

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

Acondicionamiento del banco de Electroneumática del laboratorio de hidráulica y neumática del ITM

Jorge Andrés Londoño García

Juan Felipe Blandón Diez

Ingeniería Electromecánica

Carlos Alberto Acevedo Álvarez, IM.

Vladimir Imbol Rúa, IEM.

INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO

FACULTAD DE INGENIERÍAS

INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

MEDELLÍN-COLOMBIA

AGOSTO DE 2017

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

RESUMEN

El presente proyecto de laboratorio tiene como objetivo reacondicionar el nuevo banco de electroneumática de marca “Micro”, el cual no se encuentra en operación debido a problemas que presenta tanto en su estructura eléctrica y física. Además, se busca que el banco quede funcionando en óptimas condiciones para que los estudiantes puedan utilizarlo como una herramienta de aprendizaje en el momento de la práctica de laboratorio.

También se pretende que este banco cuente con las adecuadas rutas de mantenimiento para reducir al máximo posibles fallas que este pueda presentar debido a su constante funcionamiento. Como propuesta final se ejecutará el diseño de dos guías teórico-prácticas las cuales proponen que el estudiante desarrolle una lógica que permita tener las habilidades competentes necesarias para poder abordar el problema y encontrar la solución al mismo.

Palabras clave: Electroneumática, reacondicionar, guías teórico-prácticas, mantenimiento.

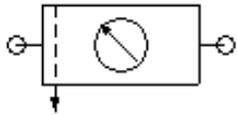
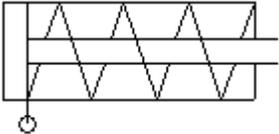
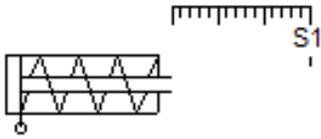
	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

RECONOCIMIENTOS

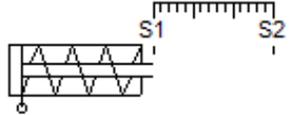
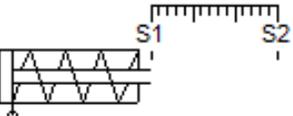
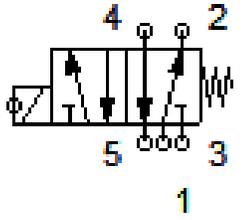
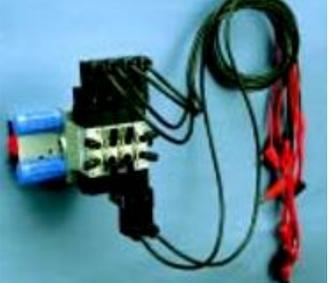
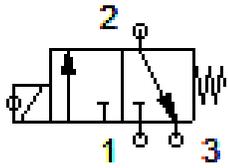
Especial agradecimiento a nuestro director Carlos Alberto Acevedo Álvarez por la confianza que nos brinda y el apoyo que nos ofrece en nuestra etapa de formación profesional, de antemano le damos las gracias por todo el tiempo que dedica en esta gran labor de ser un guía en nuestra etapa de estudiantes todo con el fin de llegar ser unos profesionales íntegros y productivos en nuestra sociedad y también a nuestro codirector Vladimir Imbol Rúa por toda la paciencia que tuvo, los conocimientos dados y todo el apoyo brindado durante la reparación del banco electroneumático y el desarrollo de las guías.

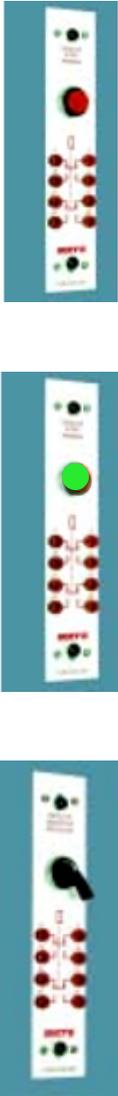
 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

ACRÓNIMOS

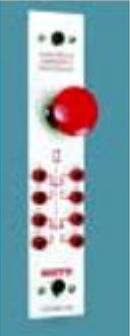
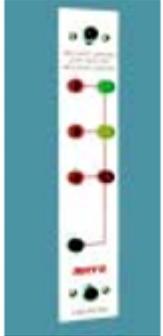
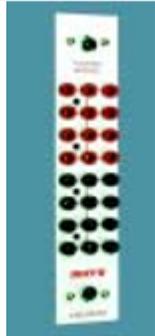
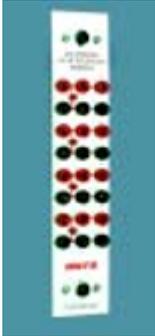
		<p>Regulador de presión con filtro y válvula de corte</p>
		<p>Cilindro de simple efecto</p>
		<p>Cilindro de doble efecto con imán</p>
		<p>Final de carrera neumático para cilindro</p>

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

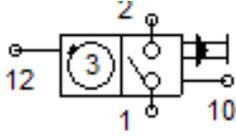
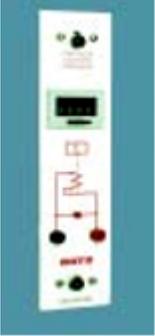
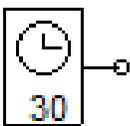
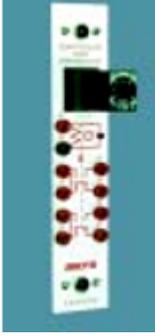
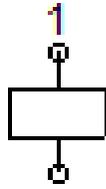
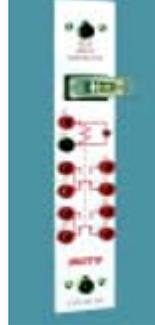
		Sensor magnetico para cilindro
		Sensor capacitivo para cilindro
		Sensor inductivo para cilindro
		Manifold de electroválvulas 5/2
		

<p>+24V ○—○</p> <p>0V ○—○</p>		<p>Fuente de alimentación</p>
		<p>Pulsador de paro</p> <p>Pulsador de marcha</p> <p>Selector manual</p>

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

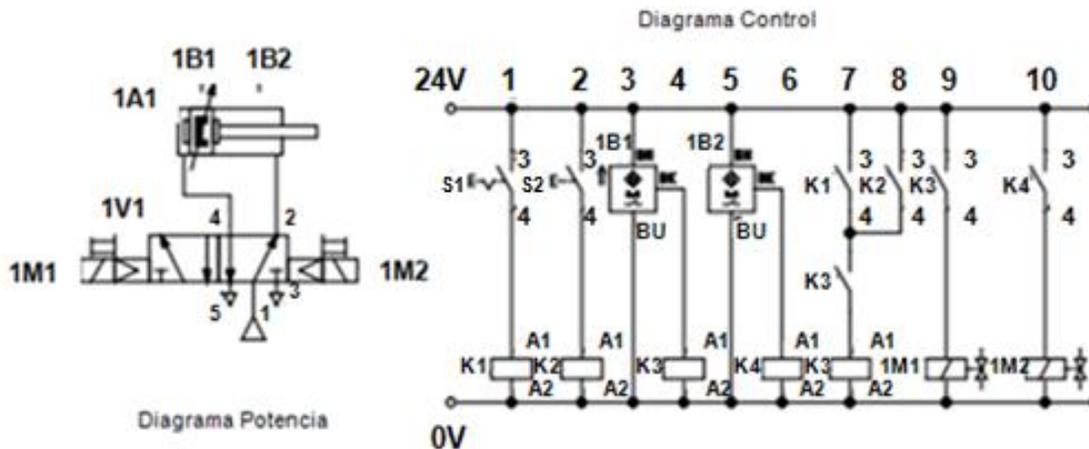
		Pulsador paro de emergencia
		Indicador luminoso
	 	Módulo para puentes Módulo para bobinas

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

		Contador de 4 dígitos
		Temporizador de 0 a 30 segundos
		Contactor con 2 contactos NA y 2 contactos NC

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

PARTES ESENCIALES DE UN CIRCUITO ELECTRONEUMÁTICO



SIGLAS

- *B* Interruptor de final de carrera, presostato
- *K* Relé eléctrico
- *M* Bobina de una válvula
- *Q* Contactor, válvula distribuidora
- *S* Pulsadores de acondicionamiento manual
- *AZ* Unidad de mantenimiento
- *BG* Interruptor de final de carrera
- *KF* Contactor auxiliar, regulador, relé
- *MM* Cilindro neumático
- *PF* Luz de aviso, LED
- *QB* Seccionador (eléctrico)
- *SF* Pulsador (eléctrico)
- *Bar* Unidad de medida de presión, equivalente a 100000 Pa y aproximadamente a 14.504 PSI

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- *NA* Normalmente abierto; término usado para describir en dispositivos que tiene la función de permitir o impedir el paso de un flujo, dependiendo de un accionamiento, que en su estado natural ó estado de reposo, el componente da libre vía al flujo de lo que esté circulando.
- *NC* Normalmente abierto; término usado para describir en dispositivos que tiene la función de permitir o impedir el paso de un flujo, dependiendo de un accionamiento, que en su estado natural ó estado de reposo, el componente bloquea el flujo de lo que esté circulando.
- *Pa* (Pascal), Unidad de medida de presión base del sistema internacional; un Pascal es equivalente a $1 Pa = 1 \frac{N}{m^2}$
- *PSI* Unidad de medida de presión más utilizada en el sistema Inglés, un PSI es equivalente a $1 psi = 1 \frac{Lbf}{in^2} = 6895 Pa$
- *Válvula 3/2* Válvula neumática cuya característica radica en tener 3 vías y ser una válvula con 2 posiciones.
- *Válvula 5/2* Válvula neumática cuya característica radica en tener 5 vías y ser una válvula con 2 posiciones.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

TABLA DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN	15
1.1	GENERALIDADES.....	15
1.2	OBJETIVOS	16
1.2.1	General	16
1.2.2	Específicos	16
2.	MARCO TEÓRICO.....	17
2.1	DEFINICIÓN DE ELECTRONEUMÁTICA.....	17
2.2	COMPONENTES AUXILIARES DE LA ELECTRONEUMÁTICA.....	18
2.3	LÓGICA ELECTRONEUMÁTICA	20
2.4	ELEMENTOS BÁSICOS DE UN CIRCUITO ELECTRONEUMÁTICO	21
2.4.1	Regulador de presión	21
2.4.2	Cilindro de simple efecto	21
2.4.3	Cilindro de doble efecto	22
2.4.4	Final de carrera.....	23
2.4.5	Sensor inductivo para cilindros	23
2.4.6	Sensor capacitivo para cilindros.....	24
2.4.7	Electroválvulas.....	24
2.4.8	Manifold de electroválvulas 5/2	24
2.4.9	Pulsador inicio, pulsador paro, selector manual y paro de emergencia	25
2.4.10	Indicador luminoso.....	26
2.4.11	Módulo para puentes.....	26
2.4.12	Módulo para bobinas	27
2.4.13	Contador de 4 dígitos	27

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

2.4.14	Contactador con 2 contactos NA y 2 contactos NC.....	28
2.4.15	Temporizador de 0 a 30 segundos	28
3.	METODOLOGÍA.....	29
3.1	ANÁLISIS TÉCNICO DEL BANCO DE ELECTRONEUMÁTICA	29
3.2	RUTA DE MANTENIMIENTO	32
3.2.1	Plan de mantenimiento preventivo de cilindros	32
3.2.1.1	Limpieza de partes	33
3.2.1.2	Pruebas.....	33
3.2.2	Plan de mantenimiento preventivo de válvulas direccionales	34
3.2.2.1	Limpieza de partes	35
3.2.2.2	Pruebas de estanqueidad y funcionamiento	35
3.2.3	Plan de mantenimiento preventivo de válvulas auxiliares	36
3.2.3.1	Limpieza de partes	37
3.2.4	Plan de mantenimiento preventivo de unidades FRL	37
3.2.4.1	Drenaje del condensado.....	38
3.2.4.2	Reposición de lubricante.....	38
3.2.4.3	Regulación del dosaje.....	39
3.2.4.4	Limpieza de elementos filtrantes.....	39
3.2.4.5	Lavado de vasos, deflectoras y guarniciones elásticas.....	39
3.2.5	Plan de mantenimiento preventivo de Sensores inductivos.....	40
3.2.6	Mantenimiento preventivo del sistema eléctrico.....	40
3.3	REALIZACIÓN DE LAS GUÍAS TEÓRICO-PRÁCTICAS.....	41
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	43
4.1	Reparaciones al banco de electroneumática.....	43
4.2	Guías Teórico-Prácticas.....	44
5.	CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO	66
5.1	CONCLUSIONES	66
5.2	RECOMENDACIONES	67
		12

INDICE DE FIGURAS Y TABLAS

Figura 1 Regulador de presión.....	21
Figura 2 Cilindro de simple efecto.....	22
Figura 3 Cilindro de doble efecto.	22
Figura 4 Cilindro de doble efecto.	23
Figura 5 Sensor inductivo para cilindros.	23
Figura 6 Sensor capacitivo para cilindros.	24
Figura 7 Manifold electroválvulas 5/2.....	25
Figura 8 Pulsador inicio, pulsador paro, selector manual, paro de emergencia.	25
Figura 9 Indicador luminoso.	26
Figura 10 Módulo para puentes.	26
Figura 11 Módulo para bobinas.....	27
Figura 12 Contador de 4 dígitos.	27
Figura 13 Contactor con 2 contactos NA y 2 contactos NC.....	28
Figura 14 Temporizador de 0 a 30 segundos.	28
Figura 15 bastidor con ruedas.	29
Figura 16 Gabinete portaelementos.	30
Figura 17 Bandeja de trabajo.	30
Figura 18 Cajonera.....	30
Figura 19 Actuadores.....	32
Figura 20 Electroválvulas.....	34
Figura 21 Válvulas.....	36
Figura 22 Sensores inductivos.	40
Figura 23 Módulo electroneumática.....	40

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Inventario módulo de electroneumática 31

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

1. INTRODUCCIÓN

1.1 GENERALIDADES

El laboratorio de hidráulica y neumática del Instituto Tecnológico Metropolitano, en el análisis de su prestación de servicios, presenta falencias en uno de los módulos de trabajo de electroneumática ya que este no se encuentra en funcionamiento, por lo cual se generan dificultades en el momento en que los estudiantes requieran realizar sus montajes o proyectos competentes con el curso de hidráulica y neumática. Debido a los problemas que presenta este banco se nota la falta de interés y de aprendizaje por algunos estudiantes, ya que una minoría practica mientras que la mayoría se limita a observar o a esperar, generando en el estudiante desmotivación, también, la cantidad de tiempo que debe invertir un docente a la hora de evaluar es muy extenso, haciendo que se atrase en su cronograma de actividades; además este banco no cumple con los estándares de calidad por problemas de fábrica ya que su red eléctrica presenta un corto circuito en gran parte de su sistema, también se logra evidenciar que las borneras donde se conectan los cables se desprenden con facilidad del módulo. Por último, se trabajará en la selección del cableado adecuado para dicho modulo.

¿Por qué es necesario hacer el reacondicionamiento de este módulo sabiendo que es una marca diferente a la que actualmente tienen los otros módulos?

Al momento de reacondicionar este módulo de Electroneumática se mejora notablemente el entorno de trabajo en el laboratorio, ya que aumenta la disponibilidad de bancos electroneumáticos para los grupos de estudio. En este banco se podrán realizar circuitos básicos e intermedios. El montaje y desmontaje de los componentes es más fácil, ya que los bancos son móviles, permitiéndole al estudiante interactuar y explorar nuevos métodos de solución de circuitos electroneumáticos más complejos, mejorando el nivel de conocimientos, competencias y destrezas. Por otro lado, se busca que los estudiantes interactúen con otro tipo de modulo como el “Micro” ya que en la industria se pueden encontrar con diferentes tipos de marcas distintas a la trabajada en los laboratorios de hidráulica y neumática como lo es la marca “Festo”.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

En resumen, es necesario el acondicionamiento de este módulo de Electroneumática para que los Tecnólogos e Ingenieros Electromecánicos de la institución dispongan de las herramientas necesarias que acredite una formación integral y desarrollo de habilidades profesionales en el área de la automatización neumática y así destacarse en el ámbito laboral y profesional.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 General

Adecuar el nuevo banco de Electroneumática del laboratorio de hidráulica y neumática del Instituto Tecnológico Metropolitano.

1.2.2 Específicos

- Acondicionar el módulo para que este en óptimas condiciones al momento de hacer uso del mismo.
- Establecer rutas de mantenimiento para el banco.
- Desarrollar dos guías teórico-prácticas de circuitos neumáticos y sus diferentes métodos, que sean aplicables al banco de Electroneumática.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

2. MARCO TEÓRICO

2.1 DEFINICIÓN DE ELECTRONEUMÁTICA

Para ejecutar este proyecto es necesario tener los conceptos básicos del área de la neumática y eléctrica. Para abordar este tema; la neumática se refiere “al estudio de los movimiento del aire” (Creus Solé, 2007). Hoy las ventajas que presenta el uso de la neumática son el bajo costo de sus componentes, su facilidad de diseño e implementación, gracias a este sistema se da la posibilidad “transmitir energía a grandes distancias, mantenimiento fácil y la economía en las aplicaciones” (Creus Solé, 2007). Uniendo estas dos ramas tanto neumática como la eléctrica da un paso a la Electroneumática en donde la energía eléctrica “Sustituye a la energía neumática como el elemento natural para la generación y transmisión de las señales de control que se ubican en los sistemas de mando” (Gaona, 2008).

La utilización de sistemas electroneumáticos ha sido un gran complemento para los procesos industriales facilitando el desempeño de las máquinas y herramientas, además, moderniza el campo de la automatización en general. En la Electroneumática los actuadores siguen siendo neumáticos, los mismos que en la neumática básica pero las válvulas de gobierno mandadas neumáticamente son sustituidas por electroválvulas activadas con electroimanes en lugar de pilotadas con aire comprimido. Las electroválvulas son convertidores electroneumáticos que transforman una señal eléctrica en una actuación neumática. Por otra parte, los sensores, finales de carrera y captadores de información son elementos eléctricos, con lo que la regulación y la automatización son, por tanto, eléctricas o electrónicas.

Esta rama de la Electroneumática al abarcar tanto la electricidad como la electrónica se presta para emitir, combinar, transportar y secuenciar señales. “Se suele decir que la neumática es la fuerza y la electricidad los nervios” (Arce, 2011). En la actualidad, la fuente principal de la neumática es el aire de la atmósfera, el cual es tomado y comprimido por medio de un compresor; el cual es una máquina que impulsa aire, gases o vapores, ejerciendo influencia sobre las condiciones de presión.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Al seleccionar el compresor más adecuado para trabajar, se tienen en cuenta dos propiedades fundamentales, la presión y el caudal. La *presión* es la fuerza ejercida sobre un área determinada, y está dada por la expresión $P = \frac{F}{A}$; y sus unidades fundamentales son el Pascal ($Pa = \frac{N}{m^2}$) en el sistema internacional, y el psi ($\frac{lbf}{in^2}$) en el sistema Inglés. El *caudal* es la cantidad de flujo que atraviesa una sección dada por unidad de tiempo, y está dada por las expresiones $Q = \frac{V}{t} \Leftrightarrow (v)(A)$; y sus unidades son el metro cúbico por segundo ($\frac{m^3}{s}$) en el sistema internacional, y el pie cúbico por segundo ($\frac{ft^3}{s}$) en el sistema Inglés.

2.2 COMPONENTES AUXILIARES DE LA ELECTRONEUMÁTICA

La Electroneumática se divide en dos ramas principales que son el circuito de potencia y el circuito de mando. El circuito de potencia está constituido por los elementos por los que fluye la energía, hasta llegar a los componentes encargados de realizar el trabajo de la máquina. En cambio, el circuito de mando realiza la dirección del mismo en función de las entradas recibidas y del programa en ejecución.

Los componentes auxiliares de la Electroneumática son:

- *las electroválvulas*: reúnen las ventajas de la electricidad y de la neumática y pueden ser consideradas convertidores electroneumáticos. Constan de una válvula neumática como medio de generar una señal de salida, y de un accionamiento eléctrico denominado solenoide. La aplicación de una corriente al solenoide genera una fuerza electromagnética que mueve la armadura conectada a la leva de la válvula.

Acción directa: en esta familia de válvulas actúa directamente en el embolo que abre o cierra el orificio permitiendo que el fluido pase o pare.

Acción indirecta: el orificio principal es abierto por el desequilibrio entre las presiones en las superficies del diafragma superior e inferior (o del pistón).

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Acción mixta: La abertura del orificio principal es efectuada por el desequilibrio de presiones entre el cuerpo superior y el inferior combinando con la acción directa del embolo que esta fijo a un diafragma mediante un resorte. (Altec, 2011)

- *Relé eléctrico;* este dispositivo es diseñado para producir modificaciones súbitas en uno o varios circuitos eléctricos de salida, cuando se cumplen ciertas condiciones en los circuitos eléctricos de entrada controladores del dispositivo. (Giró, 1997)
- *Convertidor de señal neumático-eléctrico:* Transforma una señal neumática en otra eléctrica. Con frecuencia recibe el nombre de presostato cuando la presión es por encima de la atmosférica y vacuostato cuando la presión es por debajo de la atmosférica. El funcionamiento es simple: cuando la fuerza de presión vence la fuerza del muelle tarado mediante un tornillo, se realiza un contacto eléctrico. (Arce, 2011)

Al diseñar un circuito electroneumático, se buscan las formas de comandar y controlar uno o varios elementos de trabajo, para ello, generalmente se siguen los siguientes pasos:

- Funciones necesarias y requisitos a cumplir.
- Componentes requeridos para realizar las funciones.
- Sistema de control de los actuadores.
- Forma de conexión.
- Generación de aire y unidades de mantenimiento, filtros, etc.
- Secuencia de los movimientos y transmisión de señales.

Los dos principales métodos de trabajo en el diseño secuencial de un circuito electroneumático se basan en:

El método cascada corresponde a un dispositivo formado por válvulas biestables accionadas por aire conectadas en serie; para realizar este método, se debe dividir la secuencia de trabajo en

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

grupos para tener un control del accionamiento de los actuadores, el dispositivo de válvulas en serie se encarga de suministrar el aire al grupo que esté actuando al momento, y al presentar el bloqueo, el sistema se encarga de cambiar de grupo, evitando el problema. Para establecer el número de válvulas adicionales, se usa la siguiente ecuación: $Válvulas_{ADD} = \#grupos - 1$.

En el método paso a paso, El dispositivo de mando está conformado por un conjunto de válvulas biestables conectadas en paralelo, de modo que cada válvula se alimenta directamente de la red de aire; en este método, la secuencia es dividida en grupos, y cada grupo es controlado por las válvulas de distribución, de modo que, al finalizar la secuencia de un grupo, éste accione la válvula para dar paso al siguiente.

2.3 LÓGICA ELECTRONEUMÁTICA

La Fluídica o lógica de fluidos es la tecnología que utiliza fluidos para generar y actuar con señales analógicas u operar con señales digitales de manera similar a la electrónica. Esta ha sido utilizada a menudo en procesos industriales, basándose en lógica primaria: unidades SI, NO, ó temporizadores, enclavamientos, etc. Aunque en las últimas décadas ha sido reemplazada por la lógica de los sistemas de control eléctricos y, posteriormente, los sistemas electrónicos, debido al menor tamaño y más bajo coste. Las unidades electroneumáticas son usadas en procesos donde el aire comprimido es la única fuente de energía (como en sistemas expuestos a alta interferencia electromagnética o radiación ionizante). Un chorro de fluido puede ser deflactado por medio de otros mucho más pequeños, que los modifican, si existe un diseño adecuado de las conducciones.

	<p style="text-align: center;">INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</p>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

2.4 ELEMENTOS BÁSICOS DE UN CIRCUITO ELECTRONEUMÁTICO

2.4.1 Regulador de presión

Este dispositivo consta de un filtro y regulador con su manómetro, una válvula 3/2 colizante y sus conectores, La válvula colizante tiene la doble función de poder interrumpir el suministro de aire y a la vez despresurizar el circuito, ofreciendo así condiciones de seguridad.



Figura 1 Regulador de presión. (Automacion, 2007)

2.4.2 Cilindro de simple efecto

El cilindro de simple efecto cuenta con una sola entrada neumática, ya que su retorno es realizado con la ayuda de su muelle (Resorte). El cilindro de simple efecto avanza mientras se le suministre aire a su entrada, y retrocede cuando dicho suministro le sea retirado.



Figura 2 Cilindro de simple efecto. (Automacion, 2007)

2.4.3 Cilindro de doble efecto

El pistón es accionado por el aire comprimido en ambas carreras. Realiza trabajo aprovechable en los dos sentidos de marcha.



Figura 3 Cilindro de doble efecto. (Automacion, 2007)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

2.4.4 Final de carrera

Son dispositivos, fijos o regulables, colocados generalmente en las tapas de los cilindros, y cuya finalidad es la de absorber la energía cinética de las masas en movimiento.



Figura 4 Cilindro de doble efecto. (Automacion, 2007)

2.4.5 Sensor inductivo para cilindros

Son de amplia utilización en maquinaria de todo tipo de industria, donde reemplazan con múltiples ventajas interruptores mecánicos. Aptos para censado de piezas metálicas.



Figura 5 Sensor inductivo para cilindros. (Automacion, 2007)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

2.4.6 Sensor capacitivo para cilindros

Utilizado para control de nivel de líquidos, nivel de granos, sensado de sustancias a través de paneles de vidrio o plástico.



Figura 6 Sensor capacitivo para cilindros. (Automacion, 2007)

2.4.7 Electroválvulas

En las electroválvulas la señal que da origen a la conmutación es de naturaleza eléctrica, excitando a un solenoide que por acción magnética provoca el desplazamiento de un núcleo móvil interno que habilita o no el pasaje de fluido. En los mandos directos el mismo núcleo habilita o no el pasaje principal de fluido; en los mandos electroneumáticos una válvula piloto de mando directo comanda la señal neumática que desplaza al distribuidor principal.

2.4.8 Manifold de electroválvulas 5/2

Consta de 2 electroválvulas 5/2 monoestables de mando electroneumático y con reacción a resorte; 1 electroválvula 5/2 biestable y 2 electroválvulas 3/2 monoestables de mando

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

electroneumático y reacción a resorte. Están montadas en un Manifold de válvulas con silenciadores en los escapes y sus conectores.

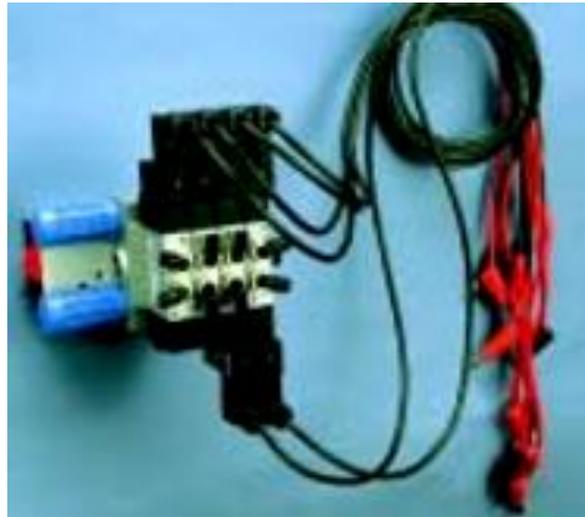


Figura 7 Manifold electroválvulas 5/2. (Automacion, 2007)

2.4.9 Pulsador inicio, pulsador paro, selector manual y paro de emergencia

Cada uno de estos elementos tiene la función de introducir, desviar, cortar señales manuales provenientes del operador. Su circuito eléctrico está formado por dos contactos NA y dos contactos NC, que se invierten al ser operados.

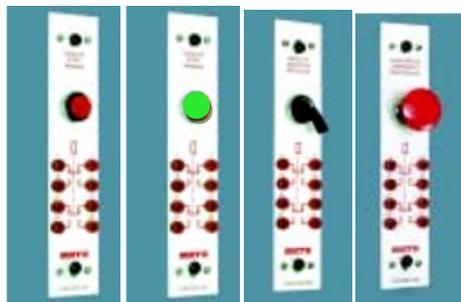


Figura 8 Pulsador inicio, pulsador paro, selector manual, paro de emergencia (Automacion, 2007)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

2.4.10 Indicador luminoso

Este módulo se usa para simular arranques y paradas de componentes ausentes en el panel didáctico, por ejemplo: motores, alarmas, sirenas, etc. Está compuesto por tres indicadores LED's de colores, uno rojo, uno verde y el restante amarillo. La placa que los sostiene posee cuatro bornes, uno para cada uno de indicadores y un borne común a los tres.

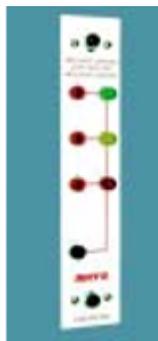


Figura 9 Indicador luminoso. (Automacion, 2007)

2.4.11 Módulo para puentes

Con este módulo es posible multiplicar la cantidad de polaridades positivas y negativas logrando 11 salidas por cada una.

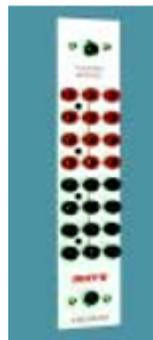


Figura 10 Módulo para puentes. (Automacion, 2007)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

2.4.12 Módulo para bobinas

La función de este módulo es de duplicar la capacidad de salida de los mandos para las bobinas de las electroválvulas, cuando teniendo una sola salida de un elemento de control se necesita ampliar el destino a más de un elemento. Para cada par negativo y positivo, hay un LED indicador para señalar el pasaje de corriente. Tienen una capacidad de 4 pares.

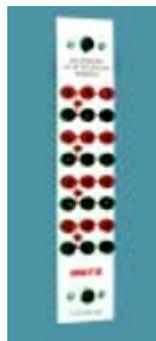


Figura 11 Módulo para bobinas. (Automacion, 2007)

2.4.13 Contador de 4 dígitos

Se usa para controlar el número de operaciones que se están realizando.

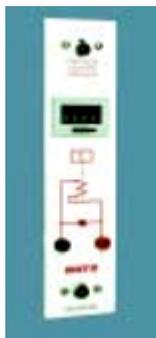


Figura 12 Contador de 4 dígitos. (Automacion, 2007)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

2.4.14 Contactor con 2 contactos NA y 2 contactos NC

Este elemento es usado como contacto auxiliar o como memoria en un circuito con lógica de relé.

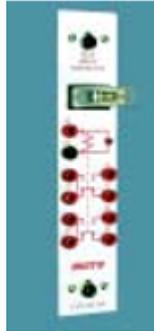


Figura 13 Contactor con 2 contactos NA y 2 contactos NC. (Automacion, 2007)

2.4.15 Temporizador de 0 a 30 segundos

Este temporizador es usado para trabajar con tiempos en un circuito con lógica de relé.

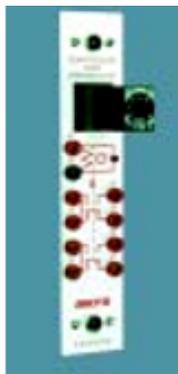


Figura 14 Temporizador de 0 a 30 segundos. (Automacion, 2007)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

3. METODOLOGÍA

3.1 ANALISIS TÉCNICO DEL BANCO DE ELECTRONEUMÁTICA

Antes de realizar cualquier cambio, se debe verificar las condiciones actuales, e identificar las razones por las que es necesario reacondicionar el banco de trabajo electroneumático que hay en el laboratorio de “Hidráulica y Neumática” del Instituto Tecnológico Metropolitano.

En el laboratorio anteriormente mencionado solo se cuenta con un módulo de Electroneumática de marca Micro.

El módulo de electroneumatica presenta las siguientes características:

- **Bastidor con ruedas**

Construido con perfiles de aluminio anodizado y montado sobre ruedas giratorias y bloqueables.

Ancho: 1280 mm Alto: 1600 mm



Figura 15 Bastidor con ruedas. (Automacion, 2007)

- **Gabinete portaelementos de control**

Se utiliza para sostener todos los elementos de control eléctrico y electrónico según los circuitos o técnicas que se deseen realizar.

Se pueden utilizar los dos frentes y trabajar con los dos lados sobre un único bastidor.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Ancho: 1180 mm Alto: 220 mm



Figura 16 Gabinete portaelementos. (Automacion, 2007)

- **Bandeja de trabajo**

Construida con perfiles de aluminio anodizado y placa de madera revestida. Viene provista de dos
Ancho: 1200 mm



Figura 17 Bandeja de trabajo. (Automacion, 2007)

- **Cajonera**

Los cajones se deslizan con suavidad sobre un sistema de rodillos y vienen provistos con cerradura.
Ancho: 400 mm Alto: 540 mm



Figura 18 Cajonera. (Automacion, 2007)

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Los elementos con los que el módulo electroneumático cuenta para su funcionamiento se aprecian en la tabla 1.

Tabla 1. Inventario módulo de electroneumática. Fuente: Autores.

INVENTARIO DE BANCO ELECTRONEUMÁTICO		
Número	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	Regulador de presión con filtro y válvula de corte	1
2	Cilindro doble efecto con vástago magnético	3
3	Cilindro simple efecto	1
4	Microswitch	2
5	Manifold para 4 válvulas 5/2 mando eléctrico reacción resorte	1
5.1	Electroválvula 5/2 reacción resorte	2
5.2	Electroválvula 5/2 biestable	1
5.3	Válvulas 3/2 NC mando eléctrico	2
6	Sensor DMR	6
7	Soporte para sensor	6
8	Fuente de alimentación	1
9	Pulsador de marcha	1
10	Pulsador de parada	1
11	Llave selectora	1
12	Pulsador emergencia	1
13	Contactador	8
14	Módulo para puentes	1
15	Módulo para bobinas	1
16	Indicador luminoso	1
17	Contador de 4 dígitos	1
18	Temporizador 0 a 30 segundos	1
19	Bastidor con ruedas	1
20	Placa para elementos activos	1
21	Gabinete portaelementos de control	1
22	Cajonera	1
Total componentes		42

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

3.2 RUTA DE MANTENIMIENTO

3.2.1 Plan de mantenimiento preventivo de cilindros



Figura 19 Actuadores. (Automacion, 2007)

La vida de los cilindros neumáticos queda determinada por los kilómetros recorridos por el conjunto vástago y pistón. Por lo tanto, en función de este parámetro se define un programa de mantenimiento preventivo. Los períodos de mantenimiento y la vida de los cilindros son afectados también por la calidad del montaje (alineación y esfuerzos) y la calidad del aire (humedad y lubricación). Pueden considerarse intervenciones por períodos semanales, cada 500 y cada 3000 km recorridos. Estipular por ejemplo controles visuales de fugas y alineamiento, regulación de amortiguaciones, desarmes parciales, limpieza de elementos y recambios preventivos de partes deterioradas.

La conversión del período indicado en km a horas de funcionamiento de máquina puede establecerse para cada actuador en particular mediante la siguiente fórmula:

$$(1) H = \frac{8.33 K_m}{(c \times n)} \quad (\text{Automacion, 2007})$$

Donde:

H = Período de mantenimiento en horas

km = Período de mantenimiento en kilómetros

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

c = Carrera del cilindro expresada en metros

n = Frecuencia de operación del actuador (ciclos/minuto)

3.2.1.1 Limpieza de partes

El lavado de partes puede realizarse por inmersión en nafta, complementando con pincel o cepillo de limpieza y sopleteado con aire limpio y seco. Es conveniente repetir la operación varias veces hasta obtener una limpieza a fondo de las partes. El uso de solventes o desengrasantes industriales queda limitado a aquellos que no contengan productos clorados (tricloroetileno o tetracloruro de carbono) o solventes aromáticos (thinner, acetona, tolueno, etc.). Estos compuestos son incompatibles con los materiales de bujes de amortiguado, anillo de fricción y guarniciones, produciendo el rápido deterioro de los mismos.

3.2.1.2 Pruebas

Antes de reinstalar el cilindro en la máquina, realizar las siguientes pruebas:

- **Estanqueidad:** presurizar a 6 bares alternativamente ambas cámaras verificando estanqueidad de la cámara presurizada y ausencia de fugas por la boca de la cámara opuesta. Cuando se presurice la cámara delantera verificar además el sellado de la guarnición de vástago.
- **Funcionamiento:** con aire a baja presión (1 bar) verifique el suave desplazamiento en ambos sentidos del vástago, girando el mismo entre operaciones 90° manualmente.
- **Amortiguaciones:** cerrando totalmente los registros de amortiguación y presurizando las cámaras alternativamente a 6 bar, el vástago debe prácticamente detenerse y completar la parte final de su recorrido lentamente. Verificar estanqueidad por los tornillos de registro.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

3.2.2 Plan de mantenimiento preventivo de válvulas direccionales

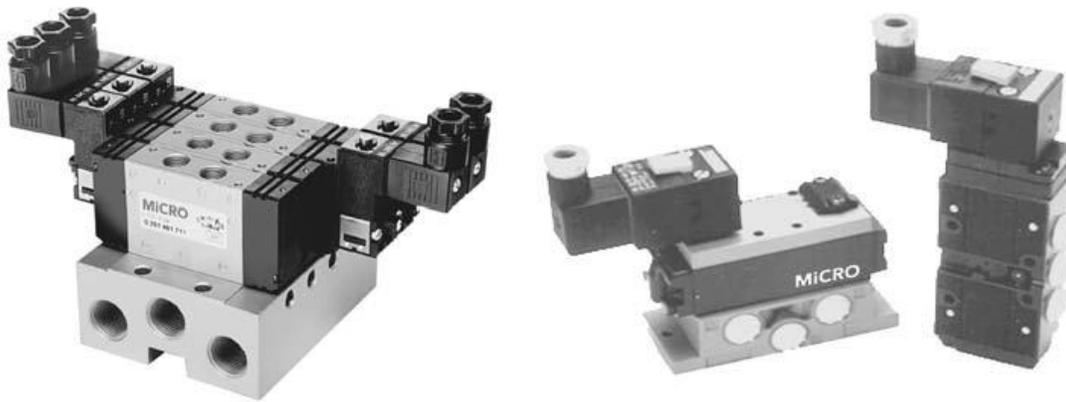


Figura 20 Electroválvulas. (Automacion, 2007)

La vida de las válvulas direccionales queda determinada por los ciclos de conmutación realizados. Por lo tanto, en función de este parámetro se encara también el programa de mantenimiento preventivo de válvulas. Puede establecerse un plan de mantenimiento preventivo que considere intervenciones por períodos semanales, cada 8 millones de ciclos de conmutación (ó 1 año) y cada 24 millones de ciclos de conmutación (ó 3 años). Estipular por ejemplo controles visuales de fugas, vibraciones o calentamiento, desarmes parciales, limpieza de elementos y recambios preventivos de partes deterioradas.

La frecuencia de intervenciones es afectada además por un correcto montaje y por la calidad del aire suministrado (limpieza, humedad y lubricación). El montaje inadecuado o la mala calidad del aire pueden reducir notablemente la vida de las válvulas, y como consecuencia requerirán una mayor carga de mantenimiento. La conversión del período en ciclos de conmutación a horas de funcionamiento de máquina puede establecerse para cada válvula en particular mediante la siguiente fórmula:

$$(1) \quad H = C_c / (60 \times n) \quad (\text{Automacion, 2007})$$

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Donde:

H = Período de mantenimiento en horas

Cc = Período de mantenimiento en ciclos de conmutación

n = Frecuencia de actuación de la válvula (ciclos/minuto)

3.2.2.1 Limpieza de partes

El lavado de partes puede realizarse por inmersión en nafta y pincel o cepillo de limpieza, sopleteando con aire a presión limpio y seco. Es conveniente repetir la operación varias veces hasta obtener una limpieza a fondo de las partes. El uso de solventes o desengrasantes industriales queda limitado a aquellos que no contengan productos clorados (tricloroetileno, tetracloruro de carbono) o solventes aromáticos (thinner, acetona, tolueno, etc.). Estos compuestos son incompatibles con las partes no metálicas de las válvulas (según modelo, bujes y pistones plásticos, guarniciones, etc.) produciendo el rápido deterioro de los mismos. En caso de mandos electroneumáticos, es importante mantener limpio el fondo del tubo guía y el frente de contacto del tragante o núcleo móvil. Para la limpieza no deberán utilizarse elementos mecánicos (rasquetas, puntas, limas, etc.) pues pueden modificar las superficies metálicas de contacto y alterar el funcionamiento del conjunto. Emplear nafta y remover la suciedad por Sopleteado con aire a presión limpio y seco. Bajo ningún concepto se deben alterar los resortes del conjunto tragante, pues éstos están calibrados para la función específica dentro de márgenes muy estrechos. Su alteración introducirá defectos en el mando y en consecuencia en la válvula misma.

3.2.2.2 Pruebas de estanqueidad y funcionamiento

Antes de reinstalar la válvula en la máquina, alimentar la válvula con presión de 6 a 8 bar y obturar con tapones sus bocas de utilización (2 y 4). En tales condiciones y para ambas posiciones del distribuidor, verificar ausencia de fugas en bocas de escape (3 y 5) y en tapas de mando y reacción. En caso de válvulas con mando electroneumático, proveer de alimentación eléctrica a los

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

solenoides y verificar también ausencia de fugas por venteo del piloto, tubo guía y actuador manual, así como vibraciones. En las válvulas con cabezas de mando servoasistidas, verificar la posición de las mismas según el tipo de alimentación deseado (interno o externo).

Nunca probar una electroválvula venteando por las utilidades, pues es probable que la misma no alcance a conmutar.

Para válvulas de mando manual, operar sobre el mando y para ambas posiciones realizar los controles de fuga mencionados (escapes, tapas de mando y reacción), verificando la ausencia de fugas audibles.

En todos los casos probar funcionamiento conmutando varias veces las posiciones del distribuidor principal.

3.2.3 Plan de mantenimiento preventivo de válvulas auxiliares



Figura 21 Válvulas. (Automacion, 2007)

Las válvulas auxiliares son componentes que cumplen funciones de apoyo en los circuitos electropneumático, en general asociadas al control de las secuencias.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Debido a la sencillez del diseño, el mantenimiento de estas válvulas se limita a una limpieza periódica de sus partes a fin de evitar la acumulación de suciedad dentro de las mismas. Los períodos de limpieza dependerán del estado del compresor y la línea, de la existencia o no de equipos de tratamiento del aire (postenfriadores, secadores, filtros, etc.) y de la inclusión o no de unidades protectoras FRL en el propio sistema.

Puede establecerse un plan de mantenimiento preventivo que considere intervenciones por períodos semanales, cada 400 horas de servicio, cada 1200 horas (ó 2 millones de ciclos) y cada 5000 horas (u 8 millones de ciclos), estipulando controles visuales, desarmes parciales, limpieza de elementos y recambios preventivos de partes deterioradas.

3.2.3.1 Limpieza de partes

La limpieza puede realizarse con nafta y pincel, sopleteando con aire a presión limpio y seco. Repetir la operación hasta obtener la limpieza a fondo de las partes. El uso de solventes o desengrasantes industriales queda limitado a aquellos que no contengan productos clorados (tricloroetileno o tetracloruro de carbono) o solventes aromáticos (thinner, acetona, tolueno, etc.).

3.2.4 Plan de mantenimiento preventivo de unidades FRL

Un correcto mantenimiento garantiza un eficiente servicio y una larga vida útil de las unidades. Puede establecerse un plan de mantenimiento preventivo que considere intervenciones por períodos semanales, cada 200 horas de servicio, cada 600 horas y cada 5000 horas (ó 2 años). Estipular por ejemplo controles visuales de fugas, drenado de condensados, nivel del lubricante y regulación de goteo, desarmes parciales, limpieza de elementos (vasos, elementos filtrantes, etc.) y recambios preventivos de partes deterioradas.

La frecuencia de intervención puede aumentar si por ejemplo las unidades operan en climas húmedos, en instalaciones sin tratamiento o en redes con poca capacidad de separación; también

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

en industrias con alta contaminación ambiental como molinos, cementeras, acerías, canteras, fundiciones, etc.

La frecuencia puede reducirse cuando la instalación cuente con tratamientos previos del aire comprimido.

3.2.4.1 Drenaje del condensado

Operar desenroscando la perilla del drenaje. El condensado evacuará por la parte inferior. Finalizada la evacuación ajustar manualmente la perilla hasta eliminar fugas. No excederse ni utilizar herramientas. De persistir una fuga por el drenaje, interrumpir el suministro, quitar la perilla y limpiar los conos de asiento de la válvula. Considere la utilización de drenajes automáticos para minimizar estas intervenciones.

3.2.4.2 Reposición de lubricante

Puede reponerse el aceite del lubricador con el equipo en servicio y presurizado, sin necesidad de ninguna herramienta, jeringas, embudos ni recipientes especiales. Manteniendo pulsada la válvula de alivio, bajar la bayoneta y girar 45° en cualquier sentido, sacando el vaso. En los otros modelos, interrumpir el suministro de aire y reponer desenroscando el vaso o por el tapón superior.

Llenar sólo con los aceites recomendados hasta dejar libres unos 10 mm de la parte visible del vaso.

Se aconseja lavar periódicamente las partes, inclusive el filtro sinterizado del tubo de aspiración de aceite.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

3.2.4.3 Regulación del dosaje

Se realiza mediante las correspondientes perillas o tornillos ubicados en la parte superior. No existe una regla fija para regulación del dosaje de aceite, aunque puede considerarse aceptable unas 2 gotas por cada Nm^3 de aire consumido, llegando hasta un máximo de 10 gotas. Los ajustes deben hacerse en forma gradual y progresiva, permitiendo estabilizar el régimen entre ajustes. No debe forzarse el cierre de los tornillos de registro pues pueden deformarse los asientos, perdiendo luego posibilidades de calibración. La excesiva lubricación torna lentos los accionamientos, obtura conductos, traba las válvulas y acelera el desgaste.

- Nm^3 Metro cúbico normal

3.2.4.4 Limpieza de elementos filtrantes

Los elementos sinterizados pueden lavarse por inmersión en cualquier solvente industrial o nafta, complementando con pincel o cepillo de limpieza y sopleteando de adentro hacia afuera con aire limpio y seco. Es conveniente repetir la operación varias veces hasta obtener una limpieza a fondo del elemento.

3.2.4.5 Lavado de vasos, deflectoras y guarniciones elásticas

Estas partes pueden lavarse solamente con agua jabonosa. El uso de solventes o desengrasantes industriales queda limitado a aquellos que no contengan productos clorados (tricloroetileno, tetracloruro de carbono) o solventes aromáticos (thinner, acetona, tolueno, etc.). Estos compuestos son incompatibles con los materiales de vasos, deflectoras y guarniciones, produciendo el rápido deterioro de los mismos.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

3.2.5 Plan de mantenimiento preventivo de Sensores inductivos



Figura 22 Sensores inductivos. (Automacion, 2007)

Uno de los elementos o podríamos llamar actores principales de la automatización industrial son los detectores o sensores que nos aportan información sobre el proceso de forma que podamos tomar las decisiones adecuadas de control en cada parte de un proceso controlado automáticamente. estos solo se deben limpiar de aquello que evite que el sensor sense o que el sensor se mantenga sensando ya que estos solo detectan metales.

3.2.6 Mantenimiento preventivo del sistema eléctrico



Figura 23 Módulo electroneumática. (Automacion, 2007)

El mantenimiento eléctrico de este banco electroneumático no presenta mayor complejidad, ya que solo con poner en práctica los conocimientos obtenidos durante la carrera y seguir estos

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

simples pasos podemos mantener el banco de trabajo en óptimas condiciones en su sistema eléctrico.

1. Inspección del estado de la fuente, mediante prueba funcional.
2. Revisión interna de contactos y demás componentes.
3. Revisión de las soldaduras defectuosas.
4. Revisar el estado de los cables.
5. Revisión externa con comprobación de voltajes.
6. Cambiar los componentes defectuosos o dañados si los hay.
7. Estañar puntos de soldadura si es necesario.
8. Realizar pruebas de funcionamiento antes de tapar el equipo.
9. Limpieza general del equipo.
10. Tapar el equipo y realizar pruebas nuevamente.

3.3 REALIZACIÓN DE LAS GUÍAS TEÓRICO-PRÁCTICAS

El codirector de este proyecto Vladimir Imbol Rúa quien a su vez es el encargado del laboratorio de Hidráulica y Neumática manifestó su deseo de contar con unas guías para el módulo de Electroneumática marca Micro, debido a esta petición se elaboraron diferentes guías con las cuales el estudiante debe utilizar su intelecto y poner a prueba sus habilidades al momento de hacer montajes y diseños electroneumáticos. Con base a eso, se elaboraron 2 guías de trabajo en el formato FGL-029, el cual es el formato oficial para guías practico experimentales en laboratorios; en las cuales se incorporó la elaboración del diseño y montaje de circuitos electroneumáticos.

Las 2 guías se elaboraron de modo que se abarcara los temas pertinentes a Electroneumática, haciendo que el estudiante desarrolle habilidades en el diseño y montaje de circuitos electroneumáticos con base en una situación propuesta. En las 2 guías se Incluyeron los siguientes temas:

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Guía 1: Circuitos básicos de electroneumática; en esta guía se incluye el uso de los componentes electroneumáticos básicos como electroválvulas, contadores y temporizadores, además de enseñar el diagrama electroneumático, diagrama de control y potencia.

Guía 2: Circuitos electroneumáticos intermedios; en esta guía se implementan circuitos que trabajen con más de un actuador, aparte de enseñar el diseño y aplicación de los diagramas espacio-fase, espacio-tiempo y su utilidad al diseño de circuitos electroneumáticos.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Reparaciones al banco de Electroneumática.

La primera actividad de reparación que se realizó en el banco consistió en la revisión y clasificación del cableado para las conexiones. En el momento de trabajar con éste, se obtuvo como resultado varios cables para desechar y la reparación de los demás quedando en óptimas condiciones para manipularlos en el momento de la práctica.

Este módulo de trabajo registraba falencias en su sistema eléctrico, ya que presentaba un corto circuito en su fuente de alimentación, se realizaron todas las inspecciones necesarias hasta que se encontró la causa raíz del problema, la cual estaba en su conector a la red eléctrica, éste se observaba ya desgastado y con una de sus fases reventada; la solución fue algo muy sencillo, la cual consistió en cambiar el conector por uno nuevo, ajustar la fase reventada y rectificar las otras conexiones del conector.

En el momento en el que se comenzó trabajar con el módulo se logra identificar un remanente magnético que se presentaba en las bobinas de los relés, por lo cual se procedió a analizar cada una de estas pero ninguna presentaba daño alguno o mala conexión, entonces lo que se hizo fue intervenir los puentes solenoides en donde se presenciaba una mala conexión en paralelo entre el diodo, la resistencia, el LED y los alambres a los que estos estaban unidos en sus respectivas borneras, la solución a esto fue conectar los diodos en serie junto con los alambres del circuito de cada bornera, retirar la resistencia y desconectar el LED, ya que estos dos elementos estaban desviando la corriente ocasionando el remanente ya mencionado.

Por último, se organizó el cableado del Manifold de electroválvulas ubicándolo en la parte interna del módulo para proporcionar más espacio y comodidad en el momento de empezar a realizar la práctica en el módulo de Electroneumática.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

4.2 Guías Teórico-Prácticas

GUÍA 1. Circuitos electroneumáticos básicos.

Nombre de la guía:	Circuitos electroneumáticos básicos
Código de la guía (No.):	EN-001
Taller(es) o Laboratorio(s) aplicable(s):	Laboratorio de Hidráulica y Neumática
Tiempo de trabajo práctico estimado:	2 horas
Asignatura(s) aplicable(s):	Hidráulica y neumática
Programa(s) Académico(s) / Facultad(es):	Tecnología electromecánica, Ingeniería mecatrónica / Facultad de ingenierías.

COMPETENCIAS	CONTENIDO TEMÁTICO	INDICADOR DE LOGRO
Realiza el diseño y montaje de circuitos electroneumáticos básicos	<ul style="list-style-type: none"> • Diseño de un circuito electroneumático a partir de una situación propuesta. • Identificación de los elementos que conforman un circuito electroneumático. • Montaje de un circuito electroneumático. 	<ul style="list-style-type: none"> • Realiza diseños de circuitos electroneumáticos a partir de una situación propuesta. • Identifica los componentes electroneumáticos que requiere para realizar un montaje. • Realiza el montaje de un circuito electroneumático a partir del diagrama de diseño.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

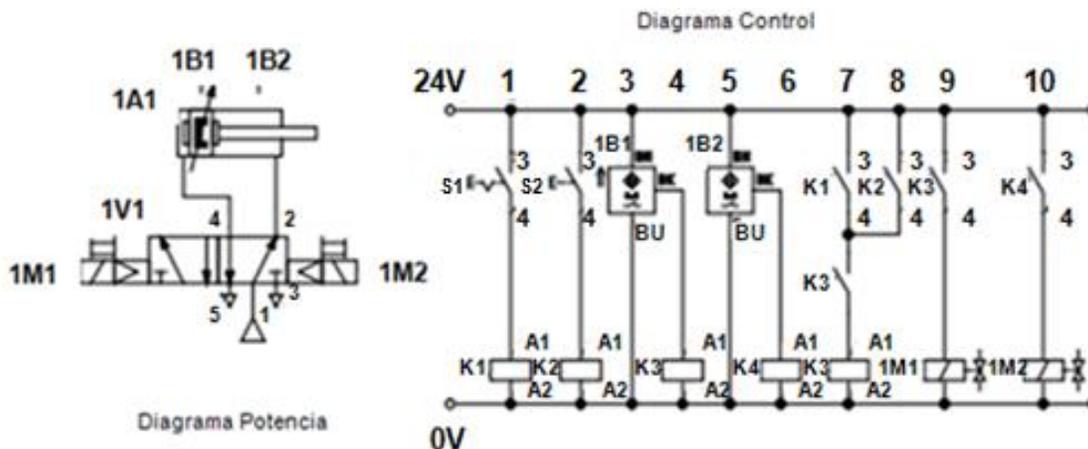
1. FUNDAMENTO TEÓRICO

Diseño de circuitos electroneumáticos

Para realizar el diseño de un circuito electroneumático, es recomendable seguir los siguientes pasos:

- 1) Funciones necesarias y requisitos a cumplir.
- 2) Componentes requeridos para realizar las funciones.
- 3) Sistema de control de los actuadores.
- 4) Forma de conexión entre los cilindros y las electroválvulas.
- 5) Generación de aire comprimido.
- 6) Secuencias de los movimientos y transmisión de las señales.

Al diseñar un circuito electroneumático, se debe tener la configuración según la norma ISO 1219-2:1995-12 y EN 81346-2:2009-10, en la que se establece el siguiente orden:



2. OBJETIVOS

- Reconocer los componentes electroneumáticos que se requieren para realizar un montaje.
- Diseñar circuitos electroneumáticos que solucionen una situación establecida.
- Realizar montajes de circuitos electroneumáticos a partir del diagrama de diseño.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

3. RECURSOS REQUERIDOS

- Bancos de trabajo electroneumático Micro
- Regulador de presión
- 3 Cilindros doble efecto con dos sensores magnéticos
- Cilindro simple efecto
- Manifold de electroválvulas; consta de:
 - 2 Electroválvulas 5/2 accionamiento por pulsador y retorno por muelle.
 - 1 Electroválvula 5/2 biestable
 - 2 Válvulas 3/2 mando eléctrico
- Pulsador marcha
- Pulsador parada
- Llave selectora
- Pulsador emergencia
- Relés de 2 contactos
- Modulo para puentes
- Modulo para bobinas
- Indicador luminoso
- Contador de 4 dígitos
- Temporizados 0-30 segundos
- Mangueras de conexión
- Cables con conectores tipo banana

4. PROCEDIMIENTO O METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO

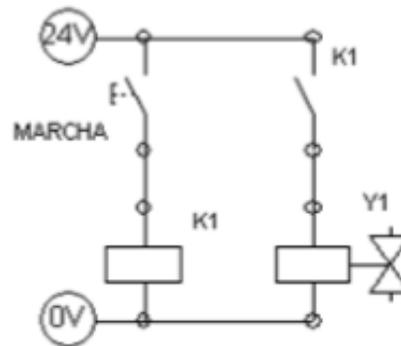
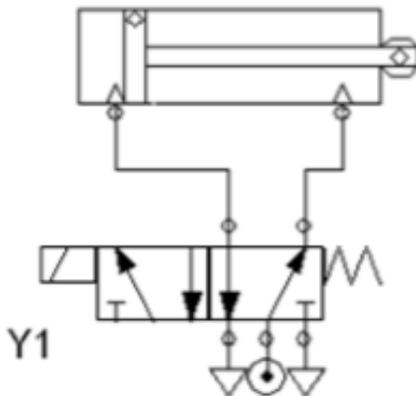
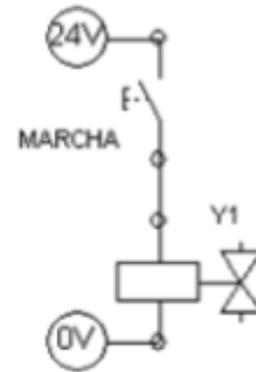
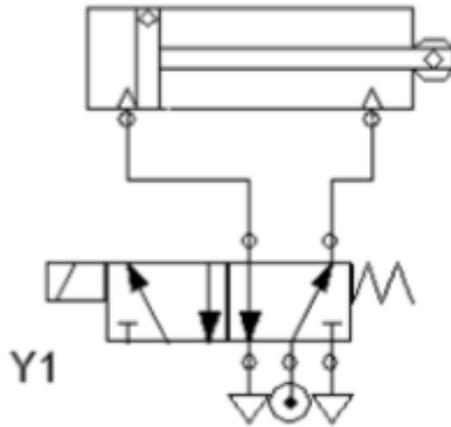
Ejercicios planteados

A continuación, se presentan varios casos en los que se requiere implementar el montaje de varios circuitos electroneumáticos. Además, se presentará unos casos donde se debe diseñar todo el circuito electroneumático, dichos diseños se deben graficar y simular en la aplicación “Fluidsim” para observar el comportamiento de cada circuito.

- **Ejercicio 1**

El vástago de un cilindro de doble efecto ha de salir al accionar un pulsador, soltando el pulsador ha de regresar a su posición inicial.

Realizar las dos soluciones, con y sin relé auxiliar.

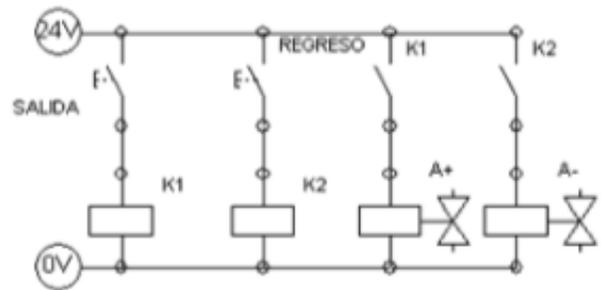
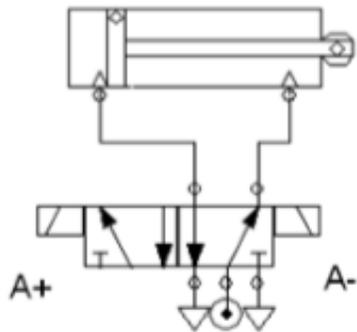


- **Ejercicio 2**

Mando indirecto de un cilindro de doble efecto con dos pulsadores.

En este ejercicio se desea que un cilindro de doble efecto salga cuando se accione un pulsador, y siga afuera hasta que se accione el pulsador de regreso. Se utilizará la solución de emplear relés auxiliares, uno para cada pulsador.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

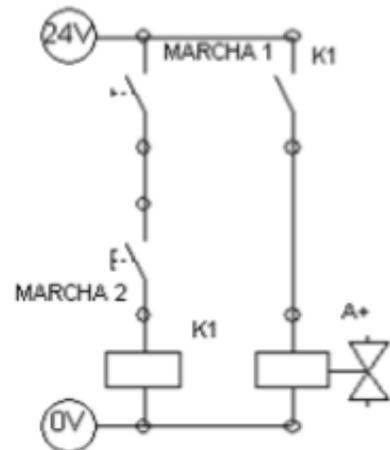
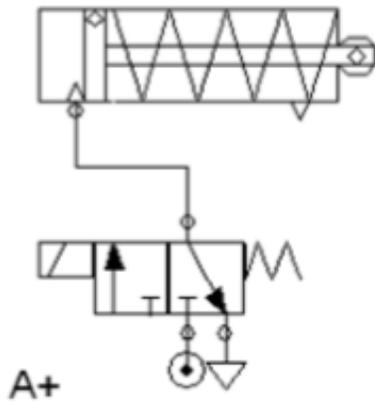


- **Ejercicio 3**

Mando de un cilindro de simple efecto con dos pulsadores en serie.

El vástago de un cilindro de simple efecto debe salir al accionarse simultáneamente dos pulsadores de marcha.

El vástago regresará al soltar uno cualquiera de ellos.

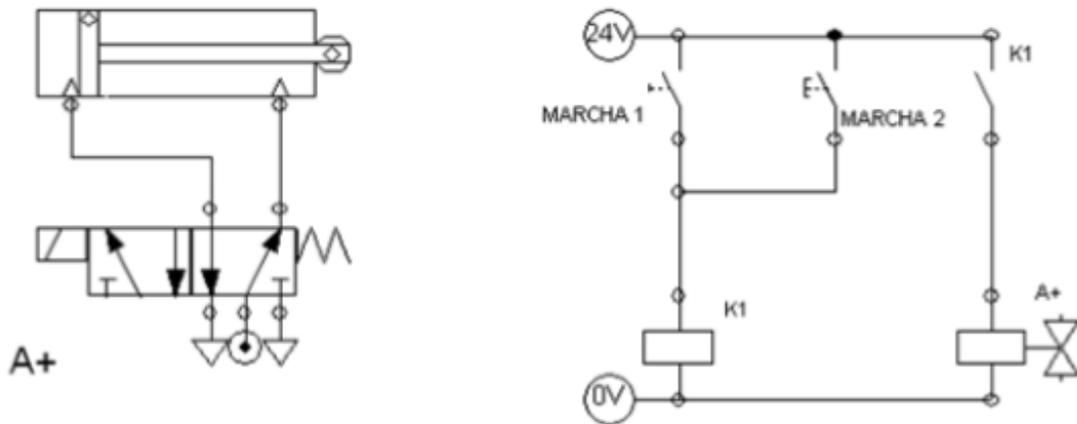


	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- **Ejercicio 4**

Mando de un cilindro doble efecto con dos pulsadores en paralelo.

El vástago de un cilindro de doble efecto, saldrá y se mantendrá afuera mientras esté pulsado uno de los dos pulsadores de marcha, al soltar ambos, regresará.



- **Ejercicio 5**

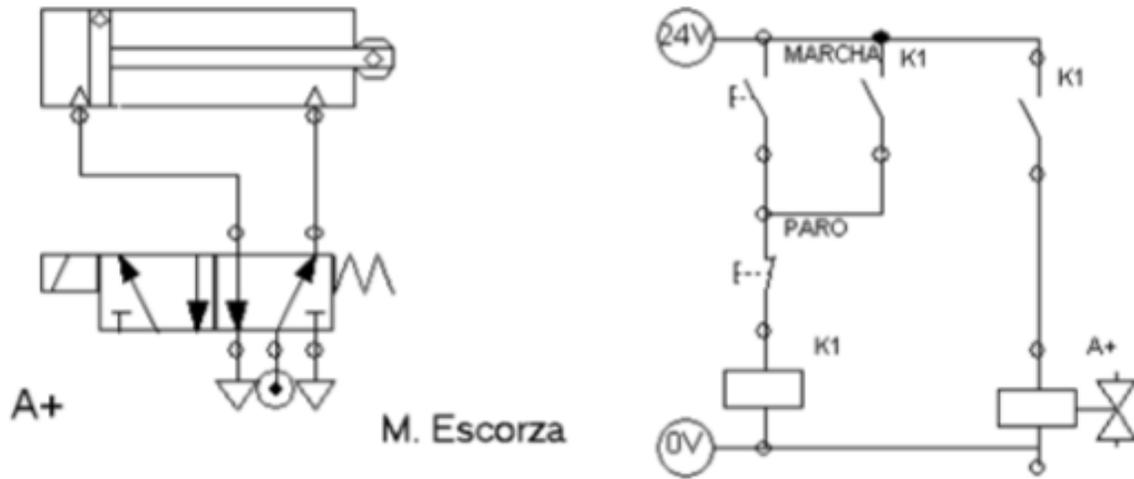
Mando de un cilindro de doble efecto con circuito de autorretención (Memoria o realimentación).

Un cilindro saldrá si se pulsa un pulsador de marcha, y seguirá afuera, aunque se haya soltado el pulsador de marcha, el regreso sólo se producirá cuando se pulse el pulsador de paro.

Se utilizará una válvula distribuidora monoestable y un único relé auxiliar.

Otra opción sería una distribuidora biestable y dos relés auxiliares.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



- **Ejercicio 6**

Un pulsador de marcha hará salir a un cilindro y éste al llegar al final de su recorrido activará un final de carrera que le hará regresar. Se realimentará el pulsador de marcha.

- **Ejercicio 7**

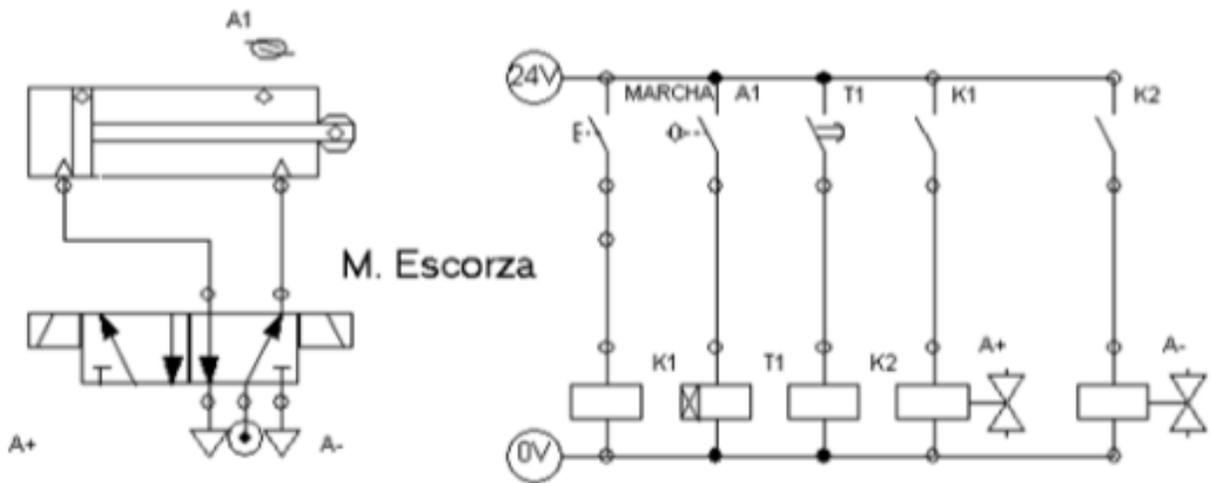
Después de conectado un interruptor ha de salir y entrar continuamente un cilindro de doble efecto hasta que se desactive el interruptor.

- **Ejercicio 8**

Al accionar el pulsador de marcha saldrá un cilindro, llegará al final de su recorrido y pasados 5 segundos regresará de manera automática.

El cilindro será de doble efecto.

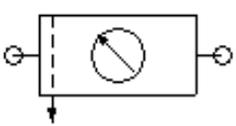
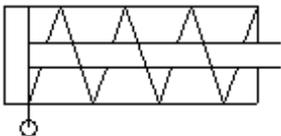
 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



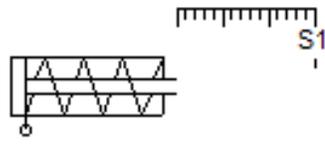
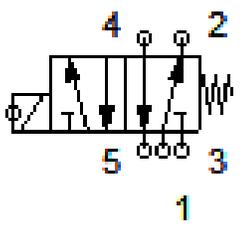
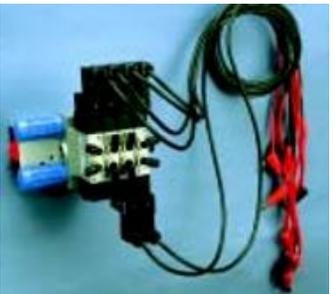
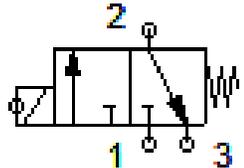
Montaje de circuitos Electroneumáticos

Identificación de los componentes neumáticos

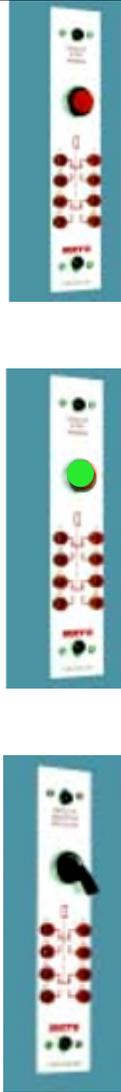
Los componentes a utilizar en el laboratorio para el montaje de los circuitos, son los siguientes:

		Regulador de presión con filtro y válvula de corte
		Cilindro de simple efecto

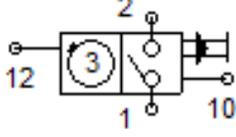
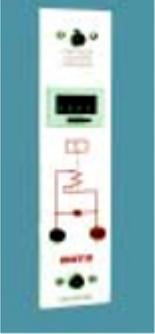
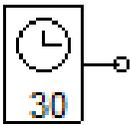
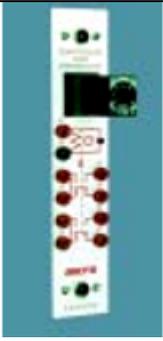
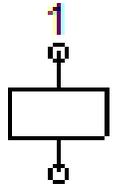
 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

		Cilindro de doble efecto con imán
		Final de carrera neumático para cilindro
		Manifold de electroválvulas 5/2
		

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

<p>+24V ○—○</p> <p>0V ○—○</p>		<p>Fuente de alimentación</p>
<p>⏏</p>		<p>Pulsador de paro</p> <p>Pulsador de marcha</p> <p>Selector manual</p>

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

		Contador de 4 dígitos
		Temporizador de 0 a 30 segundos
		Relé con 2 contactos NA y 2 contactos NC

Cuestionario

1. ¿Qué ventajas y desventajas se tienen al momento de hacer uso de un sistema de electroneumática y uno de neumática?
2. ¿Qué diferencia existe entre una electroválvula y una válvula?
3. ¿Qué diferencias existen entre un cilindro de simple efecto y uno de doble efecto?; ¿y entre una electroválvula monoestable y una biestable?
4. ¿Qué ventajas y desventajas se obtienen al utilizar relés eléctricos?

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

5. ¿Qué aplicaciones puede tener un sistema con contadores?
6. ¿Qué aplicaciones puede tener un sistema con temporización?
7. En el ejercicio 2, ¿Qué se tendría que hacer para llevar el conteo de las veces que sale el cilindro?

5. PARÁMETROS PARA ELABORACIÓN DEL INFORME

- Realizar los circuitos en Fluidsim.
- Describir el funcionamiento de los circuitos.
- Resolver el cuestionario.
- Realizar algunas conclusiones sobre la práctica realizada.

6. BIBLIOGRAFÍA

Didatic, F. (15 de febrero de 2008). *www.festo-didactic.com*. Obtenido de http://www.festo-didactic.com/ov3/media/customers/1100/dsi_es_identificaci_n_de_referencia_iso_1219_en_81346.pdf

Giró, L. (1997). *Circuitos básicos de electroneumática*. Mexico: Marcombo, S.A.

Gaona, M. A. (13 de Mayo de 2008). *Blogspot*. Obtenido de tecnoautoma.blogspot.com.co/2008/05/electroneumatica.htm

Elaborado por:	Jorge Andrés Londoño García – Juan Felipe Blandón Díez.
Revisado por:	Carlos Alberto Acevedo Álvarez – Vladimir Imbol Rúa.
Versión:	1.0
Fecha:	26-07-2017

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

GUÍA 2. Circuitos electroneumáticos intermedios

Nombre de la guía:	Circuitos electroneumáticos intermedios
Código de la guía (No.):	EN-002
Taller(es) o Laboratorio(s) aplicable(s):	Laboratorio de Hidráulica y Neumática
Tiempo de trabajo práctico estimado:	2 horas
Asignatura(s) aplicable(s):	Hidráulica y neumática
Programa(s) Académico(s) / Facultad(es):	Tecnología electromecánica, Ingeniería mecatrónica. Facultad de ingenierías.

COMPETENCIAS	CONTENIDO TEMÁTICO	INDICADOR DE LOGRO
Realiza el diseño y el montaje de circuitos electroneumáticos con más de un actuador y con movimiento automático simple y secuencial.	<ul style="list-style-type: none"> • Diagramas de espacio-fase y espacio- tiempo. • Diseño de un circuito electroneumático a partir de un problema propuesto. • Montaje de un circuito electroneumático con más de un actuador. 	<ul style="list-style-type: none"> • Plantea la secuencia de movimiento de los actuadores. • Realiza los diagramas de espacio-fase y espacio-tiempo. • Realiza diseños de circuitos electroneumáticos con más de un actuador. • Realiza el montaje de un circuito electroneumático con más de un actuador a partir del diagrama de diseño.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

1. FUNDAMENTO TEÓRICO

Secuencia de movimiento

En la automatización de uno o más actuadores, la secuencia es el orden de actuación de los mismos.

Para mayor facilidad y entendimiento del circuito, cada actuador es definido por letras mayúsculas (A, B, C, etc.) o por números (1.0, 2.0, 3.0, etc.); y toda secuencia se divide en fases, que corresponden a los movimientos que se realizan dentro de la secuencia. Al trabajar con actuadores de tipo cilindro, éstos tienen dos posibles fases, el avance y el retroceso.

Para establecer la secuencia, se indica el orden de acción de cada cilindro y su fase respectiva (las fases son determinadas por los signos “+” para avance, y “-” para su retorno).

Ejemplo: “**A+ B+ A- B-**”

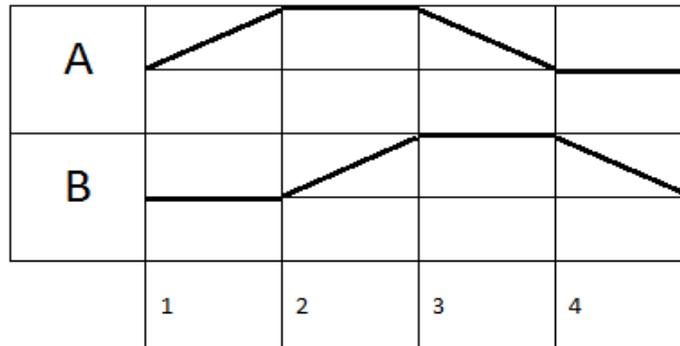
Esta secuencia indica que primero avanza el cilindro A, finalizado el avance, avanza el cilindro B, después retrocede el cilindro A y por último retorna el cilindro B.

Los movimientos de los actuadores se representan mejor en diagramas. Los movimientos pueden reflejarse en función de la fase de trabajo para los circuitos secuenciales y en función del tiempo para los circuitos temporizados. Esto se reduce a dos tipos de diagramas: espacio-fase y espacio-tiempo.

Diagrama espacio-fase

Este diagrama especifica el estado en el que se encuentran los actuadores en cada una de las fases. Este diagrama se trata de una representación gráfica del ciclo mediante un sistema de ejes cartesianos debidamente acotado, en el que el eje de las abscisas representa las fases de la secuencia; y el eje de las ordenadas simboliza el avance o retroceso del cilindro.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



Tomando como ejemplo la secuencia “A+ B+ A- B-”, se observa que en la fase 1, hay una línea diagonal perteneciente al actuador A dirigida a la fase dos, y otra línea situada de forma horizontal en la parte inferior del actuador B, indicando que en esa fase, el actuador A está avanzando, y el actuador B permanece retraído; en la fase 2, hay una línea horizontal en la parte alta del actuador A, y una diagonal dirigida a la fase 3, indicando que el cilindro A permanece en su avance, y el cilindro B comienza su avance. Al ver la línea diagonal decreciente, se indica que el actuador inicia su retroceso hasta su posición de origen.

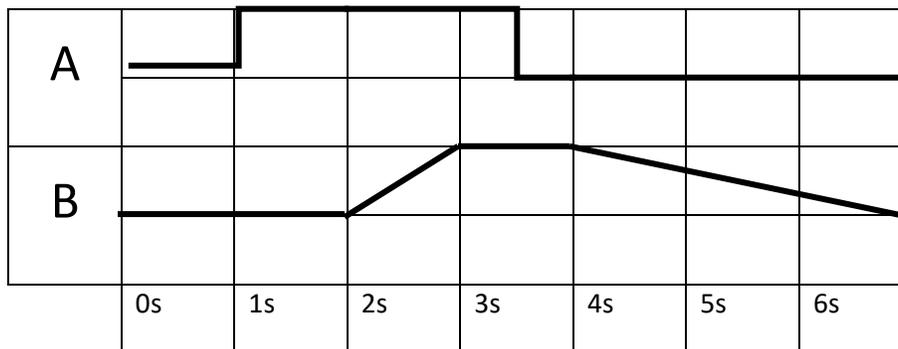
Diagrama espacio-tiempo

Este diagrama es de utilidad cuando en la secuencia de varios cilindros o actuadores se fijan tiempos de actuación en cada elemento. En el diagrama espacio-tiempo el espacio que recorre el elemento de trabajo es representado en función del tiempo que se indica en el eje de abscisas, por lo que de hecho el diagrama está facilitando la velocidad del elemento de trabajo.

Al tomar el ejemplo “A+ B+ A- B-”, pero con variaciones de tiempo, se observa que entre más inclinada sea la línea, es porque lleva menos tiempo en cumplir su fase, por lo que su acción es rápida; si, por el contrario, la línea es más pronunciada, es porque su fase lleva más tiempo en completarse, por ende, su acción es más tardía.

Este diagrama permite entender con facilidad cuando una acción requiere retardo o se usan temporizadores.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



2. OBJETIVO(S)

- Diseñar circuitos electroneumáticos que lleven más de un actuador.
- Construir el diagrama espacio-fase y espacio-tiempo a partir de la secuencia de movimientos que se realicen en un circuito electroneumático.
- Realizar montajes de circuitos electroneumáticos que tengan más de un actuador.

3. RECURSOS REQUERIDOS

- Bancos de trabajo neumático Micro
- Regulador de presión
- 3 Cilindros doble efecto para dos sensores magnéticos
- Manifold de electroválvulas consta de:
 - 2 Electroválvulas 5/2 accionamiento por pulsador y retorno por muelle
 - 1 Electroválvula 5/2 biestable
 - 2 Válvulas 3/2 mando eléctrico
- Pulsador parada
- Pulsador marcha
- Llave selectora
- Pulsador emergencia
- Contactor
- Modulo para puentes
- Modulo para bobinas
- Indicador luminoso
- Contador de 4 dígitos
- Temporizados 0-30 segundos
- Mangueras de conexión

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

4. PROCEDIMIENTO O METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO

Ejercicios planteados

A continuación, se presentan varios casos en los que se requiere implementar el montaje de varios circuitos electroneumáticos. Además, se presentarán casos donde se debe diseñar todo el circuito electroneumático, dichos diseños se deben graficar y simular en la aplicación “Fluidsim” para observar el comportamiento de cada circuito.

- **Ejercicio 1**

En el siguiente problema está la posibilidad de utilizar un único relé, de tal manera que cuando está activo da señal a un grupo y cuando no está activo, da señal al otro grupo.

Es una de las dos únicas secuencias que dan lugar a trabajar con dos grupos.

Supondremos el relé “K1”.

Excitado habilitará al grupo I y deshabilitado lo hará con el grupo II.

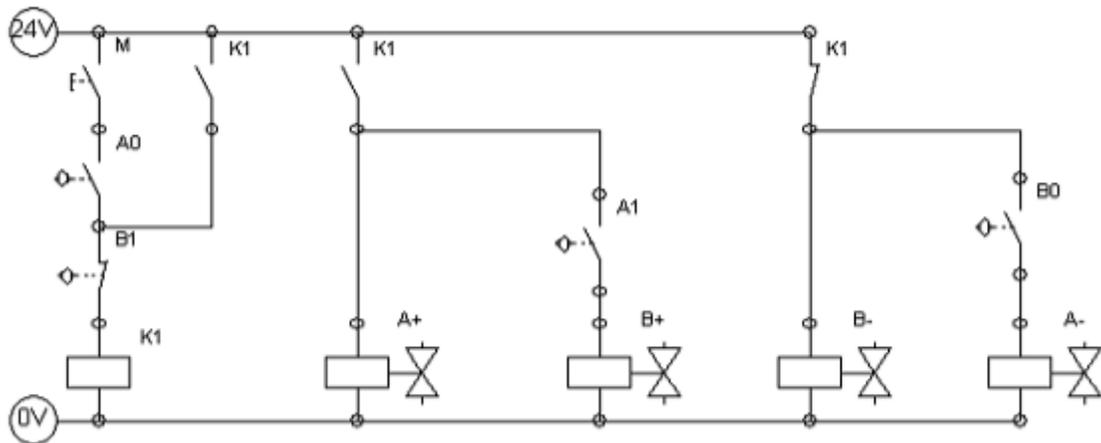
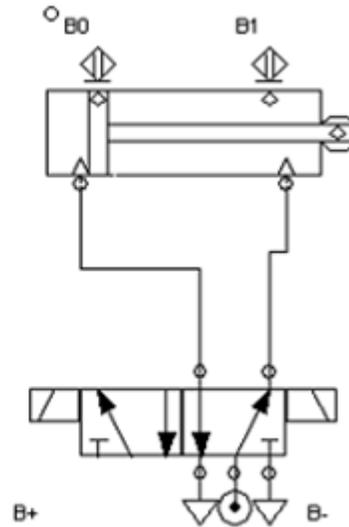
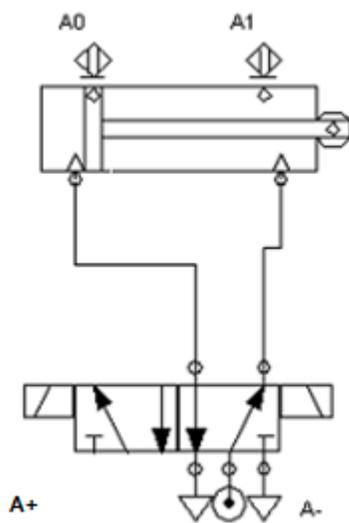
Para que comience la secuencia, es decir se excite “K1”, deberá accionarse el pulsador de marcha, y además estar pulsado el último final de carrera de la secuencia anterior.

El relé se desactivará cuando termine el grupo, es decir, con el final de carrera “b1”.

Deberá tener realimentación.

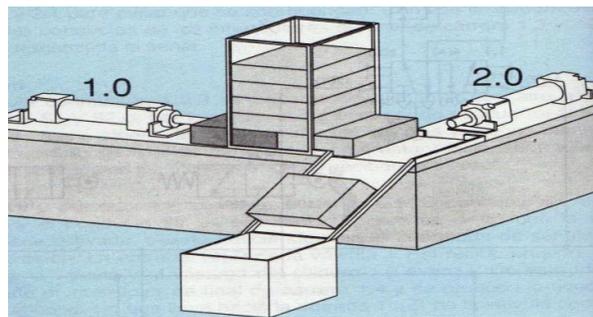
El relé dará directamente señal al primer movimiento del grupo I, y al segundo a través del final de carrera correspondiente.

El relé sin excitación dará señal directa al primer movimiento del grupo, y al segundo a través del final de carrera que corresponda.



• **Ejercicio2**

Dos cilindros de doble efecto deberán recoger piezas de un cargador (cilindro 1.0) y desplazarlas hacia un plano inclinado (cilindro 2.0). El vástago del cilindro 2.0 debe avanzar al ser detectada la posición de fin de carrera



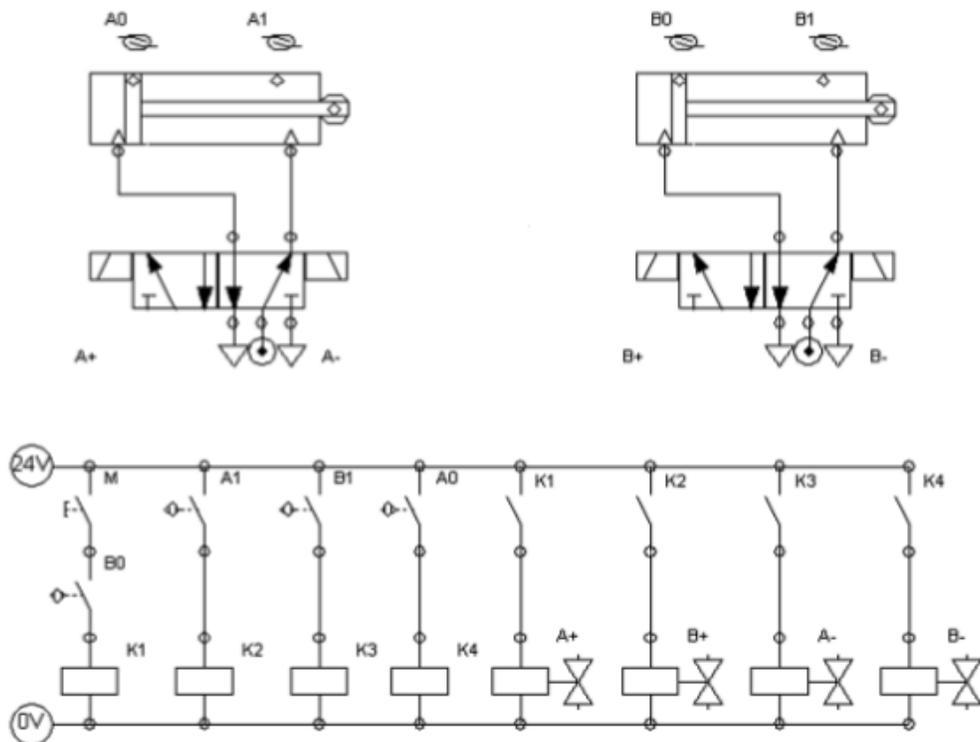
 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

de avance del cilindro 1.0, al finalizar el avance de 2.0 se ordenará el retroceso de 1.0 que al finalizar su carrera de retroceso ordenará el retroceso de 2.0.

- **Ejercicio 3**

Realizar la secuencia A + B + A - B - de manera intuitiva. Acabada la secuencia, no se repetirá de nuevo hasta volver a accionar el pulsador de marcha

¿Si nos exigieran llevar un conteo de cuantas veces se ha hecho la secuencia, donde se añadiría el contador de 4 dígitos?



 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- **Ejercicio 4**

Realice el diseño electroneumático para la siguiente secuencia: **A+ A- B+ B-**

El diseño debe incluir circuito neumático, plano control y potencia.

Montaje de circuitos Electroneumáticos

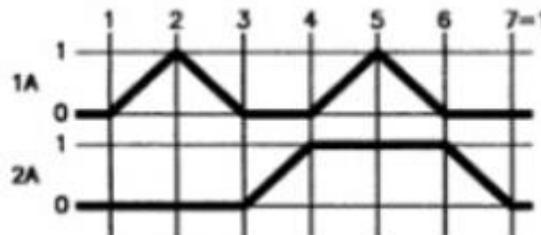
Uso de los dispositivos electroneumáticos

Al realizar el montaje, cada cilindro tiene en su trayectoria dos finales de carrera, uno cerca al cilindro y otro a la distancia del avance del cilindro. Al realizar el diseño del circuito, se observa que, sobre los actuadores, se establecen al inicio y al final de una recta los finales de carrera correspondientes a la acción a realizar cuando el cilindro pase por esa posición. Así se establece que finales de carrera van conectados a la válvula 5/2, dependiendo de la designación que se le dé a cada cilindro.



Cuestionario

1. ¿Qué tipo de secuencia se puede realizar respecto al siguiente diagrama espacio-fase?



	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

2. ¿En el ejercicio 3 si quisiéramos incluir un temporizador para que el cilindro 2 demore un poco en avanzar dónde lo añadiríamos?
3. ¿En todo sistema electroneumático es necesario contar con un paro de emergencia?

5. PARÁMETROS PARA ELABORACIÓN DEL INFORME

- Dibujar el diagrama espacio-fase y espacio-tiempo de los ejercicios propuestos.
- Realizar el diseño de los circuitos en Fluidsim.
- Resolver el cuestionario.
- Realizar algunas conclusiones sobre la práctica realizada.

6. BIBLIOGRAFÍA

Creus Solé, A. (2007). *Neumática e Hidráulica*. Mexico: Alfaomega.

Gaona, M. A. (13 de Mayo de 2008). *Blogspot*. Obtenido de tecnoutoma.blogspot.com.co/2008/05/electroneumatica.html

Gea, J. M., & Lladonosa, V. (1998). *Circuitos básicos de ciclos neumáticos y electroneumáticos*. Barcelona : Marcombo.

Giró, L. (1997). *Circuitos básicos de electroneumática*. Mexico: Marcombo, S.A.

Elaborado por:	<i>Jorge Andrés Londoño García – Juan Felipe Blandón Diez.</i>
Revisado por:	<i>Carlos Alberto Acevedo Álvarez – Vladimir Imbol Rúa.</i>
Versión:	<i>1.0</i>
Fecha:	<i>27-07-2017</i>

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

5. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO

5.1 CONCLUSIONES

- Se analizan las características y las condiciones en las que se encuentra el módulo de electroneumática, determinando el buen funcionamiento general de los componentes neumáticos y eléctricos, los problemas que los mismos conllevan, además de establecer los inconvenientes que tienen dichos módulos con respecto a sus limitaciones para el proceso académico.
- Se establecen los parámetros necesarios para realizar la puesta a punto del banco de electroneumática del laboratorio de hidráulica y neumática del Instituto Tecnológico Metropolitano.
- Se elaboran 2 guías teórico-prácticas que ayudan a los estudiantes al desarrollo de competencias académicas en el área de la electroneumática.
- Durante la reparación del banco de electroneumatica se ponen a prueba diferentes conocimientos adquiridos durante la carrera cómo lo son la parte eléctrica, electrónica y neumática, esto se realiza mediante las bases y estándares recomendados durante la inspección y el análisis de éste, dando como resultado un óptimo y correcto funcionamiento en el momento en que se requiera utilizarlo.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- Al realizar este trabajo de grado se terminan de afianzar los conocimientos que se tenían en la parte de electroneumática, ya que esto nos ofrece la posibilidad de obtener experiencia y destreza a la hora de enfrentar un problema o dificultad que nos presente durante nuestra vida laboral.
- Al realizar las correctas rutas de mantenimiento de los diferentes equipos que presenta el banco de electroneumática estamos proporcionando un control de tiempo en horas de trabajo el cual puede prolongar la vida útil de este, logrando tener el equipo en las mejores condiciones y que no se presenten problemas que puedan interrumpir la práctica de laboratorio, lo que también puede generar disgusto o desmotivación en el estudiante.

5.2 RECOMENDACIONES

- Tener en cuenta que el módulo es limitado debido a los pocos componentes que lo conforman, entonces sería bueno que se invirtiera en mas componentes para que los estudiantes puedan realizar circuitos y montajes más complejos ya que en estos momentos solo se pueden desarrollar circuitos muy básicos.
- Realizar un mejoramiento en los módulos de trabajo de electroneumática, de modo que se pueda optimizar los procesos de enseñanza en el área de la implementación de la electroneumática en la industria.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

REFERENCIAS

Altec. (15 de Junio de 2011). *Altec Alta tecnología de vanguardia*. Obtenido de <http://www.altecdust.com/soporte-tecnico/que-son-las-electrovalvulas>

Arce, R. (11 de 2011). *renatosarce.files.wordpress*. Obtenido de <https://renatosarce.files.wordpress.com/2011/11/cap6-electroneumatica.pdf>

Automacion, M. (Julio de 2007). *distritec*. Obtenido de <https://www.distritec.com.ar/micro/pdf/Cat%C3%A1logo%20completo.pdf>

Creus Solé, A. (2007). *Neumática e Hidráulica*. Mexico: Alfaomega.

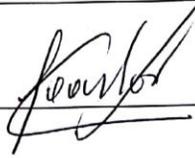
Didatic, F. (15 de febrero de 2008). *www.festo-didactic.com*. Obtenido de http://www.festo-didactic.com/ov3/media/customers/1100/dsi_es_identificaci_n_de_referencia_iso_1219_en_81346.pdf

Gaona, M. A. (13 de Mayo de 2008). *Blogspot*. Obtenido de tecnoautoma.blogspot.com.co/2008/05/electroneumatica.html

Gea, J. M., & Lladonosa, V. (1998). *Circuitos básicos de ciclos neumáticos y electroneumáticos*. Barcelona.

Giró, L. (1997). *Circuitos básicos de electroneumática*. Mexico: Marcombo, S.A.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

FIRMA ESTUDIANTES	<i>Felipe Blandón</i>
	<i>Jorge Andrés Londoño García</i>
FIRMA ASESOR	
	FECHA ENTREGA: <i>Agosto 28 de 2017</i>

FIRMA COMITÉ TRABAJO DE GRADO DE LA FACULTAD _____
RECHAZADO ___ ACEPTADO ___ ACEPTADO CON MODIFICACIONES ___
ACTA NO. _____
FECHA ENTREGA: _____

FIRMA CONSEJO DE FACULTAD _____
ACTA NO. _____
FECHA ENTREGA: _____