

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**

**INGENIERÍA MECÁNICA**

*Trabajo Estructurado de Manera Independiente, previo a la  
obtención del Título de Ingeniero Mecánico*

**TEMA:**

---

**“ESTUDIO, Y SELECCIÓN DE ELEMENTOS BÁSICOS DE UN  
MÓDULO MECATRÓNICO PARA DIAGNOSTICAR, EJECUTAR  
Y EVALUAR PROCESOS ELECTRONEUMÁTICOS EN EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL DE LA  
FICM.”**

---

**AUTOR: Diego Alejandro Pazmiño Beltrán**

**TUTOR: Ing. Mauricio Carrillo.**

**AMBATO - ECUADOR  
2012**

## **CERTIFICACIÓN**

En mi calidad de tutor del trabajo de investigación, bajo el tema “ESTUDIO, Y SELECCIÓN DE ELEMENTOS BÁSICOS DE UN MÓDULO MECATRÓNICO PARA DIAGNOSTICAR, EJECUTAR Y EVALUAR PROCESOS ELECTRONEUMÁTICOS EN EL LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL DE LA FICM”, desarrollado por el Sr. Diego Alejandro Pazmiño Beltrán egresado de la carrera de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, considero que el informe ha sido revisado minuciosamente y reúne los requisitos suficientes para ser sometido a la evaluación del tribunal examinador designado por el Consejo Directivo de esta Facultad.

Ambato, enero del 2012

Ing. Mauricio Carrillo

Tutor

## **AUTORÍA**

Declaro que el contenido del trabajo investigativo “ESTUDIO, Y SELECCIÓN DE ELEMENTOS BÁSICOS DE UN MÓDULO MECATRÓNICO PARA DIAGNOSTICAR, EJECUTAR Y EVALUAR PROCESOS ELCTRONEUMÁTICOS EN EL LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL DE LA FICM”, así como sus ideas, opiniones, resultados, análisis, conclusiones y propuesta son auténticos y de responsabilidad exclusiva de mi persona en calidad de autor del presente proyecto.

Diego Alejandro Pazmiño Beltrán

180258410-0

## **DEDICATORIA**

*A Dios por impulsar mis anhelos y fortalecerme espiritualmente en los momentos de crisis.*

*A mi madre y a mi abuelita, Laura e Isabel por ser el motor que origina mi deseo inconmensurable de alcanzar las metas más difíciles e impensadas.*

*A mis compañeros y amigos porque de todos he aprendido mucho, es imposible olvidar los momentos agradables que hemos compartido.*

## **AGRADECIMIENTO**

*Al Ing. Mauricio Carrillo tutor de Tesis, por su incomparable ayuda, colaboración y orientación en la realización del presente trabajo investigativo.*

*A mi madre, por apoyarme en todo momento y confiar en mí, haciéndome sentir capaz de conseguir mis propósitos y anhelos.*

*A todos mis maestros y a las personas que de una u otra manera contribuyeron en mi formación personal y espiritual, porque me enseñaron que las mayores satisfacciones se alcanzan cuando las cosas se hacen con esfuerzo, dedicación y honestidad.*

*A la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato por ser el ente que me formó académicamente.*

## ÍNDICE GENERAL

### CAPÍTULO I

#### EL PROBLEMA

|   |   |
|---|---|
| 1.1. TEMA.....  | 1 |
| 1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....                            | 1 |
| 1.2.1. Contextualización.....                                   | 1 |
| 1.2.2. Análisis Crítico.....                                    | 5 |
| 1.2.3. Prognosis.....   | 5 |
| 1.2.4. Formulación del Problema.....                            | 6 |
| 1.2.5. Interrogantes.....                                       | 6 |
| 1.2.6. Delimitación del objeto de investigación.....            | 6 |
| 1.3. JUSTIFICACIÓN.....   | 7 |
| 1.4. Objetivos generales y específicos de la investigación..... | 8 |
| 1.4.1. Objetivo General.....                                    | 8 |
| 1.4.2. Objetivos Específicos.....                               | 8 |

### CAPÍTULO II

#### MARCO TEÓRICO

|  |    |
|--|----|
| 2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVO.....                   | 9  |
| 2.2. FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA.....                    | 10 |
| 2.3. FUNDAMENTACIÓN LEGAL.....                         | 10 |
| 2.4. CATEGORIAS FUNDAMENTALES.....                     | 11 |
| 2.4.1. Mecatrónica.....                                | 11 |
| 2.4.2. Sistema Neumático.....                          | 12 |
| <i>Elementos de las instalaciones Neumáticas</i> ..... | 12 |
| <i>Compresores</i> .....                               | 13 |
| <i>Acumuladores</i> .....                              | 13 |
| <i>Acondicionadores de Aire</i> .....                  | 13 |
| <i>Red de distribución</i> .....                       | 14 |
| <i>Elementos de regulación y control</i> .....         | 14 |

|  |    |
|--|----|
| <i>Válvulas</i> .....  | 14 |
| <i>Simbología de válvulas</i> .....                                      | 14 |
| <i>Válvulas 2/2</i> .....  | 17 |
| <i>Válvulas 3/2</i> .....  | 17 |
| <i>Válvulas 4/2</i> .....  | 18 |
| <i>Válvulas 5/2</i> .....  | 18 |
| <i>Válvulas de tres posiciones</i> .....                                 | 18 |
| <i>Accesorios de mando y válvulas auxiliares</i> .....                   | 19 |
| <i>Reguladores de caudal unidireccional</i> .....                        | 20 |
| <i>Silenciadores y reguladores de escape</i> .....                       | 20 |
| <i>Ventajas del Sistema Neumático</i> .....                              | 20 |
| <i>Desventajas del Sistema Neumático</i> .....                           | 21 |
| 2.4.3. MECANISMOS NEUMÁTICOS.....  | 21 |
| <i>Actuadores</i> .....  | 22 |
| <i>Cilindros</i> .....   | 22 |
| <i>Cilindros de simple efecto</i> .....                                  | 22 |
| <i>Cilindros de doble efecto</i> .....                                   | 23 |
| 2.4.3.1. CÁLCULO DE LA FUERZA.....                                       | 23 |
| 2.4.3.2. CONSUMO DE AIRE EN LOS CILINDROS.....                           | 25 |
| 2.4.4. ELECTRONEUMÁTICA.....   | 26 |
| <i>Electroválvulas</i> .....   | 26 |
| <i>Electroválvulas monoestables</i> .....                                | 26 |
| <i>Electroválvulas Biestables</i> .....                                  | 27 |
| <i>Electroválvula de 3/2 Vías monoestable, Normalmente Cerrada</i> ..... | 27 |
| <i>Electroválvula de 3/2 Vías monoestable, Normalmente Abierta</i> ..... | 28 |
| <i>Electroválvula de 5/2 Vías, Pilotada</i> .....                        | 28 |
| <i>Electroválvula de 5/2 Vías, Biestable</i> .....                       | 29 |
| 2.4.5. DISPOSITIVOS QUE PARTICIPAN EN UN SISTEMA.....                    | 30 |
| ELECTRONEUMÁTICO BÁSICO  |    |
| <i>Pulsador</i> .....  | 30 |
| <i>Contacto</i> .....  | 31 |

|  |    |
|--|----|
| <i>Relé</i> .....  | 32 |
| <i>Relés usados en protección</i> .....                      | 32 |
| <i>Relés Térmicos</i> .....                                  | 32 |
| <i>Relés Magnetotérmicos</i> .....                           | 33 |
| <i>Relés usados en control</i> .....                         | 33 |
| <i>Relés de tiempo o temporizadores</i> .....                | 33 |
| <i>Relés de conmutación</i> .....                            | 33 |
| <i>Cortocircuitos o Fusibles</i> .....                       | 33 |
| <i>Interruptor</i> .....                                     | 33 |
| <i>Interruptor automático</i> .....                          | 34 |
| <i>Pequeño interruptor automático</i> .....                  | 34 |
| <b>2.4.6. ELEMENTOS DE UN SISTEMA ELECTRONEUMÁTICO</b> ..... | 35 |
| <i>Ventajas de la electroneumática</i> .....                 | 35 |
| <i>Desventajas de la electroneumática</i> .....              | 36 |
| <b>2.4.7. CONTROL</b> .....                                  | 36 |
| <i>Controles lógicos programables</i> .....                  | 36 |
| <i>Funciones del PLC</i> .....                               | 37 |
| <i>Aplicaciones del PLC</i> .....                            | 37 |
| <i>Arquitectura del PLC</i> .....                            | 37 |
| <i>Consideraciones de instalación y montaje</i> .....        | 39 |
| <i>Preparación del lugar de instalación</i> .....            | 39 |
| <i>Consideraciones de seguridad</i> .....                    | 40 |
| <i>Encapsulado</i> .....                                     | 40 |
| <i>Consideraciones de temperatura</i> .....                  | 40 |
| <i>Consideraciones eléctrica</i> .....                       | 41 |
| <i>Tierras</i> .....   | 41 |
| <i>Alambrado</i> .....                                       | 41 |
| <i>Minimización del ruido eléctrico</i> .....                | 42 |
| <i>Fuentes de ruido</i> .....                                | 42 |
| <i>Eliminación del ruido</i> .....                           | 42 |
| <i>Aislación del ruido</i> .....                             | 43 |



|   |    |
|---|----|
| 2.4.8. SENSORES.....  | 43 |
| <i>Magnitudes y medidas</i> .....                           | 43 |
| <i>Características deseables de los transductores</i> ..... | 44 |
| <i>Clasificación de los sensores</i> .....                  | 45 |
| <i>Sensores analógicos</i> .....                            | 46 |
| <i>Sensores de posición lineal</i> .....                    | 47 |
| <i>Sensores de temperatura</i> .....                        | 47 |
| <i>Resistencia térmica</i> .....                            | 48 |
| <i>Bimetal</i> .....  | 48 |
| <i>Sensores digitales</i> .....                             | 51 |
| <i>Sensores Capacitivos</i> .....                           | 51 |
| <i>Constitución Física</i> .....                            | 52 |
| <i>Aplicaciones</i> .....                                   | 52 |
| <i>Algunos modelos de sensores capacitivos</i> .....        | 53 |
| <i>Sensor final de carrera</i> .....                        | 54 |
| <i>Funcionamiento</i> .....                                 | 54 |
| <i>Finales de carrera sin contacto</i> .....                | 55 |
| <i>Ventajas e Inconvenientes</i> .....                      | 56 |
| <i>Contacto Magnetosensible (Tipo Reed)</i> .....           | 56 |
| <i>Desventajas de los Reeds</i> .....                       | 57 |
| 2.5. HIPÓTESIS.....   | 58 |
| 2.6. SEÑALAMIENTO DE VARIABLES.....                         | 58 |

### **CAPÍTULO III**

#### **METODOLOGÍA**

|  |    |
|--|----|
| 3.1. ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN.....          | 59 |
| 3.2. MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN..... | 59 |
| 3.2.1. INVESTIGACIÓN BIBLIOGRÁFICAS.....       | 59 |
| 3.2.3. NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN.....      | 60 |
| 3.2.4. INVESTIGACIÓN EXPLORATORIA.....         | 60 |
| 3.2.5. INVESTIGACIÓN DESCRIPTIVA.....          | 60 |
| 3.2.7. INVESTIGACIÓN EXPLICATIVA.....          | 60 |

|   |    |
|---|----|
| 3.4. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....         | 61 |
| 3.4.1. VARIABLE INDEPENDIENTE.....                | 61 |
| 3.4.2. VARIABLE DEPENDIENTE.....                  | 62 |
| 3.5. PLAN DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN.....   | 63 |
| 3.6. PLAN DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN..... | 63 |
| <br>  |    |
| <b>CAPÍTULO IV</b>                                |    |
| <b>ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS</b>    |    |
| 4.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....                  | 64 |
| 4.2. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....            | 65 |
| 4.3. VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS.....            | 69 |
| <br>  |    |
| <b>CAPÍTULO V</b>                                 |    |
| <b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>             |    |
| 5.1. CONCLUSIONES.....                            | 70 |
| 5.2. RECOMENDACIONES.....                         | 71 |
| <br>  |    |
| <b>CAPÍTULO VI</b>                                |    |
| <b>PROPUESTA</b>                                  |    |
| 6.1. DATOS INFORMATIVOS.....                      | 72 |
| 6.2. ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA.....            | 73 |
| 6.3. JUSTIFICACIÓN.....                           | 73 |
| 6.4. OBJETIVOS.....                               | 74 |
| 6.4.1. Objetivo General.....                      | 74 |
| 6.4.2. Objetivos específicos.....                 | 74 |
| 6.5. FACTIBILIDAD.....                            | 74 |
| 6.6. FUNDAMENTACIÓN.....                          | 75 |
| 6.8. ADMINISTRACIÓN.....                          | 78 |
| 6.9. PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN.....              | 81 |
| <br>  |    |
| <b>MATERIALES DE REFERENCIA</b>                   |    |
| 1. Bibliografía.....                              | 85 |
| 2. Anexos.....                                    | 87 |

## ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS.

|  |    |
|--|----|
| Fig.1.1. Esquema de accionamiento y parada de un sistema electroneumático..... | 2  |
| Fig. 2.1. Red de Categorías Fundamentales.....                                 | 11 |
| Fig.2.2. Elementos de un sistema neumático.....                                | 13 |
| Fig.2.3. Simbología de posición de válvula.....                                | 15 |
| Fig.2.4. Simbología del número de posiciones.....                              | 15 |
| Fig.2.5. Simbología de la circulación del fluido.....                          | 15 |
| Fig.2.6. Simbología del bloqueo de la circulación del fluido.....              | 15 |
| Fig.2.7. Simbología de conexiones del fluido.....                              | 16 |
| Fig.2.8. Simbología de válvula de tres posiciones.....                         | 16 |
| Fig.2.9. Simbología de válvula neumática de 2/2.....                           | 17 |
| Fig.2.10. Simbología de válvula neumática de 3/2.....                          | 17 |
| Fig.2.11. Simbología de válvula neumática de 4/2.....                          | 18 |
| Fig.2.12. Simbología de válvula neumática de 5/2.....                          | 18 |
| Fig.2.13. Partes de un cilindro de simple efecto.....                          | 23 |
| Fig. 2.14. Cilindro de doble efecto.....                                       | 23 |
| Fig. 2.15. Accionamientos en una válvula monoestable.....                      | 27 |
| Fig.2.16. Electroválvula 3/2.....  | 27 |
| Fig.2.17. Válvula 5/2 monoestable.....   | 29 |
| Fig.2.18. Válvula 5/2 Biestable.....   | 29 |
| Fig. 2.19. Pulsador NO Y NC respectivamente.....                               | 30 |
| Fig.2.20. Contactador Trifásico.....   | 32 |
| Fig.2.21. Interruptor.....   | 34 |
| Fig.2.22. Interruptor Automático.....  | 34 |

|  |    |
|--|----|
| Fig.2.23. Interruptor automático: unipolar, bipolar, tripolar y Tetrapolar.....        | 35 |
| Fig. 2.24. Diagrama de bloques de la arquitectura de un plc.....                       | 38 |
| Fig. 2.25. Histéresis de un sensor.....  | 45 |
| Fig.2.26. Sensor Analógico.....  | 46 |
| Fig.2.27. Sensor de posición lineal.....   | 47 |
| Fig.2.28. Principio Del Termopar.....  | 49 |
| Fig. 2.29. Presentaciones de los Termopares.....                                       | 50 |
| Fig. 2.30. Sensor Capacitivo.....  | 52 |
| Fig.2.31. Diferentes aplicaciones de los sensores capacitivos.....                     | 53 |
| Fig.2.32. Diferentes modelos de sensores capacitivos.....                              | 53 |
| Fig.2.33. Final de carrera mecánico.....   | 55 |
| Fig.2.34. Detector magnético de 2 hilos.....   | 56 |
| Fig.2.35. Final de carrera magnéticos.....   | 57 |
| Fig.4.1. Ciclo electroneumático de estudio.....  | 65 |
| Fig. 4.2. Esquema ilustrativo de los grupos existentes en la secuencia de estudio..... | 65 |
| Fig.4.3. Montaje paso a paso con las señales de entrada de los grupos.....             | 66 |
| Tabla 2.1. Designación de conexiones neumáticas.....                                   | 16 |
| Tabla 2.2. Diferentes mandos utilizados para el accionamiento de válvulas.....         | 19 |
| Tabla. 2.3. Clasificación y rangos de medición de los termopares más comunes.....      | 50 |
| Tabla 4.1. Activación y Desactivación de las Fases.....                                | 66 |

## **RESUMEN EJECUTIVO**

El presente proyecto consiste en el diseño e implementación de un módulo mecatrónico electroneumático de carácter didáctico, para la realización de procesos o secuencias orientadas al desarrollo de prácticas del laboratorio de automatización industrial en la FICM.

El módulo consta de los siguientes elementos:

Un PLC siemens ST 1200 que controla las secuencias electroneumáticas, con un software que emite las ordenes al PLC vía adquisición de datos. Las secuencias son realizadas por tres cilindros de doble efecto de 32 cm de diámetro con una carrera máxima del embolo de 10 cm para cada uno. Se dispone de tres electroválvulas de cinco vías dos posiciones utilizadas para accionar respectivamente cada cilindro. Se tienen sensores magnéticos para regular la longitud de carrera del embolo. El módulo además posee dos pulsadores (uno de arranque y uno de paro), mangueras neumáticas, unidad de mantenimiento (que sirve además para regular la presión de entrada), un compresor de 2HP, una fuente y lámparas

## INTRODUCCIÓN

La ejecución de este proyecto se orientó en proporcionar al laboratorio de automatización industrial de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica un módulo mecatrónico didáctico el mismo que sirva para el aprendizaje de la asignatura.

El presente trabajo de investigación se compone de seis capítulos ordenados de la siguiente manera: El primer capítulo trata sobre el tema que va a ser investigado. El segundo se compone de todo el marco teórico que rige la investigación. El tercer capítulo consta de la metodología que es bibliográfica y experimental. El cuarto capítulo trata sobre el análisis e interpretación de resultados, basados en la ejecución de una secuencia electropneumática determinada. El quinto capítulo pertenece a las conclusiones y recomendaciones.

Para finalmente en el sexto capítulo plantear la propuesta que motivó la realización de este proyecto, aquí se detalla los cálculos realizados, esquemas, costos así como un plan de mantenimiento

# **CAPÍTULO I**

## **EL PROBLEMA**

### **1.1. TEMA:**

ESTUDIO, Y SELECCIÓN DE ELEMENTOS BÁSICOS DE UN MÓDULO MECATRÓNICO PARA DIAGNOSTICAR, EJECUTAR Y EVALUAR PROCESOS ELECTRONEUMÁTICOS EN EL LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL DE LA FICM.

### **1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:**

#### **1.2.1. CONTEXTUALIZACIÓN.**

El término "Mecatrónica" en un principio se definió como la integración de la mecánica y la electrónica en una máquina o producto, pero luego se consolidó como una especialidad de la ingeniería e incorporó otros elementos como los sistemas de computación, la microelectrónica, la inteligencia artificial, la teoría de control y otros relacionados con la estabilidad y alcanzabilidad. Teniendo como objetivo la optimización de los elementos industriales a través de la organización de cada uno de sus subprocesos con nuevas herramientas sinérgicas.

La gran evolución de la neumática y la hidráulica han hecho, a su vez, evolucionar los procesos para el tratamiento y amplificación de señales, y por tanto, hoy en día se dispone de una gama muy extensa de válvulas y distribuidores que permiten elegir el sistema que mejor se adapte a las necesidades.

Hay veces que el comando se realiza manualmente, y otras nos obliga a recurrir a la electricidad (para automatizar) por razones diversas, sobre todo cuando las distancias son importantes y no existen circunstancias adversas.

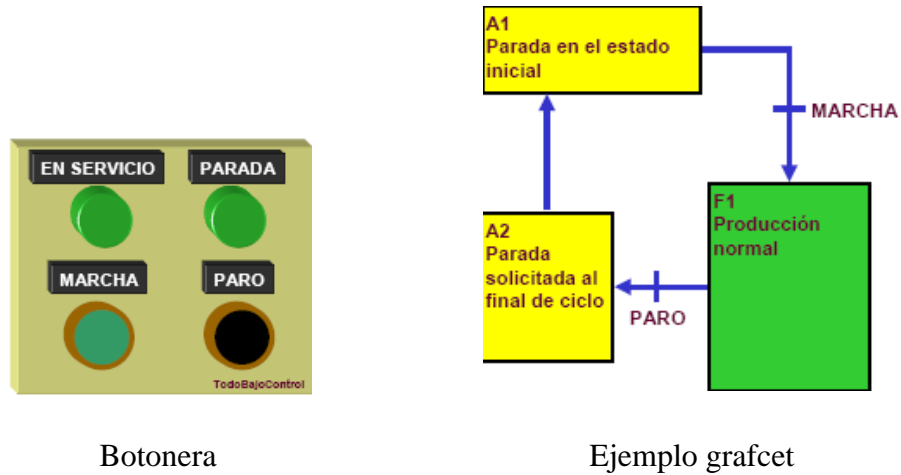


Fig. 1.1. Esquema de accionamiento y parada de un sistema electroneumático

Fuente: <http://angelamecatronica.blogspot.com>.

Un sistema de control neumático se compone principalmente de mecanismos, actuadores, control (inteligente) y sensores. Tradicionalmente la Mecánica se ha ocupado solo de los mecanismos y los actuadores, y opcionalmente puede incorporar control.

Un sistema de control neumático es aquel sistema digital que recoge señales, las procesa y emite una respuesta por medio de actuadores, generando movimientos o acciones sobre el sistema en el que se va a actuar. Los sistemas mecánicos están integrados por sensores, microprocesadores y controladores. Los robots, las máquinas controladas digitalmente, los vehículos guiados automáticamente, etc.



La mecatrónica es la parte de la técnica de diseño y construcción de autómatas flexibles y reprogramables, capaces de realizar diversas funciones. Es el nivel de automatización más flexible y en mucho indica las tendencias futuras del resto de la mecatrónica. Las líneas de investigación más desarrolladas son: síntesis de manipuladores y herramientas, manipuladores de cadena cinemática cerradas, robots autónomos, robots cooperativos, control y teleoperación asincrónicas (por medio de conexiones TCP/IP), estimación del ambiente, comportamiento inteligente, navegación y locomoción.

La aplicación del control neumático en el transporte se desarrolla en el diseño de mecanismos activos (ejemplo: suspensiones activas), control de vibraciones, estabilización de mecanismos y navegación autónoma.

En la manufactura, la Mecatrónica se ha servido de los modelos de sistemas a eventos discretos, y los ha aplicado para el diseño óptimo de líneas de producción así como la optimización de procesos ya existente. También ha ayudado a automatizar las líneas de producción y generar el concepto de manufactura flexible.

Antecedentes del control neumático son las máquinas de control numérico. En este tema los desarrollos más recientes son: análisis, detección y control de vibraciones, y temperatura, en las herramientas de corte, diagnóstico de las herramientas de corte y electroerosionado y síntesis por láser.

Las nanomáquinas son un área que se han beneficiado de los desarrollos de la Mecatrónica. Un ejemplo muy evidente es el desarrollo del disco duro. Las líneas de investigación manejadas son: micromanejo, microactuadores y micromaquinado.

El propósito de este proyecto es proporcionar herramientas de apoyo que permitan realizar las tres primeras etapas para el diseño de un automatismo. A saber:

1. Plantear el problema
2. Determinar sus estructuras funcionales
3. Estructurar el proyecto

Estas etapas se constituyen en el eje fundamental, puesto que definen las principales funciones, las especificaciones técnicas, tanto del cliente como del mismo automatismo y finalmente se diseña la estructura básica del sistema de control neumático.

El desarrollo de estas tres fases entrega una visión general del problema, su grado de complejidad y criterios para definir los tiempos y responsables de ejecución del proyecto.

Hasta no hace mucho tiempo el control de procesos industriales se hacía de forma cableada por medio de contactores y relés. Al operario que se encontraba a cargo de este tipo de instalaciones, se le exigía tener altos conocimientos técnicos para poder realizarlas y posteriormente mantenerlas. Además, cualquier variación en el proceso suponía modificar físicamente gran parte de las conexiones de los montajes, siendo necesario para ello un gran esfuerzo técnico y un mayor desembolso económico.

El computador y los controladores programables han intervenido de forma considerable para que este tipo de instalaciones se hayan visto sustituidas por otras controladas de forma programada.

Los procesos productivos en diversas ramas de la industria utilizan cada vez con más frecuencia, equipos complejos compuestos por sistemas mecánicos, eléctricos, electrónicos, neumáticos e hidráulicos, los cuales, interactúan entre sí para lograr que los sistemas productivos trabajen con mayor flexibilidad, versatilidad, seguridad y confiabilidad así como un bajo consumo de energía.

### **1.2.2. ANÁLISIS CRÍTICO:**

Como ya se manifestó la mecánica como rama de la Ingeniería requiere el apoyo de otras disciplinas como la electrónica de control de procesos puesto que esta última simplifica significativamente el funcionamiento de dispositivos, mecanismos y máquinas. Haciendo que la función del hombre se centre específicamente en el diseño y planeación de estos sistemas y reduciendo al mínimo su intervención física en la operabilidad de las máquinas.

Por esta razón es imprescindible la necesidad de conocer el funcionamiento de dispositivos mecatrónicos y de familiarizarse con el desempeño de los mismos para poder desarrollar eficientemente los conocimientos adquiridos en la carrera de Ingeniería Mecánica.

El proyecto propuesto aporta significativamente en el cumplimiento del contexto señalado.

### **1.2.3. PROGNOSIS**

Ante la falta de un módulo mecatrónico didáctico en el laboratorio de automatización de la FICM, los estudiantes no podrán aplicar la formación teórica práctica de automatización por lo que al implementar dicho módulo mejorará el aprendizaje de automatización industrial y se optimizará los recursos de la facultad debido a que todos los estudiantes dentro del laboratorio podrán realizar pruebas de mecatrónica.

El diagnóstico, ejecución y la evaluación de los procesos electroneumáticos seguirá siendo teórica debido a la falta de aplicación práctica.

#### **1.2.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA:**

¿El diagnóstico, ejecución y evaluación de procesos electropneumáticos permitirá desarrollar de mejor manera la competencia de la innovación en la Ingeniería Mecánica?

#### **1.2.5 INTERROGANTES:**

¿Cuáles son los elementos constitutivos que debe contener el módulo mecatrónico?

¿Cuáles serían los actuadores a utilizar y que características deben tener para poder ejecutar secuencias o ciclos de trabajos determinados?

¿Cómo se debe gobernar la ejecución de secuencias electropneumáticas en el módulo a diseñar?

#### **1.2.6 DELIMITACIÓN DEL OBJETO DE INVESTIGACIÓN:**

- CAMPO: Automatización
- ÁREA: Control.
- TEMA: Estudio, y selección de elementos básicos de un módulo mecatrónico para diagnosticar, ejecutar y evaluar procesos electropneumáticos en el laboratorio de automatización de la FICM.
- PROBLEMA: Qué beneficios se obtendrá al realizar un estudio, y selección de elementos básicos de un módulo mecatrónico en los estudiantes de la FICM.
- ESPACIAL: Esta investigación se realiza en el laboratorio de automatización de la FICM
- TEMPORAL: Julio del 2011 hasta Enero del 2012
- UNIDADES DE OBSERVACIÓN: FICM.

### **1.3. JUSTIFICACIÓN:**

Dado que a nivel mundial ha crecido la tecnología en el sector industrial, tanto público como privado, razón por la cual se ve la necesidad de implementar un módulo mecatrónico, el cual nos permita simular las secuencias de un proceso productivo, mejorar la forma de enseñanza de automatización, ayudar con la seguridad para el manejo adecuado de las secuencias, realizar el control con equipos industriales reales, en beneficio de todos.

La importancia del proyecto se fundamenta en la necesidad de elevar la competencia de la innovación en la carrera de ingeniería mecánica de la FICM. Siendo los beneficiarios directo los estudiantes de la mencionada carrera.

Otro de los objetivos es estimular la creación de microempresas las cuales oferten este tipo de tecnología la cual no es común en nuestro país.

La realización de dicho proyecto es factible ya que se cuenta en el mercado con todos sus componentes los cuales son de fácil adquisición y prácticos en el manejo y control de los mismos.

Con la implementación del módulo mecatrónico didáctico los estudiantes podrán conocer físicamente cada uno de los elementos constitutivos del sistema electroneumático así como programar la realización de secuencias de operación dirigidas directamente desde el software de control.

## **1.4. OBJETIVOS GENERAL Y ESPECÍFICO DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.4.1. OBJETIVO GENERAL:**

Estudiar, módulos mecatrónicos para diagnosticar, ejecutar y evaluar procesos electroneumáticos en el laboratorio de automatización industrial de la FICM.

### **1.4.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS:**

- Seleccionar adecuadamente los elementos constitutivos que debe contener el módulo mecatrónico priorizando la necesidad de que sea de carácter didáctico.
- Escoger actuadores electroneumáticos en base a la compatibilidad de accesorios disponibles en el mercado.
- Elegir un PLC que disponga de software libre de programación y que sea ampliamente utilizado en la industria y de fácil adquisición.
- Elaborar una guía práctica e ilustrativa de la ejecución de las secuencias electroneumáticas programadas, así como del uso de todo el conjunto.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVO:**

Uno de los principales problemas detectados para la determinación de nuestro proyecto fue que no existe un sistema que nos permita visualizar los resultados obtenidos ni experimentar con sistemas reales como es el caso del sistema propuesto, de implementar un módulo mecatrónico para diagnosticar, ejecutar y evaluar procesos electroneumáticos en el laboratorio de automatización industrial

Cuando no se dispone de elementos reales para la experimentación, no se puede hablar de un proceso constructivista del conocimiento. Sin embargo al relacionar la teoría con la práctica este conocimiento puede llegar a plasmarse en forma de experiencias útiles para el desempeño laboral de los egresados.

Para que el trabajo se convierta realmente en una actividad útil individual y socialmente sin provocar daños materiales ni personales, se debe construir un sistema seguro y a la vez diverso para que las experiencias obtenidas puedan reflejar lo estudiado en las aulas de forma teórica.

## **2.2 FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA**

La presente investigación se ubica en el paradigma critico-propositivo.

Critico por que se analizaron los diversos dispositivos electroneumáticos y de control para seleccionar convenientemente los componentes del módulo mecatrónico. Propositivo por que tiene como finalidad plantear una solución especifica al problema inherente de la investigación

## **2.3 FUNDAMENTACIÓN LEGAL**

Necesidad de establecer procedimientos nos obliga a hacer referencia a las normas que siempre estarán presentes en el desarrollo de los proyectos de automatización:

IEC 1131-1. Es la primera norma internacional para el software de control de procesos. Y esta nos hace referencia a los controladores lógicos programables (PLC).

IEC 1131-2. Esta norma internacional especifica los requisitos y pruebas relacionadas con los autómatas programables (PLC) y sus periféricos asociados por ejemplo, de programación y herramientas de depuración (PADTs), las interfaces hombre-máquina (HMI), etc que tengan el uso previsto de control y mando de máquinas y procesos industriales.

IEC 1131 – 3 Estándar Para Software De Automatización.

ISO 1219 Simbología de Válvulas y Elementos Neumáticos.



## 2.4. CATEGORÍAS FUNDAMENTALES:

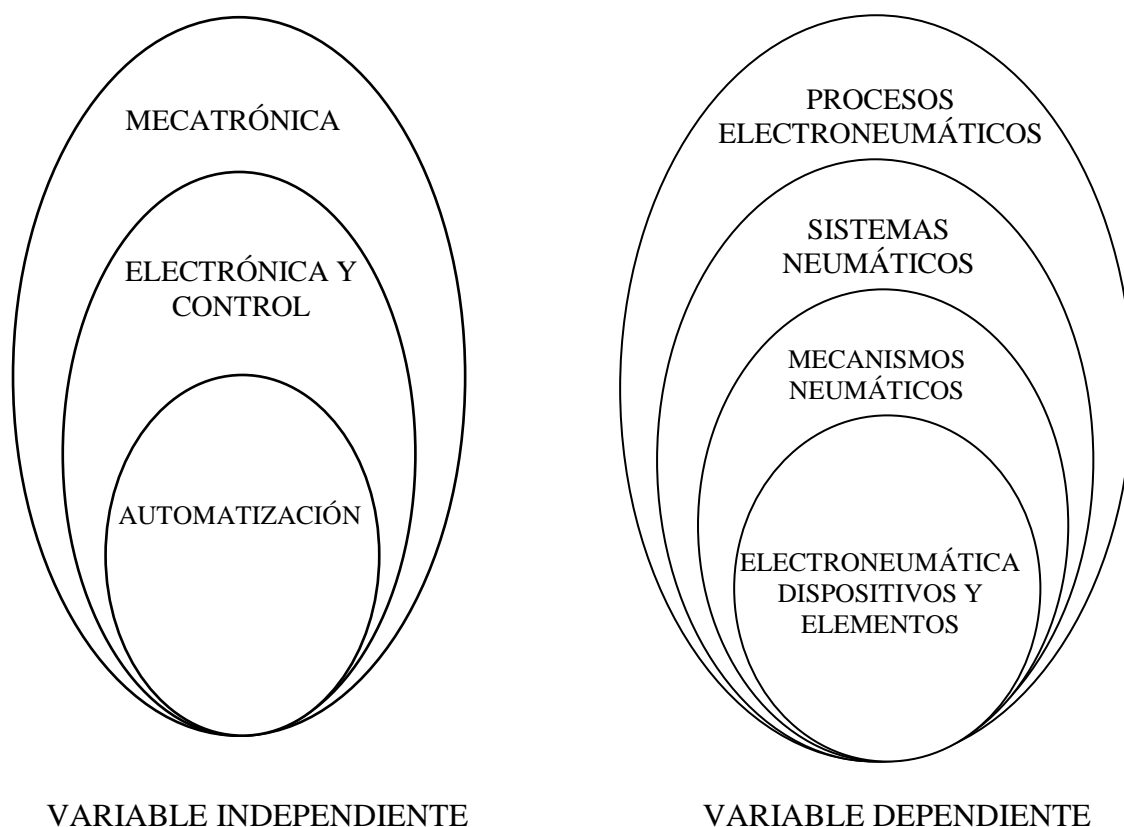


Fig.2.1. Red de Categorías Fundamentales

Elaborado: por Autor

### 2.4.1. MECATRÓNICA

La mecatrónica surge de la combinación sinérgica de distintas ramas de la ingeniería, entre las que destacan: la mecánica de precisión, la electrónica, la informática y los sistemas de control. Su principal propósito es el análisis y diseño de productos y de procesos de manufactura automatizados.

Un sistema mecatrónico es aquel sistema digital que recoge señales, las procesa y emite una respuesta por medio de actuadores, generando movimientos o acciones sobre el sistema en el que se va a actuar: Los sistemas mecánicos están integrados por sensores, microprocesadores y controladores.

Los robots, las máquinas controladas digitalmente, los vehículos guiados automáticamente, etc. se deben considerar como sistemas mecatrónicos.

#### **2.4.2. SISTEMA NEUMÁTICO**

Un sistema neumático aprovecha la presión y volumen del aire comprimido por un compresor de aire y lo transforma por medio de actuadores (cilindros y motores) en movimientos rectilíneos y de giro, que se usan para automatizar maquinaria en casi todas las industrias.

Los actuadores se controlan por una serie de válvulas de dirección, control de presión y control de flujo principalmente entre otras.

La sincronía de los actuadores se logra controlando las válvulas por medio de controladores electrónicos, eléctricos y neumáticos.

En la actualidad, los progresos tecnológicos realizados en materiales, diseño y procesos de producción han mejorado la calidad y diversidad de los componentes neumáticos y de esta forma contribuido a su amplio uso en la automatización.

##### *Elementos De Las Instalaciones Neumáticas.*

Un sistema neumático consta de los siguientes elementos: Elemento de trabajo 1A, elemento de mando 1V2, elemento de procesamiento 1V1, elementos de entrada 1SA, 1S2, 1S3 y elementos de alimentación OZ, OS.)

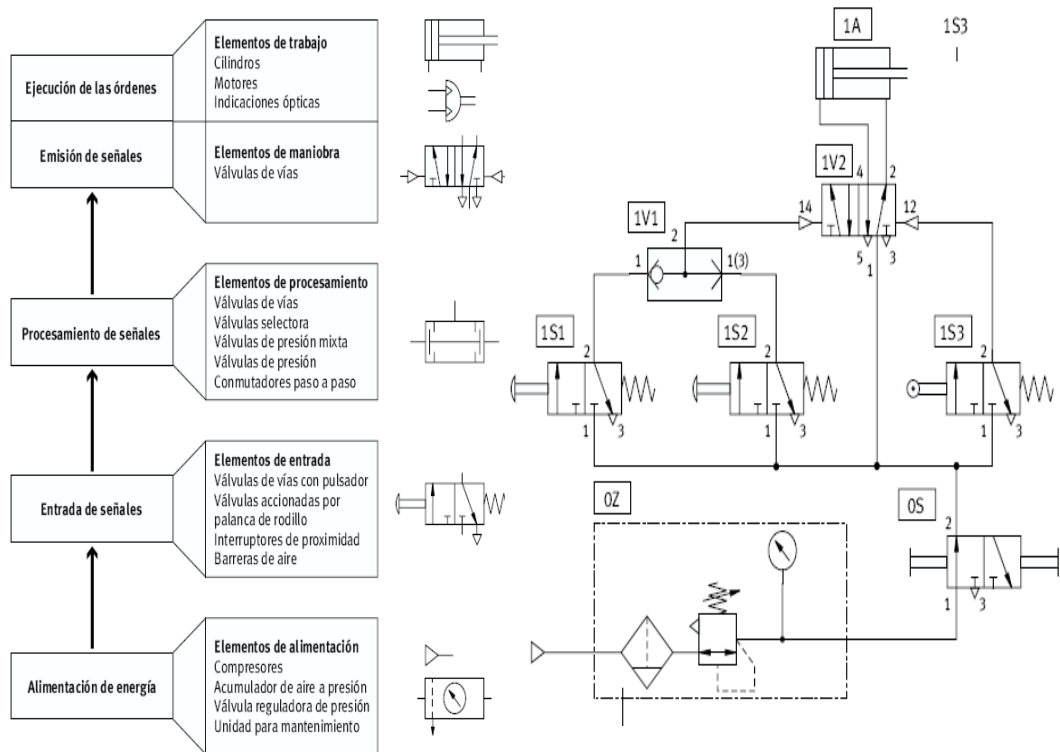


Fig 2.2. Elementos de un sistema neumático.

Fuente: [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lim/tellocvr/capitulo8](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lim/tellocvr/capitulo8)

### Compresores.

Proporcionan una presión y un caudal de aire adecuados a la instalación.

### Acumuladores.

Mantiene un nivel de presión adecuada en la instalación neumática. Su tamaño depende del caudal de consumo y de la potencia del motor.

### Acondicionadores De Aire.

Son dispositivos que nos permiten mantener el aire en unas condiciones de limpieza, humedad y lubricación adecuadas, de tal manera que alargan la vida de toda la instalación. Estos elementos son: filtro de aire, secador, lubricador.

### Red De Distribución

Debe garantizar la velocidad y presión del aire en todos los puntos de uso. No es necesario un circuito de retorno de fluido, ya que éste se vierte directamente a la atmósfera por un silenciador después de haber sido usado.

### Elementos de Regulación y Control

Son los encargados de regular el paso de aire desde los acumuladores a los elementos actuadores. Estos elementos que se denominan válvulas pueden ser activados de diversas formas: manualmente, por circuitos eléctricos, neumáticos, hidráulicos o mecánicos.

### Válvulas.

La función de las válvulas es permitir, orientar o detener un flujo de aire. Por distribuir el aire hacia los elementos de trabajo se las conoce como válvulas distribuidoras.

Dos de las características principales que posibilitan su clasificación son el número de vías y el número de posiciones, definidos a continuación.

*Vías:* llamamos así al número de bocas de conexión del elemento de distribución. Pueden tenerse válvulas de 2, 3, 4, 5 ó más vías. No es posible un número de vías inferior a dos.

*Posiciones:* se refiere al número de posiciones estables del elemento de distribución. No es posible un número de posiciones inferior a dos.

### Simbología de válvulas

La representación que se utiliza corresponde a la norma ISO 1219, que es idéntica a la norma de la Comisión Europea de la Transmisiones Neumáticas y Oleohidráulicas (CETOP). Se trata de una representación que refleja la función y el funcionamiento de las válvulas de una manera tremendamente significativa. A continuación se relacionan las cuestiones más importantes.

Cada posición que puede adoptar una válvula distribuidora se representa por medio de un cuadrado.



Fig.2.3. Simbología de posición de válvula

Elaborado: por el autor.

El número de cuadrados indica el número de posibles posiciones de la válvula distribuidora.

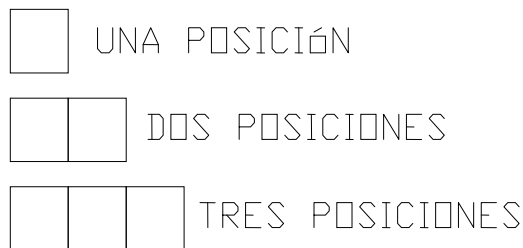


Fig.2.4. Simbología del número de posiciones

Elaborado: por el autor.

Las líneas representan los conductos internos de la válvula. Las flechas, el sentido exclusivo o prioritario de circulación del fluido.

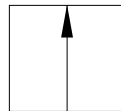


Fig.2.5. Simbología de la circulación del fluido

Elaborado: por el autor.

La posición de bloqueo de flujo se muestra por una línea cortada, esto simboliza la interrupción de flujo.

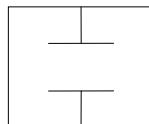


Fig.2.6. Simbología del bloqueo de la circulación del fluido

Elaborado: por el autor.

Las conexiones se agregan con pequeñas líneas en los costados de los rectángulos.

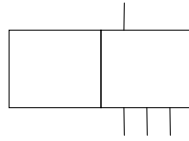


Fig.2.7. Simbología de conexiones del fluido

Elaborado: por el autor.

Si la válvula es de tres posiciones, la intermedia es, en principio, la de reposo.

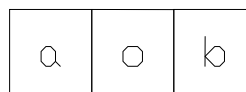


Fig.2.8. Simbología de válvula de tres posiciones

Elaborado: por el autor.

Por posición de reposo se entiende, en el caso de válvulas con dispositivo de reposición automática, aquella posición que ocupa cuando sobre la válvula no se ejerce ninguna acción. Se denomina igualmente posición estable y la válvula se dice que es monoestable.

La norma establece la identificación de los orificios (vías) de las válvulas, debe seguir la siguiente forma: Puede tener una identificación numérica o alfabética, como se observa en la tabla 2.1.

Tabla 2.1. Designación de conexiones neumáticas

| DESIGNACIÓN DE CONEXIONES                    | LETRAS       | NÚMEROS      |
|--|--------------|--------------|
| Conexiones de trabajo                        | A, B, C..... | 2,4,6.....   |
| Conexión de presión, alimentación de energía | P            | 1            |
| Escapes, retornos                            | R, S, T..... | 3,5,7.....   |
| Descarga                                     | L            |              |
| Conexiones de mando                          | X, Y, Z..... | 10,12,14.... |

Fuente:

[http://d1105488.mydomainwebhost.com/usuarios/Toni/web\\_simbologia\\_neumma/simbolos\\_neumatica\\_indice.html](http://d1105488.mydomainwebhost.com/usuarios/Toni/web_simbologia_neumma/simbolos_neumatica_indice.html)

Las válvulas direccionales se designan de acuerdo al número de vías y al número de posiciones de la forma siguiente:

*N° Vías / N° posiciones*

2/2 dos vías / dos posiciones

3/2 tres vías / dos posiciones

4/2 cuatro vías / dos posiciones

5/2 cinco vías / dos posiciones

5/3 cinco vías / tres posiciones

### Válvulas 2/2

Pertencen a este grupo todas las válvulas de cierre que poseen un orificio de entrada y otro de salida (2 vías) y dos posiciones de mando. Pueden ser normal cerradas o normal abiertas, según cierren o habiliten el paso respectivamente en su posición de reposo.

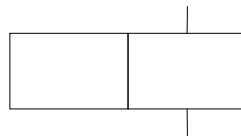


Fig.2.9. Simbología de válvula neumática de 2/2

Elaborado: por el autor.

### Válvulas 3/2

Además de alimentar a un circuito, permiten su descarga al ser conmutadas. También las hay normalmente cerradas o abiertas.

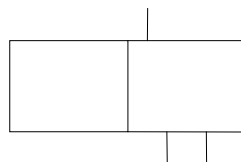


Fig.2.10. Simbología de válvula neumática de 3/2

Elaborado: por el autor.

### Válvulas 4/2

Poseen cuatro orificios de conexión correspondiendo uno a la alimentación, dos a las utilidades y el restante al escape. Operan en dos posiciones de mando, para cada una de las cuales sólo una utilización es alimentada, en tanto la otra se encuentra conectada a escape; esta condición se invierte al conmutar la válvula.

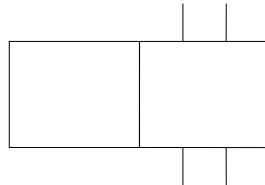


Fig.2.11. Simbología de válvula neumática de 4/2

Elaborado: por el autor.

### Válvulas 5/2

Éstas poseen cinco orificios de conexión y dos posiciones de mando. A diferencia de la 4/2, poseen dos escapes correspondiendo uno a cada utilización. Esto brinda la posibilidad, entre otras cosas, de controlar la velocidad de avance y retroceso de un cilindro en forma independiente.

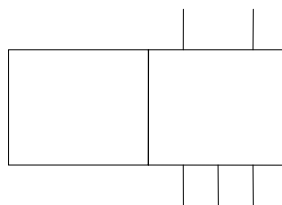


Fig.2.12. Simbología de válvula neumática de 5/2

Elaborado: por el autor.

### Válvulas de 3 posiciones

Las funciones extremas de las válvulas de tres posiciones son idénticas a las de dos posiciones, pero a diferencia de éstas incorporan una posición central adicional. Esta posición podrá ser de centro cerrado, centro abierto o centro a presión.



Existen distintos tipos de mandos: mandos musculares o manuales, mecánicos, neumáticos, eléctricos y electroneumáticos.

En la tabla 2.2 se observa los diferentes mandos utilizados para el accionamiento de válvulas.

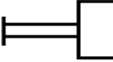
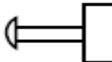
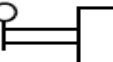
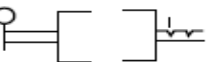
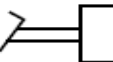

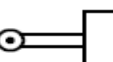
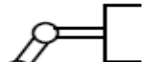

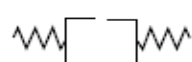
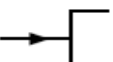
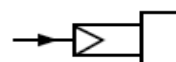
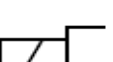
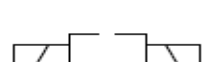
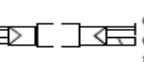
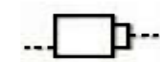
| Tipos de accionamientos de las Válvulas   |  |  |   |
|---|--|--|---|
|    | En general   |     | Por botón pulsador  |
|    | Por palanca  |    | Por palanca enclavable  |
|    | Por pedal  |     | Por taqué   |
|    | Por rodillo  |     | Por rodillo escamoteable o abatible                             |
|   | Por resorte  |   | Centrado elásticamente  |
|  | Por aplicación de presión  |  | Accionamiento indirecto por aplicación de presión servopilotado |
|  | Por medio de electro imán  |  | Por medio de dos electro imanes                                 |
|  | Válvula accionada electro magnéticamente con accionamiento manual auxiliar |   | Por presión diferencial   |

Tabla 2.2. Diferentes mandos utilizados para el accionamiento de válvulas.

Fuente:

([http://proton.ucting.udg.mx/temas/control/nares/simbolos/sim\\_valv.html](http://proton.ucting.udg.mx/temas/control/nares/simbolos/sim_valv.html)).

### Accesorios de mando y válvulas auxiliares

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

### Regulador de caudal unidireccional

El control de la velocidad de desplazamiento de un cilindro se logra controlando el flujo de aire o caudal que escapa del mismo. Estos componentes regulan el caudal en una sola dirección del flujo, permitiendo el libre pasaje del aire en sentido contrario.

### Silenciadores y reguladores de escape

Los silenciadores se emplean para disminuir la presión sonora producida por la expansión del aire comprimido en los escapes de las válvulas. Los reguladores de escape, que incorporan además un silenciador, controlan el flujo de aire de escape de las válvulas y por lo tanto la velocidad de los cilindros.

### Ventajas del Sistema Neumático:

Como todas las fuentes de energía tiene ventajas y desventajas. A continuación se mencionan algunas de las ventajas y desventajas del uso del aire comprimido:

- El aire está prácticamente disponible en todas partes y en cantidades ilimitadas.
- El aire puede ser transportado fácilmente en tuberías, inclusive a grandes distancias.
- El aire comprimido puede ser almacenado en un depósito y usado cuando se requiera. También el recipiente puede ser movable.
- El aire comprimido es relativamente insensible a las fluctuaciones con la temperatura. Esto asegura una buena operación, incluso en condiciones extremas.
- El aire comprimido no presenta riesgo de explosión o fuego.
- El aire sin lubricante es limpio. Cualquier aire sin lubricación que escape a través de las conexiones o componentes no causa ninguna contaminación.
- Los componentes de operación son de simple construcción y por lo tanto son relativamente baratos.

- El aire comprimido es un medio de trabajo rápido. Esto permite obtener altas velocidades de trabajo.
- Las herramientas y componentes neumáticos pueden ser cargados hasta el punto de detenimiento y por lo tanto seguros a la sobrecarga.

#### Desventajas del Sistema Neumático

- El aire comprimido requiere buena preparación. Suciedad y condensación no deben de estar presentes.
- No siempre es posible mantener, en el pistón, una velocidad uniforme y constante con el aire comprimido.
- El aire comprimido es económico hasta ciertos requerimientos de fuerza. Bajo la presión normal de trabajo (6 a 7 bar) y dependiendo del desplazamiento y la velocidad, la salida alcanza un límite entre 40 y 50 KN.
- La salida de aire (escape) es demasiado ruidosa. Este problema ha sido ahora resuelto, con el uso de materiales con absorción de ruido y silenciadores. Los elementos primarios para el diseño de un sistema neumático son:
  - Alimentación de energía.
  - Elementos de entrada (sensores).
  - Elementos de procesamiento (procesadores).
  - Elementos de control.
  - Componentes de poder (actuadores).

#### **2.4.3. MECANISMOS NEUMÁTICOS.**

En el área de mecanismos, los principales problemas son reducción de complejidad, eliminación de mecanismos y síntesis de mecanismos mecatrónicos.

La reducción de la complejidad se refiere a reducir el número de elementos del mecanismo, mediante el uso de control inteligente. La eliminación del mecanismo implica el uso directo de actuadores y de controles más sofisticados. La síntesis de

mecanismos mecatrónicos consiste en utilizar actuadores directamente en el mecanismo para mejorar su movimiento; un ejemplo de síntesis es el desarrollo de rodamientos con actuación magnética para eliminar la fricción. Se caracteriza por una mejor caracterización del mecanismo y el diseño por computadora.

### Actuadores

Todo mecanismo requiere de una fuente de potencia para operar. Inicialmente esta fuente de potencia fue de origen animal, posteriormente se aprovechó la fuerza generada por el flujo de aire o agua, pasando luego a la generación de potencia con vapor, por combustión interna y actualmente con electricidad. Si esta fuente de potencia es modulable o controlable, se tiene un actuador. Los principales desarrollos de los actuadores en la Mecatrónica son: manejo directo, eliminando mecanismos, utilizando actuadores electromagnéticos, piezoeléctricos y ultrasónicos. También deben considerarse los actuadores neumáticos u oleo-hidráulicos. Un tipo de actuadores muy utilizados son los motores eléctricos; se han desarrollado investigaciones en nuevos modelos matemáticos, nuevos tipos de manejadores y en nuevos tipos de control. Un tipo de actuador que se ha utilizado mucho en nanomaquinaria son los actuadores electrostáticos.

### Cilindros

Los cilindros neumáticos son unidades que transforman la energía potencial del aire comprimido en energía cinética o en fuerzas prensoras.

#### Cilindros de simple efecto

Uno de sus movimientos está gobernado por el aire comprimido, mientras que el otro se da por un resorte colocado en el interior del cilindro. Realiza trabajo aprovechable sólo en uno de los dos sentidos.

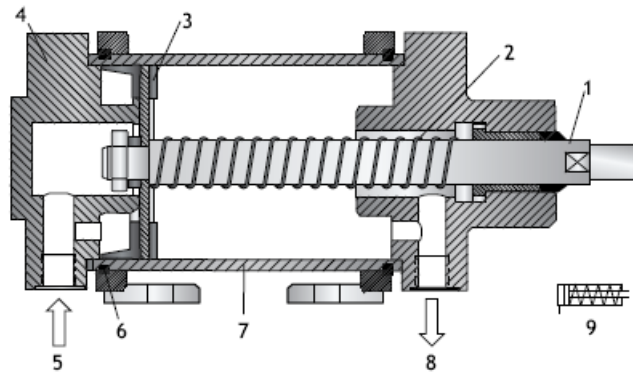


Fig.2.13. Partes de un cilindro de simple efecto: 1) Vástago, 2) Muelle de retroceso, 3) Pistón, 4) Culata, 5) Entrada de aire a presión, 6) Retén de hermeticidad, 7) Camisa de émbolo, 8) Escape de aire y 9) Símbolo.

Fuente: <http://www.sapiensman.com/neumatica/neumatica8.htm>.

Cilindros de doble efecto.

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

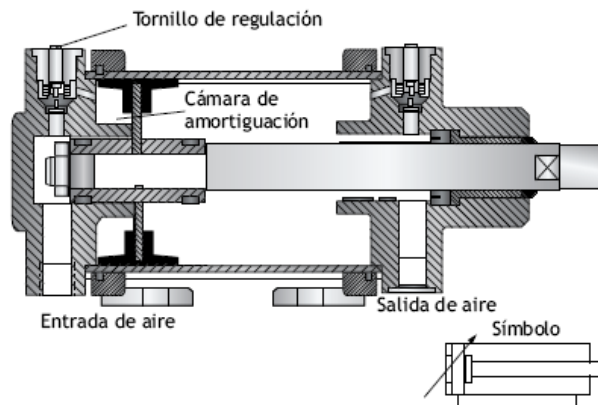


Fig 2.14. Cilindro de doble efecto

Fuente: <http://www.sapiensman.com/neumatica/neumatica8.htm>.

**2.4.3.1. CÁLCULO DE FUERZA**

La fuerza desplegada por un cilindro de doble efecto al avanzar el vástago depende de la presión del aire, de la sección del émbolo y del rendimiento o

pérdidas por rozamiento en las juntas dinámicas. En el retroceso es importante también considerar el diámetro del vástago.

Generalmente la fuerza de un cilindro se calcula para una presión de aire de unos 6 bar, que es la que normalmente, garantiza la red de distribución. Eso no significa que puedan ser consideradas otras presiones por encima o por debajo de la mencionada.

En todos los casos, y dada la facilidad con que se regula la presión, es conveniente sobredimensionar algo el cilindro por si, accidentalmente, en un momento determinado, la red proporciona una presión inferior a la estimada en principio<sup>1</sup>.

El rendimiento de los cilindros, depende del diseño del mismo y, por tanto, del fabricante. Si no se dispone de datos más precisos, y a modo de orientación, basta considerar.

- Para cilindros de hasta D= 40mm → R=0,85. <sup>1</sup>
- Para cilindros superiores a D= 40 mm → R=0,95. <sup>1</sup>

En cilindros de doble efecto, la fuerza efectiva de avance será:

$$F_a = \frac{\pi}{4} D^2 P R \quad \text{Ecuación 2.1.}$$

Dónde:

F<sub>a</sub> = Fuerza del cilindro (Kgf ó N).

F<sub>r</sub> = Fuerza de retroceso (Kgf ó N).

D = Diámetro del cilindro en centímetros (cm).

d = Diámetro del vástago en centímetros (cm).

P = Presión del aire en bar.

R = Rendimiento del cilindro.

---

<sup>1</sup> SERRANO.N; Neumática; Paraninfo; Quinta Edición; España 2008.Pág 89

La fuerza de retroceso para estos mismos cilindros será:

$$Fr = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) P R \quad \text{Ecuación 2.2.}$$

Para obtener la fuerza real será necesario multiplicar dicha fuerza por el rendimiento así tenemos:

$$Fra = Fa * R \quad \text{Ecuación 2.3.}$$

$$Frr = Fr * R \quad \text{Ecuación 2.4.}$$

#### **2.4.3.2. CONSUMO DE AIRE EN LOS CILINDROS**

El consumo de aire en los cilindros o en otros actuadores es de vital importancia para evaluar las dimensiones del compresor y del depósito, o simplemente para conocer el gasto energético de los elementos neumáticos. El consumo de aire de un cilindro depende de diferentes factores como: sección del cilindro, carrera del mismo, frecuencia de ciclo y presión de trabajo.

Normalmente el consumo de aire en litros se expresa a presión atmosférica 0 a 1 presión del aire libre. Pero no solamente consume aire el cilindro sino que el resto de 3 componentes, incluidas las tuberías, favorecen también a aumentar el consumo. En los cilindros de doble efecto, será necesario considerar el ciclo completo, es decir, avance y retroceso del embolo.

$$Q = \frac{\pi.C.P.n}{4000} (2D^2 - d^2) \quad \text{Ecuación 2.5.}$$

Dónde:

Q = Consumo total de aire en l/min.

D= Diámetro del cilindro en cm.

d = Diámetro del vástago en cm.

C = carrera del vástago en cm.

P = Presión de trabajo del cilindro en bar.

n = Número de ciclos por minuto.

Los consumos adicionales por tuberías y otros elementos neumáticos se estiman entre el 20 y 30 % del consumo de los cilindros.

#### **2.4.4. ELECTRONEUMÁTICA**

Es la aplicación en donde se combinan dos importantes ramas de la automatización como son la neumática (Manejo de aire comprimido) y electricidad y/o la electrónica.

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.

Se suele decir que la neumática es la fuerza y la electricidad los nervios del sistema.

##### *Electroválvulas*

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.

Las electroválvulas pueden ser monoestables o biestables.

##### *Electroválvulas monoestables*

Tienen una sola bobina también llamada solenoide, y se reposicionan automáticamente mediante muelle en el momento en que se deja de actuar eléctricamente sobre el solenoide.



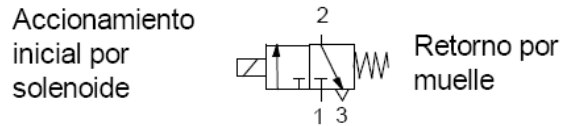


Fig 2.15. Accionamientos en una válvula monoestable.

Fuente: [http://www.taringa.net/posts/apuntes-y-monografias/3192176/Apuntes-de-Automatizacion\\_-Electroneumatica\\_-etc\\_.html](http://www.taringa.net/posts/apuntes-y-monografias/3192176/Apuntes-de-Automatizacion_-Electroneumatica_-etc_.html).

Electroválvulas Biestables.

Las electroválvulas biestables disponen dos bobinas, una a cada lado; cuando se deja de actuar sobre una de ellas la válvula queda en la misma posición, siendo necesaria la actuación sobre la bobina contraria para que la válvula se invierta.

A continuación se explican algunas de las electroválvulas más utilizadas.

Electroválvula De 3/2 Vías Monoestable, Normalmente Cerrada.

Esta válvula de asiento, normalmente cerrada (NC) es actuada directamente por un solenoide y devuelta a su posición de reposo por un muelle.

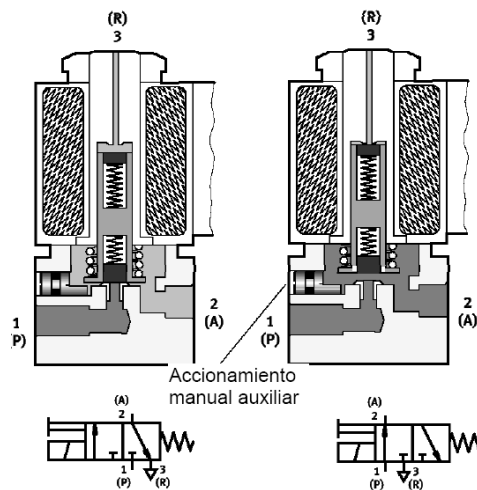


Fig.2.16. Electroválvula 3/2.

Fuente: [http://www.taringa.net/posts/apuntes-y-monografias/3192176/Apuntes-de-Automatizacion\\_-Electroneumatica\\_-etc\\_.html](http://www.taringa.net/posts/apuntes-y-monografias/3192176/Apuntes-de-Automatizacion_-Electroneumatica_-etc_.html).

Cuando una corriente eléctrica (señal) se aplica a la bobina, se genera una fuerza electromotriz (FEM) que levanta la leva del asiento de la válvula cerrando el escape. El aire comprimido fluye desde 1 hacia 2 ya que 3 se halla cerrado por la parte superior de la leva. La leva está forzada contra el asiento de escape. En estado de reposo, tiene la posibilidad de accionamiento manual.

Las aplicaciones típicas para este tipo de válvulas incluyen el control directo de pequeños cilindros de simple efecto, el pilotaje indirecto de otras válvulas mayores etc.

*Electroválvula De 3/2 Vías Monoestable, Normalmente Abierta.*

Esta válvula es idéntica a la normalmente cerrada excepto que se ha conectado de forma diferente para que esté abierta en reposo. En esta disposición, la alimentación 1 está conectada al cabezal. Al aplicar una señal eléctrica se levanta la leva, cerrando el asiento superior y con ello la alimentación. Al mismo tiempo, el asiento inferior libera el aire de la salida 2 hacia el escape 3.

*Electroválvula De 5/2 Vías, Pilotada.*

La válvula de 5/2 vías realiza una función parecida a la de 4/2 vías. La diferencia es que tiene dos escapes independientes, mientras que la 4/2 tiene un único escape.

En posición inicial, el muelle forzará a la corredera de tal manera que conecta 1 con 2 y 4 con 5, mientras que 3 queda aislado. Al activar el solenoide se abre la válvula auxiliar pasando aire al lado izquierdo de la corredera, desplazándose ésta, resultando que el aire escapa de 2 hacia 3, el escape 5 se bloquea y el aire fluye ahora de 1 hacia 4.

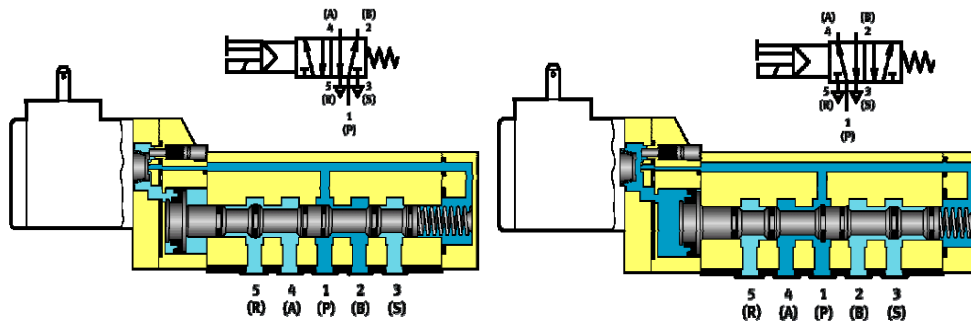


Fig.2.17. Válvula 5/2 monoestable.

Fuente: [http://www.taringa.net/posts/apuntes-y-monografias/3192176/Apuntes-de-Automatizacion\\_-Electroneumatica\\_-etc\\_.html](http://www.taringa.net/posts/apuntes-y-monografias/3192176/Apuntes-de-Automatizacion_-Electroneumatica_-etc_.html).

Dado el corto recorrido de actuación, las bajas fuerzas de fricción y el accionamiento por pilotaje, esta ejecución puede utilizar un solenoide pequeño, lo cual le proporciona un tiempo de respuesta breve.

Electroválvula De 5/2 Vías, Biestable.

Las válvulas mencionadas anteriormente utilizan un muelle para devolver la válvula a su estado inicial. Con válvulas de doble solenoide, el muelle se sustituye por otro solenoide.

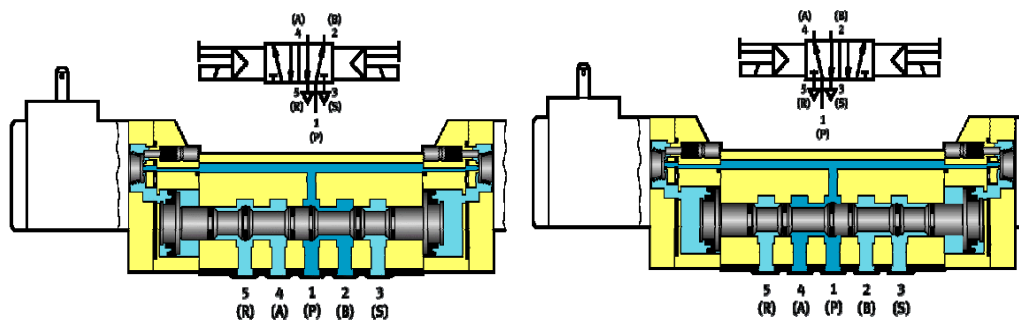


Fig.2.18. Válvula 5/2 Biestable.

[http://www.taringa.net/posts/apuntes-y-monografias/3192176/Apuntes-de-Automatizacion\\_-Electroneumatica\\_-etc\\_.html](http://www.taringa.net/posts/apuntes-y-monografias/3192176/Apuntes-de-Automatizacion_-Electroneumatica_-etc_.html).

## 2.4.5. DISPOSITIVOS QUE PARTICIPAN EN UN SISTEMA ELECTRONEUMÁTICO BÁSICO

- Contactos eléctricos NA / NC.
- Sensores.
- Pulsadores e interruptores.
- Electroválvulas 3/2 5/2 4/2 vías.
- Cilindros de simple efecto.
- Cilindros de doble efecto.
- Válvulas lógicas y de secuencia.
- Temporizadores.
- Relés.
- Fuente de energía (neumática y eléctrica).

### Pulsador

Es un contacto que tiene una sola posición estable. Esta posición estable permitirá el paso de corriente y en este caso será un pulsador normalmente cerrado o pulsador de apertura (o pulsador de paro), o bien no lo permitirá y será un pulsador normalmente abierto o pulsador de cierre (o pulsador de marcha).

Se encuentra en el circuito de mando o control y su representación es según las normas DIN.

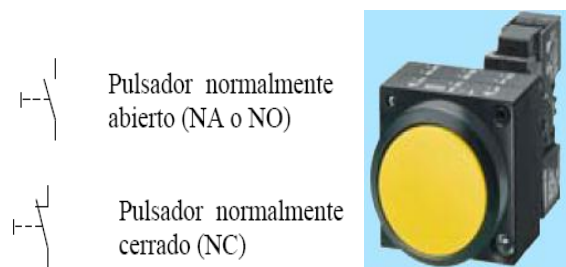


Fig. 2.19. Pulsador NO Y NC respectivamente.

Fuente: <http://www.Maniobrayproteccióndesistemaselectricos.com>.

## Contactor

Es un elemento de accionamiento electromagnético con una posición de reposo. Su misión es la de establecer la corriente de alimentación de un dispositivo eléctrico (típicamente un motor) al ser accionado, o bien modificar la forma en que sea alimentado el dispositivo eléctrico. Esto se consigue aplicando tensión a la bobina del contactor. Cuando la bobina deja de ser excitada, sus contactos volverán a su estado de reposo dejando de alimentar la instalación o motor al que estaba conectado.

El contactor sirve para comunicar las órdenes finales obtenidas del circuito de mando al circuito principal, aunque no hay contacto eléctrico entre ambos.

Los principales constituyentes son:

1. El electroimán: Formado por un circuito magnético y una bobina. Es el órgano activo. Cuando se aplica una tensión a la bobina, el yugo (parte fija del circuito magnético) atrae al martillo (parte móvil), y este, en su movimiento, arrastra a todos los contactos que van solidariamente unidos a él.
2. Los polos o contactos principales: Son los elementos que establecen y cortan las corrientes del circuito principal.
3. Contactos auxiliares: Son los elementos que establecen y cortan corrientes en el circuito de mando. Realizan las funciones de señalización, enclavamiento, autorretención.

En la figura 2.20 se representa una de las formas de un contactor en este caso un contactor trifásico con dos contactos auxiliares NC y dos NA.

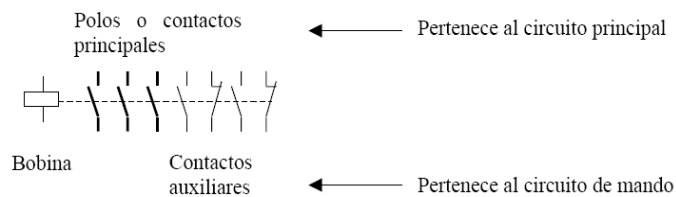


Fig.2.20. Contactor Trifásico

<http://www.Maniobrayproteccióndesistemaseléctricos.com>.

### Relé

Elemento típicamente usado en protección aunque por su funcionamiento puede desempeñar funciones de maniobra.

#### Relés usados en protección

Son dispositivos que muestrean una o varias magnitudes eléctricas y en función de su valor o de la relación entre las magnitudes son capaces de detectar si existe un mal funcionamiento del sistema que están controlando.

Esta condición suele ser la de una excesiva intensidad, por una excesivamente grande o pequeña tensión o frecuencia, por una inadecuada dirección de la potencia, por una baja o elevada intensidad en el circuito etc.

Al advertir una determinada condición indicativa de un mal funcionamiento, o bien se produce la apertura de sus polos (contactos) interrumpiendo la alimentación de un circuito eléctrico o máquina, o bien dan la orden de apertura al dispositivo encargado de la desconexión.

Los principales y más sencillos relés de protección que se encuentran en una instalación son los:

#### Relés Térmicos.

Protegen al circuito frente a sobrecargas (intensidades por encima de la nominal); no actúan instantáneamente sino que el tiempo que tardan en abrir sus polos (o dar

la orden de apertura) depende de cuánto más elevada es la intensidad por encima de la nominal.

### Relés magnetotérmicos

Unen a su característica térmica un elemento que opera instantáneamente por acciones electromagnéticas cuando la intensidad es muy superior a la nominal, previsiblemente porque existe un cortocircuito cercano; la acción magnética puede llevar incorporada un retardo independiente de la intensidad.

### Relés usados en control

Se encuentran en el circuito de control. A continuación se destaca alguno de ellos:

➤ *Relés de tiempo o temporizados*: como los relés de retardo a la conexión o los relés de retardo a la desconexión.

➤ *Relés de conmutación*: que abren o cierran sus contactos cuando se alimenta su bobina; se asemejan a los contactores pero sin contactos principales.

### Cortacircuitos o Fusible

Elemento únicamente de protección frente a cortocircuitos. Se compone de un hilo delgado que se funde por efecto Joule al ser atravesado por la corriente de cortocircuito.

### Interruptor.

Elemento de maniobra con dos posiciones estables. Interrumpe o establece la intensidad nominal.

Dentro de los circuitos de control en baja tensión es posible encontrarlos como elemento de maniobra, aunque en estos casos se suele emplear otros términos como posicionador, selector, interruptor de posición o conmutador, en la figura se representa un interruptor unipolar y bipolar respectivamente.

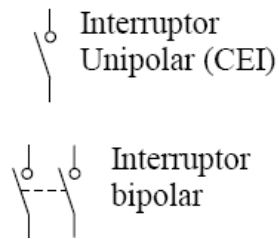


Fig.2.21. Interruptor.

Fuente: <http://www.Maniobrayproteccióndesistemaseléctricos.com>.

Interruptor automático.

Aparato mecánico de conexión capaz de establecer, soportar e interrumpir corrientes en las condiciones normales del circuito, así como de establecer, soportar durante un tiempo determinado e interrumpir corrientes en condiciones anormales como las de cortocircuito.

Pequeño Interruptor automático

Interruptor automático empleado en instalaciones de baja tensión de poca potencia, cuando  $V < 415V$  e  $I < 82A$ . Es un elemento de maniobra y protección.

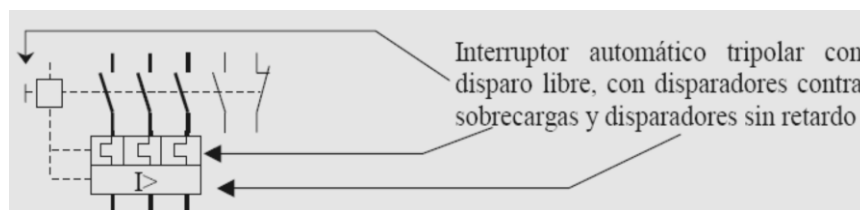


Fig.2.22. Interruptor Automático

<http://www.Maniobrayproteccióndesistemaseléctricos.com>.

Puede ser unipolar, bipolar, tripolar o tetrapolar.

- Unipolar: Interruptor destinado a conectar o cortar un circuito formado por 1 cable.
- Bipolar: Interruptor destinado a conectar o cortar un circuito formado por dos cables. Puede ser un vivo y el neutro o dos fases.



- Tripolar: Interruptor destinado a conectar o cortar un circuito formado por tres cables.
- Tetrapolar: Interruptor destinado a conectar o cortar un circuito formado por 4 cables.

En la figura 2.15 puede verse como son estos interruptores automáticos.

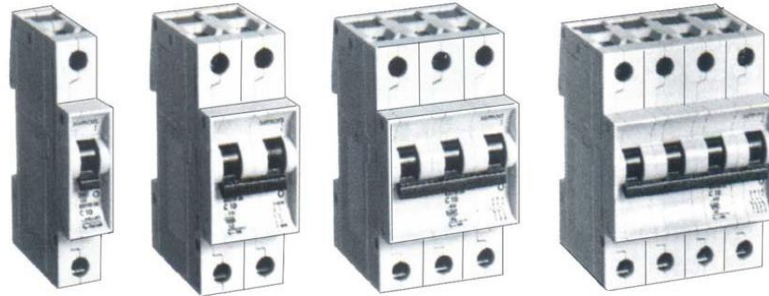


Fig.2.23. Interruptor automático: unipolar, bipolar, tripolar y Tetrapolar.

Fuente: <http://www.Maniobrayproteccióndesistemaseléctricos.com>.

#### 2.4.6. ELEMENTOS DE UN SISTEMA ELECTRONEUMÁTICO

Dentro de los elementos de un sistema electroneumático es importante reconocer la cadena de mando para elaborar un correcto esquema de conexiones. Cada uno de los elementos de la cadena de mando cumple una tarea determinada en el procesamiento y la transmisión de señales.

##### Ventajas de la Electroneumática

- Mediana fuerza (porque se pueden lograr fuerzas mucho más altas con la hidráulica).
- Altas velocidades de operación.
- Menos riesgos de contaminación por fluidos (especialmente si se utiliza en la industria de alimentos o farmacéutica).
- Menores costos que la hidráulica o la electricidad neta.

### Desventajas de la Electroneumática.

- Alto nivel sonoro.
- No se pueden manejar grandes fuerzas.
- El uso del aire comprimido, si no es utilizado correctamente, puede generar ciertos riesgos para el ser humano.
- Altos costos de producción del aire comprimido.

### **2.4.7. CONTROL**

Un área muy desarrollada en la Mecatrónica es el control. Se tienen dos tendencias importantes: el uso de las técnicas más modernas de la teoría de control automático y el desarrollo de controles inteligentes, que busca mejorar la percepción del medio ambiente y obtener una mejor autonomía. Algunos de los avances más importantes en la rama del control automático son: redes de PLC, DAQ, control de sistemas distribuidos, relés inteligentes.

#### Controles Lógicos Programables (PLC)

El PLC (Sistema Lógico Programable), se define como un sistema electrónico digital diseñado para trabajar en ambientes industriales, que usa memorias programables para el almacenamiento de instrucciones, con las que implanta funciones específicas, (lógicas, secuenciales, temporizadas, de conteo y aritméticas) para controlar diversos tipos de procesos, a través de módulos de entrada/salida análogos o digitales.

#### Funciones del PLC

Dentro de las funciones del PLC se puede mencionar:

- Adquirir datos del proceso por medio de las entradas digitales y analógicas.
- Tomar decisiones en base a reglas programadas.
- Almacenar datos en memoria.
- Generar ciclos de tiempo.

- Realizar cálculos matemáticos.
- Actuar sobre dispositivos externos mediante las salidas digitales y analógicas.
- Comunicarse con otros sistemas externos.

### Aplicaciones del PLC

El PLC es usado en la actualidad en una amplia gama de aplicaciones de control, muchas de las cuales no eran económicamente posibles hace algunos años. Esto debido a:

- El costo efectivo por punto de entrada/salida ha disminuido con la caída del precio de los microprocesadores y los componentes relacionados.
- La capacidad de los controladores para resolver tareas complejas de computación y comunicación ha hecho posible el uso de PLC en aplicaciones donde antes era necesario dedicar un computador.

Existen 5 áreas generales de aplicación de PLC:

- Control secuencial.
- Control de movimiento.
- Control de procesos.
- Monitoreo y supervisión de procesos.
- Administración de datos.
- Comunicaciones.

### Arquitectura Del PLC.

Los elementos esenciales, que todo autómata programable posee como mínimo son:

- Sección de entradas: se trata de líneas de entrada, las cuales pueden ser digitales o analógicas. A estas líneas conectaremos los sensores (captadores).
- Sección de salidas: son una serie de líneas de salida, que también pueden ser de carácter digital o analógico. A estas líneas se conectan los actuadores.

- Unidad central de proceso (CPU): se encarga de procesar el programa que el usuario ha introducido.

A parte de éstos se puede disponer de los siguientes elementos:

- Unidad de alimentación.
- Dispositivos periféricos: como nuevas unidades de E/S, más memoria, unidades de comunicación en red, etc.
- Interfaces: facilitan la comunicación del autómatas con otros dispositivos (como un PC), autómatas, etc.

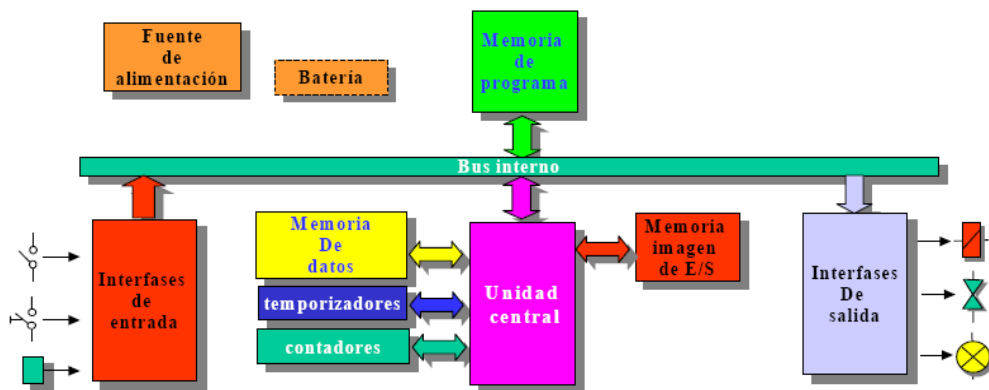


Fig 2.24. Diagrama de bloques de la arquitectura de un plc.

Fuente: [http://galia.fc.uaslp.mx/~cantocar/automatas/apuntes\\_curso/capitul2.pdf](http://galia.fc.uaslp.mx/~cantocar/automatas/apuntes_curso/capitul2.pdf).

- Memoria: Almacena el código de mensajes o instrucciones que ejecuta la Unidad Lógica. La memoria se divide en PROM o ROM y RAM.

ROM: Memoria de sólo lectura (Read Only Memory). Memoria no volátil que puede ser leída pero no escrita. Es utilizada para almacenar programas y datos necesarios para la operación de un sistema basado en microprocesadores.

RAM: Memoria de acceso aleatorio (Random Access Memory). Memoria volátil que puede ser leída y escrita según sea la aplicación. Cualquier posición de memoria puede ser accesada en cualquier momento.

Por medio de ellas, se puede utilizar un PLC en procesos diferentes sin necesidad de readecuar o transformar el equipo; sólo se debe modificar el programa. Para el

control de un proceso BATCH, se pueden almacenar varias recetas en la memoria y acceder aquélla que interesa.

Las PROM o ROM almacenan los programas permanentes que coordinan y administran los recursos del equipo.

La RAM guarda los programas de aplicación que pueden sufrir modificaciones. Esta memoria es respaldada con baterías, con el propósito de no perder la información al existir cortes de fluido eléctrico.

El sistema opera a través de la interacción con el procesador (Unidad Lógica) y la Memoria.

Cuando se enciende el equipo, el procesador lee la primera palabra de código (instrucción) almacenada en memoria y la ejecuta.

Una vez que termina de ejecutar la instrucción leída, busca en memoria la siguiente instrucción y así sucesivamente hasta que se completa la tarea.

Esta operación se llama ciclo de búsqueda-ejecución (FETCH-EXECUTE CYCLE).

### CONSIDERACIONES DE INSTALACIÓN Y MONTAJE

- *Preparación del lugar de instalación*
  - Definición de los requerimientos de control.
  - Determinar el número de PLC requeridos.
  - Determinar disposición de paneles y tierras.

Los requerimientos de control se definen en términos del número de entradas y salidas. Posteriormente, se calculan los módulos de I/O y los racks que se necesitan. Una vez que se conocen los PLC, módulos de I/O y racks requeridos, se deben determinar la potencia necesaria para el funcionamiento correcto del PLC.

La potencia total requerida en la instalación, considerando el PLC, módulos de I/O y módulos controladores, no debe exceder la capacidad disponible de la fuente de poder.

### Consideraciones de seguridad

Al diseñar el sistema, se deben tener en cuenta las condiciones de seguridad del personal durante fallas.

Los equipos conectados al PLC deben incluir interlocks y switches de seguridad, que prevengan la operación al producirse una falla.

- Debe existir un medio para desconectar la alimentación de energía a las cargas (salidas), independiente del PLC, para operaciones de rutina.
- Debe existir un medio para desconectar la alimentación de energía a las salidas, para condiciones de emergencia.
- Se deben utilizar circuitos by-pass externos para operaciones de partida o inicialización (cargas críticas).

### Encapsulado.

Requerimientos mínimos

- Fácil acceso a componentes.
- Potencial de tierra común para el gabinete.
- Instalación en rieles o paneles verticales de seguridad.
- Cumplir estándares o normas eléctricas.
- Protección EMI.
- Restringir acceso a los equipos.
- Protección contra polvo y suciedad.
- Normas NEMA.

### Consideraciones de temperatura

Se debe asegurar un adecuado flujo de aire, de modo que se obtenga una buena refrigeración del equipo.

Si la temperatura ambiente es alta, se debe utilizar ventilación forzada o acondicionamiento de aire. La temperatura máxima de operación típica es 60° C.

### Consideraciones eléctricas.

#### *Tierras*

Para obtener una operación adecuada, es fundamental contar con un buen sistema de conexión a tierra. Se recomienda la utilización de cable trenzado de cobre N°12 AWG o de mayor grosor en el retorno de tierra.

Algunas reglas para lograr un buen contacto eléctrico:

- Se deben emplear terminales adecuados en los extremos de los cables de tierra.
- Es recomendable utilizar pernos de cobre para realizar la conexión al punto de tierra.
- La pintura, recubrimientos y el óxido impiden un buen contacto en los puntos de tierra. Se deben remover y emplear golillas dentadas para asegurar una buena continuidad y baja impedancia.

#### *Alambrado*

Algunas consideraciones que se deben tener en cuenta en el alambrado:

- Emplear cables de largo mínimo.
- No añadir cables.
- Evitar la proximidad de cables de alta potencia.
- Instalar cablería de entrada, salida y de otro tipo en paneles separados.
- Cuando sea posible, canalizar por separado los cables con señales DC y AC.
- Una impedancia de  $0.1\Omega$  o menor debe haber en la conexión a tierra de todos los componentes del sistema.
- Utilizar guías de cable.

- Proteger los cables desnudos.
- No utilizar el mismo cable de retorno de alimentación cuando las líneas son muy largas; de esta forma se minimiza la caída de voltaje.

### Minimización del ruido eléctrico

#### *Fuentes de ruido*

El ruido puede ser conducido a través de los cables de señal o de alimentación, o puede ser irradiado por ondas electromagnéticas.

El acoplamiento electrostático se produce a través de las capacitancias parásitas existentes entre la línea de ruido y la línea de alimentación o señal. Este es el caso típico cuando se canalizan cables largos en un mismo conducto.

El acoplamiento magnético ocurre a través de las inductancias mutuas parásitas entre líneas.

El ruido electromagnético irradiado es generalmente de alta frecuencia. Se debe tener especial cuidado en el sistema de control y su alambrado, ya que pueden actuar como antenas.

Las fuentes primarias de ruido en ambientes industriales son:

- Motores grandes.
- Máquinas soldadoras.
- Contactores (switch con cargas electromagnéticas).
- Máquinas de estado sólido.

### Eliminación del ruido

El empleo de supresores de ruido permite reducirlo en su origen. Son aplicables en dispositivos comandados por contactos mecánicos, y suprimen el arco en los contactos eléctricos (cargas inductivas).

Un tipo alternativo de supresor se logra con circuitos RC o varistores.



### Aislación del ruido

Otra forma de manejar el problema de ruido, consiste en aislar el dispositivo que presenta problemas de ruido, de los cables y componentes electrónicos. Adicionalmente y en casos extremos, se emplean escudos electrostáticos.

Una medida complementaria, especial para cables con señales de valores bajos (TTL), se consigue con protecciones de malla y trenzado (12 vueltas/pie). Además, se debe mantener la separación física con los emisores.

### **2.4.8. SENSORES**

Los sensores son transductores (convierte un tipo de energía a otra) que miden cierto tipo de energía, la energía detectada se convierte en impulsos eléctricos que son captadas por las máquinas de control. Esta información la utilizan los operadores lógicos o bien puede ser analizada por un ser humano.

#### Magnitudes y medidas.

Una magnitud es una propiedad física susceptible de ser medida. Por ejemplo: temperatura, presión, velocidad, corriente, etc.

En el mundo físico existen seis tipos de magnitudes:

Mecánicas (Ej.: velocidad, fuerza, presión)

Térmicas (Ej.: temperatura, cantidad de calor)

Magnéticas (Ej.: intensidad de campo magnético, flujo)

Eléctricas (Ej.: tensión, corriente)

Ópticas (Ej.: color, intensidad luminosa)

Moleculares o químicas (Ej.: concentración de una sustancia, acidez)

Medir es comparar la cantidad (de una magnitud) con su respectiva unidad, con el fin de averiguar cuántas veces la segunda está contenida en la primera.

### Características deseables de los transductores

*Exactitud:* Indica la capacidad de un sensor o un instrumento de medida para dar lecturas que se aproximen al verdadero valor de la magnitud medida.

Se considera que el verdadero valor es el que se obtendría si la magnitud se midiera con un método ejemplar.

*Precisión:* Para poder comparar varios sensores entre sí en cuanto a su exactitud, se introduce el concepto de clase de precisión. Todos los sensores de una misma clase tienen el mismo error en la medida.

*Rango de funcionamiento:* El sensor debe tener un amplio rango de funcionamiento y debe ser exacto y preciso en todo el rango.

*Velocidad de respuesta:* El transductor debe ser capaz de responder a los cambios de la variable detectada en un tiempo mínimo. Lo ideal sería una respuesta instantánea.

*Calibración:* El tiempo y los procedimientos necesarios para llevar a cabo el proceso de calibración deben ser mínimos. Además, el sensor no debe necesitar una recalibración frecuente. El término desviación se aplica con frecuencia para indicar la pérdida gradual de exactitud del sensor que se produce con el tiempo y el uso, lo cual hace necesaria su recalibración.

*Fiabilidad:* No debe estar sujeto a fallos frecuentes durante el funcionamiento.

*Resolución:* Es el menor cambio en la variable del proceso capaz de producir una salida perceptible en el instrumento. Se expresa en general como un porcentaje del Límite Superior de medición del instrumento.

*Histéresis:* Se denomina histéresis a la diferencia entre la distancia de activación y desactivación. Cuando un objeto metálico se acerca al sensor inductivo, éste lo detecta a la "distancia de detección" o "distancia de sensado". Cuando el mismo objeto es alejado, el sensor no lo deja de detectar inmediatamente, si no cuando

alcanza la “distancia de reset”, que es igual a la “distancia de detección” más la histéresis propia del sensor.

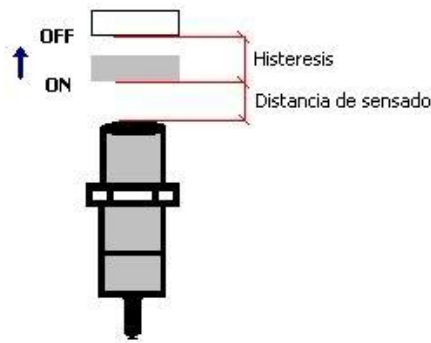


Fig 2.25. Histéresis de un sensor

Fuente: [http://es.wikipedia.org/wiki/Sensor\\_inductivo](http://es.wikipedia.org/wiki/Sensor_inductivo)

### Clasificación De Los Sensores

*Según el aporte de energía:*

- Moduladores o activos; ejemplo: Resistencia variable con la temperatura (RTD).
- Generadores o pasivos; ejemplo: Termopares, sensores fotovoltaicos (células solares).

*Según la magnitud a medir:*

De temperatura, de presión, de fuerza, de desplazamiento, de velocidad, de aceleración, de humedad, y de un sin fin de magnitudes.

*Según el modo de funcionamiento:*

- De deflexión, ejemplo: En un dinamómetro
- De comparación, ejemplo: Una balanza manual.

*Según el parámetro variable:*

Resistencia, capacidad, inductancia, tensión, corriente, etc.

*Según la señal de salida:*

- Analógicos.
- Digitales.

A continuación se describirá los tipos de sensores de acuerdo a dos criterios, primero con el criterio de que la señal eléctrica generada es de tipo analógica o digital y segundo, el tipo de variable física medida, ya que para realizar la automatización de un proceso productivo a través de un PLC se requiere conocer si se trata de una señal análoga o digital.

### Sensores Analógicos.

Un sensor analógico es aquel que puede entregar una salida variable dentro de un determinado rango.

Los transductores analógicos proporcionan una señal analógica continua, por ejemplo voltaje o corriente eléctrica. Esta señal puede ser tomada como el valor de la variable física que se mide.

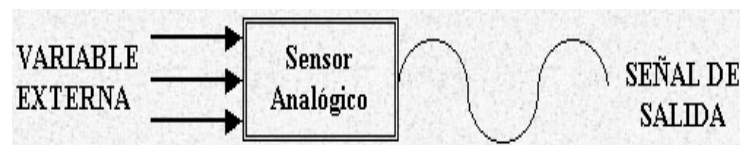


Fig. 2.26. Sensor Analógico

Fuente: [http://eie.ucr.ac.cr/uploads/file/proybach/pb\\_08\\_II/pb0811t.pdf](http://eie.ucr.ac.cr/uploads/file/proybach/pb_08_II/pb0811t.pdf).

El sensor analógico debe poseer ciertas propiedades indispensables como:

Calibración, rango de funcionamiento, confiabilidad, velocidad de respuesta, exactitud precisión, sensibilidad, linealidad entre otros. Esto con el fin de que el control de la variable que se mida, se lleve a cabo de la mejor manera y en el menor tiempo posible.

### Sensores De Posición Lineal.

Los transductores de posición se utilizan para determinar la posición de un objeto con respecto a un punto de referencia. Las posiciones pueden ser lineales o angulares.

Como transductor de posición se tiene un potenciómetro, estos se conocen como transductores resistivos de desplazamiento, y pueden medir tanto movimiento lineal como rotacional.

Los transductores lineales funcionan como divisores de tensión que modifican su relación en función del desplazamiento que experimenta su cursor. El desplazamiento que pueden alcanzar va de 10 a 300 mm con linealidades comprendidas entre  $\pm 0,05\%$  y  $\pm 1\%$ .

Para poder acondicionar la señal proveniente del transductor, se colocan módulos electrónicos externos que proporcionan señales 0 - 20mA y de 4 - 20mA.



Fig.2.27. Sensor de posición lineal.

Fuente: [http://eie.ucr.ac.cr/uploads/file/proybach/pb\\_08\\_II/pb0811t.pdf](http://eie.ucr.ac.cr/uploads/file/proybach/pb_08_II/pb0811t.pdf).

### Aplicación de los sensores de posición.

Cuando la distancia que se va a medir no supera algunos metros, se utiliza un potenciómetro acoplado sobre un eje roscado, cuyo movimiento determina la posición del elemento móvil cuya posición se quiere medir.

### Sensores De Temperatura.

La obtención de medidas de temperatura, es de las más frecuentes y de mayor importancia en la automatización industrial, es por esto que se vuelve cada vez

más importante tener una comprensión clara de los distintos métodos de medida de esta variable, para lograr que el sistema sea el óptimo.

Dentro de los sensores empleados para la medida de la temperatura, están los basados en resistencias térmicas y bimetales.

#### Resistencia Térmica.

Lo constituyen las RTD (Resistance Temperature Detector) o PT100 basadas en la dependencia de la resistividad de un conductor con la temperatura, están caracterizadas por un coeficiente de resistividad positivo PTC (Positive Thermal Coefficient). También lo son las NTC (Negative Thermal Coefficient), que se llaman termistores y están caracterizadas por un coeficiente de temperatura negativo.

#### Bimetal.

Se tiene que algunos sensores de temperatura empleados en la automatización industrial, funcionan con base a una pieza formada por dos metales con distinto coeficiente de dilatación térmica, estos se encuentran fuertemente unidos, esta pieza comúnmente se conoce como Bimetal. La idea de unir y utilizar estos dos metales consiste en exponerlos a cambios de temperatura, de tal manera que los metales se expanden o contraen de manera que forman un arco uniforme. Lo común es que la unión Bimetal emplee metales con similares módulos de elasticidad y espesor.

#### Termopar

El termopar o termocupla, este sensor se basa en el efecto de la circulación de una corriente en un circuito formado por dos metales diferentes, cuyas uniones se mantienen a distinta temperatura (unidos en un extremo y abierto en el otro), producen un pequeño y único voltaje según la temperatura, como se ejemplifica en la figura N.-2.28.

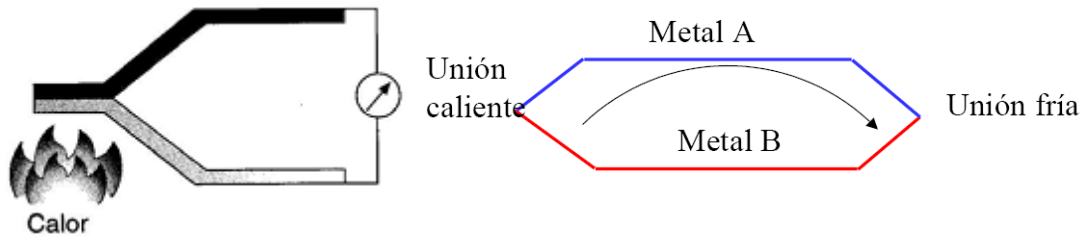


Fig.2.28. Principio Del Termopar

Fuente: [http://eie.ucr.ac.cr/uploads/file/proybach/pb\\_08\\_II/pb0811t.pdf](http://eie.ucr.ac.cr/uploads/file/proybach/pb_08_II/pb0811t.pdf),

El fenómeno es debido a dos efectos: (Peltier y Thomson).

- El efecto Peltier provoca la liberación o absorción de calor en la unión de dos metales distintos cuando circula una corriente a través de la unión.
- El efecto Thomson consiste en la liberación o absorción de calor cuando una corriente circula a través de un metal homogéneo en el que existe un gradiente de temperatura.

La tensión que pasa por el extremo abierto es función de la temperatura de la unión de los metales utilizados. La unión del termopar proporciona una  $T_x$  (temperatura desconocida: 'unión de medida'), en el extremo abierto se tiene  $T_{ref}$  (temperatura fija conocida: 'unión de referencia') y midiendo el valor de  $V$  por medio de un voltímetro, se puede calcular el valor de  $T_x$  mediante la ecuación:

$$V = T_x - T_{ref} \text{ (Ecuación 2.6).}$$

Dado que los voltajes que generan los diferentes tipos de termocuplas, están estudiadas y documentadas, es posible obtener tablas que asocian un voltaje determinado con una temperatura, por lo que en aplicaciones prácticas se utilizan tablas de calibración.



Fig. 2.29. Presentaciones de los Termopares.

Fuente: [http://eie.ucr.ac.cr/uploads/file/proybach/pb\\_08\\_II/pb0811t.pdf](http://eie.ucr.ac.cr/uploads/file/proybach/pb_08_II/pb0811t.pdf)

### Clasificación de los termopares.

Estos dispositivos, se dividen o se clasifican con respecto a su forma constructiva, básicamente si son metálicas o no, dentro de las metálicas se encuentran las de tipo E, J, K y T, se utilizan para temperaturas hasta de 1000°C y los no metálicos como los tipos S, R, B; ya que, se fabrican de distintos metales o aleaciones se utilizan para temperaturas de hasta 2000°C, con el objetivo de abarcar mayores rangos de medición de temperatura, los más comunes para aplicaciones industriales se muestran en la Tabla.2.3 , es importante mencionar que para cada tipo de termopar se encuentran hojas de datos que facilitan y orientan la interpretación del valor obtenido por el dispositivo.

Tabla.2.3. Clasificación y rangos de medición de los termopares más comunes.

Fuente: [http://eie.ucr.ac.cr/uploads/file/proybach/pb\\_08\\_II/pb0811t.pdf](http://eie.ucr.ac.cr/uploads/file/proybach/pb_08_II/pb0811t.pdf).

| Termopar | Material                              | Rangos de medición(°C) | Sensibilidad( $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ ) |
|----------|---------------------------------------|------------------------|--|
| Tipo B   | Platino6%/Rodio-platino30%/rodio      | 38 a 1800              | 7.7  |
| Tipo C   | Tungsteno 5%/Renio-Tungsteno26%/renio | 0 a 2300               | 16   |
| Tipo E   | Cromo – Constantan                    | 0 a 982                | 76   |
| Tipo J   | Hierro - Constantan                   | 0 a 760                | 55   |
| Tipo K   | Cromo - Aluminio                      | -184 a 1260            | 39   |
| Tipo R   | Platino13%/Rodio-platino              | 0 a 1593               | 11.7   |
| Tipo S   | Platino10%/Rodio-platino              | 0 a 1538               | 10.4   |
| Tipo T   | Cobre -Constantan                     | -184 a 400             | 45   |



### Aplicaciones industriales.

Todo tipo de control de temperatura en los procesos industriales. En aplicaciones industriales donde se requiera detectar temperaturas muy elevadas, los termopares se protegen con vainas de metal y cerámicas.

### Sensores Digitales.

Un sensor digital es aquel que entrega una salida del tipo discreta. Es decir, que el sensor posee una salida que varía dentro de un determinado rango de valores, pero a diferencia de los sensores analógicos, esta señal varía de a pequeños pasos pre-establecidos (cuantificados).

Por ejemplo consideraremos un botón pulsador, el cual es uno de los sensores más básicos. Posee una salida discreta de tan solo dos valores, estos pueden ser abiertos o cerrados.

Los sensores discretos más comúnmente usados entregan una salida del tipo binaria las cuales poseen dos estados posibles (0 y 1). De aquí se asumirá que una salida digital es una salida del tipo binaria.

Una de las principales informaciones que es necesario extraer de un proceso determinado es la presencia o ausencia de un objeto, al paso por un punto determinado, el conteo de número de piezas que pasan, etc.

### Sensores Capacitivos

Los sensores capacitivos reaccionan ante metales y no metales que al aproximarse a la superficie activa sobrepasan una determinada capacidad. La distancia de conexión respecto a un determinado material es tanto mayor cuanto más elevada sea su constante dieléctrica.

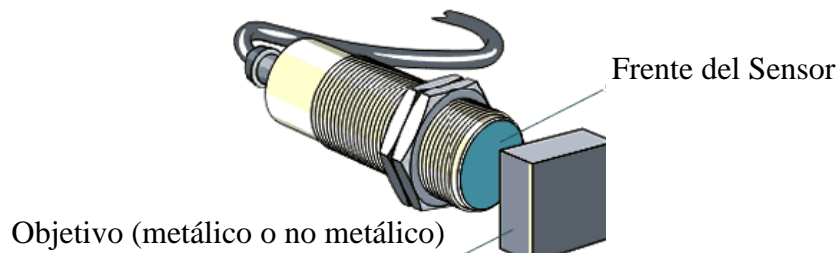


Fig. 2.30. Sensor Capacitivo.

Fuente:[http://galia.fc.uaslp.mx/~cantocar/automatas/PRESENTACIONES\\_PLC\\_PDF\\_S/25\\_SENORES\\_CAPACITIVOS.PDF](http://galia.fc.uaslp.mx/~cantocar/automatas/PRESENTACIONES_PLC_PDF_S/25_SENORES_CAPACITIVOS.PDF).

### Constitución Física

Las partes que constituyen, normalmente, un sensor inductivo son:

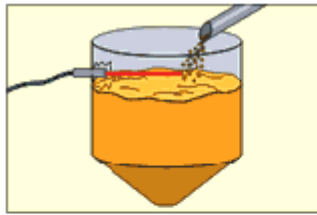
- Zona de detección. Es la zona del sensor donde aparece el campo magnético creado por la bobina.
- Bobina. Es la parte que genera el campo magnético alterno.
- Oscilador. Actúa como fuente de alimentación alterna de la bobina.
- Rectificador. La señal recibida del oscilador es convertida en una señal digital.
- Comparador. Compara la señal recibida del rectificador con una señal umbral que cambia dependiendo del estado de activación, creando así el estado de histéresis del sensor.

### Aplicaciones de los sensores capacitivos

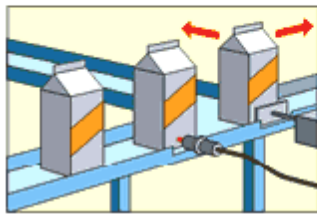
Estos sensores se emplean para la identificación de objetos, para funciones contadoras y para toda clase de controles de nivel de carga de materiales sólidos o líquidos.

También son utilizados para muchos dispositivos con pantalla táctil, como teléfonos móviles, ya que el sensor percibe la pequeña diferencia de potencial entre membranas de los dedos eléctricamente polarizados de una persona.

En la figura 2.29 se puede observar algunas aplicaciones de los sensores capacitivos a nivel industrial.



Control de nivel de llenado de sólidos en un recipiente.



Detección de Fluidos en contenedores tal como leche en botes de cartón.

Fig.2.31. Diferentes aplicaciones de los sensores capacitivos.

Fuente:[http://galia.fc.uaslp.mx/~cantocar/automatas/PRESENTACIONES\\_PLC\\_PDF\\_S/25\\_SENORES\\_CAPACITIVOS.PDF](http://galia.fc.uaslp.mx/~cantocar/automatas/PRESENTACIONES_PLC_PDF_S/25_SENORES_CAPACITIVOS.PDF).

### Algunos Modelos De Sensores Capacitivos

Existen en el mercado versiones de sensores de CD y CA.

Los de CD los hay de 2, 3 y 4 hilos de salida.

Con distancias de sensados desde 5 mm hasta 20 mm.

En la figura 2.30 se puede apreciar diferentes modelos de los sensores capacitivos.

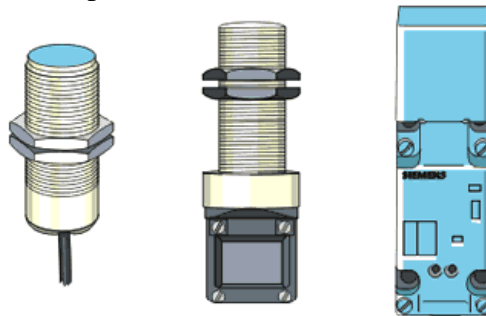


Fig.2.32. Diferentes modelos de sensores capacitivos.

[http://galia.fc.uaslp.mx/~cantocar/automatas/PRESENTACIONES\\_PLC\\_PDF\\_S/25\\_SENORES\\_CAPACITIVOS.PDF](http://galia.fc.uaslp.mx/~cantocar/automatas/PRESENTACIONES_PLC_PDF_S/25_SENORES_CAPACITIVOS.PDF).

### Sensor final de carrera

Dentro de los componentes electrónicos, se encuentra el final de carrera o sensor de contacto (también conocido como "interruptor de límite") o limit switch, son dispositivos eléctricos, neumáticos o mecánicos situados al final del recorrido de un elemento móvil, como por ejemplo una cinta transportadora, con el objetivo de enviar señales que puedan modificar el estado de un circuito. Internamente pueden contener interruptores normalmente abiertos (NA o NO en inglés), cerrados (NC) o conmutadores dependiendo de la operación que cumplan al ser accionados, de ahí la gran variedad de finales de carrera que existen en mercado.

Los finales de carrera están fabricados en diferentes materiales tales como metal, plástico o fibra de vidrio.

Generalmente estos sensores están compuestos por dos partes: un cuerpo donde se encuentran los contactos y una cabeza que detecta el movimiento. Su uso es muy diverso, empleándose, en general, en todas las máquinas que tengan un movimiento rectilíneo de ida y vuelta o sigan una trayectoria fija, es decir, aquellas que realicen una carrera o recorrido fijo, como por ejemplo ascensores, montacargas, robots, etc.

### Funcionamiento

Estos sensores tienen dos tipos de funcionamiento: modo positivo y modo negativo. En el modo positivo el sensor se activa cuando el elemento a controlar tiene una tara que hace que el eje se eleve y conecte el contacto móvil con el contacto NC. Cuando el muelle (resorte de presión) se rompe el sensor se queda desconectado. El modo negativo es la inversa del modo anterior, cuando el objeto controlado tiene un saliente que empuje el eje hacia abajo, forzando el resorte de copa y haciendo que se cierre el circuito. En este modo cuando el muelle falla y se rompe permanece activado.

Los finales de carrera se distinguen también según la introducción de contactos: Contacto lento o contacto rápido. En el contacto lento, la velocidad de apertura o cierre de los contactos es idéntica a la del accionamiento del pulsador (apropiado para bajas velocidades de acceso). En el contacto rápido no tiene importancia la velocidad de acceso, ya que en un punto muy determinado, el conmutado tiene lugar bruscamente. Para el montaje y el accionamiento de los finales de carrera hay que fijarse en las indicaciones del fabricante.

#### Finales de carrera mecánicos

El accionamiento del final de carrera se realiza por una pieza sobre un taqué, leva, palanca, rodillo, rodillo articulado o elemento similar. En la figura 2.33, se observa un ejemplo.

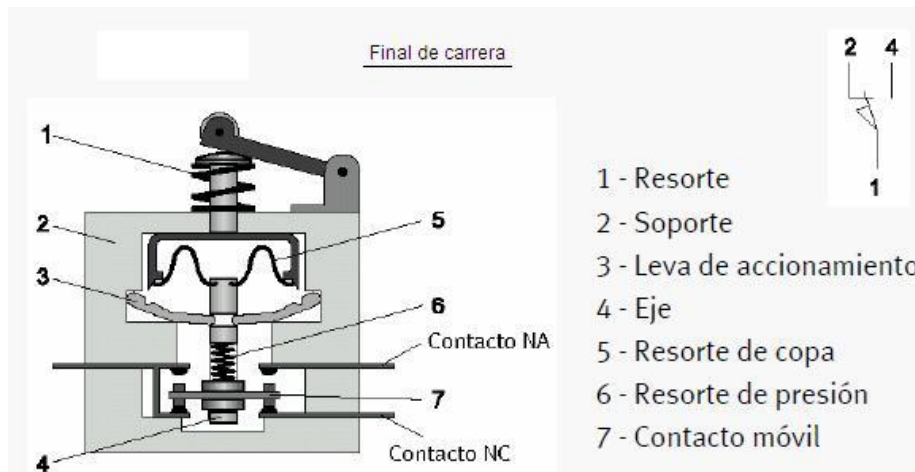


Fig.2.33. Final de carrera mecánico.

Fuente: <http://sensoresdeproximidad.galeon.com/>

#### Finales de carrera sin contacto.

Pueden ser magnéticos, inductivos, capacitivos y ópticos. La conexión puede ser de dos o tres hilos. Dentro de las conexiones de 3 hilos podemos distinguir dos tipos de sensores: PNP o NPN, según su composición electrónica. Para su conexión basta con tener en cuenta la forma de conexionado que será según la figura 2.31. En las versiones de 2 hilos el cable marrón se conecta a 24V+

mientras que el azul o negro va conectado a la carga (relé, entrada del automático, etc.). El símbolo es el representado en la figura.

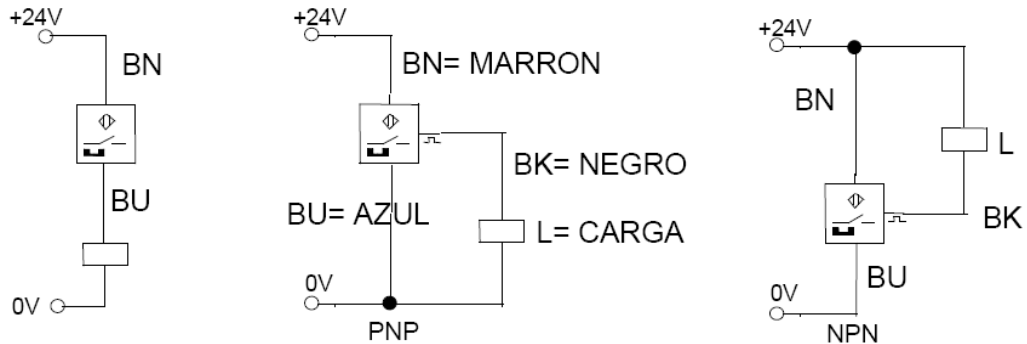


Fig.2.34. Detector magnético de 2 hilos (izquierda) y 3 hilos (tipo PNP centro, NPN derecha).

Fuente: <http://sensoresdeproximidad.galeon.com/>

### Ventajas e Inconvenientes

Entre las ventajas encontramos la facilidad en la instalación, la robustez del sistema, es insensible a estados transitorios, trabaja a tensiones altas, debido a la inexistencia de imanes es inmune a la electricidad estática. Los inconvenientes de este dispositivo son la velocidad de detección y la posibilidad de rebotes en el contacto, además depende de la fuerza de actuación.

### Contacto Magnetosensible (Tipo Reed)

Los finales de carrera sin contacto se pueden accionar magnéticamente. Son especialmente ventajosos cuando hace falta un alto número de maniobras. También encuentran aplicación cuando no existe sitio para el montaje de un interruptor final mecánico o cuando lo exigen determinadas influencias ambientales (polvo, arena, humedad).

En un bloque de resina sintética están inyectados dos contactos, junto con un tubito de vidrio lleno de gas protector. Por la proximidad de un émbolo u otro elemento con un imán permanente, los extremos de las lengüetas solapadas de

contacto se atraen y conectan (figura 6-9). El alejamiento del imán produce la separación de las lengüetas de contacto. Obviamente se podría alojar un contacto de apertura o un conmutador.

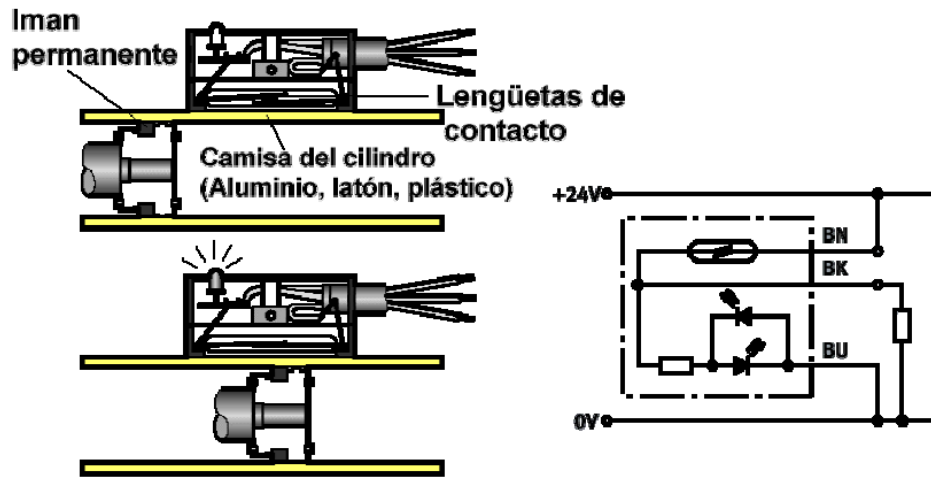


Fig.2.35. Finales de carrera magnéticos.

Fuente: <http://modulodeelectroneumatica.blogspot.com/2010/09/sensor-magnetico-tipo-reed.html>.

Los cilindros con interruptores de proximidad de accionamiento magnético no deben montarse en lugares con fuertes campos magnéticos (por ejemplo: máquinas de soldadura por resistencia). Por otra parte no todos los cilindros son aptos para la aplicación de estos finales de carrera sin contacto.

Los relés con los contactos en gas protector tienen una larga duración y están exentos de mantenimiento. Sus tiempos de conmutación son cortos (0,2 ms aprox.). El máximo número de maniobras por segundo es de unas 400. No obstante, la sensibilidad de respuesta alcanzable está limitada por su construcción.

#### Desventajas de los Reed

Los reed switch también tienen desventajas, por ejemplo sus contactos son muy pequeños y delicados por lo cual no puede manejar grandes valores de tensión o corriente lo que provoca chispas en su interior que afectan su vida útil. Además,

grandes valores de corriente pueden fundir los contactos y el campo magnético que se genera puede llegar a desmagnetizar los contactos.

## **2.5. HIPÓTESIS:**

El módulo permitirá el diagnóstico, la ejecución y evaluación de procesos electroneumáticos en el laboratorio de automatización industrial de la FICM.

## **2.6. SEÑALAMIENTO DE VARIABLES:**

**Variable Independiente:** Módulo Mecatrónico.

**Variable Dependiente:** Procesos Electroneumáticos



## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1. ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN**

La investigación se realizó con un enfoque cualitativo, porque se basa en especificaciones que busca la comprensión de la mejor selección de los elementos que contiene un tablero mecatrónico y su utilización en los procesos de aprendizaje de los estudiantes de la Carrera de Ingeniería Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato desde el marco de referencia de los actores directos de la investigación.

#### **3.2. MODALIDAD BÁSICA DE INVESTIGACIÓN**

El diseño de la investigación estará de acuerdo con las siguientes modalidades:

##### **Documental Bibliográfica**

Con este tipo de investigación se pudo detectar, ampliar y profundizar diferentes enfoques, teorías, conceptualizaciones y criterios de diversos autores sobre la neumática, electrónica y mecatrónica.

### **3.3 NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN**

Para el presente trabajo de investigación, nos referimos a los siguientes:

#### **Investigación Exploratoria**

Se situó en la fase exploratoria por ser un problema poco conocido por el investigador, ayudando al planteamiento del problema.

.

#### **Investigación Descriptiva**

Esta investigación se lo realizó debido a que se necesita conocer algunos parámetros, como por ejemplo los materiales, accesorios, y el costo de los mismos que se usarán en el montaje de un tablero mecánico y de una investigación para comparar entre dos o más opciones.

#### **Investigación Explicativa**

La investigación fue explicativa, ya que se identificó las variables con las cuales nos centraremos para el desarrollo de la investigación, posibilitando además aportar en el desarrollo del conocimiento, motivo por el cual el rigor científico se convirtió en un pilar fundamental de su ejecución.

### 3.4. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.

#### 3.4.1. VARIABLE INDEPENDIENTE: MÓDULO MECÁTRONICO.

| Conceptualización  | Dimensiones                            | Indicadores   | Ítems   | Técnicas e Instrumentos                                   |
|--|--|---|---|---|
| <p><b>MÓDULO MECÁTRONICO.</b></p> <p>Es un conjunto de elementos neumáticos, eléctricos y electrónicos que cumple con un propósito específico, que generalmente es el aprovechamiento energético para una determinada aplicación</p> | Elementos Neumáticos                   | ¿Qué componentes neumáticos pueden contemplar un módulo mecatrónico?              | <p>Cilindros doble efecto.</p> <p>Compresor.</p> <p>Unidad de mantenimiento</p> <p>Manguera Neumática</p> | Observación:<br>Bibliográfica/<br>Internet.<br>Catálogos. |
|  | Elementos Electrónicos                 | ¿Qué componentes de control electrónicos deben comprender el módulo mecatrónico?  | <p>PIC</p> <p>Sensores magnéticos.</p> <p>Electroválvulas monoestables</p>                                | Observación:<br>Bibliográfica/<br>Internet.<br>Catálogos. |
|  | Dispositivos de control y señalización | ¿Qué secuencias automatizadas se pueden realizar y como deberían ser programadas? |   |   |
|  |  | ¿Qué dispositivos de mando y señalización eléctricos se deberían utilizar?        | <p>Lámparas.</p> <p>Botoneras.</p> <p>Pulsadores</p>  | Observación<br>Bibliográfica/<br>Internet.<br>Catálogos.  |

### 3.4.2. VARIABLE DEPENDIENTE: PROCESOS ELECTRONEUMÁTICOS

| Conceptualización  | Dimensiones   | Indicadores  | Ítems  | Técnicas e Instrumentos   |
|--|---|--|--|---|
| <p><b>PROCESOS ELECTRONEUMÁTICOS.</b></p> <p>Es una secuencia lógica programada para cumplir un determinado objetivo de carácter mecánico que utiliza el <i>aire comprimido</i> como fluido, de transmisión de fuerza. El sistema es dirigido y controlado mediante dispositivos electrónicos programables</p> | <p>Secuencias o ciclos de trabajo</p> <p>Programación y control</p> | <p>¿Qué tipos de secuencias tienen aplicación en la industria?</p> <p>¿Cuál será el consumo de aire comprimido que se requiere en función a las secuencias y al comportamiento de los actuadores?</p> <p>¿Qué elementos de automatización serán los más adecuados?</p> <p>¿Cómo realizar las secuencias electroneumáticas desde el software de programación?</p> | <p>Mecanismos electroneumáticos de la máquinas industriales</p> <p>Especificaciones técnicas de los cilindros electroneumáticos.</p> <p>Presión de aire de entrada</p> <p>Plc</p> <p>Fiel Point</p> <p>PIC</p> <p>Logo</p> <p>Simbología</p> <p>Interfaz de usuario</p> <p>Lenguaje de programación.</p> | <p>Observación:<br/>Bibliográfica<br/>Campo</p> <p>Observación:<br/>Internet.<br/>Catálogos.</p> <p>Observación:<br/>Internet.<br/>Catálogos.<br/>Proformas.</p> <p>Observación:<br/>Internet.<br/>Manual de usuario.</p> |

### **3.5. PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN:**

La recolección de la información para el presente trabajo de investigación, radicó fundamentalmente en la información bibliográfica del tema.

También se usó información del Internet para obtener los datos técnicos de los elementos que contemplan el tablero mecatrónico.

### **3.6. PLAN DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN:**

Para el procesamiento y análisis de la experiencia o práctica se establecerá una guía adecuada a seguir para la realización de la práctica, con la implementación del tablero mecatrónico.

Se realizará pruebas de funcionamiento en el tablero mecatrónico con la presencia de los docentes calificadores y del área de Automatización.

Con la información obtenida se procederá de la siguiente forma:

- Revisión crítica de la información recopilada.
- Con el módulo mecatrónico se realizará secuencias típicas electroneumáticas utilizadas en la industria del calzado, matricería y textil.
- Elaboración de una guía de prácticas de laboratorio.

## **CAPÍTULO IV**

### **ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

#### **4.1. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS:**

La mayoría de industrias en sus procesos tales como:

Calzado.

Matricería.

Textil.

Utilizan en su gran mayoría secuencias electroneumáticas que contemplan:

- Tres cilindros neumáticos.
- Unidad de mantenimiento.
- Lámparas.
- Fuente.
- Pulsadores.
- Plc.
- Mangueras Neumáticas.
- Sensores Magnéticos.
- Electroválvulas.

Así como diversas combinaciones de entradas y salidas de los cilindros en función de la actividad de requerimiento:

## 4.2. INTERPRETACIÓN DEDATOS:

### 42.1. PROCEDIMIENTO PARA MONTAJE DE UNA SECUENCIA ELECTRONEUMÁTICA EN SCADA

Analizaremos la secuencia A+A-B+B-C+C-

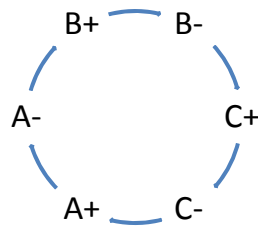


Fig.4.1. Ciclo electroneumático de estudio.

Conformamos cuatro grupos estos se describen a continuación:

Grupo 1: A+

Grupo 2: A-B+

Grupo 3: B-C+

Grupo 4: C-

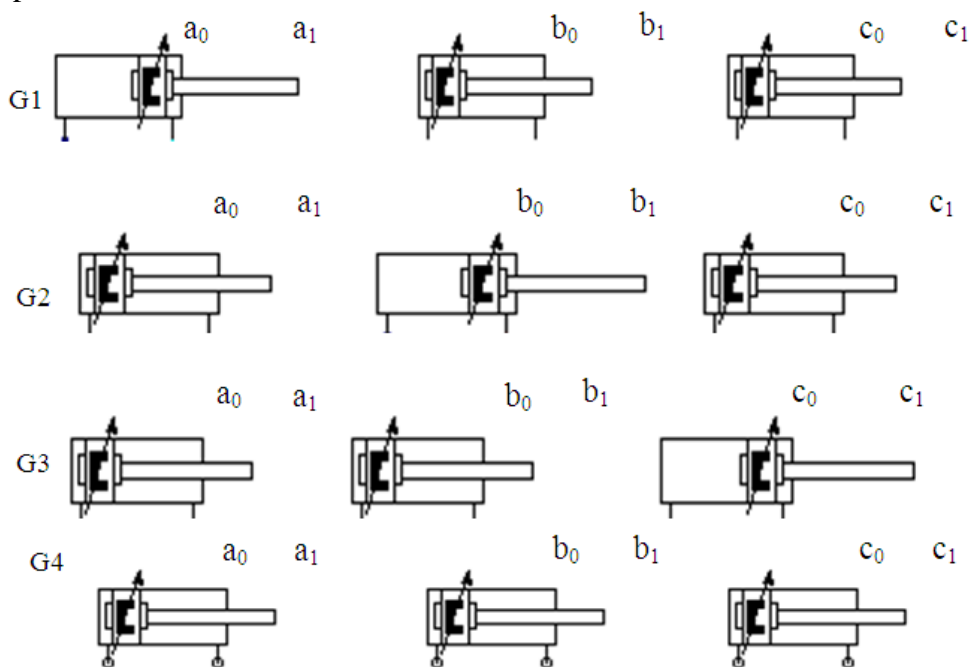


Fig. 4.2. Esquema ilustrativo de los grupos existentes en la secuencia de estudio.

Elaborado: por el Autor

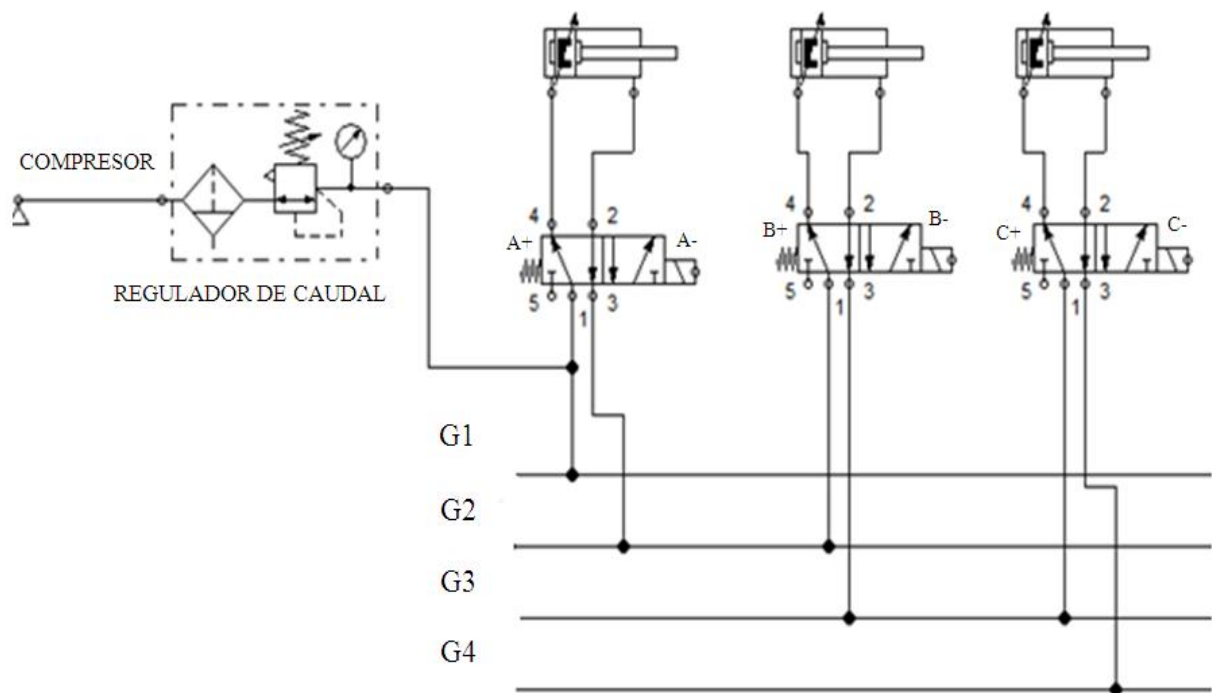


Fig. 4.3. Montaje paso a paso con las señales de entrada de los grupos.

Elaborado: por el Autor.

| Fase        | Activación |   | Desactivación  |
|-------------|------------|---|----------------|
| Nº de grupo | Secuencia  | Fase anterior y finales de carrera anterior | Grupo Siguiete |
| Grupo I     | A+         | Gupo IV $c_0$                               | Grupo II       |
| Grupo II    | A-B+       | Grupo I, $a_1$                              | Grupo III      |
| Grupo III   | B-C+       | Grupo II, $a_0 b_1$                         | Grupo IV       |
| Grupo IV    | C-         | Grupo III, $b_0 c_1$                        | Grupo I        |

Tabla 4.1. Activación y Desactivación de las Fases

Elaborado: por el Autor.

Etapas de ciclo electropneumático Paso a paso

Etapas:

$$I = P \text{ IV}c_0 + I \overline{II}.$$

$$II = Ia_1 + II \overline{III}.$$

$$III = IIa_0b_1 + III \overline{IV}.$$

$$IV = III b_0c_1 + IV \overline{I}.$$



**Fase 1:** Al pulsar el arranque (P) la válvula C- se activa y permanece el cilindro C en retracción ( $c_0$ ). Luego se desactiva la válvula C- se excita la válvula A+ y el cilindro A.

**Fase 2:** Se extiende el vástago del cilindro A, abriendo  $a_0$  y cerrando  $a_1$ , se desactiva la válvula A+, se activa la válvula A- y el cilindro A se retrae volviendo a la posición inicial ( $a_0$  cerrado y  $a_1$  abierto). Se activa la válvula B+ y el cilindro B.

**Fase 3:** Se extiende el vástago del cilindro B, abriendo  $b_0$  y cerrando  $b_1$ , se desactiva la válvula B+, se activa la válvula B- y el cilindro B se retrae volviendo a la posición inicial ( $b_0$  cerrado y  $b_1$  abierto). Se activa la válvula C+ y el cilindro C.

**Fase 4:** Se extiende el vástago del cilindro C, abriendo  $c_0$  y cerrando  $c_1$ , se desactiva la válvula C+, posteriormente se activa la válvula C- y el cilindro C se retrae volviendo a la posición inicial ( $c_0$  cerrado y  $c_1$  abierto).

Los impulsos de activación y de desactivación de las válvulas son enviadas y controladas por medio del PLC siemens ST1200.

Por medio de la utilización del PLC evitamos ele estar condicionados al uso de un conjunto de relés que permitan el desarrollo del ciclo por ejemplo para la secuencia anteriormente esquematizada requeríamos de cuatro relés. Con la desventaja de que al cambiar a un ciclo diferente ser puede requerir mayor cantidad de relés.

El diseño de las secuencias electroneumáticas con PLC es realizado con un software de adquisición de datos, por lo cual el ensamblaje es relativamente simple.

#### **4.2.2. ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE PLC Y MICROCONTROLADOR:**

Para apoyar la selección del dispositivo de control se presenta a continuación una comparación entre distintos dispositivos para precisar el que mejor se adapta a las

necesidades que se presentan para el control de los cilindros neumáticos, entre ellos los más populares como son los PLC, microcontrolador.

| <b>PLC</b>   |   | <b>MICROCONTROLADOR</b>                           |   |
|--|---|---|---|
| <b>VENTAJAS</b>  | <b>DESVENTAJAS</b>  | <b>VENTAJAS</b>                                   | <b>DESVENTAJAS</b>  |
| Facilidad de programación                              | Conocimiento especializado de programación                        | De relativamente fácil programación               | Conocimiento avanzado de diseño de microcontroladores     |
| Empleo de poco espacio                                 | Mayor costo para controlar tareas muy pequeñas o sencillas        | Ocupa espacio muy reducido                        | El costo está en función de la complejidad de las tareas. |
| Posibilidad de añadir modificaciones sin elevar costos | Sensibles a condiciones extremas de trabajo                       | Diseñados para cosas específicas                  | Sensibles a la electroestática                            |
| Fácil instalación                                      | Viene con un número de entradas y salidas dados por el fabricante | Instalación demanda de mano de obra especializada | Se ajusta a las especificaciones del usuario              |

Analizando la información recopilada se determina que es conveniente la utilización de PLCs basados específicamente en dos aspectos:

- La programación de los PLC's requiere un conocimiento especializado basado en un respectivo lenguaje de programación, esto significa que para poder diseñar y ejecutar procesos industriales automatizados es imprescindible tener capacitación específica en el tema. Por esta razón, es recomendable que los estudiantes de la carrera de Ingeniería Mecánica adquieran un conocimiento general acerca del manejo de esta clase de controladores.

- Los PLC's tienen como principal objetivo el cumplir tareas de control muy complejas reemplazando el efecto equivalente a utilizar un sin número de dispositivos de control tales como: relés, contactores, pulsadores, temporizadores, entre otros. Por eso tienen gran acogida a nivel industrial en donde se requiere minimizar costos al mismo tiempo que ser altamente productivos.

En el mercado de controladores lógicos programable existe una importante gama de estos dispositivos, en consideración a la acogida que tiene se selecciono el PLC siemens ST1200, considerando además que dicho PLC cuenta con un software que es muy didáctico y de relativamente sencilla adquisición.

### **4.3. VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS**

La verificación de la hipótesis se logra con la implementación del tablero mecatrónico ya que se cuenta con los equipos necesarios tales como (cilindros neumáticos, electroválvulas, pulsadores, lámparas, plc, fuente, sensores magnéticos) los mismos que nos sirve para la ejecución de cualquier proceso electroneumático al ejecutar varias secuencias, utilizando uno, dos o los tres cilindros neumáticos, así:  $(ABC)^+$ ,  $(ABC)^-$ ,  $A^+A^-$ ,  $B^+B^-$ ,  $C^+C^-$ ,  $A^+C^+$ , entre otras.

También permitirá evaluar parámetros como la cantidad de aire comprimido, la fuerza de avance y retroceso del émbolo y el tiempo empleado en la ejecución de las secuencias. No se podrá diagnosticar, ya que este es dependiente de ciertas condiciones específicas para cada proceso electroneumático dentro de la industria.

Además promoverá el interés hacia un aprendizaje práctico que cuenta con la ayuda de una guía de práctica que forma parte de este documento y que servirá como referencia para los docentes y estudiantes en lo referente al control automático.

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1. CONCLUSIONES:**

- Por medio del estudio se concluyó que para facilitar los procesos de aprendizaje es importante contar con un tablero que sea didáctico y preste las condiciones de maniobrabilidad y funcionalidad adecuadas.
- Se determinó que la mejor opción para realizar el control de los dispositivos dispuestos en el tablero es un PLC SIEMENS SIMATIC ST 1200 CPU 1212C AC/DC/RLY, ya que cuenta con 8 entradas y 6 salidas
- Por medio de la investigación realizada se concluyó que para el control Neumático de los cilindros es necesario utilizar electroválvulas 5/2 ya que son las recomendadas para el control de cilindros neumáticos de doble efecto.
- El PLC tiene la ventaja de que nos permite realizar diferentes secuencias electroneumáticas sin la necesidad de modificar la configuración de los elementos del modulo ni de agregar componentes al mismo.
- El modulo permite determinar el comportamiento de ciertas variables como la fuerza de avance y retroceso de cada embolo y el consumo de aire en la ejecución de los ciclos electroneumáticos.

## 5.2. RECOMENDACIONES:

- Se recomienda dar uso al otro lado del tablero ya que se dispone de espacio para ensamblar otros dispositivos electroneumáticos y así realizar diversas prácticas.
- Es necesario antes de iniciar con el funcionamiento de cualquier práctica que todos los elementos se encuentren conectados debidamente y que no haya cables flojos o sueltos en la conexión, así como los elementos neumáticos estén debidamente acoplados y con las seguridades necesarias para evitar fugas de aire.
- Es conveniente también que todos los elementos que se han agregado al tablero mecatrónico para su funcionamiento y los acoples que se han realizado, presten la facilidad para montar y desmontar y así asegurar una mejor funcionalidad cuando tenga que revisar o cambiar alguno de estos dispositivos.
- Se recomienda trabajar con la apertura máxima de los reguladores de caudal de los cilindros, para mantener la uniformidad de los ciclos de trabajo de los tres cilindros.
- La presión de entrada no debe exceder de 5 bar, ya que la manguera no está diseñada para presiones mayores. La electroválvula tiene un rango de operatividad de hasta 8 bares.

## **CAPÍTULO VI**

### **PROPUESTA**

#### **6.1. DATOS INFORMATIVOS**

**Tema:**

Implementación de un módulo mecatrónico para ejecutar y evaluar procesos electroneumáticos en el laboratorio de automatización industrial de la ficm.

**Propuesta:**

Este proyecto está basado principalmente a conocer el funcionamiento de los elementos básicos que componen un módulo mecatrónico.

La creación de este módulo mecatrónico permitirá a los estudiantes comprender de mejor manera los procesos electroneumáticos utilizados en la manufactura de diversos productos fabricados en el sector industrial.

Los elementos utilizados en dicho tablero son tres cilindros neumáticos, para el accionamiento de los mismos, un compresor para la generación del aire, tres electroválvulas, las cuales dosificarán de mejor manera el aire comprimido del compresor, dos pulsadores, botoneras, plc, manguera neumática, sensores tipo Reeds, filtro regulador.

El proyecto pretende que los estudiantes de la carrera de ingeniería mecánica realicen prácticas frecuentes de automatización ganando así habilidad y destreza para que en el momento de presentarse algún inconveniente en los procesos productivos en el sector industrial sepan resolverlos de una manera rápida y eficaz.

**Empresa:**

Universidad Técnica De Ambato Facultad De Ingeniería Mecánica Y Civil.

**Beneficiarios:**

Todos los estudiantes de la carrera de ingeniería mecánica de la FICM.

**Ubicación Sectorial:**

Provincia de Tungurahua, Cantón Ambato-Parroquia Huachi Chico, dirección

**Tiempo Estimado para la ejecución:**

Inicio el 14 Agosto del 2011 hasta el 15 de Enero del 2012

**Equipo Técnico responsable:**

Investigador: Diego Pazmiño

Tutor guía.

**6.2. ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA**

El proyecto de investigación cuyo tema es el Estudio, y selección de elementos básicos de un módulo mecatrónico para diagnosticar, ejecutar y evaluar procesos electroneumáticos en el laboratorio de automatización industrial de la ficm, según indagaciones realizadas en la Universidad Técnica de Ambato no existe una propuesta similar que lleve por nombre el mencionado tema.

**6.3. JUSTIFICACIÓN**

El presente trabajo de investigación será de gran utilidad para los estudiantes de la carrera de ingeniería mecánica ya que al implementar el tablero en el laboratorio de automatización de la FICM se logrará interlazar de mejor manera el conocimiento teórico con el conocimiento práctico.

La implementación de dicho módulo mecatrónico es de gran importancia ya que con él se podrá visualizar y analizar de mejor manera las diversas combinaciones

que se pueden presentar en los procesos de manufactura utilizados en el sector industrial.

El tablero es ergonómico ya que tiene una altura adecuada y consta de cuatro ruedas las cuales permiten desplazar de un lugar a otro sin dificultad, además sus componentes se encuentran bien sujetos a la base de aluminio para evitar vibraciones al momento de su funcionamiento.

Hay que tener presente que no se puede ejecutar y evaluar todos los procesos existentes en la industria, ya que al hacerlo nos faltaría tiempo ya que existe una diversa gama de procesos electroneumáticos.

## **6.4. OBJETIVOS**

### **6.4.1. Objetivo General**

Implementar un módulo mecatrónico para ejecutar y evaluar procesos electroneumáticos en el laboratorio de automatización industrial de la ficm.

### **6.4.2. Objetivos Específicos**

- Realizar pruebas de proceso de control.
- Desarrollar guía de práctica.

## **6.5. FACTIBILIDAD**

Una vez realizado la implementación del módulo mecatrónico, se llega a la conclusión de que la propuesta es factible realizar, ya que se cuenta en el mercado nacional con todos sus componentes los cuales son de fácil adquisición y prácticos en el manejo y control de los mismos.

### **Factibilidad Técnica**

#### **Mano de obra requerida**

Se requiere de un mecánico para la fase mecánica (corte, suelda) y un técnico electrónico para la fase de automatización.



## Experiencia técnica necesaria

La técnica y los conocimientos sobre automatización no es una limitación para ejecutar el proyecto.

## Equipos Requeridos

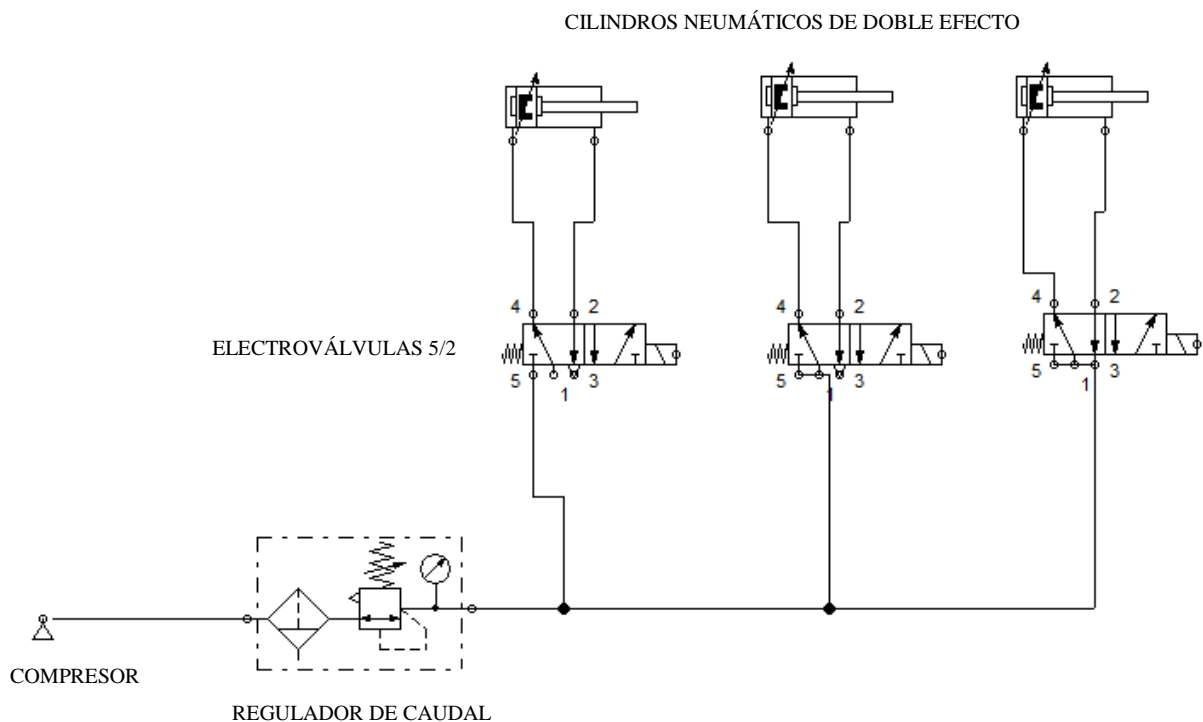
Para la fase neumática se requiere de tres cilindros neumáticos de doble efecto, tres electroválvulas, seis racores, seis reguladores de caudal, manguera flexible para conexiones, un filtro regulador, y un compresor.

Para la fase de control se requieren un plc, una fuente, un pulsador de accionamiento (start), un pulsador de paro (stop), tres lámparas, seis sensores magnéticos tipo (Redd), cable de instalación.

Estos son los equipos necesarios que utilizaremos en el tablero no se necesita más elementos de los citados anteriormente ya que estos son suficientes para la realización de las respectivas guías de prácticas.

## 6.6. FUNDAMENTACIÓN

### 6.6.1. ESQUEMA NEUMÁTICO



Para calcular la fuerza teórica y la fuerza real de los cilindros neumáticos de doble efecto consideramos la presión de operación del compresor (teniendo en cuenta que en ocasiones la red proporciona una presión inferior a la estimada)<sup>1</sup>

Datos del compresor

Voltaje: 110V.

Potencia 2Hp.

Presión de trabajo: 6 bar = 87,02 psi.

**Entonces:**

$$F_a = \frac{\pi}{4} D^2 P R$$

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

Datos:

$$D = 3.2 \text{ cm}$$

$$d = 1,2 \text{ cm}$$

$$P = 6 \text{ bar} = 87,02 \text{ psi}$$

$R = 0,85 \longrightarrow$  Recomendado para cilindros de hasta  $D=40 \text{ mm}$  según Serrano pág. 90.

$$F_a = \frac{\pi}{4} D^2 P R \quad (\text{Ecuación 2.1})$$

$$F_a = \frac{\pi}{4} (3,2\text{cm})^2 (6\text{bar}) (0,85)$$

$$F_a = 41.02 \text{ Kgf.}$$

$$F_a = 401.96 \text{ N.}$$

$$F_r = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) P R \quad (\text{Ecuación 2.2})$$

$$F_r = \frac{\pi}{4} (3,2^2 - 1,2^2) (6\text{bar}) (0,85)$$

$$Fr = 35.25 \text{ Kgf.}$$

$$Fr = 345.45 \text{ N.}$$

### **Fuerza real**

$$Fra = Fa * R \quad (\text{Ecuación 2.3})$$

$$Fra = (401,96) (0,85)$$

$$Fra = 341.67 \text{ N.}$$

$$Frr = Fr * R \quad (\text{Ecuación 2.4})$$

$$Frr = (345.45)(0,85).$$

$$Frr = 293,63 \text{ N}$$

Como los tres cilindros son de las mismas características las fuerzas son iguales.

#### **6.6.1. Cálculo del consumo de aire en el cilindro A**

$$Q = \frac{\pi.C.P.n}{4000} (2D^2 - d^2) \quad \text{Ecuación 2.5.}$$

Datos:

$$D = 3.2 \text{ cm}$$

$$d = 1,2 \text{ cm}$$

$$C = 10\text{cm.}$$

$$n = 46 \text{ ciclos/min}$$

$$Q_A = \frac{\pi.C.P.n}{4000} (2D^2 - d^2)$$

$$Q_A = \frac{\pi(10\text{cm})(6\text{bar})(46)}{4000} (2(3,2\text{cm})^2 - (1,2\text{cm})^2)$$

$$Q_A = 41.27 \text{ lt/min}$$

Como los cilindros son de la misma característica el consumo de aire en el cilindro B y C van a ser los mismos así tenemos:

$$Q_T = Q_A + Q_B + Q_C$$

$$Q_T = 41.27 \text{ lt/min} + 41.27 \text{ lt/min} + 41.27 \text{ lt/min.}$$

$$Q_T = 123.81 \text{ lt/min.}$$

## 6.8. ADMINISTRACIÓN

Una vez finalizado la implementación del módulo mecatrónico se hace necesario realizar un análisis de costos teniendo en cuenta los implementos y accesorios adecuados.

### Costos Directos (CD)

Son los encargados por concepto de material, de mano de obra y de gastos, correspondientes directamente a la fabricación o producción de un artículo determinado o de una serie de artículos o de un proceso de manufactura.

#### FASE MECÁNICA

| DESCRIPCIÓN | CANTIDAD | VALOR UNITARIO | VALOR      |
|-------------|----------|----------------|------------|
| MESA        | 1und     | 300            | 300        |
| TABLERO     | 1und     | 550            | 550        |
| SOPORTES    | 7und     | 5              | 35         |
| <b>SUMA</b> |          |                | <b>885</b> |

#### FASE NEUMÁTICA

| DESCRIPCIÓN                                 | CANTIDAD | VALOR UNITARIO | VALOR      |
|---|----------|----------------|------------|
| CILINDRO NEUMÁTICO d=30cmm<br>Carrera 100mm | 3und     | 100            | 300        |
| REGULADOR DE CAUDAL                         | 6und     | 35             | 210        |
| BASE  | 1und     | 55             | 55         |
| FILTRO REGULADOR                            | 1und     | 110            | 110        |
| MANGUERA NEUMÁTICA                          | 1m       | 4              | 4          |
| ACOPLES                                     | 10und    | 12             | 120        |
| SILENCIADOR                                 | 2und     | 10             | 20         |
| <b>SUMA</b>                                 |          |                | <b>819</b> |

## FASE DE CONTROL

| DESCRIPCIÓN                  | CANTIDAD | VALOR<br>UNITARIO | VALOR |
|------------------------------|----------|-------------------|-------|
| SENSOR MAGNETICO TIPO (REDD) | 6und     | 70                | 420   |
| PULSADOR                     | 2und     | 8                 | 16    |
| FUENTE                       | 1und     | 150               | 150   |
| PLC SIEMENS ST200            | 1und     | 500               | 500   |
| LAMPARAS                     | 3und     | 12                | 36    |
| CABLE                        | 2rollos  | 10                | 20    |
| CANALETA                     | 1und     | 8                 | 8     |
| BORNERA                      | 1und     | 10                | 1     |
| RIEL                         | 1und     | 5                 | 5     |
| CAJA                         | 2und     | 10                | 20    |
|                              |          | <b>SUMA</b>       | 1176  |

$$CD = FM + FN + FC$$

$$CD = 885 + 819 + 1176$$

$$CD = 2880.$$

### **Costos Indirectos (CI)**

Son todos los costos que no están clasificados como mano de obra directa ni como materiales directos. Aunque los gastos de venta general y de administración también se consideran frecuentemente como costos indirectos, no forman parte de los costos indirectos de fabricación, ni son costos del producto.

### Costos de mano de obra

| <b>PERSONAL</b>       | <b># DE PERSONAS</b> | <b>COSTO/HORA</b> | <b>HORAS EMPLEADAS</b> | <b>VALOR</b> |
|-----------------------|----------------------|-------------------|------------------------|--------------|
| MECÁNICO              | 1                    | 2,20              | 9                      | 19,80        |
| TECNOLOGO ELECTRÓNICO | 1                    | 3,50              | 12                     | 42,00        |
|                       |                      |                   | SUMA                   | 61,80        |

### Costos Varios

| <b>DESCRIPCIÓN</b> | <b>VALOR</b> |
|--------------------|--------------|
| TRANSPORTE         | 50           |
| COPIAS             | 25           |
| IMPRESIONES        | 50           |
| EMPASTADO          | 25           |
| INTERNET           | 65           |
| TOTAL              | 215          |

CI = Costos de mano de obra + Costos Varios

$$CI = 61,80 + 215$$

$$CI = 276.80$$

$$CT = CD + CI$$

$$CT = 2880 + 276.80$$

$$CT = 3156.80$$

El costo total del proyecto es de \$ 3156.80.

## 6.9. PREVISION DE LA EVALUACIÓN

El objetivo principal de la previsión de la evaluación es exponer las mejoras para la propuesta.

### 6.9.1. Mejoras para la propuesta

Las mejoras son cambios positivos que pueden ser implementados a futuro.

Algunas de las mejoras que se les puede dar son las siguientes:

- Podemos hacer la comunicación vía Ethernet ya que el plc cuenta con esta opción.
- Podemos ampliar más módulos en el plc para obtener más salidas y entradas.

Para un buen funcionamiento del tablero mecatrónico se debe realizar un mantenimiento adecuado y para ello se presenta a continuación un pequeño manual de mantenimiento del equipo:

#### **Mantenimiento preventivo del tablero mecatrónico.**

#### **Limpieza de cilindros neumáticos**

**Frecuencia de mantenimiento:** Semestral

| <b>Tarea:</b>       | <b>Procedimiento a realizar:</b>  |
|---------------------|---|
| Desarme de unidades | Antes de iniciar su desconexión, se debe interrumpir el suministro de aire a fin de evitar daños. Todas las partes son removibles con herramientas comunes. Utilizar en cada caso la más adecuada.<br><br>Bajo ningún concepto debe sujetarse al cilindro por el vástago, ya que una pequeña deformación radial del mismo lo inutilizaría o alteraría luego el normal funcionamiento. Es recomendable aflojar las tapas en forma cruzada. |

|                    |   |
|--------------------|---|
| Limpieza de partes | El lavado de partes puede realizarse 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.   |
| Armado de unidades | <p>Todas las partes deben estar perfectamente secas antes de iniciar el armado. Es conveniente lubricar previamente las superficies deslizantes utilizando grasa blanca neutra liviana.</p> <p>Las tapas deben ajustarse en forma cruzada y progresiva, acompañando con pequeños movimientos del vástago para asegurar un mejor hermanado del conjunto.</p> |

**Mantenimiento Preventivo basado en la condición del sistema neumático.**

**Frecuencia de mantenimiento:** Diaria.

| <b>Tarea:</b>    | <b>Procedimiento a realizar:</b>   |
|------------------|--|
| revisión general | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Abrir la llave de paso de aire al iniciar la jornada de trabajo</li> <li>• Revisar estado de tuberías y elementos neumático para la localización de fugas.</li> <li>• Observar presiones en manómetro, regulando si es necesario.</li> <li>• Al final de las prácticas cerrar la llave de paso general de aire comprimido.</li> </ul> |



**Frecuencia de mantenimiento:** Semanal.

| <b>Tarea:</b>       | <b>Procedimiento a realizar:</b>  |
|---------------------|---|
| Revisión minuciosa. | <ul style="list-style-type: none"><li>• Verificar estado de redes del circuito, cilindros y distribuidores, corrigiendo fugas si existen y reapretar racores.</li><li>• Limpiar silenciadores de escape.</li><li>• Comprobar el estado de componentes del circuito neumático.</li></ul> |

### **MANTENIMIENTO CORRECTIVO**

| <b>Tarea:</b>              | <b>Procedimiento a realizar:</b>  |
|----------------------------|---|
| Revisión del Puerto Serial | Si no comunica con el PC. <ul style="list-style-type: none"><li>• Desconectar la fuente de alimentación.</li><li>• Comprobar si existe continuidad en el cable de comunicación con la ayuda de un óhmetro.</li><li>• En caso de no existir continuidad proceder a cambiar el cable.</li></ul> |
| Cambio de elementos        | Cambiar sensores.<br>Revisar el sistema de seguridad.<br>Cambiar lámparas de señalización.<br>Cambiar pulsadores.   |

|                    |   |
|--------------------|---|
| Reparación del PLC | <p>La reparación lo debe realizar un personal calificado.</p> <p>Los pasos básicos son los siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Desmontaje del plc.</li><li>• Llevarlo al taller.</li><li>• Retirar la carcasa del PLC.</li><li>• Limpiar las sócalos de borneras tanto las de entrada como las de salida del PLC con ayuda de una brocha fina # 2 y un espray limpia contactos.</li><li>• Limpiar las pistas con tiñer.</li><li>• Revisión minuciosa de las pistas electrónicas para la localización de sueldas frías y elementos dañados o quemados.</li><li>• Cambio del elemento dañado.</li><li>• Armar el PLC y montarlo en el tablero de control.</li><li>• Realizar pruebas antes de dar marcha al sistema automatizado.</li></ul> |
|--------------------|---|

## **C. MATERIALES DE REFERENCIA**

### **1. BIBLIOGRAFÍA**

- <http://www.ucontrol.com.ar/wiki/index.php?title=Pulsador> (Consulta: 19 de marzo del 2010).
- <http://www.instrumentacionycontrol.net/es/curso-completo-de-plcs/102-capitulo-3-arquitectura-de-un-plc-y-sus-senales.html> (Consulta: 11 de mayo del 2011).
- [http://galia.fc.uaslp.mx/~cantocar/automatas/APUNTES\\_CURSO/CAPITULO\\_2.PDF](http://galia.fc.uaslp.mx/~cantocar/automatas/APUNTES_CURSO/CAPITULO_2.PDF) (Consulta: 11 de mayo del 2011).
- <http://materias.fi.uba.ar/7565/U4-Control-logico-y-controladores-logicos-programables.pdf> (Consulta: 11 de mayo del 2011).
- <http://isa.uniovi.es/docencia/autom3m/Temas/Tema7.pdf>. (Consulta: 11 de mayo del 2011).
- [http://eie.ucr.ac.cr/uploads/file/proybach/pb\\_08\\_II/pb0811t.pdf](http://eie.ucr.ac.cr/uploads/file/proybach/pb_08_II/pb0811t.pdf) (Consulta: 10 de junio del 2010).
- <http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/damarquezg/Temp.pdf> (Consulta: 10 de junio del 2010).
- [http://es.wikipedia.org/wiki/Sensor\\_capacitivo](http://es.wikipedia.org/wiki/Sensor_capacitivo) (Consulta: 14 de agosto del 2011).
- [http://galia.fc.uaslp.mx/~cantocar/automatas/PRESENTACIONES\\_PLC\\_PDF\\_S/25\\_SENSORES\\_CAPACITIVOS.PDF](http://galia.fc.uaslp.mx/~cantocar/automatas/PRESENTACIONES_PLC_PDF_S/25_SENSORES_CAPACITIVOS.PDF). (Consulta: 14 de agosto del 2011).

- <http://angelamecatronica.blogspot.com/> (Consulta: 20 de noviembre del 2011).
- <http://www.tecsup.edu.pe/seminario/mecatronica/index.htm> (Consulta: 20 de noviembre del 2011).
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Mecatr%C3%B3nica>. (Consulta: 20 de noviembre del 2011).
- <http://info.plc.com>. (Consulta: 20 de abril del 2011).
- <http://manualdepracticass.blogspot.com> (Consulta: 20 de abril del 2011).
- [http://docencia.udea.edu.co/ingenieria/moldes\\_inyeccion/unidad\\_2/maquina.html](http://docencia.udea.edu.co/ingenieria/moldes_inyeccion/unidad_2/maquina.html).(Consulta: 24 de julio del 2011).
- <http://www.euskalnet.net/j.m.f.b./neumatica.htm>. (Consulta: 24 de julio del 2011).
- <http://sensoresdeproximidad.galeon.com> (Consulta: 13 de mayo del 2012).
- A.SERRANO NICOLÁS (2008). **“Neumática”**. 5ta Edición. Editorial Paraninfo-España.
- CREUS SOLÉ, ANTONIO (2011). **“Neumática e Hidráulica”**. Segunda edición. Editorial I.S.B.N. Barcelona-España.
- VILORIA ROLDÁN JOSÉ (2001). **“Prontuario de Neumática Industrial”**. Editorial Paraninfo-España.

- NISTAL CEMBRANOS JESÚS. **“Automatismos Eléctricos, Neumáticos e Hidráulicos”**. Cuarta Edición. Editorial Paraninfo-España.
- BOLTON W,(2006) Mecánica. **“Sistemas de control electrónico en la Ingeniería Mecánica y Electrónica”**. Segunda edición. Editorial Alfaomega México.

## **2. ANEXOS**

A. Guía de Práctica.

B. Características Técnicas del FDRL (Unidad de mantenimiento) GFR 200-08 AIRTAG.

C. Características Técnicas del Actuador Neumático de doble efecto AIRTAG.

D. Características del sensor magnético (Tipo Reed) AIRTAG CS1-E DC/AC S-240V 100MA 10W.

E. Características de la válvula 4V210-08 pm0107 AIRTAG.

F. Especificaciones técnicas del plc siemens SIMATIC S7-1200.

**ANEXO (A)**  
**GUÍA DE PRÁCTICA.**

*UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO*  
*Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica*



CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL

---

GUÍA DE PRÁCTICAS

**TEMA:** GUÍA DE ENSAYOS EN EL MÓDULO MECATRÓNICO PARA LA EJECUCIÓN Y EVALUACIÓN DE CICLOS ELECTRONEUMÁTICOS.

**INTRODUCCIÓN**

El presente documento es de carácter instructivo y tiene por objeto establecer los parámetros generales que se deben seguir en la realización de pruebas en el módulo mecatrónico propuesto.

**ALCANCE**

La guía está dirigida a los estudiantes de la carrera de Ingeniería Mecánica de la FICM, como parte de su formación académica en Control Industrial.

**OBJETIVOS**

**OBJETIVO GENERAL:**

Realizar la simulación de un proceso secuencial electroneumático utilizando todos los elementos básicos del tablero mecatrónico didáctico dirigido directamente desde el software de programación.

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Identificar cada uno de los elementos y dispositivos de que consta el módulo mecatrónico.
- Programar una secuencia de trabajo definida.
- Ejecutar la secuencia ya analizar el efecto producida por la misma.

## EQUIPOS, DISPOSITIVO Y ACCESORIOS

- Tres cilindros neumáticos de doble efecto.



- Un PLC Siemens ST1200 y borneras.



- Compresor de 2Hp.
- Tres electroválvulas de 5/2 – 1/4 con sus respectivas mangueras.





- 6 Sensores magnéticos para regular la carrera del embolo.



- Unidad de mantenimiento (filtro regulador de presión y purificador de aire).



- Tres lámparas indicadoras.
- Una fuente de 100-240V.
- Dos pulsadores.

## **PROCEDIMIENTO**

- 1) Asegurarse que todos los elementos estén debidamente conectados y en la posición correcta.
- 2) Regular el caudal de entrada y salida de aire de los cilindros aflojando hasta el nivel máximo permitido en las válvulas correspondientes.
- 3) Calibrar la unidad de mantenimiento a una presión menor o igual a 50 psi.
- 4) Conectar el cable de transmisión de datos del software al PLC (se recomienda la utilización de una computadora portátil).

- 5) Conectar a la toma corriente el compresor y el módulo y realizar el arranque correspondiente..
- 6) Verificar que el PLC se encuentre en estado de STOP para la respectiva compilación de los datos.
- 7) Regular la carrera de cada embolo mediante el desplazamiento de los sensores magnéticos ubicados en la parte superior de los cilindros.
- 8) Ejecutar la secuencia de programación previamente diseñada, pulsando el pulsador de inicio de ciclo.
- 9) Tomar datos de presión de trabajo y tiempo de duración de los ciclos.
- 10) Evaluar los resultados obtenidos.

### **TABLA DE DATOS**

| Presión de Trabajo (bares)                |            |            |            |
|---|------------|------------|------------|
|   | Cilindro A | Cilindro B | Cilindro C |
| Tiempo de duración del ciclo (ciclos/min) |            |            |            |
| Carrera del émbolo (cm)                   |            |            |            |
| Fuerza de avance del embolo (Kgf)         |            |            |            |
| Fuerza de retroceso del embolo (Kgf)      |            |            |            |
| Consumo de aire (lt/min)                  |            |            |            |

## **FORMULAS:**

$$Q = \frac{\pi \cdot C \cdot P \cdot n}{4000} (2D^2 - d^2)$$

Dónde:

Q = Consumo total de aire en l/min.

D= Diámetro del cilindro 3,2 cm

d = Diámetro del vástago 1,2 cm.

C = carrera del vástago en cm.

P = Presión de trabajo del cilindro en bar.

n = Número de ciclos por minuto.

La fuerza de retroceso para estos mismos cilindros será:

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

En cilindros de doble efecto, la fuerza efectiva de avance será:

$$Fa = \frac{\pi}{4} D^2 P R$$

Dónde:

Fa = Fuerza del cilindro (Kgf ó N).

Fr = Fuerza de retroceso (Kgf ó N).

D = Diámetro del cilindro en centímetros (cm).

d = Diámetro del vástago en centímetros (cm).

P = Presión del aire en bar.

R = Rendimiento del cilindro.

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Serán establecidas por los estudiantes posteriormente a la realización del ensayo

## **ANEXO (B)**

**Características Técnicas del FDRL (Unidad de mantenimiento) GFR 200-08 AIRTAG.**



### **Características del producto:**

1. El manómetro cuadrado incorporado de presión se utiliza para ahorrar el espacio en la instalación. (El manómetro circular externa de presión también es opcional).
2. El mecanismo prensado y bloqueo automático puede prevenir el movimiento anormal de la presión configurada causado por la interferencia exterior.
3. El diseño equilibrado se adopta para el mecanismo de ajuste de la presión
4. Además del tipo estándar, el tipo de la presión menor es opcional (la presión ajustable más alta es 0.4MPa).
5. La estructura de diversión única hace el flujo de aire a través de girarse adecuadamente, lo cual puede más efectivamente separar el líquido de gas y filtrar el grano sólido en forma fiable.
6. El grado de filtración incluye 5 $\mu$ m y 40 $\mu$ m (Opcional).
7. Tres tipos de drenaje están disponibles: drenaje manual, drenaje semi-automático y drenaje automático.
8. El soporte puede ser seleccionado para la instalación.

## Especificación del producto

|                                 |  |           |           |           |           |           |           |           |           |
|---------------------------------|--|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Modelo                          | GFR200-06  | GFR200-08 | GFR300-08 | GFR300-10 | GFR300-15 | GFR400-10 | GFR400-15 | GFR600-20 | GFR600-25 |
| Medio                           | Aire   |           |           |           |           |           |           |           |           |
| Tamaño del puerto               | 1/8"   | 1/4"      | 1/4"      | 3/8"      | 1/2"      | 3/8"      | 1/2"      | 3/4"      | 1"        |
| Precisión del filtro            | 40µm o 5µm   |           |           |           |           |           |           |           |           |
| Presión de trabajo              | Drenajes semi-automático y automático:0.15~0.9Mpa(20~130Psi) |           |           |           |           |           |           |           |           |
|                                 | Drenaje manual: 0.05~0.9Mpa(7~130Psi)                        |           |           |           |           |           |           |           |           |
| Prueba de presión               | 1.5 MPa(215Psi)  |           |           |           |           |           |           |           |           |
| Rango de temperatura            | -20~70°C   |           |           |           |           |           |           |           |           |
| Capacidad del cuenco de drenaje | 10CC   |           | 40CC      |           |           | 80CC      |           | 230CC     |           |
| Peso                            | 220g   |           | 500g      |           |           | 1030g     |           | 2400g     |           |

## Instalación y uso

1. Puede comprobar si los componentes han sido dañados durante el transporte antes de la instalación y el uso.
2. Prestar la atención si la dirección del flujo de aire (anotar la dirección) y el tipo de rosca son correctos o no.
3. Por favor anote si la condición de instalación coordina con los requisitos técnicos (tales como "presión de trabajo" y "rango aplicado de temperatura").
4. El medio utilizado o el retorno de instalación debe darse cuenta. Los asuntos con cloro, compuestos de carbono, compuestos aromáticos y ácidos oxidantes y alcalinos deberán evitarse para prevenir el daño de la taza y la taza del petróleo.
5. Limpiar o cambiar regularmente el núcleo del filtro. Lubricadores y reguladores deberán estar en orden descendente.
6. Alejarse del polvo. La cubierta de polvo será instalada en la admisión y la salida cuando el dispositivo esté desmantelado y almacenado.

## **ANEXO (C)**

### **Características Técnicas del Actuador Neumático de doble efecto AIRTAG.**



### Características del producto:

1. Cilindros del estándar ISO15552 y VDMA24562.
2. El sello del pistón se compone de dos sellos en forma de Y de una estructura de sola- dirección, cual tiene la función de compensación, larga esperanza útil y presión baja puesta en marcha.
3. El tubo cuadrado de aluminio sin tirante tiene la buena resistencia a la corrosión.
4. El ajuste de amortiguamiento del cilindro es suave y estable.
5. Cilindros y accesorios para la instalación con varias especificaciones son opcionales.

### Especificación del Producto

|                               |   |  |    |   |    |        |     |
|-------------------------------|---|--|----|---|----|--------|-----|
| Tamaño de diametro mm         | 32  | 40   | 50 | 63  | 80 | 100    | 125 |
| Tipo de acción                | Doble efecto  |  |    |   |    |        |     |
| Medio                         | Aire (que se filtra por el elemento 40µm de filtro) |  |    |   |    |        |     |
| Tipo de montaje               | SE  | Básico FA FB CA CB CR LB TC FTC TF TM              |    |   |    |        |     |
|                               | SED   | Básico FA LB TC FTC TF TM                          |    |   |    |        |     |
|                               | SEJ   |  |    |   |    |        |     |
| Presión de trabajo            | 0.1~1.0MPa(14~145Psi)                               |  |    |   |    |        |     |
| Presión de prueba             | 1.5MPa(215Psi)                                      |  |    |   |    |        |     |
| Temperatura °C                | -20~80  |  |    |   |    |        |     |
| Rango de velocidad mm/s       | 30~800  |  |    |   |    | 30~500 |     |
| Tolerancia de carrera         | 0~250 : $\begin{matrix} +1.0 \\ 0 \end{matrix}$     | 251~1000 : $\begin{matrix} +1.4 \\ 0 \end{matrix}$ |    | 1001~1500 : $\begin{matrix} +1.8 \\ 0 \end{matrix}$ |    |        |     |
| Tipo de amortiguación         | Amortiguación ajustable                             |  |    |   |    |        |     |
| Carrera de amortiguación (mm) | 27  |  | 30 |   | 36 |        | 40  |
| Tamaño de puerto              | 1/8"  | 1/4"   |    | 3/8"  |    | 1/2"   |     |



## **Instalación y uso**

1. Cuando la carga cambie en el trabajo, el cilindro con la capacidad de producción abundante se deberá seleccionar.
2. El cilindro relacionado con la resistencia a la temperatura alta o la resistencia a la corrosión será elegido bajo la condición de la temperatura alta o la corrosión.
3. Medida necesaria de protección se tomará en el medio ambiente con mayor humedad, muchos polvos o gotas de agua, polvo de petróleo y escoria de soldadura.
4. Las sustancias sucias en el tubo debe ser limpiado antes de que el cilindro sea conectado con la tubería para evitar la entrada de artículos varios en el cilindro.
5. El medio utilizado por el cilindro se filtra por el núcleo del filtro de por arriba 40um.
6. La medida contra-congelación se adoptará bajo el retorno de temperatura baja para evitar la congelación de humedad.
7. El cilindro debe ejecutar la prueba de funcionamiento sin la carga antes de su aplicación. En prioridad de funcionamiento, de amortiguamiento se convertirá en el mínimo y se liberará gradualmente para evitar el daño en el cilindro provocado por el impacto excesivo.
8. El cilindro deberá evitar la influencia de la carga lateral en operación para mantener el trabajo normal del cilindro y prolongar la vida útil.
9. Si el cilindro se desmantela y se almacena por largo tiempo, por favor realice el tratamiento de anti-óxido a la superficie. La tapa mermelada anti-polvo se añadirá en la admisión de aire y los orificios de salida.

## **ANEXO (D)**

### **Características del sensor magnético**

**(Tipo Reed) AIRTAG CS1-E DC/AC S-240V**

**100MA 10W.**



## ESPECIFICACIÓN DEL PRODUCTO

| Artículo\Modelo                    | CS1-E  | CS1- EX | CS1- EN  | CS1- EP     |
|------------------------------------|--|---------|--|-------------|
| Cambiar la lógica                  | Tipo de STSP normalmente abierto                                 |         | Transistor sin contacto,<br>tipo normalmente abierto                                   |             |
| Tipo de sensor                     | Interruptor de lengüeta<br>sin contacto                          |         | Tipo de NPN  | Tipo de PNP |
| Voltaje de funcionamiento (V)      | 5~240V AC/DC   |         | 5 ~ 30V DC   |             |
| Max. Conmutación de corriente (mA) | 100  |         | 200  |             |
| Cambio de clasificación (W)        | Máx. 10  |         | Máx. 6   |             |
| Consumo de corriente               | NO   |         | 15mA Max. @24V   |             |
| Caída de voltaje de                | 2.5V Max. @100mA DC  |         | 0.5V Max. @200mA DC  |             |
| Cable                              | φ3.3, 2C、el petróleo resistente<br>de gris PVC (llama retardada) |         | φ3.3,3C、PVC petróleo resistente<br>Negro PVC (llama retardada)                         |             |
| Indicador                          | LED rojo   | NO      | LED rojo   |             |
| Fuga de corriente                  | NO   |         | 0.01mA Max.  |             |
| Sensibilidad (Gauss)               | 35~45  |         | 35~45  |             |
| Max. Frecuencia (Hz)               | 200  |         | 1000   |             |
| Shock (m/s <sup>2</sup> )          | 300  |         | 500  |             |
| Vibración ( m/s <sup>2</sup> )     | 90   |         | 90   |             |
| Rango de temperatura               | -10~70°C   |         | -10~70°C   |             |
| Caja de clasificación              | IP67(NEMA6)  |         | IP67(NEMA6)  |             |
| Circuito de protección             | NO   |         | Protección reversa de polaridad de<br>alimentación, protección de<br>absorción de onda |             |

## **ANEXO (E)**

**Características de la válvula solenoide**

**4V210-08 0107 AIRTAG.**

**VALVULAS SOLENOIDES - 5/2 - 5/3 VIAS**  
**SERIE 4V2 - 1/4"**

**AirTAC**



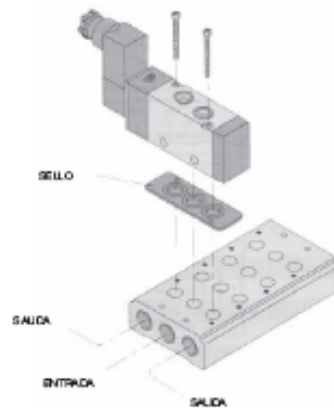
| Código | Rosca | Vías | Operador de la Válvula             | Referencia - Voltaje |
|--------|-------|------|------------------------------------|----------------------|
| A14005 | 1/4"  | 5/2  | Simple solenoide / regreso resorte | 4V210-08-DC12V       |
| A14010 | 1/4"  | 5/2  | Simple solenoide / regreso resorte | 4V210-08-DC24V       |
| A14015 | 1/4"  | 5/2  | Simple solenoide / regreso resorte | 4V210-08-AC110V      |
| A14020 | 1/4"  | 5/2  | Simple solenoide / regreso resorte | 4V210-08-AC220V      |
| A14025 | 1/4"  | 5/2  | Doble solenoide                    | 4V220-08-DC12V       |
| A14030 | 1/4"  | 5/2  | Doble solenoide                    | 4V220-08-DC24V       |
| A14035 | 1/4"  | 5/2  | Doble solenoide                    | 4V220-08-AC110V      |
| A14040 | 1/4"  | 5/2  | Doble solenoide                    | 4V220-08-AC220V      |
| A14045 | 1/4"  | 5/3  | Doble solenoide / centros cerrados | 4V230C-08-DC12V      |
| A14050 | 1/4"  | 5/3  | Doble solenoide / centros cerrados | 4V230C-08-DC24V      |
| A14055 | 1/4"  | 5/3  | Doble solenoide / centros cerrados | 4V230C-08-AC110V     |
| A14060 | 1/4"  | 5/3  | Doble solenoide / centros cerrados | 4V230C-08-AC220V     |
| A14065 | 1/4"  | 5/3  | Doble solenoide / centros abiertos | 4V230E-08-DC12V      |
| A14070 | 1/4"  | 5/3  | Doble solenoide / centros abiertos | 4V230E-08-DC24V      |
| A14075 | 1/4"  | 5/3  | Doble solenoide / centros abiertos | 4V230E-08-AC110V     |
| A14080 | 1/4"  | 5/3  | Doble solenoide / centros abiertos | 4V230E-08-AC220V     |

**Nota:** Estas válvulas vienen con LED indicador como equipo standard



## MANIFOLD PARA VALVULAS SERIE 4V2 - 1/4"

**AIRTAC**

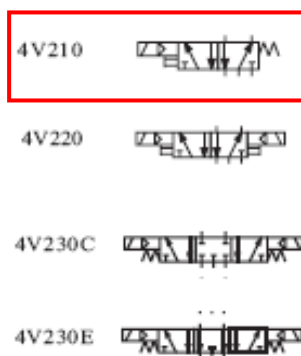


| Código | Estaciones |
|--------|------------|
| A14200 | 2          |
| A14205 | 3          |
| A14210 | 4          |
| A14215 | 5          |
| A14220 | 6          |
| A14225 | 7          |
| A14230 | 8          |
| A14235 | 9          |
| A14240 | 10         |
| A14245 | 11         |
| A14250 | 12         |

Como ordenar sus válvulas en manifold

- Seleccione las válvulas que requiere su sistema
- Elija el código de acuerdo al número de estaciones
- Puede combinar válvulas de operador solenoide 4V2 con válvulas de operador neumático 4A2

| Código | Bobina |
|--------|--------|
| A16300 | DC12V  |
| A16305 | DC24V  |
| A16310 | AC24V  |
| A16315 | AC110V |
| A16320 | AC220V |

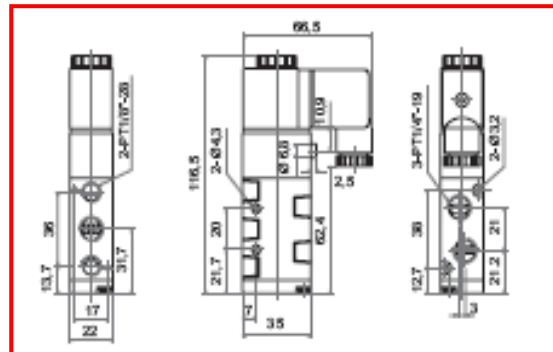


| Especificaciones Técnicas |  |
|---------------------------|--|
| Operación                 | Piloto interno                             |
| Área del orificio (CV)    | 16mm <sup>2</sup> (0,78)                   |
| Lubricación               | No requiere lubricación                    |
| Presión de operación      | 1,5 ~ 8 Kg/cm <sup>2</sup> ( 21 ~ 114 PSI) |
| Máxima presión            | 10,5 Kg/cm <sup>2</sup> ( 150 PSI)         |
| Temperatura               | 5 ~ 60 °C ( 41 ~ 140 °F)                   |
| Corriente Alterna         | 50/60 Hz                                   |
| Variación del voltaje     | ± 10 %                                     |
| Consumo de potencia       | AC: 4,5VA DC: 3W                           |
| Aislamiento de la bobina  | Clase F                                    |
| Protección bobina         | IP65 (DIN40050)                            |
| Conector                  | Tipo DIN                                   |
| Máxima frecuencia         | 5 Ciclos / seg.                            |
| Tiempo de respuesta       | 0,05 Seg.                                  |

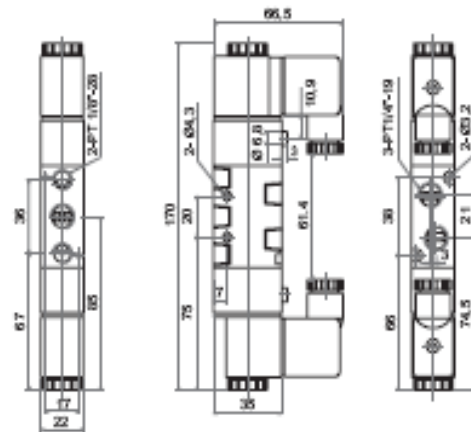
VALVULAS SOLENOIDES - 5/2 - 5/3 VIAS  
 SERIE 4V2 - 1/4"



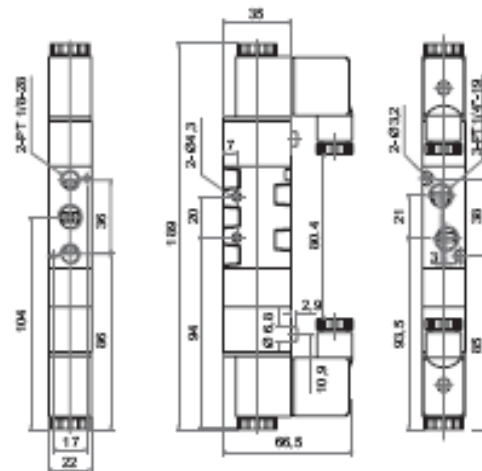
5/2 Simple Solenoide  
 4V210



5/2 Doble Solenoide  
 4V220



5/3 Doble Solenoide  
 4V230C  
 4V230E



## **ANEXO (F)**

**Especificaciones técnicas del plc siemens**

**SIMATIC S7-1200.**



| Datos técnicos   |   |                         |                       |
|--|---|-------------------------|-----------------------|
| Modelo   | CPU 1212C<br>AC/DC/relé   | CPU 1212C<br>DC/DC/relé | CPU 1212C<br>DC/DC/DC |
| Ampliación con Signal Boards                                       | 1 SB máx.   |                         |                       |
| Ampliación con módulos de comunicación                             | 3 CMs máx.  |                         |                       |
| Contadores rápidos   | 4 en total<br>Fase simple: 3 a 100 kHz y 1 a 30 kHz de frecuencia de reloj<br>Fase en cuadratura: 3 a 80 kHz y 1 a 20 kHz de frecuencia de reloj  |                         |                       |
| Salidas de impulsos  | 2   |                         |                       |
| Entradas de captura de impulsos                                    | 8   |                         |                       |
| Alarmas de retardo/cíclicas  | 4 en total con resolución de 1 ms   |                         |                       |
| Alarmas de flanco  | 8 ascendentes y 8 descendentes (12 y 12 con Signal Board opcional)  |                         |                       |
| Memor Card   | SIMATIC Memor Card (opcional)   |                         |                       |
| Precisión del reloj en tiempo real                                 | +/- 60 segundos/mes   |                         |                       |
| Tiempo de respaldo del reloj en tiempo real                        | 10 días típ./6 días mín. a 40°C (condensador de alto rendimiento sin mantenimiento)   |                         |                       |
| <b>Rendimiento</b>   |   |                         |                       |
| Velocidad de ejecución booleana                                    | 0,1 µs/instrucción  |                         |                       |
| Velocidad de ejecución de transferencia de palabras                | 12 µs/instrucción   |                         |                       |
| Velocidad de ejecución de funciones matemáticas con números reales | 18 µs/instrucción   |                         |                       |
| <b>Comunicación</b>  |   |                         |                       |
| Número de puertos  | 1   |                         |                       |
| Tipo   | Ethernet  |                         |                       |
| Conexiones   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 3 para HMI</li> <li>• 1 para la programadora</li> <li>• 8 para instrucciones Ethernet en el programa de usuario</li> <li>• 3 para CPU a CPU</li> </ul> |                         |                       |
| Transferencia de datos   | 10/100 Mb/s   |                         |                       |
| Aislamiento (señal externa a lógica del PLC)                       | Aislado por transformador, 1600 V DC  |                         |                       |
| Tipo de cable  | CAT6e apantallado   |                         |                       |
| <b>Fuente de alimentación</b>                                      |   |                         |                       |
| Rango de tensión   | 85 a 264 V AC   | 20,4 a 28,8 V DC        |                       |
| Frecuencia de línea  | 47 a 63 Hz  | --                      |                       |
| Intensidad de entrada CPU sólo a carga máx.                        | 80 mA a 120 V AC<br>40 mA a 240 V AC  | 400 mA a 24 V DC        |                       |
| CPU con todos los accesorios de ampliación a carga máx.            | 240 mA a 120 V AC<br>120 mA a 240 V AC  | 1200 mA a 24 V DC       |                       |
| Corriente de irupción (máx.)                                       | 20 A a 264 V AC   | 12 A a 28,8 V DC        |                       |
| Aislamiento (potencia de entrada a lógica)                         | 1600 V AC   | Sin aislamiento         |                       |
| Corriente de fuga a tierra, línea AC a tierra funcional            | 0,6 mA máx.   | -                       |                       |