

REPONTECIACION DE EMBOTELLADORA DIDACTICA

ALEXANDER CANO MONSALVE
JEISSON DANIEL HERNANDEZ VELASQUEZ
ALEXANDER QUINTANA TANGARIFE

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO
FACULTAD DE INGENIERIA
TECNOLOGÍA MECATRONICA
MEDELLIN
2013

REPONTECIACION DE EMBOTELLADORA DIDACTICA

ALEXANDER CANO MONSALVE
JEISSON DANIEL HERNADEZ VELAZQUEZ
ALEXANDER QUINTANA TANGARIFE

Trabajo de grado presentado para optar al título de
Tecnólogo Mecatrónico

Asesor
José Alberto Betancur Muñoz
Ingeniero mecánico

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO
FACULTAD DE INGENIERIA
TECNOLOGÍA MECATRONICA
MEDELLIN
2013

CONTENIDO

	pag.
INTRODUCCIÓN	8
1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	9
2. JUSTIFICACIÓN	10
3. OBJETIVOS	11
3.1 OBJETIVOS GENERALES	11
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
4. REFERENTES TEORICOS	12
4.1 PLC (CONTROL LÓGICO PROGRAMABLE)	12
4.1.1 Definición	12
4.1.2 Clasificación de lo plc	13
4.1.3 Relés Programables	13
4.1.4 Salidas	14
4.1.5 Tipos de programación	16
4.2. NEUMÁTICA	18
4.2.1 Aplicaciones	18
4.2.2 Ventajas del aire comprimido	19
4.2.3 Desventajas del aire comprimido	20
4.3 ELEMENTOS NEUMATICOS	20
4.3.1 Tipos de cilindros	20
4.3.2. Estructura de los cilindros	22

4.3.3. Propiedades de los cilindros	22
4.4 VÁLVULAS	23
4.4.1 Clases de válvulas	23
4.4.2 Conexiones y accionamiento de las válvulas	24
4.4.3 Simbología neumática	26
4.5 ELECTRONEUMÁTICA	28
4.5.1 Mandos Electro neumáticos	28
4.5.2 Detectores de proximidad	28
4.6 ELEMENTO DE PROCESAMIENTO DE SEÑALES ELÉCTRICAS	30
4.6.1 Relés	30
4.6.1.1 Relés de corriente continua	32
4.6.1.2 Relés de corriente alterna	32
4.6.2 Clases de relés	32
4.7 SISTEMA DE CONVERSIÓN ELECTROMAGNÉTICA	35
4.7.1 Electroválvulas	35
4.7.2 Convertidores de señales neumático – eléctrico PE	37
5. METODOLOGIA	38
5.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN	38
6. RESULTADO DEL PROYECTO	39
7. RECOMENDACIONES	45
8. CONCLUSIONES	46
9. BIBLIOGRAFIA	47

LISTA DE FIGURAS

	pag.
Figura 1. Plc o relé programable que utilizamos (teco SG2-20HR-D)	12
Figura 2. Esquema relé programable	15
Figura 3. Conexionado DC con salidas libres de potencial	16
Figura 4. Conexionado AC con salidas activas	16
Figura 5: Lenguaje de programación de alto nivel	17
Figura 6. Programación en ladder	17
Figura 7. Programación en diagrama de bloque	18
Figura 8. Partes de un cilindro simple efecto	21
Figura 9. Partes de un cilindro de doble efecto	21
Figura 10. Válvulas de vías	23
Figura 11. Válvula cierre o anti retorno	24
Figura 12. Válvula de presión	25
Figura 13. Símbolos neumáticos	26
Figura 13. (continuación) Símbolos neumáticos	27
Figura 14. Detector de proximidad inductivo	29
Figura 15. Detector de proximidad capacitivo	29
Figura 16. Detector de proximidad óptico	30
Figura 17. Relé	31
Figura 18. Relé polarizado	33
Figura 19. Relés temporizadores	34
Figura 20. Relé temporizador con retardo a la conexión	34

Figura 21. Relé temporizador con retardo a la desconexión	35
Figura 22. Electroválvula de 2/2 vías de accionamiento manual	36
Figura 23. Electroválvula 3/2 vías abiertas en posición normal	36
Figura 24. Electroválvula de 4/2 (servo pilotaje, accionamiento manual)	37
Figura 25. Estado inicial de la embotelladora	39
Figura 26. Programación del PLC	42
Figura 26. (Continuacion) Programación del PLC	43
Figura 27. PLC implementado	43
Figura 28. Embotelladora completa	44

INTRODUCCIÓN

En la búsqueda de identificar qué circunstancias y elementos se requiere para satisfacer una necesidad a una comunidad educativa, como lo es la falta de aplicación del conocimiento aprendido, se requiere de varios grupos de trabajo o áreas de conocimiento en conjunto para lograr ese objetivo.

En este proyecto se pretende incentivar a la comunidad de la Institución Universitaria Pascual Bravo a hacer partícipes de este cambio, pues al ser parte de una sociedad, se debe de aportar y dar solución a los diversos problemas que ocurren en esta, y que nos afecta, como es el problema académico. En el caso de la Institución Universitaria Pascual Bravo, se trata de aportar a soluciones didácticas que con ellas se podría equilibrar esta situación.

A raíz de una problemática como lo es la falta de apoyo didáctico para el estudio, la comunidad educativa y en especial los estudiantes, están en la búsqueda para dar solución, como se muestra a continuación.

1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La Institución Universitaria Pascual Bravo, adscrita a la alcaldía de Medellín; se ha distinguido a lo largo de sus 74 años de existencia por ser una institución en la cual la ciencia y la tecnología se han fundamentado en cada uno de las áreas de conocimiento que ofrece.

En el caso de la tecnología mecatrónica, se busca que los estudiantes sean competentes en el campo laboral, siendo esta tecnología abierta a muchas áreas de la industria; como lo es, en los procesos automatizados. Sin embargo, la institución posee recursos físicos limitados, en aulas, laboratorios, y equipos de apoyo didáctico.

Se ha buscado varias soluciones en las cuales se alivie un poco esta situación, pero no se logra ni en lo mínimo las expectativas, como es el caso de compra de equipo en cantidades limitadas y la alianza con otras instituciones en la facilitación de sus instalaciones y equipos que no se dan para todas las necesidades de formación.

Con base en lo anterior se evidencia necesidades específicas de equipos en donde se aplicarían los conocimientos adquiridos, en particular en el área de automatización.

2. JUSTIFICACIÓN.

Realizar una repotenciación y puesta en marcha de la línea de llenado que actualmente no es funcional en el aula-taller de mecatrónica, permitiría mejorar los mecanismos y accionamientos de esta, por medio de una redistribución de sensores, actuadores y motores, controlándolos por medio de un PLC (Control Lógico Programable), poniendo en práctica de esta manera los conocimientos que adquiridos en neumática, electroneumática y programación.

Además es una estrategia que permite subsanar la necesidad imperante en la comunidad educativa por equipos en el área de automatización, ya que se convierte en un modulo de aprendizaje en el cual todos los estudiantes participarían en prácticas de laboratorio, en donde se haría estudio, análisis y simulación en la programación, instalación y funcionamiento de una línea de llenado.

Con el proyecto de grado “Repotenciación de la embotelladora didáctica”, se pretende dar solución parcial a las necesidades de aprendizaje en el área de automatización de la institución y permitiría que la comunidad estudiantil obtenga un aprendizaje significativo que pondrá a disposición de la sociedad en el entorno industrial.

3. OBJETIVOS.

3.1. OBJETIVOS GENERALES

Repotenciación, redistribución, programación y puesta en marcha de la embotelladora didáctica.

3.2. OBJETIVOS SPECÍFICOS

Encontrar el rediseño más adecuado para el funcionamiento óptimo de la embotelladora didáctica, a partir de esta investigación proceder a realizar el montaje.

Seleccionar los tipos de sensores, motores que se utilizara para el correcto posicionamiento de los envases y de esta manera asegurar un proceso eficiente

Diseñar el control y programa adecuado para que el llenado sea de una forma automática

4. REFERENTES TEORICOS

4.1 PLC

Al realizar un estudio detenido de las necesidades en el desarrollo de las habilidades estudiadas por el estudiante, se concluyó que era necesario implementarle un PLC a este módulo didáctico de nuevo, para que los estudiantes de las asignaturas de hidráulica y neumática de la Institución Universitaria Pascual Bravo puedan profundizar sus conocimientos en estas áreas, de esta manera tener un concepto más real de la industria.

Figura 1. Plc o relé programable que utilizamos (teco SG2-20HR-D)



4.1.1 Definición. El PLC es un dispositivo de estado sólido, diseñado para controlar procesos secuenciales (una etapa después de la otra) que se ejecutan en un ambiente industrial. Es decir, que van asociados a la maquinaria que desarrolla procesos de producción y controlan su trabajo.

Se deduce de la definición, que el PLC es un sistema, porque contiene todo lo necesario para operar, y es industrial, por tener todos los registros necesarios para operar en los ambientes hostiles que se encuentran en la industria.

Un PLC realiza, entre otras, las siguientes funciones:

- Recoger datos de las fuentes de entrada a través de las fuentes digitales y analógicas.
- Tomar decisiones en base a criterios pre-programados.
- Almacenar datos en la memoria.

- Generar ciclos de tiempo.
- Realizar cálculos matemáticos.
- Actuar sobre los dispositivos externos mediante las salidas analógicas y digitales.
- Comunicarse con otros sistemas externos.

Los PLC se distinguen de otros controladores automáticos, en que pueden ser programados para controlar cualquier tipo de máquina, a diferencia de otros controladores (como por ejemplo un programador o control de la llama de una caldera) que, solamente, pueden controlar un tipo específico de aparato. Además de poder ser programados, son automáticos, es decir son aparatos que comparan las señales emitidas por la máquina controlada y toman decisiones en base a las instrucciones programadas, para mantener estable la operación de dicha máquina, se pueden modificar las instrucciones almacenadas en memoria, además de monitorizarlas.

4.1.2 Clasificación de los PLC. Los PLC pueden clasificarse, en función de sus características en:

- **PLC Nano:**
Generalmente es un PLC de tipo compacto (es decir, que integra la fuente de alimentación, la CPU y las entradas y salidas) que puede manejar un conjunto reducido de entradas y salidas, generalmente en un número inferior a 100. Este PLC permite manejar entradas y salidas digitales y algunos módulos especiales.

- **PLC Compacto:**
Estos PLC tienen incorporada la fuente de alimentación, su CPU y los módulos de entrada y salida en un solo módulo principal y permiten manejar desde unas pocas entradas y salidas hasta varios cientos (alrededor de 500 entradas y salidas), su tamaño es superior a los PLC tipo Nano y soportan una gran variedad de módulos especiales, tales como:

Entradas y salidas análogas
Módulos contadores rápidos
Módulos de comunicaciones
Interfaces de operador
Expansiones de entrada y salida

4.1.3 Relés Programables. Se compone de una serie de entradas de control digital y analógico y unas salidas que pueden ser libres de potencial o activas, algunos modelos tienen la posibilidad de expansión agregando módulos de entradas y salidas.

Las entradas de control gobiernan las salidas por medio del programa que se puede desarrollar sin necesidad de PC ni consola de programación externa, toda la programación se realiza desde la propia consola integrada en el mismo equipo.

El lenguaje de programación suele ser en la mayoría de los casos el de diagrama de relés o bloques de función, en todo caso es siempre muy intuitivo y de fácil ejecución. En cuanto las funciones disponibles pueden variar considerablemente según los modelos, pero todos poseen los elementos básicos necesarios para la automatización de procesos, estos son, relés internos, relés biestables, temporizadores, contadores, comparadores, etc.

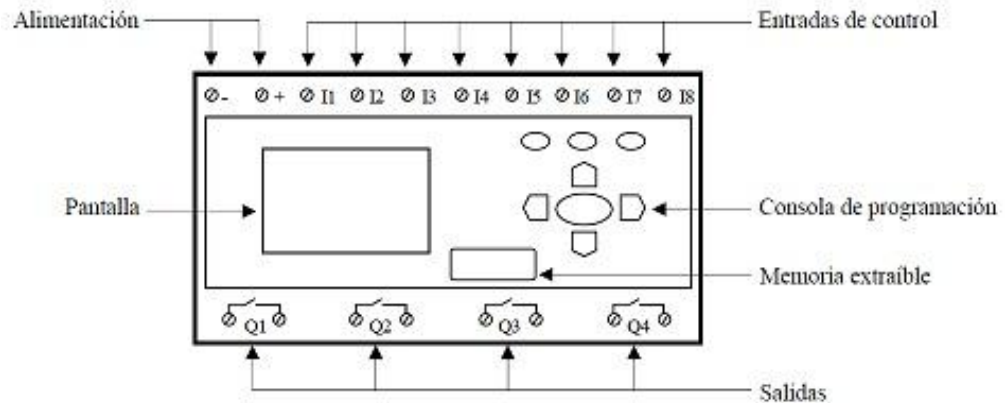
La posibilidad de guardar el programa en una memoria no solo es un elemento de seguridad importante, también supone una gran ventaja a la hora de realizar nuevas aplicaciones pudiendo volcar directamente dicha memoria en otros equipos destinados a controlar las mismas funciones, sin necesidad de repetir toda la programación.

Los relés programables son unos dispositivos capaces de responder a la necesidad de modificaciones o ampliaciones de las instalaciones eléctricas sin necesidad de agregar nuevos elementos de control en las mismas ya que incorporan numerosas funciones que a menudo no todas son utilizadas, aparte de la posibilidad de agregar módulos de expansión.

Queda por tanto justificada su instalación en aquellas aplicaciones en las que se suponen futuras variaciones. Por otra parte las modernas tecnologías de fabricación han permitido un abaratamiento de costos considerable en este tipo de productos, eso unido al hecho que su utilización entraña siempre un considerable ahorro de tiempo en cableado y espacio, hace de los relés programables en muchos casos la mejor opción.

4.1.4 Salidas. Generalmente todos los relés programables suelen presentar el mismo aspecto que el de la (Figura.1), en todo caso siempre son modulares con medidas estandarizadas y anclaje guía DIN para facilitar su instalación en armarios y cuadros de control, el número de entradas y salidas así como las funciones disponibles varían de un modelo a otro pero, en principio todos suelen tener un mínimo de ocho entradas y cuatro salidas.

Figura 2. Esquema relé programable



En la parte superior aparecen los bornes de alimentación y las entradas de control. La alimentación corresponde a los bornes marcados, - + o N L, (figuras 2 y 3) y puede ser a 12V / 24V. DC o 125 / 220V. AC, según modelo. Las entradas de control son los bornes marcados, I1...I8, (figuras 2 y 3), la activación de dichas entradas también puede ser a 12V / 24V. DC o 125 / 220V. AC, según modelo y aplicación.

En la parte central hay la pantalla, la consola de programación, y la memoria extraíble, algunos modelos disponen de conector para tarjetas de expansión (entradas o salidas) y también suele estar alojado en la parte frontal. La pantalla muestra el estado del equipo y las líneas de programa. La consola de programación integrada permite el desarrollo y modificación del programa sin necesidad de ningún elemento externo.

La memoria extraíble conserva el programa y puede volcarse fácilmente en caso de pérdida del mismo en el propio equipo u otro de las mismas características. En la parte inferior están los bornes de salida marcados, tal como hemos comentado estas salidas pueden ser, libres de potencial o activas, en tal caso la tensión de salida de estas es la misma que la tensión de alimentación.

Figura 3. Conexionado DC con salidas libres de potencial

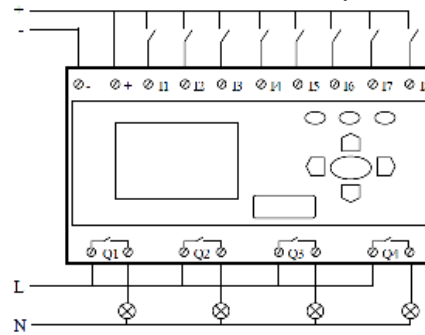
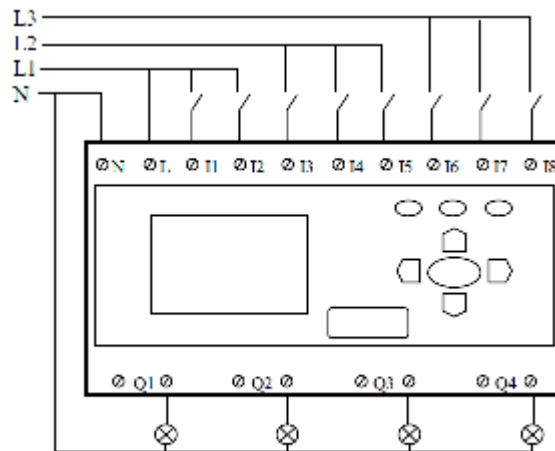


Figura 4. Conexionado AC con salidas activas



4.1.5 Tipos de programación. Cuando se habla de programación encontramos diferentes niveles según la complejidad del sistema a controlar.

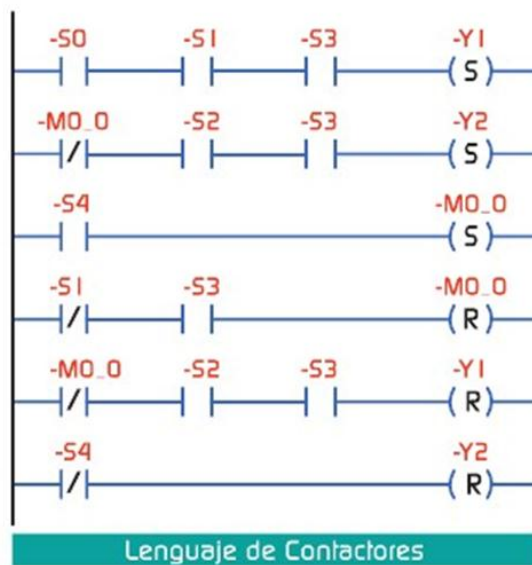
- **Bajo Nivel:** En el ámbito de programación de PLC no se utiliza directamente el lenguaje de máquina o del ensamblador. Se emplea el lenguaje de lista de instrucciones, y relés similar al lenguaje ensamblador, con una sintaxis y vocabulario acordes con la terminología usada en PLC.
- **Alto Nivel:** Se caracterizan principalmente por ser visuales, aunque existen también lenguajes escritos de alto nivel.

Figura 5: Lenguaje de programación de alto nivel



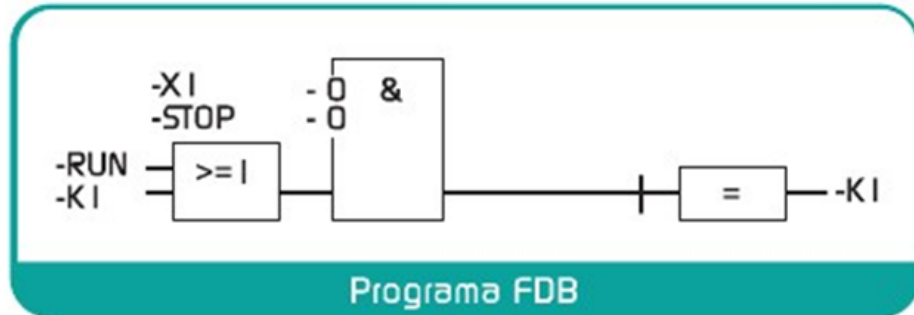
- Diagrama de Contactos: Representa el funcionamiento deseado, como en un circuito de contactores y relés, fácil de entender y utilizar para usuarios con experiencia en lógica cableada. En general, nos referimos a este lenguaje como LADDER (escalera), ya que la forma de construcción de su esquema se asemeja a una escalera

Figura 6. Programación en ladder



- Diagrama de Bloques Funcionales: Utiliza los diagramas lógicos de la electrónica digital.

Figura 7. Programación en diagrama de bloque



4.2 NEUMÁTICA

La neumática se puede definir como la técnica de aplicación y utilización racional del aire comprimido.

Es principalmente utilizada para la realización de las siguientes funciones:

- Detección de estados mediante sensores.
- Procesamiento de información mediante procesadores.
- Acondicionamiento de actuadores mediante elementos de control.
- Ejecución de trabajos mediante actuadores.

Los elementos neumáticos permiten realizar los siguientes tipos de movimientos:

- Lineal.
- Giratorio.
- Rotativo.

4.2.1 Aplicaciones. Algunas de las aplicaciones son:

Aplicaciones generales en la técnica de manipulación:

- Sujeción de piezas.
- Desplazamiento de piezas.
- Posicionamiento de piezas.
- Orientación de piezas.

- Bifurcación del flujo de materiales

Aplicaciones generales en técnicas especializadas:

- Embalar.
- Llenar.
- Dosificar.
- Accionar ejes.
- Transportar materiales
- Girar piezas.
- Separar piezas.
- Apilar piezas.
- Estampar y prensar piezas.

Aplicaciones en técnicas de fabricación:

- Perforar.
- Tornear.
- Fresar.
- Deformar.
- Controlar

4.2.2 Ventajas del aire comprimido Abundante: Algunas son:

- Es ilimitado y se encuentra disponible gratuitamente en cualquier lugar. No precisa conductos de retorno. El aire utilizado pasa de nuevo a la atmosfera.
- Almacenamiento: Es almacenable en acumuladores o depósitos, puede ser transportado y utilizado donde y cuando se necesite.
- Antideflagrante: Está a prueba de explosiones, no hay riesgo de chispas en atmosferas explosivas. Puede utilizarse en lugares húmedos sin riesgo eléctrico
- Temperatura: Es fiable, incluso a temperaturas extremas.
- Limpieza: Cuando se producen escapes no es perjudicial y pueden colocarse en las líneas depuradores o extractores para mantener el aire limpio, por lo tanto es posible su limpieza.
- Velocidad: Se obtiene velocidades muy elevadas en las aplicaciones debido a sus características físicas
- Regulación: Las velocidades y las fuerzas pueden regularse de manera continua y escalonada, combinando con sistemas oleo neumáticos.

4.2.3 Desventajas del aire comprimidoPreparación: Algunas son:

- Es preciso eliminar impurezas y humedades del aire antes de la utilización.
- Velocidad: Debido a su gran compresibilidad, no se obtienen velocidades uniformes en los elementos de trabajo.
- Ruido: Al realizar una acción el escape del aire a la atmosfera produce ruido bastante molesto. Se suspenderá mediante dispositivos silenciadores.
- Coste: Es una fuente de energía cara, pero compensada con el buen rendimiento y facilidad de implantación.

4.3 ELEMENTOS NEUMATICOS

Cilindros neumáticos: El acondicionamiento de estos cilindros se realiza mediante aire comprimido y el retorno se puede hacer mediante el aire comprimido, con muelle o cualquier otra causa externa.

4.3.1 Tipos de cilindros son los siguientes:

Cilindros de simple efecto: El aire actúa en una de las solas cámaras para efectuar la carrera de trabajo. Retorno se realiza mecánicamente, ya sea con muelle interior o con fuerza externa.

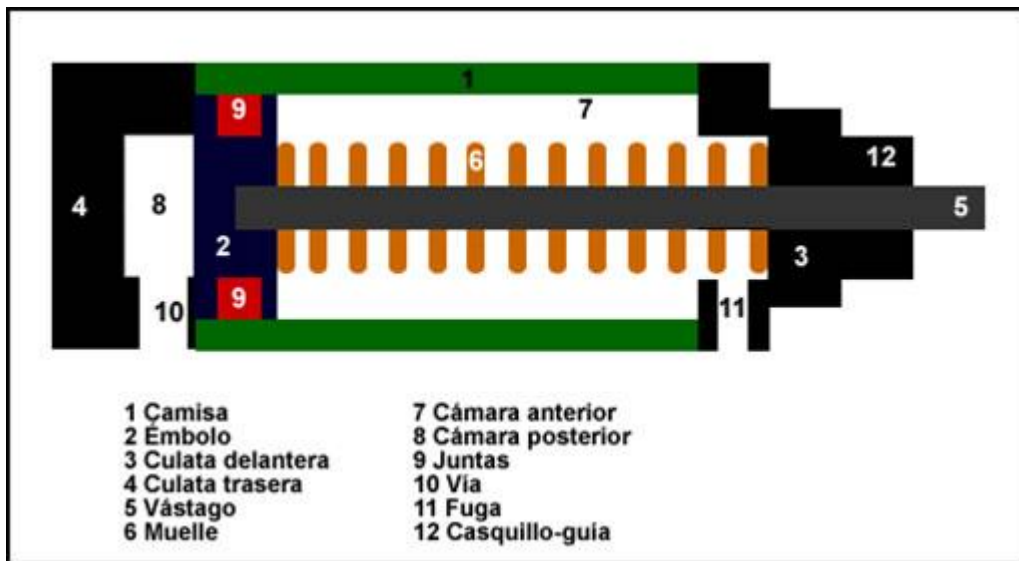
Cuando el retorno se realiza por muelle no conviene que su carrera exceda 2,5 veces el diámetro del embolo.

Esta limitación viene impuesta por la propia existencia del muelle, que reduce la carrera real del cilindro. La presión de retroceso es aproximadamente el 15% de la nominal del cilindro.

El esfuerzo que estos cilindros pueden realizar es menor al final de su carrera que al principio, a medida que avanza el vástago se va comprimiendo el muelle, teniendo que vencer una mayor fuerza antagonista.

Estos cilindros generalmente se realizan con diámetros pequeños y carreras cortas. Se utilizan para efectuar movimientos auxiliares en las automatizaciones, tales como sujeción, alimentación, expulsión, etc.

Figura 8. Partes de un cilindro simple efecto



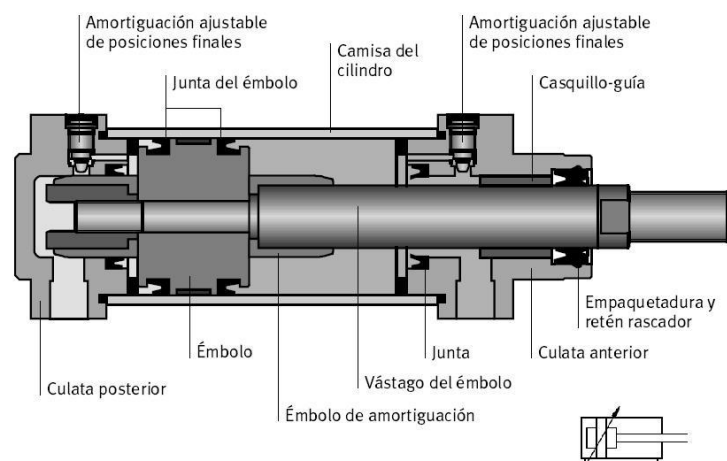
Cilindro de doble efecto: son los más empleados, el aire comprimido actúa en ambas cámaras, el embolo y el vástago del cilindro se pueden desplazar en las dos direcciones por efecto del fluido.

Para que el vástago del cilindro se desplace en una de las dos direcciones es preciso que una de las cámaras este alimentada y las otras a escape.

Los cilindros de doble efecto con respecto a los de simple efecto presentan algunas ventajas:

- Pueden realizar esfuerzos en ambas carrera.
- Las carreras son mayores, pues se aprovecha casi toda la longitud del cuerpo del cilindro.
- El retroceso del vástago no depende de cargas o elementos mecánicos.
- El régimen de funcionamiento se ajusta con mayor precisión.

Figura 9. Partes de un cilindro de doble efecto.



4.3.2 Estructura de los cilindros. Las partes de los cilindros neumáticos son:

- La camisa: Suele ser una de una sola pieza y de acero sin costuras de soldadura, de aluminio de latón o de tubos de acero con superficie interior cromada si está expuesto a la corrosión.
- Las culatas: suelen ser de material fundido (aluminio o fundición maleable). Las sujeciones de ambas culatas a la camisa del cilindro pueden efectuarse mediante barras, roscas o bridas.
- Vástago y émbolo: en la mayoría de los casos el vástago y el embolo son de acero inoxidable, con el fin de estancuar el vástago, la culata correspondiente esta provista de una ranura anular.
- Casquillo de cojinete: es de bronce sintetizado o de metal recubierto de material plástico, el casquillo de cojinete guía el vástago.
- Anillo roscador: situado delante del casquillo de cojinete, mediante el anillo roscador se evita que penetren partículas del polvo o de suciedad en la cámara del cilindro.
- Juntas: la estanqueidad estática se realiza mediante juntas. Para la culata la junta más utilizada en la teórica, esta va arrojada en la ranura mecanizada donde se introduce el tubo. El frenado final de carrera de los cilindros neumáticos se realizan con la junta montada en la cual en forma de "U" en las que el freno cierra con el labio interno.

4.3.3 Propiedades de los cilindros.

- Fuerza del embolo: la fuerza del embolo de un cilindro depende de la presión del aire, del diámetro del cilindro y de la resistencia por la fricción de elementos estancuantes.

Fórmula para calcular la fuerza teórica:

$$F_t = A \cdot P$$

F_t = fuerza teórica del embolo (N)

A = superficie útil del embolo (m²)

P = presión de trabajo (Pa)

- Carrera: la carrera en los cilindros neumáticos no debería exceder de 2m. las carreras demasiado grandes significan un esfuerzo demasiado grande para el vástago y el cojinete guía.
- Velocidad del embolo: En determinada por la sección más pequeña de los conductos de alimentación, por la presión del aire, por el diámetro del cilindro y por la carga que experimenta el vástago por efecto de la pieza que se está manipulando. La velocidad medida de los émbolos de los cilindros estándar oscila aproximadamente entre 0,1 y 0,5 m/s. la velocidad de los

cilindros puede ser reducida mediante válvulas de estrangulación y anti retorno, y para aumentarla deberá recurrirse a sistemas de escape rápido.

- Consumo de aire: es importante saber cuánto aire consume la red neumática. Dada la presión de trabajo, el diámetro del cilindro y la carrera, el consumo de aire puede calcularse así:

Consumo de aire = relación de compresión * superficie de embolo * carrera

4.4 VÁLVULAS

Las válvulas tienen la función de controlar la presión o el paso de aire a la presión según su tipo.

4.4.1 Clases de válvulas. Algunas válvulas son:

- **Válvulas de vías:** controlan el paso de señales neumáticas o de flujo de aire. Estas válvulas abren, cierran o modifican la dirección del paso de aire a presión.

Parámetros de una válvula de vías:

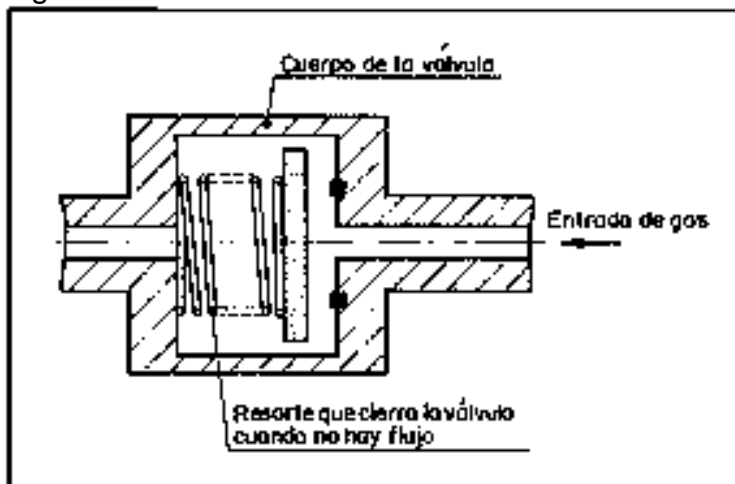
- Cantidad de conexiones (vías) 2, 3, 4 etc.
- Cantidad de posiciones de conmutación 2,3, etc.
- Tipo de accionamiento: por muelle, por presión.

Figura 10. Válvulas de vías



- Válvulas de cierre o anti retorno: permiten que el flujo de aire pase en una sola dirección. Este tipo de válvulas es utilizado, en válvulas selectoras o en combinación con una válvula reguladora de caudal, en válvulas de estrangulamiento y anti retorno.

Figura 11. Válvula cierre o anti retorno

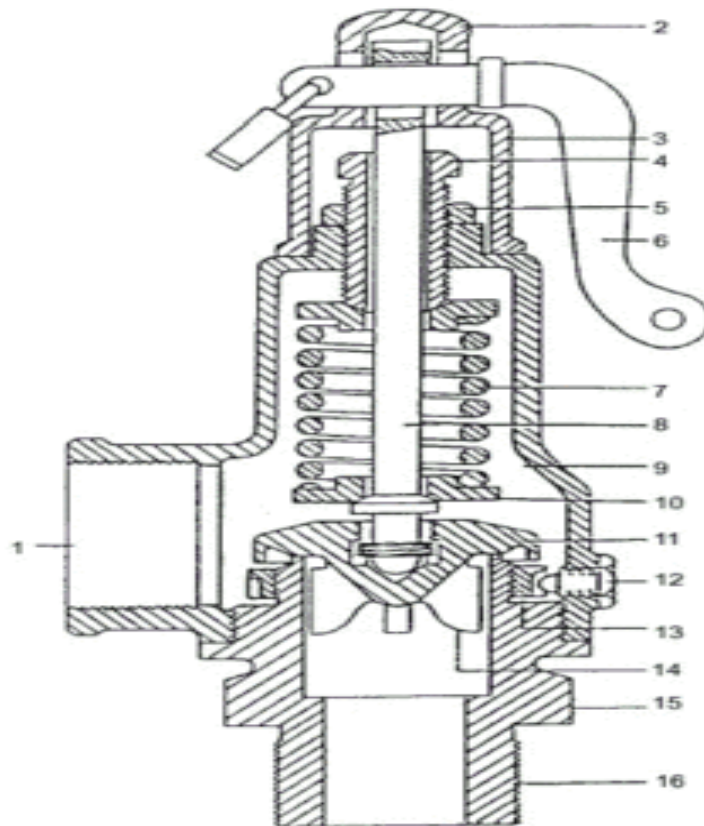


- Válvulas reguladoras de flujo o de estrangulación: bloquean o estrangulan el caudal, regulan el paso de aire. Las válvulas reguladoras de flujo deberían instalarse en las inmediaciones del elemento de trabajo.
- Válvulas de presión: se clasifican en tres grupos:
 - Las válvulas limitadoras de presión son instaladas detrás del compresor con el fin del limitar la presión en el acumulador. Las válvulas reguladoras de presión se encargan de mantener constante la presión de trabajo.
 - Las válvulas de secuencia son utilizadas en aquellos casos en los que se necesite una señal de presión para activar un mando.
 - Las válvulas reguladoras de presión: estas válvulas son utilizadas para mantener una presión constante e incluso si oscilarse la presión en la red neumática. La presión mínima de entrada debe ser mayor que la presión de salida.
- Unidades compactas: la combinación de varios elementos permite ejecutar otras funciones secuenciales. Podrían mencionarse la válvula temporizadora. Esta combinación de válvula de estrangulación y anti retorno, acumulador y válvula de 3/2 vías es utilizada como elemento temporizador.

4.4.2 Conexiones y accionamiento de las válvulas:

Conexión	DIN ISO 5599
Conexión de aire a presión	1, P
Escape de aire	3, 5 o R,S
Salidas	2, 4, o A,B
conexiones de mando	X,Y,Z
conexión de aire a presión 1 hacia 2	12
conexión de presión de 1 hacia 4	14
cancela salida de señal	10
aire auxiliar del mando	81,91 o P,Z

Figura 12. Válvula de presión



1. Boca de salida lateral.
2. Caperuza.
3. Sombrerete o bonete.
4. Tornillo de ajuste.
5. Tuerca de fijación del ajuste.
6. Palanca de apertura manual.
7. Resorte.
8. Husillo o vástago.
9. Cuerpo.
10. Placa del extremo del resorte.
11. Disco de cierre de la válvula.
12. Tornillo de fijación del anillo de ajuste.
13. Anillo de ajuste del escape.
14. Elemento de guiado en parte inferior.
15. Asiento.
16. Conexión roscada al recipiente.

Accionamiento de las válvulas: los tipos de acondicionamiento de las válvulas neumáticas de las exigencias que plantee el sistema. Los tipos de acondicionamiento pueden ser:

- Acondicionamiento mecánico
- Acondicionamiento neumático
- Acondicionamiento eléctrico
- Combinación de tipos de acondicionamiento

4.4.3 Simbología neumática.

Figura 13. Símbolos neumáticos



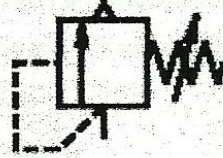
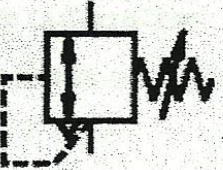

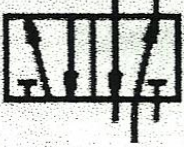
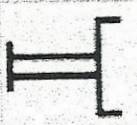
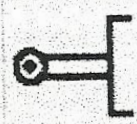

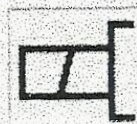


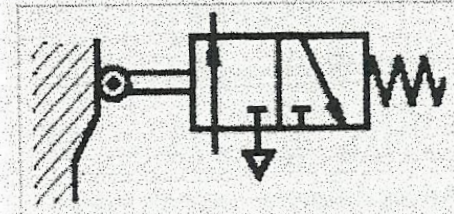
Válvulas de vías	
	Antirretorno.
	Antirretorno con resorte.
	Regulador de presión.
	Regulador de presión con escape.
	Regulador de caudal.
	Válvula 5/2.

Figura 13. (continuación) Símbolos neumáticos

Accionamientos	
Símbolo:	Descripción:
	Pulsador en general.
	Accionamiento por rodillo.
	Accionamiento por presión.
	Electroválvula.
	Accionamiento por Motor eléctrico.
	Retorno por muelle.
	Final de carrera accionado.

4.5. ELECTRONEUMATICA

El aire comprimido tiene por objeto la sustitución de la acción muscular, eliminando aquellos trabajos más penosos y obtener un funcionamiento más rápido en las máquinas, con una mayor seguridad para el operario y una garantía constante de calidad para las producciones en serie.

La automatización neumática de las maquinas nos permite trabajar con velocidades altas de conmutación y realizar los movimientos con la rapidez de respuesta requerida. La señal eléctrica se transmite a la velocidad de la luz.

4.5.1 Mandos Electro neumáticos son :

Auxiliares de mando: Pulsadores, pilotos detectores de posición

Relés electromagnéticos: simples relés temporales, relés con enclavamiento.

4.5.2 Detectores de proximidad. Un detector de proximidad o interruptor final de carrera electrónico está compuesto de un contacto de un compuesto reed fundido en un bloque de resina sintética. Este contacto cierra cuando se acerca a un campo magnético y emite una señal eléctrica. Un diodo luminoso indica el estado de comunicación. En estado de excitación se ilumina el diodo led.

Los detectores de proximidad ofrecen múltiples ventajas, especialmente cuando hay numerosos procesos de conmutación. También se aplican si el espacio es demasiado reducido para el montaje de interruptores mecánicos o si las condiciones del medio ambiente lo exigen (polvo, arena humedad). Los detectores de proximidad sin contacto son utilizados preferiblemente en los siguientes casos.

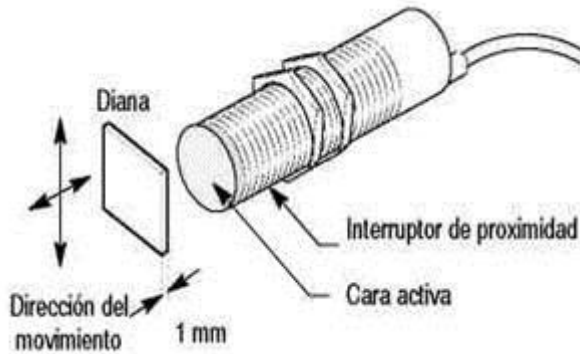
- Si no se dispone de fuerza para el accionamiento.
- Si es necesario de contar con una vida útil larga.
- Si en el sistema se producen fuertes vibraciones o trepidaciones.
- Si las condiciones del medio ambiente son difíciles.
- Si son necesarias altas frecuencias de conmutación

Los tipos de detectores de proximidad son:

Detectores de proximidad inductivos: si en un transmisor inductivo se aplica una tensión, el oscilador produce un campo magnético de alta frecuencia mediante una bobina oscilante. Este campo es la zona de conmutación activa. Si un objeto metálico penetra en esta zona, le sustrae energía al oscilador. Este proceso tiene un efecto amortiguador sobre la amplitud de las oscilaciones

libres, por lo que este emite una señal mediante una tapa disparadora. Los detectores de proximidad inductivos solo reaccionan ante objetos metálicos.

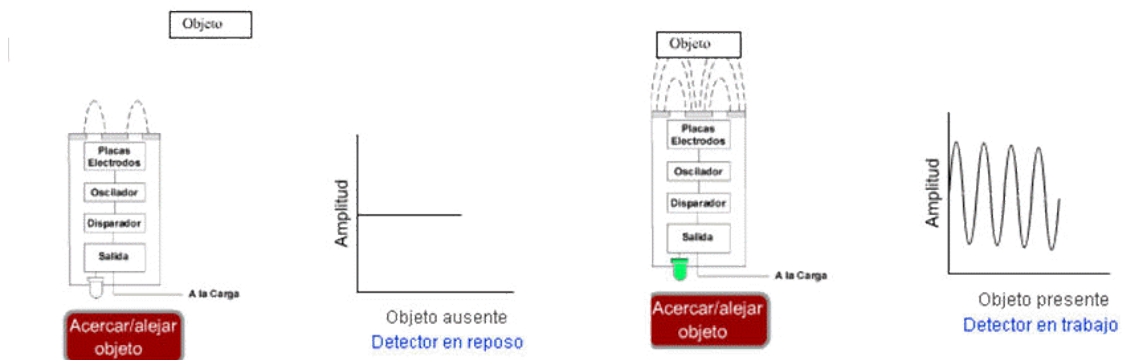
Figura 14. Detector de proximidad inductivo.



Detectores de proximidad capacitivos: Funcionan con un oscilador, el cual no está activo constantemente. Si se acerca un objeto metálico o no metálico a la superficie activa del sensor, aumenta la capacidad eléctrica entre la conexión con tierra y dicha superficie activa. Cuando se rebasa determinado valor. Empieza a excitarse el oscilador. Las oscilaciones son evaluadas por un amplificador. Para que responda el iniciador, basta con acerca el medio que deberá ser detectado a la superficie activa del sensor. No es necesario que se produzca un contacto directo.

Son ideales para ser usados como detectores de nivel de depósitos que contienen granulados, harina, azúcar, cemento, yeso o líquidos tales como aceite, gasolina o agua. También para el conteo de objetos metálicos y no metálicos. Su principal inconveniente es la humedad, motivo por el cual hay que evitar que se forme una película de humedad sobre el iniciador mediante calefacción, irradiación de calor o ventilación con aire caliente.

Figura 15. Detector de proximidad capacitivo



Detectores de proximidad ópticos: el iniciador opto electrónico reacciona sin contacto directo frente todo tipo de materiales: vidrio, madera, plásticos, lamina, cerámica, papel, líquido y metales. Ese detector emite una luz cuya reflexión varía en función del material. Funciona sin problemas a través de cristales o líquidos y es insensible a las vibraciones. Otras posibles aplicaciones son la detección de piezas de dimensiones muy pequeñas, mediciones de niveles de llenado, detección de zonas expuestas al peligro de explosión.

Funcionamiento: consta de un sensor constituido por un diodo luminoso un foto transistor, un elemento de sincronización y por un amplificador. El diodo luminoso emite centellas de luz infra roja, si se produce una reflexión la luz es captada por el fototransistor incorporado. El elemento de sincronización procesa la señal recibida y actúa sobre la salida a través de un amplificador. El amplificador del recetor es selectivo (para luz infrarrojo), de modo que las ondas de luz diferentes no tienen diferencia alguna.

Figura 16. Detector de proximidad óptico



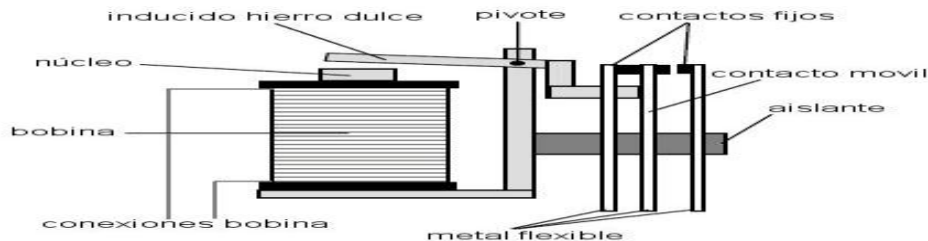
4.6 ELEMENTO DE PROCESAMIENTO DE SEÑALES ELÉCTRICAS.

4.6.1 Relés: los relés son elementos constructivos que conmutan y controlan con poca energía. Un rele puede ser descrito como un conmutador de rendimiento definido y accionado electromagnéticamente. Los relés son utilizados en máquinas y equipos como elementos de control y regulación. Un relé debe cumplir con varios requisitos prácticos:

- Está prácticamente exento de mantenimiento
- Elevada frecuencias de conmutación

- Conmutación de corrientes y tenciones muy pequeñas y también relativamente altas
- Velocidades de trabajo altas (tiempo mínimos de conmutación)

Figura17. Relé



Funcionamiento: conectando la tensión a la bobina, fluye una corriente que crea un campo magnético el inducido hacia el núcleo de la bobina. El inducido por su parte, está previsto de contactos mecánicos que puede abrir. Este estado se mantiene mientras esta aplicado la tensión. Al interrumpirla el inducido vuelve a su posición normal por acción a un muelle.

Ventajas:

- Fácil adaptación a diversas tenciones de trabajo
- Insensibilidad térmica frente al medio ambiente. Los relés funcionan fiablemente a temperaturas entre el 80grados centígrados hasta menos 40 grados centígrados
- Resistencia mente elevada entre los contactos de trabajo desconectados
- Posibilidad de activar varios circuitos independientes entre sí.
- Presencia de una separación galvánica entre el circuito de mando y circuito principal.

Desventajas:

- Desgaste de los contactos por arco voltaico u oxidación.
- Necesidad de más espacio que los transistores.
- Ruidos al conmutar. Velocidad de conmutación limitada de 3 m hasta 17m.
- Interferencia por suciedad (polvo) en los contactos.

Para elegir un relé se recurre a fichas técnicas que incluyen todos los valores de importancias: como corriente, tención etc.

En la práctica se utilizan tantos relés de corriente continua como de corriente alterna. Por lo que establecemos las ventajas y las desventajas de cada uno de estos dos tipos de relés

4.6.1.1. Relés de corriente continua:

Ventajas:

- Trabajo y conmutación suave
- Fácil conexión
- baja potencia de conexión
- Baja fuerza de retención
- Silenciosa
- Vida útil más larga que la versión de corriente alterna

Desventajas:

- Sobre tensión al desconectar
- Necesidad de extinguir chispas
- Esfuerzo considerable para los contactos
- Esfuerzo considerable para los contactos
- Necesidad de incluir un rectificador si solo se dispone de corriente alterna
- Tiempos de conmutación mayores

4.6.1.2 Relés de corriente alterna:

Ventajas:

- Tiempos de conmutación breves
- Gran fuerza de tracción
- Por lo general no es necesario una extinción de chispas
- No hay necesidad de un rectificador de corriente continua

Desventajas:

- Considerables esfuerzos mecánicos
- Mayor calentamiento de la holgura se mantiene a pesar de una elevada absorción de corriente
- Menor durabilidad (conmutaciones)
- Cantidad limitada de conmutaciones en fusión de la carrera
- Zumbido
- Sensible a sobrecargas e inhibiciones mecánicas

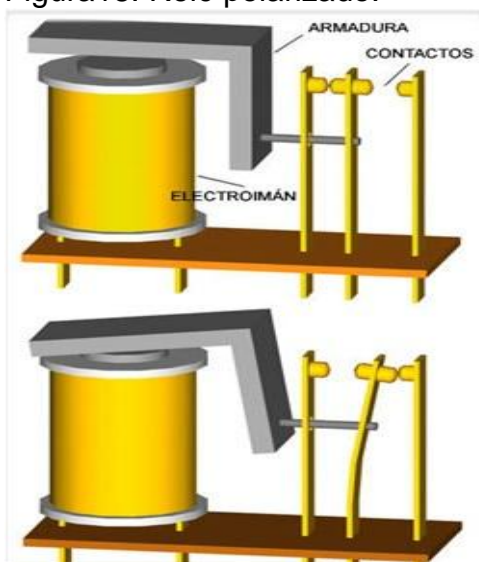
4.6.2 Clases de relés:

Relés polarizados: Es utilizado en aquellos casos en lo que se dispone de poca potencia para la excitación de relés. La potencia de respuesta es de aproximadamente 0 hasta 0.5w

El muelle permite ajustar el inducido a 3 posiciones de reposo diferentes:

- Posición de reposo unilateral
- Posición de reposo bilateral
- Posición de reposo intermedia

Figura18. Relé polarizado.



Relés de impulsos de corriente. Son contadores electromagnéticos que mantienen su estado de conmutación incluso cuando se les retira la energía (impulso de mando). Dicha permanencia de estado en conmutación se obtiene mediante un bloque mecánico. Estos relés están compuestos a un imán, inducido y contactos de conmutación que pueden ser normalmente abiertos o cerrados. Se utiliza especialmente en instalaciones electromagnéticas.

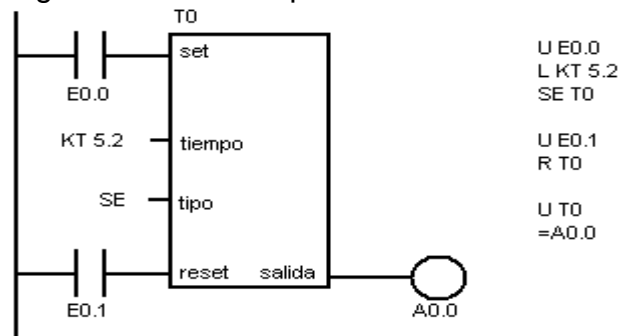
Relés con magnetismo residual: se trata de un relé especial con mucho magnetismo residual porque su inducido mantiene su posición incluso después de retirarse el impulso del mando, pueden también mantener su estado de conmutación si se interrumpe la red eléctrica. Es un relé con auto retención magnética. Un impulso positivo excita el relé y lo mantiene en ese estado por un tiempo indeterminado; un impulso negativo desconecta el relé.

Relés temporizadores: este tipo de relés tienen la función de desconectar o conectar contactos en un circuito acoplado detrás de los interruptores normalmente cerrados o abiertos. Estos relés efectúan dicha conexión o desconexión de un tiempo determinado y ajustable.

Figura 19. Relés temporizadores



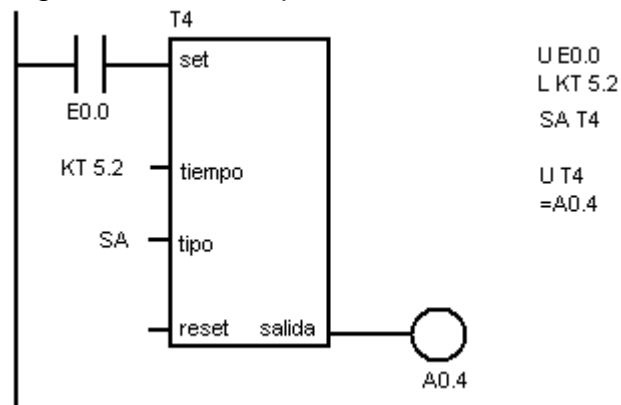
Figura 20. Relé temporizador con retardo a la conexión



Funcionamiento: accionado S1 se inicia el tiempo de retardo y fluye una corriente por una resistencia regulable R1 hacia el condensador C1. El diodo D1, acoplado en paralelo, no permite el paso de corriente en esa dirección por la resistencia de descarga R2, también fluye una corriente, que no está en fase aun, no tiene importancia. El relé conmuta cuando el condensador alcanza la tensión de respuesta del relé K1. Al soltar S1 se interrumpe el circuito electrónico y condensador de descarga rápidamente del diodo D1 y la resistencia R2. En consecuencia, el relé pasa inmediatamente a su posición normal.

Diagrama de funcionamiento: muestra los estados de las señales, indica claramente que después de accionar el pulsador S1 primero tiene que transcurrir el tiempo T que se haya ajustado para que se haya excitado el relé.

Figura 21. Relé temporizador con retardo a la desconexión



Funcionamiento: accionado S1 fluye la corriente a través del diodo D1 hacia el condensador C1 y el relé k1. El reloj conmuta inmediatamente. La corriente que fluye a través de R2 carece de importancia. Al soltar S1 se interrumpe el circuito. Entonces puede descargarse el condensador C1 por la resistencia R1 y R2; ya que el diodo D1 bloquea

Diagrama de funcionamiento: al soltar el pulsador S1 primero tiene que transcurrir el tiempo de retardo T que se haya ajustado y solo entonces desconecta el relé K1

Tv: tiempo de retardo ajustado

Te: tiempo de señal de entrada

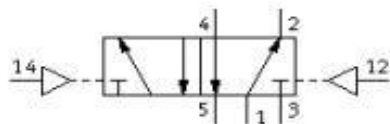
4.7 SISTEMA DE CONVERSIÓN ELECTROMAGNÉTICA.

4.7.1 Electroválvulas: se encargan de convertir las señales electrónicas en señales magnéticas. Estas electroválvulas están compuestas de una válvula neumática y de una unidad de conmutación eléctrica (cabezal electromagnético). Algunas de estas electroválvulas son:

Electroválvulas de 2/2 vías de accionamiento manual: en posición normal, esta válvula está cerrada. Se trata de una válvula de asiento accionada unilateralmente. El aire comprimido está conectado en 1 (P). La corriente de aire a la salida 2 (a) está bloqueada por el inducido. Si la bobina recibe una señal eléctrica se desplaza el inducido por efecto del campo magnético. El aire comprimido puede entonces pasar de la entrada 1 (P) hacia la salida 2(A). La

válvula vuelve a su posición normal por efecto del muelle recuperador si se interrumpe la señal eléctrica.

Figura 22. Electroválvula de 2/2 vías de accionamiento manual



Electroválvula de 3/2 vías abiertas en posición normal: es una válvula de asiento con dos posibles posiciones de conmutación, estando abierta en posición normal. El aire comprimido pasa de 1 (P) hacia 2(A). La válvula conmuta por medio de una señal eléctrica en la bobina. El conducto 2(a) es considerado por la conexión 3 (R) mientras el inducido bloquea la conexión 1. Estas válvulas son utilizadas si es necesario que un cilindro de simple efecto tenga su posición en el final de carrera delantero o si tiene que emitirse una señal eléctrica.

Figura 23. Electroválvula 3/2 vías abiertas en posición normal



Electroválvula de 4/2 (servo pilotaje, accionamiento manual): la válvula de 4/2 está compuesta por dos válvulas de 4/2 está compuesta por dos válvulas de 3/2 vías y tiene la función de controlar un cilindro de doble efecto o de encargarse del control de otras válvulas. Una señal eléctrica tiene como consecuencia que el inducido abra el paso. El aire comprimido que pasa por el canal de aire de pilotaje actúa sobre los dos émbolos de la válvula permitiendo la conmutación permitida. En estado de conmutación está abierto el paso entre las conexiones 1 (p) y 4 (a); la conexión 2 (b) expulsa el aire en dirección de la conexión 3(R) cuando se interrumpe la señal eléctrica. Ambos émbolos de la válvula vuelven a su posición normal, con lo que queda abierto el paso 1 (p) hacia 2 (b) mientras q la conexión 4 (a) expulsa el aire por la conexión 3 (r). El accionamiento normal permite conmutar la válvula.

Figura 24. Electroválvula de 4/2 (servo pilotaje, accionamiento manual)



4.7.2 Convertidores de señales neumático – eléctrico PE: una señal neumática en la entrada X desplaza un pequeño embolo que activa un micro interruptor. Este emisor de señales eléctricas actúa alternativamente como interruptor. Al interrumpir la señal de la entrada en X el embolo vuelve a su posición normal por acción de un muelle, con lo que queda libre el emisor de señales eléctricas. El margen de presiones abarca desde 0.8 bares hasta 10 bares.

5. METODOLOGIA

5.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

Metodología utilizada de tipo investigativo y aplicativo de un PLC teco con lenguaje de programación ladder, que se encuentra en el laboratorio de Mecatrónica de la Institución Universitaria Pascual Bravo, y buscar la forma de repotenciarlo para que funcione óptimamente.

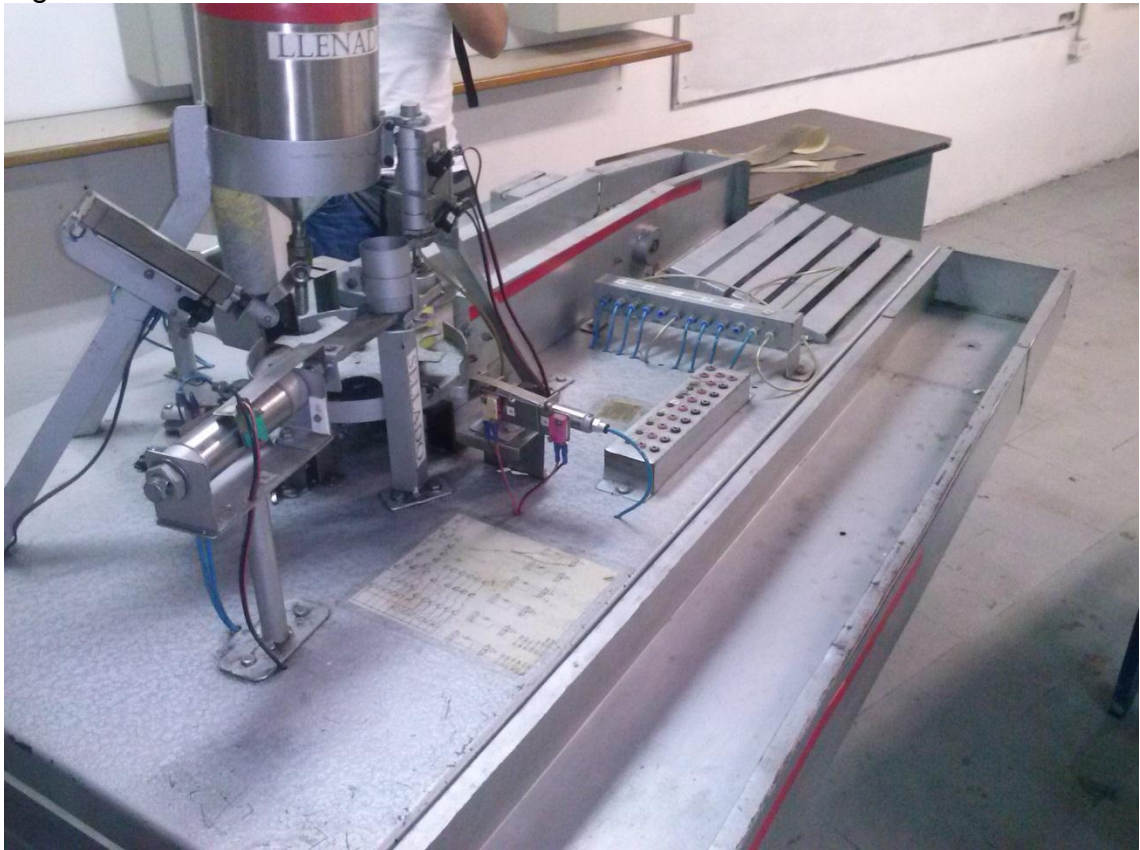
Trabajaremos en el desarrollo del proyecto en varias fases o etapas:

- Consultar todo lo relacionado con la llenadora didáctica (de qué manera funcionaba, que lógica tenía)
- Revisar el estado de la llenadora didáctica.
- Analizar para dar ideas sobre las partes que tenemos que, cambiar, comprar o rediseñar
- Adquirir los repuestos necesarios para la reparación de la llenadora didáctica.
- Repotenciar la llenadora y dejarla en condiciones óptimas para garantizar el funcionamiento de ésta al probar el programa del PLC.
- Investigar sobre los sensores necesarios, electroválvulas para realizar la lógica del control
- Montar y hacer prueba del funcionamiento de la llenadora.

6. RESULTADO DEL PROYECTO

Se presenta en primera instancia el estado de la maquina antes de iniciar el proceso de repotenciación.

Figura 25. Estado inicial de la embotelladora



En el proceso de la llenadora didáctica para envases de yogurt se incluyeron varias formas de hacerlo las cuales serán descritas a continuación.

Como primero se inició pensando en la forma de repotenciar o mejorar la estructura física la cual estará basada en platinas, sistema de rotación, llenado y posición de sensores los cuales servirán como guía para tener una línea de llenado estable en la parte mecánica, estas platinas las colocamos de forma que nos sirvan de refuerzo para las bases de los cilindros, finales de carrera y soporte del brazo de llenado.

La forma de girar la estrella por donde circulan las botellas le acondicionamos una rueda libre y un brazo de acero con cadena soldado a un cilindro, para garantizar que estrella gire según requerimientos.

Para el llenado utilizamos el mismo sistema original, realizamos varias pruebas cronometradas para saber qué tiempo necesitaba el llenado por envase, en base a este tiempo programamos el PLC para así poder garantizar un proceso automático sin pérdidas de líquido por desfases en la secuencia del plc.

Este sistema de llenado fue muy importante para seguir adelante con nuestro proyecto ya que teníamos que pensar en cómo, cuándo y en qué momento debíamos llenar el envase y para eso primero teníamos que saber cómo posicionarlos bien y para esto ya teníamos que empezar a conocer diferentes tipos de sensores (finales de carreras, sensores capacitivos e inductivos) y con sus señales enviárselas al PLC para controlar el sistema.

A continuación se analizó el tapado del envase, sistema que dejamos tal y como estaba porque es un sistema confiable y lo único que teníamos que hacerle era programar los cilindros de forma que su secuencia fuera segura y pudiera darnos un buen resultado, secuencia que va programada en el PLC

A continuación se presenta el programa correspondiente en Ladder con base en la secuencia a cumplir según requerimientos

En el secuencia de llenado nos encontramos con múltiples inconvenientes relacionados con los tiempos de llenado, ya que se sobrellenada o sub-llenaba los envases, pero este problema se soluciona con base en múltiples pruebas hasta llegar al ajuste requerido, se implementa un pulsador tipo hongo el cual nos desenergiza todas las líneas y vuelve al estado de arranque.

Luego de pensar en la lógica del llenado también teníamos que pensar en la forma de posicionar correctamente el envase para garantizar que este sistema fuera optimo y tapara en la forma correcta lo que se tenía previsto se implementó un final de carrera de iguales características al que usa para el llenado del recipiente

En el momento de realizar el programa para automatizar toda la llenadora tuvimos en cuenta todos los datos anteriores, sistemas sensores, tiempo de llenado, etc, cuántas señales de entrada y de salida necesitaríamos para poder instalar el PLC, se toma la decisión de implementar un PLC TECO

Buscando la facilidad para que el estudiante interactúe directamente con el proceso de llenado se implementan borneras de acople con cable banana, de

igual forma se diseña una caja con candado donde se ubica el PLC y las borneras de los sensores para que el estudiante pueda ver y manipular el plc, su programación, parada y arranque.

A continuación la definición de entradas y salidas del programa:

ENTRADAS

I1=START

I2=STOP

I3= SENSOR PRESENCIA BOTELLA

I4= SENSOR LLENADO

I5=SENSOR TAPADO

I6=A1 POSICION FINAL CILINDRO A

I7=B1 POSICION FINAL CILINDRO B

I8= D1 POSICION FINAL CILINDRO D

SALIDAS

Q1= Y1 CILINDRO ENTREGA ENVASE

Q2=Y2 CILINDRO GIRO

Q3=Y3 CILINDRO LLENADO

Q4=Y6 CILINDRO POSICIONAMIENTO TAPA

Q5=Y5 CILINDRO AJUSTE DE ENVASE

Q6=Y6 CILINDRO TAPADO

La descripción del funcionamiento del programa: este se divide en tres fases la de posicionamiento-giro, la de llenado y la de tapado.

FASE DE POSICIONAMIENTO Y GIRO: en esta sección de programación esta incluido el star y stop de la máquina. Al pulsar start se energiza la marca M1 y se enclava, esta marca está anteponiendo todas las señales para poder asegurar que solo arranque la maquina cuando se dé un pulso de start Cuando esté en start y se dé la señal I1 se setea la solenoide de la válvula Y1 pero esta activación depende que no se esté dando la señal de llenado Y3 para asegurar que no se gire la rueda estrella mientras se llena, sale el cilindro "A" y ajusta el envase a la rueda estrella, cuando el sensor del cilindro se active I6 se energiza la solenoide de la válvula 2 y esta misma al accionar el cilindro me activa el sensor I7 que me desactiva la válvula "Y1" y "Y2" alimentando y posicionando el envase para ser llenado de nuevo.

FASE DE LLENADO: En esta como en todas las fases primero tiene que estar energizada la maquina (M1) para poder proceder a llenar, cuando el sensor I4 se activa se energiza el temporizador (el tiempo necesario para llenado) y al mismo tiempo setea la válvula "Y3" solo mientras este la presencia del envase y no esté la solenoide Y2 para asegurar que no llene si se está girando o

posicionando los envases. Al retirarse, el contador se resetea y se desactiva inmediatamente la solenoide “Y3”, esto con el fin de evitar derrames.

FASE DE TAPADO: Si esta energizada la maquina (M1) y se da la señal I5 se energiza las solenoides Y4 y Y5 accionando los cilindros D y E respectivamente siempre y cuando las señales Y2, Y6 Y M05 no se estén dando. Esta solenoide se queda activa hasta que se da la señal I8 que setea la marca M05 des energizando las solenoides Y4 y Y5 y activando la solenoide Y6 para proceder al tapado, esta válvula se des energiza al momento de terminar el llenado con la marca T1

Figura 26. Programación de PLC

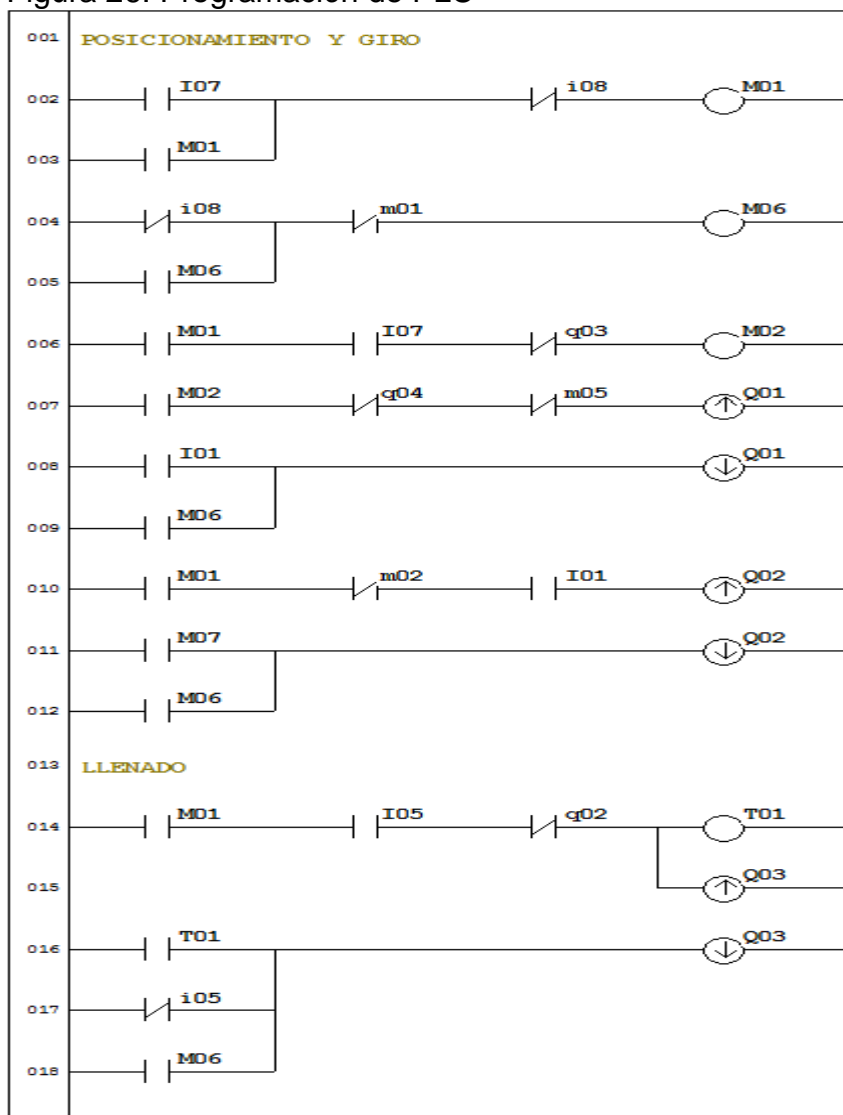


Figura 26. (Continuación) Programación de PLC

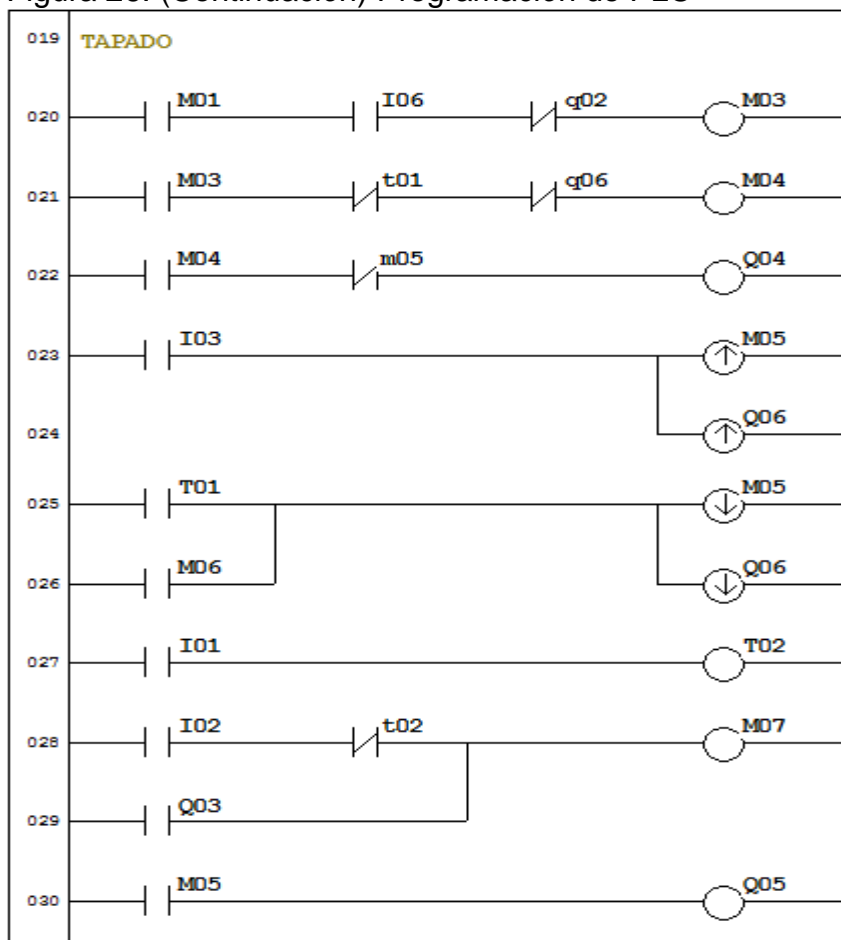


Figura 27. PLC



Figura 28. Embotelladora completa



7. RECOMENDACIONES

Para mejorar la exactitud este sistema se le pueden cambiar los finales de carrera por unos sensores capacitivos para que mande señales más exactas al plc y se pueda controlar más fácil y rápido.

Se pueden cambiar la forma de la alimentación para que sea más ligada a la industria ya que ellos cuentan con unas más grandes y de muchos envases, así de esta manera no nos tendríamos que preocupar por la cantidad de envases que necesitemos

8. CONCLUSIONES

Se evidencia la importancia de tener material didáctico de esta índole en los laboratorios de la institución, ya que durante el desarrollo del proyecto se pudo evidenciar la carencia de estos materiales y se tuvieron que solicitar colaboración a profesores de la institución quienes aportaron ideas valiosas para la solución de problemas que encontrados durante la programación y pruebas de los distintos componentes.

Se propició un entorno agradable de trabajo durante la elaboración del proyecto en el que se afianzaron conocimientos de manera práctica, didáctica, adquiriendo así una mayor capacidad de análisis por parte de nosotros.

El programa final permite ser modificado, sea para anexar funciones u omitirlas, volviendo el brazo más versátil al momento de requerirlo. Además el PLC utilizado permite controlar señales análogas y digitales con las que se pueden simular situaciones o entornos industriales.

BIBLIOGRAFÍA

CROSER, P. Neumática. Esslingen, 1991. 290 Pag

MAIXNER, H y SAVER, E. Introducción a la electroneumática. Esslingen, 1990. 240 Pág.

MANUAL DE MECANICA INDUSTRIA. Autómatas y robótica. España, 1999. 236 Pág. Tomo 3

BOLTON, William. Mecatrónica Sistemas de Control Electrónico en Ing. Mecánica y Eléctrica. 2a ed. México: Editorial Alfa Omega, 2001. 543 pág

CHAPMAN, Stephen J. Maquinas Eléctricas. 3a ed. Editorial McGraw-Hill, 2000

ROMERAL, José Luis. Autómatas Programables. México: Editorial Alfa Omega. 439 pág.

CIBERGRAFIA

Que es un PLC (Básico) [en línea]. [Citado el 03 de Abril de 2013]. Disponible en Internet:< http://www.rocatek.com/forum_plc1.php>

CANTO, Carlos E. Sensores Inductivos [en línea]. [Citado el 15 de Marzo de 2013]. Disponible en Internet:
<http://galia.fc.uaslp.mx/~cantocar/automatas/PRESENTACIONES_PLC_PDF_S/24_SENSORES_INDUCTIVOS.PDF>

Lenguajes de programación - Principios básicos de PLC[en línea]. [Citado el 8 de octubre de 2007]. Disponible en Internet:<<http://recursostic.educacion.es/observatorio/web/ca/component/content/article/502-monografico-lenguajes-de-programacion?start=2>>

Mecanismos de Transformación [en línea]. [Citado el 05 de Abril de 2013]. Disponible en Internet:<http://www.kalipedia.com/tecnologia/tema/mecanismos-motores-energia/mecanismo-pinion-cremallera.html?x=20070822klpingtcn_62.Kes&ap=0>