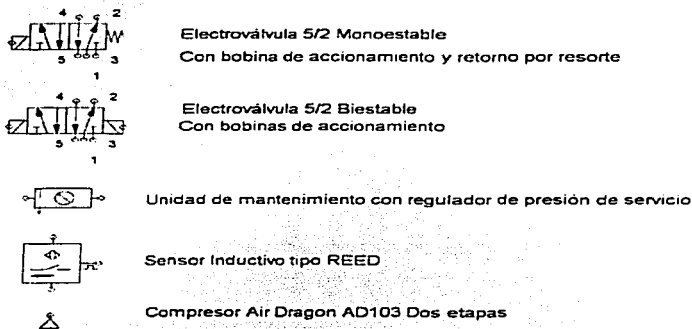


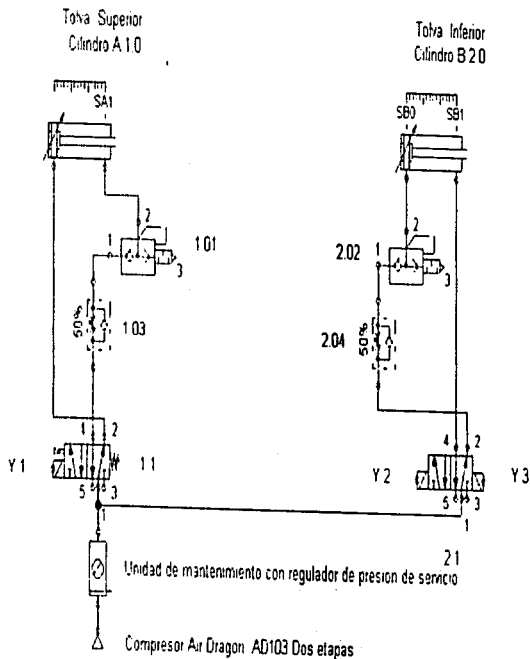
Fig. 6.8 Simbología de dispositivos neumáticos utilizados en los diagramas

6.9 Diagramas neumáticos

En las páginas siguientes se muestran los diagramas neumático Fig. 6.9, simulación de apertura de la tolva de alimentación Fig. 6.10 a Fig. 6.14, en dichas simulaciones se denota las velocidades medias de los cilindros al avance y al retroceso en m/seg ; además se muestra el porcentaje de reducción de caudal en cada válvula reguladora de caudal para obtener dichas velocidades.

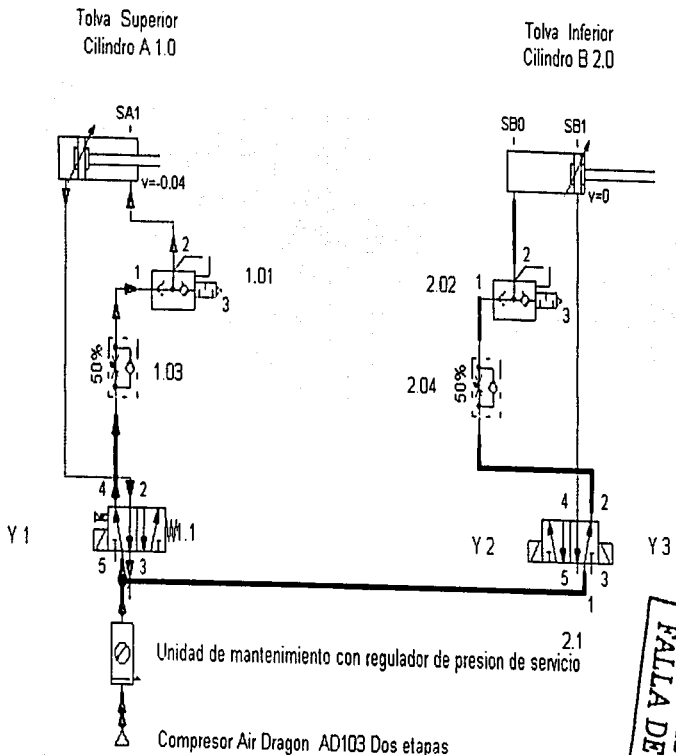
TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Fig. 6.9 DIAGRAMA NEUMÁTICO DE LA ENVASADORA.



TECIS CON
FALLA DE ORIGEN

Fig. 6.10 SIMULACIÓN PARA EL CILINDRO A.



Diseño de la automatización del sistema de envasado

Capítulo 6

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

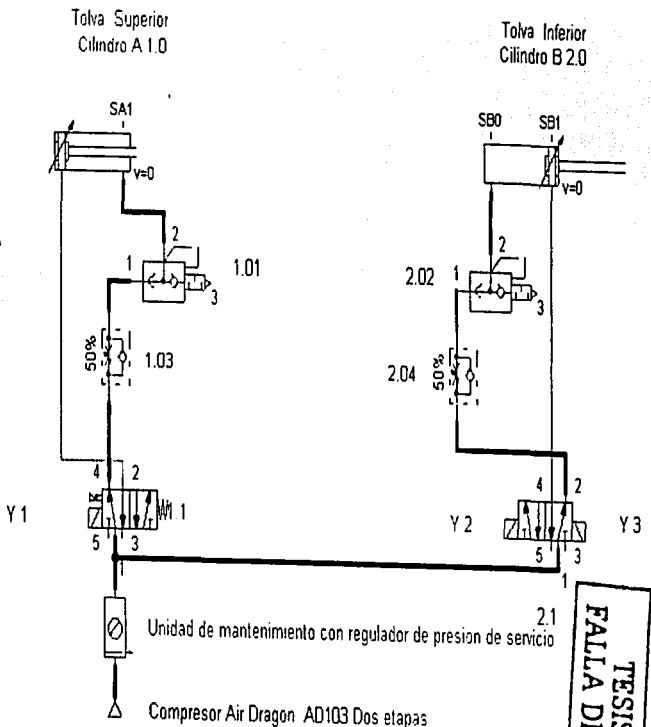
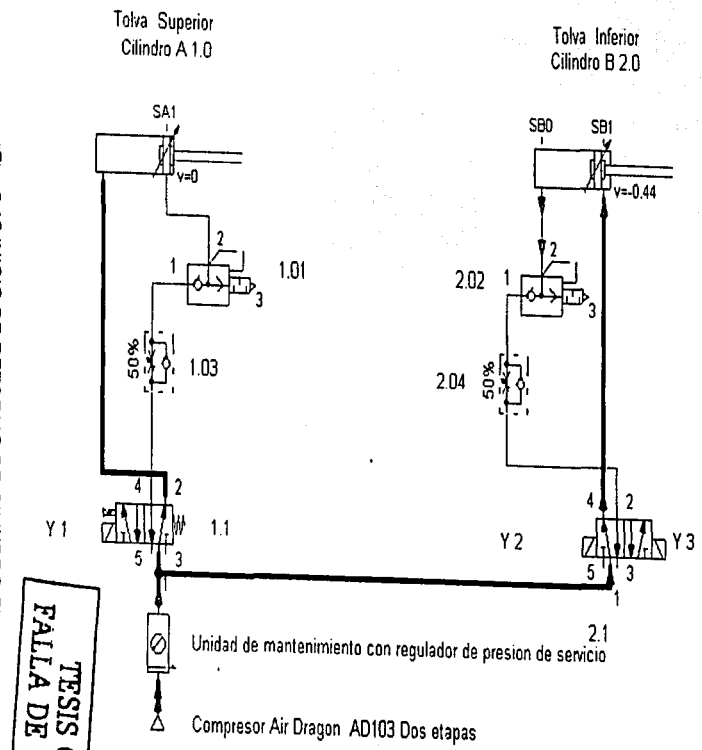


Fig. 6.11 INICIO DE CARRERA DEL CILINDRO A (COMPUERTA ABIERTA)*

TESIS CON FALTA DE ORIGEN

Fig. 6.12 INICIO DE RETORNO DE CILINDRO B



TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

Tolva Superior
Cilindro A 1.0

Tolva Inferior
Cilindro B 2.0

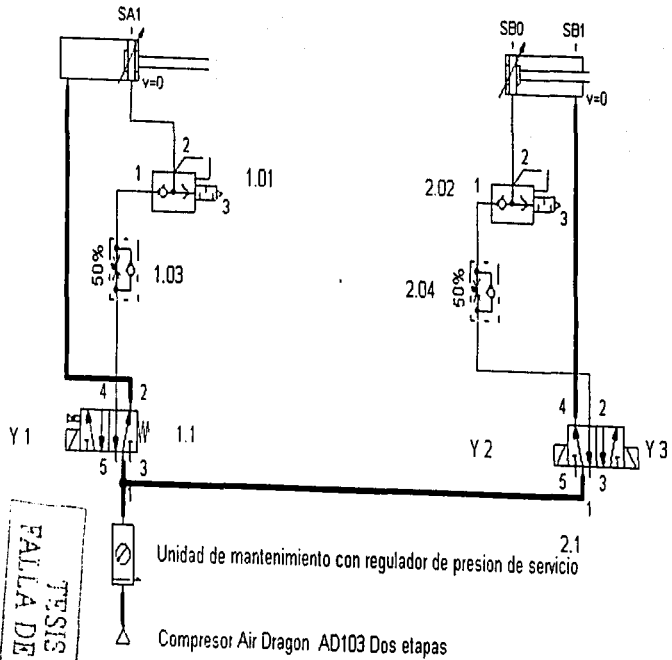


Fig. 6.13 FIN DE RETORNO DE CILINDRO B (COMPUERTA ABIERTA)

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

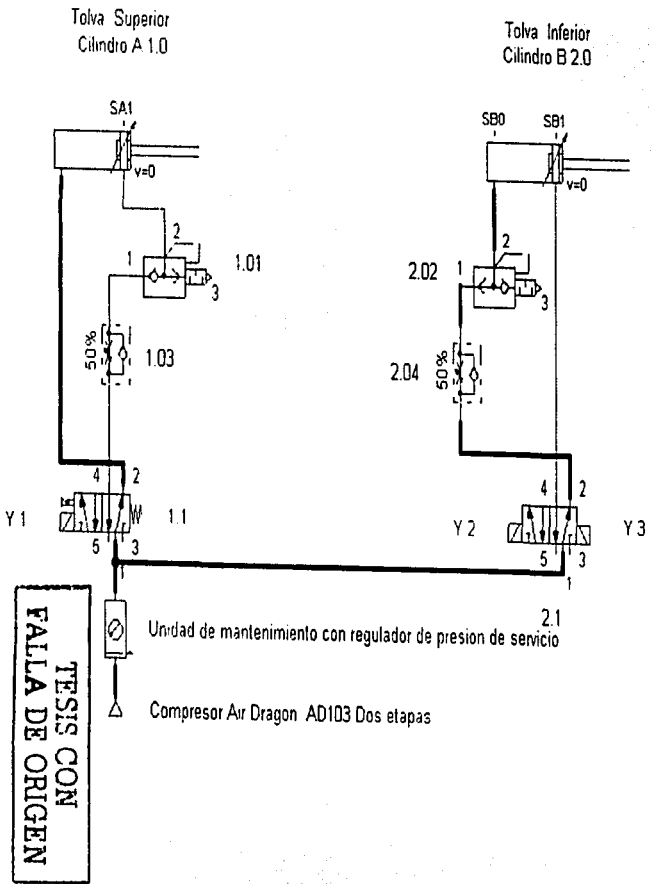


Fig. 6.14 Fin de un ciclo de envasado en su posición de inicio

Conclusiones

CONCLUSIONES

Debido a los problemas que enfrenta actualmente la industria en el aspecto tecnológico, trabajamos en el diseño y estructuración de un dispositivo automático que solucione necesidades que frecuentemente suelen aparecer en las industrias, siendo estos problemas procesos obsoletos, maquinaria depreciada, tiempo de entrega, capacidad de producción en grandes cantidades, compromiso con la exportación, entre otros

Nuestro proyecto se enfoco básicamente en la automatización, y que gracias a las asignaturas que cursamos en la carrera de ingeniería mecánica eléctrica fue posible su aprendizaje y comprensión, basándonos en la electrónica y mecánica.

Los dispositivos utilizados para el diseño de la maquina fueron los más confiables ya que nuestro producto a envasar es alimenticio, siendo nuestros dispositivos neumáticos y electrónicos libres de cualquier contaminante.

La tecnología de los materiales jugo un papel muy importante en el diseño ya que nuestras aleaciones para la tolva fueron especiales por tratarse de un producto alimenticio, siendo esta de acero inoxidable, así como también la electrónica para comprender el funcionamiento de dispositivos como los controles lógicos programables, los transductores, entre otros. Los principios de termodinámica jugaron otro papel importante para ciertos cálculos requeridos para el diseño de los dispositivos neumáticos.

Conclusiones

Para un mejor entendimiento utilizamos planos, diagramas, croquis, entre otros. Esto para describir mejor los procesos y facilitar un poco el trabajo.

La contribución que ofrecemos con nuestro proyecto es la de optimizar los costos que se requieren para un dispositivo de esta tecnología ya que normalmente en el mercado se manejan altos costos en divisas extranjeras, siendo esto un obstáculo para los empresarios mexicanos. Por otra parte contribuimos en despertar interés hacia nuestros colegas de ingeniería mecánica eléctrica para poner en práctica los conocimientos adquiridos en la carrera y así poder poner en alto el nombre de nuestra universidad a nivel mundial.

La orientación de los profesores de la facultad de estudios superiores Cuautitlan fue primordial ya que de manera directa nos explicaron y orientaron para una mejor comprensión dándose esto en el seminario que cursamos.

Bibliografía

- Waller D , Werner H
Neumática
ED Festo Didactic
Alemania 1997
- Porras Criado, Alejandro Martínez Sánchez, Victoriano Angel
Automatas programables: Fundamento, manejo, instalación y practicas
Curso completo de automatización industrial moderna
ED Ra-Ma
España 1992
- Deppert W , Stoll K
Dispositivos Neumáticos
ED Alfaomega Grupo Editor S.A de c.V
España 2000
- Carnicer Royo Enrique
Aire comprimido, neumática convencional
ED Gustavo Gili S.A
España 1980
- Lopez Navarro Tomas
Automatismo y Control
ED Gustavo Gili S.A
España 1975
- Michel Gilles
Automatas programables Industriales
ED Marcombo Boixareu
Mexico 1990
- Hübeler R C
Mecánica de materiales 3ra ed.
ED Prentice-Hall Interamericana
Mexico 1998
- G. Ferrate
Robotica industrial
ED Marcombo.
España 1986
- Bakells Josep, Romeral Jose Luis
Automatas programables
ED Marcombo-Boixareu
España 1997

Bibliografía

Rouff C., Waller D., Werner H.
Electroneumática Manual de Trabajo.
ED Festo Didactic
Alemania 1995

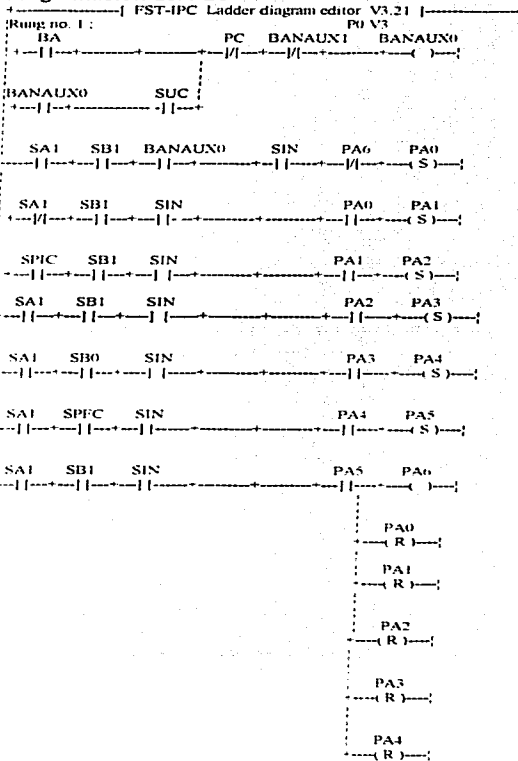
Terzi E., Regber H., Löffler, Ebel F.
Controles Lógicos programables, manual de trabajo.
ED Festo Didactic
Alemania 1999

Hayes G D
Manual de datos para ingeniería de los alimentos.
ED Longman Group
España 1992

Coulson J M y Richardson J F.
Chemical Engineering Vol. 6
ED Pergamon Press Oxford.
Inglaterra 1992

Bartholomai Alfred
Fábricas de alimentos. Procesos equipamiento, costos
ED Acríbia S A
España 1987

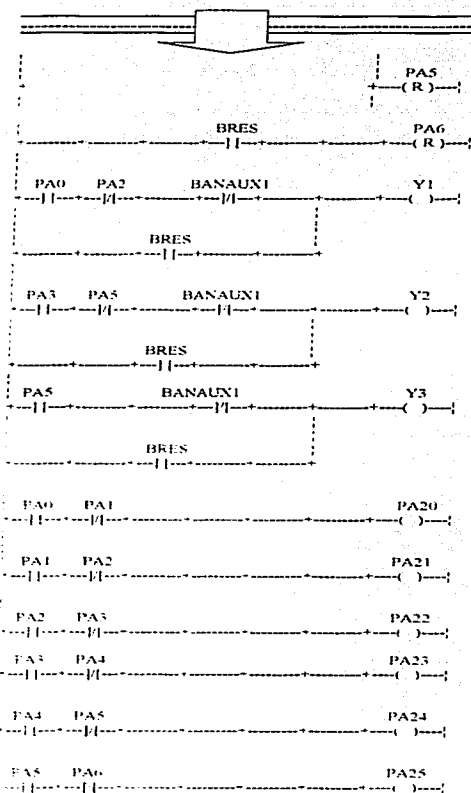
Programación del PLC



TESIS CON
 DE ORIGEN



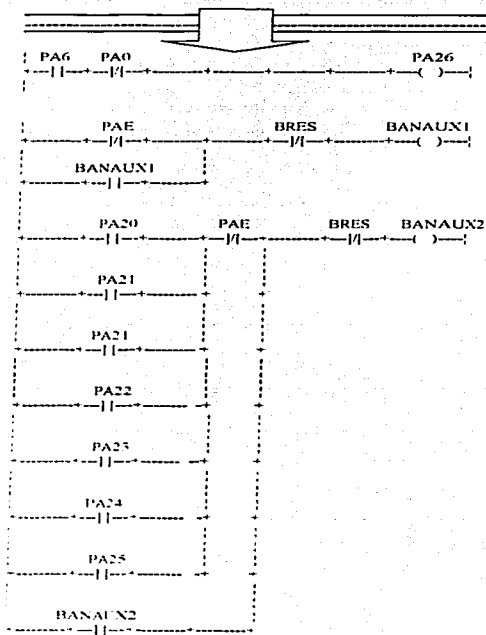
APENDICE A
Diagrama de contactos



**TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN**



APENDICE A
Diagrama de contactos

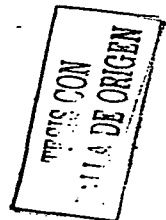


Fin del programa

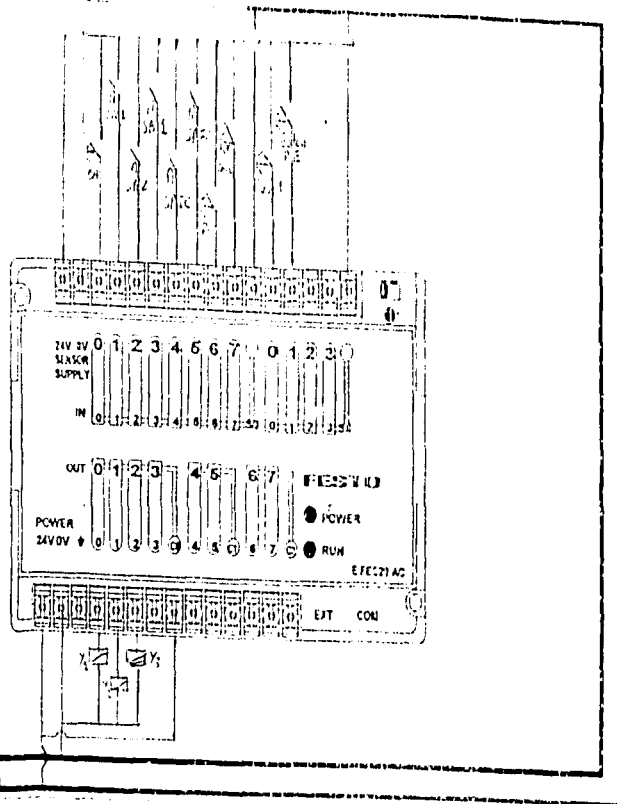
**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Lista de variables y asignación de entradas y salidas.

[FST IPC Allocation List V3.21]		
Absol.Op.	Symbol.Op.	Commentary
00 0	Y1	ELECTVALVE Y1
00 1	Y2	ELECTVALVE Y2
00 2	Y3	ELECTVALVE Y3
10 0	BA	BOTON ARRANQUE
10 1	SA1	SENSOR DE TOLVA SUP CERRADA
10 2	SB0	SENSOR DE TOLVA INF ABIERTA
10 3	SB1	SENSOR DE TOLVA INF CERRADA
10 4	SPIC	SENSOR PUNTO INICIAL CORTE DE BASCUL
10 5	SPFC	SENSOR PUNTO FINAL CORTE BASCULA 0KG
10 6	PC	BOTON PARO DE CICLO
10 7	SUC	BOTON CICLO UNICO A CONTINUO
11 0	BRES	RESET
11 1	PAE	BOTPARO DE EMERGENCIA
11 2	SIN	SENSOR INDUCTIVO
F0 0	PA0	PASO 0
F0 1	PA1	PASO 1
F0 2	PA2	PASO 2
F0 3	PA3	PASO 3
F0 4	PA4	PASO 4
F0 5	PA5	PASO 5
F0 6	PA6	PASO 6
F1 0	BANAU0	BANDERA DE CICLO UNIC A CONT
F1 1	BANAU1	BANDERA AUX 1 PE
F2 0	PA20	BANDERA DE PARO DE EMERGENCIA
F2 1	PA21	BAND PARO DE EMER
F2 2	PA22	"
F2 3	PA23	"
F2 4	PA24	"
F2 5	PA25	"
F2 6	PA26	"
F3 0	BANAU2	BANDERA DE PARO DE EMERGENCIA



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



OVDC
24VDC

INTRODUCCIÓN A LOS PLC'S, E311:

PRACTICA: Encendido de Candelitas en Placa
Diagrama de Conexiones del P.L.C.

138

Tabla de asignaciones:

Operando Símbolo

Entradas

I0.0	BA
I0.1	SA1
I0.2	SB0
I0.3	SB1
I0.4	SPI0
I0.5	SPEC
I0.6	Beta PC
I1.0	B Reset
I1.1	B PAE
I0.7	SUC

Salidas

Q0.0	Y1 Electrovalv
Q0.1	Y2
Q0.2	Y3

FECHA:
HOJA:
DE: DIDACTIC

FESTO