

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MANUAL DE PRÁCTICAS
PARA EL ÁREA DE AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL**

**MAGDA JUDITH MORALES TAVERA
ELKIN YESID VESLIN DÍAZ**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA
ESCUELA DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA MECATRÓNICA
BUCARAMANGA
2005**

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MANUAL DE PRÁCTICAS
PARA EL ÁREA DE AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL**

**MAGDA JUDITH MORALES TAVERA
ELKIN YESID VESLIN DÍAZ**

TRABAJO DE GRADO

**DIRECTOR
M. En C. OMAR LENGERKE PÉREZ**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA
ESCUELA DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA MECATRÓNICA
BUCARAMANGA
2005**

Nota de aceptación

Presidente del jurado

Jurado

Jurado

Bucaramanga 21 de febrero del 2005

DEDICATORIA

Durante los cinco años de carrera existieron personas que siempre estuvieron pendientes de cada uno de los triunfos y fracasos experimentados, tanto para dar una voz de aliento como para reprender nuestras fallas, personas que a lo largo de toda nuestra vida han estado y esperamos que sigan estando siempre ahí, nuestros padres.

AGRADECIMIENTOS

Queremos aprovechar estas páginas para agradecer a todas las personas que contribuyeron de una u otra forma en la elaboración de este trabajo de grado, dado que fue necesario para construir y avanzar un escalón más en nuestra vida.

Queremos comenzar por dar las gracias a Dios por permitirnos desarrollar en su totalidad este proyecto de vida. A toda la planta docente del Instituto Tecnológico de Monterrey Campus Estado de México (ITESM CEM), a su departamento de Ingeniería en Mecatrónica que nos acogió, nos enseñó y nos valoró el trabajo desarrollado en el semestre de práctica. Fueron ellos los primeros en orientarnos en este trabajo, poniendo a nuestra disposición todas las instalaciones de la institución y los conocimientos que adquirieron durante tantos años de trabajo, muchísimas gracias al Dr. Dante Jorge Dorantes González, M. En C. Moisés Manzano Herrera, M. En C Virgilio Vásquez López, M. En C. Guillermo Sandoval Benítez, y no podríamos dejar atrás, a una de las personas que con una sonrisa siempre en la cara nos ofreció su casa y toda su experiencia en este tipo de trabajo Ing. Ricardo López.

A la doctora Leonor Galindo por permitirnos tomar el curso “Metodologías de Aprendizaje”, puesto que solo era para docentes de la UNAB y nos hizo parte de todas las actividades.

A toda la planta docente de la facultad de Ingeniería Mecatrónica de la UNAB, M. en C. Alvaro Rey, M en C. Eduardo Calderón, Ing. Eduardo Rincón, Ing. Sebastián Roa, Dr. Antonio Faustino Muñoz Moner, Ing. Leonardo Virviescas, Ing. Daniel Ramirez, Ing. Ricardo Correa, Ing. Jesús Aristizabal y Ing. Silvio Cuello por

habernos enseñado y compartido todos sus conocimientos en cada una de las áreas.

A nuestro director de tesis que nos indicó todo el tiempo el camino a seguir.

A nuestros compañeros Ivanovich Lache, Sergio Rodríguez, Luis Fernando García–Herreros, Cesar Sánchez y Alexander Quintero que nos acompañaron y nos aguantaron durante los cinco años de carrera, siempre dispuestos a dar una palabra de ánimo y una respuesta a todos los interrogantes si a su alcance estaba.

CONTENIDO

	pág
OBJETIVO GENERAL.....	19
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	19
INTRODUCCIÓN.....	21
1 MARCO TEORICO	24
1.1 METODOLOGIAS DE APRENDIZAJE	24
1.1.1 INTRODUCCIÓN.....	24
1.1.2 EL APRENDIZAJE BASADO EN PROBLEMAS COMO TÉCNICA DIDÁCTICA (ABP).....	26
1.1.2.1 Organización didáctica del ABP.....	28
1.1.2.2 Características de los problemas en el ABP	28
1.1.2.3 Evolución de un grupo de aprendizaje que utiliza el ABP	30
1.1.2.4 Actividades y responsabilidades del alumno y del profesor	31
1.1.2.5 La evaluación en el ABP.....	33
1.1.2.6 Dificultades y barreras para poner en práctica el ABP.....	35
1.1.3 EL ESTUDIO DE CASOS COMO TÉCNICA DIDÁCTICA.....	36
1.1.3.1 Elaboración de un caso para su aplicación.....	39
1.1.3.2 Tipos de casos.....	41
1.1.3.3 Como se organiza la técnica.....	42
1.1.3.4 Actividades y responsabilidades de alumnos y profesores.....	43

1.1.3.5	Aprendizajes que fomentan la técnica de estudio de casos.....	44
1.1.3.6	La evaluación en la técnica de estudio de casos.	44
1.1.3.7	Dificultades y barreras para poner en práctica la técnica.....	45
1.1.4	EL MÉTODO DE PROYECTOS COMO TÉCNICA DIDÁCTICA	45
1.1.4.1	Como se organiza el método de proyectos.....	47
1.1.4.2	Actividades y responsabilidades del alumno y del profesor en el método de proyectos	50
1.1.4.3	Aprendizajes que fomenta el uso del método de proyectos.....	51
1.1.4.4	La evaluación en el método de proyectos.....	52
1.1.5	METODOLOGÍA DEL PROYECTO	54
1.2	CONTROLADORES LOGICOS PROGRAMABLES “PLC’s”	55
1.2.1	INTRODUCCIÓN	55
1.2.2	COMPARACIÓN ENTRE LOS PLC’S Y LAS COMPUTADORAS	56
1.2.3	LOS PLC’S EN LA INDUSTRIA.....	58
1.2.4	CONFIGURACIÓN DE UN PLC	60
1.2.5	COMPONENTES DE UN PLC	61
1.2.5.1	El Procesador (CPU).....	61
1.2.5.2	Tiempo de Ejecución (Scan Time).	62
1.2.5.3	Memoria.	63
1.2.6	TABLA DE DATOS	66
1.2.6.1	Tabla de Entradas.....	66
1.2.6.2	Tabla de Salidas.	66
1.2.6.3	Tabla de Bits Internos.	67
1.2.6.4	Registros de Almacenamiento.	67
1.2.7	FUENTE DE PODER.....	68
1.2.7.1	Consideraciones de Carga.....	68
1.2.8	ENTRADAS/SALIDAS	68
1.2.8.1	Entradas Salidas Integradas (locales).....	69
1.2.8.2	Entradas Salidas Distribuidas (remotas).	69

1.2.8.3	Entradas Salidas Compactas.....	70
1.2.9	TIPOS DE ENTRADAS/SALIDAS	70
1.2.9.1	Entradas - Salidas Digitales.....	70
1.2.9.2	Entradas - Salidas Análogas.....	75
1.3	SENSORES	78
1.3.1	INTRODUCCIÓN.....	78
1.3.2	SENSORES Y TRANSDUCTORES	79
1.3.3	ACONDICIONADORES DE SEÑALES	81
1.3.3.1	Amplificación.....	81
1.3.3.2	Aislamiento.....	82
1.3.3.3	Filtrado.....	82
1.3.3.4	Excitación.....	83
1.3.4	CLASIFICACIÓN DE LOS SENSORES	83
1.3.4.1	Clasificación atendiendo a los aportes de energía.....	83
1.3.4.2	Clasificación según la señal de salida.....	83
1.3.4.3	Clasificación según el modo de funcionamiento.....	84
1.3.4.4	Clasificación según el tipo de relación de entrada-salida.....	84
1.3.4.5	Clasificación según el parámetro variable.....	85
1.3.5	CARACTERÍSTICAS DE LOS SENSORES	85
1.3.5.1	Características dinámicas de los sensores.....	86
1.3.5.2	Características estáticas de los sensores.....	88
1.3.6	SENSORES Y APLICACIONES.....	94
1.3.6.1	Transductores de presión.....	95
1.3.6.2	Transductores de Nivel.....	97
1.3.6.3	Transductores de flujo.....	99
1.3.6.4	Transductores de temperatura.....	100
1.3.6.5	Transductores mecánicos.....	102
1.3.7	SENSORES ULTRASÓNICOS.....	104
1.3.8	SENSORES ÓPTICOS	104

1.3.8.1	Fotodiodo.....	105
1.3.8.2	Fototransistor.....	105
1.4	ACTUADORES.....	108
1.4.1	INTRODUCCIÓN.....	108
1.4.2	ACTUADORES ELÉCTRICOS.....	109
1.4.2.1	Relés y contactores.....	109
1.4.2.2	Motores.....	111
1.4.2.3	Motores DC.....	112
1.4.2.4	Servomotores.....	115
1.4.2.5	Motores paso a paso.....	118
1.4.2.6	Motores AC.....	124
1.4.3	ACTUADORES HIDRÁULICOS Y NEUMÁTICOS.....	124
1.4.3.1	Válvulas.....	125
1.4.3.2	Servoválvulas.....	128
1.4.3.3	Cilindros.....	128
1.4.3.4	Bombas y motores hidráulicos o neumáticos.....	131
1.4.4	ACTUADORES TÉRMICOS.....	131
1.5	NEUMÁTICA.....	133
1.5.1	INTRODUCCIÓN.....	133
1.5.2	CARACTERÍSTICAS ESENCIALES DE LOS COMPONENTES NEUMÁTICOS.....	134
1.5.3	MAQUINAS NEUMÁTICAS.....	135
1.5.4	APLICACIONES GENERALES EN DIFERENTES INDUSTRIAS.....	136
1.5.5	SIMBOLOGÍA NEUMÁTICA.....	139
1.5.6	CILINDROS NEUMÁTICOS.....	142
1.5.6.1	Cilindros de doble y simple efecto.....	143
1.5.6.2	Cilindros de carrera corta.....	144
1.5.6.3	Cilindro miniatura.....	146
1.5.6.4	Cilindros con bloqueo de vástago.....	147
1.5.6.5	Cilindro de doble fuerza y varias posiciones.....	147

1.5.6.6	Cilindros neumáticos programados	148
1.5.7	VÁLVULAS DISTRIBUIDORAS Y DE MANDO	149
1.5.7.1	Representación esquemática y función característica	150
1.5.8	VÁLVULAS DE ACCIONAMIENTO MANUAL	154
1.5.9	VÁLVULAS DE ACCIONAMIENTO MECÁNICO.....	156
1.5.10	VÁLVULAS DE PILOTAJE NEUMÁTICO	159
1.5.11	ELECTROVÁLVULAS.....	160
1.6	SISTEMAS SCADA	161
1.6.1	INTRODUCCIÓN.....	161
1.6.2	MTU – MASTER TERMINAL UNIT	163
1.6.3	ADQUISICIÓN DE DATOS.....	165
1.6.4	REDES DE COMUNICACIÓN	167
1.6.4.1	Transmisión radial.....	167
1.6.4.2	Servicios satelitales.....	168
1.6.4.3	Modbus.....	168
1.6.4.4	Sistemas Landline.....	168
1.6.5	PROCESAMIENTO DE ALARMAS.....	168
1.6.6	RTU – REMOTE TERMINAL UNITS	169
2	METODOLOGÍA DEL DESARROLLO DEL PROYECTO	173
2.1	INTRODUCCIÓN	173
2.2	NECESIDAD	175
2.3	SOLUCIÓN	176
2.4	VIABILIDAD	176
2.5	METODOLOGÍA DE DISEÑO	176
2.5.1	PROFUNDIZAR EN LAS ÁREAS RELACIONADAS CON EL MANUAL	177
2.5.2	CAPACITACIÓN EN METODOLOGÍAS DE APRENDIZAJE	177
2.5.3	DESARROLLO DEL PROTOTIPO.....	178

2.6 INTEGRACIÓN DE TECNOLOGÍAS	178
2.7 PROTOTIPO	179
2.7.1 MANUAL DE PRÁCTICAS	179
2.7.1.1 Selección de la metodología de aprendizaje	180
2.7.1.2 Diseño del contenido de la práctica	180
2.7.1.3 Diseño del formato	182
2.7.1.4 Materiales del laboratorio	182
2.7.1.5 Temario de prácticas.....	183
2.7.2 CD DIDÁCTICO.....	188
2.7.2.1 Diseño del CD didáctico.....	188
2.7.2.2 Creación del CD didáctico (características especiales)	189
2.7.2.3 Estructura de la información.....	195
2.7.2.4 Difusión del CD didáctico	196
2.7.3 BANCO DE PRUEBAS.....	196
2.8 PRUEBAS.....	202
2.8.1 PRUEBA PRELIMINAR.....	202
2.8.2 PRUEBA INTERMEDIA.....	203
2.8.3 PRUEBA FINAL	204
2.9 PUESTA EN MARCHA	210
2.9.1 LA ACTIVIDAD PREVIA	210
2.9.2 EL DESARROLLO METODOLÓGICO.....	210
2.9.3 LA ACTIVIDAD COMPLEMENTARIA	211
2.9.4 NOTIFICACIÓN DE ERRORES.....	212
2.9.5 CORRECCIONES SOBRE EL CD.....	213
3 CONCLUSIONES	215
4 RECOMENDACIONES.....	217

BIBLIOGRAFIA..... 218

ANEXOS..... 220

LISTA DE FIGURAS

	pág
FIGURA 1 Metodología del proyecto.....	54
FIGURA 2 Configuración más amplia del PLC.....	62
FIGURA 3 Relación Tabla de Datos / Programa de Usuario.....	67
FIGURA 4 Recta a partir del método de mínimos cuadrados.....	91
FIGURA 5 Método mínimos y máximos con condición de paso por el origen.....	92
FIGURA 6 Recta determinada por el método de linealidad terminal.....	92
FIGURA 7 Recta determinada por linealidad a través de los extremos.....	93
FIGURA 8 Recta determinada por linealidad teórica.....	93
FIGURA 9 Histéresis.....	94
FIGURA 10 Sensor diferencial de presión resistivo.....	96
FIGURA 11 Sensor de nivel mediante flotadores.....	97
FIGURA 12 Sensor de nivel capacitivo.....	98
FIGURA 13 Sensor de nivel óptico.....	99
FIGURA 14 Transductor de presión diferencial.....	99
FIGURA 15 Termistor.....	101
FIGURA 16 Termocupla.....	102
FIGURA 17 Esquema de una galga extensometrica.....	103
FIGURA 18 Diagrama eléctrico de un fotodiodo.....	105
FIGURA 19 Fototransistor.....	105
FIGURA 20 Esquema de un sensor óptico emisor receptor.....	106
FIGURA 21 Esquema de un sensor óptico reflector.....	106
FIGURA 22 Esquema de un rele.....	110
FIGURA 23 Estructura interna del motor.....	112

FIGURA 24	Circuito equivalente del motor DC.....	113
FIGURA 25	Variación de la velocidad del motor a través del circuito inductor...115	115
FIGURA 26	Tren de pulsos para posicionamiento del servomotor.....	117
FIGURA 27	Motor paso a paso (1).....	120
FIGURA 28	Motor paso a paso (2).....	120
FIGURA 29	Motor paso a paso (3).....	121
FIGURA 30	Motor paso a paso (4).....	121
FIGURA 31	Tipos de mando: 1) Eléctrico, 2) Manual, 3) Neumático (flecha blanca) e Hidráulico (flecha negra).....	126
FIGURA 32	Válvulas biestables de tipo: 1) Eléctrico, 2) Manual, 3) Neumático (flecha blanca) e Hidráulico (flecha negra).....	127
FIGURA 33	Válvula 4/3.....	127
FIGURA 34	Cilindro Neumático (1), Hidráulico (2).....	129
FIGURA 35	Cilindro de simple efecto con válvula de control 3/2 con muelle a la derecha (1) y muelle a la izquierda (2).....	129
FIGURA 36	Cilindro de doble efecto con control de válvula 4/2.....	130
FIGURA 37	Control de una resistencia térmica.....	132
FIGURA 38	Simbología de cilindros.....	140
FIGURA 39	Simbología unidades de mantenimiento.....	141
FIGURA 40	Simbología bomba, motor y compresor.....	141
FIGURA 41	Simbología válvulas.....	142
FIGURA 42	Cilindro de doble efecto.....	143
FIGURA 43	Cilindro neumático programado.....	149
FIGURA 44	Vías y tipos de conexiones.....	151
FIGURA 45	Representación de las líneas de flujo.....	152
FIGURA 46	Gobierno de un cilindro.....	153
FIGURA 47	Diferentes tipos de accionamiento manual.....	155
FIGURA 48	Diferentes formas de mando mecánico.....	157
FIGURA 49	Hardware del RTU.....	170

FIGURA 50	Metodología del proyecto.....	174
FIGURA 51	Integración de tecnologías.....	179
FIGURA 52	Página principal.....	190
FIGURA 53	Entorno para la selección de prácticas de PLC's.....	190
FIGURA 54	Título de conceptos fundamentales.....	191
FIGURA 55	Navegador.....	191
FIGURA 56	Botones de desplazamiento inferior.....	192
FIGURA 57	Control de acceso.....	192
FIGURA 58	Enlace hacia los navegadores principales.....	193
FIGURA 59	Información Pop-up.....	193
FIGURA 60	Acceso al material extra.....	193
FIGURA 61	Estructura final de una página.....	194
FIGURA 62	Lista de materiales.....	195
FIGURA 63	Imagen institucional.....	195
FIGURA 64	Estructura de los archivos del CD.....	196
FIGURA 65	Banco de pruebas.....	197
FIGURA 66	Alimentación principal del banco de pruebas.....	198
FIGURA 67	Luces.....	199
FIGURA 68	Pulsadores.....	199
FIGURA 69	Válvula.....	200
FIGURA 70	Pistón.....	200
FIGURA 71	Conexiones del sensor.....	201
FIGURA 72	Ventilador (cooler).....	201
FIGURA 73	Prueba preliminar.....	203
FIGURA 74	Pregunta 1.....	204
FIGURA 75	Pregunta 2.....	205
FIGURA 76	Pregunta 3.....	206
FIGURA 77	Pregunta 4.....	207
FIGURA 78	Pregunta 5.....	208

FIGURA 79	Pregunta 6.....	208
FIGURA 80	Pregunta 7.....	209
FIGURA 81	División de una carpeta de prácticas.....	213
FIGURA 82	Estructura de una práctica.....	214

LISTA DE TABLAS

	pág
TABLA 1 Materiales del Laboratorio de Automatización Industrial.....	182
TABLA 2 Temario de automatización industrial.....	184
TABLA 3 Código de colores.....	198

OBJETIVO GENERAL

Elaborar un manual de prácticas para el área de automatización industrial cuyo fin será instruir y capacitar a los estudiantes en el desarrollo de sus tecnologías; dada la importancia que presenta en el entorno laboral y la necesidad por el desarrollo de conceptos y habilidades.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Desarrollar prácticas que guíen al estudiante paso a paso en el aprendizaje desde un nivel de menor a uno de mayor complejidad.
- Plantear prácticas que tengan una visión industrial con el fin de enlazar al estudiante con problemas de la vida cotidiana.
- Utilizar los elementos disponibles en el laboratorio de automatización industrial para que sean aprovechados al máximo y aporten al aprendizaje.
- Orientar al estudiante en metodologías de programación que faciliten el desarrollo de los procesos, de una manera ordenada mediante técnicas eficaces.
- Plantear actividades complementarias al final de cada práctica donde el estudiante aplique los conceptos que se introdujeron a lo largo de esta.
- Crear prácticas que estén bien fundamentadas, que sean de fácil entendimiento y que tengan un grado de complejidad relativo al tiempo de

ejecución de esta misma; las cuales puedan cumplir con el objetivo propuesto.

- Orientar al estudiante en el uso de software (Labview, Step 7) que le permita desarrollar habilidades para documentarse antes del desarrollo de la práctica.
- Encaminar al estudiante a que fundamente sus conocimientos, a través de una investigación previa, la cual se le exigirá antes de iniciar los temas que seguirá posteriormente con la implementación de la práctica.
- Implementar las prácticas elaboradas a un ambiente didáctico, el cual se convierta en una herramienta accesible desde cualquier equipo.
- Contribuir al desarrollo de actividades y habilidades para el trabajo productivo que ayuden al progreso nacional y regional.

INTRODUCCIÓN

Al ser ingeniería Mecatrónica una carrera relativamente nueva, se dio la necesidad del montaje de una serie de laboratorios propios para la instrucción de nuevas áreas que trae consigo esta ingeniería; como lo son: Laboratorio de Automatización y Control Industrial, Laboratorio de Electrónica e Instrumentación, Laboratorio de Oleoneumática, etc.

Todo esto para formar profesionales capaces de concebir, desarrollar, optimizar y automatizar procesos, con equipos de altas tecnologías como los que posee cada uno de los laboratorios mencionados anteriormente.

El laboratorio de Automatización y Control Industrial cuenta con un sin número de dispositivos reales de la industria, comenzando con controladores lógicos programables (PLC) hasta una amplia gama de sensores y actuadores. Este laboratorio integra componentes de la industria, de sistemas y software con las tecnologías de automatización (neumática, robótica, manipulación entre otras) para transferir el conocimiento a partir de una planta física.

Esto da como resultado una moderna instalación con sistemas de entrenamiento, orientados a la industria, enfocados en el desarrollo de competencias en el área de la automatización y en los procesos de producción; está al alcance de los estudiantes de la carrera desde los primeros semestres hasta el último nivel, pero hasta el momento no existe un manual de instrucción para ingresar al laboratorio con el fin de aprender, utilizar y aprovechar al máximo el equipamiento y toda la tecnología que nos brinda la universidad.

Para este proyecto, siendo nosotros estudiantes de ingeniería Mecatrónica, tenemos a nuestra disposición el laboratorio de automatización y control industrial, para desarrollar prácticas que son benéficas para todas las generaciones próximas y de esta forma poder implantar un manual para instruir, el cual tiene la facilidad de ser modificado por los mismo estudiantes con el paso de los años, a través de la adquisición de nuevos dispositivos que enriquecerán aún más el aprendizaje.

En la formación de laboratorios en todas las universidades, son de vital importancia la elaboración de manuales para impartir de una forma más fácil y adecuada el desarrollo práctico que estos pueden suministrar, a nivel de laboratorios de automatización industrial existe una gran variedad, pero pocos a nivel local, es por esto que de bibliografía de manuales en este sentido se cuenta con muy poca información, y mucho menos si nos referimos a manuales en español, además cada laboratorio de automatización se diferencia por uno u otro elemento adicional que contenga, teniendo en cuenta que el laboratorio que poseemos consta de un sin número de elementos que pueden ayudarnos a variar de forma ligera cada uno de los ejercicios propuestos.

La forma de instruir por medio de manuales a sido adoptada por muchas universidades y empresas, esto lo podemos observar en que cada uno de los aparatos electrónicos que poseemos en nuestro hogar por sencillo que este resulte; trae consigo un manual de instrucciones para su buen funcionamiento y uso por parte del consumidor. Es tan sencillo como esto queremos capacitar a todos los estudiantes de Ingeniería Mecatrónica en el uso de un laboratorio tan sofisticado como el que tenemos en la universidad.

La metodología general que se utilizará a lo largo del proyecto está enfocada al aprendizaje de los estudiantes en un área desconocida para ellos, se llevará al

estudiante paso a paso en cada proceso; estructurando cada práctica de forma tal que el alumno se vea enfrentado a problemas cotidianos y pueda desarrollarlos.

Para el desarrollo del manual en cada una de las prácticas se tuvo en cuenta:

- Cada una de las prácticas irá avanzando en el grado de complejidad mostrándole al estudiante que por pequeña que sea la aplicación se puede sustraer mucho de cada una; para poco a poco ir construyendo grandes aplicaciones industriales.
- Inicialmente cada una de las prácticas contendrá una actividad preliminar de investigación para que de esta forma el alumno llegue al laboratorio con una noción básica de lo que va a desarrollar a lo largo del mismo.
- El aprendizaje en el laboratorio estará guiado paso a paso por la práctica, para que cada uno de los conceptos queden de forma clara en el alumno.
- Finalmente, la práctica contendrá una actividad complementaria en donde el estudiante va a evaluar lo que aprendió a lo largo de esta.
- Las prácticas iniciales se van basar en metodologías para la programación del algunos software que poseemos en el laboratorio, los cuales serán de gran utilidad para el desarrollo de las prácticas siguientes.
- Es muy importante que cada una de las prácticas deban enfocarse proyectando un problema industrial por sencilla que esta resulte.

1 MARCO TEORICO

1.1 METODOLOGIAS DE APRENDIZAJE

1.1.1 Introducción

Las metodologías de aprendizaje representan un conjunto de actividades ordenadas y articuladas dentro del proceso de enseñanza-aprendizaje de una asignatura. Con base en ellas se puede organizar totalmente un curso, ciertos temas o contenidos específicos del mismo. Su aplicación permite que el alumno, se convierta en responsable de su propio aprendizaje, asuma un papel participativo y colaborativo en el proceso a través de ciertas actividades, tome contacto con su entorno, desarrolle autonomía y utilice la tecnología como recurso útil para enriquecer su aprendizaje.

Las metodologías de aprendizaje tienen características que ayudan a desarrollar técnicas didácticas mencionadas a continuación:

- Estimulan en los alumnos una participación activa en el proceso de construcción del conocimiento. Esto es, se promueve que investiguen por cuenta propia, que analicen información obteniendo, que estudien cómo un conocimiento se relaciona con otro, que sugieran conclusiones, entre otras.
- Promueven un aprendizaje amplio y profundo de los conocimientos. Los procesos que derivan de su puesta en marcha permitirán el establecimiento de una relación más activa y motivadora entre los alumnos y el tema de la materia.

- Desarrollan de manera intencional y programada habilidades, actitudes y valores.
- Permiten una experiencia vivencial en la que se adquiere conocimiento de la realidad y compromiso con el entorno, en la medida en que se analizan y resuelven ciertas situaciones expresadas en problemas, casos o proyectos.
- Fomentan el desarrollo del aprendizaje colaborativo a través de actividades grupales, ya sea de forma presencial o virtual, entre estudiantes del mismo Instituto o con otros de diversas universidades nacionales o internacionales.
- Promueven en el docente el desempeño de un nuevo rol: el de facilitar el aprendizaje y hacer que el alumno profundice en los conocimientos. Este cambio en el papel del profesor trae como consecuencia una modificación en el papel del alumno, al convertirlo en un sujeto activo que construye su conocimiento y adquiere mayor responsabilidad en todos los elementos del proceso.
- Permiten la participación del alumno en el proceso de evaluación de su aprendizaje. Esto conduce al desarrollo de su autonomía, de su capacidad de tomar decisiones y de asumir la responsabilidad de las consecuencias de sus actos¹.

A continuación se analizarán tres técnicas didácticas de aprendizaje: Aprendizaje Basado en Problemas, Estudio de Casos y Método de proyectos.

¹ Extraído de documentos y publicaciones del Tecnológico de Monterrey
<http://www.sistema.itesm.mx/va/dide/documentos/inf-doc/tecnicas-modelo.html>

1.1.2 El aprendizaje basado en problemas como técnica didáctica (abp)

Este es uno de los métodos que a tomado mayor acogida en el ámbito de la educación, siendo este invertido al método de enseñanza tradicional en el que inicialmente se expone la información y posteriormente se busca su aplicación. En el caso del ABP primero se presenta el problema, se identifican las necesidades de aprendizaje, se busca la información necesaria para finalmente regresar al problema del cual se partió.

Este método lleva al estudiante a que sea el encargado de adquirir responsabilidades y tomar decisiones que son dos puntos básicos en el proceso de formación. Dicha metodología se desarrollo con el objetivo de mejorar la calidad de la educación cambiando la exposición de la totalidad de los temas por parte del docente, a un método más integrado y organizado de desarrollo de problemas de la vida real.

Esta metodología comenzó su creación debido a los problemas que se estaban reflejando en los estudiantes de épocas pasadas en donde la educación se veía de una forma pasiva y centrada en la memoria. Por esta razón el ABP se basa en que el alumno es quien busca el aprendizaje que considera necesario para resolver problemas que se le planteen el cual tiene implícito en su dinámica de trabajo el desarrollo de habilidades, actitudes y valores benéficos para la mejora personal y profesional del alumno.

En palabras mas concisas y concretas lo que se a querido decir de este método de aprendizaje es que es una estrategia de enseñanza-aprendizaje en la que tanto la adquisición de conocimientos como el desarrollo de habilidades y actitudes resulta importante, además se busca primordialmente que el alumno comprenda y profundice adecuadamente en la respuesta a los problemas que son utilizados

para aprender adquiriendo todo tipo de aspectos de orden filosófico, sociológico, psicológico, histórico y práctico con un enfoque integral, en este proceso de aprendizaje el docente es la persona encargada de orientar en la búsqueda de información mas no se convierte en la autoridad del curso como en el método tradicional.

El ABP se enfoca a que el alumno muestre una actitud positiva hacia el aprendizaje respetando su autonomía y basándose en aplicaciones que se observan en la práctica.

Las características básicas del ABP son la forma de trabajo activo de la que participan los estudiantes, es un método orientado a la solución de problemas, cada tarea desarrollada estimula el trabajo en diferentes disciplinas y el profesor es un proveedor o tutor de aprendizaje.

Los objetivos que busca este método son promover al alumno la responsabilidad de su propio aprendizaje, desarrollar habilidades para las relaciones interpersonales, involucrar al alumno en un reto (desarrollo de un problema de la vida cotidiana) con iniciativa y entusiasmo, desarrollar el razonamiento eficaz y creativo etc.

Con todo lo mencionado anteriormente es claro que algunas de las ventajas que ofrece el ABP son: alumnos con mayor motivación, un aprendizaje mas significativo, desarrollo de habilidades de pensamiento y aprendizaje, integración de un modelo de trabajo, mayor posibilidad de retención información, integración del conocimiento razón por la cual las habilidades que se desarrollan son mas perdurables, incremento de su autoaprendizaje, mejoramiento de comprensión y desarrollo de destrezas, habilidades interpersonales y de trabajo en equipo y la actitud auto motivada que es una manera mas natural de aprender.

1.1.2.1 Organización didáctica del ABP.

El proceso de organización de toda técnica didáctica implica la existencia de condiciones para su operación las cuales serán mencionadas a continuación:

- Cambiar la forma de llevar el método enseñanza-aprendizaje para no llevar a los alumnos hacer simples receptores pasivos de información.
- Enfatizar el desarrollo de actitudes y habilidades que busquen la adquisición activa de nuevo conocimiento.
- Estimular en los alumnos la aplicación de conocimientos adquiridos al desarrollo del problema planteado.
- Desarrollar en los alumnos pensamiento crítico, mentalidad de colaboración, habilidades en la solución de problemas al mismo tiempo que se formulan hipótesis las cuales conducen a la búsqueda de información que se puede lograr por medio de experimentos para llegar de esta forma a la mejor solución del problema que fue planteado.

1.1.2.2 Características de los problemas en el ABP

- El problema debe despertar el interés en los alumnos de manera que sientan que se están enfrentando a una situación de la vida cotidiana, a la cual se pueden ver enfrentados en el momento de ejercer su carrera.

- El problema debe ser capaz de llevar al alumno a tomar decisiones respecto a la forma de investigación y por donde se debe empezar para dar solución al problema planteado.
- Las preguntas deben ser: preguntas abiertas, dentro de un marco de conocimientos específico y que contengan temas de controversia para que el alumno despierte su interés por la investigación.
- Los objetivos son el punto de partida para el desarrollo de problemas que lleven al cumplimiento de las metas planteadas.
- Los problemas deben estar planteados de tal forma que motiven al estudiante a una amplia búsqueda de información a través de todos los medios posibles y llevar esta información para que pueda ser discutida y analizada por el grupo de trabajo².

Los alumnos al enfrentarse a un problema en la metodología ABP deben leer y analizar para de esta forma identificar los objetivos de aprendizaje y proceder a sacar a flote la información con la que se cuenta seguidamente elaborar un esquema del problema y desarrollar un diagnóstico de la situación en la cual se encuentra; finalmente en esta primera etapa desarrollar un proyecto de trabajo que cubra las necesidades de aprendizaje y solución del problema.

El plan de trabajo debe contener como parte inicial la recopilación de información el análisis de esta que conlleve a un planteamiento de resultados y a lo largo del trabajo una constante retroalimentación para analizar la evolución del trabajo.

² Extraído de documentos y publicaciones del Tecnológico de Monterrey
<http://www.sistema.itesm.mx/va/dide/documentos/inf-doc/abp.htm>

1.1.2.3 Evolución de un grupo de aprendizaje que utiliza el ABP

- Etapa de inicio. Los alumnos tiene cierta desconfianza y dificultad para entender y asumir el trabajo que se esta desarrollando; por lo tanto se puede observar resistencia a la inicialización de este. Se produce cierta dificultad en el momento de distinguir entre objetivos y el problema a desarrollar.
- Segunda etapa. Los alumnos presentan cierto nivel de ansiedad, sienten que no avanzan y consideran que la metodología del ABP no tiene una estructura definida.
- Tercera etapa. Los alumnos valoran su trabajo, toman conciencia de la posibilidad de hacerse responsables de su propio aprendizaje. Desarrollan la habilidad de discernir información.
- Cuarta etapa. Seguridad y autosuficiencia en el grupo, congruencia entre actividades y objetivos. Intercambio fluido de información y efectiva resolución de los conflictos.
- Quinta etapa. Etapa más productiva, los alumnos han entendido su forma de trabajo junto con la del tutor, han integrado la forma de trabajo a otras experiencias de trabajo grupal.

Los aportes de información a lo largo del trabajo por cada miembro del grupo deben ser validados y verificados por el tutor y por todos los miembros del grupo

de esta forma el alumno se da confianza en lo que investiga y puede proporcionar cada vez mejoría en sus resultados.

1.1.2.4 Actividades y responsabilidades del alumno y del profesor

➤ Alumno

El alumno debe poseer las siguientes características o debe estar dispuesto a desarrollarlas y mejorarlas a lo largo del proceso: disposición para trabajar en grupo, tolerancia para enfrentarse a situaciones ambiguas, habilidades para la interacción personal tanto intelectual como emocional, habilidades de comunicación, ver su campo de estudio desde una perspectiva más amplia y finalmente debe desarrollar habilidades de pensamiento crítico, reflexivo, imaginativo y sensitivo.

La responsabilidad del alumno comienza desde una integración en torno al grupo con una actitud entusiasta en la solución de problemas; el aporte de información que se pueda conseguir por todos los medios de investigación posibles de manera que se tenga un aprovechamiento de todos los recursos. Aportar una visión crítica de la información obtenida, desarrollar la capacidad de compromiso para identificar los mecanismos básicos que puedan explicar cada aspecto importante de las situaciones planteadas; un aspecto importante en este método de aprendizaje y además en la vida cotidiana de todo ser humano es la apertura para aprender de los demás, compromiso para compartir el conocimiento, la experiencia o las habilidades para analizar y sintetizar información.

➤ Profesor

En el método de aprendizaje que se expone el profesor actúa como un tutor a diferencia que en el método convencional como se había nombrado anteriormente que era un experto en el área y transmisor del conocimiento; en este sistema de enseñanza el tutor es el encargado de ayudar a los alumnos a reflexionar, identificar necesidades de información y motivar de esta forma a continuar con el trabajo, es decir, guiar a los alumnos para que puedan alcanzar las metas propuestas.

El tutor es un apoyo del alumno al cual se pueden remitir en caso de dudas; lo cual fomenta el análisis y la síntesis de la información además de la reflexión crítica para cada tema. De ahí que una de las habilidades básicas del tutor consiste en la elaboración de preguntas para facilitar el aprendizaje, resulta fundamental en esta metodología hacer las preguntas apropiadas en el momento adecuado ya que esto ayuda a mantener el interés del grupo y a que los alumnos recopilen información adecuada de manera precisa.

Se considera que el profesor debe tener conocimiento de la temática de la materia y de las distintas características que juegan dentro de la dinámica del ABP, el tutor debe tener en cuenta que el alumno es el principal responsable de su propia educación, brindando así asesorías individuales con los alumnos cuando se requiera, además como parte principal del aprendizaje se debe evaluar en el tiempo oportuno a los alumnos y estar en contacto oportuno con maestros y tutores del área con el fin de desarrollar paralelamente actividades de retroalimentación a lo largo del periodo de trabajo.

Algunas de las principales habilidades requeridas por el docente son: facilidad en el proceso de enseñanza – aprendizaje, desarrollo de preguntas que estimulen y reten a los alumnos en la búsqueda de información, suministrar a los alumnos información adicional externa en caso de que sea necesario como también sugerir recursos apropiados para el trabajo y finalmente constatar la adquisición del aprendizaje y asegurarse de que el alumno reciba retroalimentación sobre su desarrollo y desempeño.

1.1.2.5 La evaluación en el ABP.

La evaluación en este método de aprendizaje busca que además de evaluar sea un instrumento mas del proceso de aprendizaje de los alumnos, por esto la evaluación desarrollada en este método de aprendizaje debe darse según los resultados del aprendizaje de contenidos, de acuerdo al conocimiento que el alumno aporta al proceso de razonamiento grupal y a las iteraciones personales del alumno con los demás miembros del grupo.

Con el método de evaluación propuesto se busca que el alumno logre evaluarse a si mismo, a sus compañeros y al tutor tanto en el proceso de trabajo en grupo como en los resultados propios. Todo esto que se plantea es con el propósito de promover en el alumno la retroalimentación de sus fortalezas y debilidades, de tal modo que pueda aprovechar las posibilidades y rectificar las deficiencias.

Un punto clave en este proceso de evaluación planteado es la retroalimentación que cabe volver a mencionar puesto que juega un papel fundamental, debe hacerse de manera regular y es una difícil y gran responsabilidad que debe tomar el tutor del curso; esta no debe tener un sentido positivo o negativo, mas bien debe tener un propósito descriptivo, identificando y aprovechando todas las áreas de mejora posibles.

Durante el aprendizaje basado en problemas se deben tener en cuenta la evaluación en diferentes momentos del proceso en el alumno, por el tutor y los integrantes del grupo. Inicialmente el alumno se debe preparar para la sesión por lo que debe utilizar material de consulta previa al desarrollo de la actividad, aplicar los conocimientos antes vistos, demostrar iniciativa y curiosidad lo cual le da al docente la evidencia de su preparación para la sesión.

La participación y la contribución en el trabajo del grupo es otra forma de evaluar al alumno; observando de que manera constructiva apoya al proceso de grupo. Las habilidades interpersonales y el comportamiento profesional se ve reflejado en la forma de comunicación con sus compañeros, las contribuciones al proceso de grupo hacen parte de la colaboración con sus compañeros en el aporte de ideas e información recolectada a lo largo del proceso; no se debe dejar a un lado las actitudes y habilidades humanas que son la fuerza y las limitaciones personales en donde las opiniones de los demás deben ser escuchadas y además tolerar los defectos que ayudan a que el grupo de trabajo crezca en el aspecto formativo.

Finalmente una evaluación crítica clarifica, define y analiza el problema, en donde el alumno es el encargado de generar y probar hipótesis e identificar los objetivos del aprendizaje.

El ABP utiliza un sin número de formas de evaluación a continuación se describen alguna de ellas:

- Examen escrito: estos pueden ser aplicados a libro abierto o cerrado, en donde las preguntas deben ser diseñadas para garantizar la transferencia de habilidades a problemas o temas similares.

- Examen práctico: es una forma de garantizar que el estudiante es capaz de aplicar todo lo aprendido a lo largo de la clase.
- Evaluación del compañero: se le proporciona al alumno una guía de categorías de evaluación que le ayuda al proceso de evaluación del compañero. Este proceso, también, enfatiza, el ambiente cooperativo del ABP.
- Autoevaluación: permite al alumno pensar cuidadosamente acerca de lo que sabe, de lo que necesita saber para cumplir determinadas tareas este es un proceso que el alumno debe estar desarrollando en cada uno de los momentos de este proceso.
- Evaluación al tutor: es una retroalimentación al tutor acerca de la manera en que participo con el grupo. Puede ser dada por el grupo o por un observador externo.
- Presentación oral: el ABP proporciona a los alumnos una oportunidad para practicar sus habilidades de comunicación. Las presentaciones orales son el medio por el cual se pueden observar estas habilidades.
- Reporte escrito: permite a los alumnos desarrollar todo tipo de destrezas que están involucradas en el desarrollo de un reporte como este.

1.1.2.6 Dificultades y barreras para poner en práctica el ABP.

En esta sesión del capítulo comenzaremos diciendo que el ABP es un cambio en el método de aprendizaje y como todo cambio tiene como respuesta ciertas dificultades e incluso barreras alguna de estas se mencionaran a continuación.

Es claro que es una transición difícil por esto un proceso de lento y de mucha cautela puesto que la forma de aprendizaje se debe cambiar tanto en alumnos como en maestros, asumiendo por cada una de las partes una gran responsabilidad.

El ABP trae consigo una modificación curricular para evitar que se presenten duplicaciones en los contenidos de distintas materias por la relación de temáticas que pueden abordar cada una de ellas.

Este método de aprendizaje requiere de mas tiempo tanto en los alumnos para lograr las metas planteadas como en los docentes en el momento de preparar problemas y atender a los alumnos en asesorías y retroalimentaciones.

El ABP es un método más costoso puesto que requiere mayor capacitación y tiempo para lograr los objetivos de aprendizaje, aunque puede trabajarse con un esquema de un tutor por cada seis u ocho alumnos o usarse como una técnica didáctica en un grupo de hasta 40 alumnos.

1.1.3 El estudio de casos como técnica didáctica

El planteamiento de casos ha sido un proceso educativo desde hace mucho tiempo, el cual desarrolla habilidades tales como el análisis, síntesis y evaluación de información al mismo tiempo que implementa pensamiento critico, trabajo en equipo, toma de decisiones, habilidades como la innovación y la creatividad.

La información se encuentra organizada de la siguiente manera: en primer lugar, se presenta el concepto de la técnica, el cual incluye los antecedentes, la definición, en que consiste, los elementos que la caracterizan y algunos conceptos

clave. Posteriormente, se describe la forma en que se organiza la técnica; es muy importante tener en cuenta las actividades y responsabilidades de los alumnos y profesores al participar en el estudio de un caso.

Esta técnica estudiada contiene una larga historia puesto que en la educación siempre se ha utilizado los casos en forma de problema práctico o ejemplo. De ahí se parte para decir que la técnica de estudio de casos consiste en proporcionar una serie de casos que presentan situaciones problemáticas diversas de la vida real para que se estudien y analicen, así se pretende enfrentar a los alumnos en la generación de soluciones.

Esta técnica de aprendizaje lleva al alumno a la generación de alternativas de solución permitiéndole desarrollar habilidades creativas, capacidad de innovación y la alternativas de conectar la teoría con la practica siendo este uno de los mas grandes valores agregados; todo esto lo consigue el estudiante al contrastar sus conclusiones acerca de un caso expuesto con las conclusiones de otros siendo este un trabajo colaborativo en la toma de decisiones en equipo.

La técnica consiste principalmente en analizar un problema, determinar un método de análisis, adquirir agilidad en determinar alternativas o cursos de acción y finalmente tomar decisiones para el estudio de esta metodología didáctica se mencionan tres modelos que se diferencian en razón de los procesos metodológicos que específicamente se pretenden cada uno:

1. Modelo centrado en el análisis de casos es dicho de otra manera una forma de análisis de casos que han sido estudiados y solucionados por equipos especialistas lo que se pretende básicamente es que los estudiantes conozcan, analicen y valoren los procesos de intervención elaborados por expertos en la resolución de situaciones concretas.

2. Este modelo pretende enseñar a aplicar principios y normas legales establecidas a casos particulares, en donde se busca despertarle al estudiante un pensamiento deductivo para obtener la respuesta correcta a la situación planteada.

3. El último modelo busca el entrenamiento en la resolución de situaciones el cual requiere que se considere un marco teórico y la aplicación de prescripciones prácticas a la resolución de determinados problemas, en consecuencia en las situaciones presentadas no se da la respuesta correcta puesto que se exige estar abierto a soluciones diversas. Entre este grupo de casos se subdivide en tres tipos de casos:

Casos centrados en el estudio de descripciones: desarrolla las distintas perspectivas desde las que puede ser abordado un determinado hecho o situación buscando que los participantes se ejerciten en el análisis, identificación y descripción de los puntos clave constitutivos de una situación dada.

Casos de resolución de problemas: el objetivo específico de este tipo de casos se centra en la toma de decisiones que requiere la solución de problemas planteados en la situación que se somete a revisión.

Casos centrados en generar propuestas de toma de decisiones: en este tipo de casos se pretende enfrentar al estudiante a situaciones que requieren la resolución de problemas, de forma que entre a formar parte de la toma de decisiones y que esta sea la más adecuada en la situación estudiada³.

³ Extraído de documentos y publicaciones del Tecnológico de Monterrey
<http://www.sistema.itesm.mx/va/dide/documentos/inf-doc/casos.html>

Para el estudio de casos se deben llevar a cabo tres pasos fundamentales inicialmente el estudio de la situación para proceder a la solución de un problema, conflicto o incidente objeto de estudio y propuesta de un ejercicio de representación de papeles. Finalmente procederemos a la reflexión sobre el proceso, la resolución de la situación, los efectos de la toma de decisiones adoptada, la “la actuación de los personajes representados” y sobre los temas teóricos implicados y que están en la base de toda la acción.

Como característica principal de este método de enseñanza partamos de que puede ser usado en la formación de adultos analfabetas, como para personas de diferentes edades, diversos niveles y áreas de conocimiento. Para llevar este proceso didáctico se deben cumplir algunas condiciones como la autenticidad al ser una situación concreta, basada en la realidad; urgencia de la situación siendo problemática que provoca un diagnóstico o una decisión, que pueda llevarse con orientación pedagógica, pudiendo proporcionar información y formación en un dominio del conocimiento o de la acción y finalmente debe ser una situación “total”, es decir que incluye toda la información necesaria y todos los hechos disponibles.

1.1.3.1 Elaboración de un caso para su aplicación.

Para plantear un caso se debe ver que cumpla con el objetivo del curso de manera que los alumnos puedan asociar fácilmente con el aprendizaje que están llevando a cabo.

➤ Medios para recoger datos

La entrevista a un profesional al cual hay que dejar sacar todo su intelecto para finalmente recopilar todos los datos necesarios que me pueden servir en la

investigación. Estudio de documentos conservados en archivos de la profesión y finalmente puede ser de gran ayuda los escritos que refieren acontecimientos personales o profesionales.

➤ Elaboración y redacción del caso

Para que un caso resulte interesante es de gran importancia que el tema el cual se mencione pueda producir discusión o polémica; que este tenga por lo menos un mínimo de imaginación y fantasía. Una de las formas más prácticas de lograr esto es tomar casos que puedan ocurrir o hayan ocurrido en la vida real.

Por esto un buen caso debe constar de los siguientes elementos:

- Verosímil: de modo que su argumento sea posible, que sea impresión de que lo a vivido alguien.
- Provocador: que la historia que cuenta estimule la curiosidad e invite al análisis de sus personajes.
- Conciso: sin adornos literarios ni exceso de tecnicismo que degeneren en pesadez.
- Cercano: con narraciones y psicologías del entorno más cercano, de la propia cultura.
- Ambiguo: como la realidad, que no se convierta en un teatro infantil y maniqueo de buenos contra malos.

Cuando se esta elaborando o diseñando un caso se debe tener especial cuidado en decir más de lo preciso y suficiente, omitir datos importantes y dejar datos en la penumbra para que los invente el que analice posteriormente la historia.

Cuando el caso es desarrollado para dar un uso intensivo es necesario validar el caso sometándolo a una prueba experimental puede ser a un grupo de personas o a una en particular, este análisis puede ser benéfico de tal manera que se puede encontrar información necesaria que se ha omitido, datos innecesarios que generan discusiones inútiles y redundancia de información.

1.1.3.2 Tipos de casos

- Caso de valores: se solicita un juicio de responsabilidades sobre las personas o actitudes descritas en el caso.
- Caso incidente: lo que pretende este tipo de caso es estimular al grupo a una búsqueda activa de informaciones que le ayude a asentar sus juicios.
- Caso de solución razonada: es una forma de encontrar soluciones razonables sin información complementaria.
- Caso de mentalización: inicialmente se debe determinar definiciones personales ante la situación para posteriormente tomar conciencia de las causas y consecuencias ante la situación.
- Caso de búsqueda real: se entrena al grupo en la búsqueda de casos reales y a partir de ellos se discuten soluciones concretas.

- Caso temático: lo que interesa no es el caso en si, si no el tema de fondo sobre el que gira.

1.1.3.3 Como se organiza la técnica

- Fase preliminar: presentación del caso a los participantes o estudiantes puede ser por medio de una película, audición de una cinta o la lectura de un escrito previamente desarrollado.
- Fase eclosiva: es el momento preciso en el que los participantes dan sus opiniones e impresiones también lanzan juicios y posibles alternativas de solución. Todo lo nombrado anteriormente son posibles situaciones que se pueden desembocar en el descubrimiento de la incompatibilidad de puntos de vista.
- Fase de análisis: de todos los puntos de vista lanzados en la fase previa se comienza a desarrollar una clasificación en consenso que permite integrar los aspectos más significativos y dejar a un lado los de menor importancia. Esta fase se puede concluir cuando se ha conseguido una síntesis aceptada por todos los miembros del grupo.
- Fase de conceptualización: en esta fase al igual que la anterior las decisiones deben ser tomadas por consenso grupal, es la fase de formulación de conceptos operativos y de principios concretos de acción. Es simplemente relacionar los datos actuales de una situación captar su configuración y evolución.

1.1.3.4 Actividades y responsabilidades de alumnos y profesores.

➤ El profesor

Si el profesor en su clase se va a basar en un caso ya elaborado debe poseer perfecto conocimiento de este antes de aplicarlo a la clase, por lo que debe estudiarlo de tal manera que consiga poseer conocimientos muy superiores a los que puedan traer lo alumnos, para esto se recomienda leerlo varias veces tomando nota de los asuntos de mayor importancia, de esta forma poder tener respuestas a las posibles preguntas que puedan lanzar los alumnos en el aula en donde se debe entregar un noventa porciento de los conocimientos dejando el resto para investigación del alumno.

En el momento de la exposición del caso el docente debe tener un papel en cierto modo pasivo en cuanto a transmisión de conocimientos pero un papel activo en cuanto a moderador y motivador de discusiones.

➤ El alumno

Antes de la discusión del caso el alumno debe tener conocimientos previos sobre el tema, trabajar individualmente y en equipo y formular preguntas para la solución del caso. Durante la discusión el alumno debe participar mediante la expresión de sus opiniones, juicios, hechos y posibles soluciones además de escuchar atenta y abiertamente las opiniones de los demás y finalmente se debe llegar a un consenso global y la reflexión sobre los aprendizajes logrados.

1.1.3.5 Aprendizajes que fomentan la técnica de estudio de casos.

Esta técnica es de notable acogida para temáticas en donde la formación teórico-práctica sea intensamente necesaria además de desarrollar en los estudiantes habilidades cognitivas como pensamiento crítico, análisis y síntesis. Como su nombre lo indica orientado a casos el aprendizaje de conceptos y la aplicación de aquellos aprendidos previamente es de manera sistemática como por la experiencia propia; se desarrollan habilidades para trabajar en grupo y la interacción con otros estudiantes, así como actitud de cooperación, el intercambio y la flexibilidad. Lo cual constituye una preparación eficaz para las relaciones humanas.

El acercamiento con la realidad, la comprensión de fenómenos y hechos sociales, familiarizarse con las necesidades del entorno y sensibilizarse ante la diversidad de contextos y diferencias personales, el mejoramiento en las actitudes para afrontar problemas humanos son algunos de los puntos a favor que ofrece este tipo de metodología además de algo muy importante que es necesario despertar en el estudiante la motivación por el aprendizaje, ya que los alumnos por lo general encuentran el trabajo de estudio de casos más interesante que las lecciones magistrales y la lectura de libros de texto.

1.1.3.6 La evaluación en la técnica de estudio de casos.

Comenzaremos por decir que para el desarrollo de los casos el estudiante requiere tanto de los conocimientos teóricos como de los prácticos por lo tanto para evaluar el progreso de los estudiantes, es útil dividir las habilidades de un análisis de casos en tres partes: identificación de los hechos, identificación del problema y solución del mismo, la evaluación del estudiante se establece en la medida en que haga explícitas sus preguntas, su proceso de información y sus soluciones.

Para que este método de los resultados esperados los alumnos deben tener claros los objetivos de aprendizaje que se desean lograr al discutir el caso y el profesor por su parte debe indicar que aspectos se tomaran en cuenta para la evaluación.

1.1.3.7 Dificultades y barreras para poner en práctica la técnica.

Se considera que es una técnica complicada de aplicar pero por otro lado se puede asegurar que es un sistema de enseñanza muy eficaz, puesto que la formación es en profundidad, exige un poco mas al profesor en la preparación de sus clases pero se ve reflejado todo este esfuerzo del docente en la ventajas educativas y humanas formadas. Lo cual genera análisis metódico y la facilidad en la correcta toma de decisiones.

El método es una estrategia novedosa por lo tanto lo estudiantes se pueden perder en la tarea de resolver el caso y olvidar sus propósitos de aprendizaje igualmente para el docente es difícil hacer que encajen las estrategias de evaluación con las metas propuestas lo cual puede ocasionar que los alumnos pierdan el interés por su participación en la discusión del caso.

1.1.4 El método de proyectos como técnica didáctica

Los conceptos son entendidos a través de las consecuencias observables y el aprendizaje implica el contacto directo con las cosas, por esto este tipo de metodología tiende a que los alumnos apliquen en proyectos reales, las habilidades y conocimientos adquiridos en el aula de clase.

La metodología de proyectos lleva a los alumnos a desarrollar habilidades mas fuertes y desarrollar algunas nuevas, además de motivar al estudiante a tener

sentimientos de responsabilidad y esfuerzo, con el único fin de solucionar problemas hacen y depuran preguntas, debaten ideas, hacen predicciones, diseñan planes o experimentos, recolectan y analizan datos para finalmente establecer conclusiones que a su vez comunican a otros.

El método de proyectos puede ser definido como un conjunto de experiencias que involucran a los estudiantes en el mundo real, el cual requiere el manejo, por parte de los estudiantes, de muchas fuentes de información y disciplinas para tener la capacidad de desarrollar habilidades y aplicar conocimientos en un proceso autónomo e inherente de aprendizaje que en el caso de llevarse a cabo fuera del aula de clase se interactúa con la comunidad enriqueciéndose todos por dicha relación.

El trabajar con una metodología de aprendizaje como la que estamos estudiando puede cambiar desde las relaciones entre los docentes y los estudiantes hasta reducir la competencia entre alumnos, además al poner una situación problemática real, se favorece un aprendizaje más vinculado con el mundo fuera de la universidad que permite adquirir un conocimiento mas cercano.

Existen algunas técnicas que facilitan el manejo del método de proyectos:

- Un planteamiento que se basa en un problema real y que involucra distintas áreas.
- Oportunidades para que los estudiantes realicen investigaciones que les permitan aprender nuevos conceptos, aplicar la información y representar su conocimiento de diversas formas.

- Colaboración entre los estudiantes, maestros y otras personas involucradas con el fin de que el conocimiento sea compartido y distribuido entre los miembros de la “comunidad aprendizaje”.
- El uso de herramientas cognitivas y ambientes de aprendizaje que motiven al estudiante a representar sus ideas. Estas herramientas pueden ser laboratorios computacionales, hipermedios, aplicaciones graficas y telecomunicaciones⁴.

El contenido que se maneje en este tipo de proyectos es fundamental puede ser presentado de manera realista, con un todo en vez de fragmentos o investigado a profundidad, lo cual permite a los alumnos formar sus propias representaciones de tópicos y cuestiones complejas, determinar aspectos del contenido que encajan con sus propias habilidades e intereses, trabajar en temas de actualidad que son relevantes y de interés local y delinear el contenido con su experiencia diaria.

1.1.4.1 Como se organiza el método de proyectos.

La planeación mostrada a continuación no es la única que existe, hay diferentes formas de planear proyectos, pero se considera la utilizada en el “Buck Institute for Education”.

Pasos para planear un proyecto:

- Antes de la planeación de un proyecto. Se deben tener en cuenta los siguientes aspectos: duración, complejidad, tecnología, alcance, apoyo y el

⁴Extraído de documentos y publicaciones del Tecnológico de Monterrey
<http://www.sistema.itesm.mx/va/dide/documentos/inf-doc/proyectos.html>

nivel de autonomía que el docente decida darle al alumno en un proyecto determinado.

- Metas. Inicialmente en el proyecto se deben definir las metas u objetivos que es el punto de partida para llevar el proceso de aprendizaje de principio a fin, teniendo en cuenta que estas metas pueden ser tan amplias como para abarcar un semestre completo, o tan específicas como para ir desarrollando tema por tema durante el periodo académico.
- Resultados esperados en los alumnos. Es necesario identificar los objetivos específicos de aprendizaje de los alumnos, para identificar los conocimientos y habilidades que ellos poseen.
- Preguntas guía. Las preguntas guía proporcionan al alumno un camino para llevar su proyecto, dar coherencia a la poca o ninguna estructura de los problemas o actividades a las que se enfrentan. Al desarrollar este tipo de preguntas es necesario tomar en cuenta que las preguntas deben ser provocativas, desarrollar altos niveles de pensamiento, promover un mayor conocimiento de la materia y deben ser realizables tomando en cuenta las habilidades y conocimientos de los alumnos.
- Subpreguntas y actividades potenciales. Después de hacer las preguntas guía se debe hacer una lista con todas las subpreguntas y actividades potenciales derivadas de ellas. Las subpreguntas deben ser respondidas antes que la pregunta guía sea resuelta, las actividades potenciales definen lo que los estudiantes deben hacer en la búsqueda de la respuesta a la pregunta guía.

- Productos. Los productos son construcciones, presentaciones y exhibiciones realizadas durante el proyecto que se deben organizar partiendo de las actividades de búsqueda y diseño para continuar con la construcción de actividades y finalmente la presentación final o el reporte del proyecto.
- Actividades de aprendizaje. Son actividades las cuales llevan a los alumnos a profundizar en los contenidos de conocimiento y desarrollar habilidades de frente a las necesidades del proyecto, ya que requieren del alumno la transformación, análisis y evaluación de la información y las ideas para buscar la solución a la situación.
- Apoyo institucional. Es una forma de guiar el aprendizaje de los alumnos para facilitar un exitoso desarrollo del proyecto, pueden ser consultas planeadas por parte del alumno y el docente o encuentros imprevistos.
- El ambiente de aprendizaje. Crear y mejorar los ambientes de aprendizaje es una estrategia que los profesores pueden utilizar para elevar el interés de los alumnos por el proyecto, llevando este más allá del salón de clases, cambiando el aspecto del aula, asegurando que cada integrante del equipo participe activamente en este proceso y definiendo heterogéneamente los grupos.
- Identificación de recursos. Entre los recursos de información se encuentran los libros, la gente y el Internet; las herramientas tecnológicas pueden ser computadoras, cámaras y impresoras que son los suministros necesarios para que los alumnos logren desarrollar el proyecto. Se debe tomar en cuenta que algunos de los recursos tecnológicos pueden ser un arma de doble filo al distraer a los alumnos de los aspectos centrales del proyecto;

por lo que estos recursos deben ser seleccionados con la intención de incrementar la fuerza del proyecto.

1.1.4.2 Actividades y responsabilidades del alumno y del profesor en el método de proyectos

➤ Alumno

El método de proyectos está centrado en el alumno y su aprendizaje por lo que es necesario que el se sienta motivado, dirija por sí mismo las actividades de aprendizaje, se convierta en un descubridor, integrador y presentador de ideas al mismo tiempo que se muestre comunicativo, afectuoso, productivo y responsable que utilice la tecnología para manejar sus presentaciones o ampliar sus capacidades. Al encontrar obstáculos, busque recursos y resuelva problemas para enfrentarse a los retos que se le presentan esto lo lleva a adquirir nuevas habilidades y desarrollar las que ya tiene; generando así resultados intelectualmente complejos que demuestren su aprendizaje.

Finalmente es de vital importancia mencionar que el método de proyectos puede darles a los estudiantes una experiencia de aprendizaje más enriquecedora y auténtica que otros modos de aprendizaje por que esta experiencia ocurre en un contexto social donde la interdependencia y la cooperación son cruciales para hacer las cosas.

➤ Profesor

La función del profesor en esta metodología de aprendizaje es muy distinta a la que ejercía en la enseñanza tradicional puesto que el alumno es el encargado de

su propio aprendizaje; mientras el docente esta monitoreando y observando que funcione y que no para proveer los recursos necesarios para dar solución a los inconvenientes presentados.

El profesor no necesita saber todo acerca del tema antes de empezar a trabajar con el grupo, pues puede influir en el deseo por aprender y tomar riesgos de sus alumnos para poder verse a sí mismo parte de ese grupo de aprendizaje.

Uno de los retos más grandes a los que están enfrentados tanto docentes como estudiantes, es desaprender las metodologías tradicionales del estudiante como receptor y el profesor como proveedor de conocimiento. Saber cuándo meterse y cuándo dejar que los estudiantes trabajen las cosas por sí mismos lleva a tomar una nueva responsabilidad. Lo más relevante del método de proyectos es que cada participante sea visto como un alumno y como un profesor. Este método requiere que el profesor esté muy atento e involucrado. Es responsabilidad del profesor asegurarse de que el programa y las habilidades apropiadas estén contenidos en el proyecto.

1.1.4.3 Aprendizajes que fomenta el uso del método de proyectos.

Con este tipo de metodologías se hace propicio que los estudiantes además de aprender, adquieran y desarrollen un sin número de actitudes como son: solución de problemas, amor por aprender, responsabilidad, debatir ideas, diseñar planes o experimentos, recolectar y analizar datos, establecer conclusiones, manejo de muchas fuentes de información y disciplinas etc. Lo cual ayuda al estudiante a crearse como un buen profesional en cualquier disciplina o circunstancia que se le pueda presentar.

1.1.4.4 La evaluación en el método de proyectos.

Evaluar se refiere al proceso de emitir juicios respecto al logro de las metas y objetivos de un proyecto. El Buck Institute for Education señala que en el método de proyectos son importantes dos tipos de evaluación: la evaluación de resultados de los estudiantes y la evaluación de la efectividad del proyecto en general.

➤ Evaluación de los aprendizajes de los alumnos

Para este tipo de evaluación se deben tener en cuenta aspectos como el desempeño, los resultados, pruebas y exámenes y el reporte de autoevaluación.

La presentación de avances del proyecto le permite al profesor tener diversos elementos para evaluar el desarrollo del mismo, por esto es recomendable que los proyectos tengan una o mas presentaciones publicas para evaluar los resultados relacionados con el trabajo, lo que permite a los estudiantes demostrar su progreso y recibir retroalimentación de sus demás compañeros.

➤ Evaluación de los proyectos

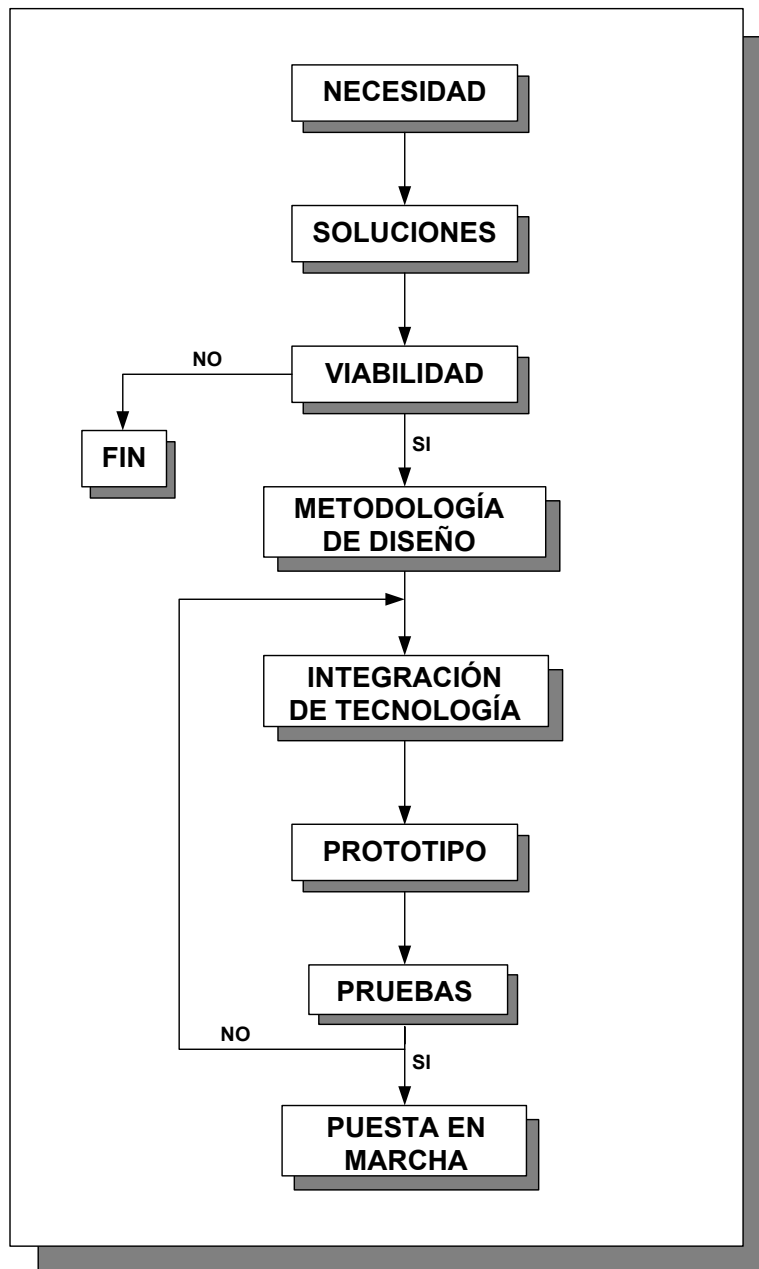
Los proyectos tienen una tendencia a tomar su propio rumbo, por eso es importante evaluarlos de acuerdo con la efectividad del proyecto conforme se desarrolla, así como cuando es terminado.

Para dar una evaluación correcta acerca del progreso del proyecto el profesor puede pedir a los lideres de grupo reportes informales del progreso de grupo, entrevistar a los estudiantes, monitorear tanto el trabajo individual como el de grupo, sentarse a discutir los avances del proyecto con el grupo y dirigir sesiones de información al termino de actividades.

El monitoreo de los avances del proyecto puede servir para detectar problemas, cambiar de estrategias y revisar los logros obtenidos por el grupo. Estos pueden ser problemas para entender como realizar las actividades del proyecto, logros en el progreso de los estudiantes, motivación/participación de estudiantes y grupos, logros inesperados, nuevas estrategias establecidas y necesidades de los estudiantes de recursos específicos o apoyo institucional.

1.1.5 METODOLOGÍA DEL PROYECTO

FIGURA 1 Metodología del proyecto.



Autores

1.2 CONTROLADORES LOGICOS PROGRAMABLES “PLC’s”

1.2.1 Introducción

El diseño de un PLC llega como una solución necesaria para disminuir el alto costo e inflexibilidad de los sistemas de control industrial basados en relevadores, los requerimientos principales para este diseño eran: el dispositivo tiene que ser programable y re-programable, tiene que estar diseñado para un medio ambiente industrial, de bajo costo y competitivo en cuanto a los precios de los dispositivos similares en el mercado.

El resultado fue un aparato operado digitalmente el cual usa una memoria programable para el almacenamiento de instrucciones internamente, para desarrollar funciones como lógica secuencial, temporizado, conteo, aritmética y control en general, a través de módulos de entrada salida digital o análoga con aplicaciones para maquinas o procesos⁵.

Algunas de las ventajas que nos ofrece este dispositivo son aumento de confiabilidad, puesto que son diseñados para que funcionen bajo ambientes industriales, menor requerimiento de espacio por la necesidad del usuario a una tendencia descendente en el tamaño, programación y reprogramación, facilidad de mantenimiento, costo del equipo relativamente bajo, tomando en cuenta toda la funcionalidad y flexibilidad que se tiene disponible, re-utilización, esto lleva a que si se utilizan en un tiempo para un proceso determinado cuando este termine o deje de funcionar, se podrá reutilizar para otra actividad que se requiera o para un proceso distinto, comunicación con otros dispositivos.

⁵ DEFINIDO POR NEMA (Nacional Electrical Manufacturers Association).

1.2.2 Comparación entre los PLC's y las computadoras

La diferencia principal entre una computadora y un PLC radica en que este último tiene una construcción más robusta y están creados para medio ambientes industriales, además está diseñado para que realice específicamente la función de control en su actividad primordial y las computadoras se pueden utilizar en forma general; aunque la utilización actual de los PLC's esta excediendo las expectativas originales, ya que se utiliza en diferentes aplicaciones y la programación se realiza de formas muy variadas.

Comparativamente, una computadora industrial tiene características similares a un PLC, sin embargo la aplicación de esta es de propósitos generales. El PLC tiene una función principal para lo que fue creado y está orientado directamente a control, específicamente control industrial. La computadora, es de aplicaciones más generales, entre otras, tenemos la de control industrial, pero no está limitada a ella, de aquí podemos concluir que en base a las configuraciones de ambas y la similitud de funciones que tiene las dos; un PLC es una limitada computadora industrial con la excepción de que este tiene ciertas ventajas que lo hacen mas simple de aplicar y utilizar en el campo mencionado, una de estas ventajas son las entradas-salidas E/S, que están integradas a su hardware las cuales proporcionan un avance considerable en el diseño de un sistema en particular y elimina uno de los puntos más críticos en el diseño de control industrial con computadoras industriales, las llamadas *interfaces*, en un PLC prácticamente estas interfaces son parte del mismo.

La modularidad es una de las principales habilidades que nos ofrece el PLC, en donde teniendo un problema este puede ser segmentado o modular, de manera que podemos reducir la complejidad de la solución. Por otro lado la confiabilidad de estos dispositivos es considerablemente alta, mostrando que están diseñados

para que operen en un ambiente industrial, con alto ruido eléctrico y mecánico, altos voltajes, vibración mecánica, etc. Condiciones en las cuales a la mayoría de los dispositivos electrónicos les generan problemas y limitan su funcionalidad.

El tiempo requerido para diseñar un sistema controlado por un PLC también es comparativamente mas reducido, con relación a otros dispositivos de control en base a un mismo problema, por el ahorro de tiempo logrado en el diseño utilizando las entradas salidas creadas específicamente en base a las señales típicas utilizadas en el diseño del sistema de control industrial, las cuales se pueden adquirir integrar de acuerdo a los dispositivos que tiene que conectarse directamente al controlador que se esta utilizando, evitando diseño de interfaces, convertidores y elementos que ya están dentro del PLC, las cuales son comúnmente llamadas E/S (entradas y salidas).

Adicionalmente, el PLC tiene un sistema operativo o monitor que funciona en tiempo real, este programa nos permite verificar el mismo sistema, si existe un problema tiene la habilidad de diagnosticar en términos específicos exactamente que tipo de problema es, por otro lado el funcionamiento normal de este programa permite monitorear las señales externas con un alto grado de confiabilidad. Al utilizar una computadora esta función no es tan confiable como en un PLC, adicionalmente del problema del sistema operativo de las computadoras, los cuales son programas muy complejos, las ocasiones en que estos fallan, por alguna situación determinada, ocasiona que el sistema de control fallara y por ende el proceso industrial. Aunque por el lado de las computadoras, podemos resaltar ventajas en cuanto a programación, puesto que los sistemas operativos actuales ofrecen todo tipo de software de aplicación, que facilitan enormemente esta actividad.

Las redes internas de información en un ambiente industrial han incrementado su utilización, a través de ellas se conectan celdas de trabajo, computadoras, equipo sofisticado controlado por un procesador digital (Robot, Máquinas de control numérico, equipos especiales, etc.) Incluyendo las computadoras del área administrativa, se transfiere información de un procesador a otro de acuerdo a las necesidades de cada uno de ellos, los PLC's intervienen en esta configuración, creando una combinación de dispositivos de control y computadoras que procesan información, la cual es muy poderosa, generando óptimos resultados para los usuarios, por lo tanto esta red de información nos ofrece una serie de ventajas adicionales que nos dan la posibilidad de que el sistema en general sea mas completo, y Los PLC's cubran algunas de sus deficiencias con las habilidades de otros dispositivos, (por ejemplo la escasa memoria para almacenar información) para conformar un sistema completo y eficiente.

Después de analizar los diferentes puntos de interés en esta área, podemos concluir con relación a este tema que los PLC's y las computadoras son complementarios y con la utilización de ambos en un sistema, es de gran ayuda para resolver problemas técnicos con mayor facilidad.

1.2.3 Los PLC's en la industria

Los controladores lógicos programables es uno de los dispositivos que han revolucionado con la industria de la manufactura desde las máquinas-herramientas; algunos usuarios tienen PLC's hace mucho tiempo trabajando en sus fabricas y procesos, conservando la compatibilidad con los nuevos dispositivos que se van adicionando al nuevo sistema, para que estos se puedan integrar con los anteriores, un aspecto muy importante en relación a la compatibilidad es el conjunto de instrucciones, sumando las nueva instrucciones a las anteriores. Las habilidades de las instrucciones nuevas, regularmente se

refieren a un cierto número de funciones que los dispositivos de nueva creación van adquiriendo.

Actualmente los PLC's se utilizan en un sin número de aplicaciones y existe una mayor variedad de oportunidades disponibles para aplicaciones adicionales, de esta manera los PLC's se mueven de soluciones simples de sistemas sencillos en manufactura como maquinas y procesos sencillos a soluciones complejas para sistemas altamente complejos como líneas de producción de alto volumen o plantas de procesos de alto nivel tecnológico.

Considerado como el cerebro y el sistema nervioso de una fábrica, un controlador basado en un PLC se convierte en una de las herramientas mas utilizadas en el desarrollo de control en el ambiente industrial, el cual es adecuado para tareas de control inteligente, automatización y operación de un sistema en tiempo real.

Los PLC's pueden reducir el tiempo requerido para producir un producto, en especial permitiendo una configuración mas rápida del proceso de control de manufactura y proporcionando monitoreo de las condiciones del proceso, la información que el PLC captura y procesa ayuda para reducir tiempo de proceso industrial; igualmente es de gran ayuda para identificar cuellos de botella o problemas similares en el mismo. Por otro lado el PLC nos ofrece la posibilidad de automatización flexible por las facilidades que tiene en la comunicación con otros dispositivos, esta permite crear redes con un centro de control para monitorear todo el proceso, como estados de la maquinaria y generación de estadísticas en tiempo real, toda esta información es de mucho valor para los niveles administrativos y de operación de la planta.

De esta manera una fábrica automatizada nos ofrece, confiabilidad en el sistema, calidad del producto, flujo de información, reducción de costos por menor tiempo

muerto, eficiencia y flexibilidad que es proporcionado en gran parte por uno de los procesadores más utilizados en los procesos productivos el PLC.

En pocas palabras, todo inicia por un proceso productivo que genera las señales análogas y discretas las cuales describen funciones de dispositivos industriales, maquinas o equipos, estas son capturadas y procesadas por dispositivos de control para resolver y ejecutar los programas que están almacenados en su memoria, esta configuración en tiempo real, nos ofrece la opción de que las decisiones que tomen en este procesador se trasladen directamente e inmediatamente a las actividades y operaciones en el piso productivo de la planta, generando la toma de decisiones comparativamente mas rápida y eficientemente, esta información en muchos de los casos se procesa y transfiere a algún otro punto dentro de la organización generando un esquema de toma de decisiones en tiempo real mas efectivo y confiable, estos factores hacen que los dispositivos tengan que ser mas rápidos, flexibles y eficientes, a su vez que incrementan su capacidad.

1.2.4 Configuración de un PLC

Un PLC es un dispositivo electrónico principalmente basado en un microprocesador, tiene una estructura interna muy similar a una computadora, consiste en una CPU, memoria y las entradas-salidas como una primera aproximación.

La inteligencia de un PLC está proporcionada por un microprocesador, el cual nos ofrece la capacidad de calcular, realizar operaciones y toma de decisiones lógicas con alta velocidad, estas funciones están estrechamente relacionadas con el proceso que se controla, con la precisión y con la exactitud que se requiere.

En pocas palabras, el procesador interpreta y ejecuta lo que el programador diseño y lo lleva a cabo, manejando el proceso basado en el programa.

En este mismo procesador tenemos otro programa que se tiene que ejecutar al mismo tiempo, este es conocido como el programa monitor (ejecutivo), el cual se puede equipar como el sistema operativo del PLC, que nos permite operar, comunicar, programar, etcétera. Este programa regularmente es transparente para el usuario, su función principal es controlar el sistema del PLC, procesar programas, comunicar con el mundo externo y algunas funciones de autodiagnóstico, entre otras cosas que permiten al PLC interactuar con su entorno.

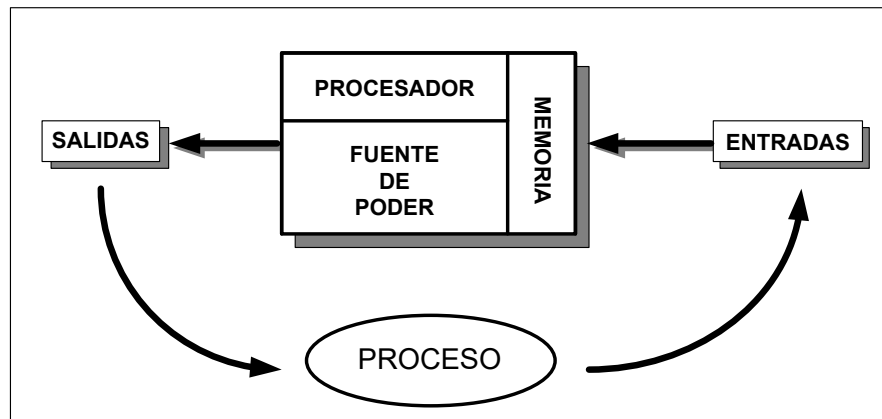
1.2.5 Componentes de un PLC

1.2.5.1 El Procesador (CPU).

Es la parte central del sistema en donde se realizan las instrucciones, donde se generan las acciones de control, en pocas palabras la lógica del programa se ejecuta en base a los datos obtenidos por las entradas y determina las señales de salida apropiadas, es decir, se encarga de operar las actividades de todo el sistema incluyendo así mismo.

La CPU está compuesta por tres partes principales, el procesador, la fuente de poder y la memoria las cuales se pueden observar en la **figura 1**, la inteligencia de los procesadores está en base del microprocesador que utiliza en sus circuitos internos, esto quiere decir, si el procesador es muy poderoso y rápido, el PLC en conjunto tendrá unas características similares.

FIGURA 2 Configuración más amplia del PLC



HINOSTROZA, Hector. Controladores Lógicos Programables.

1.2.5.2 Tiempo de Ejecución (Scan Time).

Consiste en el proceso de leer entradas, ejecutar el programa y modificar las salidas en forma cíclica; este ciclo es llamado un “scan”, el cual se puede ver como un tiempo que consume el procesador para leer las entradas o en otras palabras adquirir información del proceso a través de las entradas, esta información la utiliza el procesador para tomar decisiones basadas en instrucciones que están almacenadas en el programa y posteriormente ejecutar acciones operativas en el proceso a través de las salidas y los dispositivos asociados a ellas.

El Scan Time nos define que tan rápido procesa el PLC la información por tanto es una de las características más importantes para la elección de un PLC; puesto que nos dice que tipo usar en caso de que a este se le conecten dispositivos de alta velocidad a las entradas.

Un “scan time” es básicamente un proceso continuo y secuencial de leer el estado de las entradas, evaluar la lógica de control y modificar las salidas de acuerdo a esta lógica, este puede variar del orden de los milisegundos. Depende del procesador utilizado, la cantidad de entradas - salidas y que tan extenso es el programa de control puede hacer que este se incremente o disminuya, en algunas ocasiones este se mide mseg/k (milisegundos por Kilobyte) de memoria programada. En un concepto más amplio existen una serie de parámetros que contribuyen a definir el tiempo de scan entre otros factores tenemos los siguientes: velocidad del procesador utilizado en el PLC, tipo de estructura de entrada salida en la memoria, interfases de entrada y salida utilizada, eficiencia en la ejecución de código e interfases del operador, estos elementos pueden incrementar o reducir el tiempo de “scan”.

1.2.5.3 Memoria.

La memoria es el lugar donde se puede guardar y almacenar la información de los sistemas digital mientras que esta sea requerida; esta información puede estar formada por datos, programas etc. Existen diferentes tipos de memoria digital para diferentes aplicaciones en el caso de los PLC las memorias más comúnmente utilizadas son:

- ROM (READ ONLY MEMORY)

Este tipo de memoria (Memoria de Solo Lectura) esta diseñada para almacenar información en forma permanente, como su nombre lo dice, la información que almacena solo se puede leer por lo tanto no se puede alterar, en esencia la memoria ROM es una memoria en la cual la información almacenada no se puede perturbar por los medios ordinarios requiere de medios especiales. Regularmente

este tipo de memoria se utiliza para almacenar el programa ejecutivo (programa monitor).

➤ PROM (PROGRAMMABLE READ ONLY MEMORY)

La PROM (Memoria de Lectura Solamente Programable) es una variante de memoria ROM que puede ser llamada ROM programable, por lo tanto es una memoria no volátil pero con la diferencia que esta es programable y regularmente se utiliza para almacenar programas de respaldo del programa de control del PLC. En una memoria PROM cada una de las conexiones en la memoria viene con una pequeña conexión fusible intacta del fabricante y el usuario puede fundir selectivamente estos fusibles para producir en la memoria los datos a almacenar, una vez que la conexión fusible se funde ya no se puede volver a conectarse.

➤ EEPROM (ELECTRICALLY ERASABLE PROGRAMMABLE READ ONLY MEMORY)

La memoria EEPROM (Memoria de Lectura Solamente Programable Borrable Eléctricamente) es más versátil puesto que no requiere de equipo especial para su programación o modificación de la información que contiene. Se utiliza para almacenar programas de respaldo del PLC con la gran ventaja que esta disponible para su transformación. Tiene una estructura de transistores MOSFET que contiene una compuerta de silicio sin ninguna conexión eléctrica es decir flotante con la característica de borrado eléctrico, aplicando un voltaje alto se induce una carga que permanecerá aunque se suspenda la energía, e invirtiendo este voltaje esta carga se elimina, la programación y el borrado de EEPROM se hace eléctricamente.

➤ RAM (RANDOM ACCES MEMORY)

La memoria RAM es una memoria volátil, esto quiere decir si no existe una fuente de poder que la mantenga activa la información que contiene se pierde, pero su accesibilidad es más rápida para modificación de la información, la utilización es regularmente para mantener el programa de control disponible para el procesador.

La RAM se emplea como medio de almacenamiento temporal para programas y datos, el contenido de las localidades de memoria tiene ciclos de lectura y escritura rápidos y esta es su gran ventaja, la memoria consta de varios registros en el cual se puede almacenar solo una palabra de datos y con una sola dirección única, la capacidad en PLC's varia de 1K, 4K, 8K, 16K, 32K, 128K y 256K y capacidades de palabra de 8 y 16 bits sin embargo se pueden hacer combinaciones para aumentar estas capacidades.

➤ RAM ESTÁTICA SRAM

La RAM estática es la más comúnmente utilizada en dispositivos digitales, la CPU efectúa en forma continua operaciones de lectura y escritura en su memoria a muy alta velocidad determinada por las propias limitaciones de la CPU.

➤ RAM DINÁMICA DRAM

Se caracteriza principalmente por su gran capacidad y bajos requerimientos de energía, esta memoria guarda los unos y ceros en cargas sobre pequeños capacitores, dada la tendencia de los capacitores de fugar la carga después de cierto tiempo se requiere recargar periódicamente estas cargas, esto se llama el proceso de refresco, la estructura de la celda es más sencilla, esto permite colocar

4 veces mas capacidad que las SRAM y el costo por unidad de almacenamiento es $\frac{1}{4}$ de una de tipo SRAM, para aplicaciones de alta velocidad y poca memoria es conveniente la SRAM, y cuando se requiere grandes cantidades de información se utiliza la DRAM.

1.2.6 Tabla de datos

La tabla de datos contiene una imagen del sistema de control, dependiendo de su estado en determinado momento, puesto que tiene el valor lógico de las entradas y las salidas indicándonos que valor lógico tiene cada uno de los dispositivos a los cuales están asociados.

1.2.6.1 Tabla de Entradas.

Es un arreglo de bits que representa el estado de cada una de las entradas digitales, ocupando cada una de ellas un BIT de información, si este es 1 (uno) la entrada determinada esta encendida (ON), si esta es un 0 (cero) la entrada correspondiente esta apagada (OFF). Esta información es modificada en cada ejecución de un (Scan) del programa, en función de lo que pase externamente en el sistema, el valor lógico almacenado en esta tabla es el que se utiliza para la toma de decisiones en el programa.

1.2.6.2 Tabla de Salidas.

Es un arreglo de bits en el cual cada uno de ellos representa una salida y por lo tanto un dispositivo externo, de igual forma que la tabla de entradas; cada uno de los dispositivos de salida tiene una representación lógica con un BIT que esta en 1 (uno) si la salida esta encendida (ON) y es 0 (cero) si la salida esta apagada

(OFF), cada ejecución del programa (Scan) se modifica esta tabla y genera las modificaciones correspondientes hacia el exterior.

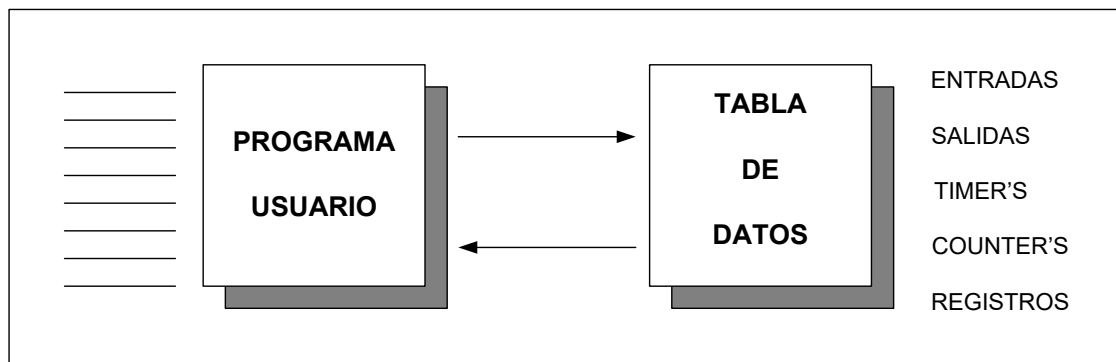
1.2.6.3 Tabla de Bits Internos.

Todos los PLC's tienen una área de bits, los cuales representan entradas salidas internas, que se utilizaran en los programas como pasos intermedios entre la lógica de las entradas y las salidas externas, el valor lógico de estos esta dentro de la tabla de datos, disponible para el programa o dispositivos que los requieran. Estos conservan información lógica de pasos intermedios de los programas o estados del sistema que son importantes para el programa de control y basados en ellos se genera lógica más compleja o sofisticada.

1.2.6.4 Registros de Almacenamiento.

La información almacenada en las tablas anteriores son del tipo de bits 1 o 0, pero no siempre requerimos únicamente datos digitales 1 o 0 en ocasiones necesita datos más representativos, por otro lado necesitamos representar datos numéricos como el valor de un temporizador, el número de conteos de un contador, etcétera.

FIGURA 3 Relación Tabla de Datos / Programa de Usuario



HINOSTROZA, Hector. Controladores Lógicos Programables.

1.2.7 Fuente de poder

La principal tarea de la fuente de poder de un PLC es proporcionar energía al hardware del procesador, a la memoria y a las entradas salidas para que estas funcionen, en ocasiones, puede proveer algunos de los voltajes de operación de los módulos de entrada salida que se utilicen en el PLC. La fuente de poder que alimenta el procesador y el PLC en general es una fuente que esta dedicada a proveer energía y en ocasiones es parte del mismo PLC.

1.2.7.1 Consideraciones de Carga.

Fuente de poder para PLC: En esta fuente se requiere alimentar la CPU, los módulos de E/S, probablemente gabinetes (racks) donde se instalan los módulos que también consumen corriente, la consideración de carga es la correspondiente a la cantidad de módulos que se utilicen y su naturaleza, la cantidad de módulos será la fuente de mayor o menor corriente, la CPU no es un factor determinante para la fuente.

Fuente de Poder para Dispositivos Externos: Para seleccionar la fuente de poder a utilizar en un sistema determinado se tiene que tomar en cuenta entre otras cosas la carga que se va a conectar a este sistema, que tipos de dispositivos se van a conectar a ella, por ejemplo arrancadores de motores, válvulas, focos piloto, sensores, etc. Realizar una evaluación de cargas basados en el consumo de cada uno de los dispositivos tomando en cuenta que se tendrán probables modificaciones futuras.

1.2.8 Entradas/salidas

Las E/S (ENTRADAS/SALIDAS) es una de las partes más importantes de los PLC's sin lugar a dudas puesto que representan la comunicación con el mundo

externo; lo que nos evita preocuparnos por lo que en otros dispositivos se conoce como interfaces. Las E/S son básicamente las interfaces entre los sistemas internos del PLC y los procesos externos para que estos sean monitoreados y controlados.

El relacionar un dispositivo digital como el PLC con el mundo real es la tarea más importante de las entradas y salidas, y poner la información disponible para que este procesador la utilice es su actividad más importante, entre las configuraciones más comunes en su relación con el procesador y las entradas salidas son las siguientes:

1.2.8.1 Entradas Salidas Integradas (locales).

Esta configuración es cuando la CPU y las entradas salidas están en un mismo gabinete (Rack) o en una configuración local, físicamente están localizadas en un mismo lugar y estas regularmente no requieren una configuración lógica desde del punto de vista de hardware o software para su funcionamiento.

1.2.8.2 Entradas Salidas Distribuidas (remotas).

Esta configuración es cuando la CPU y las entradas salidas están remotamente localizadas, físicamente tenemos la CPU localizada en punto en el sistema y las entradas y salidas se encuentran mas cercanamente localizadas a los dispositivos a los cuales están conectadas y regularmente requieren configuración desde el punto de vista de hardware y de software en algunos casos.

1.2.8.3 Entradas Salidas Compactas.

Esta se refiere a que las entradas, salidas y la CPU están en un solo dispositivo, regularmente no requieren ningún tipo de configuración.

1.2.9 Tipos de entradas/salidas

Contamos básicamente con dos tipos de E/S las discretas o digitales y las analógicas, a continuación se desarrollara una explicación un poco mas explicita de cada una de ellas.

1.2.9.1 Entradas - Salidas Digitales.

Las unidades de entrada salida nos proporcionan la conexión física entre el mundo digital del PLC y el mundo real del proceso a controlar, a través de circuitos de interfaces que pueden sensor y medir señales físicas, de afuera hacia adentro (entradas) y de adentro hacia afuera (salidas). Las E/S digitales se relacionan con las interfaces de tipo discreto básicamente con señales de tipo ON/OFF, abierto/cerrado.

➤ ENTRADAS DIGITALES

La función de las entradas digitales es capturar todos los eventos que sucedan en el mundo exterior, para que el PLC los interprete y de esta forma pueda tomar decisiones respecto a lo que se le programo. Para realizar esta actividad es necesario que los módulos de entrada tengan asociados dispositivos capaces de detectar estos cambios de estado en los sistemas a controlar como interruptores, sensores, selectores etc. O cualquier elemento que nos ayude a desarrollar esta tarea. De los módulos de entrada existe una variedad extensa para elegir, sin embargo nos enfocaremos a los más utilizados en el ambiente.

ENTRADA DISCRETA PARA 115 VOLTS AC: esta entrada esta diseñada para manejar dispositivos que utilicen 115 VAC para su funcionamiento, internamente tiene los elementos para que este voltaje se reduzca y se obtenga la señal adecuada que el PLC pueda manipular.

ENTRADA DE VOLTAJE DE CORRIENTE DIRECTA: este modulo recibe la señal de dispositivos que utilizan corriente directa para su funcionamiento, regularmente son 24 o 12 volts DC, este nivel de voltaje es muy utilizado por la razón de seguridad en los equipos y el personal que los opera, puesto que 24 volts son bajo voltaje sin posibilidad de daño físico a los equipos como al personal involucrado.

Existen en el mercado módulos de entrada con una amplia gama de aplicaciones, puesto que tienen la facilidad de operar con AC o DC según sean las necesidades del sistema a controlar, estos son los módulos de entrada de AC y DC. A continuación se encuentran una lista de características a evaluar para elegir un modulo de entradas digitales.

VOLTAJE DE ENTRADA: el valor nominal de AC o DC que define la magnitud y tipo de señal que se puede conectar a esta entrada, regularmente en las entradas de un PLC. El voltaje de operación de la entrada definido por el fabricante tiene un rango de operación de mas o menos entre 10% y 15 %, esto quiere decir que si se obtiene un modulo de 110 VAC realmente podemos operar este modulo entre 97 a 132 VAC lo mismo sucede con los módulos de otro tipo y diferente voltaje cada uno de ellos tiene un rango de operación mas o menos del voltaje nominal.

CORRIENTE DE ENTRADA: este valor nominal define la corriente de entrada mínima (a voltaje nominal) que un modulo de entrada es capaz de manejar para operar el circuito de entrada.

VOLTAJE DE UMBRAL ON: el voltaje nominal define el voltaje de operación de la entrada, sin embargo debido a los circuitos internos del modulo existe un valor de voltaje que se llama voltaje de umbral ON, este es el valor de voltaje cuando la entrada la identifica como ON, es decir existe un valor de voltaje que cambia el estado de OFF a ON y no es precisamente el voltaje nominal, por ejemplo en un modulo de 24 VDC el voltaje de umbral ON es 10 VDC, dicho de otra manera cuando en la entrada correspondiente el voltaje pase de 10 voltios se considera que la entrada esta en estado ON.

VOLTAJE DE UMBRAL OFF: de igual forma para que una entrada sea reconocida como OFF esta deberá recibir un voltaje menor que el que esta definido como voltaje de umbral OFF, por ejemplo en un modulo de 24 VDC en una entrada determinada esta a 24 voltios, esta se considera ON pero si el voltaje baja a 8 voltios la entrada se seguirá considerando como ON porque el voltaje de umbral OFF es de 6 voltios. Es decir las entradas tienen voltajes de umbral tanto para pasar de ON a OFF como para pasar de OFF a ON y este es definido por el fabricante.

ENTRADA TIPO SINK: de acuerdo a la configuración interna de las entradas y los circuitos utilizados tenemos dos tipos de entrada, que se tiene que tomar en cuenta para elegir los sensores y dispositivos que se van a conectar a este modulo de entrada una de ellas es la de tipo SINK que significa que utiliza un transistor NPN para polarizarse cuando recibe la señal del sensor, motivo por el cual deberá ser este sensor de tipo SINK para que opere la entrada de modo adecuado, de otra manera esta entrada no funcionara y de igual modo la información que genera el sensor no es almacenada.

ENTRADA TIPO SOURCE: de igual modo tendremos la configuración para transistor PNP el cual tendrá también la polarización adecuada para que funcione y esto es el sensor conectado a esta entrada deberá ser del mismo tipo para que sean compatibles las señales y se genere la interacción.

En un determinado caso estos valores son dignos de tomarse en cuenta ya que si se presenta un problema determinado en el cual las evidencias disponibles a primera mano no nos ofrecen suficiente información para aclarar este problema, los parámetros mencionados son importantes de analizar puesto que podría ser factores importantes y definitivos en la solución de este problema, por ejemplo tenemos un sistema que no funciona adecuadamente puesto que uno de los sensores de determinada variable física no funciona convenientemente y el valor de voltaje no llega al valor del umbral ya sea ON u OFF se espera que la información que el PLC obtenga sea la adecuada, pero sucede que el sensor funciona bien a simple vista, pero la información que genera para el PLC no esta dentro de las características mencionadas, por lo tanto el sistema no recibe la información adecuada.

➤ SALIDAS DIGITALES

La función de las salidas digitales es las acciones que el PLC tenga que realizar en el sistema, se llevaran a cabo por medio de los dispositivos conectados a ellas y estos a su vez tienen influencia sobre las variables del sistema, como la velocidad de un motor, temperatura de un horno, nivel de un tanque de almacenamiento etc, estos dispositivos conectados a las salidas se encenderán o apagaran según sea la necesidad, por lo tanto las salidas manejan el sistema de acuerdo a lo que el PLC les indique. Entre las más comunes salidas se tienen las siguientes:

SALIDA DIGITAL DE 24 VOLTS CORRIENTE DIRECTA: esta salida es muy utilizada por las mismas razones que el de la entrada, el nivel de voltaje que se utiliza es un voltaje seguro, los equipos y gente que los utilizan estarán más libres de alguna eventualidad. Este tipo de salida esta disponible para los dispositivos que utilicen este tipo de voltaje, en cierta forma, existe una cantidad de elementos de uso general que utilizan este voltaje y las salidas tienen el voltaje necesario para operarlos.

SALIDA DE RELEVADOR: este tipo de salida es regularmente utilizada por que se pueden manejar voltajes de corriente directa o corriente alterna indistintamente, puesto que él modulo de relevador lo permite. Al conectar al común el voltaje a utilizar el relevador interno solo cerrara el contacto retornando este mismo voltaje para su utilización en los dispositivos conectados al mismo.

A continuación se mencionaran ciertas características importantes que se deben tener en cuenta en el momento de elegir un modulo de salidas digitales.

VOLTAJE DE SALIDA: el voltaje nominal de salida nos define la magnitud y tipo de voltaje que va a ser controlado por él modulo de salida, de igual forma que en las entradas este voltaje en realidad es un rango de operación que varia entre un 10 % a un 15 % mas o menos.

CORRIENTE DE SALIDA: se define como la corriente máxima permitida por una salida en especial, es la máxima corriente que puede manejar esta salida, regularmente se determina y se especifica sobre un nivel de temperatura determinado (0 - 60 ° C).

CORRIENTE DE SALIDA POR GRUPO: se define como la corriente máxima que puede manejar el módulo con las salidas energizadas, o sea es la suma de las corrientes individuales de cada salida.

TIEMPO DE RESPUESTA ON: es el tiempo que tarda la salida en cambiar del estado OFF a ON, cuando tiempo tarda en activarse, en ciertas aplicaciones este parámetro tiene peso sobre el resultado final del proceso, sobre todo cuando se interconectan diferentes dispositivos a través de las E/S.

TIEMPO DE RESPUESTA OFF: es el tiempo que tarda la salida en cambiar del estado ON a OFF, es decir cuanto tiempo tarda en apagarse.

1.2.9.2 Entradas - Salidas Análogas.

En algunos campos de aplicación de los PLC's se requieren utilizar señales de E/S de tipo continua (análoga), que a diferencia de las E/S discretas, este tipo de señales presentan varios niveles, es decir la señal en forma de valores de voltaje o corriente que muestra en forma similar la señal física que se está analizando.

➤ **MÓDULOS ANÁLOGOS DE ENTRADA**

Los módulos análogos de entrada son módulos inteligentes que transfieren señales análogas de transductores de variables físicas continuas a datos numéricos que representan variables físicas como información en la tabla de datos, utilizando las instrucciones de transferencia de datos, el proceso consiste en lo siguiente:

- a) El transductor análogo toma una variable física que puede ser temperatura, presión, nivel, etc. y la traduce a un valor en voltaje o corriente según el transductor utilizado.
- b) Este voltaje o corriente en el módulo de entrada análoga es convertido en un valor digital utilizando un convertidor Análogo Digital el valor obtenido es proporcional al voltaje o corriente en la entrada.
- c) Este dato es transferido a la tabla de datos en la memoria utilizando instrucciones de manejo de información⁶.

➤ MÓDULOS ANÁLOGOS DE SALIDA

Los módulos de salida análoga son módulos inteligentes que transfieren datos de la memoria y los presentan en los módulos como voltajes o corrientes que a su vez están conectados a dispositivos de campo como actuadores análogos y esta actividad se lleva a cabo de la siguiente manera:

- a) El módulo análogo recibe del procesador un dato numérico utilizando las instrucciones de manejo de información.
- b) Este es trasladado por medio de un convertidor digital análogo a un valor proporcional de voltaje o corriente en la salida.
- c) Este voltaje o corriente es conectado a un actuador análogo que modifica el comportamiento del proceso modificando alguna de las variables físicas a las cuales afectan (velocidad, desplazamiento, temperatura, etc.)⁷.

⁶ HINOSTROZA, Hector. Controladores Lógicos Programables.

➤ CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES PARA E/S ANALOGAS

NUMERO DE CANALES DE E/S: es él numero de entradas o salidas análogas que tiene este modulo, regularmente un canal puede ofrecernos la opción de manejar 1 o 2 dispositivos de acuerdo a la conexión que se lleve a cabo (terminal simple o diferencial).

TIPO DE ENTRADA O SALIDA: algunos de los módulos son configurables por software o por hardware para el tipo de voltaje o corriente que va a manejar.

FORMATO DEL DATO: la representación de los datos se refiere a como presentar el valor numérico (BCD, Magnitud y signo, binario, etc.).

MUESTREO EN TIEMPO REAL: este concepto es referido a las entradas en el cual se define el tiempo de muestreo. Un dato leído en la entrada análoga se toma y se procesa, esta actividad toma un tiempo en el cual la entrada no toma información hasta que el ciclo de muestreo se presente. Tenemos un muestreo de señales de datos.

ESCALADO: el modulo análogo puede hacer conversión de datos para representar el dato mas apegado a la aplicación en lugar de ser un numero cualquiera. Cuando se trabaja con datos análogos se requiere realizar conversiones (escalado) de datos para que la información que se maneja digitalmente tenga congruencia con la información física real del proceso a controlar⁸.

⁷ HINOSTROZA, Hector. Controladores Lógicos Programables.

⁸ HINOSTROZA, Hector. Controladores Lógicos Programables.

1.3 SENSORES

1.3.1 Introducción

Para nosotros es muy común sentir calor o frío en determinados momentos del día, como también el sentir el pasar del viento o identificar colores, todas estas sensaciones generalmente conllevan a una respuesta, si esta haciendo mucho frío nos ponemos un abrigo, o si el calor es insoportable es mejor quitarnos nuestra camisa gruesa y ponernos una mas ligera.

Las características físicas en la naturaleza también afectan el entorno, el agua cuando está muy caliente empieza a evaporarse, cuando se infla demasiado un globo este se revienta (ya que se sobrepasó su capacidad volumétrica), cuando la velocidad del flujo que pasa dentro de una tubería es muy alto, esta se puede llegar a romper cuando el flujo pase a través de los codos.

Estos tipos de problemas son muy frecuentes en cualquier tipo de industria que involucre tanques, conductos o procesos térmicos, como por ejemplo la petroquímica, el manejo de comestibles o licores, etc. Y para afrontarlos, se han diseñado sistemas automáticos de monitoreo y accionamiento, los cuales trabajan en función de unos límites que son determinados por la cantidad a producir, o sencillamente para evitar la acumulación excesiva de materia prima.

Los sensores juegan un papel importante en la adquisición de datos para este tipo de sistemas, estos dispositivos tienen la capacidad de leer magnitudes físicas tales como presión, temperatura, velocidad angular, lineal, caudal de un fluido, nivel de un fluido en un tanque, entre otras. Proporcionan una medida de las magnitudes físicas a observar, estas magnitudes son convertidas a señales de

voltaje (generalmente en milivoltios), movimientos mecánicos, o corrientes eléctricas con una relación proporcional entre las dos; y son leídas y enviadas al sistema de monitoreo a través de los transmisores, los transmisores son elementos que tienen un tiempo de respuesta mucho más rápido que los sensores y el proceso a observar, lo que en términos de control se puede considerar como una ganancia.

Los sensores son utilizados en procesos de control para establecer un lazo cerrado, esto es; cuando se quiere comparar a la variable controlada con un valor de referencia fijo preestablecido, la diferencia entre las dos se conoce como el error, y de acuerdo a él el sistema de control procede a realizar los ajustes necesarios, estos ajustes son leídos por el sensor y se realiza de nuevo una comparación. La respuesta final, es que la variable controlada tienda a parecerse al valor de referencia.

1.3.2 Sensores y transductores

Quizás para algunos, nunca habrán escuchado la palabra transductor, y los que la han escuchado, tal vez no entiendan su diferencia con la palabra sensor. Los sensores y los transductores trabajan para lo mismo, siempre en conjunto, es más, la mayor parte de los sensores con los que ha trabajado son en realidad transductores.

En fin, para aclarar esto es mejor recurrir a términos técnicos que permitan establecer diferencias entre ellos. Un sensor se define como un “dispositivo que detecta una determinada acción externa, temperatura, presión, etc.; y la transmite adecuadamente”⁹. Nuestra piel es un excelente sensor de temperatura, detecta cambios externos y los envía al cerebro, este reacciona de diferentes formas, si hace mucho calor emite señales para que las glándulas sudoríparas actúen y

⁹ Diccionario de la Real Academia Española

refresquen nuestro cuerpo emitiendo gotas de sudor, si hace mucho frío altera la posición de las vellosidades cerrando los poros y se crea el efecto conocido como piel de gallina.

En campos más técnicos se puede identificar el sensor como aquella parte del dispositivo que es sensible a los cambios de la magnitud a medir, como el cristal de cuarzo en un transductor de presión piezo-eléctrico. Su función es similar a nuestros sentidos, los cuales son el enlace que tiene nuestro cuerpo con el ambiente.

Los transductores son la parte del elemento que capta esas variaciones que emite el sensor y las convierte en una señal física medible, como un voltaje o una corriente. Esto es similar a como cuando la piel capta una temperatura muy alta, la cual puede ocasionar daños muy graves a ella (como una quemadura por ejemplo), el cerebro emite una señal la cual se interpreta como dolor y hace que instintivamente una persona se aparte de ella (entre más alta sea la temperatura más alta será la gravedad del dolor). Sin embargo, es necesario resaltar un término de transductor más correcto, el cual lo define como, un elemento que percibe una señal física y la transforma en otra señal física la cual es proporcional a la percibida.

Viendo este enunciado, se puede identificar dos tipos de transductores, los que están diseñados para captar información del ambiente, los cuales transforman una señal física (mecánica, térmica, magnética, eléctrica, óptica y molecular) en otra que es medible (voltaje, corriente, presión). El otro tipo, lo comprenden los transductores que realizan o ejecutan una acción sobre un sistema, en este caso transforman una señal física (voltaje, corriente, presión) en una acción (mecánica, como desplazamiento o rotación).

Cotidianamente los transductores que captan la información del ambiente se llaman sensores¹⁰, y los transductores que ejecutan una acción sobre el ambiente se llaman actuadores¹¹ (motores, pistones, etc).

1.3.3 Acondicionadores de señales

Los transductores reciben las variaciones de una magnitud física captada por un sensor y la transforma en una señal eléctrica, esta señal es del orden de los milivoltios o miliamperios y necesita ser transmitida al controlador, el cual ejecutará una acción de acuerdo al valor de esta señal.

Dada la importancia de la calidad de esta señal, se ve necesaria la utilización de otros dispositivos los cuales la modificarán para que pueda ser leída adecuadamente. Una señal emitida por un transductor antes de llegar al sistema de monitoreo o controlador pasa por amplificadores de señal, sistemas de asilamiento, de filtrado y sistemas excitación, todas en un solo elemento, o por separado.

1.3.3.1 Amplificación.

Las señales que presentan niveles de tensión (o voltaje) muy bajos muestran niveles muy altos de ruido, el ruido es una distorsión en la señal, este puede generar errores de lectura los cuales los dispositivos de toma de datos pueden

¹⁰ Sabiendo de antemano cuál es la definición de sensor, no se cree inconveniente utilizar este término para integrar el conjunto sensor-transductor que se había definido antes, en la práctica, todo elemento que sirve para captar información para convertirla en una señal eléctrica se llama sensor. Ahora en adelante se usará el término transductor sólo cuando se refiera a dicho componente en particular.

¹¹ Para mayor información sobre actuadores ver el siguiente capítulo donde se profundizará sobre ellos.

malinterpretar. La aplicación de amplificadores en este tipo de señales reduce los niveles de ruido y además aumentan la resolución¹².

1.3.3.2 Aislamiento.

Las señales eléctricas externas afectan los valores de lectura de los sensores así como también ocasionar daños al mismo. Todas las señales eléctricas están referenciadas a tierra, si la señal de lectura esta referenciada al mismo punto que la de la alimentación del sensor puede ocurrir un problema si se presenta una diferencia de potencial entre ambas tierras.

Este problema se llama “ground loop” el cual genera errores en los datos, y si el error es muy grande puede terminar dañando el equipo. Por eso es necesario separar o aislar las señales del transductor del equipo de toma de datos. La utilización de módulos de aislamiento elimina el “ground loop” y asegura que las señales son adquiridas con precisión.

1.3.3.3 Filtrado.

Similar a los filtros que se utilizan para eliminar las impurezas de los fluidos en los sistemas hidráulicos, o sencillamente como los que se utilizan para eliminar los gramos de café en la bebida. El filtrado eléctrico remueve las señales no deseadas de la señal que se está tratando de medir. Los sensores que emiten señales de tipo DC utilizan filtros de eliminan señales de alta frecuencia (pasabajos). Las señales AC usan filtros pasabajos denominados “antialiasing”, los cuales remueven los componentes de la señal que presentan niveles de frecuencia muy altos, esto a causa de que el sistema de adquisición de datos sólo es capaz de leer señales con un determinado rango de frecuencia.

¹² Este término se explica con más detalle en las características estáticas de los sensores.

1.3.3.4 Excitación.

Excitación o fuentes de alimentación, sensores como las termocuplas o la galgas extensiométricas, requieren de niveles de voltajes externos para poder funcionar.

1.3.4 Clasificación de los sensores

Los sensores se clasifican de acuerdo a la forma de tratar la señal, al tipo de funcionamiento, según la relación existente entre la entrada y la salida etc, las cuales a continuación se describirán.

1.3.4.1 Clasificación atendiendo a los aportes de energía.

Este tópico se refiere a la fuente de energía de los sensores, en algunos tipos la fuente de energía utilizada para generar la salida procede de una fuente externa o auxiliar, a este tipo de sensores se les denomina activos o moduladores, estos sensores tienen la ventaja que se les puede modificar su sensibilidad a través de la señal de alimentación. Los que toman la energía de la señal de entrada para la salida, se denominan generadores o pasivos, estos presentan como ventaja que necesitan menos alambres conductores que los de su contraparte ya que la energía es suministrada de la misma fuente.

1.3.4.2 Clasificación según la señal de salida.

La señal de salida del sensor puede ser digital, analógica o todo o nada. Los sensores digitales emiten señales que varían en forma de pasos discretos, su ventaja es que no requieren conversores analógicos-digitales, son los de mayor fidelidad y fiabilidad y mayor exactitud. Los analógicos varían su señal de salida de

forma continua, la información está en la amplitud de la señal. La mayoría de los sensores son de este tipo.

Los todo o nada poseen dos estados, estos están separados por un valor umbral de la variable detectada.

1.3.4.3 Clasificación según el modo de funcionamiento.

Según el modo de funcionamiento los sensores pueden ser de deflexión o de comparación. En los de deflexión la magnitud medida produce algún efecto físico que genera algún efecto similar, pero opuesto, en alguna parte del instrumento el cuál está relacionado con laguna variable útil. Un ejemplo de este tipo de sensores es un dinamómetro.

Los sensores de comparación, intentan mantener nulos los cambios mediante la aplicación de un efecto conocido (método mediante el cual se quiere contrarrestar los cambios generados por la señal de entrada), pero opuesto al generado por la magnitud a medir. Existe un detector de desequilibrio y un medio para restablecerlo. Un ejemplo de este sería una balanza. Los sensores de este tipo son más precisos porque el efecto conocido se puede calibrar con un patrón o magnitud de referencia confiable. Los detectores de desequilibrio miden rangos alrededor de cero, lo que lo hace muy sensibles y no necesitan de calibración.

1.3.4.4 Clasificación según el tipo de relación de entrada-salida.

Según el tipo de relación de entrada-salida, los sensores pueden ser de orden cero, de primer orden, de segundo orden o de orden superior. El orden está relacionada con le número de almacenadotes de energía independientes que incluye el sensor y repercute en su exactitud y velocidad de respuesta.

1.3.4.5 Clasificación según el parámetro variable.

Existen muchos sensores de diferentes tipos de magnitud que se quiere medir, por ejemplo, la temperatura, la viscosidad, la humedad, la aceleración, fuerza, velocidad, etc. Sin embargo, para poder hacer estas mediciones, se requiere que exista algún cambio físico en el sensor que sea proporcional al medido y el cual emita la señal a leer.

Este cambio físico o parámetro clasifica a los sensores de la siguiente forma: los que modifican, su resistencia, su capacidad eléctrica, su inductancia; estos tres tipos se pueden clasificar también en: generadores de tensión, carga o corriente.

1.3.5 Características de los sensores

En el área de automatización industrial existen muchas empresas que están especializadas en el desarrollo de sus tecnologías, por ende, la competencia que se desarrolla en este campo es muy alta, empresas como Festo, Omron, Siemens, ABB, National Instruments, por mencionar, desarrollan cada año, nuevas invenciones, o crean mejores características en un equipo que mejoran sus versiones anteriores. Los sensores no se escapan de esta competencia.

Cuando una empresa manufacturera quiere adquirir nuevos equipos para entrar el área de automatización, entra en un proceso de selección de tecnologías entre fabricantes diferentes que ofrecen lo mismo, aquí es donde entra otro elemento importante en este tema de los sensores, como escoger entre uno y otro, en otras palabras; ¿qué criterios debo tener en cuenta para escoger un sensor de posición de dos marcas diferentes? El precio podría ser la más tentativa, sin embargo en algunas ocasiones lo barato podría salir caro, y una mala elección podría significar

un equipo apagado y pérdidas monetarias por parte de la empresa, sin olvidar un regaño del jefe...

A la hora de establecer diferencias entre dos sensores que hacen lo mismo, existe algo que se denomina, características estáticas y dinámicas. Las primeras hacen referencia al comportamiento de un sensor cuando la variable que se quiere leer cambia de forma muy lenta (o no cambia), las segundas se refieren a los mismos cambios de la variable pero que son de forma más rápida, este último parámetro debe ser de alta consideración porque estos cambios pueden ser más veloces que la respuesta del sensor, lo que puede generar retardos en la toma de datos y lecturas erróneas o falsas.

1.3.5.1 Características dinámicas de los sensores.

Como se había mencionado anteriormente las características dinámicas de un sensor hacen referencia a la respuesta que tiene esta hacia valores en la entrada que varían de forma rápida, en términos de control de procesos, se puede comparar con la aplicación a un modelo matemático de un sistema un tipo de señal y ver como reacciona este. Las características dinámicas son consecuencia de todos aquellos elementos almacenadores de energía presentes en el sensor, para conocer las características de cada sensor, se le aplican diferentes tipos de entrada variables en el tiempo ya sea un escalón (una señal que cambia bruscamente de valor), una rampa (una señal que varía de forma lineal en el tiempo), una señal senoidal, entre otras; con esto se puede apreciar una gráfica ya sea en el dominio del tiempo o de la frecuencia de la forma en que el sensor reacciona y da un valor de respuesta.

La relación entre la entrada y la salida del sensor se denomina “función de transferencia del sensor”, esta función de transferencia es un conjunto de

ecuaciones diferenciales que representan todos los elementos almacenadores de energía que intervienen en la respuesta, este patrón es muy importante para los diseñadores de sistemas de control, ya que necesitan conocer esta función de transferencia para el desarrollo de controladores que involucren sensores. Los términos que se tienen en cuenta cuando se quieren describir estas características son:

➤ ERROR DINÁMICO

Es la diferencia entre el valor indicado por el sensor y el teórico o real de la señal, siendo nulo el error estático (error cuando la señal es constante).

➤ VELOCIDAD DE RESPUESTA

Es la rapidez que presenta el sensor ante los cambios en la variable de entrada, con este parámetro se puede conocer el retardo, es decir el tiempo que toma el sensor en dar una respuesta luego de habersele aplicado una entrada.

➤ RESPUESTA FRECUENCIAL

Es la relación entre la sensibilidad¹³ del sensor y la frecuencia de la señal de entrada.

➤ ESTABILIDAD Y DERIVAS

Es el cambio que puede presentar la salida del sensor ante elementos externos o ambientales, hace alusión a la robustez.

¹³ Esta es una característica estática del sensor.

1.3.5.2 Características estáticas de los sensores.

Las características estáticas de los sensores, como se había mencionado anteriormente, describen el comportamiento del sensor cuando la señal de entrada es constante o varía lentamente en el tiempo. Son referencias que el fabricante debe mostrar en el catálogo del sensor y son la herramienta más utilizada por ingenieros y técnicos para criterios de selección y compra.

Las características que más se tienen en cuenta son, la exactitud, la resolución, la histéresis, la sensibilidad, la linealidad y la repetibilidad.

➤ EXACTITUD

Este parámetro se refiere a que tan igual es el valor arrojado por un sensor comparado con el valor leído por este mismo. Es decir, que la diferencia entre el valor real y el valor mostrado por el sensor sea lo más cercano a cero que es el valor ideal.

La exactitud de un sensor es determinada mediante la calibración estática, que no es más que darle un valor (conocido previamente) de entrada a un sensor, y tomar lectura de la respuesta que este da, posteriormente, se vuelve a cambiar la entrada a otro valor igualmente conocido y se vuelve a tomar datos, la respuesta al final es una gráfica denominada curva de calibración.

Como dato importante, las magnitudes de los valores de entrada deben ser conocidas con una precisión mucho mayor que la del mismo sensor, de nada serviría hacer calibraciones con valores que no son realmente exactos.

La diferencia entre el valor indicado por el sensor y el verdadero se denomina error absoluto. Esta diferencia se puede dar de dos formas, de manera porcentual, que se determina:

$$\text{Error}_{\text{absoluto}} = \left| \frac{\text{valor}_{\text{medido}} - \text{valor}_{\text{real}}}{\text{valor}_{\text{real}}} \right| * 100\%$$

O de constante que se expresa como: +/-número. Este hace alusión a un rango existente donde el valor real es la media, el valor mínimo es; Valor real – número y el valor máximo es; Valor real + número.

➤ FIDELIDAD O REPETIBILIDAD

La fidelidad se refiere la capacidad que tiene el sensor de dar siempre el mismo valor de respuesta a partir de tomas sucesivas de un mismo valor de entrada, estableciendo condiciones ambientales similares para cada toma de datos. La fidelidad implica que se tenga simultáneamente una conformidad en las lecturas sucesivas y un número alto de cifras significativas presente.

➤ SENSIBILIDAD

La sensibilidad es la capacidad del sensor a mostrar un cambio en la salida de acuerdo a un cambio en la entrada. Esta característica se expresa como:

$$s = \frac{\Delta \text{salida}}{\Delta \text{entrada}} = \frac{\Delta \text{salida}_2 - \Delta \text{salida}_1}{\Delta \text{entrada}_2 - \Delta \text{entrada}_1}$$

Donde de la gráfica de curva de calibración se toman dos valores correspondientes a la entrada teórica y sus respectivos valores de salida. Esta relación es la pendiente de la curva.

Matemáticamente la pendiente de una curva también se puede expresar como la derivada de esta misma. Es decir, si la curva de calibración de un sensor se expresa como la función:

$$y = f(x)$$

La sensibilidad s , de este sensor será entonces:

$$s = \frac{dy}{dx} = \frac{d}{dx}(f(x))$$

Entre más alto sea el valor de sensibilidad, mejores características tiene el sensor. Lo ideal es que la sensibilidad se pueda expresar con un valor constante, es decir que inicialmente la curva de calibración de un sensor sea de forma lineal.

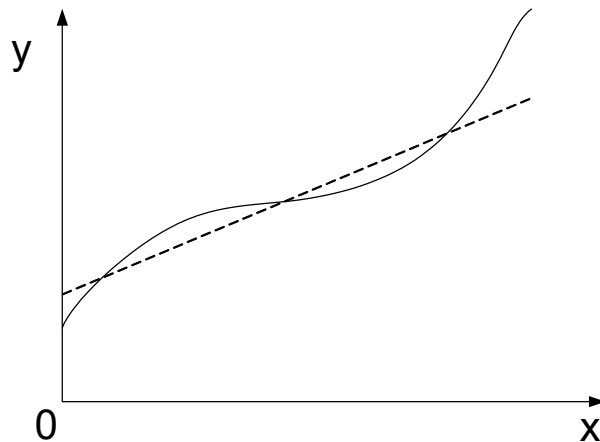
➤ LINEALIDAD

La respuesta ideal de un sensor ante la toma de datos es una línea recta, la medida de un buen desempeño de estos elementos, está en que tan parecida es su respuesta a dicha condición ideal (denominada línea de referencia). Para esto se puede valer de recursos matemáticos que linealicen la curva de calibración, una representación de este tipo permite conocer hasta que punto de la figura la sensibilidad de un sensor es constante.

La recta de referencia se puede determinar de las siguientes formas:

- a) Linealidad independiente: a partir de los datos de la curva de calibración del sensor se determina una recta de referencia, esta recta se define por el método de los mínimos cuadrados, este método compara la gráfica con una línea recta midiendo la diferencia que hay entre cada punto de la curva de calibración y la recta, esta diferencia puede ser negativa o positiva, al elevarlo al cuadrado se determinan las diferencias en una sola magnitud. Entre los factores que pueden afectar la linealidad están la resolución y la histéresis¹⁴.

FIGURA 4 Recta a partir del método de mínimos cuadrados

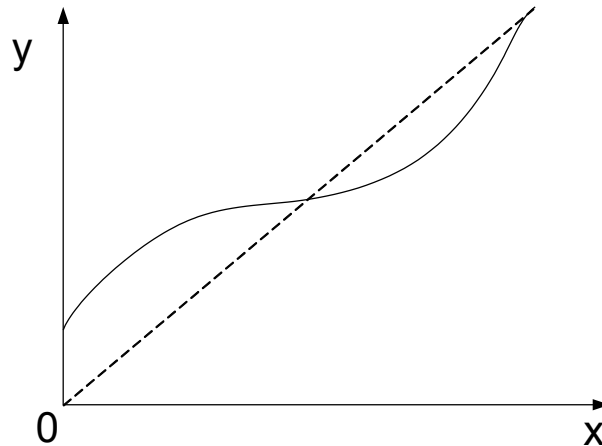


VALVERDE, Luis. Sensores y Acondicionadores de Señal

- b) Linealidad ajustada al cero: utiliza también el método de los mínimos cuadrados, sin embargo la recta generada tiene que pasar obligatoriamente por el origen.

¹⁴ Esta característica estática se explicará a continuación.

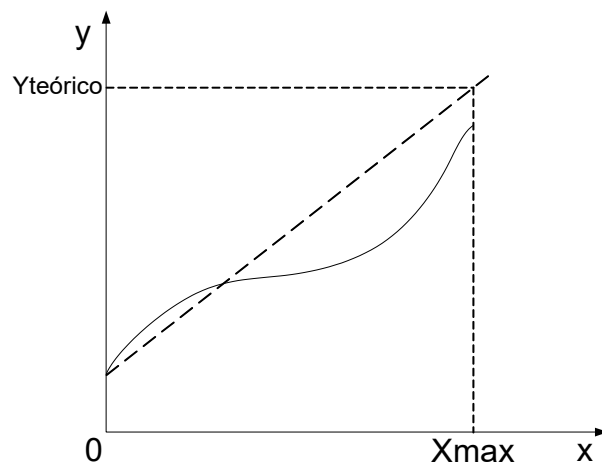
FIGURA 5 Método de mínimos cuadrados con condición de paso por el origen



VALVERDE, Luis. Sensores y Acondicionadores de Señal

- c) Linealidad terminal: la recta se define por dos puntos, uno es la salida que muestra el sensor cuando la entrada es nula, y el segundo por la salida teórica máxima correspondiente a la mayor entrada que puede admitir el sensor.

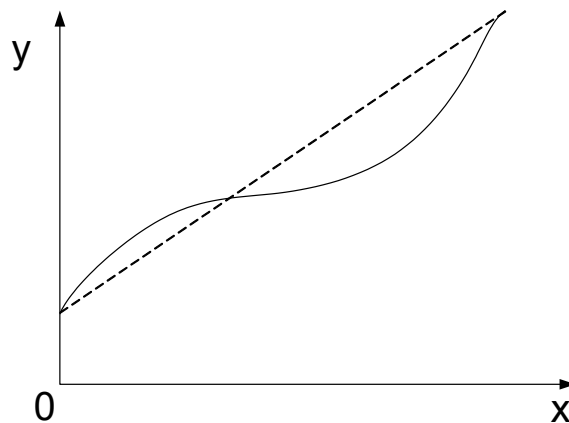
FIGURA 6 Recta determinada por el método de linealidad terminal



VALVERDE, Luis. Sensores y Acondicionadores de Señal

- d) Linealidad a través de los extremos: la recta es definida entre dos puntos, el primero, es la salida que el sensor presenta ante la mínima entrada permitida y el segundo punto por la salida que el sensor presenta ante el valor máximo permitido de entrada.

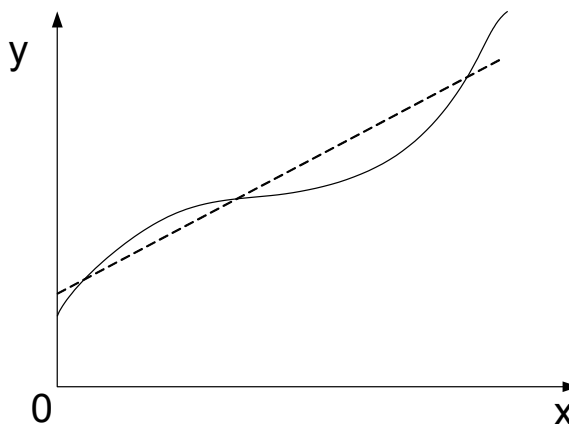
FIGURA 7 Recta determinada por linealidad a través de los extremos



VALVERDE, Luis. Sensores y Acondicionadores de Señal

- e) Linealidad teórica: la recta es definida por suposiciones teóricas formuladas al diseñar el sensor.

FIGURA 8 Recta determinada por linealidad teórica

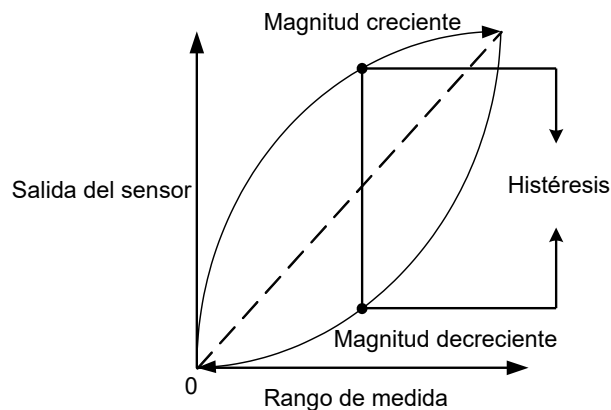


VALVERDE, Luis. Sensores y Acondicionadores de Señal

➤ HISTÉRESIS

La histéresis es la diferencia que hay entre las salidas de un sensor para un mismo valor de entrada según la dirección en que se llegó a este, por ejemplo, una termocupla¹⁵ determina un potencial de 3,5 mV para una temperatura de 35°C en un sistema, temperatura la cual siguió aumentando, una vez el sistema alcanzó su punto crítico la temperatura comenzó a bajar, cuando esta volvió a pasar por los 35 °C, el sensor registró 3,41 mV. La histéresis que presentó el sensor en este punto (35°C) fue de 0.09.

FIGURA 9 Histéresis



VALVERDE, Luis. Sensores y Acondicionadores de Señal

1.3.6 Sensores y aplicaciones

A continuación, mostraremos algunos ejemplos donde los sensores son aplicados para la medición de variables físicas.

¹⁵ Sensor de temperatura.

1.3.6.1 Transductores de presión.

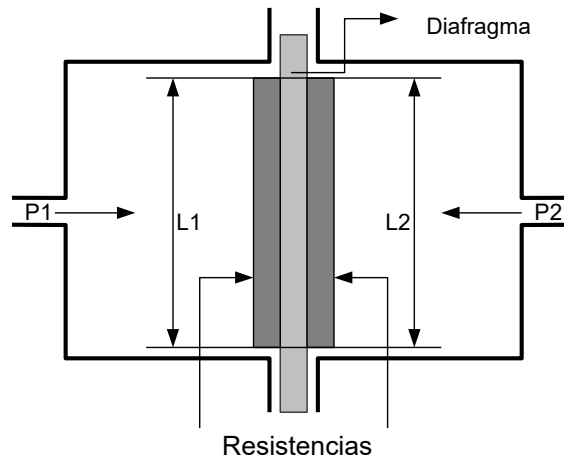
Los manómetros y los tubos de Bourdon son los transductores más comunes que existen para medir la presión, los manómetros son dispositivos con forma de U que miden la diferencia que hay entre la presión de un fluido y la presión atmosférica (diferencias de presión bajas). El tubo tiene en su interior un líquido (mercurio, agua o aceite), y dependiendo de la diferencia de alturas que presenta en cada rama, se sabrá la diferencia existente entre la presión del fluido y la atmosférica. El tubo de Bourdon se utiliza para medir diferencias de presión mucho más altas.

➤ TRANSDUCTORES DE PRESIÓN RESISTIVOS Y PIEZOELÉCTRICOS

Para efecto de sistemas de control, los anteriores dispositivos no son los más apropiados debido a las dificultades que presentan para la transmisión de señales. En un transductor de presión, existe un elemento que separa los instrumentos de medición del fluido medido, este elemento se llama diafragma.

En los transductores resistivos, se ubican bajo el diafragma una resistencia la cual es sensible a la presión, debido a su forma de resorte, si una presión actúa sobre ella la deforma, provocando un cambio en el valor de resistencia. La resistencia es inversamente proporcional a la fuerza aplicada sobre ella. Para efectos de medición, es agregada a un circuito donde sus cambios de resistividad puedan variar una señal eléctrica, ya sea corriente o voltaje, este cambio de señal es transmitido al sistema.

FIGURA 10 Sensor diferencial de presión resistivo



ICP. Curso de Capacitación en Automatización y Control de procesos

La **figura 10** muestra un ejemplo de un sensor de presión resistivo diferencial, una presión ($P_1 > P_2$) causa que el diafragma se flexione hacia la derecha, haciendo que la longitud L_1 sea menor que L_2 ($L_1 < L_2$). La resistencia es proporcional a la longitud así que ($R_1 < R_2$).

Los sensores piezoeléctricos están hechos a base de cuarzo. Una de las propiedades que tiene este mineral es que cuando se deforma emite una pequeña descarga eléctrica, esta señal es proporcional a la fuerza aplicada y puede ser leída como un voltaje. Altas presiones son necesarias para poder deformar un cristal de cuarzo, así que sólo se utiliza en sistemas que proporcionan una cantidad de energía la cual sea capaz de producir este efecto.

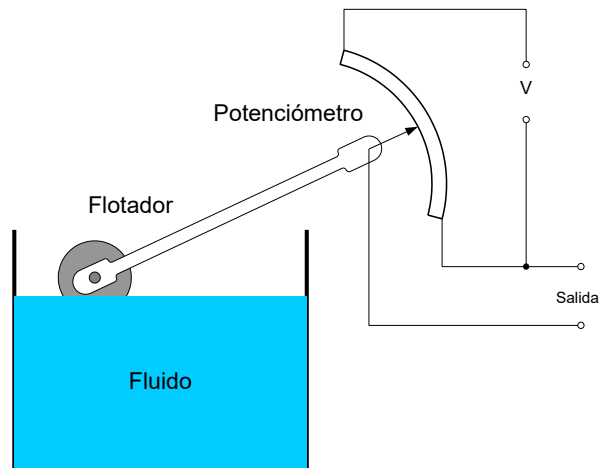
1.3.6.2 Transductores de Nivel.

Para efectos de conocer el nivel de un fluido contenido dentro de un tanque con capacidad limitada, existen en la industria diferentes soluciones, todas tienen en común que emiten una señal eléctrica la cual es proporcional al nivel leído.

Una forma de medir el nivel es conociendo la presión que este ejerce en el fondo del tanque, la presión depende de la altura que tenga el fluido. Para medir la presión se utilizan los sensores mencionados anteriormente.

Otra alternativa, **figura 11**, es utilizando un flotador que este en contacto permanente con la superficie del fluido, mientras este varía su altura, el flotador se moverá con él, los cambios en el ángulo del flotador pueden ser monitoreados (con un potenciómetro por ejemplo) y generan una señal que indica el nivel del fluido en el tanque.

FIGURA 11 Sensor de nivel mediante flotadores

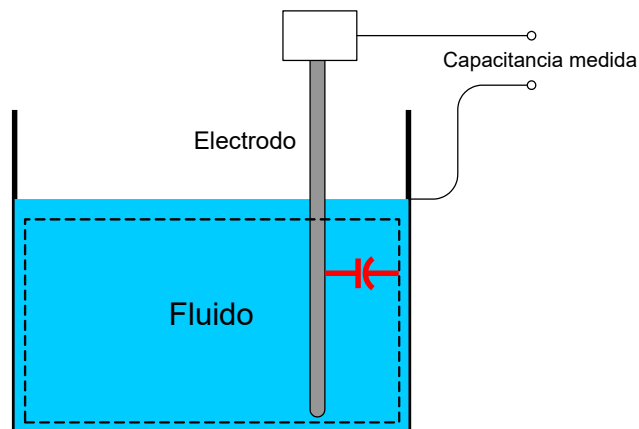


ICP. Curso de Capacitación en Automatización y Control de procesos

Para el caso de la figura anterior la resistencia del potenciómetro variará con los cambios en el nivel del fluido en el tanque.

Otro método es cambiando la capacitancia (capacidad de almacenar el voltaje) de un electrodo el cual está dentro del tanque. **Figura 12**, el electrodo es una barra aislada de metal con un largo similar al del tanque, el cual está conectado a una fuente de poder y a un puente que mide la capacitancia (se utiliza un puente del cual el electrodo forma parte), la capacitancia que hay entre el electrodo y la tierra o referencia es variada por el cambio de la altura del fluido, este cambio produce un desbalance en el puente que se traduce en un cambio final de la corriente, esta variación es medida y transmitida.

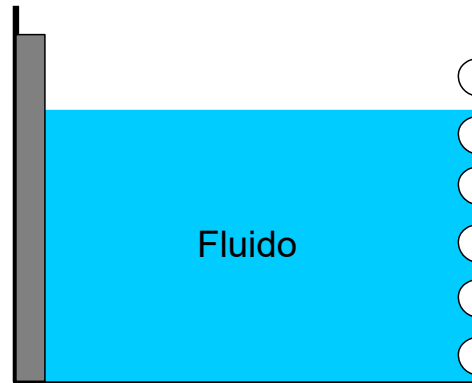
FIGURA 12 Sensor de nivel capacitivo



ICP. Curso de Capacitación en Automatización y Control de procesos

También se pueden utilizar sensores ópticos para medir el nivel, **figura 13**, para este caso, se aprovechan las propiedades de reflexión y transparencia de los fluidos. El tanque consta de un sensor óptico el cual es capaz de leer la intensidad de la luz que recibe, cuando no hay fluido en el tanque el sensor recibe una señal luminosa fuerte, a la presencia de un fluido esta señal percibida disminuye y este cambio es convertido en una señal eléctrica que es evaluada. Para efectos de medición de nivel se dispone de fuentes de luz y de sensores a lo largo de la altura del tanque.

FIGURA 13 Sensor de nivel óptico

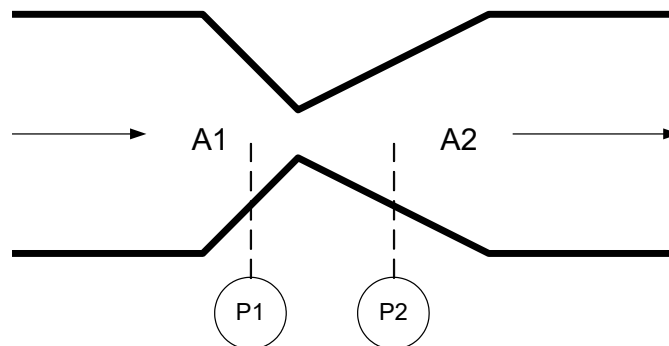


ICP. Curso de Capacitación en Automatización y Control de procesos

1.3.6.3 Transductores de flujo.

Para medir el flujo a través de un conducto, se utilizan los transductores por presión diferencial o por frecuencia. El primero, trabaja en base a la reducción del área transversal de la sección de flujo, esta reducción aumenta la velocidad del flujo a consta de una reducción de la presión, esta reducción es medida y a partir de ella se puede calcular la velocidad del fluido.

FIGURA 14 Transductor de presión diferencial



ICP. Curso de Capacitación en Automatización y Control de procesos

Los transductores de flujo por frecuencia utilizan unos anillos giratorios, los cuales hacen girar un eje a medida que el flujo pasa a través de ellos, esta rotación puede ser traducida a una señal eléctrica como frecuencia.

1.3.6.4 Transductores de temperatura

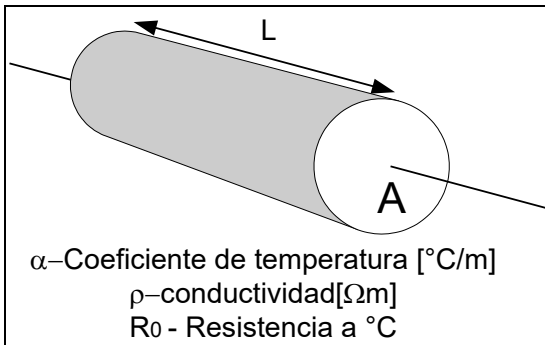
➤ TRANSDUCTORES RESISTIVOS

Dependiendo en la temperatura los metales pueden variar su resistencia eléctrica, a partir de esta propiedad, un cambio de la resistencia puede ser medido y convertido a una señal eléctrica. Los metales están hechos a partir de materiales semiconductores y se les llaman termistores.

Los termistores están formados de óxidos metálicos o de silicio, metales cuyo costo de fabricación es muy bajo, los hay también de platino, este se caracteriza por tener un cambio lineal de su resistencia por la temperatura, sin embargo este es un material que en el mercado tiene precios muy elevados por su rareza.

Existen dos tipos de termistores: los NTC quienes disminuyen su resistencia a medida que la temperatura aplicada aumenta; y los PTC que tienen el efecto contrario y se vuelven más resistivos a medida que la temperatura se incrementa.

FIGURA 15 Termistor



Extraído material de clase Automatización Industrial. Profesor: M.s.M Omar Lengerke Pérez

La resistividad (R) de un material se calcula con las expresiones:

$$R = \rho \frac{L}{A} \left(\frac{T}{\alpha} \right)$$
$$R = R_0 (1 + \alpha T)$$

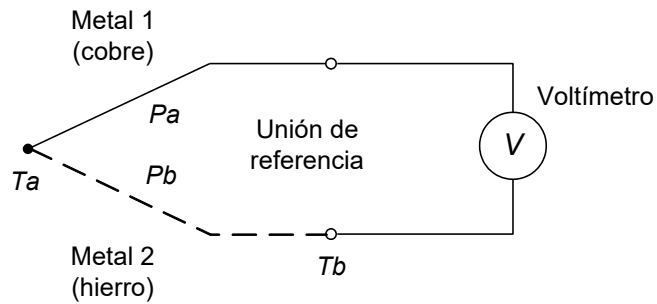
El coeficiente de temperatura y la conductividad son características propias del material. L, es la longitud en [m], A el área de la sección transversal en [m²] y T es la temperatura del material en [°C].

➤ TERMOCUPLAS

Las termocuplas trabajan en base a un principio físico el cual dice que si dos metales que están en contacto tienen temperaturas diferentes, existirá una fuerza electromotriz y fluirá una corriente. La fuerza electromotriz dependerá de la diferencia de temperaturas en las uniones. Para efectos de conocer la

temperatura total (y no la diferencia) una de las uniones es mantenida a cero grados, la fuerza electromotriz indicará la temperatura de la parte caliente.

FIGURA 16 Termocupla



ICP. Curso de Capacitación en Automatización y Control de procesos

El voltaje que determinaría el voltímetro del circuito de la **figura 16**, depende de la diferencia de temperaturas ($T_a - T_b$) y de la diferencia de los coeficientes de los dos materiales ($P_a - P_b$), el voltaje resultante es del orden de los milivoltios.

La ecuación correspondiente al voltaje entregado por la termocupla es entonces:

$$V = (T_a - T_b)(P_a - P_b)$$

1.3.6.5 Transductores mecánicos

➤ GALGAS EXTENSOMÉTRICAS

Cuando un material es sometido a fuerzas externas este sufre cambios que a simple vista pueden no ser perceptibles, si estas fuerzas aumentan considerablemente el material terminará quebrándose.

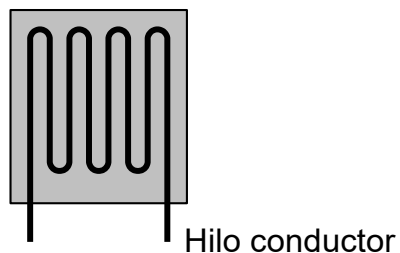
La mecánica de materiales dice que si un material es sometido a fuerzas externas sufrirá deformaciones en su estructura, las fuerzas que generan estos cambios son la compresión, la tracción, la flexión y la torsión. Si se adhiere a la superficie del material una galga extensométrica, se podrá medir la deformación que éste sufre.

La deformación es la relación existente entre la longitud inicial (l) y el incremento de esta magnitud por la fuerza aplicada (Δl), es una variable adimensional. La ecuación que establece dicha relación es:

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l}$$

La galga extensométrica es una resistencia eléctrica que experimenta cambios en su resistividad cuando esta se deforma, está compuesta por una base muy delgada que no tiene capacidades conductoras (hecha normalmente de silicona) y adherida a ella un hilo metálico muy fino (compuesto de aleaciones de níquel y estaño) de distribución uniforme sobre la base.

FIGURA 17 Esquema de una galga extensométrica



ICP. Curso de Capacitación en Automatización y Control de procesos

La resistencia de la galga es la resistencia del hilo metálico y se incrementa a medida que la deformación del material haga que su longitud aumente, la resistencia (R) está dada por la ecuación:

$$R = \rho \frac{L}{A}$$

Una galga se puede utilizar para calcular fuerzas, presiones y nivel si se usan las correspondientes relaciones matemáticas entre su deformación y las magnitudes aplicadas a ella. Debido a que la temperatura puede generar cambios en las respuestas la galga se acopla a un puente de Wheastone.

1.3.7 Sensores ultrasónicos

Este tipo de sensores emiten señales de alta frecuencia (entre 40 y 300KHz), esta señal viaja a través del espacio y una vez encuentra un obstáculo se refleja en él, un receptor se encarga de tomar la señal reflejada. El tiempo que transcurrió entre la emisión y la recepción de la señal se usa para calcular la distancia. Es aplicado para determinar la elevación de los aviones, medir el nivel en un tanque y para medir la velocidad de los fluidos (de comportamiento laminar) a través de ductos.

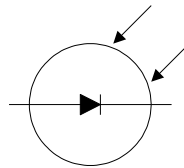
1.3.8 Sensores ópticos

Son sensores que trabajan con ondas electromagnéticas, ya sea luz visible, infrarroja o ultravioleta, la base de su funcionamiento está en los cambios que pueda ejercer la presencia de un haz de flujo electromagnético sobre el sensor, estos cambios pueden ser de resistencia o de flujo de carga.

1.3.8.1 Fotodiodo.

Un fotodiodo es un elemento que permite el flujo de corriente en un sentido, siempre y cuando exista una fuente de luz que lo habilite. Está compuesto por una unión de materiales P-N polarizadas inversamente, cuando no está iluminado permite un pequeño paso de corriente denominada corriente de oscuridad, cuando la luz incide el choque de los fotones sobre los electrones del material hace que estos se muevan y permitan un flujo de corriente. Los fotodiodos trabajan en el infrarrojo cercano (0.7 μm), su respuesta ante la iluminación es lineal y responden rápidamente en el tiempo.

FIGURA 18 Diagrama eléctrico de un fotodiodo

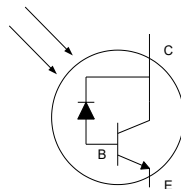


ICP. Curso de Capacitación en Automatización y Control de procesos

1.3.8.2 Fototransistor.

Los fototransistores operan de forma similar a su contraparte en los circuitos eléctricos, sólo que no son excitados en base por corrientes eléctricas sino por flujos de luz, tienen una mayor capacidad de corriente que los fotodiodos, sin embargo presentan un tiempo de respuesta más alto, por lo que son más lentos.

FIGURA 19 Fototransistor

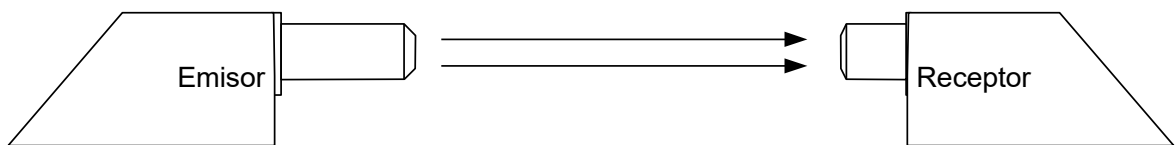


ICP. Curso de Capacitación en Automatización y Control de procesos

Los sensores ópticos como son utilizados como detectores de presencia, en este caso un emisor de luz infrarrojo emite su señal al receptor de forma continua, cualquier objeto que obstruya esta señal harán que el receptor, el cual puede ser un fototransistor o un fotodiodo, cambie su estado.

De acuerdo a su diseño estos tipos de sensores se clasifican en dos tipos, el emisor-receptor, el cual está compuesto por dos elementos independientes.

FIGURA 20 Esquema de un sensor óptico emisor receptor

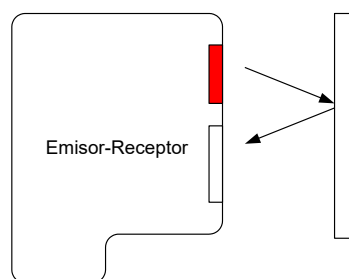


Autores

Este tipo de sensores funciona para grandes distancias, la restricción está en que el objeto que corte el haz de luz debe ser opaco, puede ser usado como contador o como un sensor de presencia.

Y el reflector, el cual está compuesto por un solo dispositivo que es emisor y receptor.

FIGURA 21 Esquema de un sensor óptico reflector



Autores

Los sensores de este tipo son usados para medir distancias las cuales son pequeñas (de 1 a 50 mm) o para detectar presencia, el objeto a evaluar debe ser reflejante.

Una última aplicación para los sensores ópticos está en la medición de desplazamiento ya sea lineal o angular, este tipo de sensores reciben el nombre de encoders.

1.4 ACTUADORES

1.4.1 Introducción

En todo sistema de control es necesaria la presencia de elementos que permitan interactuar con el medio, en este caso para modificarlo. Los sensores permiten una comunicación con el exterior informando en que estado se encuentra; en un proceso industrial están constantemente enviando información al sistema de adquisición de datos, el sistema procesa esta información y de acuerdo a ella toma una decisión, esta decisión afectará al proceso controlado y éste cambio hará que el sensor registre una nueva magnitud, volviendo a repetirse un ciclo.

Los actuadores son la parte del ciclo, que como lo dice su nombre, actúan sobre el sistema, sin embargo, la forma en que trabajan va de acuerdo a una orden que emite el elemento de control, en algunos sistemas esta señal llega directamente al actuador, en otros la cantidad de energía que se usa para emitir la orden no es lo suficientemente alta como para trabajar directamente sobre el actuador, así que existe una etapa de pre-accionamiento que amplifica esta señal a magnitudes apropiadas.

Existen muchos tipos de actuadores, estos se pueden identificar como aquellos elementos que ejecutan un cambio en el sistema, los hay como los motores y los cilindros (ya sean neumáticos o hidráulicos) que producen movimiento, también existen actuadores que cambian la temperatura del sistema como los hornos y los intercambiadores de calor, y otros que modifican la cantidad de fluido como las bombas.

Partiendo de esto los actuadores se pueden clasificar de acuerdo al tipo de energía que se emplea para su accionamiento, en este caso, tenemos actuadores eléctricos, hidráulicos, neumáticos y térmicos. De cada uno de ellos se pueden identificar dos tipos, todo o nada, los cuales tienen solo dos estados, completamente abierto o completamente cerrado (como un ejemplo), y los de tipo continuo, los cuales presentan diversas opciones de accionamientos.

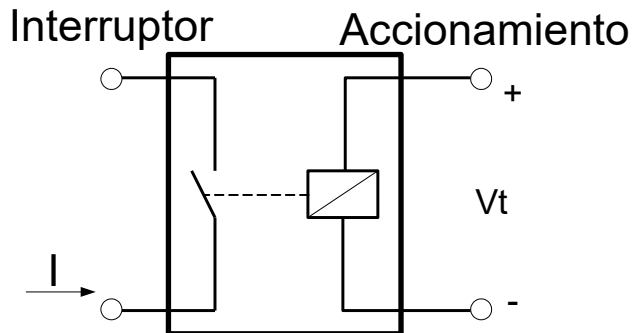
1.4.2 Actuadores eléctricos

Se refiere a aquellos actuadores que requieren de una fuente de potencia eléctrica para funcionar, sin duda alguna, los más conocidos de este tipo son los motores, sin embargo, tenemos además los servomotores y los motores paso a paso. Generalmente este tipo de actuadores requieren de niveles de energía muy altas para su accionamiento, ocasionando que el sistema de control sea incapaz de operar sobre ellos directamente, para esto, se han diseñado elementos de pre-accionamiento capaces de conmutar grandes niveles de potencia a partir de pequeñas señales de mando eléctrico, estos elementos son los relés y los contactores.

1.4.2.1 Relés y contactores.

Los relés y los contactores son dispositivos que permiten la conmutación de niveles de potencia muy grandes a partir de señales pequeñas, su funcionamiento es similar al de un interruptor, el cual se acciona a partir de un pequeño electroimán.

FIGURA 22 Esquema del relé



BALCELLS, Joseph. ROMERAL, José L. Autómatas Programables.

La **figura 22**, es un esquema de los componentes de un relé, generalmente es un interruptor normalmente abierto, así que la corriente I vale cero amperes, el controlador provee una tensión V_t que excita la bobina, produciendo un campo magnético el cual ocasiona que el interruptor se cierre permitiendo el paso de corriente.

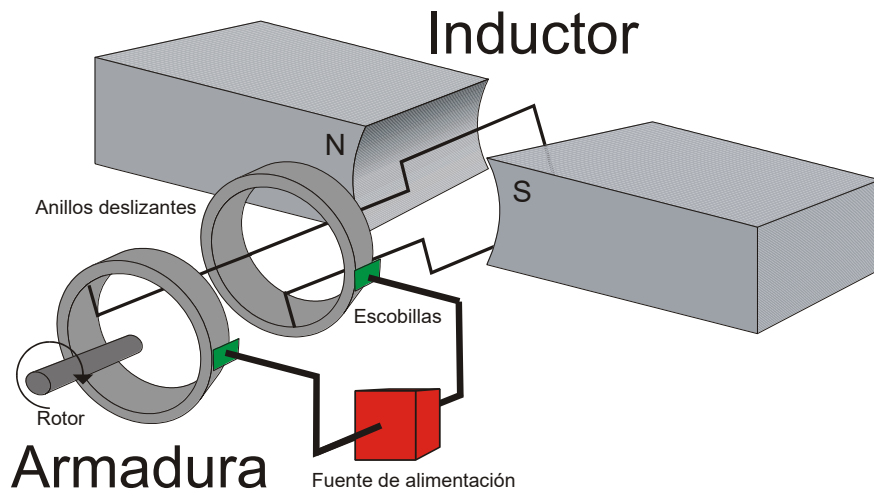
Los relés accionan niveles de potencia menores a 1 KW, los contactores permiten accionamientos de grandes potencias que son del orden de los cientos de kilowatts. Ambos otorgan aislamiento eléctrico entre la etapa de control y la etapa de potencia. Su características son definidas por el fabricante, entre los parámetros que hay que tener en cuenta para su selección se encuentra la tensión de mando (nivel de tensión necesaria para el accionamiento del relé o contactor), la corriente de empleo (máximo nivel de corriente que puede conmutar) y la temperatura de trabajo.

1.4.2.2 Motores.

Los motores son dispositivos que transforman la energía eléctrica en mecánica, son la contraparte de los generadores, los cuales pueden generar energía eléctrica a partir de la aplicación de una fuerza rotativa (torque). Su funcionamiento se basa en el principio de la inducción, el cual dice que si un material conductor se mueve a través de un campo magnético se inducirá una corriente eléctrica en él. No obstante, si una corriente eléctrica, llamada corriente de excitación, circula a través de un conductor situado en el interior de un campo magnético se creará una fuerza mecánica que actuará sobre él.

Los motores están compuestos por dos elementos básicos, el inductor el cual genera el campo magnético y la armadura que sostiene los conductores y transporta la corriente de excitación, ésta es un núcleo de hierro dulce laminado sobre la cual se enrollan los conductores. Cuando se induce corriente a los conductores de la armadura (a través de las escobillas quienes están conectadas a la fuente de potencia eléctrica), se produce un par de fuerzas por acción del campo magnético, el cual es generado constantemente por el inducido. Las fuerzas generadas hacen girar la armadura la cual está unida al rotor, quien es el que entrega el movimiento al sistema. Como consecuencia de que el rotor está girando, la alimentación de los conductores se hace a través de los anillos deslizantes quienes están en contacto permanente con las escobillas y a su vez giran con el rotor, este contacto genera chispas que ocasionan pérdidas en el valor del voltaje de alimentación que llega al rotor.

FIGURA 23 Estructura interna del motor



SERWAY. Física Tomo II

Existen dos tipos de motores los de corriente continua (DC) y los de corriente alterna (AC), los DC son comunes en automóviles, camiones y aviones, como también en algunos electrodomésticos donde accionan ventiladores para la refrigeración de los elementos que se sobrecalientan, también son muy utilizados en la robótica dada su capacidad de variar la velocidad. Los motores de AC se utilizan en casos donde se requiere accionar sistemas de alta potencia como: trituradoras, bombas y la industria en general, la variación de la velocidad de estos dispositivos es más costosa que en los DC, utilizándose para esto controladores de estado sólido.

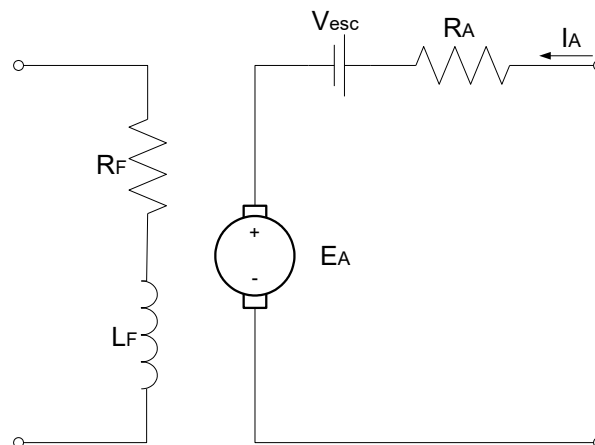
1.4.2.3 Motores DC.

Los motores de corriente continua datan de finales del siglo XIX, su creación para el funcionamiento de este tipo de energía, se debió a que los primeros sistemas de potencia eléctrica eran DC. Su ventaja sobre los sistemas AC es la sencillez con que se puede variar su velocidad, existen cinco clases de motores DC a nombrar:

1) motor DC de excitación separada, 2) motor DC con excitación en derivación, 3) motor DC de imán permanente, 4) motor DC serie, 5) motor DC compuesto. La diferencia en cada uno está en la forma como se excita el circuito que produce el campo magnético, necesario para que se produzca el movimiento del rotor.

El siguiente diagrama muestra el circuito equivalente de un motor DC utilizado en todas las literaturas de ingeniería tanto de máquinas eléctricas como control de procesos:

FIGURA 24 Circuito equivalente del motor DC



CHAPMAN, Stephen J. Máquinas Eléctricas.

La armadura está representada por la fuente ideal de voltaje E_A y una resistencia R_A (resistencia de los conductores), esta representación es el equivalente de Thevenin¹⁶ del rotor, las escobillas, quienes inducen la corriente a los conductores que van a través del rotor, generan una caída de voltaje representada por V_{esc} (voltaje que a veces es despreciado en comparación a la magnitud de la

¹⁶ Para más información sobre el equivalente de Thevenin de un sistema se puede referir al libro, Análisis de Circuitos de Ingeniería, de William H, Hayt y Jack. E, Kemmerly. Editorial Mc. Graw Hill.

alimentación). El circuito que produce el campo magnético (inductor) está representado por la resistencia R_F y la bobina L_F .

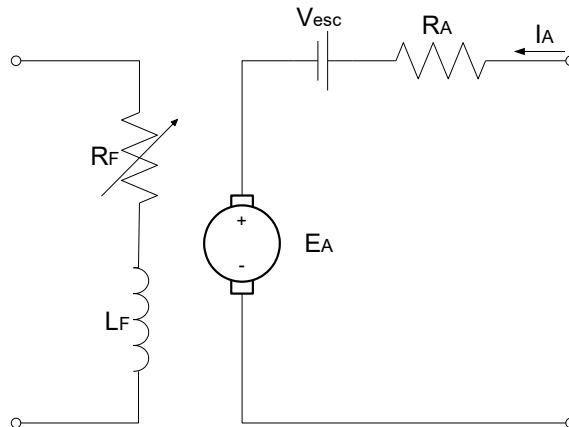
El voltaje interno (E_A) generado por esta máquina está dado por la ecuación:

$$E_A = K\phi\omega$$

Donde K es una constante del sistema, ϕ es el flujo magnético generado por el circuito del inducido y ω es la velocidad angular del rotor, una consideración importante es que esta ecuación sirve tanto para el motor como el generador, y establece que la relación entre la velocidad del rotor y el voltaje aplicado es directamente proporcional, así, que si se quiere aumentar la velocidad del motor tan sólo se tiene que aumentar su voltaje de alimentación.

En algunas aplicaciones es imposible modificar el voltaje de entrada del motor, cuando este caso (el cual es muy frecuente) se presenta, se apela al otro término de la ecuación, el flujo magnético (ϕ) generado por el inducido, el cual también conserva una relación lineal con los otros dos términos, para este caso, se agrega una resistencia variable al circuito del inducido, una variación de esta resistencia genera cambios en la corriente del inducido y por ende al campo magnético del motor.

FIGURA 25 Variación de la velocidad del motor a través del circuito inductor



CHAPMAN, Stephen J. Máquinas Eléctricas

El esquema de la **figura 25**, representa a un motor DC de excitación independiente, se denomina así porque la alimentación de la armadura es independiente de la del circuito inductor, los motores de tipo DC con excitación en derivación, DC serie y DC compuesto, tienen en común la misma fuente de alimentación tanto para la armadura como para el inductor, El motor DC de imán permanente utiliza un imán para producir el campo magnético, reemplazando al circuito inductor.

1.4.2.4 Servomotores.

Los servomotores son motores DC con capacidad de poder controlar su posición, sus características físicas permiten un tiempo de respuesta mínimo, gracias a la construcción del rotor, el cual genera niveles muy bajos de inercia en su rotación. Presenta muy alto par con bajo consumo de potencia, la corriente requerida para su funcionamiento depende de dos factores, el tamaño del servomotor y el par que se opone a su movimiento, dadas estas condiciones, es ampliamente utilizado para posicionamiento, radio-control, movimiento de marionetas y robótica.

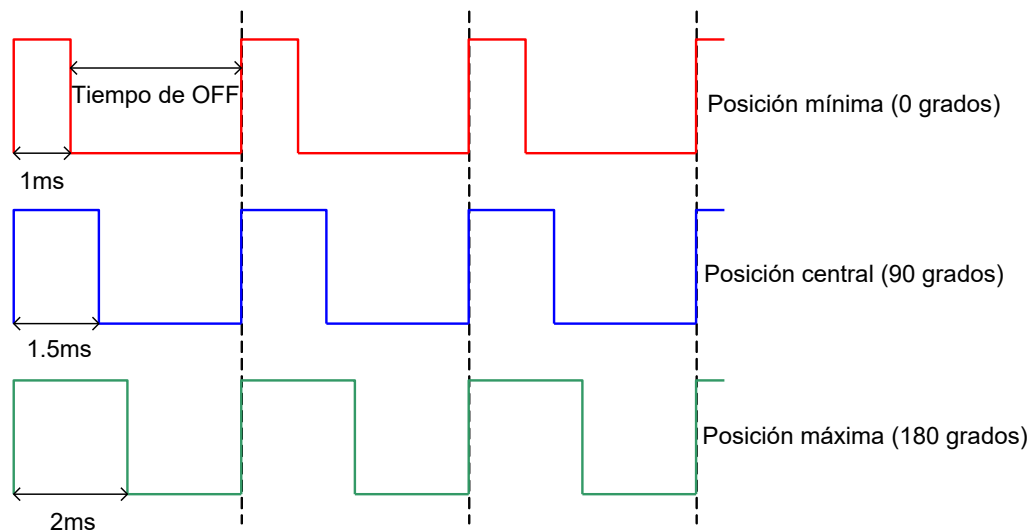
El control de posicionamiento del servomotor varía entre los 0 y los 180 grados, en otros modelos el máximo es de 210 grados, para que esta restricción sea posible, los fabricantes diseñan topes en la estructura del servomotor, los cuales restringen su movimiento al rango ya hablado. Un servomotor está formado por un motor DC, un amplificador, un sistema mecánico reductor (tren de engranaje) y circuito de realimentación. Este último elemento es el que hace especial al servomotor, permite posicionarlo al ángulo deseado dentro del margen establecido, Para efectos de comparación entre el ángulo deseado y el ángulo real, se cuenta con un potenciómetro conectado al eje del motor, éste potenciómetro indica la posición real en la que se encuentra el eje, el control de posición del servomotor, compara estas dos magnitudes, si existe una diferencia el motor moverá el eje hasta que la diferencia entre el valor real y el de consigna sea nula, en ese momento el motor se detendrá.

De acuerdo a la diferencia entre la posición de consigna y la posición real del eje del servomotor, el voltaje de aplicación será proporcional, si la distancia es grande es voltaje requerido es alto, si la distancia es reducida el voltaje de aplicación es pequeño.

El movimiento de un servomotor se realiza mediante la aplicación de un tren de pulsos, **figura 26**, el ancho del pulso (tiempo de duración) determina el ángulo de giro del eje; de igual forma que la restricción física existente para el movimiento del servomotor, el período de los anchos de pulso está dentro de un rango que varía desde 1 ms hasta 2 ms, si los valores están fuera de éste rango el servomotor emitirá un zumbido indicando un cambio a los valores establecidos. Un pulso de duración de 1ms posiciona al servomotor en un ángulo de 0 grados, un pulso de 1.5 ms lo posiciona en los 90 grados y un pulso de 2 ms en 180 grados, no obstante valores intermedios ubicarán al motor en grados diferentes dando un

infinito de posibilidades de posicionamiento. Vale la pena mencionar, que éste es el valor de consigna utilizado para el circuito de realimentación, la circuitería interna se encarga de la conversión de señales, una generada por el potenciómetro y otra por el tren de pulsos.

FIGURA 26 Tren de pulsos para posicionamiento de servomotor



www.autric.com/microboticaymecatronica/servomotores.htm

El tiempo entre pulso y pulso (tiempo de OFF) puede ser diferente para cada intervalo, sin embargo, los fabricantes recomiendan usar valores entre los 10 ms y 30 ms, si el tiempo es menor a los 10 ms, existiría un problema, siendo la onda mucho más rápida que la respuesta del servomotor (dado que éste es un elemento mecánico, compuesto por partes internas que tienen un tiempo de respuesta), el control de posición no funcionaría correctamente. Si el tiempo es muy alto el servo pasará a estado dormido entre pulsos, provocando que se mueva con intervalos pequeños.

Es importante destacar que para que un servo se mantenga en la misma posición durante un cierto tiempo, es necesario enviarle continuamente el pulso

correspondiente. De este modo, si existe alguna fuerza que le obligue a abandonar esta posición, intentará resistirse. Si se deja de enviar pulsos (o el intervalo entre pulsos es mayor que el máximo) entonces el servo perderá fuerza y dejará de intentar mantener su posición, de modo que cualquier fuerza externa podría desplazarlo.

Entre los modelos electrónicos a utilizar para el accionamiento de servomotores están, los circuitos de modulación de ancho de pulso PWM, incluidos en microcontroladores, y circuitos más económicos basados en el integrado 555.

1.4.2.5 Motores paso a paso.

Los motores paso a paso, a igual que los servomotores, permiten el control de su posición, pero a su vez, permiten el control de la velocidad, son motores de bajo par, restringiendo su uso a actividades que requieren del accionamiento de altas potencias. Su uso es general, se puede ver en robótica, en las unidades de CD-ROM, DVD, en impresoras y en sistemas de posicionamiento de piezas.

Dado que su aplicación se ve en sistemas DC, la mayoría de motores paso a paso se alimentan con este tipo de potencia, existen modelos AC, sin embargo son poco comunes y en el medio es más usual el uso de motores de inducción.

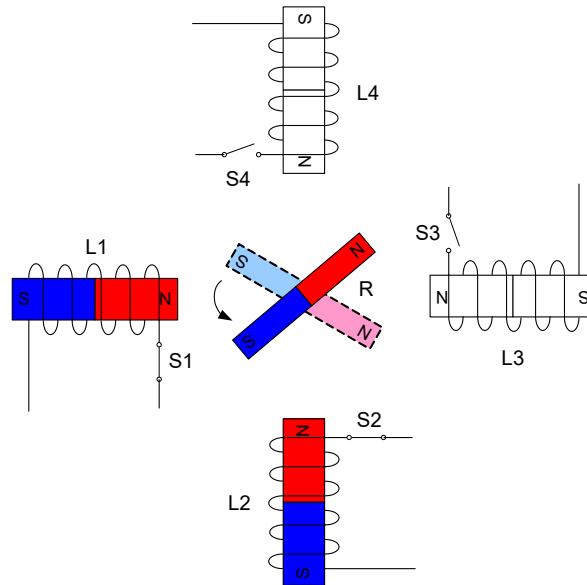
El término paso a paso se refiere a la naturaleza de su funcionamiento, un motor paso a paso tiene en su eje una bobina, similar a las que generan el campo magnético en los motores DC, en esta bobina llamada rotor circula una corriente, cuya dirección define su polaridad, esta dirección se mantiene constante conservando en la bobina la misma polaridad. Cuando el estator emite su campo magnético genera una polaridad, la naturaleza de los sistemas polarizados es la de atraerse o repelerse en función de su tipo de carga, así que el rotor se moverá

hasta que alcance una posición de equilibrio, si se invierte la corriente del estator habrá un cambio en su polaridad que hará que el rotor se vuelva a mover hasta que halle un nuevo punto de equilibrio. El resultado, es un giro completo de 360° a partir de pequeños pasos.

Con el siguiente ejemplo se ilustrará el funcionamiento, la **figura 27**, es el esquema de un motor paso a paso unipolar de cuatro pasos, el termino unipolar, se refiere a que la dirección de la corriente no cambia de sentido para que el rotor gire. L1, L2, L3 y L4 son bobinas del estator, R es el rotor representado de dos formas, la figura de colores oscuros muestra su posición actual y la de colores claros de línea intermitente la anterior, la flecha indica la dirección de giro, los interruptores S1, S2, S3 y S4 representan la activación o desactivación de la bobina.

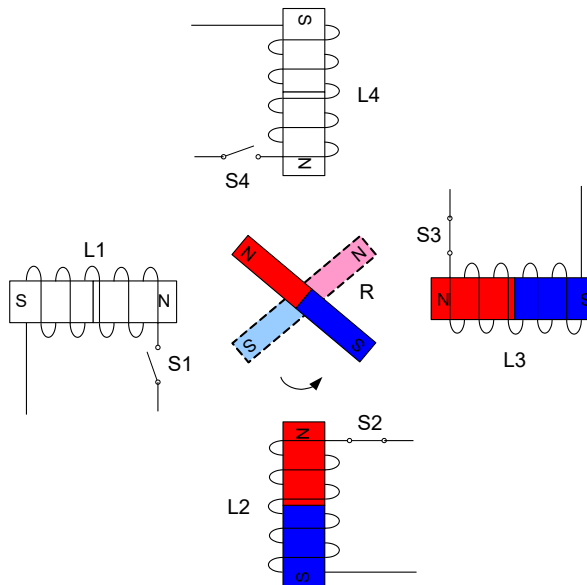
En la **figura 27**, si se activan las bobinas L1 y L2 se genera un campo magnético que las polariza, dado esto, el rotor se moverá hasta que encuentre su posición de equilibrio entre L1 y L2, si se desactiva L1 y se activa L3, **figura 28**, el rotor se buscará la nueva posición de equilibrio entre estas dos bobinas.

FIGURA 27 Motor paso a paso (1)



www.autric.com/microboticaymecatronica/motores_paso_a_paso

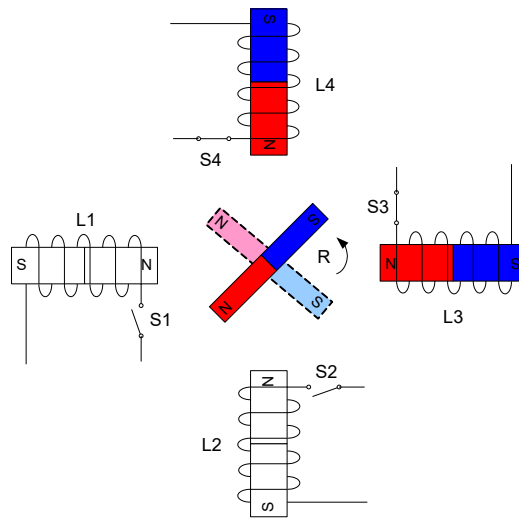
FIGURA 28 Motor paso a paso (2)



www.autric.com/microboticaymecatronica/motores_paso_a_paso

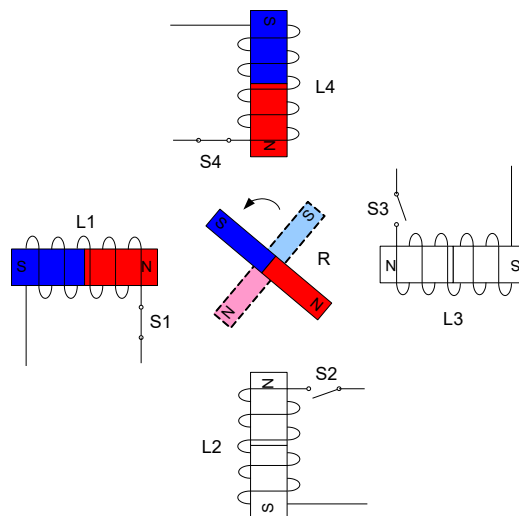
Una continuación del movimiento desactivaría a L2 y activaría a L4, **figura 29** posteriormente L3 se desenergiza para dar paso a L1, **figura 30**, el rotor continúa su movimiento hasta volver a la posición inicial, es decir L1 y L2 activos, **figura 27**. Completando un giro de 360° en sentido contrario de las manecillas del reloj.

FIGURA 29 Motor paso a paso (3)



www.autric.com/microboticaymecatronica/motores_paso_a_paso

FIGURA 30 Motor paso a paso (4)



www.autric.com/microboticaymecatronica/motores_paso_a_paso

Para invertir el sentido de giro del rotor, basta con modificar el orden de activación de las bobinas L1, L2, L3 y L4. El motor detallado anteriormente realiza una vuelta a partir de pasos de 90 grados, es decir 4 pasos, realmente se encuentran motores de hasta 500 pasos, para poder lograr esto se recurre a la mecanización de los núcleos de las bobinas y el rotor en forma de hendiduras o dientes, creándose así micropolos magnéticos, tantos como dientes y estableciendo las situaciones de equilibrio magnéticos con avances angulares mucho menores.

Entre los criterios que se tienen en cuenta para la selección de un paso a paso están:

➤ PAR DINÁMICO DE TRABAJO

Es el momento máximo que el motor es capaz de desarrollar sin perder paso, es decir, sin dejar de responder a algún impulso de excitación del estator y dependiendo, de la carga. Un aumento de la velocidad reduce el par del motor.

➤ PAR DE DETENCIÓN

Es una par de frenos debida a la acción del rotor cuando las bobinas del estator están desactivadas.

➤ ANGULO DE PASO

Se define como el avance angular que se produce en el motor por cada impulso de excitación. Se mide en grados.

➤ NÚMERO DE PASO POR VUELTA

Es la cantidad de pasos que ha de efectuar el rotor para realizar una revolución completa. Se define por la ecuación;

$$NP = \frac{360}{\alpha}$$

Donde α es el ángulo de paso del motor.

➤ FRECUENCIA DE PASO MÁXIMO

Es el máximo número de pasos por segundo que puede recibir el motor funcionando adecuadamente.

El comportamiento del motor paso a paso evidencia la necesidad de utilizar un circuito de control de movimiento, este circuito genera la secuencia adecuada para que el motor gire correctamente, un microcontrolador o a través de lógica electrónica puede servir, una nueva evidencia sobre el funcionamiento del motor concreta que los pulsos son de naturaleza digital, así que cualquier sistema que trabaje de esta forma puede funcionar como controlador, lo único que se establece es una etapa de potencia que amplifique la señal a valores adecuados para que las bobinas del estator del motor se puedan polarizar y que además protejan al circuito de control de las corrientes inversas que el motor podría generar.

1.4.2.6 Motores AC.

En el universo de la corriente alterna se pueden identificar dos grupos de motores, los monofásicos y los trifásicos. Esta diferenciación se basa en la utilización de un tipo requerido de señal AC, una señal monofásica está representada por una sola onda, este es el tipo de señal que llega a las casas, los motores de los electrodomésticos se pueden catalogar dentro de este tipo.

Una señal trifásica está representada por tres ondas desfasadas entre sí 120° , de este tipo se pueden identificar dos: los motores síncronos y los motores de inducción, los primeros se caracterizan por tener una velocidad constante determinada únicamente por la frecuencia de la señal eléctrica de alimentación (60 Hz), los segundos tienen la capacidad de poder variar su velocidad, para esto se utilizan los controladores de frecuencia en estado sólido, el cual permite la variación de la frecuencia de la señal de alimentación en un rango de 0 a 120 Hz, y también la variación del voltaje de entrada de 0 hasta el voltaje nominal o máximo del motor.

1.4.3 Actuadores hidráulicos y neumáticos

Los actuadores de tipo hidráulico y neumático se pueden clasificar dentro del mismo tipo, ambos trabajan con fluidos, se usan masivamente en la industria y son la razón de la existencia de los PLC¹⁷.

Los de tipo neumático son usados en sistemas de baja potencia, la razón es que el aire es compresible a altas presiones, un incremento de la presión en el sistema ocasiona fallos que pueden llevar a emergencias, son muy limpios, por eso son comunes en sistemas donde se trabajan alimentos o que se requieran de unos

¹⁷ Como se mencionó en el capítulo sobre los PLC, la lógica eléctrica gobernaba el funcionamiento de los actuadores, el PLC surgió como reemplazo de esta lógica.

máximos de higiene, dadas sus capacidades, son pequeños; el aire, su motor impulsor, es un elemento que puede ser extraído del ambiente, para esto se usa el compresor, el cual no sólo lo suministra, sino que también lo trata para que no acarree partículas que puedan dañarlo.

Los actuadores de tipo hidráulico se usan en sistemas de alta potencia, como tractores, sistemas de demolición y en la industria en general, su tamaño puede variar, son mucho más lentos que los neumáticos, el fluido, puede ser agua, cualquier derivado del aceite o una mezcla de ambos. Sin embargo se prefiere el aceite por soportar altas temperaturas, derivadas de las presiones con que trabaja, lubrica y evita la corrosión. Requieren de elementos extras como un tanque de almacenamiento, una bomba que impulsora y filtros que separen el fluido de las partículas que puedan ocasionar daños significativos.

Como elementos de pre-accionamiento ambos sistemas comparten las válvulas y las servoválvulas.

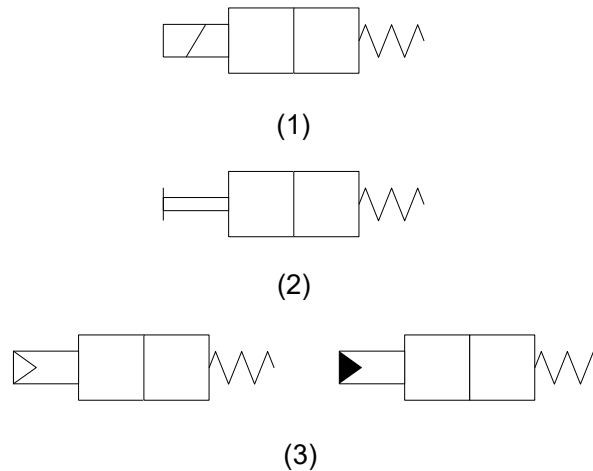
1.4.3.1 Válvulas.

Las válvulas se detallarán con mayor profundidad en el capítulo de neumática, sin embargo, es necesario dar mención a ellas dada su importancia en el funcionamiento de los actuadores. Son las encargadas de establecer o cortar la alimentación hacia el actuador, de esta forma, en los sistemas industriales la lógica de control cae directamente sobre ellas.

Atendiendo al elemento de mando, es decir, a la forma en que se puede actuar sobre la válvula para que realice su trabajo, se pueden especificar tres tipos, **figura 31**, de mando eléctrico (1), manual (2), hidráulico o neumático (3), las primeras conmutan de acuerdo a una señal eléctrica y son las que se usan en

sistemas automáticos, ya sea controlados por esquemas eléctricos o por PLC. Las de mando manual, exigen una fuerza aplicada a ellas para que trabajen, esta fuerza generalmente es humana. Las de mando hidráulico o neumático utilizan el mismo fluido del sistema que conmutan para ser accionadas, su lógica suele ser muy compleja y poco flexible.

FIGURA 31 Tipos de mando: 1) Eléctrico, 2) Manual, 3) Neumático (flecha blanca) e hidráulico (flecha negra).



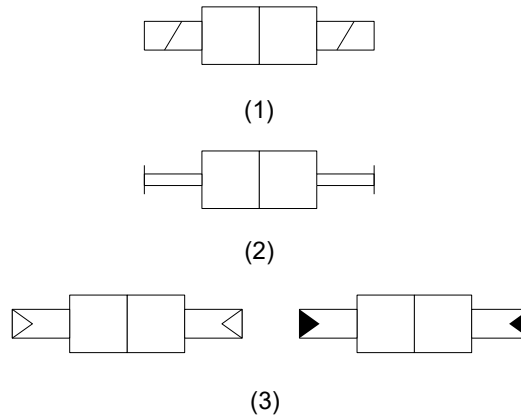
BALCELLS, Joseph. ROMERAL, José L. Autómatas Programables.

Las válvulas de la **figura 31** son de dos posiciones, y de tipo monoestable, es decir, tienen una posición fija determinada por un muelle, la válvula se mantendrá en esta posición siempre y cuando el mando no se accione. Las válvulas de la **figura 32**, son biestables, tienen dos mandos, y su posición dependerá de que mando este activo (nunca los dos a la vez), si los dos permanecen desactivados la válvula se ubicará en la última posición que la ha llevado los mandos.

Comúnmente en los circuitos de lógica neumática o hidráulica, las válvulas monoestables permiten realizar funciones lógicas lineales (AND, NOR, OR), las biestables permiten realizar funciones de memoria, similares a los Flip-Flops

electrónicos. Abriéndose paso al diseño de circuitos neumáticos o hidráulicos con lógica de tipo secuencial y combinacional.

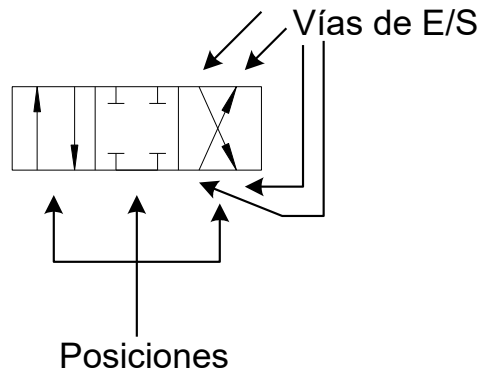
FIGURA 32 Válvulas biestables de tipo: 1) Eléctrico, 2) Manual, 3) Neumático (flecha blanca) e hidráulico (flecha negra)



BALCELLS, Joseph. ROMERAL, José L. Autómatas Programables.

Otra clasificación de las válvulas va de acuerdo al número de posiciones que permite el mando y al número de vías de entrada y/o salida en cada posición. Por ejemplo la **figura 33**, es una válvula 4/3, la cual tiene 4 vías (2 de entrada y 2 de salida bidireccionales) y 3 posiciones.

FIGURA 33 Válvula 4/3



Autores

1.4.3.2 Servoválvulas.

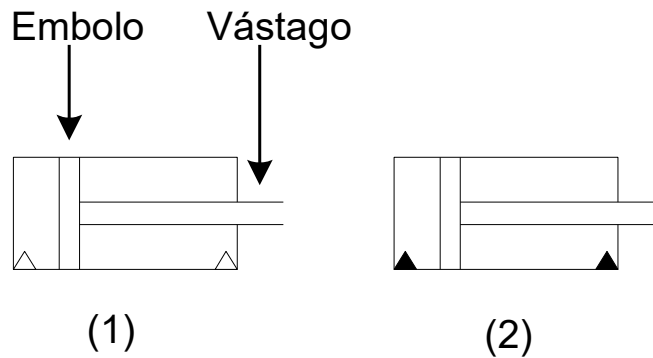
Las servoválvulas son componentes que permiten el control de caudal que pasa a través de ella, son accionadas por servomotores acoplados a un obturador de tipo rotativo o a un distribuidor. Se pueden comparar con la llave de paso del lavamanos, cuyo funcionamiento permite el flujo de una determinada cantidad de fluido de acuerdo a la posición de la perilla. Su movimiento es determinado por una señal continua ya sea de voltaje (0 a 10 voltios) o de corriente (4 a 20 mA), siendo de tipo analógico, algunas tienen incorporado su propio control permitiendo el uso de señales digitales para su accionamiento.

Entre los parámetros más importantes para tener en cuenta para la selección de servoválvulas está la sensibilidad, la cual relaciona el flujo de salida con la señal aplicada y la constante de tiempo y de amortiguamiento, esto debido a que su comportamiento es de un sistema de segundo orden, la constante de tiempo determina el tiempo que tarda la válvula en llegar a una posición luego de aplicar una señal.

1.4.3.3 Cilindros.

Un cilindro o pistón, *figura 33*, es un elemento que desarrolla un movimiento lineal con la aplicación de una presión en un lado del émbolo, los cilindros neumáticos trabajan con aire en sistemas de baja potencia, su contraparte hidráulica (aceite) es usada en sistemas de alta potencia.

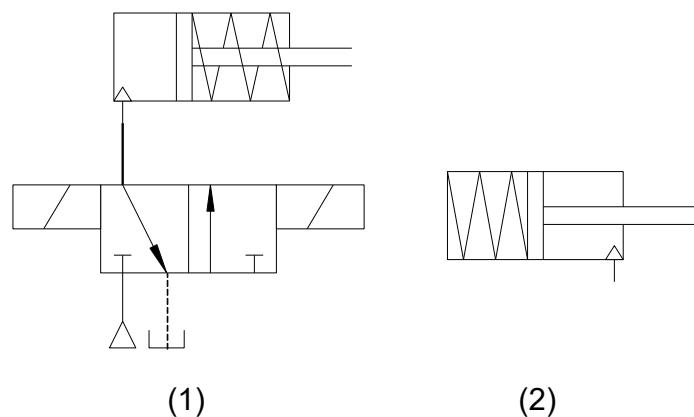
FIGURA 34 Cilindro neumático (1), hidráulico (2)



Autores

Los cilindros se pueden clasificar en dos tipos los de simple y doble efecto, los cilindros de simple efecto tienen una sola entrada, permitiendo el empuje en un solo sentido, retornando a su posición original mediante un resorte interno. Su movimiento es generalmente realizado con un válvula 3/2 similar a la de la **figura 35**.

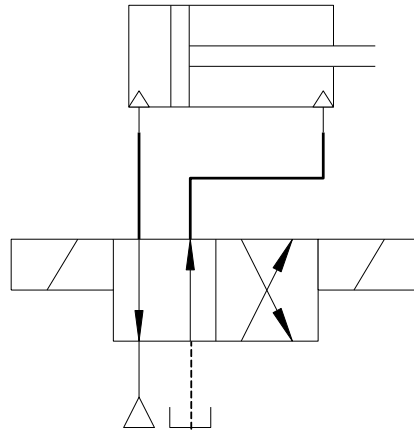
FIGURA 35 Cilindro de simple efecto con válvula de control 3/2 con muelle a la derecha (1) y muelle a la izquierda (2)



Autores

Los cilindros de doble efecto permiten empujar al émbolo en ambos sentidos, generalmente el mando se efectúa con válvulas 4/2, como en la **figura 36**.

FIGURA 36 Cilindro de doble efecto con control de válvula 4/2



Autores

La fuerza en los cilindros de doble efecto no es la misma en ambas direcciones, la razón se debe a la presencia del vástago que reduce el área efectiva de empuje (cuando el pistón entra), las ecuaciones que describen estas fuerzas son:

a) Para el lado émbolo (fuerza de salida)

$$F=K*P*Ae$$

b) Para el lado vástago (fuerza de entrada)

$$F=K*P*(Ae-Av)$$

Donde P es la presión, Ae es el área de la sección del émbolo, Av es el área de la sección del vástago y K es el coeficiente de carga que se toma entre 0.5 y 0.7.

1.4.3.4 Bombas y motores hidráulicos o neumáticos.

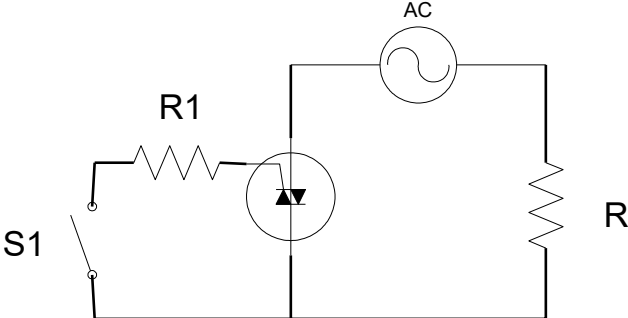
Las bombas y los motores ya sean hidráulicos o neumáticos funcionan bajo el mismo principio, las bombas succionan un fluido, ya este éste contenido en un recipiente o en el ambiente, por acción de la reducción de la presión en la toma, las bombas son accionadas por motores eléctricos de AC y su control ya puede ser de regulación de la frecuencia o del voltaje de entrada.

Los motores son todo lo contrario, estos entregan un movimiento rotacional en función del flujo que pasa a través de ellos, el sentido de rotación lo da el caudal, y los niveles de potencia depende de que tipo sea, en el mercado se pueden encontrar bombas y motores de paletas, de engranes (internos o externos) y de pistones, cada uno con sus características.

1.4.4 Actuadores térmicos

Usados en la industria (hornos) y en el hogar (secadoras, ventiladores), modifican la temperatura de un sistema, operan eléctricamente mediante la aplicación de una corriente AC a través de una resistencia (hecha de materiales metálicos de alto punto de fusión), la cual hace que ésta se empiece a calentar, para su control se usan TRIACS y su regulación se hace mediante sensores de temperatura que evitan que la temperatura aumente y sobrepase los niveles requeridos por el sistema. La **figura 37**, muestra un circuito de activación de una resistencia, el interruptor S1 representa al sistema de control, cuando se cierra genera una corriente a través de R1 y el TRIAC permite el paso de corriente a través de R, calentándose gradualmente. Para desactivar la resistencia basta con abrir el interruptor.

FIGURA 37 Control de una resistencia térmica



BALCELLS, Joseph. ROMERAL, José L. Autómatas Programables.

1.5 NEUMÁTICA

1.5.1 Introducción

En la industria moderna la neumática ocupa un merecido y destacado lugar debido a la sencillez de su aplicación y a su reducido coste de instalación. Se utiliza de forma indiscriminada en multitud de industrias y en mecanismos de los más variados tipos. Al igual que la energía eléctrica, se encuentra fácilmente disponible en casi toda empresa o pequeño taller de producción.

La aplicación generalizada de la neumática en la industria es relativamente reciente, ya que, al igual que otras formas de transmisión de energía, fue implantándose poco a poco hasta lograr el nivel de utilización alcanzado hoy día. Continuamente ha ido desarrollándose y ampliando su campo de aplicación. Hasta no hace mucho en el mercado solo se encontraba el clásico cilindro, algunas válvulas elementales y muy poco más. Aun con esta escasez de medios, y a través de este valioso elemento de fuerza, se diseñaron miles de mecanismos, con aplicación de fuerza directa del cilindro en unos, y transformando el movimiento lineal en otros.

Estas posibilidades múltiples de los cilindros siguen existiendo, y es con mucha ventaja, el dispositivo más comúnmente empleado para desarrollar trabajo. Además del cilindro clásico convencional, existen en la actualidad otros cilindros y actuadores con características peculiares que facilitan enormemente la solución directa de muchos problemas mecánicos: cilindros de carrera corta, de membrana, de varias etapas, multiplicadores de fuerza, accionadores de giro de paletas y de cremallera, motores neumáticos, unidades de avance aleoneumáticas y otros.

Con la neumática se puede lograr hoy día cualquier nivel de automatización. El grado de automatización dependerá de los requerimientos de la maquina y también del coste. El más elemental sistema puede estar formado por un cilindro de doble efecto, por ejemplo, comandado por una válvula de accionamiento manual que será manipulada por el operador cada vez que desee dar salida al vástago o hacerlo retroceder.

Un paso más avanzado en la automatización de dicho cilindro puede lograrse haciendo que con una sola orden de avance del vástago, éste llegue al final de su carrera y de forma automática retroceda hasta el origen. Puede conseguirse también, de manera muy sencilla, que el vástago realice alternativos de entrada y salida de forma repetitiva con una sola orden de comienzo del ciclo. Y para terminar, el grado más alto sofisticación puede obtenerse comandando un cilindro especial mediante una válvula proporcional y, con ayuda de la electrónica y de la informática, se logren rampas de aceleración y frenado, velocidades variables y fuerzas reguladas a voluntad. Todo ello mediante un programa informático especialmente concebido para este fin.

1.5.2 Características esenciales de los componentes neumáticos

Considerando temperaturas normales de utilización, las características más importantes de los aparatos neumáticos son la presión y el caudal admisible. La presión no representa problema alguno ya que en general todos ellos han sido concebidos para soportar presiones neumáticas de hasta unos 10 bar aproximadamente. Sí es variable el caudal que puede circular por el interior de las vías sin que existan importantes pérdidas de carga, ya que dependerá de las secciones de los conductos. Cuando mayor sea el elemento, mayores serán los conductos interiores y, por tanto, mayores también los caudales admisibles.

Por un mismo aparato pueden circular caudales diferentes; si el caudal es excesivo para el tamaño del aparato, las pérdidas de carga o caídas de presión entre el orificio de entrada y el de salida, pueden ser elevadas y resultar antieconómico el uso de la instalación; si por el contrario el caudal es reducido, el precio del aparato será excesivo para la función asignada. Es preciso pues encontrar un cierto equilibrio entre las dos situaciones mencionadas para acertar con el tamaño apropiado del elemento.

El caudal necesario en una instalación dependerá del tamaño de los cilindros y de otros actuadores, y de la velocidad que en dichos elementos se pretenda conseguir. La elección del paso de las válvulas y del resto de los componentes dependerá de esas variables.

Debido a la compresibilidad del aire, la medida del caudal que es capaz de proporcionar un elemento neumático, resulta un tanto compleja cuando se emplea como fluido dicho elemento. Para solventar este problema, lo que se hace en la práctica es emplear agua y determinar un parámetro que pueda compararse al caudal permitido de aire.

1.5.3 Maquinas neumáticas

- Manipuladores industriales.
- Máquinas de taladro múltiple.
- Embaladoras.
- Plataformas elevadoras industriales.
- Refrentadoras y achaflanadoras de tubo.
- Plegadoras de cajas de cartón.
- Manipuladores de cargas.
- Robots industriales.

- Robots didácticos.
- Bancos de prueba.
- Máquinas para el etiquetado y sellado de botellas de vino.
- Vibradores neumáticos selectores de piezas.
- Máquinas para el mecanizado de madera.
- Curvadora de tubos.
- Máquinas para el conformado, taladrado y roscado de piezas.
- Prensas para madera.
- Contadoras y preseleccionadoras de piezas.
- Pulidoras.

1.5.4 Aplicaciones generales en diferentes industrias

- **AGRICULTURA E INSTALACIONES GANADERAS**

Dispositivos oscilantes, de elevación y giratorios en diferentes máquinas, distribución y alimentación, selección y pesado de ganado, dispositivos de ventilación para invernaderos.

- **CARPINTERÍA METÁLICA**

Dispositivos auxiliares de montaje, estampado y corte, mecanismos de taladro, sistemas de pulido.

- **CENTRALES NUCLEARES**

Accionamiento de válvulas, control de compuertas, dispositivos de medición.

➤ IMPRENTAS

Dispositivos para el desplazamiento de rodillos, corte, plegado, empaquetado, unidades de mezclado de tintas.

➤ INDUSTRIA ALIMENTARIA

Empaquetado, transporte interno, dispositivos dosificadores y de selección, moldeado, dispositivos de llenado de botellas, latas y barriles, etiquetado.

➤ INDUSTRIA DEL AUTOMÓVIL

Accionamiento de llaves para tornillos manipuladores diversos, amarres, alevadores, herramientas neumáticas, regulación de asientos, suspensiones.

➤ INDUSTRIA DEL CAUCHO

Mecanismos diversos en el moldeo de piezas, máquinas auxiliares de corte y desbarbado, dispositivos de ensayos, sistemas de vacío.

➤ INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN

Mezcladoras, mandos de cierre para silos, prensas moldeadoras, dispositivos de dosificación, aparatos de transporte, perforadoras de roca, simuladores de sismos.

➤ INDUSTRIA DE LA MADERA Y MUEBLE

Accionamiento de sierras tronadoras, dispositivos de sujeción, alimentadores, taladradoras, fresadoras, dispositivos de avance de mesas, prensas.

➤ INDUSTRIA MECÁNICA

Herramientas diversas, elementos de sujeción, prensas, accionamiento de bancadas de tornos, fresadoras y otros, aparatos elevadores de cargas, maquinas de ensayos, máquinas auxiliares de mecanizado, máquinas de bricolaje.

➤ INDUSTRIA METALÚRGICA

Dispositivos auxiliares de trenes laminadores, mecanismos de hornos de fusión, extractores de machos, aparatos elevadores.

➤ INDUSTRIA MINERA

Accionamiento de cabrestantes y cintas transportadoras, perforadoras, elementos auxiliares.

➤ INDUSTRIA DE PLÁSTICO

Dispositivos auxiliares de moldeo, prensas, maquinas de ensayo, sistemas de vacío.

➤ INDUSTRIA TEXTIL

Apilado y transporte, dispositivos de corte, prensado, sistemas de ventilación.

➤ INDUSTRIA QUÍMICA

Accionamiento de bombas, accionamiento de autoclaves, sistemas de ventilación y vacío.

➤ INDUSTRIA DE VIDRIO Y CERÁMICA

Accionamiento de crisoles, moldeado de fibra de vidrio, compuertas de silos.

➤ TRANSPORTE

Mecanismos de frenado, accionamiento de puertas correderas, mandos de barreras, amortiguadores, accionamiento de escaleras de acceso en trenes de alta velocidad, elevación y descenso en barandillas de camiones de abastecimiento de combustible para aviones.

1.5.5 Simbología neumática

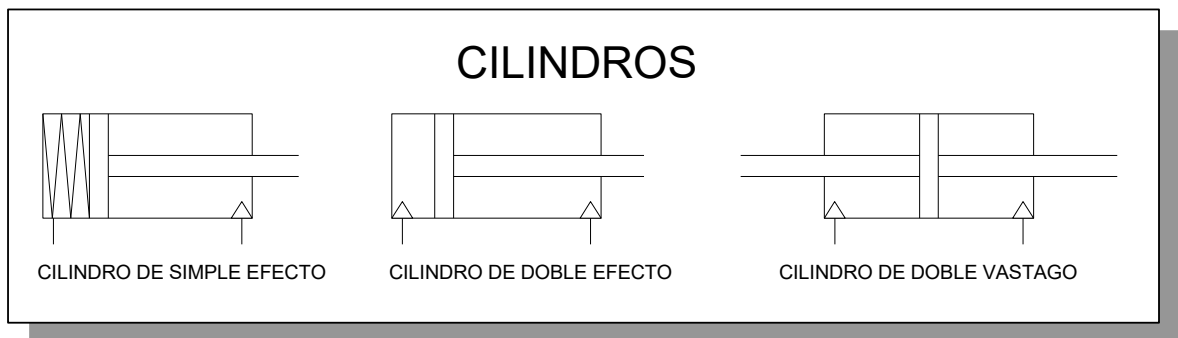
Para representar los esquemas neumáticos se emplean, símbolos normalizados de uso universal. Estos símbolos muestran de la forma más simple e inteligente posible, la función que cada componente neumático desempeña. Son muy expresivos e identificados fácilmente por cualquier técnico con conocimientos en la materia. En el caso de cilindros, el símbolo es semejante al propio cilindro; en otros casos, están formados por un símbolo básico y por uno o varios signos de funciones que realizan.

En las válvulas distribuidoras cada posición de la corredera se representa por un cuadrado en el cual se incluyen las vías y los sentidos de flujo. Las válvulas de

presión se muestran mediante un solo cuadrado, las válvulas reguladoras de caudal se indican con rectángulos, los aparatos de mantenimiento se representan por rombos, y para terminar, los elementos como motores, bombas de vacío y compresores, con círculos como elemento básico.

Los símbolos neumáticos han sido normalizados por el máximo organismo a nivel internacional. Tal entidad es la International Organization Standardization que utiliza las siglas ISO. En el caso que nos ocupa, la norma es la ISO 1219 y para España, la UNE 101-149-86 con el nombre de Transmisiones Hidráulicas y Neumáticas. Símbolos gráficos. Estas normas comprenden a la vez las recomendaciones del Comité Europeo de Transmisiones Oleohidráulicas, o CEPOT.

FIGURA 38 Simbología de cilindros



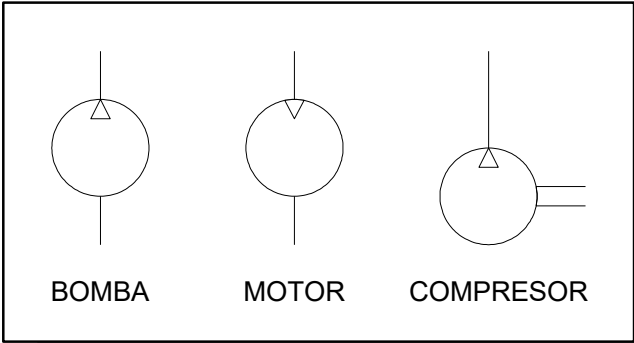
Autores

FIGURA 39 Simbología unidades de mantenimiento.



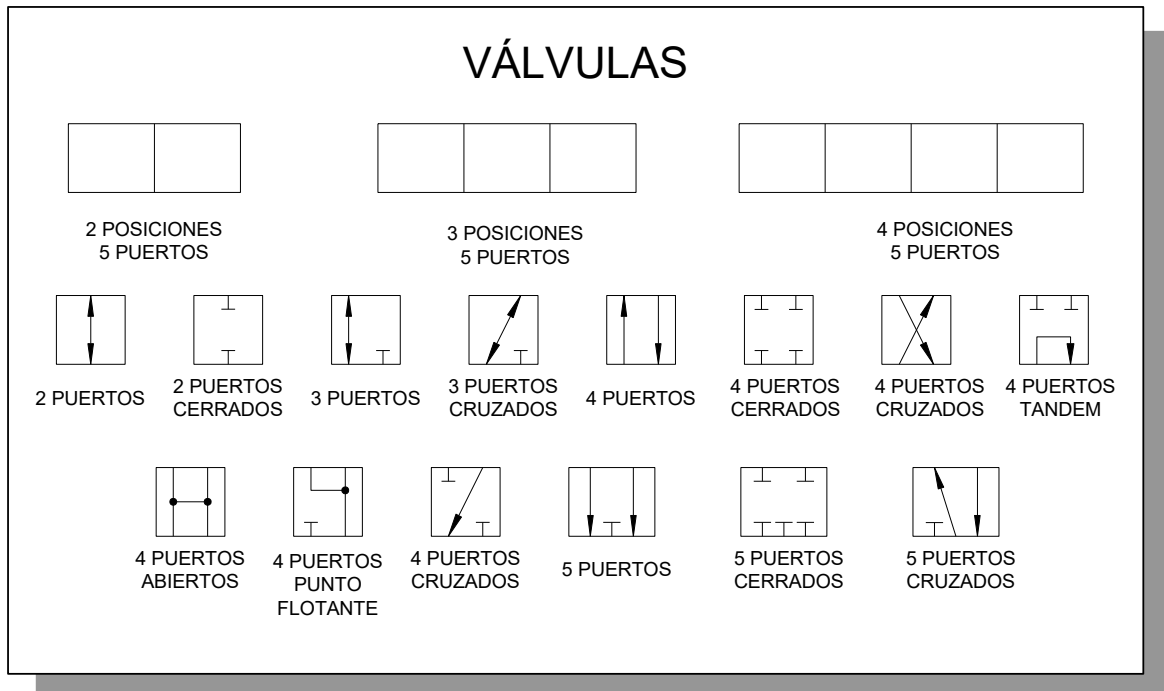
Autores

FIGURA 40 Simbología bomba, motor y compresor



Autores

FIGURA 41 Simbología válvulas



Autores

1.5.6 Cilindros neumáticos

Los cilindros son componentes neumáticos que mediante el uso del aire comprimido, generan un movimiento rectilíneo de avance y retroceso de un mecanismo. Son los elementos de trabajo de más frecuente uso en neumática, muy por encima de los accionadores rotativos, motores, pinzas y otros. Aunque existen en el mercado una gran variedad de tipos, algunas veces forman parte de un bloque mecánico y es preciso fabricarlos como parte integral del mismo. Por esta razón, a este elemento se le prestará una atención especial, no sólo en cuanto a configuración interna, sino en cuanto a cálculos de las diferentes partes que lo componen. Aunque existen comercialmente tipos muy diversos,

generalmente se dividen en cilindros de simple efecto y cilindros de doble efecto. Los de doble efecto son los más utilizados.

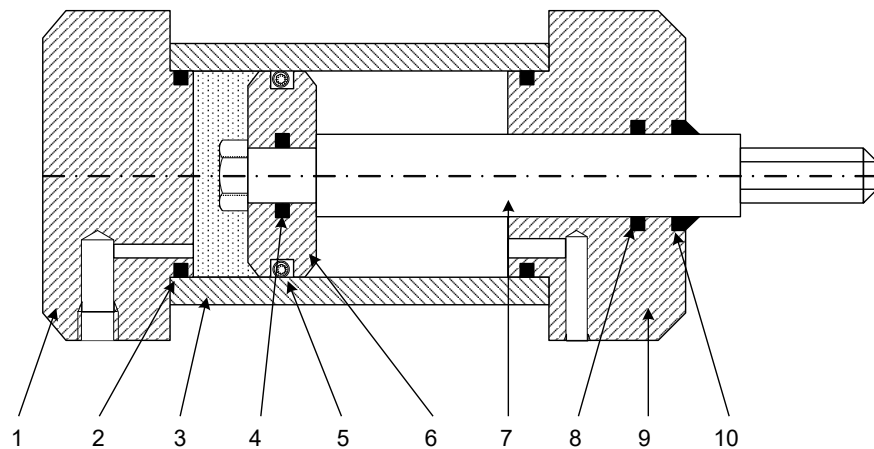
Los de simple efecto reciben aire a presión por una de sus cámaras, que suele ser la que produce el trabajo, desplazando al vástago. El retroceso se produce de forma mecánica, bien por la acción de un resorte, o bien por la acción de la gravedad sobre masas solidarias al vástago.

Con la utilización del aire comprimido se consigue en cilindro velocidades de hasta 1.5 m/s en los convencionales, y hasta 10 m/s, en los cilindros de impacto.

1.5.6.1 Cilindros de doble y simple efecto.

En la **figura 42** se muestra un cilindro de doble efecto con las partes más esenciales.

FIGURA 42 Cilindro de doble efecto.



SERRANO NICOLÁS, A. Neumática.

El funcionamiento del cilindro es el siguiente: para hacer avanzar el vástago, el aire a presión penetra por el orificio de la cámara trasera, llenándola y haciendo

avanzar el vástago. Para que esto sea posible, el aire de la cámara delantera ha de ser desalojado al exterior a través del orificio correspondiente. En el retroceso del vástago, se invierte el proceso haciendo que el aire penetre por el orificio de la tapa delantera, y sea evacuado al exterior a través del conducto unido a la tapa trasera.

Esencialmente un cilindro neumático se compone de tapa trasera (1), tubo o camisa (3), pistón (6), vástago (7) y tapa delantera (9). Para conseguir la estanqueidad es preciso que tanto las tapas, como el pistón y el vástago, posean las correspondientes juntas de cierre. Así, en las tapas se montan juntas estáticas (2), en el pistón juntas estáticas (4) y dinámica (5), y en el vástago la dinámica (8). La junta (10) es lo que se denomina anillo rascador, y tiene por misión limpiar el vástago de impurezas de polvo y suciedad que pueden adherirse a la superficie, cada vez que ésta avanza y se pone en contacto con el aire ambiente.

Cuando las velocidades de translación de las masas que accionan los cilindros son elevadas, conviene amortiguar la velocidad al final de la carrera para evitar choques bruscos, ruido excesivo, y posible deterioro de algunas partes. La amortiguación se realiza en el mismo cilindro, cuando se monta uno de ellos especialmente concebido para este efecto, y consiste fundamentalmente en crear un colchón de aire con escape regulable al final de la carrera.

1.5.6.2 Cilindros de carrera corta.

Normalmente se conoce por cilindros de carrera corta a los cilindros compactos de construcción convencional, de pequeño recorrido y dotados de émbolo y pistón. Aquí se va a ampliar esa denominación a otros tipos que, aunque pueden cumplir una función similar, son de construcción totalmente diferente. Se trata de los cilindros de membrana, y de los denominados elásticos tipo fuelle.

Los cilindros compactos de carrera corta son actuadores especialmente concebidos para la sujeción de piezas en distintos procesos de mecanización, posicionado, enclavamiento y otros. Aunque son de pequeño tamaño, poseen una gran fuerza de empuje, y al no existir amortiguación de final de carrera, son muy rápidos en sus cortos desplazamientos. Existen de doble efecto y de simple efecto. Pueden estar dotados de detectores magnéticos de posición que permiten ser utilizados en automatismos diversos.

Los cilindros de membrana, son cilindros de concepción diferente. En éstos no existe un émbolo que se desplaza deslizándose por el interior de la camisa, sino que una membrana elástica de caucho cumple la doble función de hacer de émbolo y de cierre hermético de las cámaras. Los desplazamientos son pequeños y limitados por la deformación posible de la membrana. Suelen desarrollar esfuerzos elevados ya que se construyen también en elevados diámetros. Existen de doble y de simple efecto.

Los cilindros elásticos de fuelle, son cilindros un tanto singulares ya que carecen de émbolo y de vástago. Están constituidos por un fuelle elástico que se deforma axialmente bajo la acción de la presión de aire, y por una tapa superior y otra inferior, que sirven también como fijación al mecanismo. Al no existir vástago, el propio cilindro es incapaz de alinearse en el desplazamiento, por tanto, el mecanismo donde van alojados estos cilindros debe poseer guías para que el movimiento sea perfectamente axial.

Estos cilindros pueden cumplir doble función de cilindros y de amortiguadores de vibraciones. En el primer caso con las limitaciones que imponen su forma constructiva y características, y con la particularidad de que son de coste reducido, no existe rozamiento y no se requiere mantenimiento alguno.

Son muy empleados también como elementos amortiguadores de vibraciones, con regulación de la altura a voluntad, y con una gran capacidad de amortiguamiento, tanto para las vibraciones como para el ruido. Suelen estar contruidos por uno o dos fuelles según la carrera desarrollada.

Como cilindros son muy empleados como elementos de fuerza, en plataformas y mesas rotatorias, dispositivos de fuerza en instalaciones de estampado y corte, maquinaria para contrachapeado de madera, maquinaria para la preparación de hormigón, sistemas de embrague y frenado, etc.

Como amortiguadores se utilizan en transportadores vibrantes, separadores centrífugos, sistemas de desmoldeo en fundiciones, máquinas de prueba de resortes, industria textil y otros.

1.5.6.3 Cilindro miniatura.

Son cilindros de tamaño muy reducido utilizados en mecanismos donde se desarrolla una fuerza muy pequeña con carreras muy reducidas también. Existen de doble y de simple efecto, con diámetro de pistón variable de 6 a 20 mm aproximadamente y carrera que oscilan entre los 5 y los 20 mm.

Tienen la ventaja, de que exteriormente el cuerpo se encuentra roscado en toda su longitud, pudiendo adaptarse al soporte mediante el agujero roscado también, o bien con agujero pasante y tuercas de fijación. Este cuerpo roscado posee también la particularidad de que puede posicionarse axialmente a voluntad facilitando el montaje. Tanto los de simple como doble efecto son alimentados por la parte trasera del cilindro.

1.5.6.4 Cilindros con bloqueo de vástago.

Dada las características del aire de uso industrial de poder ser comprimido o expandirse libremente si se aumenta el volumen del recinto que lo contiene, el vástago de un cilindro no puede detenerse en cualquier punto de su carrera aunque deje de ser alimentado por aire a presión. Éste es uno de los inconvenientes principales que presenta la neumática. En oleohidráulica no ocurre así; si un cilindro hidráulico deja de ser aumentado, el vástago se para inmediatamente. Si al circuito se le dota de válvulas de bloqueo estratégicamente situadas, el vástago no solamente para en el lugar especificado, sino que ninguna fuerza externa es capaz de hacer variar su posición, por ser el aceite un fluido incompresible.

La solución que se ha encontrado en la neumática pasa por un bloqueo de tipo mecánico. Este freno es un dispositivo adicional que se monta a la salida del vástago de algunos cilindros normalizados, con la salvedad de que éstos habrán de estar dotados de un vástago de mayor longitud. El mecanismo de bloqueo se monta, tanto para garantizar la parada en un punto de recorrido concreto, como para bloquear el vástago en cualquier parte del recorrido ante un eventual corte de energía eléctrica o de suministro de presión de aire. Este bloqueo garantiza la carga máxima admisible en el cilindro equivalente a una presión de trabajo en la cámara de avance de unos 8 bar. La precisión en la parada depende esencialmente de la carga del cilindro, de la velocidad de desplazamiento, del tiempo de respuesta de las válvulas de mando y del volumen de aire desplazado.

1.5.6.5 Cilindro de doble fuerza y varias posiciones.

Son cilindros especiales diseñados para obtener, en unos, una fuerza doble con un mismo diámetro de cilindro, y en otros, varias posiciones fijas. Tienen el

denominador común de poseer dos cuerpos del mismo diámetro situados en prolongación y formando una sola unidad.

De este tipo están los cilindros con dos camisas situadas en tándem, para conseguir una fuerza sobre el vástago muy próxima al doble de lo que se conseguiría con un solo elemento. Esta solución permite ahorrar espacio lateral, necesario en algunos mecanismos, aunque se duplica la longitud. El cilindro consta de dos cámaras independientes con dos pistones y un vástago común. El aire se introduce a la vez en ambas cámaras superponiéndose los esfuerzos de cada pistón. Pueden ir dotados o no de cámaras de amortiguación final carrera.

1.5.6.6 Cilindros neumáticos programados.

Los grandes avances experimentados en el campo de la electrónica y de la informática, unidos a los progresos obtenidos de la neumática, han permitido lograr actuadores que pueden ser gobernados de forma muy flexible a través de diferentes programas de ordenador.

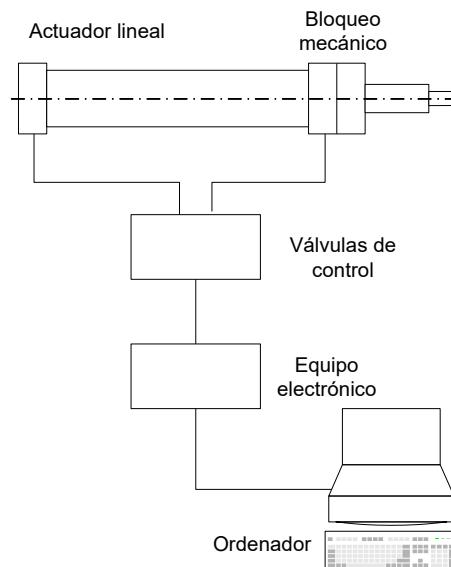
El principal problema de parada de un cilindro neumático en cualquier posición se resuelve mediante el bloqueo mecánico mencionado anteriormente, y el uso de válvulas de control adecuadas. Estos sistema, aunque no son excesivamente precisos , ya que se obtienen en el actuador paradas con precisión del orden de una décima de milímetro, pueden ser utilizados en multitud de procesos industriales, donde es necesaria una variación relativamente frecuente del ciclo de trabajo. Complejos programas de un ciclo neumático pueden ser almacenados en disquetes y reutilizados nuevamente en cualquier momento y con un mínimo tiempo de preparación.

Estos objetivos se logran mediante el uso de varias tecnologías: neumática, mecánica, eléctrica, electrónica e informática. Como puede verse, todas ellas al

servicio de la idea común de lograr el control riguroso del movimiento de un cilindro o actuador neumático.

En la **figura 43** se muestran de forma esquemática las diferentes partes que componen un sistema de este tipo. En general, como actuadores se emplean cilindros especiales dotados de bloqueo mecánico. Éstos pueden ser también sin vástago montados con un posicionador lineal que aumenta el grado de precisión. En cuanto a las válvulas de control pueden ser de solenoide normal, o bien proporcionales.

FIGURA 43 Cilindro neumático programado.



SERRANO NICOLÁS, A. Neumática.

1.5.7 Válvulas distribuidoras y de mando

Las válvulas son elementos concebidos para controlar el arranque, parada, dirección y sentido de flujo de aire en un circuito neumático. Cumple la función de válvulas distribuidoras cuando se utilizan para gobernar todo tipo de actuadores,

bien sea lineales como los cilindros, rotativos como los motores neumáticos, o pinzas. Como válvulas de mando o pilotaje, se emplean en general para gobernar de forma directa o indirecta, las válvulas distribuidoras anteriores. Estas válvulas de mando o pilotaje, se montan en los circuitos en paneles de mando, para ser manipuladas voluntariamente por el operador de la máquina, o bien se montan cerca de los actuadores, para ser pulsadas mecánicamente por dichos elementos. Unas y otras válvulas funcionan bajo el mismo principio y con la misma representación simbólica. Sólo se diferencian en los circuitos, por la función que cada una de ellas cumple y también, a veces, por el tipo de mando.

Aunque existen dos tipos de válvulas según la forma constructiva, esto no importa al confeccionar el circuito neumático donde sólo interesa la labor que dichas válvulas desempeñan en él. El símbolo para representarlas sólo indica su función de una forma muy simple, sin importar para nada la forma inferior característica de cada modelo o cada fabricante en cuestión.

1.5.7.1 Representación esquemática y función característica.

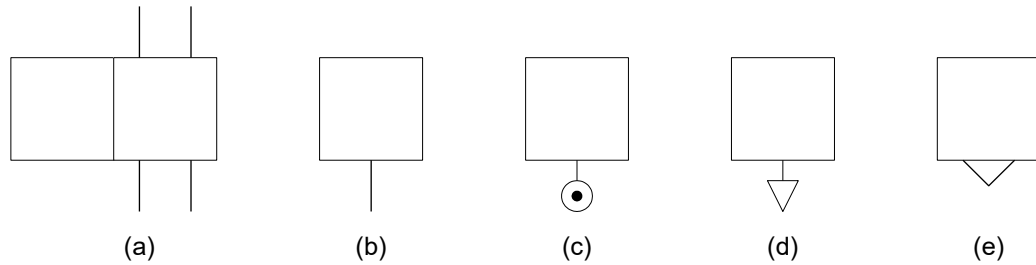
Las válvulas distribuidoras y de mando pueden ser de dos o tres posiciones, y de dos o más vías. Las posiciones se representan por un cuadrado; dos cuadrados pegados el uno al otro representan una válvula de 2 posiciones, y tres cuadrados representan una válvula de 3 posiciones. En neumática, el caso más frecuente es el de las válvulas distribuidoras y de mando de 2 posiciones.

Las vías de la válvula se representan por las entradas o salidas que están unidas a uno de los cuadrados. Estas vías son orificios, roscados o no, que comunican con el exterior. Se excluyen aquí los orificios empleados para el pilotaje, si es que la válvula lleva incorporado este tipo de mando.

En la **figura 44**

- a) Se representa una válvula de 2 posiciones y 4 orificios o conexiones con el exterior.
- b) Se representa una conexión general.
- c) Conexión con toma de presión.
- d) Escape con tubo conectable a la atmósfera.
- e) Escape pero directo a la atmósfera o al exterior¹⁸.

FIGURA 44 Vías y tipos de conexiones.



SERRANO NICOLÁS, A. Neumática.

Todas estas vías o conexiones con el exterior se representan en el cuadrado que representa la posición de reposo o inactiva del circuito. A veces, a las conexiones u orificios se les denominan también vías. Dentro de cada cuadrado se representan las líneas de flujo del aire con el sentido de circulación, los cierres de paso y la unión de algunos conductos.

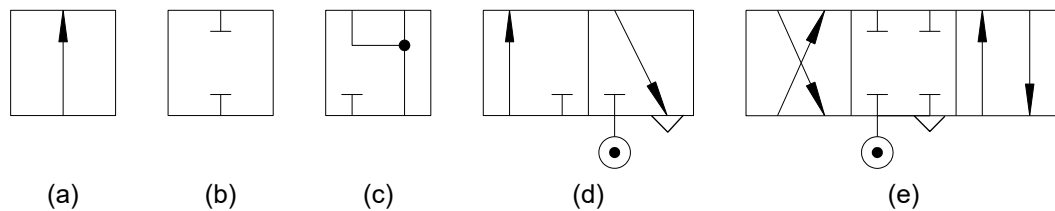
En la **figura 45**

- a) Se muestran las diferentes formas de sentido de flujo.
- b) Cierre de paso.
- c) Unión de conductos en un punto.

¹⁸ SERRANO NICOLÁS, A. Neumática.

- d) Se muestra la válvula clásica de 2 posiciones y 3 orificios o vías, donde puede apreciarse la toma de presión, el sentido de flujo y el escape a la atmósfera.
- e) Símbolo de una válvula de 3 posiciones y 4 vías, con posición central cerrada en los 4 orificios¹⁹.

FIGURA 45 Representación de las líneas de flujo



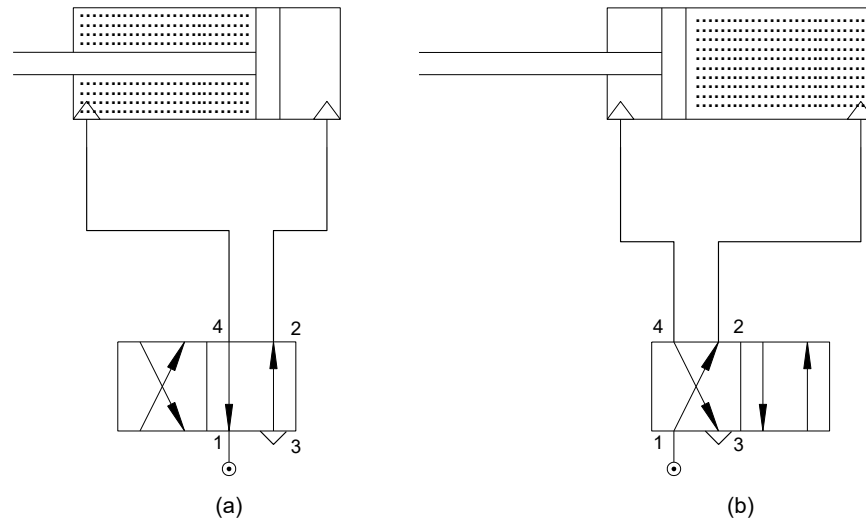
SERRANO NICOLÁS, A. Neumática.

Cada cuadrado o casilla de un distribuidor produce una determinada función. Para ello, y aunque en los circuitos se dibujan en posición de reposo, se supone que bajo una acción externa que puede ser fuerza manual, neumática, electromagnética, etc, las casillas se desplazan sobre las tomas exteriores y ocupan una u otra posición.

En la **figura 46** se ha representado el gobierno de un cilindro de doble efecto, mediante la válvula de 4 vías.

¹⁹ SERRANO NICOLÁS, A. Neumática.

FIGURA 46 Gobierno de un cilindro.



SERRANO NICOLÁS, A. Neumática.

- a) Se aprecia lo que podría ser la posición de reposo o circuito inactivo. En este estado, la presión en (1) se transmite a la salida (4) y el vástago del cilindro permanece atrás en reposo. Mientras tanto, y para que esto ocurra, el aire de la cámara trasera del cilindro deberá ser desalojado a la atmósfera a través de los orificios (2) y (3).

- b) Se muestra la otra posible posición de la válvula donde, como puede observarse, en este caso es la conexión (1) la que se comunica con (2) haciendo avanzar al émbolo del cilindro. Para que esto sea posible, el aire de la cámara delantera debe ser desalojado al exterior a través de la vía formada por los orificios (4) y (3)²⁰.

²⁰ SERRANO NICOLÁS, A. Neumática.

1.5.8 Válvulas de accionamiento manual

Las válvulas de accionamiento manual son aquellas que para su funcionamiento requieren la acción voluntaria del operador. En un circuito neumático puro, es decir, resuelto solamente con la tecnología neumática, el número de válvulas de accionamiento manual dependerá del grado de automatización del sistema. Un número elevado de éstas supondrá una mayor participación del operario en la máquina, como uno de los objetivos primordiales de la neumática es aumentar el grado de automatización de los procesos industriales, cuanto menor sea la participación del individuo, mayor será también la rentabilidad del equipo neumático.

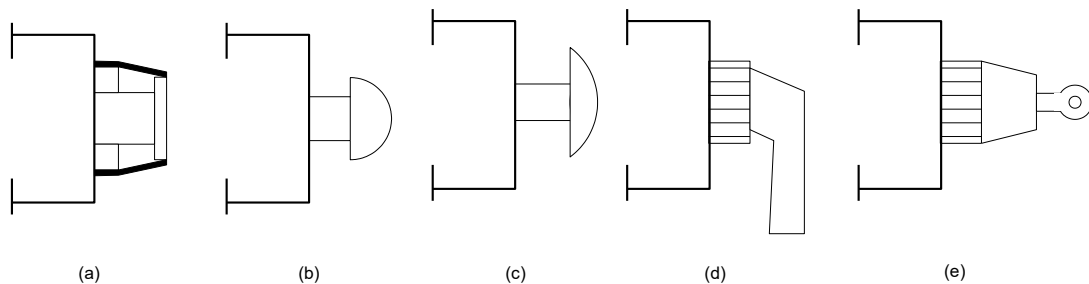
Por muy automatizado que esté el circuito siempre habrá, al menos, una válvula de accionamiento manual y voluntaria, que será la que impulse al sistema a realizar el ciclo completo. Este impulso inicial dependerá también de otras acciones manuales que predispongan el sistema para que se desarrolle el ciclo automático: carga de piezas, control de la correcta disposición de las mismas, verificación de medidas, etc.

Normalmente estas válvulas de accionamiento manual se instalan en pupitres de mando, donde se centralizan varias de ellas, o bien se sitúan en lugares aparte donde puedan manipularse con facilidad por el operador de la máquina. Atendiendo a los modelos más usuales se pueden clasificar en : válvulas de pulsador, de llave, de palanca y otras. Todas ellas de tamaño reducido y, casi siempre, dedicadas a gobernar válvulas mayores que servirán para hacer funcionar las unidades de trabajo. Dentro de éstas pueden considerarse las válvulas de pedal, que aunque accionadas por el pie del operador, forman parte de la familia de las manuales.

Otras válvulas, también de manejo manual, son aquellas que directamente comandan a los actuadores, bien sean cilindros, unidades de giro o motores neumáticos. Son más voluminosas y con mayores diámetros nominales de paso del fluido que conducen mayores caudales. Para su accionamiento requieren mayores esfuerzos en el vástago.

En la **figura 47** se muestran los tipos de mandos más normales pertenecientes a microválvulas o válvulas que habitualmente se montan en pupitres de mando en placas de reducido espesor, con taladros normalizados, y sujetas por tuercas o tornillos en la parte posterior al mando.

FIGURA 47 Diferentes tipos de accionamiento manual.



SERRANO NICOLÁS, A. Neumática.

- a) Se representa un pulsador rasante protegido, como puede apreciarse, por un anillo metálico o de plástico, que impide el accionamiento accidental de la válvula cuando represente peligro para el operador o para el propio proceso industrial. Necesariamente a de ser pulsada con uno de los dedos de la mano.
- b) Es un mando de tipo seta, diferenciado del anterior en que éste no posee ningún tipo de protección; el pulsado del mando es más fácil y puede realizarse con la mano extendida con un simple golpe.

c) Es un tipo de mando igualmente seta, pero de mayores dimensiones; se emplea se emplea como elemento de emergencia ante posibles anomalías o peligro en el funcionamiento del circuito. Al ser la seta de mayor tamaño, el accionamiento es más fácil y rápido que con cualquier otro tipo de mando.

Suele ser de color rojo o amarillo, indicativos de emergencia, y además de instalarse en el pupitre de mandos, se montan en lugares estratégicos desde los cuales se puede paralizar el funcionamiento rápidamente en caso de peligro.

d) Válvulas selectora de llave, son parte de circuitos en los que es necesario y preciso proteger su funcionamiento ante personas ajenas a él. A través de las cuales se logra bloquear el sistema de forma voluntaria. Sólo el uso de la llave permite el desbloqueo, y por lo tanto, la puesta en marcha de la máquina.

e) Selector de maneta de 2 ó 3 posiciones fijas, o bien de 2 posiciones extremas y retorno por muelle a la posición central. Este tipo de mando es muy utilizado, por ejemplo, en la selección manual o automática de un determinado ciclo de trabajo²¹.

1.5.9 Válvulas de accionamiento mecánico

Las válvulas de accionamiento mecánico son activadas por un mecanismo en movimiento o por el vástago del propio cilindro. Al igual que las de accionamiento manual, la mayoría son de pequeño tamaño y se emplean como válvulas

²¹ SERRANO NICOLÁS, A. Neumática.

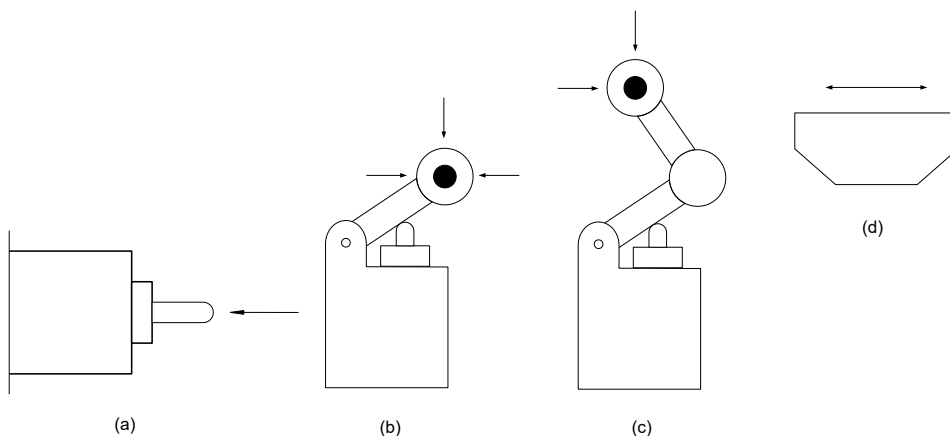
detectoras de posición. Existen de mayor tamaño que gobiernan directamente los cilindros, pero usadas con menor frecuencia. En general se usan las de pequeño tamaño para gobernar distribuidores de cilindros de mando automático.

Aparte de los actuadores de fuerza, son prácticamente los únicos componentes del circuito neumático que deben ocupar una determinada posición en la máquina. Válvulas de mando manual, distribuidores de cilindros, reguladores de presión, válvulas selectoras, etc, pueden ubicarse en cualquier lugar, siempre que guarden el debido orden y las distancias no sean elevadas para evitar pérdidas de carga.

Pero el problema no es sólo de ubicación de válvulas captadoras de posición, sino que es preciso diseñar mecanismos que las hagan funcionar correctamente y las preserven de roturas accidentales ante cualquier anomalía en el circuito. Debe tenerse en cuenta, que al ser accionadas por mecanismos en movimiento, la fuerza de actuación sobre el vástago no está controlada.

En la **figura 48** se muestran tres de las formas más usadas en el mando de estas válvulas.

FIGURA 48 Diferentes formas de mando mecánico.



SERRANO NICOLÁS, A. Neumática.

- a) Se muestra una válvula de pulsador de ataque frontal. Para que se produzca la conmutación en la válvula es preciso un pequeño recorrido; después de éste, existe una carrera de seguridad que, bajo ningún concepto debe ser sobrepasada por el mecanismo de accionamiento. Es, por tanto, preciso un tope mecánico exterior que limite la carrera del mecanismo.
- b) y c) resuelven el problema que presenta el tipo de válvula anterior. Ambos mandos se accionan por topes con rampa inclinada, como el mostrado en (d). Entre ambas existe una diferencia importante a pesar de ser accionadas de la misma forma. La válvula mostrada en (b) permiten el accionamiento en los dos sentidos de marcha, tal y como indican las flechas, en cualquiera de los dos sentidos que pase la rampa inclinada del tope, la válvula es accionada de la misma manera.

La válvula (c) sólo permite el accionamiento en un solo sentido, en este caso en el que indica la flecha. En el otro no actúa neumáticamente, aunque mecánicamente sea pulsada también. Es debido al brazo articulado de la ruleta que queda escamoteado descendiendo la roldana, pero no el vástago de actuación. Por esta razón se denominan válvulas de ruleta abatible o escamoteable. Estas válvulas tienen una gran importancia como elementos anuladores de señal en los circuitos²².

²² SERRANO NICOLÁS, A. Neumática.

1.5.10 Válvulas de pilotaje neumático

El pilotaje neumático consiste en accionar una válvula a distancia aprovechando la fuerza que produce el aire a presión. Esta fuerza se utiliza para desplazar el núcleo de la válvula y producir la conmutación de las vías. La mayoría de las veces la presión de la red para la actuación, pero existen elementos en los cuales, la conmutación se produce por una reducción de la presión en una de las cámaras; en la otra puede actuar un resorte o una contrapresión de aire.

Las válvulas de pilotaje neumático se utilizan en circuitos como elementos de mando de los distintos tipos de actuadores existentes: cilindros, actuadores rotativos, motores y otros. Necesitan pues de otras válvulas de pequeño formato, capaces de direccionar el fluido a las cámaras de pilotaje de los distribuidores principales. Estas microválvulas pueden estar separadas una cierta distancia de los distribuidores, pero esta no debe ser excesiva.

En los pilotajes por aire a presión es preciso considerar que sólo puede producirse el desplazamiento de la corredera, si en la cámara opuesta se desaloja el aire hacia el exterior. Es éste un factor importante que se debe tener en cuenta ya que causa muchísimos problemas en el diseño de circuitos, sobretodo en proyectistas neumáticos con escasa experiencia. Normalmente un circuito neumático puede adaptarse correctamente diseñado en esquema, pero en la práctica no funcionar debidamente. En las válvulas pilotadas neumáticamente es preciso analizar bien los escapes al exterior. El aire en las cámaras de pilotaje debe ser desalojado a la atmósfera, sin ofrecer excesiva resistencia y lo más rápidamente posible. Esto se logra con tuberías de sección suficiente y de longitud limitada.

Las válvulas de pilotaje neumático pueden ser de asiento plano o de corredera. Pueden ser con pilotaje en los dos lados. Estas últimas suelen ser biestables o

también denominadas con memoria, es decir, un impulso instantáneo traslada la corredera al otro extremo y, aunque desaparezca tal impulso inicial, se mantiene esa posición hasta que una orden en sentido inverso la haga volver nuevamente a la posición anterior.

1.5.11 Electroválvulas

El mando electromagnético de una válvula se utiliza cuando la señal procede de un final de carrera eléctrico, de un presostato o de un dispositivo eléctrico. A través de este tipo de mando la señal eléctrica es transformada en una señal neumática destinada a accionar el mecanismo de cierre o apertura de las distintas vías de las válvulas.

1.6 SISTEMAS SCADA

1.6.1 Introducción

En los sistemas de control de procesos existen los elementos que interactúan con el medio ya sean, para recibir datos, como los sensores, o para modificarlo como los actuadores, y los elementos de control, los cuales se encargan de procesar toda la información proveniente de los sensores, la analizan y generan una respuesta hacia los actuadores.

Los sistemas SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition, control y adquisición de datos de supervisión) están dentro de este tipo de elementos de control, proporcionando no sólo control y supervisión de un gran número de procesos, los cuales pueden estar a grandes distancias entre sí, sino que también presentan información relacionada de forma amigable, tal que un usuario la pueda entender.

Los primeros sistemas SCADA fueron sistemas que se modificaban según su propósito, los fabricantes atendían las peticiones de los compradores que requerían de un sistema de control para su industria, de acuerdo a estas pautas, modificaban un SCADA antiguo y le agregaban los nuevos requerimientos, en algunos casos omitían funciones que no se requerían y vendía el nuevo producto al fabricante. Estos eran sistemas que generaban reportes periódicos a partir de señales que representaban medidas y condiciones de estado, muchas de estas provenientes de lugares remotos, el monitoreo y control eran muy simples, la muestra de los datos se daba con contadores y lámparas, tiempo después los computadores se encargaron de recolectar los datos, y también de presentarlos

sobre una pantalla, realizando actualmente, funciones de control mucho más complejas.

Los actuales proveedores de sistemas SCADA crean diferentes módulos, para procesos específicos, se puede encontrar entonces, módulos para procesamiento de papel y celulosa, industria de aceite y gas, hidroeléctricas, plantas de agua, control de fluidos, etc. Además estos sistemas tienen la capacidad de integrarse a la parte gerencial del proceso, proveyendo información que es necesaria a la hora de tomar decisiones económicas cotidianas,

Dada esta última tendencia es imperativa la creación de sistemas de control precios y confiables, para esto se usan sistemas redundantes, en los cuales se toma un controlador SCADA en paralelo al sistema de control primario, y también un sistema de reserva del mismo situado en un lugar distinto al del proceso. Esta arquitectura proporciona la transferencia de automática de la responsabilidad del control de cualquier ordenador, en caso de que uno falle, y evita una interrupción significativa de las operaciones.

Los sistemas SCADA agrupan puntos de un proceso, los cuales proporcionan información tanto analógica como digital o de estado (por ejemplo, abierto o cerrado). A su vez pueden enviar datos y controlar el secuenciamiento de las operaciones, aplicando las reglas funcionamiento que el proceso requiere.

Un SCADA esta compuesto por una estación principal (llamada Estación Principal, Master Terminal o MTU); una o varias estaciones recolectoras de datos de campo llamadas Remote Terminals Units o RTU y el software apropiado para el proceso, el cual es usado para monitorear y controlar remotamente los dispositivos de campo. Los sistemas SCADA ofrecen elementos de control a lazo abierto y lazo cerrado, cubren áreas geográficas grandes, comunicándose entre dispositivos por

una LAN (Local Area Network o Red de área local). El control puede ser automático o realizado a través de comandos por un usuario, la adquisición de datos es realizada por el RTU, los cuales exploran los elementos conectados a ellos (sensores de temperatura, presión, nivel, etc.) en intervalos muy cortos, la MTU explora los RTU a una velocidad menor, los datos entonces serán recibidos e interpretados, en caso de una lectura grave, dará una alarma y se procederá a la corrección pertinente.

Los datos de lectura, pueden ser de tres tipos, digitales (on/off) asociados a alarmas, análogos representados a través de gráficos, y de pulso (conteo de revoluciones de un medidor). La muestra de estos datos se hace a través de una pantalla, generalmente, en una representación gráfica de la planta o proceso a controlar, los datos que cambian se muestran como dibujos de primer plano denominados "foreground", y la planta es un fondo estático (background), el "foreground" es actualizado a medida que los datos de lectura van cambiando, otros valores de tipo analógico representan sus cambios a través de una gráfica. Estos datos pueden ser mostrados continuamente, o por disposición del operario cuando este considere relevante chequearlo.

1.6.2 MTU – Master Terminal Unit

La MTU es la parte central de los sistemas SCADA, en ella, se realizan las operaciones indispensables para el control de la planta, a su vez, es la encargada de mostrar toda la información referente, como también su correspondiente recopilación.

A continuación un listado de las principales funciones de una MTU:

- **Adquisición de datos:** Realiza toda la recolección de datos provenientes de los RTU.
- **Trending:** todos los datos que son recolectados ingresan a una base de datos, los cuales, pasan a ser graficados. El trending grafica en tiempo real y almacena comportamientos o tendencias para su posterior análisis.
- **Procesamiento de alarmas:** las MTU analizan los datos, y en caso de una condición anormal genera una señal de alarma.
- **Control:** automatización de los procesos, a través del control en lazo cerrado.
- **Visualizaciones:** gráficas que representan la planta y que a su vez informan cambios o estados que esta tiene, (por ejemplo, tanque desocupado, o válvula cerrada).
- **Informes:** generación de reportes del proceso, estos son enviados mediante una red LAN a otras estaciones de trabajo.
- **Mantenimiento del sistema:** en todo proceso de control es indispensable un plan de seguridad, en los casos de los sistemas SCADA se habla de sistemas Mirror, los cuales toman el mando en caso de que el sistema principal falle.
- **Interfaces con otros sistemas:** proporcionan la transferencia de datos a sistemas de índole corporativa, como el procesamiento de órdenes de trabajo, de compra, etc.
- **Seguridad:** controla el acceso a distintas partes del sistema.

- **Administración de la red:** monitoreo de la red de comunicaciones.

- **Administración de la base de datos:** Es la encargada de la reconfiguración del sistema, es decir, agregar cambios, como nuevas estaciones de trabajo, condiciones de seguridad, etc.

Las MTU de los sistemas SCADA son compatibles con la mayoría de las plataformas o sistemas operativos existentes, anteriormente, este tipo de sistemas requerían de equipos que sobrepasaban las cualidades de los existentes, lo que exigía el diseño de un hardware específico.

En los 70 y a principios de los 80, los SCADA operaban bajo la plataforma RSX11M, la cual trabajaba en equipos PDP11 de la Digital Equipment Corporation, posteriormente se empezó a trabajar con Unix, sin embargo, la tecnología de la computación fue avanzando, trayendo consigo nuevas y mejores características que permiten que un sistema SCADA pueda trabajar ahora en cualquier equipo, actualmente se usan plataformas como Windows NT, QNX y Solaris (estas últimas bajo plataforma UNIX).

1.6.3 Adquisición de datos

La forma en que se ha venido tratando la transferencia de los datos ha ido cambiando a medida de que los sistemas se han vuelto mucho más complejos, rápidos y rigurosos.

Al principio, la comunicación entre la MTU y los RTU del sistema trabajaban a través de un protocolo de interrogación (polling), en el cual la central indagaba periódicamente los RTU, estos compartían la información, sin embargo, nunca

informaban por cuenta propia y siempre esperaban a que la MTU los indagara para informar de algún cambio. Los RTU se encargaban de procesar los datos provenientes de los instrumentos de lectura, así como también de la conversión de las señales análogas a digitales.

Sistemas más modernos, permitían a RTU's más inteligentes procesar la información que le llegaba, y agruparla por horas, la central se encargaba entonces de preguntar a los RTU sobre algún cambio, si la respuesta era negativa, pasaban al siguiente. Los valores umbral que se consideraban para que el RTU determinara que hubo algún cambio en el valor reciente, oscilaban entre el 1 y el 2 por ciento de la señal anterior. Este protocolo se llama de reporte por excepción, y puede reducir el tráfico de comunicaciones, siempre y cuando hubiera algún cambio lento en el sistema a controlar.

Un adelanto en este tipo de comunicación, permite al RTU reportar los cambios sin que éste espere una pregunta previa por parte de la central, reduciendo el uso del sistema de comunicaciones y permitiendo así el control de un mayor número de RTU's. Sin embargo se realizaba un chequeo a todas las unidades, si una de ellas llegara a fallar, el sistema nunca se daría por enterado. Para evitar que dos RTU interfirieran en su comunicación, si estos llegaran a enviar datos simultáneamente, se utilizaba el sistema de acuse de recibo, el cual informa que los datos pudieron ser procesados. Una respuesta negativa haría que el RTU reenviara los datos.

Para manejar los fallos de comunicaciones que se podrían originar en la transmisión de los datos, los sistemas SCADA tienen como operatoria normal incorporar un sistema de seguridad en la interrogación, en la cual se exige que cada RTU se debe comunicar periódicamente, si no responde, entonces se

procederá a realizar un número de recomprobaciones. Las fallas en las respuestas previas, harán que el RTU en cuestión sea marcado como “fuera de servicio”.

1.6.4 Redes de comunicación

Con el propósito de comunicar los RTU's con la MTU, los sistemas SCADA utilizan la mayoría de las redes de comunicación existentes, para tal caso se identifican en su uso:

1.6.4.1 Transmisión radial.

Siendo de las más comunes, usan el FSK (Frequency Shift Keying, codificación por cambio de frecuencia), el cual trabaja por canales de radio analógicos. En este tipo de transmisión, los códigos digitales 0 y 1 se representan por frecuencias de 1800 y 2100 hertz respectivamente, las cuales se pueden enviar sobre una radio de audio normal. Este tipo de transmisión presenta un retardo de RTS (Request to Send, petición de enviar), provocada porque la señal enviada requiere de tiempo para que alcance niveles aceptables para ser percibida por la MTU. Una red de radio consta de un repetidor, a este están “conectados”²³ todas las RTU's del sistema, estas envían sus datos en una frecuencia específica, diferente a la que utilizan para recibir, una vez una señal es recibida por el repetidor es enviada a la central, la central emite su respuesta hacia el repetidor y este la reenvía hacia los RTU's completando el ciclo.

²³ En algunos sistemas se usa un protocolo para la comunicación entre el repetidor y la central, y otro para el mismo repetidor hacia los RTU's, en este tipo de casos se utiliza un gateway para unir las dos comunicaciones.

1.6.4.2 Servicios satelitales

En este tipo de comunicación se presentan los sistemas VSAT (Very Small Apertura Terminal), como la opción más económica, en este sistema, se alquila un segmento del espacio (64 K o más) y los datos se envían de un sitio remoto a un hub vía satélite. Este tipo de comunicación implica el uso de protocolos utilizados por el sistema VSAT, como el TCP/IP.

1.6.4.3 Modbus.

Protocolo usado para las comunicaciones por cable, los PLC's lo utilizan comúnmente. Es muy limitado para sistemas SCADA y se prefieren protocolos para el mismo tipo de medio como el DNP3.

1.6.4.4 Sistemas Landline.

Comúnmente usados, pero propensos a fallas provocados por factores externos como rayos y termitas, cuando esto sucede se recurre a la comunicación por radio.

1.6.5 Procesamiento de alarmas

Las señales provenientes de los RTU's son analizadas constantemente por el MTU, si los valores toman magnitudes que son consideradas por el sistema como peligrosas, una alarma es emitida. Las alarmas son clasificadas según su prioridad, siendo las más altas las correspondientes a alertas de seguridad. Una vez son emitidas pasan a proceso de evaluación por el operador, el cual procede a realizar los cambios para la eliminación de la alerta.

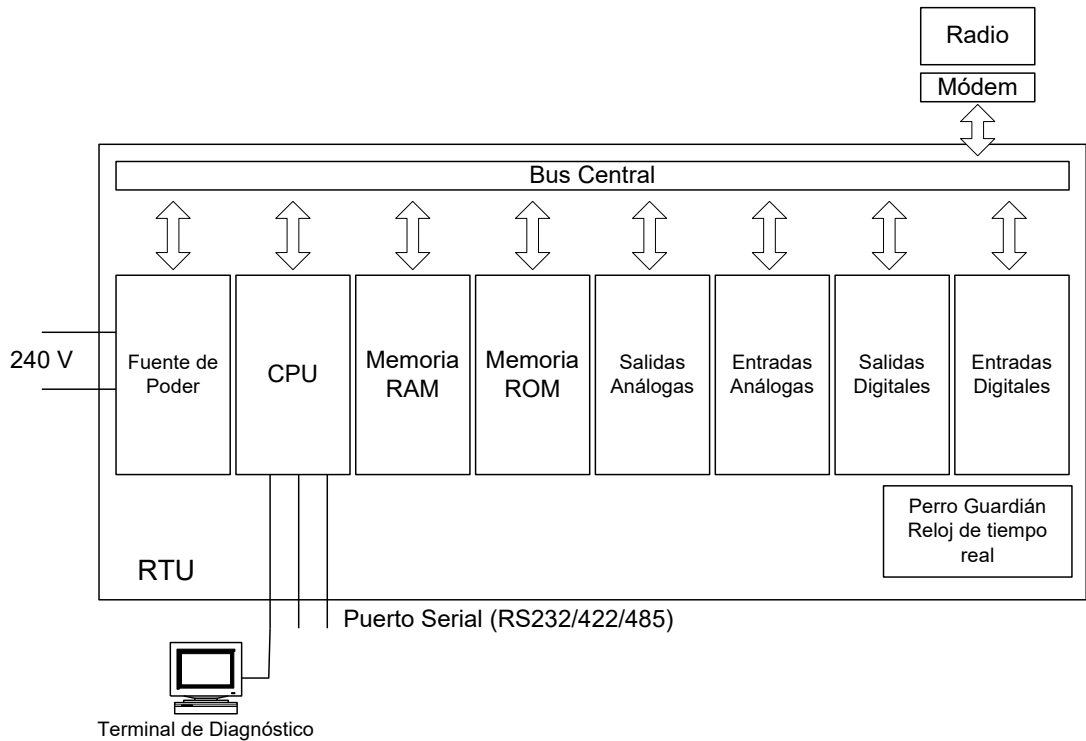
1.6.6 RTU – Remote Terminal Units

El RTU es la unidad encargada de la recepción de los datos provenientes de los elementos de adquisición de datos tales como sensores, y del manejo de los actuadores que trabajan sobre el sistema. A su vez, se encarga de la emisión de los datos hacia el MTU y de la recepción de respuestas provenientes de este.

Existen dos tipos de RTU's, los básicos denominados "single boards", y los modulares que son más completos y funcionales, los primeros, están compuestos por una sola tarjeta que contiene puertos de entradas y salidas tanto digitales como análogas, la cantidad de puertos depende del modelo del equipo, los cuales son fijos y no dan posibilidad de cambio sobre el mismo modelo, así un aumento en el número de entradas (mas sensores, por ejemplo) implicaría un cambio de equipo.

Los modulares son equipos más completos, constan de una tarjeta madre sobre la cual se pueden agregar módulos o tarjetas, de igual o diferentes funciones, se pueden apreciar módulos de entradas y salidas digitales, así como su versión analógica, módulos de control de motores, válvulas, etc.

FIGURA 49 Hardware del RTU



DEHEZA, Eduardo. Scada. Una breve descripción. Documento 2002.

El hardware del RTU, **figura 49**; está compuesto por una CPU o unidad central, la cual es el cerebro de todo el equipo, una memoria RAM, donde se almacenan los datos mas recientes, una ROM, donde se almacenan programas y datos más importantes, un puerto de comunicación ya sea de tipo serial o módem, una fuente de alimentación (con batería incluida, previniendo fallas eléctricas), un perro guardián, el cual se encarga de reiniciar el RTU en caso de fallos, un sistema de protección eléctrica, las interfaces de entrada y de salida y un reloj de tiempo real.

Controlando o supervisando el comportamiento del RTU, tenemos los programas o el software, conformado por: un sistema operativo en tiempo real, un driver para la comunicación con la central, un driver para los módulos de entradas y salidas, un programa que permita la exploración, procesamiento y grabación de la información

proveniente del campo, además de que interactúe con las peticiones de la central, un módulo que permita la configuración del usuario de parámetros propios del RTU como la habilitación o deshabilitación de entradas y salidas, un módulo de diagnóstico de datos y un sistema de archivos con soporte para la descarga de programas realizados por el usuario.

Cuando un RTU explora los módulo de entrada, lo hace a una frecuencia muy alta, entregando esta información al MTU cuando este la requiera, en el caso de que el MTU es el que haga la petición, sin embargo, los RTU puede realizar operaciones sobre los elementos de campo conectados a él, como cambios de estado, control del tiempo entre los cambios y almacenaje de datos. Puede realizar un procesamiento de alarmas, y ejercer sobre ellas las acciones de control correspondientes de acuerdo a la acción que determine el MTU.

La capacidad del RTU depende del modelo, los grandes pueden procesar cientos de entradas de información y además conectar RTU's de menor tamaño. Los de menores características se denominan sistemas stand-alone minúsculos, funcionan con baterías las cuales pueden durar mas de un año, guardan los datos provenientes de campo en memorias de tipo EPROM o FLASH ROM, no pueden manejar un protocolo de comunicaciones, por lo que sólo se puede acceder a la información por vía manual a través de un operador, su cerebro es un procesador limitado compuesto por un chip simple con poca memoria.

Los sistemas STAND-ALONE pequeños le siguen en categoría, estos tienen la capacidad de tomar datos de los sensores periódicamente, pueden manejar protocolos de comunicaciones y su alimentación es una batería de energía solar de alto rendimiento.

Los sistemas medios son ordenadores industriales single board exclusivos para este propósito. Los sistemas grandes son un completo control de planta con todas las alarmas visuales y sonoras, se comunican sobre LAN de alta velocidad.

Dado el alto número de fabricantes y la carencia de una estandarización, en especial en el área de comunicaciones, es virtualmente imposible conectar dos RTU de diferente origen directamente, sin embargo, se han creado emuladores y conversores de protocolos que permiten la interacción de sistemas totalmente diferentes. Algunos estándares han comenzado a emerger para RTU's, como DNP's e IEC870 para las comunicaciones y el IEC1131-3 para programar RTU's.

2 METODOLOGÍA DEL DESARROLLO DEL PROYECTO

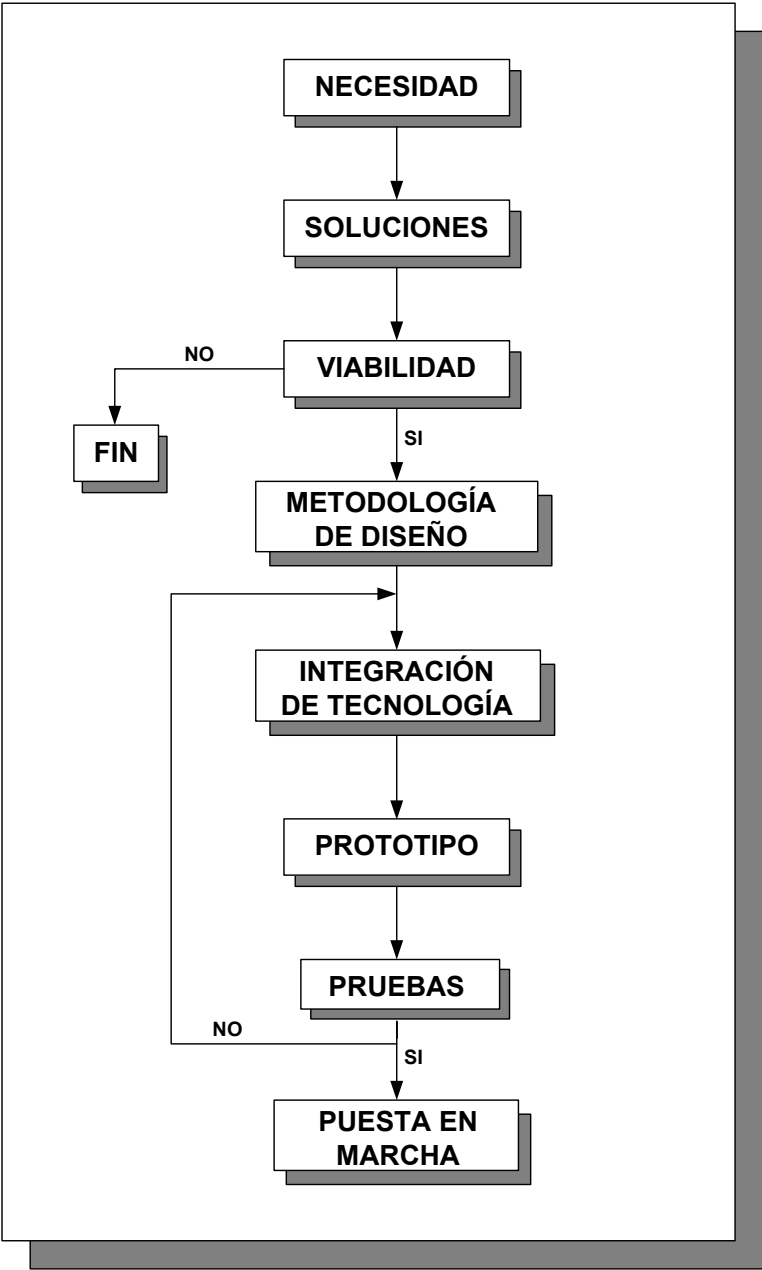
2.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo, se describen uno a uno los pasos generales a seguir para la creación de un proyecto de grado para optar por el título de Ingeniero Mecatrónico. Tomando como base el diagrama de la **figura 50**, se describirán los pasos para el desarrollo del proyecto, diseño e implementación de un manual de prácticas para el área de automatización industrial.

En el manual, el usuario podrá encontrar un curso básico de automatización industrial, el cual debe ser guiado por una persona experta. El libro se desarrolló contando con el Laboratorio de Automatización Industrial (LAI), de la Universidad Autónoma de Bucaramanga, que consta de una amplia gama de elementos industriales. El manual está destinado para el uso de estudiantes de la asignatura o para cualquier personal profesional o técnico de áreas afines que maneje los conocimientos previos necesarios mencionados a lo largo de este capítulo.

El manual está conformado por un libro que contiene dieciocho prácticas en total, doce de PLC's y seis de LabVIEW, un CD didáctico que agrupa las dieciocho prácticas, además de imágenes e información adicional y un banco de pruebas que facilita el montaje de los elementos.

FIGURA 50 Metodología del proyecto.



Autores

2.2 NECESIDAD

El desarrollo industrial del siglo XXI está ligado al paradigma tecnología-competitividad, este binomio está transformando la gestión empresarial moderna; con él, se determina el éxito, la supervivencia o decadencia de las empresas, productos y mercados²⁴. Expertos como M. Porter, en sus trabajos sobre competitividad, destaca la innovación tecnológica como un factor determinante de éxito.

Junto a este avance, está la formación de nuevas capacidades que generen competitividad para poder establecerse en un mercado exigente, el cual, esta ansioso de productos con altos estándares de calidad; entre estas capacidades se encuentran la Automatización Industrial, como método para la implementación de nuevas tecnologías y el control de procesos, y las tecnologías de información como parte clave de la interacción cliente-planta en la toma de decisiones ligadas a la producción.

Todo esto conlleva al ingeniero, a ver la necesidad de aprender a manejar un sin número de tecnologías para ser competitivos en un mercado global; entre ellas se destaca la Automatización industrial como parte vital en el funcionamiento de procesos en una empresa proyectada a futuro.

Con el propósito de contribuir al desarrollo de futuros ingenieros, la Universidad Autónoma de Bucaramanga vió la necesidad de adquirir equipos de control industrial y materiales afines; esto permitió la creación del Laboratorio de Automatización Industrial, ubicado en el sexto piso del edificio de ingenierías, donde se pueden realizar pruebas y ejercicios con equipos profesionales. Todo

²⁴ ARISTIZÁBAL F, Jesús. La Tecnología. Artículo.

esto dio como resultado la importancia del desarrollo de guías que permitan al estudiante acceder al laboratorio y aprovechar al máximo los elementos que a él pertenecen.

2.3 SOLUCIÓN

Elaborar un manual de prácticas para el área de automatización industrial cuyo fin será instruir y capacitar a los estudiantes en el desarrollo de tecnologías en esta área; dada la importancia que presenta en el entorno laboral y la necesidad por el desarrollo de conceptos y habilidades. Convirtiéndose esta solución en el objetivo general del proyecto.

2.4 VIABILIDAD

Los estudiantes de ingeniería mecatrónica, tienen el libre acceso al laboratorio cumpliendo con unas normas establecidas y a todos los elementos que este contiene, su disponibilidad permite al estudiante elaborar cualquier trabajo con fines educativos. De esta forma el presupuesto necesario para el desarrollo del proyecto es muy bajo, y se destina únicamente al material de impresión, dando como resultado un alto porcentaje de viabilidad sobre el proyecto.

2.5 METODOLOGÍA DE DISEÑO

Para la metodología de diseño se tuvo en cuenta una estructura donde cada paso es un requisito del anterior, considerando las necesidades a suplir en los objetivos

planteados. Cada uno de estos pasos, fueron ideados para que en futuras ocasiones se puedan aplicar en la formación de nuevos manuales.

2.5.1 Profundizar en las áreas relacionadas con el manual

Inicialmente se debe investigar sobre el tema general, determinar las áreas claves y las secundarias y ver la importancia que cada una de estas proporciona al proyecto, todo esto con la asesoría de una persona experta. Cabe destacar, que para desarrollar un manual de un contenido determinado se debe manejar un conocimiento previo, el cual permita tener una visión global del tema a tratar.

El manual de prácticas de automatización industrial requiere de conocimientos previos como: programación, electrónica, control industrial, neumática, sistemas SCADA, PLC's, sensores y actuadores y estos, a su vez, involucran temas preliminares o materias básicas.

2.5.2 Capacitación en metodologías de aprendizaje

Es claro que para poder enseñar, hay que aprender a enseñar, y una de las formas ya desarrolladas y aprobadas son las metodologías de aprendizaje, las cuales, representan un conjunto de actividades ordenadas y articuladas dentro del proceso de enseñanza-aprendizaje de una asignatura; con base en ellas, se puede organizar totalmente un curso, ciertos temas o contenidos específicos del mismo.

Estas metodologías se están implantando con el objetivo de mejorar la calidad de la educación, cambiando la exposición de la totalidad de los temas por parte del docente, a métodos más integrados y organizados como: Aprendizaje basado en

problemas (ABP), Aprendizaje Colaborativo, Estudio de casos, La Exposición y el Método de Proyectos.

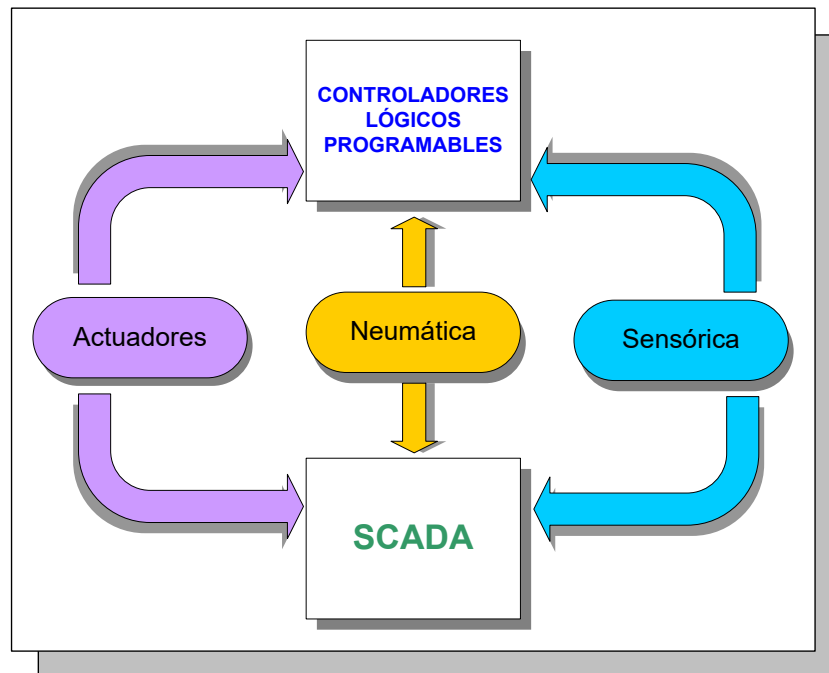
2.5.3 Desarrollo del prototipo

Una vez desarrollados los dos pasos anteriores, se procede al desarrollo del manual y todos los medios y elementos necesarios para facilitar el proceso de aprendizaje. Refiérase a medios como: utilización de diapositivas, diseño de prototipos, página Web, CD didáctico, CD interactivo, banco de pruebas, etc.

2.6 INTEGRACIÓN DE TECNOLOGÍAS

La integración de tecnologías forma parte clave del ingeniero mecatrónico, el cual, tiene la capacidad de concebir planta, controlador, programa y producción como un todo. Es por esto, que las áreas a profundizar fueron: como base principal, Controladores Lógicos Programables (PLC's) y sistemas SCADA dado su reiterativo uso en la automatización y control industrial, entorno a estos, giran como piezas fundamentales la neumática, la sensórica y los actuadores.

FIGURA 51 Integración de tecnologías



Autores

2.7 PROTOTIPO

El proyecto de grado, diseño e implementación de un manual de prácticas para el área de automatización industrial, consta de: el manual de prácticas que incluye 12 prácticas de PLC's y 6 prácticas de LabVIEW, un CD didáctico que contiene las 18 prácticas del manual y además imágenes y teoría base y finalmente un banco de pruebas como medio para facilitar el montaje de las prácticas.

2.7.1 Manual de prácticas

El manual de prácticas es un libro con el cual se busca instruir y capacitar en el área de automatización industrial, fue elaborado en base a una metodología de aprendizaje la cual nos garantiza resultados efectivos en el proceso de

enseñanza-aprendizaje; desarrollando un curso básico de PLC's (Siemens Simatic 300 Series) y LabVIEW (National Instruments LabVIEW versión 6i).

2.7.1.1 Selección de la metodología de aprendizaje

Después de nuestro trabajo de investigación en esta área y la capacitación recibida (curso de metodologías de aprendizaje dictado por la Doctora. Leonor Galindo), se concluyó que de las formas de aprendizaje la más adecuada para la implementación en este tipo de manuales es el aprendizaje basado en problemas (ABP), por su método integrado y organizado de desarrollo de problemas de la vida real y toda la organización y características que implica la implantación de este, que se detallaron una a una en el capítulo 1.

Respecto a las actitudes y responsabilidades del alumno y el profesor en la implementación de este manual, son las mismas mencionadas en el capítulo 1 a diferencia que el trabajo en el manual puede ser tanto en grupo como individual. La forma de evaluar al alumno en cada práctica, es por medio del desarrollo de la actividad complementaria, que se mencionará a continuación y un reporte escrito con los resultados obtenidos.

2.7.1.2 Diseño del contenido de la práctica

Después de haber estudiado a fondo las tres metodologías del capítulo 1, en especial el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), el contenido de las prácticas en base a ello es el siguiente:

- 1. OBJETIVOS:** inicialmente se plantean unos objetivos que se desarrollan a lo largo de la práctica.

2. CONCEPTOS FUNDAMENTALES: en los conceptos fundamentales se introduce el alumno en el tema.

3. ACTIVIDAD PREVIA: la actividad previa, en las prácticas iniciales tanto de LabVIEW como en las de PLC's se preguntan conceptos globales a manera de información y introducción en el tema, mientras en las posteriores se preguntan puntos específicos o claves para el desarrollo de la actividad.

4. DESARROLLO METODOLÓGICO: en el desarrollo metodológico se presenta un problema industrial, se le da al alumno la información necesaria y de forma asistida se resuelve paso a paso.

5. ACTIVIDAD COMPLEMENTARIA: en la actividad complementaria se busca que los alumnos apliquen en proyectos reales, las habilidades y conocimientos adquiridos en el desarrollo metodológico. A lo largo de las prácticas, se plantean dos formas de desarrollo de esta actividad la primera, es darle solución a un problema industrial planteado y la segunda, es plantear y solucionar un problema industrial según parámetros establecidos.

En general, todas las prácticas traen consigo un problema industrial, al cual el alumno da solución con la información que se suministra en el documento y los conceptos investigados previamente. El **ANEXO 1** contiene una práctica ejemplo en donde se muestran todos los pasos descritos anteriormente.

2.7.1.3 Diseño del formato

El formato diseñado para incluir las prácticas consta de: un encabezado en donde se hace referencia a la Universidad Autónoma de Bucaramanga (UNAB) y la facultad de ingeniería mecatrónica, un pie de página en donde se menciona el Laboratorio de Automatización Industrial (LAI), el tema y número de práctica que se esta trabajando; cada uno de estos se divide del contenido de la práctica por medio de una línea, y en la hoja de inicio de cada práctica en un recuadro bastante visible se muestra el tema y numero de práctica. “**Ver ANEXO 1**”

2.7.1.4 Materiales del laboratorio

Los materiales con los que se contaron para el desarrollo de las prácticas fueron los disponibles en el Laboratorio de Automatización industrial (LAI), ubicado en el sexto piso del edificio de ingenierías, los cuales se mencionan detalladamente en la **tabla 1**.

TABLA 1 Materiales del Laboratorio de Automatización industrial

REFERENCIA	NOMBRE	CANTIDAD
JMFH-5-1/8	Electro válvula con 2 bobinas	2
MFH-5-1/8	Electro válvula y bobina	4
MFH-3-1/8	Electro válvula con bobina	2
SMEO-4-K-LED	Sensor magnético con soporte	4
DSNU-20-100-PPV-A	Cilindro doble efecto	4
ESNU-20-100-P-A	Cilindro simple efecto	2
159630	Reguladora de Presión (Filtro y valvula)	2
PEN-M5	Convertidor neumático eléctrico	2
PUN-4x0,75-B	Manguera para neumática 20 mts	1
152896	Distribuidor	2
67CFR-600	Regulador de Presión	1
745687-J030	J-Type Thermocouple Wire	1
7NG3120	Transmisor de temperatura	3
155547	Sensor Inductivo de Proximidad	4
3RG4024	Sensor Inductivo de Proximidad	4
PRX102-18N	Sensor de Proximidad	3

LD701-275	Sensor de Desplazamiento	2
NB1-ICSS-14U-12	Termocupla Industrial	2
7MC10006-1DA16	Sensor de Temperatura	3
SG-7/350-LY43	Galgas extensométricas	20
SA1-J	Termocupla Tipo-J	8
196103	Sensor de Presión	4
66611	Perfil soporte 160 mm	4
3TX7 002-1AB00	Bloque Interfaz Rele	4
3TX7 002-3AB00	Opto Triac	4
20485	Conector Frontal para modulo I / O	4
27264	Pulsador Negro con Conector	5
3SE3 100-1GW	Final carrera ajustable	4
7MF1563-3CA00	Transmisor de Presión	3
27270	Led rojo con conector	5
3SE3 200-1E	Final carrera sencillo	4
163395	Motor Paso a Paso	10
117954	Motor Paso a Paso	10
105890	Motor Paso a Paso	10
166351	Robotic Servo	2
164056	Motor Paso a Paso	10
155838	Moto Reductor	4
157067	Robotic Servo Prod. ·14500	3
171774	Push Button	10

Planta física, UNAB

2.7.1.5 Temario de prácticas

En base al temario establecido por el docente en la guía de cátedra **tabla 2**, y después de desarrollar todos los pasos anteriores, planteamos los temas que se incluyeron en el manual, para ser verificados y aprobados por el docente encargado de esta área, teniendo en cuenta para esto que su extensión va de acuerdo con la duración de un periodo académico (16 semanas).

TABLA 2 Temario de Automatización Industrial

UNIDAD	TEMA
Introducción a la automatización industrial	Tipos de sistemas de automatización y control
	Interfaces
	Automatismos análogos y digitales
	Componentes y modelos
	Sistemas programables
	PLC's, microcontroladores y automatización con la PC
Nociones Básicas de mecánica y electrónica	Modelos
	Relés
	Compuertas Lógicas
	Diagrama de Escalera
	Modelo matemático
	Diseño de sistemas lógicos
Sensores y acondicionadores de señal	Clasificación
	Sistemas de medición
	Características de los sensores
	Diferencia entre sensores y transductores
	Detector de proximidad
	Sensores de Contacto
	Sensores capacitivos
	Sensores Inductivos
	Sensores ópticos
	Sensores hall
	Criterios de selección
	Medidores de posición
	Potenciómetros
	Encoders
	Resolvers
	Sensores Láser
	Sensores ultrasónicos
	Medidores de pequeños desplazamientos y deformaciones
	Galgas extensométricas
	Transductores de velocidad
Tacómetros	
Generadores de impulso	
Acelerómetros	

	Transductores de fuerza y par
	Transductores de Temperatura
	Transductores de presión
	Transductores de nivel
	Microsensores
Sistemas SCADA	
Actuadores de etapas y potencia	Clasificación
	Características de los actuadores
	Actuadores eléctricos
	Relés y contactos
	Motores de corriente directa
	Motores de corriente alterna
	Motores de pasos
	Servomotores
	Actuadores neumáticos e hidráulicos
	Válvulas
	Cilindros
	Cilindros de giro
	Amortiguadores
	Bombas y motores
Microactuadores	
Sistemas digitales aplicados a la automatización	Entradas Salidas/Analógicas
	Entradas Salidas/Digitales
	Conversión D/A y A/D
	Entradas y salidas Inteligentes
	Tarjetas de interfaz
	Sistemas DAQ
	Sistemas SXCI
Neumática y electroneumática	Mecanismos neumáticos y electroneumáticos
	Análisis topológico
	Mecanismos neumáticos básicos
	Mecanismos neumáticos complejos
	Mecanismos electroneumáticos
	Simbología de mecanismos neumáticos
	Análisis constructivo y de funcionamiento
	Circuitos neumáticos
	Introducción al diseño de mandos neumáticos y electroneumáticos

	Software de diseño de mandos neumáticos
Controladores lógicos programables	Autómatas programables (PLC's) Introducción
	Arquitectura interna
	CPU
	Memoria
	Interfaces E/S
	Alimentación
	Configuración del PLC
	Tipos de procesadores
	Configuración de unidad de control
	Procesadores periféricos y multiprocesadores
	Configuración de E/S
	Programación del PLC
	Identificación de variables y asignación de memorias
	Diagrama de escalera
	GRAFCET
	Programación de bloques funcionales
Equipo de programación	
Instalación y mantenimiento de los PLC's	

LENGERKE PEREZ, Omar. Guía de cátedra, automatización industrial.

Al finalizar esta clasificación el listado de prácticas a desarrollar son:

PRÁCTICAS PLC

Práctica 0 Configuración del PLC Siemens Simatic

Práctica 1 Lenguajes de Programación

Práctica 2 Entradas y salidas digitales

Práctica 3 Operaciones lógicas con bits

Práctica 4 Lógica secuencial - uso de Flip-Flop's

Práctica 5 Temporizadores

Práctica 6 Transferencia de paquetes de datos

Práctica 7 Contadores y comparadores

Práctica 8 Funciones

Práctica 9 Método de programación estructurada

Práctica 10 Entradas y salidas análogas

Práctica 11 Trabajo final

En total las prácticas de PLC's son doce, de la cero a la once, las dos primeras son practicas preliminares de configuración del PLC y los lenguajes de programación que maneja el "STEP 7"; de la dos a la diez, se desarrollan las funciones más importantes encontradas en el entorno de programación y finalmente, la práctica once es una actividad complementaria de todas las anteriores en donde se dan los parámetros al estudiante, para que el plantee y resuelva un problema industrial.

PRÁCTICAS LABVIEW

Práctica 12 Introducción al entorno Labview

Práctica 13 Creación y depuración de un VI

Práctica 14 Estructuras

Práctica 15 Arrays

Práctica 16 Creación de sub-VI's

Práctica 17 Gráficas

Las prácticas de LabVIEW son seis, de la doce a la diecisiete, las dos primeras de introducción y desarrollo en el entorno LabVIEW, las cuatro siguientes hacen referencia a herramientas muy útiles que pueden ser utilizadas en cualquier proyecto básico o avanzado como la implementación de tarjetas de adquisición de datos y FIELDPOINT.

En cada uno de los dos sub-temas, las prácticas se van abordando en un grado de menor a mayor dificultad y cada práctica anterior es requisito para el desarrollo de la siguiente.

2.7.2 CD didáctico

El CD didáctico es una recopilación de todas las prácticas desarrolladas en el manual. Su función, es la de ofrecer una perspectiva diferente a la dada por las prácticas, brindando de esta forma, una mejor alternativa al concepto de la guía realizada en un formato de documento de texto. Es accesible, amable y lo más importante, su contenido puede ser modificado. Adicional a las prácticas, ofrece imágenes del montaje final de la misma y referencias de los elementos (dícese de sensores y actuadores) que la conforman, como también, información adicional acerca de la teoría que abarca este manual.

El CD didáctico se convierte en una herramienta muy importante para la difusión de este manual, ya sea a través de un medio físico como un disco compacto, o a través de una autopista de información como lo es Internet.

2.7.2.1 Diseño del CD didáctico

Lo más importante a la hora de elaborar este medio didáctico para la implementación del manual, es su desarrollo a través de una plataforma que le permita:

1. Ser visible en diferentes equipos.
2. Ser flexible en cuanto a tamaño o peso del archivo completo.
3. Estar estructurado de forma modular, así, cuando se presente algún cambio, no implique la modificación del archivo completo.
4. Ser fácilmente modificado por personal autorizado.

Los medios que ofrece el mercado, para este tipo de trabajos son: diapositivas a través de Power Point de Microsoft, ejecutables tipo flash y páginas desarrolladas bajo formato HTML (de las cuales se destacan Front Page de Microsoft y Dreamweaver de Macromedia). Finalmente se decidió por el formato HTML, el cual sólo exige la existencia de un programa como Internet Explorer o Netscape. Para lograr páginas con un atractivo visual, se elaboró todo su compendio a través de Dreamweaver y otras herramientas que facilitan el diseño como Fireworks.

El archivo completo debe contener: las imágenes guías mostradas en las prácticas (imágenes capturadas), las fotografías de los proyectos planteados en el desarrollo metodológico, así como también, las de sus componentes, un enlace total a todas las partes que conforman el CD, y un medio que permita la diferenciación entre los capítulos fundamentales.

2.7.2.2 Creación del CD didáctico (características especiales)

El CD didáctico se divide en tres partes, prácticas de LabVIEW, prácticas de PLC's y marco teórico. Se diseñó una combinación de colores (la cual se usa también en el manual) para poder diferenciarlos, Azul para PLC's, verde para LabVIEW y naranja para la teoría.

Existe un enlace principal que divide el trabajo en dos partes, las prácticas y la teoría, **figura 52**. Para acceder a ella basta con dar clic sobre el vínculo correspondiente.

FIGURA 52 Página principal



Autores

Cada sub-tema del enlace prácticas, consta de un navegador principal que permite el desplazamiento a través de todas las prácticas que lo componen, estos a su vez, tienen un hipervínculo que permite al usuario regresar al navegador, **figura 53**.

FIGURA 53 Entorno para la selección de prácticas de PLC's



Autores

La visualización de las prácticas se dividió en cinco partes, las cuales corresponden a los puntos que la componen, es decir, Objetivos, Conceptos fundamentales, actividad previa, desarrollo metodológico y actividad complementaria, cada uno, con un título llamativo (más no distractor) y un logotipo que permita diferenciarlos. La **figura 54**, muestra un ejemplo de este título, a través de él se puede apreciar fácilmente en que parte se encuentra ubicado el alumno.

Figura 54 Título de Conceptos Fundamentales



Autores

Para poder desplazarse entre los elementos que conforman la práctica, se diseñó el navegador, **figura 55**, este contiene vínculos directos debidamente diferenciados por un título, los cuales dan un acceso inmediato a su contenido, los botones Anterior y Siguiente permiten realizar un recorrido ordenado a través de los puntos que componen la práctica. Un visor en la parte superior del navegador completa la identificación del capítulo.

FIGURA 55 Navegador



Autores

En la parte inferior de la página se ubicaron dos botones de desplazamiento, **figura 56**, su funcionamiento es análogo a Anterior y Siguiente, de esta forma se puede realizar un libre desplazamiento cuando el formato de la página es extenso.

FIGURA 56 Botones de desplazamiento inferior



Autores

Cuando se superpone el puntero del Mouse sobre un botón de acceso, una luz se enciende por debajo, **figura 57**, este método permite al usuario conocer que tecla se está accionando, evitando errores de pulsación.

FIGURA 57 Control de acceso



Autores

En la parte derecha de la página se incluyó un enlace hacia los navegadores principales de SCADA (LabVIEW) y PLC, el “led” iluminado, **figura 58**, señala la posición actual.

FIGURA 58 Enlace hacia los navegadores principales



Autores

Todos los botones, vínculos y figuras, tienen un mensaje tipo pop-up, **figura 59**, que aparece cuando se deja encima el cursor del Mouse durante un breve período de tiempo.

FIGURA 59 Información Pop-up



Autores

Se crearon además vínculos especiales con los cuales se puede acceder a información adicional, este vínculo sólo se encuentra en la página de actividad previa de la práctica que contenga material extra.

FIGURA 60 Acceso al material extra



Autores

Cuando se necesite desarrollar una modificación sobre la práctica, el diseño de la página permite alargarse lo requerido, sin que se dañe la estructura principal. Si la figura a incluir es muy ancha, se modifica su tamaño y se crea un vínculo que permita su visualización total.

FIGURA 61 Estructura final de una página



Autores

Al inicio del desarrollo metodológico se encuentra la lista de materiales, cada figura tiene su respectivo link hacia la imagen con la que se asocia.

FIGURA 62 Lista de materiales

LISTA DE MATERIALES

- 1) [2 bombillos de 12 o 24 voltios.](#)
- 2) [1 electroválvula de una bobina con retroceso por muelle.](#)
- 3) [1 pistón de simple efecto.](#)
- 4) [2 sensores de posición.](#)
- 5) [1 motor CD de 12 o 24 voltios.](#)
- 6) [1 pulsador normalmente cerrado.](#)
- 7) [1 pulsador normalmente abierto.](#)

Autores

La imagen institucional se conserva durante el recorrido de la práctica, **figura 63**, creando así un medio de identificación con el plantel.

FIGURA 63 Imagen Institucional

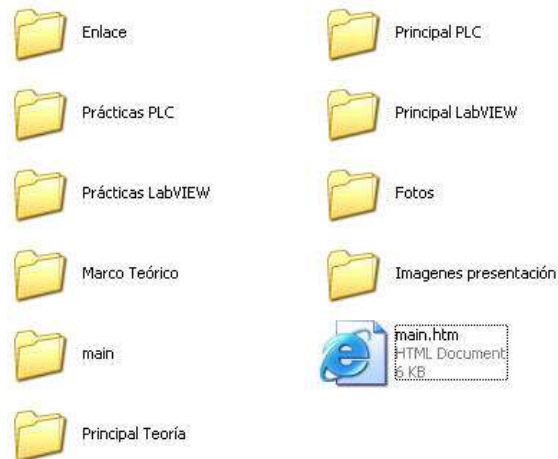


Autores

2.7.2.3 Estructura de la información

El contenido, información e imágenes, se estructuró dentro de un sistema modular de carpetas. Muchos de los vínculos e imágenes requieren de un archivo de referencia, así que cualquier cambio que se efectúe sin el debido cuidado, puede afectar la visualización y el normal desarrollo de la práctica. Se considera como material modificable únicamente el archivo con extensión htm que está contenido dentro de las carpetas, una modificación de la información no afectan el entorno global del contenido de la práctica.

FIGURA 64 Estructura de los archivos del CD



Autores

2.7.2.4 Difusión del CD didáctico

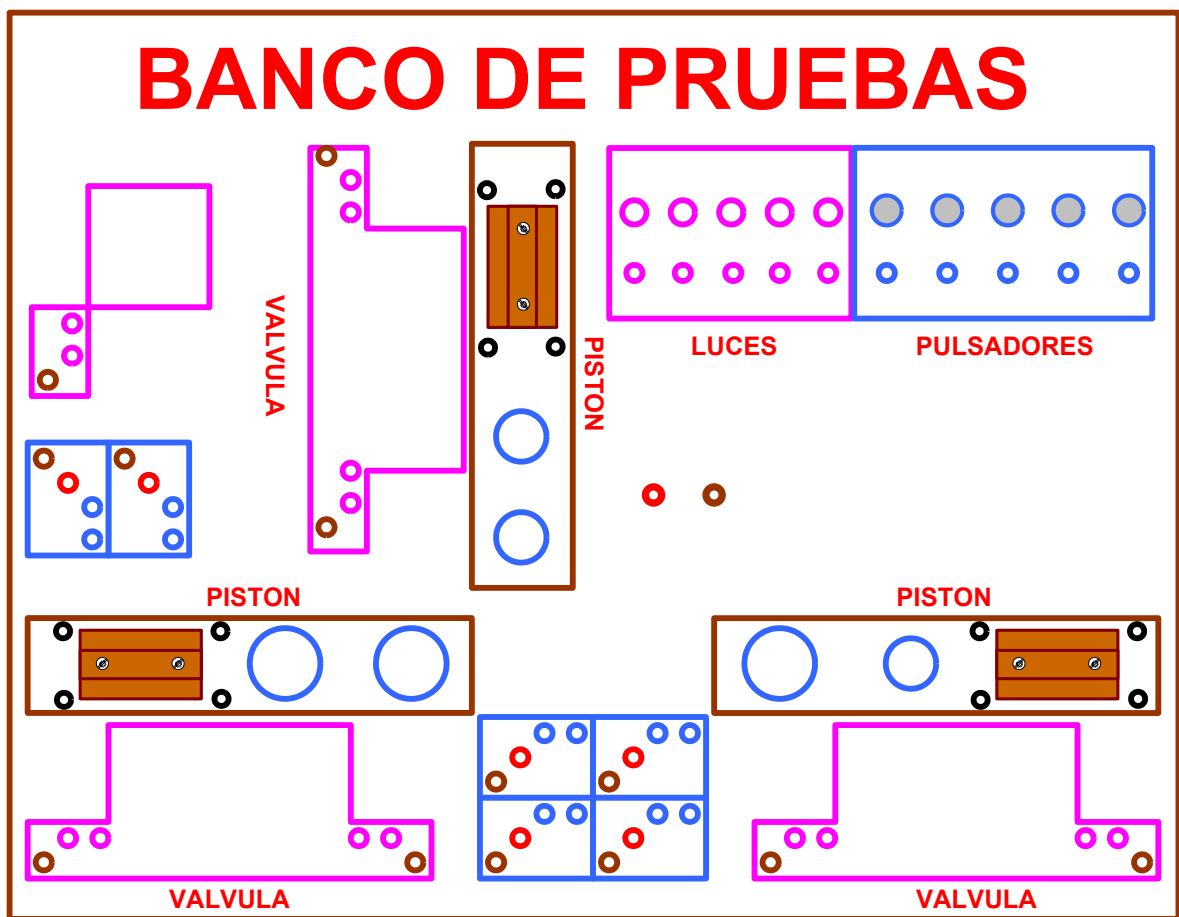
La información, manuales e imágenes del CD didáctico, son propiedad de la Universidad Autónoma de Bucaramanga, quien además, se encargará de la difusión de este por cualquier medio. Las modificaciones sobre su información sólo las deberá hacer la persona encargada de su control y divulgación. Es importante la creación de un canal de acceso entre esta persona y el estudiante para la notificación de errores o actualizaciones. Se considera como material dinámico el texto de las diferentes partes que componen la práctica, el diseño de la página y las imágenes (capturadas, fotos y dibujos realizados) son material estático.

2.7.3 Banco de pruebas

Al implementar las prácticas, se observó la necesidad de crear un banco de pruebas, para agilizar su montaje y evitar que el desarrollo de esta sea perturbado por la demora en la conexión de los elementos. Esto no quiere decir que el alumno

no vaya a aprender el por qué de las conexiones, puesto que en el laboratorio se dejará un PLC de acceso directo. Lo que se quiere lograr con esto, es enfocar el desarrollo de la práctica hacia el diseño del algoritmo de control y no hacia el montaje de los elementos, el cual se convierte durante el curso en un procedimiento mecánico, una vez aprendido en las prácticas preliminares.

FIGURA 65 Banco de pruebas



Autores

El banco de pruebas tiene una capacidad máxima para:

- 3 pistones de doble efecto
- 3 electroválvulas de doble bobina

- 6 sensores inductivos o magnéticos
- 1 ventilador (cooler)

Además trae consigo:

- 5 luces indicadoras
- 5 pulsadores normalmente abiertos

El banco tiene un código de colores establecido el cual también se aplicó al cableado del PLC, la **tabla 3** hace referencia a este código.

TABLA 3 Código de colores

OBJETO RELACIONADO	COLOR ASIGNADO
Salidas Digitales	Morado
Entradas Digitales	Azul
Salidas Análogas	Naranja
Entradas Análogas	Gris
Alimentación 24 V	Rojo
Tierra	Café

Autores

El funcionamiento del banco es el siguiente.

1. El banco requiere de una alimentación de 24 V (ubicada en la parte central).

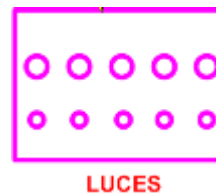
FIGURA 66 Alimentación principal del banco de pruebas.



Autores

2. Las luces ubicadas en un recuadro morado a la derecha del banco, ya tienen conexión a tierra (suministrada por la alimentación general expuesta en el punto 1). Por lo que sólo requiere la conexión a una salida del PLC.

FIGURA 67 Luces



Autores

3. Los pulsadores ubicados en un recuadro azul al extremo derecho del tablero, ya tienen conexión a 24 V (suministrada por la alimentación general expuesta en el punto 1). Por lo que solo requiere la conexión a una entrada del PLC.

FIGURA 68 Pulsadores



Autores

4. Cada una de válvulas se encierra en una figura morada junto con las conexiones requeridas a sus extremos, una banana hembra para el cable que debe ir referenciado a tierra y dos cableadas internamente para la conexión entre la válvula-salida PLC.

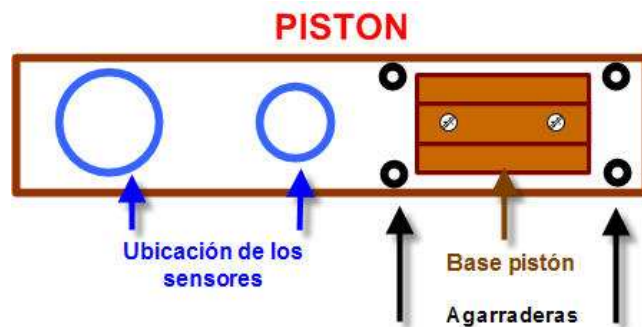
FIGURA 69 Válvula



Autores

5. Cada pistón se encierra dentro de un marco café. Debido al grosor de los sensores y a su forma de acoplamiento al banco, se diseñó una base para sostener el pistón a una altura determinada. Además se adaptaron unas agarraderas metálicas para mantenerlo en su posición.

FIGURA 70 Pistón



Autores

6. Cada sensor consta de un recuadro de conexiones como se muestra en la **figura 71**.

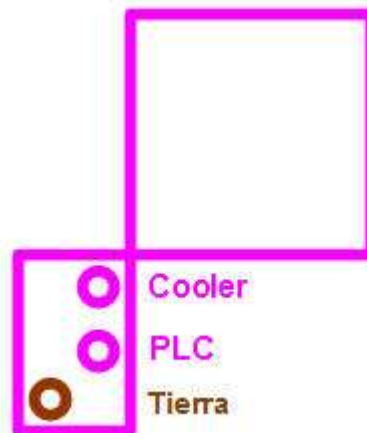
FIGURA 71 Conexiones del sensor



Autores

7. El ventilador que está ubicado al extremo izquierdo del tablero tiene las conexiones determinadas como se muestran en la **figura 72**, similar a la de las válvulas.

FIGURA 72 Ventilador (cooler)



Autores

Para finalizar con esta descripción, todo este sistema está contenido en un tablero de acrílico con dimensiones de 120x80x9 centímetros. El cableado interno

contiene el mismo código de colores y es una simple unión de tierras y alimentaciones a un punto común.

2.8 PRUEBAS

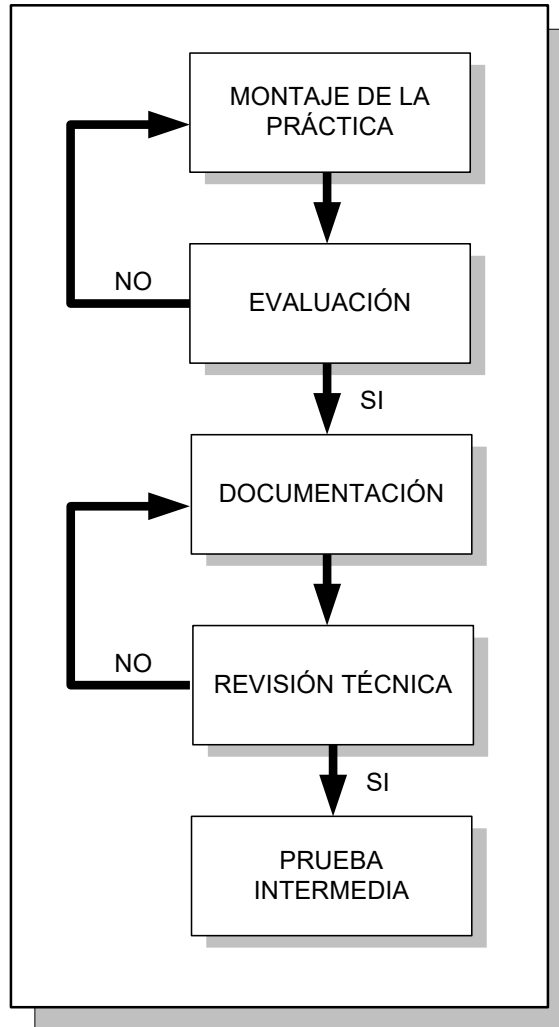
En todo proyecto es necesario el desarrollo de pruebas que garanticen el buen funcionamiento del prototipo, nuestro manual de prácticas no es la excepción.

2.8.1 Prueba preliminar

Como primera medida, el docente encargado debe validar el funcionamiento óptimo del proceso que contiene cada práctica, con la validación otorgada, se procede a la documentación a través de los ítems ya establecidos.

El formato final es entregado al docente para ser evaluado, en caso de errores, se hacen los cambios pertinentes y se retoma la fase evaluativa, desarrollando un proceso cíclico que termina con la aceptación final. La **figura 73** ilustra este proceso.

FIGURA 73 Prueba preliminar



Autores

2.8.2 Prueba intermedia

La persona que esta encargada actualmente del laboratorio de Automatización Industrial, desarrolló en su totalidad las prácticas de PLC's, corroborando su óptimo funcionamiento y detectando errores de forma que pueden pasar desapercibidos por personas que ya conocen del tema. Lo que finalizó con la corrección de la totalidad de las fallas encontradas.

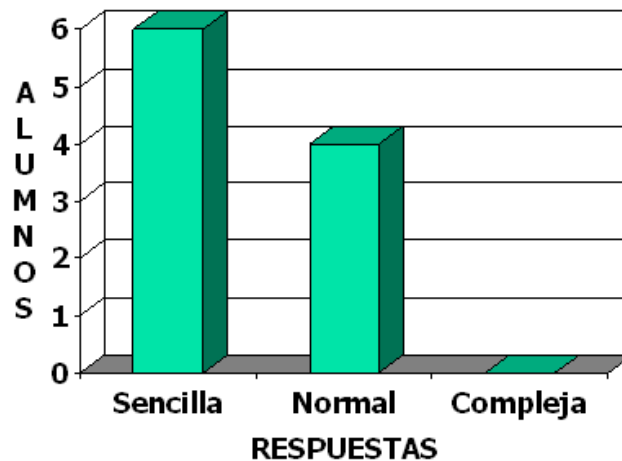
2.8.3 Prueba final

El grupo de automatización industrial que cursa actualmente noveno semestre esta implementando las prácticas en su clase; generando buenos resultados, para la comprobación de esto se decidió realizar una encuesta “**Ver ANEXO 2**”; con el fin de evaluar que tanto se aprendió por medio de esta nueva metodología.

La encuesta, con un formato de siete preguntas, se aplicó a un grupo de diez estudiantes, que desarrollaron la primera práctica de LabVIEW. Los resultados arrojados se muestran a continuación.

1. ¿Cómo le pareció la forma de aprendizaje?

FIGURA 74 Pregunta 1

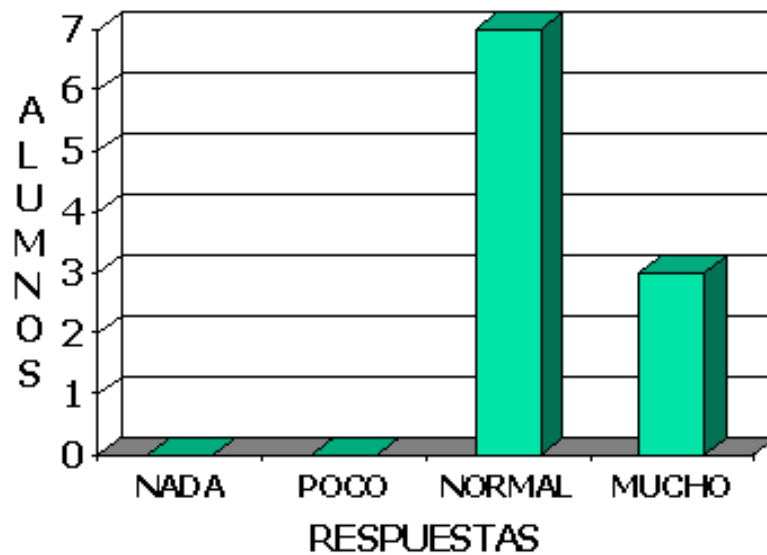


Autores

De un total de 10 encuestados, seis estudiantes consideraron esta forma de aprendizaje como sencilla, mientras los cuatro restantes la consideraron normal, lo que demuestra que la metodología implementada en la práctica fue la adecuada.

2. ¿Qué tanto cree usted que asimiló los conocimientos a lo largo de la actividad?

FIGURA 75 Pregunta 2

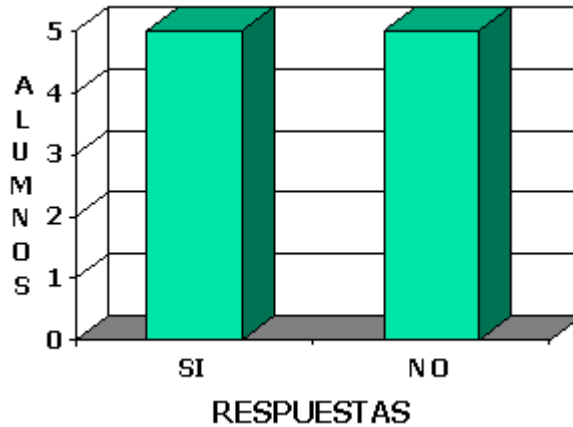


Autores

De un total de 10 encuestados, siete estudiantes consideraron que el nivel de aprendizaje fue normal con este método, mientras los tres restantes consideraron que aprendieron mucho, lo que demuestra que el formato es el adecuado para la formación.

3. ¿Cree que es necesaria la actividad previa?

FIGURA 76 Pregunta 3



Autores

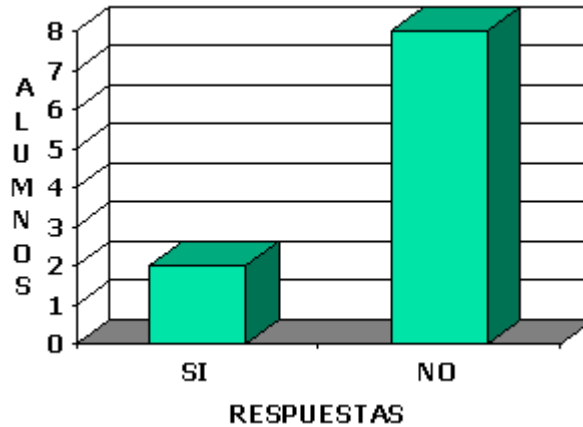
Si, porque es útil a modo de información y conocimiento.

No, porque los conceptos teóricos que maneja no influyeron mucho en el desarrollo de la práctica.

La mitad de los encuestados dio una opinión positiva acerca de este cuestionamiento, la otra mitad, consideró como innecesaria la actividad previa, se concluyó que este resultado se originó puesto que como mencionamos anteriormente, en las prácticas iniciales se preguntaron conceptos globales a modo de información en la actividad previa.

4. ¿Los conceptos que se preguntaron en la actividad previa fueron necesarios para el desarrollo del resto de la práctica?

FIGURA 77 Pregunta 4



Autores

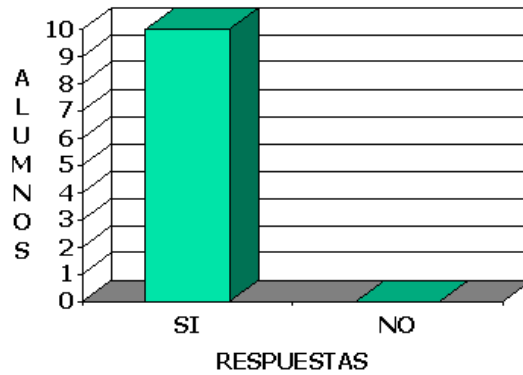
Si, porque necesitamos saber qué es y para dónde podemos ir al realizar la práctica.

No, porque en ningún momento fueron necesarios esos conocimientos en la práctica.

En un total de diez encuestados, ocho de ellos respondieron que no se utilizaron los conceptos para el desarrollo de la práctica y los dos restantes mostraron el desinterés en la elaboración de esta actividad por que la respuesta adecuada era no, esto, en vista de que la práctica es la primera de LabVIEW.

5. ¿Logró desarrollar la actividad complementaria con los conceptos que se explicaron a lo largo de la práctica?

FIGURA 78 Pregunta 5

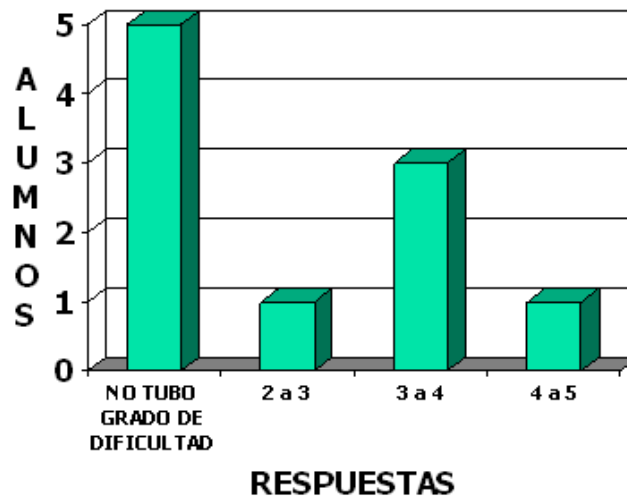


Autores

La totalidad de los estudiantes pudieron desarrollar la actividad complementaria, lo que indica que el desarrollo metodológico paso a paso dio resultados positivos.

6. ¿De uno a cinco, en que grado de dificultad estuvo la actividad complementaria para usted?

FIGURA 79 Pregunta 6

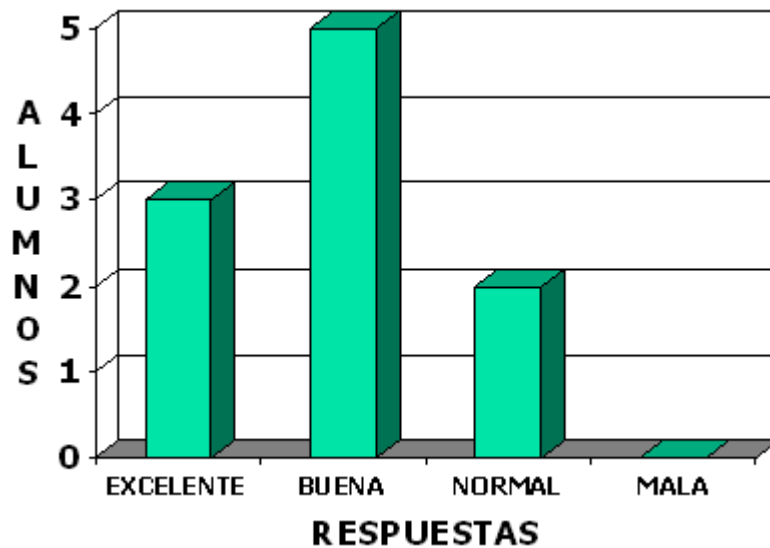


Autores

El resultado en esta pregunta estuvo muy dividido, la mitad de los estudiantes consideraron que no hubo grado de dificultad mientras la otra mitad, mostró diferentes grados en la categoría, esto se debe a las actitudes y capacidad de entendimiento que tenga cada estudiante.

7. ¿En general, cuál es su apreciación acerca de la totalidad de la práctica que desarrolló?

FIGURA 80 Pregunta 7



Autores

La totalidad de los estudiantes dio una respuesta positiva acerca de la práctica, lo que nos indica que además de que el estudiante aprendió, se sintió a gusto en este proceso de enseñanza-aprendizaje.

2.9 PUESTA EN MARCHA

La puesta en marcha de este proyecto es la implementación de este manual en cada curso de automatización industrial o capacitación en esta área. En el momento en que el docente encargado ponga en marcha esta metodología en su clase, la forma de evaluación es:

2.9.1 La actividad previa

La actividad previa es un requisito indispensable para acceder a la sesión, se sugiere que tenga un peso sobre el ponderado final del 10%. Se deben responder la totalidad de las preguntas de forma puntual (no texto inútil), y estas respuestas se deben entregar (antes de iniciar el desarrollo metodológico, al docente) en hojas tamaño carta a puño y letra del estudiante. El formato guía para desarrollar este trabajo se puede ver en el **“ANEXO 3”**. El criterio de calificación lo determina el docente por el dominio que tiene sobre el tema.

2.9.2 El desarrollo metodológico

Es la actividad que se realiza durante la sesión. Por esto, al concluir este ítem, el alumno debe notificar al docente la culminación del ejercicio y demostrarle su correcto funcionamiento. Se sugiere que tenga un peso sobre el ponderado final del 30%. El alumno durante todo el desarrollo, debe tomar nota de los puntos clave, esta información será la base del documento que forma parte del reporte final. La duración del desarrollo metodológico es de una sesión, un tiempo extra incurre en la nota.

2.9.3 La actividad complementaria

La actividad complementaria es el reto final que se le propone al alumno al culminar el desarrollo metodológico, en algunos casos, la extensión de este último puede ocasionar la necesidad de una sesión adicional (con o sin el docente a cargo), en donde el alumno no sigue pasos, sino que los desarrolla de la misma manera que se le indicó en la fase anterior. Cuando la solución al problema planteado sea la adecuada o cumpla los requisitos propuestos, se debe mostrar al docente el funcionamiento correcto como garantía del desarrollo. Se sugiere un peso ponderado del 10%.

Para concluir la práctica se debe documentar con un reporte escrito, **“Ver ANEXO 4”**, el cual completa el 100% de la nota, este se entregará al docente en la sesión próxima, el documento debe contener:

➤ Portada

Página informativa del documento que incluye: Título del trabajo, nombre (s) del (de los) autor (es), clase de trabajo realizado (Informe Práctica #), nombre con el título académico o cargo del docente encargado, precedido del término “Profesor”, institución, facultad, departamento, división sección o área que representa el autor del trabajo, según el orden jerárquico interno de la entidad, ciudad y año²⁵.

➤ Materiales

Se debe enlistar detalladamente cada uno de los elementos utilizados para dar solución al problema.

²⁵ ICONTEC, Compendio Tesis y otros trabajos de grado.

➤ **Desarrollo metodológico de la actividad complementaria**

Es la descripción paso a paso de la solución al problema planteado, o al que el alumno mismo planteó, se deben incluir las imágenes y los gráficos necesarios para el buen entendimiento del trabajo por parte docente.

➤ **Conclusiones**

Son las impresiones y pareceres por parte del estudiante sobre el problema solucionado, deben ser acordes a los objetivos propuestos en la práctica, concisos y de alto criterio, no se pueden aceptar conclusiones como, el proyecto funcionó porque sí o gracias a Dios.

Finalmente, la calificación dependerá de:

- La correcta implementación de los conocimientos adquiridos.
- El funcionamiento físico del proyecto.
- Concordancia entre el funcionamiento del proyecto y su planteamiento.
- Cumpla con las condiciones descritas en el **ANEXO 4**.
- Orden en el programa.

2.9.4 Notificación de errores

Pese a las minuciosas revisiones ya desarrolladas, es posible saltarse errores que a simple vista no se detectan, pero pueden llegar a generar obstáculos en el proceso de aprendizaje. Es por esto que en el momento en que se decide implementar este manual en un curso, a previo aviso por parte del docente, los alumnos deben notificarle cualquier error, para suministrarle una ficha “**Ver**

ANEXO 5”. Las fichas deben archivar en una carpeta, y al finalizar el contenido del manual se harán las correcciones pertinentes.

2.9.5 Correcciones sobre el CD

Para poder corregir los errores notificados en el numeral 7.9.4 sobre el CD, se deben realizar el siguiente procedimiento:

- La estructura de archivos del CD se describe en la **figura 64**, en donde se agrupan organizadamente los temas por carpetas.
- Una carpeta general, **figura 81**, divide las prácticas en sub-carpetas, los archivos importantes como las imágenes propias de la página se guardan en la carpeta *Objetos*, esta información no se modifica.

FIGURA 81 División de una carpeta de prácticas



Autores

- Cada carpeta de práctica contiene la información dividida en varios archivos .htm (debidamente diferenciados), **figura 82**, la información (sólo el texto)

contenida dentro de ellos se puede modificar a través de un editor de páginas web como Frontpage o Dreamweaver. Las imágenes capturadas y propias del contenido de la práctica, se almacenan en la carpeta *Imágenes*, los títulos y demás objetos propios de la práctica se almacenan en la carpeta *Objetos*.

FIGURA 82 Estructura de una práctica



Autores

3 CONCLUSIONES

- Para el desarrollo del manual fue indispensable una capacitación en metodologías de aprendizaje, y de esta forma poder crear un material que estimule el aprendizaje en los alumnos de forma eficaz.
- Las prácticas sugieren un conocimiento previo por parte del alumno que introduzcan a los temas que se relacionan con la automatización industrial. Conocimientos tales como Neumática, electrónica y programación deben ser requisitos para poder acceder a estos manuales.
- El tiempo estimado para el montaje de una práctica es de dos horas, teniendo en cuenta que el alumno haya desarrollado la actividad previa a conciencia.
- Cada una de las prácticas trae consigo la implementación de un problema industrial para el enfoque de cada tema en particular; puesto que por la experiencia a lo largo de la carrera y lo estudiado sobre metodologías de aprendizaje se consideró como una forma para atraer la atención y el interés del estudiante; ubicándolo así en la vida cotidiana o bien pudiera ser en un ambiente de trabajo.
- Cuando se esta dando solución a un problema industrial en el cual la presencia humana es indispensable; la seguridad es vital, por lo que no sobra la “redundancia” en sensores y programación.
- Uno de los puntos claves o quizás más importantes que se logran mediante la automatización industrial, es proteger al operario evitando que este entre

en contacto directo con el proceso que tenga a cargo; convirtiéndose en un supervisor.

- Dados los avances que presenta la industria día a día, la implementación de sistemas automatizados es vital para subsistir en un mercado competitivo.
- El estar capacitado y tener un amplio manejo en temas como automatización industrial, nos brinda un punto a favor para enfrentarnos al ambiente laboral.

4 RECOMENDACIONES

- Al finalizar cada una de las prácticas el estudiante se encuentra con la actividad complementaria que es la forma de notificar lo aprendido a lo largo de esta, por lo que es necesario actualizar estos desafíos con el paso del tiempo.
- Cablear el PLC para así facilitar y agilizar el montaje de cada una de las prácticas.
- Cada una de las practicas serán puestas a prueba en los estudiantes de automatización industrial, por esto se sugiere que cualquier duda que sea propiciada por alguna de ellas, debe ser notificada al docente para proceder a hacer el correctivo necesario, y así ir enriqueciendo cada día aun más el manual que será beneficio para promociones próximas.

BIBLIOGRAFIA

ARISTIZÁBAL F, Jesús. La Tecnología. Artículo.

BALCELLS, Joseph. ROMERAL, José L. Autómatas Programables. Alfaomega. 1998. Primera Edición. 439 p.

CHAPMAN, Stephen J. Máquinas Eléctricas. McGrawHill. 2000. Tercera Edición. 786 p.

DEHEZA, Eduardo. SCADA, Una breve descripción. Documento: 2002.

DEPERT, W. STOLL, K. Aplicaciones de la Neumática. Alfaomega. 2001. Primera Edición. 134 p.

ESTRADA, Henry. Fundamentos de controladores lógicos programables. Página de Internet: www.geocities.com/ingenieria_control/index.htm. 2001

FINK, Donald G. WAYNE BEATY, H. Manual de Ingeniería Eléctrica. McGrawHill. 1996. Decimotercera Edición.

GABINO, Antonio. Neumática. Documento: 2003.

GARCIA MORENO, Emilio. Automatización de procesos industriales. Alfaomega. 2001. Primera Edición. 377 p.

HINOSTROZA, Hector. Controladores Lógicos Programables.

INSTITUTO COLOMBIANO DE PETROLEO. Curso de capacitación en Automatización de procesos, Modulo I. 2000. 78 p.

MAJUMDAR, S. R. Sistemas Neumáticos Principios de Mantenimiento. McGrawHill. 1998. Primera Edición. 299 p.

MANDADO PÉREZ, Enrique. ACEVEDO, Jorge M. PÉREZ LÓPEZ, Serafín A. Controladores Logicos y Autómatas Programables. Alfaomega. 1999. Segunda Edición. 393 p.

MARTÍNEZ SÁNCHEZ, Victoriano Angel. Automatización Industrial Moderna. Alfaomega. 2002. Primera Edición. 771 p.

PIEDRAFITA MORENO, Ramón. Ingeniería de la Automatización Industrial. Alfaomega. 2001. Primera Edición. 570 p.

ROLDÁN VILORIA, José. Prontuario de Neumática Industrial. Paraninfo. 2001. Primera Edición. 243 p.

SERRANO NICOLÁS, A. Neumática. Paraninfo. 1996. Primera Edición. 390 p.

SERWAY. Física Tomo II. McGrawHill. 1997. Cuarta Edición. 1452 p.

TECNOLÓGICO DE MONTERREY, Documentos y publicaciones. Página de Internet: www.sistema.itesm.mx/va/dide/docuemntos/docuemntos.htm

VALVERDE, Luis. Sensores y Acondicionadores de señal. 25 p.

www.autric.com/microboticaymecatronica/motores_paso_a_paso

ANEXOS

ANEXO 1

El documento expuesto a continuación corresponde a la práctica número nueve (9), Método de programación estructurada, en donde se puede observar el diseño total del contenido de la práctica.

ANEXO 2

APRECIADO ESTUDIANTE

Por medio de la presente encuesta buscamos analizar que tan efectivo fue el aprendizaje a través del “**MANUAL DE PRÁCTICAS PARA EL ÁREA DE AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL**”; que busca instruir y capacitar estudiantes en esta área de vital importancia en la ingeniería mecatrónica. La siguiente encuesta se encuentra a cargo de dos estudiantes de la Universidad Autónoma de Bucaramanga de la facultad de ingeniería mecatrónica.

Magda Morales Tavera
Elkin Yesid Veslin Díaz

Cordialmente lo invitamos a colaborarnos contestando el siguiente cuestionario marcando con una **X** sobre la letra de la opción que desee.

NOMBRE _____ **SEMESTRE** _____

1) ¿Cómo le pareció esta forma de aprendizaje?

- a) Sencilla
- b) Normal
- c) Compleja

2) ¿Qué tanto cree usted que asimilo los conocimientos desarrollados a lo largo de la actividad?

- a) Nada
- b) Poco
- c) Normal
- d) Mucho

3) ¿Cree que es necesaria la actividad previa?

- a) Si
- b) No

Porque _____

4) ¿Los conceptos que se le preguntaron en la actividad previa fueron necesarios para el desarrollo de el resto de la práctica?

- a) Si
- b) No

Porque _____

5) ¿Logro desarrollar la actividad complementaria con los conceptos que se explicaron a lo largo de la práctica?

- a) Si
- b) No

Si su respuesta fue No que conceptos adicionales a los ya estudiados en su carrera universitaria cree que le hicieron falta:

6) ¿De uno a cinco en que grado de dificultad estuvo la actividad complementaria para usted?

- a) No tubo grado de dificultad
- b) 2-3
- c) 3-4
- d) 4-5

7) ¿En general cual es su apreciación acerca de la totalidad de la Práctica que desarrollo?

- a) Excelente
- b) Buena
- c) Normal
- d) Mala

ANEXO 3

UNAB

PRÁCTICAS DE AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL FORMATO ACTIVIDAD PREVIA

Fecha: _____

Alumno: _____ Semestre: _____

Curso: _____

Nombre de la práctica: _____

Número de práctica: _____

Entregado a tiempo: Sí () No ()

*Desarrollo del trabajo, debe incluir las preguntas y sus respectivas respuestas.
Puede agregar imágenes sólo si son necesarias. Sea conciso y preciso.*

Firma del docente: _____

Nota: _____

Laboratorio de Automatización Industrial

ANEXO 4

FORMATO DEL REPORTE ESCRITO

A través de este formato, el alumno entregará un informe escrito al profesor sobre la práctica realizada. En el cual, el estudiante incluye: materiales, desarrollo metodológico de la actividad complementaria, análisis y conclusiones.

**TÍTULO DEL TRABAJO
→ CENTRADO ←**

**NOMBRES Y APELLIDO DEL ALUMNO (S)
→ CENTRADO ←**

**Clase de trabajo realizado
(Práctica #)**

**Profesor:
Nombre del docente con título académico**

**NOMBRE DE LA INSTITUCIÓN
FACULTAD, DEPARTAMENTO
DEPENDENCIA, SECCIÓN O ÁREA
CIUDAD
AÑO**

1. MATERIALES

1.1-----

1.2-----

1.3-----

etc.....

Se incluyen todos los materiales utilizados en la solución del desarrollo metodológico.

2. DESARROLLO METODOLÓGICO DE LA ACTIVIDAD COMPLEMENTARIA

2.1 Planteamiento del problema

Es el planteamiento del problema, con todos los parámetros necesarios para su entendimiento, debe hacerse una descripción clara y precisa sobre el proyecto a controlar.

2.1.1 Dibujo descriptivo

Diagrama que describe gráficamente el proyecto mencionado en punto 2.1 (sólo para prácticas PLC's)

2.1.2 Diagrama de tiempos

Descripción del modo de trabajo del proyecto, se deben incluir todas las opciones de operación. (sólo para prácticas PLC's)

2.2 Programa

Es la descripción detallada del funcionamiento del programa, donde se explica segmento por segmento (en el caso de PLC's) o paso a paso (en caso de LabVIEW). Debe incluir imágenes del programa.

3. CONCLUSIONES

Son las impresiones y pareceres por parte del estudiante sobre el problema solucionado, deben ser acordes a los objetivos propuestos en la práctica, concisos y de alto criterio, no se pueden aceptar conclusiones como, el proyecto funcionó porque sí o gracias a Dios.

ANEXO 5

UNAB

PRÁCTICAS DE AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL FORMATO DE RECOMENDACIONES

Fecha: _____

Alumno: _____ Semestre: _____

Curso: _____

Nombre de la práctica: _____

Número de práctica: _____

Errores encontrados en:

- Objetivos
- Actividad Previa
- Conceptos Fundamentales
- Lista de Materiales
- Desarrollo Metodológico
- Actividad Complementaria
- Material Extra

Descripción del error: _____

Firma del alumno: _____ Firma del docente: _____

Laboratorio de Automatización Industrial