



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA

ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN
CONTROL Y REDES INDUSTRIALES

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE TRANSFERENCIA
ELECTRONEUMÁTICO PARA EL ACOPLAMIENTO A LA LINEA DE
ENSAMBLAJE DEL LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL
DE LA EIE-CRI”**

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del título de

INGENIERO EN ELECTRÓNICA, CONTROL Y REDES INDUSTRIALES

Presentado por:

ANGEL EUCLIDES VACA MAZA

RIOBAMBA – ECUADOR

2014

AGRADECIMIENTO

Mi eterna gratitud a Dios por mantenerme con salud en todo este tiempo, por darme fortaleza y esperanza en los momentos más difíciles.

A mi familia, especialmente a mis padres, los grandes sacrificados, pilares fundamentales en mi vida, por su apoyo incondicional, tanto moral como económico, por soportar mis desmanes y mi ausencia. Jamás hubiera llegado hasta aquí sin su apoyo. Su perseverancia y amor incondicional me sirvieron de motivación y ejemplo tanto para mí como para todos los que les conocen, por ello les quedo eternamente agradecido.

A mis amigos y maestros que de una u otra forma contribuyeron con el cumplimiento de mis objetivos para esta etapa de mi vida, gracias por soportar mi mal genio y por la paciencia que tuvieron al momento de explicarme algo.

A mi director de tesis Ing. Marco Viteri por su paciencia y cooperación en la realización de este proyecto.

DEDICATORIA

A mi madre Mariana Maza.

Por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.

A mi padre Angel Vaca A.

Por los ejemplos de perseverancia y constancia que lo caracterizan y que me ha infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante y por su amor.

A mis maestros.

Especialmente a ustedes maestros, aquellos que marcaron cada etapa de nuestro camino universitario, y que me ayudaron en asesorías y dudas presentadas en la elaboración de la tesis,

A mis amigos.

Que nos apoyamos mutuamente en, nuestra formación profesional, en lo económico, emocional y moral, gracias amigos por haber ayudado a realizar este trabajo.

FIRMAS RESPONSABLES Y NOTA

NOMBRE	FIRMA	FECHA
Ing. Gonzalo Erazo PhD DECANO DE LA FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA	_____	_____
Ing. Alberto Arellano A. DIRECTOR DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y REDES INDUSTRIALES	_____	_____
Ing. Marco Viteri DIRECTOR DE TESIS	_____	_____
Ing. Franklin Moreno MIEMBRO DEL TRIBUNAL DIRECTOR DEL DPTO. DOCUMENTACIÓN	_____	_____
NOTA DE LA TESIS	_____	

“Yo ANGEL EUCLIDES VACA MAZA, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta tesis; y, el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado pertenece a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO”.

Angel Euclides Vaca Maza.

ÍNDICE GENERAL

FIRMAS RESPONSABLES Y NOTA

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO I

MARCO REFERENCIAL.....	16
1.1 ANTECEDENTES.....	16
1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO DE TESIS	- 17 -
1.3 OBJETIVOS	- 18 -
1.3.1 OBJETIVO GENERAL	- 18 -
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	- 18 -
1.4 HIPÓTESIS.....	- 18 -

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO.....	19
2.1 SISTEMAS DE TRANSFERENCIA.....	19
2.1.1 MACRO	19
2.2 SISTEMAS ELÉCTRICOS	- 21 -
2.2.1 SENSORES	- 21 -
2.2.2 PULSADORES	- 30 -
2.2.3 SISTEMA DE PRECABLEADO TELEFAST	- 31 -
2.2.4 FUSIBLES.....	- 34 -
2.3 SISTEMAS NEUMÁTICOS.....	- 35 -
2.3.1 INTRODUCCIÓN.....	- 35 -
2.3.2 CILINDROS NEUMÁTICOS	- 37 -
2.3.3 REGULADORES DE CAUDAL	- 44 -
2.3.4 ACCESORIOS NEUMÁTICOS.....	- 46 -
2.4 SISTEMAS ELECTRONEUMÁTICOS	- 49 -
2.4.1 INTRODUCCIÓN.....	- 49 -
2.4.2 DEFINICIÓN.....	- 50 -
2.4.3 ELEMENTOS DE UN SISTEMA ELECTRO NEUMÁTICO.....	- 50 -
2.4.4 ELECTROVÁLVULAS.....	- 50 -

2.4.5	SIMBOLOGÍA SEGÚN NORMA ISO 1219.....	- 58 -
2.5	SISTEMAS MECÁNICOS.....	- 60 -
2.5.1	ESTRUCTURAS METÁLICAS DE ALUMINIO.....	- 60 -
2.5.2	CADENA PORTACABLE	- 61 -

CAPÍTULO III

	ELEMENTOS DE PROGRAMACIÓN DEL SISTEMA ELECTRONEUMÁTICO.....	- 66 -
3.1	CONTROL LÓGICO PROGRAMABLE (PLC).....	- 66 -
3.1.1	ARQUITECTURA EXTERNA.....	- 68 -
3.1.2	ARQUITECTURA INTERNA.....	- 69 -
3.1.3	PROGRAMACIÓN	- 70 -
3.1.4	VENTAJAS DE LA AUTOMATIZACIÓN AL UTILIZAR UN PLC.....	- 71 -
3.1.5	APLICACIONES	- 72 -
3.2	GRAFNET.....	- 73 -
3.3	LENGUAJE LADDER	- 75 -
3.3.1	BLOQUE DE DIAGRAMAS LADDER	- 77 -
3.3.2	ELEMENTOS GRÁFICOS DEL LENGUAJE LADDER.....	- 79 -
3.3.3	CONSEJOS SOBRE PROGRAMACIÓN	- 81 -
3.4	INTERFAZ HOMBRE – MÁQUINA (HMI)	- 81 -

CAPÍTULO IV

	DESARROLLO DEL SISTEMA DEL TRANSFERENCIA ELECTRONEUMÁTICO.....	83
4.1	INTRODUCCIÓN	83
4.2	COMPONENTES DEL MÓDULO	- 84 -
4.3	DESCRIPCIÓN DE LOS DISPOSITIVOS UTILIZADOS.....	- 84 -
4.3.1	PLC TELEMECANIQUE TWDLCAA10DRF.....	- 84 -
4.3.2	SENSOR DE PROXIMIDAD DE REFLEXIÓN DIFUSA MARCA SICK WT 150-P162 - 88 -	
4.3.3	SENSOR MAGNÉTICO AIQUINO AN-11R	- 90 -
4.3.4	SENSOR MAGNÉTICO PARA POSICIONAMIENTO DEL CILINDRO NEUMÁTICO CS1-E	- 91 -
4.3.5	CILINDRO NEUMÁTICO CON ACOPLAMIENTO MAGNÉTICO AIRTAC RMS 25X1250 - 92 -	
4.3.6	CILINDRO NEUMÁTICO AIRTAC MI 20X100.....	- 93 -
4.3.7	ELECTROVÁLVULAS AIRTAC 4V120-06.....	- 93 -
4.3.8	ELECTROVÁLVULA CAMOZZI P000-303-P53.....	- 94 -
4.3.9	INTERFAZ DE CONEXIÓN E/S TELEMECANIQUE ABE7H16R31	- 96 -
4.4	DESARROLLO DEL MÓDULO DE TRANSFERENCIA ELECTRONEUMÁTICA ...	- 97 -

4.4.1	MÓDULO DE TRANSFERENCIA.....	- 97 -
4.4.2	MÓDULO DE INTERFAZ.....	- 98 -
4.4.3	MÓDULO DE CONTROL.....	- 100 -
4.5	ESQUEMA ELÉCTRICO	- 102 -
4.6	ESQUEMA ELECTRONEUMÁTICO.....	- 103 -
4.7	DESARROLLO DEL SOFTWARE.....	- 104 -
4.7.1	GRAFICET DEL PROGRAMA PRINCIPAL	- 104 -
	- 104 -	
4.7.2	ECUACIONES DEL PROGRAMA PRINCIPAL	- 105 -
4.7.3	TWIDOSUITE	- 106 -
4.7.4	SOFTWARE LOOKOUT DE NATIONAL INSTRUMENTS.....	- 124 -

CAPÍTULO V

	PRUEBAS Y RESULTADOS.....	- 128 -
5.1	INTRODUCCIÓN.....	- 128 -
5.2	PRUEBAS MECÁNICAS	- 128 -
5.3	PRUEBAS NEUMÁTICAS.....	- 129 -
5.4	PRUEBAS ELÉCTRICAS.....	- 130 -
5.5	PRUEBAS DE CONTROL CON EL PLC.....	- 131 -
5.6	RESULTADOS DE LA ENCUESTA	- 132 -
5.7	TABULACIÓN DE LOS DATOS GENERALES.....	- 133 -
5.8	TABULACIÓN DE CADA PREGUNTA DE LA ENCUESTA.....	- 133 -

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

RESUMEN

SUMMARY

GLOSARIO

BIBLIOGRAFÍA

ÍNDICE DE ABREVIATURAS.

CM	Módulo de Comunicación
CPU	Unidad Central de Proceso
D/A	Digital Análogo
ED	Entradas Digitales
E/S	Entrada/Salida
EV	Electroválvula
FBD	Function Block Diagram (Diagrama de Funciones)
FB's	Block of Functions (Bloques de Funciones)
GRAFCET	Gráfico Funcional de Control de Etapas
HMI	Interfaz Humano- maquina
IP	Protocolo de Internet
KOP	Lenguaje de programación gráfica. Su representación se basa en esquemas de circuitos.
LOOKOUT	Software para interfaz Hombre - Máquina
NI	National Instruments
NA	Normalmente Abierto
NC	Normalmente Cerrado
OPC	OLE for Process Control
PNP	Positivo Negativo Positivo
PLC	Controlador Lógico Programable
P	Presión
TWIDOSUITE	Software para programar el PLC
VAC	Voltaje de Corriente Alterna
VDC	Voltaje de Corriente Continua.
WWW	World Wide Web (Telaraña Mundial de Ordenadores)

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura II. 1 Banda transportadora accionada por gravedad.....	- 20 -
Figura II. 2 Banda transportadora accionada por rodillo (motor)	- 20 -
Figura II. 3 Bandas transportadoras comunes en la industria	- 21 -
Figura II. 4 Detector Reed insertado en el cilindro neumático.	- 22 -
Figura II. 5 Principio de Funcionamiento del Sensor Magnético	- 23 -
Figura II. 6 Foto emisor	- 24 -
Figura II. 7 Modulación.	- 24 -
Figura II. 8 Longitud de Onda.....	- 25 -
Figura II. 9 Lentes.....	- 25 -
Figura II. 10 Diagrama de Bloques de un sensor fotoeléctrico.....	- 26 -
Figura II. 11 Modo de Transmisión directa.....	- 27 -
Figura II. 12 Haz efectivo en la transmisión directa.	- 27 -
Figura II. 13 Haz efectivo con aberturas.....	- 28 -
Figura II. 14 Modo Reflexivo.	- 28 -
Figura II. 15 Modo Difuso.	- 29 -
Figura II. 16 Sensor Difuso con fondo Reflexivo.	- 30 -
Figura II. 17 Pulsadores	- 30 -
Figura II. 18 Descripción de la conexión Telefast	- 32 -
Figura II. 19 Bases para detectores de 3 hilos	- 34 -
Figura II. 20 Diagrama de un circuito neumático	- 35 -
Figura II. 21 Sistema Neumático.	- 36 -
Figura II. 22 Componentes de un Sistema neumático1	- 36 -
Figura II. 23 Componentes neumáticos	- 37 -
Figura II. 24 Cilindro de simple efecto NC y NA	- 38 -
Figura II. 25 Ejemplos de Cilindros de Simple Efecto.	- 39 -
Figura II. 26 Cilindro de doble efecto.....	- 40 -
Figura II. 27 Diferencia entre las secciones efectivas de un cilindro.....	- 41 -
Figura II. 28 Cilindro sin vástago con acoplamiento magnético.....	- 43 -
Figura II. 29 Funcionamiento de cilindro magnético.....	- 43 -
Figura II. 30 Regulador de Caudal.....	- 45 -
Figura II. 31 Características Técnicas de los Racores.....	- 46 -
Figura II. 32 Tipos de racores	- 47 -

Figura II. 33 Tipos de Manómetros.....	- 48 -
Figura II. 34 Manguera de aire comprimido	- 48 -
Figura II. 35 Electroválvula Monoestable.....	- 51 -
Figura II. 36 Electroválvula Biestable.	- 51 -
Figura II. 37 Funcionamiento de una Electroválvula.....	- 52 -
Figura II. 38 Símbolo de una Electroválvula de acción directa.	- 53 -
Figura II. 39 Símbolo de una Electroválvula de acción indirecta (pilotaje interno).	- 54 -
Figura II. 40 Símbolo de una Electroválvula de acción indirecta (pilotaje externo).....	- 54 -
Figura II. 41 Electroválvula 3/2 monoestable (NC y NA)	- 55 -
Figura II. 42 Electroválvula 5/2 Monoestable en estado de reposo.	- 56 -
Figura II. 43 Electroválvula de 5/2 Biestable cuando se activa el solenoide derecho.....	- 57 -
Figura II. 44 Cadena Portacables.	- 61 -
Figura II. 45 Variables para el cálculo de Lk	- 62 -
Figura II. 46 Lk cuando el punto fijo está en el centro.	- 62 -
Figura II. 47 Principio del Pretensado.....	- 63 -
Figura II. 48 Aplicaciones de la Cadena Portacables.....	- 65 -
Figura III. 49 Esquema básico de un PLC.	- 67 -
Figura III. 50 Ciclo de operación de un PLC.	- 67 -
Figura III.51 Estructura interna y externa de un PLC.....	- 68 -
Figura III. 52 Representación de Etapas.	- 73 -
Figura III. 53 Transición.	- 74 -
Figura III. 54 Secuencia simple.	- 74 -
Figura III. 55 Secuencia OR.....	- 75 -
Figura III. 56 Comparación entre diagramas Ladder y Relé.....	- 75 -
Figura III. 57 Dos escalones de Ladder.	- 77 -
Figura III. 58 Una celda por contacto y bobinas.....	- 77 -
Figura III. 59 Bloque de Función.....	- 78 -
Figura III. 60 Bloque de Comparación.	- 78 -
Figura III. 61 Bloque de Operación.	- 79 -
Figura III. 62 Símbolos de Ladder.	- 79 -
Figura III. 63 Instrucciones especiales.....	- 80 -
Figura II. 65 Instrucciones de OPEN y SHORT.	- 80 -
Figura III. 64 Instrucciones OPEN y SHORT	- 80 -
Figura IV. 66 Partes del Autómata Twido.	- 85 -

Figura IV. 67 Dimensiones de PLC.	- 86 -
Figura IV. 68 Esquema de cableado de las entradas de común positivo de CC.	- 87 -
Figura IV. 69 Esquema de cableado de las salidas de relé y transistor de C.A.....	- 87 -
Figura IV. 70 Sensor Óptico modelo WT150-P162	- 88 -
Figura IV.71 Dimensionamiento del Sensor Óptico WT150-P162	- 89 -
Figura IV. 72 Sensor Magnético AN-11R	- 90 -
Figura IV. 73 Dimensiones del Sensor Magnético.	- 90 -
Figura IV. 74 Sensor Magnético CS1 – E	- 91 -
Figura IV. 75 Cilindro neumático con acoplamiento magnético.	- 92 -
Figura IV. 76 Cilindro neumático de doble efecto.....	- 93 -
Figura IV. 77 Electroválvula 5/2 Monoestable.	- 93 -
Figura IV. 78 Codificación de la Electroválvula Camozzi serie P.....	- 94 -
Figura IV. 79 Electroválvula Camozzi 5/2 monoestable NC.....	- 95 -
Figura IV. 80 Telefast Modicon ABE7.....	- 96 -
Figura IV. 81 Módulo de Transferencia Electroneumático.....	- 97 -
Figura IV. 82 Carro Móvil.	- 98 -
Figura IV. 83 Módulo de Interfaz.	- 98 -
Figura IV. 84 Conexión de los cables de E/S.	- 99 -
Figura IV. 85 Electroválvulas distribuidoras.	- 100 -
Figura IV. 86 Módulo de Control del Sistema de transferencia electroneumático.	- 100 -
Figura IV. 87 Esquema Eléctrico del Sistema.....	- 102 -
Figura IV. 88 Esquema Neumático.....	- 103 -
Figura IV. 89 Circuito de Potencia.	- 103 -
Figura IV. 90 Graficet del Programa Principal.	- 104 -
Figura IV. 91 Inicio TwidoSuite.	- 107 -
Figura IV. 92 Ventana de Inicio TwidoSuite.	- 107 -
Figura IV. 93 Ventana de Información del Proyecto TWIDOSUITE.....	- 108 -
Figura IV. 94 Ventana de alternativas TWIDOSUIT.	- 108 -
Figura IV. 95 Interfaz gráfica TWIDOSUITE.	- 109 -
Figura IV. 96 Enclavar Inicio.....	- 113 -
Figura IV. 97 Enclavar Inicio.....	- 114 -
Figura IV. 98 Paro del Cilindro A.....	- 114 -
Figura IV. 99 Proceso de Espera.....	- 114 -
Figura IV. 100 Asignación de Tiempo.....	- 115 -

Figura IV. 101 Cilindro Neumático sale (B +).	- 115 -
Figura IV. 102 Reset del Programa.	- 116 -
Figura IV. 103 Asignación de Tiempo TM0.	- 116 -
Figura IV. 104 Asignar Q0.0 a memoria %M1	- 116 -
Figura IV. 105 Asignación de variable Q0.3 a memoria %M2	- 117 -
Figura IV. 106 Asignación de variable Q0.1 a memoria %M4	- 117 -
Figura VI. 107 Asignación de Entrada para TM1.	- 117 -
Figura IV. 108 Asignación de Salida para TM1	- 118 -
Figura IV. 109 Memoria para HMI, IND_OP1	- 118 -
Figura IV. 110 Memoria para HMI, IND_OP2	- 118 -
Figura IV. 111 Memoria para HMI, B0	- 119 -
Figura IV. 112 Memoria para HMI, SEN_PALET	- 119 -
Figura IV. 113 Memoria para HMI, M16	- 119 -
Figura IV. 114 Reseteo de Memoria M16	- 120 -
Figura IV. 115 Configuración Modbus Serial.	- 121 -
Figura IV. 116 Cable multimaestro.	- 122 -
Figura IV. 117 Funciones cable multimaestro.	- 122 -
Figura IV. 118 Polarización cable multimaestro.	- 123 -
Figura IV. 119 Comunicación PC – PLC.	- 123 -
Figura IV. 120 Componentes de un Sistema Scada.	- 124 -
Figura IV. 121 Crear un nuevo proyecto en Lookout.	- 125 -
Figura IV. 122 Pantalla de color del Panel de Trabajo.	- 125 -
Figura IV. 123 Creación de Objeto Driver.	- 126 -
Figura IV. 124 Comunicación del PLC.	- 127 -
Figura V. 125 Preguntas de la Encuesta.	- 133 -
Figura V. 126 Tabulación de la primera pregunta.	- 134 -
Figura V. 127 Tabulación de la segunda pregunta.	- 134 -
Figura V. 128 Tabulación de la tercera pregunta.	- 135 -
Figura V. 129 Tabulación de la cuarta pregunta.	- 136 -

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla II.1 Reflexividad típica de algunos materiales.	- 29 -
Tabla II.2 Pro y contra de electroválvulas de acción directa.	- 53 -
Tabla II.3 Simbología Electroneumática.	- 59 -
Tabla IV.4 Especificaciones Técnicas del Autómata Twido.	- 85 -
Tabla IV.5 Características Nominales.	- 91 -
Tabla IV.6 Especificaciones técnicas de una electroválvula 5/2	- 94 -
Tabla IV.7 Características técnicas de la electroválvula P00 303 P53.....	- 95 -
Tabla IV.8 Datas técnicos del ABE7H16R31	- 96 -
Tabla IV.9 Requisitos de Hardware.....	- 110 -
Tabla IV.10 9 Requerimientos de Software.....	- 110 -
Tabla IV.11 Direccionamiento de Entradas en TWIDOSUITE.	- 111 -
Tabla IV.12 Direccionamiento de Salidas en TWIDOSUITE.	- 111 -
Tabla IV.13 Asignación de Bits de Memoria (%M).....	- 112 -
Tabla V.14. Prueba de soporte.....	- 129 -

INTRODUCCIÓN

El diseño e implementación de un Sistema de Transferencia Electro-neumático servirá para abastecer al Laboratorio de Automatización de la Escuela de Ingeniería Electrónica Control y Redes Industriales de la ESPOCH y permitirá cerrar el ciclo de un circuito de producción, además auxiliará a los estudiantes realizar prácticas de control de programación de PLC, aplicando sus instrucciones adquiridas a lo largo de la carrera y moldeando sus destrezas en el área de automatización industrial.

El sistema se diseñó en base a un análisis de exigencias técnicas, de ubicación, estructura y modelo, a más de eso está diseñado en base a un modelo industrial.

El Sistema de Transferencia es modificable ya que se puede ensamblar diferentes procesos de acceso y salida del pallet. Su proceso principal es recoger el pallet del proceso terminado y transferirlo al sistema de inicio para que permita reiniciar el sistema principal, además ayuda a mantener constante (sin interrupciones) la producción. Por lo cual permitirá un desarrollo de prácticas óptimo en relación a las tareas desarrolladas en industria, siendo un modelo real.

CAPÍTULO I

MARCO REFERENCIAL

1.1 ANTECEDENTES

En el Ecuador las empresas que utilizan los automatismos eléctricos de transferencia de materiales sea productos terminados o semielaborados, pueden sistematizar la línea de producción, pero el inconveniente aparece en el gran espacio físico y en la complejidad de los procesos que se han implementado.

A medida que la tecnología de la informática aparece se fueron fusionando sus aplicaciones con el uso electroneumático en las empresas. Actualmente la mayoría de las empresas han remplazado los sistemas antiguos por los nuevos PLC's lo cual tiene varias ventajas como la disminución del espacio físico y la complejidad de las actividades que puede realizar.

Conociendo de las múltiples ventajas en el campo ocupacional y frente a la necesidad de reforzar el aprendizaje se pretende diseñar, programar e implementar un sistema de transferencia electroneumático el cual permitirá abrir un espacio para la práctica en el campo del control.

Con la implementación del sistema de transferencia para la integración al laboratorio de automatización industrial de la Escuela de Informática y Electrónica permitirá a los estudiantes que opten por este lineamiento obtener mayor práctica en el control de los sistemas de producción.

Formulación del Problema

¿Permite, el módulo didáctico de un sistema de transferencia electroneumático, optimizar la línea de producción para el ensamblaje de partes?

Sistematización del Problema

¿Cuál será el impacto en la línea de ensamblaje la implementación de un Sistema de transferencia electroneumático?

¿Cuál es el beneficio que se tendrá con la implementación de un sistema de transferencia electroneumático en el sistema de ensamblaje?

¿Cómo mejorará el rendimiento en la línea de ensamblaje con la implementación de un sistema de transferencia electroneumático?

1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO DE TESIS

Un Sistema de transferencia electroneumático es un paso muy indispensable en los procesos industriales. Motivo por el cual se desarrollará un módulo didáctico que se integrará al sistema de ensamblaje. Además esta investigación servirá de fuente de consulta a los estudiantes, ya sean de la FIE o personas que incursionen por el mundo de la Automatización Industrial o la Mecatrónica.

Con esta investigación asistirá al desarrollo de nuestro país, y dar soluciones a las problemáticas en el aspecto de eficiencia y espacio, además conocer los procesos que permiten encadenar operaciones mecánicas-informáticas y eléctricas, logrando una automatización industrial.

Es evidente que con la implementación del Sistema de transferencia electroneumático para acoplarlo a la línea de ensamblaje del laboratorio de Automatización Industrial, permitirá a los estudiantes de la FIE a futuro contar con un módulo didáctico, relacionando su uso en las empresas industriales lo cual influirá en el mejoramiento de la producción y el desarrollo.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar e implementar un Sistema de Transferencia Electroneumático para el acoplamiento a la línea de ensamblaje.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Construir un módulo de soporte del pallet (carro móvil) y acoplar al sistema de transferencia electroneumático.
- Implementar los sensores más adecuados para la detección del carro móvil.
- Implementar un sistema de transferencia electroneumático adaptable al sistema de montaje.
- Programar y controlar el sistema de transferencia electroneumático por medio de un PLC.
- Diseñar una interface gráfica desde un software HMI, para el monitoreo del módulo didáctico.

1.4 HIPÓTESIS

El estudio implementación y programación, de un sistema de transferencia electroneumático, repotenciará el sistema de montaje y las posibilidades de estudio en Automatización y Mecatrónica.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 SISTEMAS DE TRANSFERENCIA

2.1.1 MACRO

Aproximadamente el año 1795 surgen las primeras cintas transportadoras, fueron creadas con materiales de cuero, lona, o cinta de goma que cubrían una tabla de madera plana o cóncava, instalada en un terreno relativamente plano, utilizadas para transportar carbón y materiales de la industria minera.

Este sistema no tuvo éxito, pero sirvió de incentivo para que los ingenieros consideren los transportadores como un rápido y económico mecanismo cuando se trate de trasladar grandes volúmenes de material de un lugar a otro.

La compañía H. C. Frick, en los años 20 demostró que los sistemas de bandas transportadoras pueden trabajar sin ningún problema en distancias largas. La instalación se realizó bajo tierra, en una mina recorriendo aproximadamente 8 kilómetros. La banda transportadora constaba de pliegues de algodón de pato cubierta de goma natural. **(1)**

Los componentes naturales de los transportadores se escasearon drásticamente en la segunda guerra mundial, por cuanto las industrias de goma optaron por crear materiales sintéticos que reemplazaran a los naturales. Desde entonces surgen materiales para aplicaciones muy concretas dentro de la industria, como las bandas con características resistentes a altas temperaturas, etc.

TIPOS DE TRANSPORTADORES

Debido a los principios de operación o accionamiento se dividen en varios tipos, a continuación se describen los principales:

Por gravedad

En este sistema tiene acción directa la fuerza de gravedad del objeto para que se deslice sobre los rodillos.



Figura II. 1 Banda transportadora accionada por gravedad.¹

De rodillos por banda

En este sistema es necesario un motor, se acciona al motor para que una banda se deslice en torno a la velocidad el motor

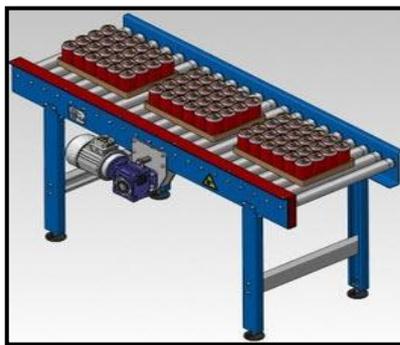


Figura II. 2 Banda transportadora accionada por rodillo (motor)²

¹ Fuente: <http://www.directindustry.es/prod/owens-conveyor-company/transportadores-gravedad-rodillos-14195-407947.html>

² Fuente: <http://www.logismarket.es/ip/tecnia-conveyor-transportador-de-rodillos-motorizados-transportador-de-rodillos-accionados-por-sistema-de-cadena-paso-a-paso-777461-FGR.jpg>

Cuando se necesita trasladar productos alimenticios de gran valor de una etapa a otra del proceso, se requiere un manejo suave. No hay sistema que pueda igualar la ligereza de los sistemas de transferencia Smart Shaker® de Key para esta tarea. Estos transportadores brindan confianza, higiene fácil, poca necesidad de mantenimiento, baja transmisión de la vibración, y funcionan con accionamiento vibratorio tradicional o lineal con deslizamiento.



*Figura II. 3 Bandas transportadoras comunes en la industria*³

2.2 SISTEMAS ELÉCTRICOS

2.2.1 SENSORES

Un ser viviente sólo puede subsistir si es capaz de reaccionar a lo que sucede en su entorno. Incluso los seres unicelulares disponen de esta facultad. Para percibir determinadas excitaciones desde dentro o fuera del cuerpo a través del sistema nervioso central, existen estructuras biológicas que se denominan receptores.

Mediante la utilización de las modernas tecnologías es posible obtener receptores artificiales que se denominan sensores o detectores y que, montados en vehículos, aparatos electrodomésticos y en otros equipos técnicos, permiten que estas máquinas reaccionen de modo controlado y por sí mismas a determinados estados. Los sensores imitan la capacidad de percepción de los seres humanos. Por ello, pueden clasificarse de acuerdo con los correspondientes sentidos del hombre:

- Sentido de la vista → Sensores ópticos

³ Fuente: <http://www.key-technology.com.mx/Images/products/smart-shaker/transfer-systems2%28svg113%29.jpg>

- Sentido del oído → Sensores acústicos
- Sentidos del gusto y del olfato → Sensores químicos
- Sentido del tacto → Sensores táctiles

Además existen numerosas magnitudes químicas, físicas e, incluso, biológicas, que el ser humano no es capaz de percibir. Sin embargo, los sensores sí son capaces de ello. La técnica de los sensores ha experimentado una evolución vertiginosa en los últimos tiempos. Aunque en muchos casos no se aprecian a simple vista, especialmente si se trata de chips, están presentes por doquier.

2.2.1.1 Sensores Magnéticos.

El detector Reed es un detector de proximidad clásico (reed significa lengüeta en inglés). Este detector reacciona a los campos magnéticos. En la Fig. II.4 se explica su funcionamiento. El detector tiene 2 lengüetas de contacto elásticas y ferromagnéticas (de aleación Fe-Ni) que se encuentran en un tubo de vidrio hermético lleno de un gas inerte. Si se acerca un campo magnético al tubo, las lengüetas se tocan, con lo que se cierra un circuito eléctrico. La reacción es de apenas una milésima de segundo. Los detectores Reed no se desgastan.



Figura II. 4 Detector Reed insertado en el cilindro neumático. ⁴

⁴Fuente:<http://cmapspublic2.ihmc.us/rid=1H2B63T5G-1SLKJ1L-J52/Sensores%20fundamentos,%20tipos%20y%20caracter%C3%ADsticas.pdf>

Principio de Funcionamiento:

Bajo la influencia de un campo magnético se acciona un contacto integrado en el sensor magnético, es decir el contacto del sensor magnético se cierra y transmite señal a un controlador siempre que se acerque un campo magnético, caso contrario permanece abierto el contacto. El objeto a detectar debe tener un dispositivo imantado que transmita ese campo magnético que necesita detectar el sensor. En los cilindros neumáticos el dispositivo imantado se encuentra junto al émbolo, cuando el imán permanente llega al sensor, este transmite una señal eléctrica a los controles, electroválvulas o elementos de conmutación neumática.



Figura II. 5 Principio de Funcionamiento del Sensor Magnético .⁵

2.2.1.2 Sensores Ópticos.

Son dispositivos electrónicos que detectan un objeto a través de emisiones de haces de luz, es decir el sensor emite un haz de luz, el objeto a detectar choca con el haz de luz rebota y el sensor a través de un receptor recoge la luz de rebote para procesarla como una señal eléctrica que significa “objeto detectado”.

Partes

Las partes que conforman un sensor óptico se detallan a continuación:

- Fuente.
- Receptor.
- Lentes.
- Circuito de salida.

⁵ Fuente: <http://cmapublic2.ihmc.us/rid=1H2B63T5G-1SLKJ1L-J52/Sensores%20fundamentos,%20tipos%20y%20caracter%C3%ADsticas.pdf>

Fuente.- Produce un haz luminoso, comúnmente con un LED, puede tener una amplia gama de luces en el espectro (incluyendo luz visible e infrarroja). Para la mayoría de aplicaciones se opta por radiaciones infrarrojas pues son las que mayor cantidad de luz emite y disipan menos calor. En la figura II.6 se muestra el diagrama de un foto emisor y se observa sus partes. (2)

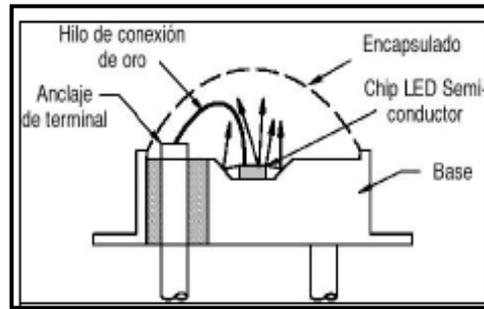


Figura II. 6 Foto emisor ⁶

Normalmente al haz se modula a través de pulsos, debido a las ventajas que presenta: mayor luminosidad en el haz, mayor vida útil del LED, inmunidad del sensor a otras fuentes de luz que puedan interferir la señal. La figura II.7 muestra los pulsos de alimentación para la modulación de un emisor.

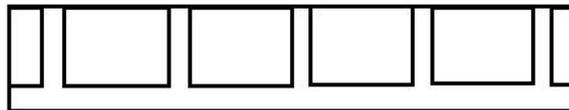


Figura II. 7 Modulación. ⁷

Receptor.- Toma el haz luminoso de la fuente, normalmente es un fotodiodo o un fototransistor. El foto-sensor debe estar acoplado espectralmente con emisor, es decir que el fotodiodo o el fototransistor que se encuentra en el detector debe permitir mayor tráfico de corriente cuando la longitud de onda recibida sea igual a la del LED en el emisor. El receptor y el emisor recogen los pulsos de forma síncrona, lo cual permite eliminar radiaciones provenientes de otras fuentes. La recepción sincrónica sólo es posible cuando la fuente y el receptor están en el mismo encapsulado. En el receptor, además, existe un circuito incorporado que acondiciona la señal antes de llegar al

⁶ Fuente: <http://www.itescam.edu.mx/principal/sylabus/fpdb/recursos/r34716.PDF>

⁷ Fuente: Angel E. Vaca M. (Autor)

dispositivo de salida. En la figura II.8 se aprecia una gráfica que muestra como el LED infrarrojo presenta mayor eficacia que el LED visible rojo.

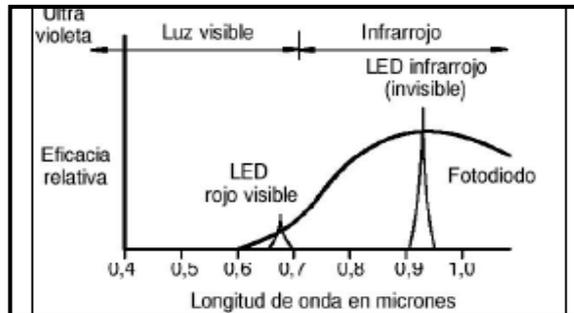


Figura II. 8 Longitud de Onda. ⁸

Lentes.- Su función es de dirigir el haz de luz tanto en el emisor como en el receptor para restringir el campo de visión, en consecuencia aumenta la distancia de detección. La base del cono de haz emitido por el LED y el lente aumentan su área a mayor distancia.

Algunos sensores son diseñados para tener un amplio campo de visión, lo que permite detectar objetos grandes, pero a distancias relativamente cortas. La figura II.9 muestra cómo se propaga el campo de visión en presencia y ausencia del lente.

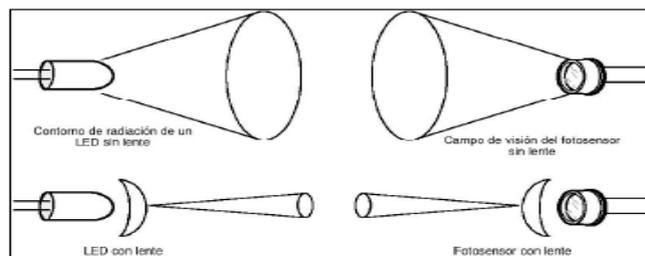


Figura II. 9 Lentes. ⁹

Circuito de Salida.- Hay diversos tipos de salidas discretas o digitales (se llaman así por tener dos estados y las más usuales son: relé, NPN o PNP, TRIAC, MOSFET), analógicas y seriales. En la figura II.10 se visualiza un diagrama de bloques de un sensor fotoeléctrico con todas sus partes.

⁸ Fuente: <http://www.itescam.edu.mx/principal/sylabus/fpdb/recursos/r34716.PDF>

⁹ Fuente: <http://www.itescam.edu.mx/principal/sylabus/fpdb/recursos/r34716.PDF>

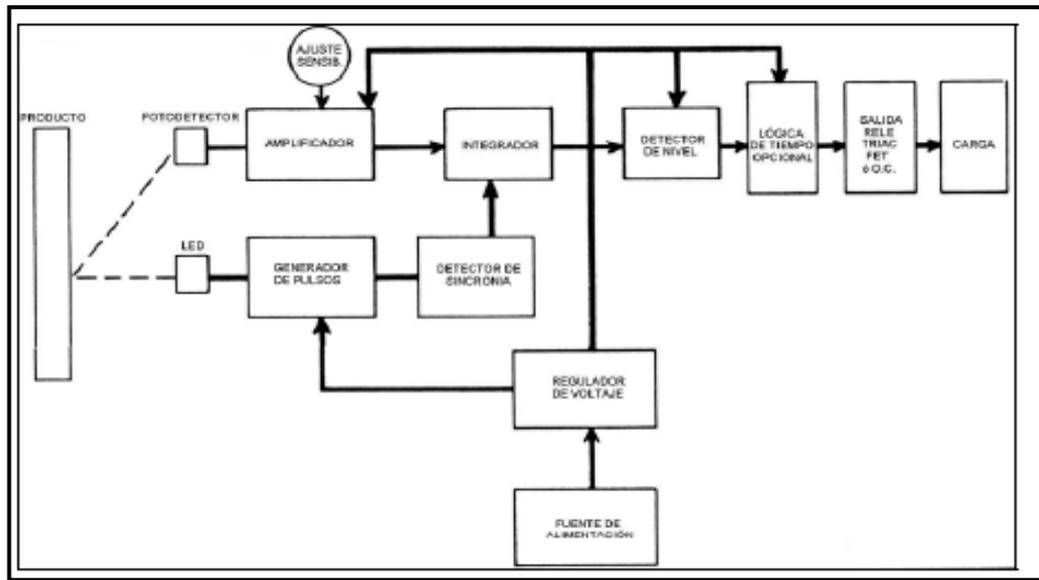


Figura II. 10 Diagrama de Bloques de un sensor fotoeléctrico.¹⁰

La fuente de alimentación provee la potencia necesaria para el funcionamiento del detector, el regulador de voltaje ajusta y mantiene los niveles de tensión utilizados por el resto de los bloques del sensor. El generador de pulsos entrega al LED la señal modulada que permitirá la emisión de un haz discontinuo de luz que al chocar con un objeto regresa al foto detector. La salida de foto detector es amplificada (notar que la ganancia del amplificador se puede para ajustar la sensibilidad) y luego es comparada con la frecuencia de pulsos para verificar que la señal recibida provenga del LED del detector, esto se hace en el integrador.

Examinamos el nivel de salida del integrador en el detector de nivel de para comprobar que la cantidad de luz recibida sea suficiente para activar o desactivar el sensor. Por último tenemos el dispositivo de salida, para el diagrama de bloque de la figura II.10, que pertenece a un sensor con salida discreta, este dispositivo puede ser un relé, un transistor NPN, PNP, TRIAC, FET o un MOSFET. La salida alimenta a la carga ésta puede ser un controlador lógico programable, la bobina de una electroválvula o cualquier otro dispositivo de salida.

¹⁰ Fuente: <http://www.itescam.edu.mx/principal/sylabus/fpdb/recursos/r34716.PDF>

Formas de detección

Los sensores ópticos detectan un objeto de tres formas diferentes: Transmisión directa, reflexivo y difuso.

Transmisión directa o barrera.- Se colocan de frente el emisor y el receptor, si el objeto pasa entre ellos será detectado. La ventaja es que puede alcanzar grandes distancias de detección (hasta unos 270 m), la desventaja se presenta durante la instalación en campo de estos detectores ya que por estar separados el emisor y el receptor, la cantidad de cable y tubería que se utilizan con estos sensores excede a lo normal. La figura II.11 muestra un sensor fotoeléctrico en configuración de transmisión directa.

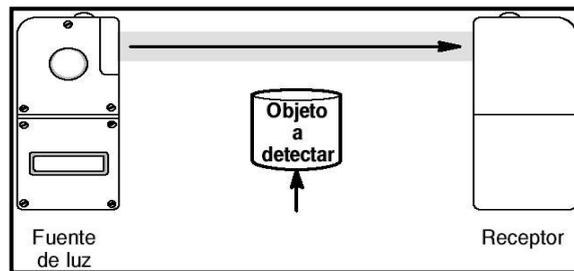


Figura II. 11 Modo de Transmisión directa.¹¹

El área cónica procedente de la fuente de luz y el área de detección frente al receptor es lo que se conoce como campo de visión y el haz efectivo en la configuración transmisión directa es igual al diámetro del lente.

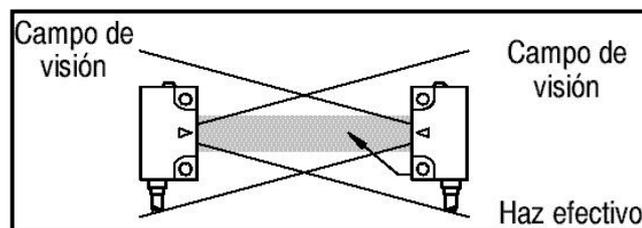


Figura II. 12 Haz efectivo en la transmisión directa.¹²

¹¹ Fuente: <http://www.itescam.edu.mx/principal/sylabus/fpdb/recursos/r34716.PDF>

¹² Fuente: <http://www.itescam.edu.mx/principal/sylabus/fpdb/recursos/r34716.PDF>

Cuando se necesita detectar objetos de menor tamaño es posible reducir el diámetro de haz efectivo instalando un par de aberturas en cada lente, tanto emisor como receptor. La figura II.13 ilustra cómo se puede variar el diámetro de haz efectivo.

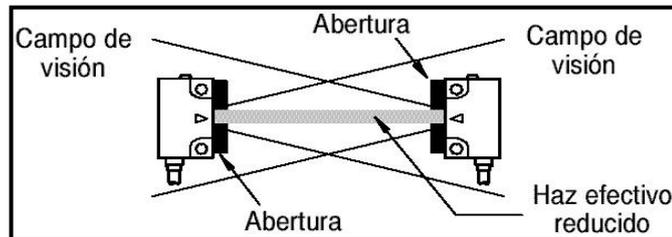


Figura II. 13 Haz efectivo con aberturas.¹³

Esta forma de detección (barrera) no es recomendable para la detección de objetos transparentes debido al alto margen con el que funciona, por lo que estos tipos de objetos puede que no sean detectados. Puede ser muy apropiado para ambientes muy contaminados.

Reflexivo.- El emisor y el receptor están juntos en un mismo empaque y frente de ellos se ubica una superficie reflexiva. El sensor emite un haz de luz que choca contra la superficie reflexiva para ser registrado por el receptor. El objeto se detecta cuando éste impide que el haz de luz llegue hasta el receptor. Esta configuración, se utiliza comúnmente, la desventaja es que la distancia de detección es varias veces menor que en la configuración de transmisión directa.

La figura muestra un sensor óptico en configuración reflexiva.

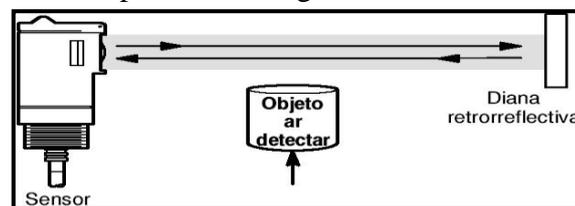


Figura II. 14 Modo Reflexivo.¹⁴

Difuso o proximidad.- Es similar a la configuración reflexiva sólo que ésta utiliza como reflector el mismo objeto a detectar ahorrándose el espejo. El haz de luz no se transmite

¹³ Fuente: <http://www.itescam.edu.mx/principal/sylabus/fpdb/recursos/r34716.PDF>

¹⁴ Fuente: <http://www.itescam.edu.mx/principal/sylabus/fpdb/recursos/r34716.PDF>

en una sola dirección como en las configuraciones anteriores, sino que viaja en varias direcciones para que objetos poco brillantes puedan ser detectados. La desventaja es de tener muy corta distancia de detección, pero ventajoso cuando es imposible acceder a ambos lados de objeto. La figura II.15 muestra la forma de detección difusa.

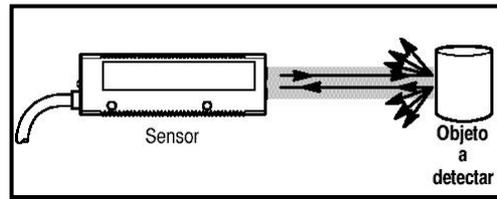


Figura II. 15 Modo Difuso.¹⁵

En la Tabla II.1 se detalla la reflexividad relativa típica (valor típico de la propiedad que tienen algunos materiales para reflejar la luz) de algunos materiales, a mayor reflexividad relativa mayor será la distancia de detección.

Diana	Reflexividad relativa típica
Aluminio pulido	500
Papel Blanco (referencia)	100
Papel blanco de escritura	90
Cartón	40
Madera cortada	20
Papel Negro	10
Neopreno	5
Goma de neumático	4
Fieltro negro	2

Tabla II.1 Reflexividad típica de algunos materiales.¹⁶

Además del difuso normal, existen varios tipos de detectores difusos, estos son: difusa de corte abrupto, difusa de foco fijo, difusa gran angular y supresión del fondo difuso. Estas otras formas de detección difusa se utilizan cuando el fondo es altamente reflexivo (Ver Figura II.16).

¹⁵ Fuente: <http://www.itescam.edu.mx/principal/sylabus/fpdb/recursos/r34716.PDF>

¹⁶ Fuente: <http://www.itescam.edu.mx/principal/sylabus/fpdb/recursos/r34716.PDF>, editada por Angel Vaca (Autor)

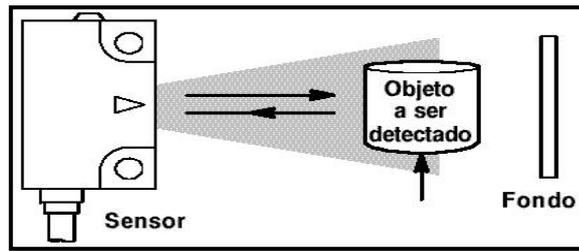


Figura II. 16 Sensor Difuso con fondo Reflexivo. ¹⁷

2.2.2 PULSADORES

Los pulsadores o sistemas de mando instantáneo “tienen la particularidad de recuperar la posición de reposo en el momento en que cesa la fuerza que se ejerce sobre ellos” (3). Con estas características también se encuentran los finales de carrera.

Existen pulsadores normalmente abiertos (NA) que se utilizan para la puesta en marcha de un proceso, y los normalmente cerrados (NC) que son para los paros de emergencia. Cuando se deja de pulsar un normalmente abierto, el contactor(es), o un equipo deja de funcionar puesto que no reciben alimentación, por tal razón los contactores poseen contactos auxiliares que sirven de realimentación de corriente.

Existen una gran variedad de pulsos en el mercado, tanto como en su función, forma y tamaño, vienen acopadas dentro de cajas, que pueden contener más de un pulsador, las que más comúnmente se encuentran son los pulsos NA y NC



Figura II. 17 Pulsadores¹⁸

¹⁷ Fuente: <http://www.itescam.edu.mx/principal/sylabus/fpdb/recursos/r34716.PDF>

¹⁸ Fuente: <http://www.mcgraw-hill.es/bcv/guide/capitulo/8448169263.pdf>, editado por: Angel Vaca (Autor)

2.2.3 SISTEMA DE PRECABLEADO TELEFAST

Presentación general

El sistema Telefast 2 es un conjunto de productos destinados a conectar de forma rápida los módulos de entradas y salidas del autómatas (TON a 24 V, analógicas y de conteo) a las partes operativas. Este sistema sustituye los tradicionales bornes de paso y, por lo tanto, la conexión monohilo.

El sistema Telefast 2 está pensado para conectarse a los módulos con conectores de tipo HE 10 y SUB-D o a borneras estándar (mediante borneras con cable). El sistema está compuesto por cables de conexión y bases interface.

Las funciones de amplificación por relé y de conexión, con o sin distribución de las polaridades, reducen notablemente el tiempo de cableado y eliminan el riesgo de cometer errores.

Conexión del autómatas programable a las bases Telefast

Las bases Telefast 2 pueden conectarse directamente por cable a cualquier módulo de E/S TON con conectores HE 101.

Los módulos E/S TON, que no disponen de conectores HE 10, pueden conectarse a las bases Telefast mediante las llamadas borneras con cable. Las borneras con cable constan de un cable cuyos conductores, de 0,34 mm² de sección, se conectan a la bornera estándar por un lado y a los conectores HE 10 por el otro. Las borneras con cable pueden ser de 1,5 o 3 metros de longitud.

Descripción de las bases de conexión Telefast 2

Todas las bases de conexión de la familia Telefast 2 tienen un diseño homogéneo y ofrecen funciones comunes como las descritas a continuación. Ciertas funciones son optativas.

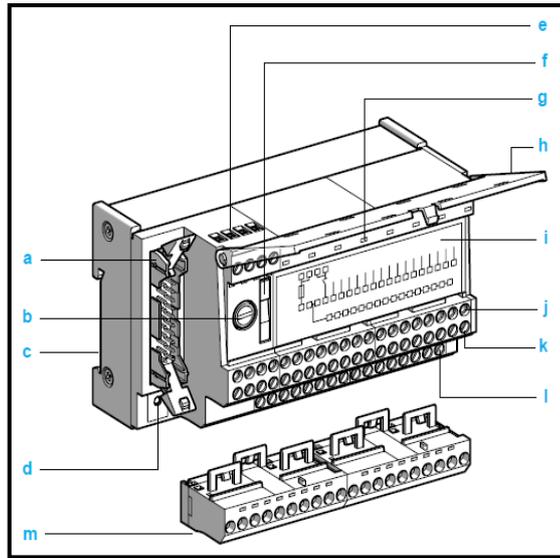


Figura II. 18 Descripción de la conexión Telefast¹⁹

- a. Conector HE 10 de 20 contactos.
- b. Fusible del circuito de alimentación a 24 V.
- c. Fijación sobre carril DIN.
- d. LED de visualización de a 24 V.
- e. Bornera de alimentación de a 24 V
- f. Seccionador de cuchilla a 0 V.
- g. LED de visualización de las vías.
- h. Tapa portaetiqueta de referenciado.
- i. Esquema eléctrico.
- j. Punto de test para clavija Ø 2,3 mm.
- k. Bornera superior con paso de 5,08 mm.
- l. Bornera inferior con paso de 5,08 mm, decalado 1/2 paso.
- m. Bornera adicional enganchable con 20 bornes de conexión.

¹⁹ Fuente: <http://www.global-download.schneider->

[electric.com/mainRepository/EDMS_CTRY1.nsf/69f5d72c7a0cf811c12573d800389503/39197b6baeb6c226852576400063bfef/\\$FILE/CatalogoTelefast2.pdf](http://www.global-download.schneider-electric.com/mainRepository/EDMS_CTRY1.nsf/69f5d72c7a0cf811c12573d800389503/39197b6baeb6c226852576400063bfef/$FILE/CatalogoTelefast2.pdf)

Sistema de pre cableado Telefast 2 Bases de conexión pasiva.

La gama de bases pasivas está diseñada para facilitar el conexionado en los equipos; además de las funciones aportadas por los bornes de paso tradicionales, la gama en bases pasivas posee características propias: productos compactos, conexión de los comunes de los detectores de 3 hilos y de tipo 2, visualización mediante LED, protección y seccionamiento de las vías.

Bases borneras API descentralizado.- ABE-7HiiR11/R10: permiten conectar las entradas o salidas. Los comunes se realizan en el exterior de la propia base y se conducen a la base con tan sólo un hilo. Los bornes de salida están dispuestos en un solo nivel. El estado de la señal por vía se puede visualizar mediante LED (R11) o no (R10).

Bases compactas.- ABE-7HiiR50: cumplen las mismas funciones que las bases anteriormente citadas, pero ocupan casi la mitad de espacio, ya que los bornes están dispuestos en dos niveles.

Bases universales.- ABE-7HiiR21/R20: permiten conectar las entradas/salidas, incluidos todos los comunes. La elección del potencial (0 V o a 24 V), repartido en la fila de bornes que permiten conectar los comunes, se establece a través de un puente. Los dos hilos del captador o del accionador se pueden conectar a la base. Los bornes están dispuestos en dos niveles.

El estado de la señal por vía se puede visualizar mediante LED (R21) o no (R20).

Base para detectores de 2 hilos.- ABE-7H16R23: idéntica a la base ABE-7H16R21, permite además conectar los detectores de 2 hilos de tipo 2 únicamente a los autómatas TSX Micro y Premium. Los bornes están dispuestos en dos niveles.

Bases para detectores de 3 hilos.- ABE-7H16R31/R30: ofrecen la posibilidad de conectar las entradas con detectores de 3 hilos. La señal, a 24 V y 0 V de cada vía se conecta a la base. Los bornes están dispuestos en tres niveles. Esta función también se puede realizar añadiendo una bornera adicional ABE-7BV20 a las bases ABE-

7H16R21/R20. El estado de la señal por vía se puede visualizar mediante LED (R31) o no (R30). (4)

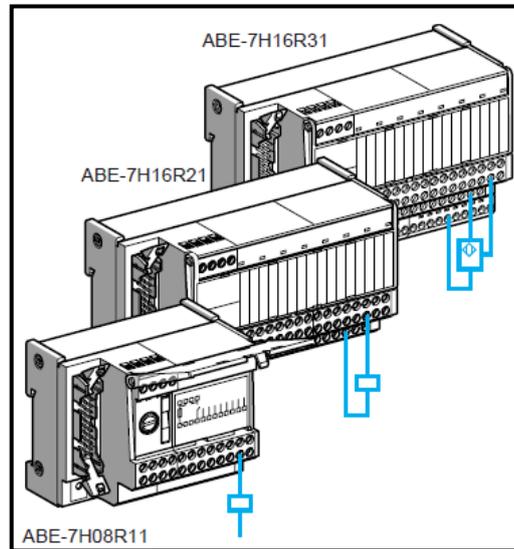


Figura II. 19 Bases para detectores de 3 hilos²⁰

2.2.4 FUSIBLES

Los fusibles son pequeños dispositivos que permiten el paso constante de la corriente eléctrica hasta que ésta supera el valor máximo permitido. Cuando aquello sucede, entonces el fusible, inmediatamente, cortará el paso de la corriente eléctrica a fin de evitar algún tipo de accidente, protegiendo los aparatos eléctricos de "quemarse" o estropearse.

El mecanismo que posee el fusible para cortar el paso de la electricidad consta básicamente en que, una vez superado el valor establecido de corriente permitido, el dispositivo se derrite, abriendo el circuito, lo que permite el corte de la electricidad. De no existir este mecanismo, o debido a su mal funcionamiento, el sistema se recalentaría a tal grado que podría causar, incluso, un incendio.

²⁰ Fuente: [http://www.global-download.schneider-electric.com/mainRepository/EDMS_CTRY1.nsf/69f5d72c7a0cf811c12573d800389503/39197b6baeb6c226852576400063bfef/\\$FILE/CatalogoTelefast2.pdf](http://www.global-download.schneider-electric.com/mainRepository/EDMS_CTRY1.nsf/69f5d72c7a0cf811c12573d800389503/39197b6baeb6c226852576400063bfef/$FILE/CatalogoTelefast2.pdf)

2.3 SISTEMAS NEUMÁTICOS

2.3.1 INTRODUCCIÓN

Los sistemas neumáticos son sistemas que requieren de aire u otro gas para la transmisión de energía. Se aplica en la automatización industrial (ensamblado, empaquetado, etc.) cuando se requiere de un movimiento rápido y para fuerzas no mayores a 30000[N].

Los sistemas neumáticos necesitan complementarse con sistemas eléctricos y electrónicos para tener un alto grado de rendimiento y flexibilidad.

Sus principales ventajas son el bajo costo de sus componentes y su facilidad de implementación

Una desventaja es que no se puede utilizar en sistemas que requieran un movimiento lento y una gran fuerza constante, en este caso interviene la hidráulica.

Un sistema neumático básico puede representarse mediante el siguiente diagrama.

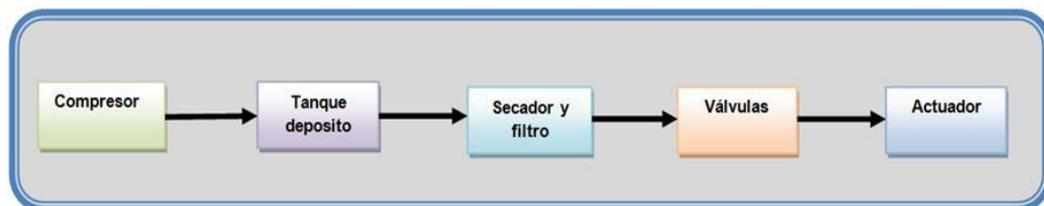


Figura II. 20 Diagrama de un circuito neumático²¹

Los circuitos neumáticos utilizan aire sujeto a presión como medio para transmitir fuerza. Este aire se obtiene de la atmósfera, se comprime y se prepara para ser enviados a los elementos de control, que estos a su vez envían órdenes a los actuadores. En la siguiente figura se ilustra un sistema neumático típico. (5)

²¹ Fuente: http://www.tecnologia-tecnica.com.ar/index_archivos/Page4697.htm

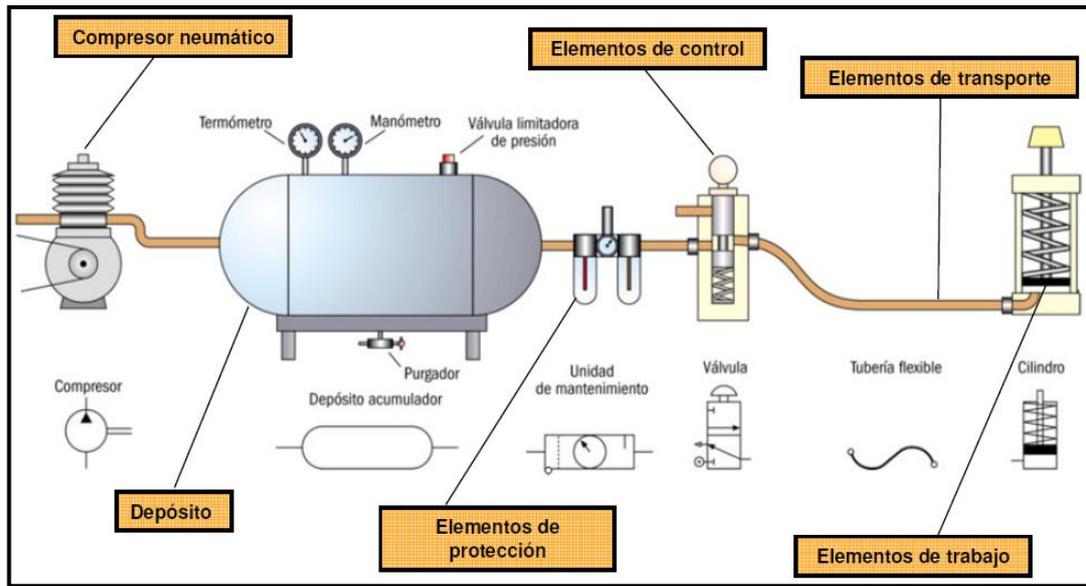
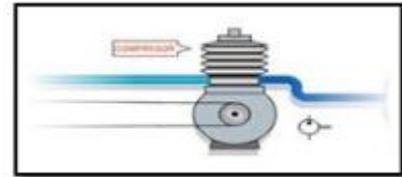
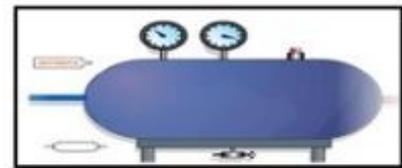


Figura II. 21 Sistema Neumático.²²

El **Compresor** su función es absorber el aire de la atmósfera reduciendo el volumen en el que se encuentra hasta alcanzar la presión deseada.



El **Depósito** acumula el aire a alta presión que produce el compresor y lo enfría. Este depósito posee varios elementos que controlan las condiciones del aire.



Al pulsar la **válvula** permitimos que el aire comprimido empuje el cilindro.

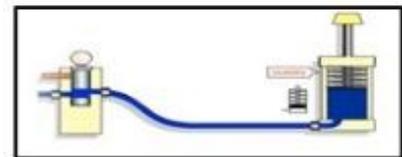
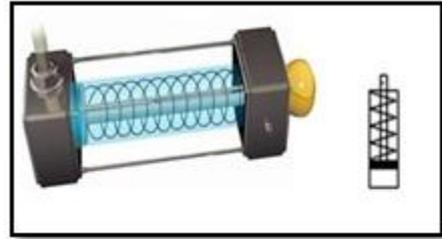


Figura II. 22 Componentes de un Sistema neumático²³

²² Fuente: http://www.areatecnologia.com/NEUMATICA_archivos/circuito-neumatico.PNG

²³ Fuente: http://www.tecnologia-tecnica.com.ar/index_archivos/Page4697.htm

El **cilindro de simple efecto**, tiene una única conexión al aire. Cuando el aire entra en la cámara del cilindro, este empuja y desplaza el émbolo. El retorno es inmediato gracias al resorte que tiene en su interior. Este cilindro sólo puede desarrollar esfuerzos en el movimiento de avance.



El **cilindro de doble efecto** tiene dos conexiones de aire que hace que el émbolo pueda ser empujado por el aire en dos sentidos. Si durante el avance del cilindro dejamos de introducir el aire, el cilindro se detiene. Para provocar su retorno debemos introducir aire en sentido contrario.

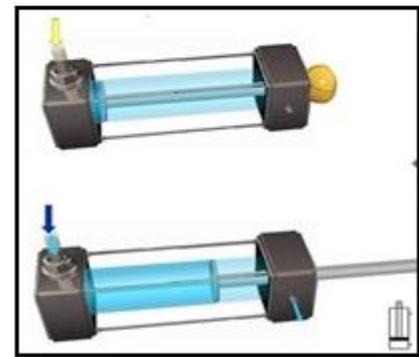


Figura II. 23 Componentes neumáticos ²⁴

2.3.2 CILINDROS NEUMÁTICOS

Los cilindros neumáticos son actuadores lineales utilizados para transformar la energía potencial del aire comprimido en energía cinética o en fuerzas prensoras. Consta básicamente de una estructura cilíndrica provista de un émbolo.

Al ingresar un determinado caudal de aire comprimido, el aire se expande provocando que el émbolo sufra un desplazamiento lineal. Se puede aplicar para que un objeto sea empujado o sujetado a través de un vástago. La fuerza de empuje es proporcional a la presión del aire y al área del émbolo: (6)

$$F = p * A$$

, donde:

F: Fuerza

P: Presión manométrica.

A: Área del émbolo o pistón.

Existen dos tipos principales de cilindros de los cuales derivan construcciones específicas.

²⁴ Fuente: http://www.tecnologia-tecnica.com.ar/index_archivos/Page4697.htm

- Cilindros de simple efecto.
- Cilindros de doble efecto.

2.3.2.1 Cilindros de Simple Efecto

Un cilindro de simple efecto realiza el movimiento en un solo sentido. El retorno del émbolo se efectúa por medio de un resorte interno o por algún otro medio externo como movimientos mecánicos, etc. Pueden presentarse como del tipo “normalmente cerrado” o “normalmente abierto”.

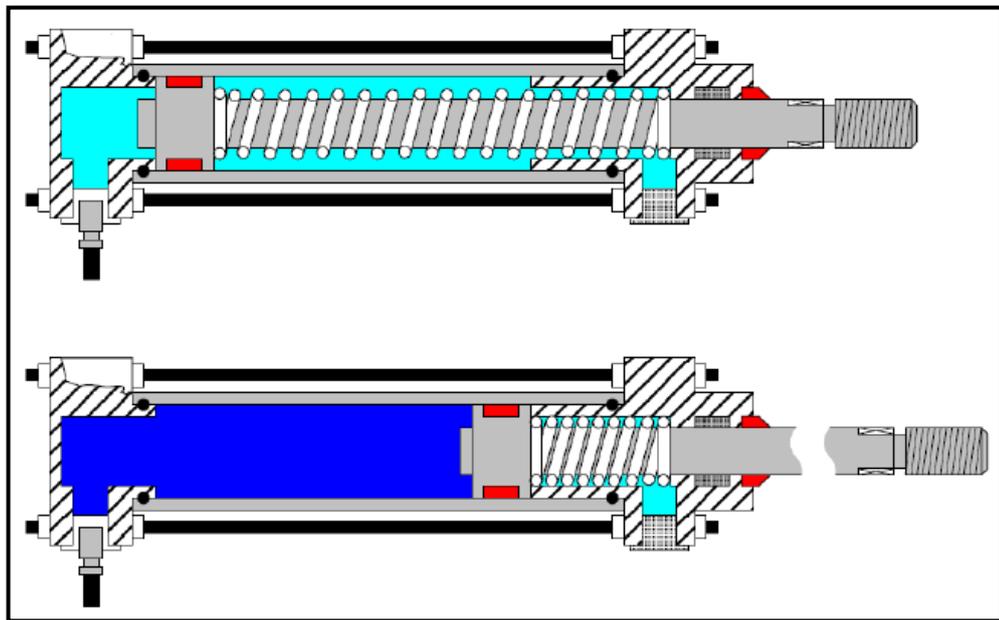


Figura II. 24 Cilindro de simple efecto NC y NA ²⁵

Estos cilindros se utilizan para sujetar, sellar, empujar, etc. Consumen aire en menor proporción que un cilindro de doble efecto de igual tamaño. Sin embargo, hay una reducción de impulso debido a la fuerza contraria del resorte, por lo que puede ser necesario un diámetro interno algo más grande para conseguir una misma fuerza.

Cabe destacar la importancia que tiene la variedad constructiva de los cilindros de simple efecto, pero su funcionamiento presenta la misma mecánica de trabajo. Se ilustra a continuación algunos ejemplos:

²⁵ Fuente: <http://circuitos-hidraulicos-y-neumaticos.blogspot.com/p/21-produccion-y-distribucion-del-aire.html>.

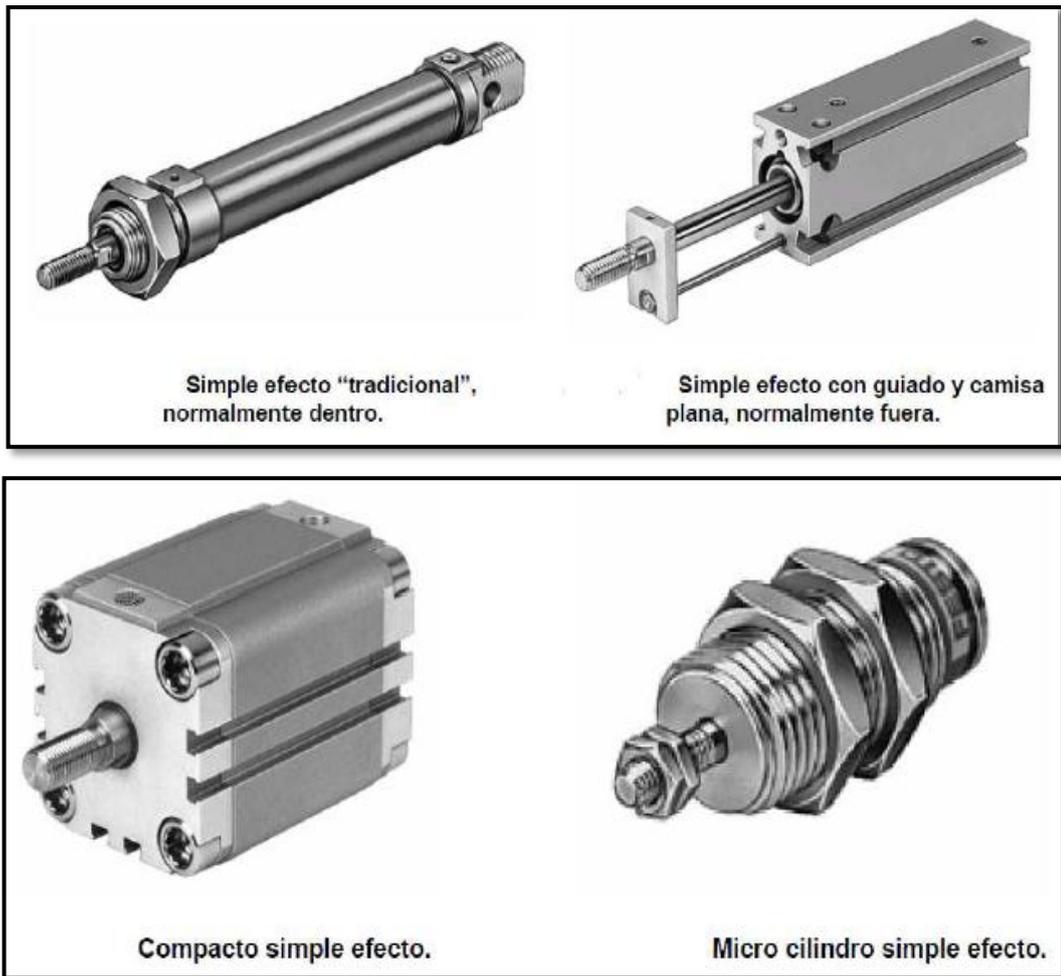


Figura II. 25 Ejemplos de Cilindros de Simple Efecto.²⁶

2.3.2.2 Cilindros de Doble Efecto

Los cilindros de doble efecto son actuadores lineales, su denominación se debe a que utilizan las dos caras del émbolo, por lo que estos componentes sí pueden realizar trabajo en los dos sentidos.

Sus componentes internos en su mayoría son los mismos que en los cilindros de simple efecto salvo unos pocos varían en su construcción, ejemplo:

²⁶ Fuente: <http://www.uhu.es/rafael.sanchez/ingenieriamaquinas/carpetaapuntes.htm/Trabajos%20IM%202009-10/Manuel%20Jesus%20Esacalera-Antonio%20Rodriguez-Actuadores%20Neumaticos.pdf>

- La culata anterior, tiene un orificio roscado para la inyección de aire comprimido, en el cilindro de simple efecto este orificio queda al aire libre para no tener contrapresiones en el interior de la cámara.
- El perfil de las juntas dinámicas, en este caso requiere la estanqueidad entre ambas cámaras, requerimiento innecesario en los cilindros de simple efecto.

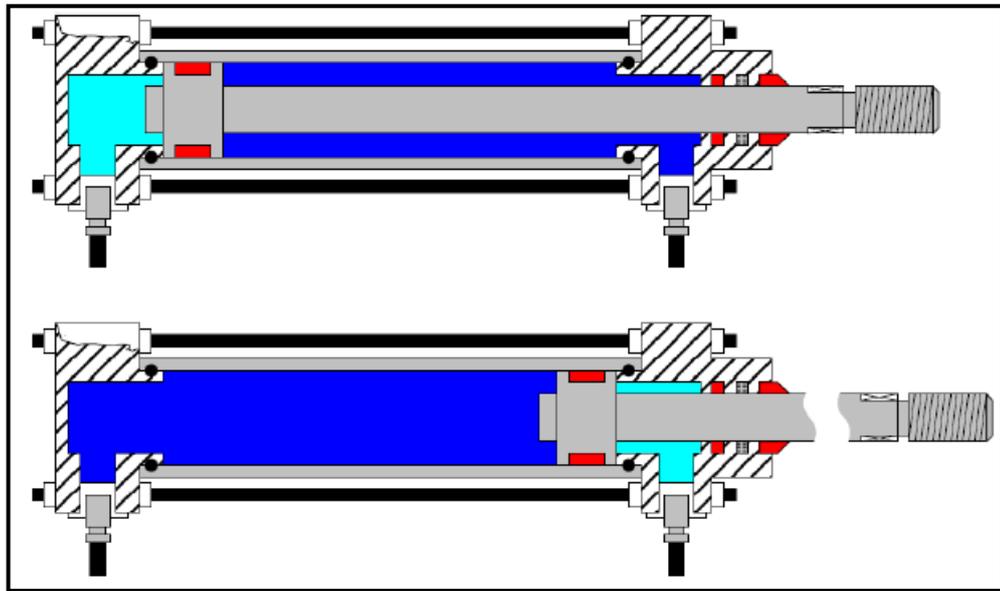


Figura II. 26 Cilindro de doble efecto.²⁷

Resulta más eficiente, además de utilizarse con mayor frecuencia el cilindro de doble efecto en sistemas neumáticos, en comparación con el cilindro de simple efecto, esto se debe a que:

- Siempre contiene aire en una de sus dos cámaras, por lo que asegura el posicionamiento.
- Existe la posibilidad de ejercer trabajo en ambos sentidos (avance y retroceso).
- No disminuye su fuerza de accionamiento, debido a que no existe un muelle que realice fuerza de oposición.
- No existe volumen de alojamiento, por lo que la carrera es mayor que en simple efecto, esto es para cilindros con igual longitud.

²⁷ Fuente: <http://circuitos-hidraulicos-y-neumaticos.blogspot.com/p/21-produccion-y-distribucion-del-aire.html>.

Cabe recordar que estos actuadores consumen el doble de aire comprimido (en avance y retroceso) que los de simple efecto. También es importante señalar que presentan un pequeño desfase entre Fuerza y Velocidad en las Carreras, como se explica a continuación.

DESFASE FUERZA/VELOCIDAD

Con los cilindros de doble efecto, se produce un desfase entre la fuerza de avance (salida) y la fuerza de retorno (entrada) del vástago, lo mismo sucede con la velocidad. Esto se debe a la diferencia que hay entre los volúmenes de las cámaras formadas (en una cámara se encuentra el volumen del vástago del cilindro).

Al aplicar una fuerza de salida (F1) en el vástago, éste actúa sobre una superficie conocida (A1) quedando la siguiente operación:

$$F_{\text{salida}} = P \cdot A_1, \text{ resultando un valor } F_1$$

Al aplicarse una fuerza retorno (F2), con la misma fórmula y a una misma presión, pero esta vez el área ya no es la misma A1, ya que se encuentra dentro de la cámara un vástago que debemos quitar su área (A_v) porque no es efectiva, a la nueva área la denominaremos A_2 .

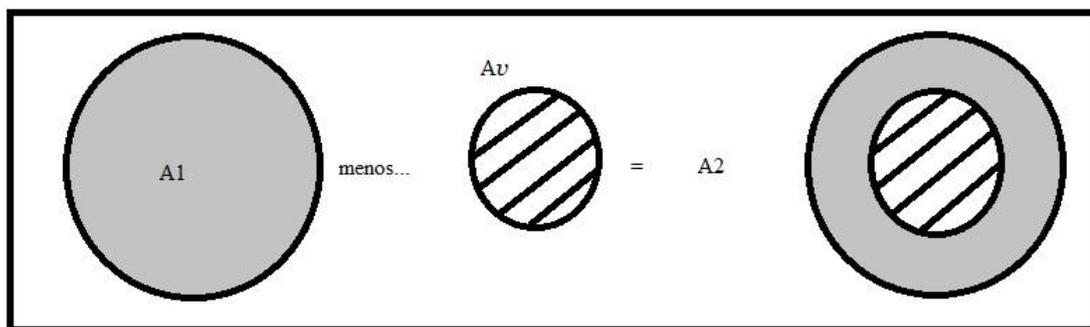


Figura II. 27 Diferencia entre las secciones efectivas de un cilindro.²⁸

$$A_2 = A_1 - A_v$$

²⁸ Fuente: Angel E. Vaca M. (Autor)

Con esto tenemos que: $F_{\text{retorno}} = P \cdot A_2$, resultando un valor F_2

Este mismo caso se aplica a la velocidad para el vástago, ya que si el volumen de la cámara de retorno es menor, para una igualdad de caudal le costará menos llenarse, y por ello la velocidad de retorno será mayor.

En consecuencia podemos afirmar que en los actuadores de doble efecto, para igualdad de presión y caudal:

- La velocidad de retorno es mayor que la de avance. $V_{\text{retorno}} > V_{\text{salida}}$
- La fuerza provocada a la salida es mayor que la fuerza de retorno. $(F_{\text{salida}} > F_{\text{retorno}})$

Estos desfases se pueden corregirse fácilmente mediante la utilización de cilindros de doble vástago. Estos cilindros ubican un vástago a cada lado del émbolo, consiguiendo así igualdad entre las áreas de acción y volúmenes. Por consiguiente se consigue igualdad de fuerzas y velocidades en las carreras.

2.3.2.3 Cilindros sin Vástago con Acoplamiento Magnético.

Es un actuador lineal, prácticamente es un cilindro neumático sin vástago, con un pistón que en su alrededor tiene imanes circulares, sobre el pistón se monta un carro móvil, en éste se montan los objetos a trasladar.

Anexa las siguientes características:

- Final de carrera amortiguado
- montaje:
 - Placas terminales
 - Carro. (7)

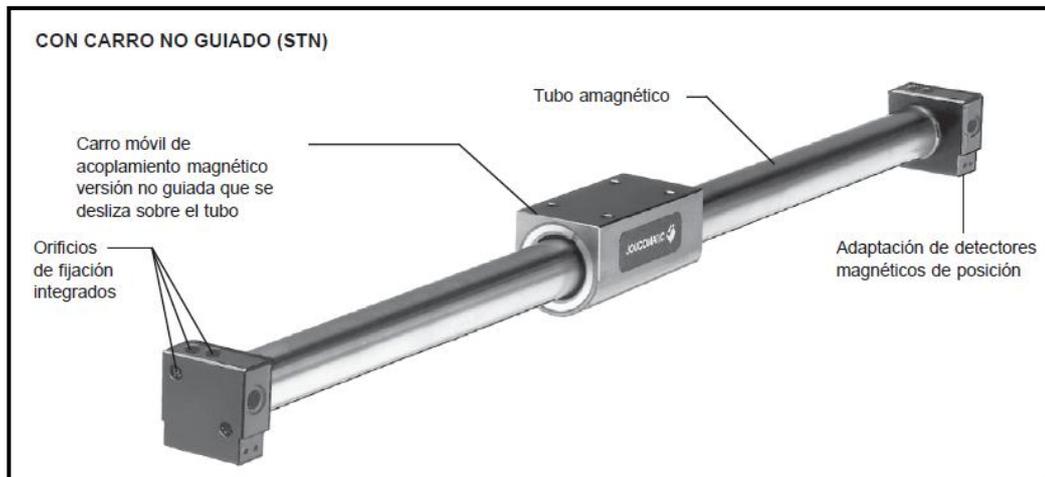


Figura II. 28 Cilindro sin vástago con acoplamiento magnético.²⁹

PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

Se inyecta aire comprimido al tubo amagnético, en consecuencia el pistón se desplaza a lo largo de tubo, el carro móvil también lo hace al mismo tiempo, esto se debe a que ambos tienen incorporados potentes imanes permanentes para producir el acoplamiento magnético carro/pistón.

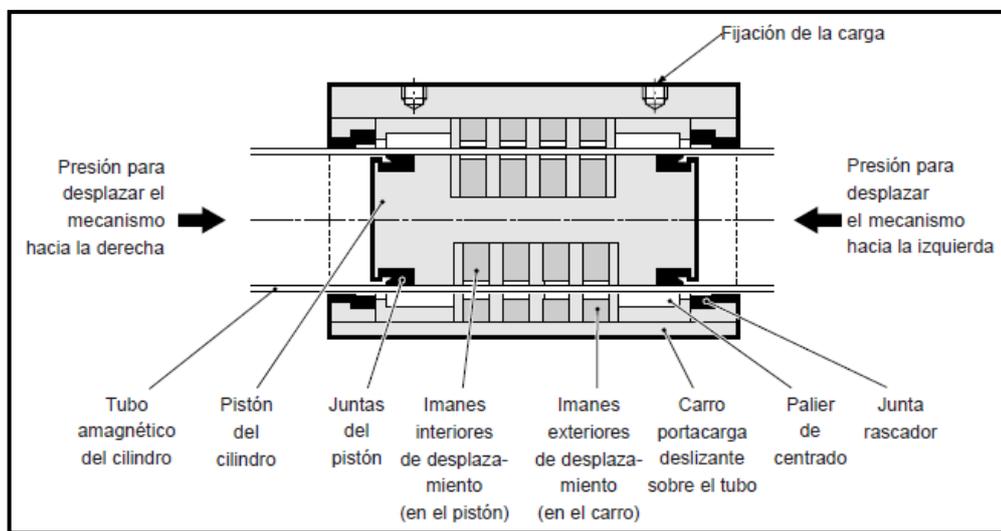


Figura II. 29 Funcionamiento de cilindro magnético³⁰

²⁹ Fuente: http://www.utilairsur.com/joucomatic_stnsg.pdf

³⁰ Fuente: http://www.utilairsur.com/joucomatic_stnsg.pdf

VENTAJAS

Estos cilindros presentan algunas ventajas que se detallan a continuación:

Dimensiones.- Ya que el cilindro magnético no tiene un vástago, reduce considerablemente sus dimensiones, esto mejora la integración del cilindro al sistema, también conlleva a un diferente posicionamiento de la carga a desplazar. En consecuencia este cilindro ofrece una solución más compacta.

Duración.- El cilindro magnético tiene un cerramiento hermético, por lo que no permite ningún tipo de fuga hacia el exterior ni el ingreso de polvo, de esta manera su vida útil mejora.

Aire no Lubricado.- Estos cilindros debido a su tecnología de construcción, funciona con aire lubricado o sin él.

Protección Mecánica.- El acoplamiento magnético garantiza el desplazamiento lineal, si por accidente éste desplazamiento excede el límite de sujeción, inmediatamente se produce un desenclavamiento magnético, asegurando así la protección de las máquinas y entorno. Para restablecer la unión magnética, se aplica empuje neumático del pistón hacia el carro portacarga hasta escuchar el enclavamiento.

Control de Posiciones.- Estos cilindros vienen equipados para trabajar en principio con detectores magnéticos de posición con LED de visualización, interruptor ILE y salida de cable para su conexión eléctrica.

2.3.3 REGULADORES DE CAUDAL

Cuando tenemos sistemas neumáticos donde se trabaja a velocidades y masas considerables, se producen choques del émbolo contra el interior del cilindro que van deteriorando al componente, para evitar esto se aplica regulación de la velocidad, pero en contraparte se reduce la eficacia del sistema.

Para solucionar estos problemas se crearon los actuadores de regulación interna, vienen acopladas a las propias culatas del cilindro unos casquillos de amortiguación.

Observando el cilindro notamos que en los extremos además viene integrado unos pequeños reguladores de caudal unidireccionales.

Al inyectar aire al cilindro, éste fluye por el interior pasando por el regulador de caudal, hasta ese momento la velocidad es nominal.

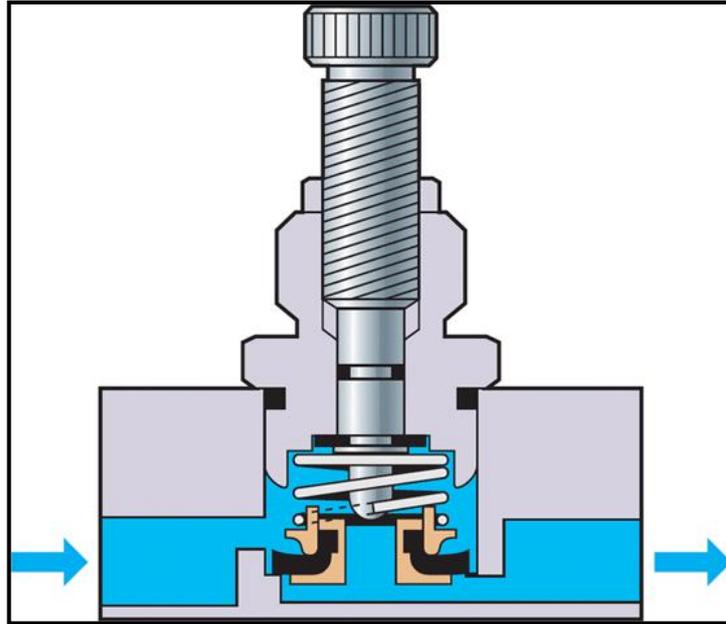


Figura II. 30 Regulador de Caudal.³¹

Al entrar en contacto el casquillo de recrecimiento con el alojamiento, se tapona el punto de fuga más relevante, y el aire que queda en el interior del cilindro sale obligadamente por el regulador de caudal.

Cuando el desplazamiento es en dirección contraria, el aire circula libremente por el interior del alojamiento del casquillo así como también por el antirretorno, lo que demuestra que el sistema de regulación es unidireccional.

En efecto, resulta una regulación de caudal en los últimos milímetros de carrera del cilindro.

³¹ Fuente: http://eepiastecnologia4a11.files.wordpress.com/2012/06/20070821klpinginf_46-ges-sco.png

Los reguladores de caudal se los puede encontrar además de los cilindros clásicos en, cilindros sin vástago, de doble hasta incluso en cilindros de doble giro limitado que incorporan el recurso en sus mecánicas.

Los fabricantes y las gráficas limitan el uso de los reguladores de caudal, dependiendo de los valores de velocidad máxima y masa del objeto a trasladar. Una curva definirá con total claridad los límites de funcionamiento para los diferentes tipos de regulaciones. En caso de no ser suficiente la regulación, se acudirá al uso de regladores hidráulicos. (8)

2.3.4 ACCESORIOS NEUMÁTICOS.

Racores Rápidos. – Son las encargadas de comunicar válvulas con cilindros, de dividir o unir vías de trayectoria del aire comprimido, fabricadas para conectarse a las mangueras neumáticas. (Ver Figura II.31).

Su fácil manejo a la hora de conectar y desconectar mangueras, la gran variedad de tipos que existen (Rectos, T, L, Y, con rosca macho, con rosca hembra, dobles, triples, etc.), bajo precio y su larga vida útil, hacen que la conexión de sistemas neumáticos sea muy eficiente.

A continuación se detallan sus partes principales y características técnicas que poseen estos racores:

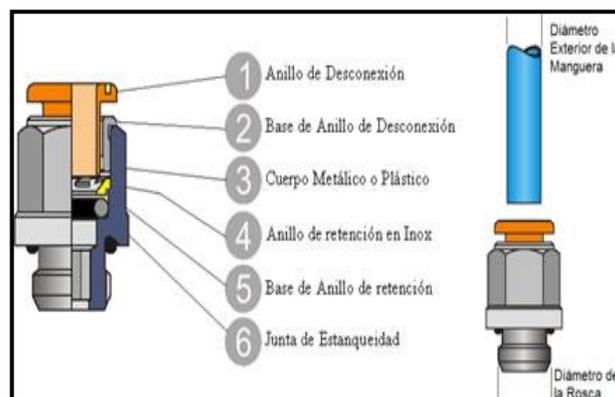


Figura II. 31 Características Técnicas de los Racores.

32

³² Fuente: https://www.neumaticar.com/colombia/images/productos/racores/texto_1.jpg

Tipos de racores.

Los más comunes son:

- Racores en L machos, dentro de la gran variedad de racores, éstos son muy comunes.
- Racores en T, se utilizan para generar dos vías de presión a partir de una, también son muy utilizados.

En el mercado existe más variedades de racores aparte de las expuestas, en la Figura II.32 observamos algunos de ellos.



*Figura II. 32 Tipos de racores*³³

Manómetro.- Es un dispositivo fabricado para medir la presión en los fluidos, por lo general mide el diferencial de presión existente entre la presión del fluido y la presión atmosférica.

En mecánica la presión se expresa como la fuerza por unidad de superficie que ejerce un líquido o un gas perpendicularmente a dicha superficie.

³³ Fuente: <http://www.industriasociadas.com/Airtac/Images/Racores%20Airtac.jpg>



*Figura II. 33 Tipos de Manómetros.*³⁴

Manguera.- Son tubos hechos de plástico, flexibles, que se encargan de transportar el fluido que puede ser líquido o gaseoso, (ver Figura II.34).



*Figura II. 34 Manguera de aire comprimido*³⁵

³⁴ **Fuente:** <http://www.maquinariapro.com/maquinas/manometros-tipos.jpg>

³⁵ **Fuente:** <http://neumatica-es.timmer-pneumatik.de/artikel/artbild/h-s2-blau.jpg>

2.4 SISTEMAS ELECTRONEUMÁTICOS

2.4.1 INTRODUCCIÓN.

La neumática clásica producía la fuerza a través de actuadores o motores netamente neumáticos, incluso el control del sistema (con fines de carrera, sensores y actuadores) se realizaba con válvulas neumáticas. Pero conforme avanzaba la tecnología se requerían sistemas más complejos, con ello surgieron nuevos dispositivos eléctricos y electrónicos, de ahí que nació la electroneumática.

Todo esto de la neumática ya quedó para casos muy sencillos o para casos en que no se tenga electricidad.

Ahora los controladores son las electroválvulas que convierten una señal eléctrica en acción neumática, se activarán con electroimanes en lugar de pilotaje con aire comprimido como lo hacían las válvulas neumáticas, los actuadores funcionan de la misma manera que en la neumática. Por otro lado los fines de carrera, sensores y captadores de información, son elementos eléctricos, por tanto la regulación y automatización son eléctricas o electrónicas.

La electroneumática posee ventajas claras sobre la neumática, se concreta en capacidad de la electrónica y electricidad en, emitir, transportar, combinar y secuenciar señales, que las hacen perfectas para realizar estas tareas.

Dominar las ramas de electricidad y electrónica es excepcionalmente útil ya que la electroneumática es una asociación donde se mezcla la neumática y la automática, con cierta superioridad de ésta sobre aquella.

La energía eléctrica (energía de mando y de trabajo) en este caso es ingresada, procesada y cursada por elementos muy específicos, estos elementos son representados mediante símbolos en los esquemas para hacer más sencillo el diseño, instalación y mantenimiento del sistema.

2.4.2 DEFINICIÓN.

Es una tecnología compuesta por la neumática y electrónica, produce fuerza y movimientos por inyección de aire comprimido, los cuales son controlados por dispositivos electrónicos, la electroneumática se encuentra entre la neumática básica y los autómatas programables que se estudian más adelante, donde éstos por sí solos controlan el sistema con las ventajas singulares que conllevan.

2.4.3 ELEMENTOS DE UN SISTEMA ELECTRO NEUMÁTICO

Los elementos de un sistema electroneumáticos están divididos en dos partes:

- Elementos eléctricos para la entrada de señales.
 - Pulsadores Electromecánicos Para La Entrada De Señal.
 - Interruptor Electromecánico Para La Entrada De Señal.
 - Finales De Carrera Electromecánicos (Por Contacto).
- Elementos eléctricos o electrónicos para el procesamiento de señales
 - Convertidor De Señal Neumo-Eléctrico (Presostato)
 - Sensores (Proximidad, Inductivo y Capacitivo).
 - Relés
 - Temporizadores.
 - Electroválvulas.

2.4.4 ELECTROVÁLVULAS

2.4.4.1 Definición

Es una válvula electromecánica, fabricada para controlar y distribuir el flujo del fluido, accionada por señal eléctrica a través de una bobina solenoidal. (9)

La electroválvula aprovecha las ventajas de la electricidad y de la neumática y pueden ser consideradas convertidores electroneumáticos. Está formada por la unión de una válvula distribuidora convencional y uno o dos solenoides dependiendo de su

clasificación. La inyección de una corriente al solenoide genera una fuerza electromagnética que mueve la armadura conectada a la leva de la válvula.

2.4.4.2 Clasificación

Monoestables.- Posee una bobina a un extremo de la válvula, llamada solenoide, regresa a su posición inicial mediante muelle cuando se deja de accionar al solenoide.

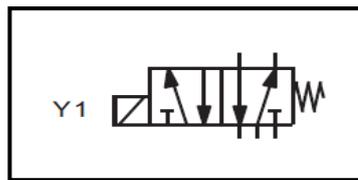


Figura II. 35 Electroválvula Monoestable. ³⁶

Biestables.- Posee dos bobinas, una a cada extremo de la válvula, al dejar de actuar sobre un solenoide la válvula queda posicionada en el mismo lado de dicho solenoide, para cambiar la posición de la válvula sólo se tiene que accionar el otro solenoide.

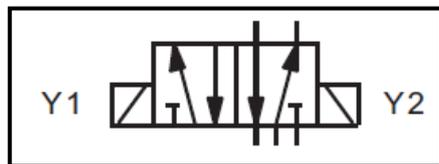


Figura II. 36 Electroválvula Biestable. ³⁷

2.4.4.3 Funcionamiento

Cabe destacar que existen varios tipos de electroválvulas. En unas electroválvula el solenoide actúa directamente sobre la válvula otorgando la energía necesaria para el movimiento, cuando la válvula está cerrada está actuando el muelle, es decir que es necesario aplicar una fuerza mayor y opuesta al muelle para que la válvula se abra, esa fuerza mayor y opuesta lo produce el solenoide al inyectarle señal eléctrica.

³⁶ Fuente: Angel E. Vaca M. (Autor).

³⁷ Fuente: Angel E. Vaca M. (Autor).

En las electroválvulas biestables sucede que se acciona un solenoide para que se abra la válvula y se pulsa el otro solenoide para que se cierre, o existen otras que usan un solo solenoide que abre con un pulso y cierra con el siguiente.

Existen electroválvulas normalmente cerradas (NC) o normalmente abiertas (NA), cuando se va la energía quedan en esas posiciones según sea el caso.

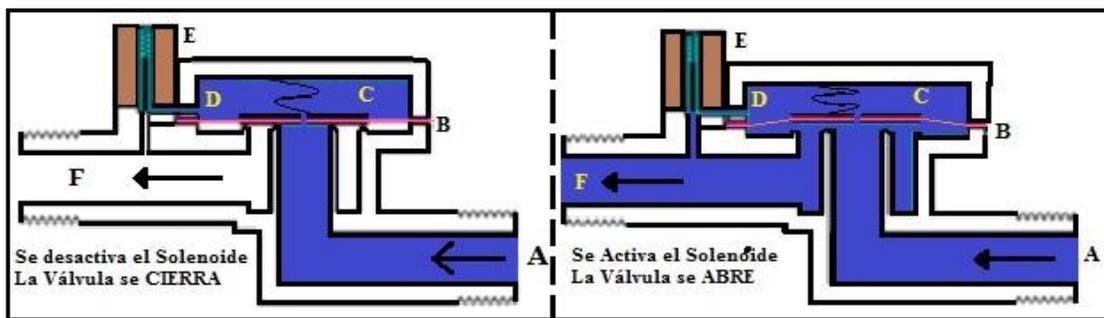


Figura II. 37 Funcionamiento de una Electroválvula.³⁸

Observando la parte superior del gráfico, notamos que el aire a presión ingresa por A, B sobre B se encuentra un diafragma elástico que encima tiene un muelle que empuja hacia abajo con fuerza moderada.

En la mitad del diafragma hay un orificio diminuto para que ingrese aire a la cavidad C para que se equilibren los flujos en ambos lados del diafragma.

El conducto D está bloqueado por el núcleo del solenoide E, si se activa el solenoide, el núcleo E sube permitiendo el paso del aire desde la cavidad C hasta la salida F, en consecuencia disminuye la presión en C, el diafragma se levanta permitiendo el paso directo del aire desde A hasta F.

Si se desactiva el solenoide, el conducto D se volverá a bloquear, provocando que el muelle baje sin aplicar mayor esfuerzo ya que la fuerza principal la produce el fluido de la cavidad C.

³⁸ Fuente: Angel E. Vaca M. (Autor).

Este análisis se aplica a electroválvulas normalmente cerradas (NC), para el caso de las electroválvulas normalmente abiertas (NA) se invierte la situación, es decir, el núcleo E inicialmente se encuentra arriba, por lo que la presión de entrada es menor que la presión de salida.

2.4.4.4 Tipos de Mandos o Acción.

Electroválvulas de acción directa.

Para este caso la bobina actúa de forma directa sobre el fluido, esto exige grandes fuerzas magnéticas para poder mover el fluido, es decir que el consumo eléctrico de esta bobina será de alta potencia.

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none">▪ Construcción más simple.▪ Utilización como válvula universal.▪ Funcionamiento con presión y con vacío.	<ul style="list-style-type: none">▪ Mayor consumo eléctrico▪ Mayor tamaño▪ Vida útil más corto

Tabla II.2 Pro y contra de electroválvulas de acción directa.³⁹

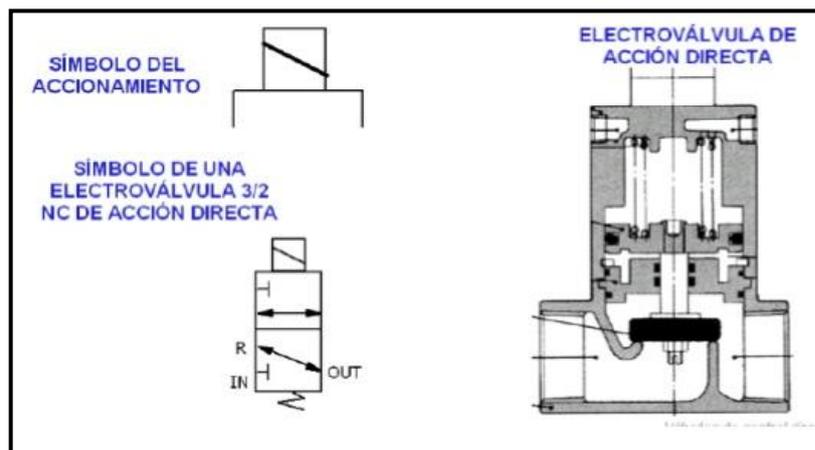


Figura II. 38 Símbolo de una Electroválvula de acción directa.⁴⁰

³⁹ Fuente: Angel E. Vaca M. (Autor)

⁴⁰ Fuente: <http://es.scribd.com/doc/120892637/electroneumatica>

Electroválvulas de acción indirecta o servoasistida

En este caso la acción se realiza al fluido de pilotaje procedente de la válvula piloto, la bobina de la válvula piloto actúa directamente sobre su fluido, esto requiere pequeñas fuerzas magnéticas para poder mover el fluido, es decir que el consumo eléctrico de esta bobina será de baja potencia.

Existen dos formas de tomar el fluido en este tipo de electroválvulas.

Electroválvulas de acción indirecta o servoasistidas (pilotaje interno)

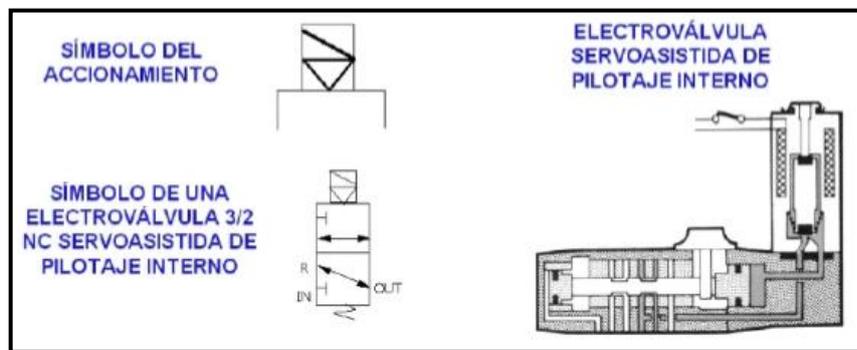


Figura II. 39 Símbolo de una Electroválvula de acción indirecta (pilotaje interno).⁴¹

Electroválvulas de acciones indirectas o servoasistidas (pilotaje externo)

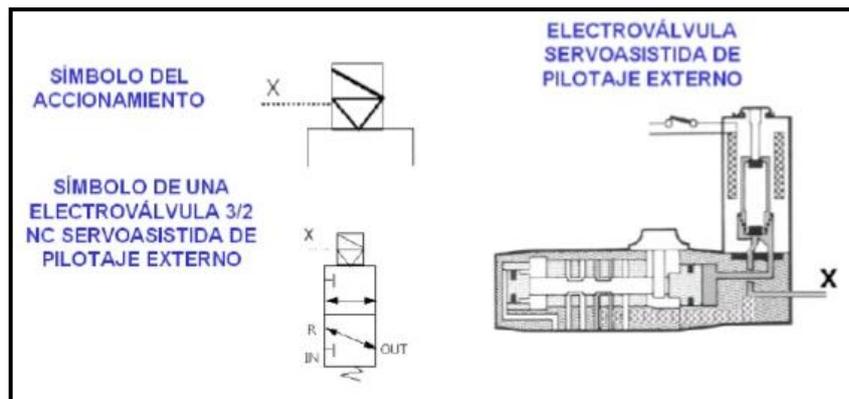


Figura II. 40 Símbolo de una Electroválvula de acción indirecta (pilotaje externo).⁴²

⁴¹ Fuente: <http://es.scribd.com/doc/120892637/electroneumatica>

⁴² Fuente: <http://es.scribd.com/doc/120892637/electroneumatica>

2.4.4.5 Clasificación de las Electroválvulas por Vías/Posición

Electroválvula de 3/2 vías monoestable, normalmente cerrada

Esta electroválvula en estado de reposo se encuentra cerrada, tiene tres orificios o vías por donde ingresa el aire, dividido en dos posiciones, el regreso a su posición inicial lo hace automáticamente por muelle.

Cuando se inyecta corriente a la bobina de la electroválvula, esta genera una fuerza electromotriz (FEM) que levanta la leva del asiento de la válvula, quedando forzada contra el asiento de escape 3, esto permite que el aire fluya libremente de 1 hacia 2.

Electroválvula de 3/2 vías monoestable, normalmente abierta

Su fabricación es similar a las normalmente cerradas, con una variación muy significativa en la conexión para que en reposo se encuentre abierta (el aire fluye libremente de 1 a 2).

La alimentación 1 está conectado al cabezal, entonces cuando se inyecta corriente a la bobina, se levanta la leva cerrando el asiento superior y con ello la alimentación 1, al mismo tiempo el asiento inferior cierra el orificio de salida 2 por lo que la única salida que le queda al aire es el escape 3 (Ver Figura II.41).

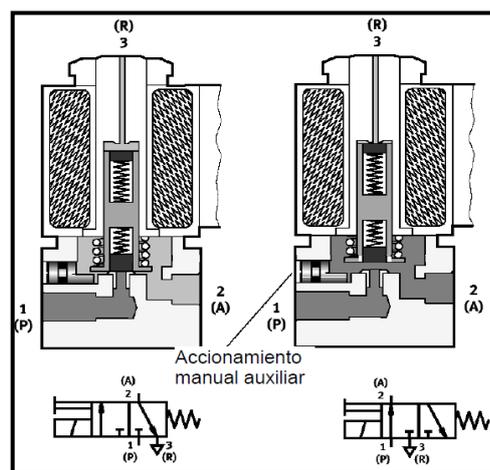


Figura II. 41 Electroválvula 3/2 monoestable (NC y NA)⁴³

⁴³ Fuente: <http://www.itescam.edu.mx/principal/sylabus/fpdb/recursos/r71916.PD>

Estas electroválvulas pueden utilizarse indistintamente como NC y NA. La configuración (NA) se utiliza cuando un cilindro de simple efecto deba tener el vástago extendido en estado de reposo.

Sus aplicaciones más comunes en sistemas electroneumáticos son cuando existe control directo de pequeños cilindros de simple efecto, cuando se controla indirectamente por pilotaje a otras válvulas y en descargas de líneas de aire.

Electroválvula 5/2 Vías Monoestable

Su funcionamiento se parece la electroválvula 4/2, la diferencia está en que la 5/2 tiene dos escapes independientes mientras que la 4/2 tiene un solo escape.

En estado de reposo, el muelle tiene una fuerza mayor a la cerradera por lo que las conexiones están de esta manera; la presión 1 se conecta con una salida 2, 4 se conecta con un escape 5 y 3 queda aislada.

Cuando se activa el solenoide, la corredera ejerce una fuerza mayor sobre el muelle, de tal modo que:

- El aire escapa de 2 hacia 3
- El escape 5 se bloquea.
- El aire fluye ahora de 1 hacia 4

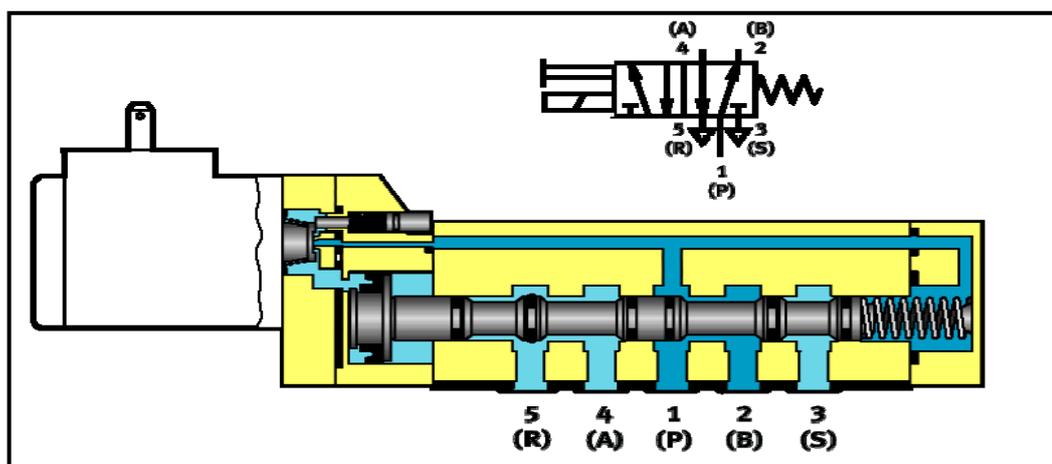


Figura II. 42 Electroválvula 5/2 Monoestable en estado de reposo.⁴⁴

⁴⁴ Fuente: <http://www.itescam.edu.mx/principal/sylabus/fpdb/recursos/r71916.P>

Electroválvula de 5/2 vías, Biestable

Son controladores electroneumáticos que vienen incorporados dos solenoides uno a cada extremo, un solenoide sustituye al muelle que tienen las monoestables. Estas se activan inyectando una señal eléctrica a una de las bobinas, si se quita la corriente la electroválvula queda en esa posición sin producir cambios, cambia de posición si se inyecta corriente a la otra bobina.

Cuando se ingresa corriente a la bobina derecha, el fluido ingresa por 1 hacia la salida 2, mientras que 4 se descarga por 5, el escape 3 queda bloqueado (Ver Figura II.43).

Cuando se ingresa corriente por la bobina izquierda, el fluido ingresa por 1 hacia la salida 4, mientras que 2 se descarga por 3, el escape 5 queda bloqueado.

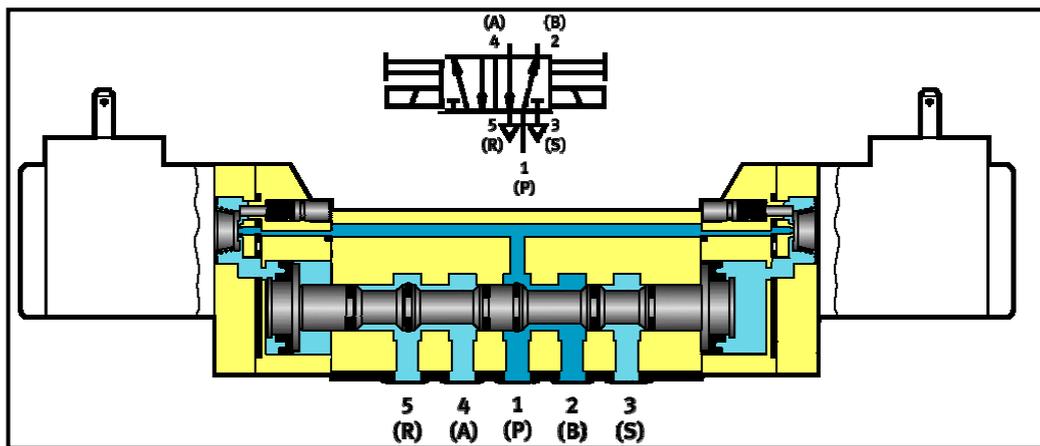


Figura II. 43 Electroválvula de 5/2 Biestable cuando se activa el solenoide derecho.⁴⁵

El uso de las electroválvulas biestables presenta ciertas ventajas sobre las monoestables:

- Se mantiene en posición estable, incluso en fallos de tensión.
- Requiere de 10 a 25 ms para disparar la válvula, por lo que la potencia eléctrica se reduce al mínimo.
- En sistemas complejos, se mantiene las posiciones de válvulas y cilindros sin necesidad de agregar complicados enclavamientos del circuito.

⁴⁵ Fuente: <http://www.itescam.edu.mx/principal/sylabus/fpdb/recursos/r71916.PDF>

Válvulas de 3 posiciones

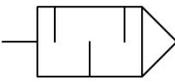
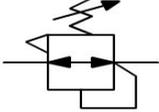
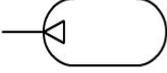
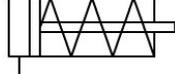
Su funcionamiento es similar a la válvulas de dos posiciones, la diferencia es que en las válvulas de tres posiciones vienen incorporados una posición central adicional, ésta posición central puede ser centro cerrado, abierto o centro a presión.

Para centro abierto se permite la detención intermedia libre de un actuador, puesto que ambas cámaras están conectadas a escape.

Para centro cerrado se permite una parada intermedia, en este caso el actuador queda bloqueado porque en las cámaras se obstruyen sus escapes.

En centro a presión, se mantienen alimentadas ambas cámaras, esto permite detener con precisión un cilindro sin vástago.

2.4.5 SIMBOLOGÍA SEGÚN NORMA ISO 1219

	Silenciador
	Fuente de presión
	Escape sin rosca
	Escape con rosca
	Manómetro diferencial
	Unidad. de Mantenimiento
	Válvula de control de presión
	Depósito neumático
	Cilindro de simple efecto , retorno por muelle.

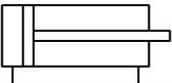
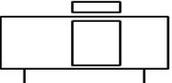
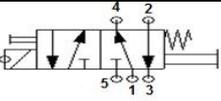
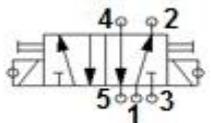
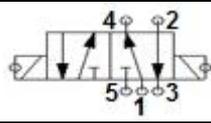
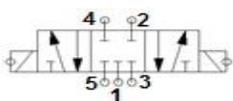
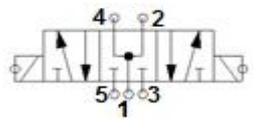
Continuación...	
	Cilindro de doble efecto, vástago simple.
	Cilindro doble efecto sin vástago, de arrastre magnético.
	Cilindro doble efecto, amortiguación en ambos extremos.
	Electroválvula 5/2 monoestable N.C
	Electroválvula 5/2 monoestable N.A
	Electroválvula 5/2 biestable N.C
	Electroválvula 5/2 biestable N.A
	Electroválvula 5/3 biestable Centro Cerrado
	Electroválvula 5/3 biestable Centro Abierto
	Estrangulación regulable

Tabla II.3 Simbología Electroneumática.⁴⁶

⁴⁶ Fuente: Angel E. Vaca M. (Autor)

2.5 SISTEMAS MECÁNICOS

2.5.1 ESTRUCTURAS METÁLICAS DE ALUMINIO

Es el metal que en mayor cantidad se encuentra en la Tierra, se encuentra formando parte de otros componentes y minerales, es necesario separarlo para obtener sus beneficios.

Ser un material liviano y resistente, entre otras excelentes propiedades, lo han catapultado a ser el metal más utilizado en la industria, específicamente en los sistemas de automatización industrial.

Comparado con otros metales en el campo industrial, el aluminio presenta innumerables ventajas, a continuación se detallan las más relevantes.

1. **Larga vida útil.**- El aluminio no se oxida, es resistente a la humedad, no se deforma y soporta los rayos ultravioleta.
2. **Mantenimiento sencillo.**- Debido a su acabado liso y pulido, no atrae al polvo, por lo que es fácil de limpiar.
3. **Seguridad.**- Por su solidez, este material es resistente a la rotura, además no es inflamable.
4. **Amigable con el medio ambiente.**- Por ser reciclable.
5. **Ligero.**- Se adapta fácilmente a cualquier construcción.
6. **Excelente relación calidad/precio.**- Además de ser un material muy recomendado, tiene un costo muy conveniente.
7. **Excelente aislamiento térmico.**- Para garantizar un óptimo aislamiento del frío o calor se debe utilizar ventanas de aluminio, además el aluminio cumple con todos los requisitos legales sobre eficiencia y energética y el CTE.

8. **Óptimo aislamiento acústico.**- Un perfil de aluminio puede acoplarse fácilmente a cristales de gran espesor, con esto se obtiene un excelente bloqueo del ruido.
9. **Adaptabilidad.**- Puede adaptarse a una gran variedad de estilos y formas.
10. **Excelente relación resistencia /peso.**- El aluminio es muy utilizado en trabajos de rehabilitación de edificios, debido a su alto índice de rendimiento además de reducir al mínimo las cargas en la estructura de soporte.

2.5.2 CADENA PORTACABLE

Los sistemas de cadenas portables tienen la función de transportar con total seguridad datos y energía a los consumidores que cambian de posición.

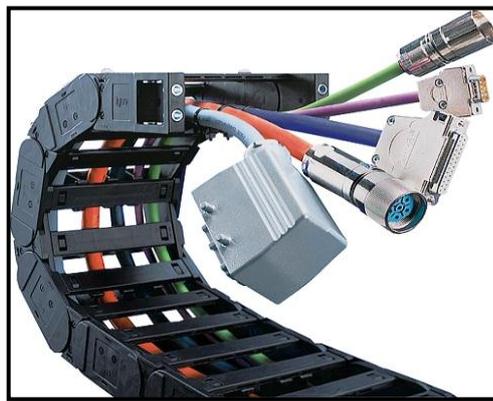


Figura II. 44 Cadena Portacables.⁴⁷

Cálculo de las longitudes de la Cadena

Si se coloca el extremo fijo de la Cadena Portacables en el centro de la carrera, la longitud de la carrera LK se calcula de la mitad de la carrera más un suplemento K para el radio de curvatura. Siempre podrá obtener el valor K de las tablas en el catálogo. Colocar el extremo fijo en el centro de la carrera es siempre la solución más económica, ya que así se utilizan menos Cadenas Portacables y mayormente también menos cables.

⁴⁷ Fuente: http://www.igus.cl/wpck/4982/why_echains?C=CL&L=es

En principio: Esta fórmula es válida para todos los tipos de montaje si el extremo fijo está en el centro de la carrera. Excepciones: Movimientos circulares y la mayoría de las carreras largas. (10)

$$L_K = S/2 + K$$

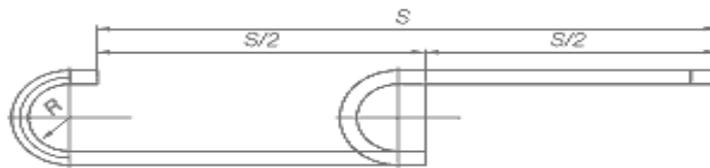


Figura II. 45 Variables para el cálculo de L_k ⁴⁸

Esta fórmula es válida entonces si el extremo fijo está fuera del centro de la carrera

El punto fijo en el centro de la carrera siempre es la solución más conveniente

$$L_K = S/2 + \Delta M + K$$

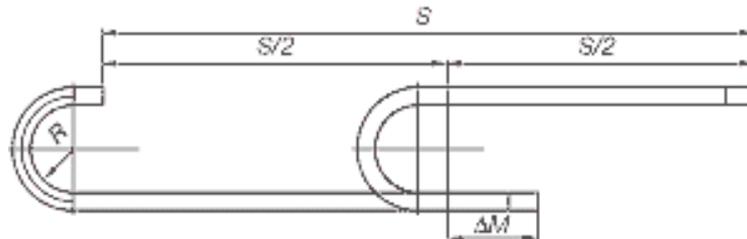


Figura II. 46 L_k cuando el punto fijo está en el centro.⁴⁹

LK = Longitud

S = Carrera

K = $\pi \times R$ normalizado en Valor K, dependiente del radio de curvatura

R = Radio de curvatura; **ΔM** = Desviación del centro.

⁴⁸ Fuente: <http://es.scribd.com/doc/136797342/IGUS-Cap-1-1-Construccion-cadenas-portacables>

⁴⁹ Fuente: <http://es.scribd.com/doc/136797342/IGUS-Cap-1-1-Construccion-cadenas-portacables>

Pretensado

Los parámetros construcción, material y pretensado influyen a la hora de utilizar de forma productiva las mayores longitudes de carrera posibles. "Pretensado" es el exceso de altura del ramal superior en la zona de la longitud de la carrera. El pretensado ofrece longitudes mayores sin soportes y aumenta los tiempos de parada y la seguridad de funcionamiento.

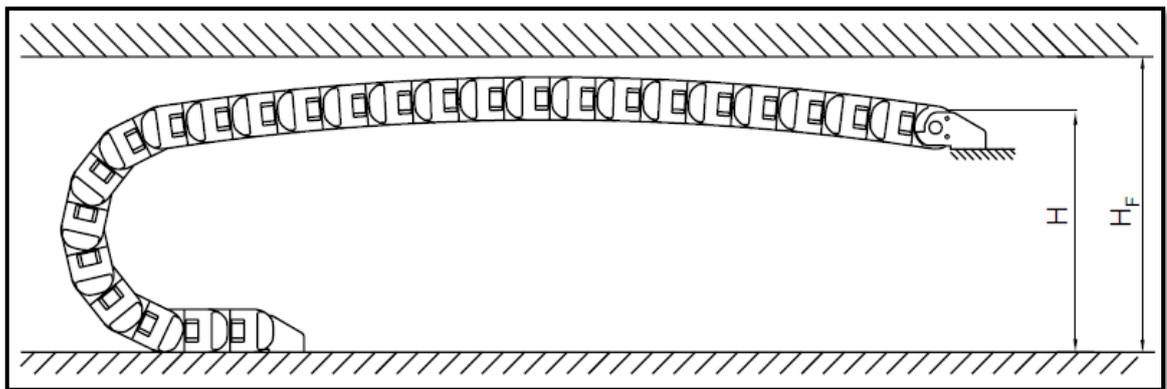


Figura II. 47 Principio del Pretensado.⁵⁰

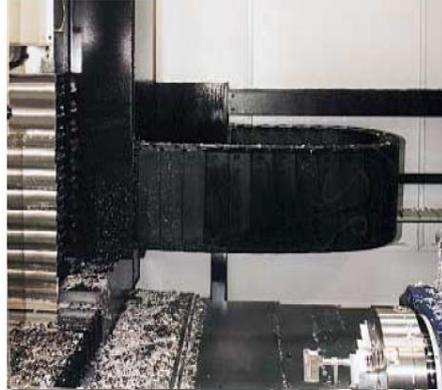
H_F = Altura de Montaje necesaria

H = Altura Nominal.

Puede utilizarlos en sus aplicaciones de forma universal:

- Clases diferentes de movimientos y carreras.
- Los cables de datos y de bus sensibles y los cables de fibra de vidrio son buenos conductores de todas las formas de energía, como electricidad, agua, aire y líquidos.
- Con esfuerzos dinámicos muy elevados y condiciones de funcionamiento duras
- En los ambientes y en las zonas climáticas más diversas.

⁵⁰ Fuente: <http://es.scribd.com/doc/136797342/IGUS-Cap-1-1-Construccion-cadenas-portacables>



*Figura II. 48 Aplicaciones de la Cadena Portacables.*⁵¹

⁵¹ **Fuente:** <http://es.scribd.com/doc/136797342/IGUS-Cap-1-1-Construccion-cadenas-portacables>

CAPÍTULO III

ELEMENTOS DE PROGRAMACIÓN DEL SISTEMA ELECTRONEUMÁTICO

3.1 CONTROL LÓGICO PROGRAMABLE (PLC)

Las fábricas automatizadas de hoy en día están bien equipadas con modernos dispositivos electrónicos, con complejos sistemas automáticos y siempre pensando en el futuro, debido a la alta competitividad de las industrias, estos deben tener un sistema que garantice confiabilidad, eficacia y flexibilidad, todas estas cualidades lo reúne sin lugar a dudas un Controlador Lógico Programable (PLC).

Este dispositivo apareció a finales de lo 60, en reemplazo de los circuitos secuenciales relevadores, largas y tediosas conexiones de contactores y relés, ya que su instalación y mantenimiento eran muy costosas, requería la intervención de un electricista experto.

En la actualidad se ha mejorado sus componentes electrónicos, tales como microcontroladores de alta velocidad, añadiendo funciones especiales para el control de procesos más complejos, también ya se comunican entre PLC's y PC's via LAN y WAN. Tanto fue la acogida del autómatas programable que la NEMA (National Electrical Manufacturers Association) lo definió de una manera formal como:

“Un dispositivo electrónico operado digitalmente, que usa una memoria programable para el almacenamiento de instrucciones, las cuales implementan funciones específicas, tales como; lógicas, secuenciales, temporizadas, de conteo y aritméticas, para controlar en tiempo real, en campo industrial, através de módulos de entrada/salida digital y analógicas, varios tipos de máquinas o procesos.” **(11)**

Las señales de entrada se pueden presentar en los siguientes dispositivos, sensores, finales de carrera, detectores de proximidad, interruptores o pulsadores entre otros. Por otro lado, las señales de salida tienen como finalidad el control de dispositivos como electroválvulas, contactores, motores, variadores de velocidad, alarmas entre otros.

El manejo y programación de un autómata es digital y se puede realizar mediante diferentes lenguajes de programación como Ladder Logic, booleano, simbólico y palabras, los cuales son de fácil manejo para el personal eléctrico o electrónico.

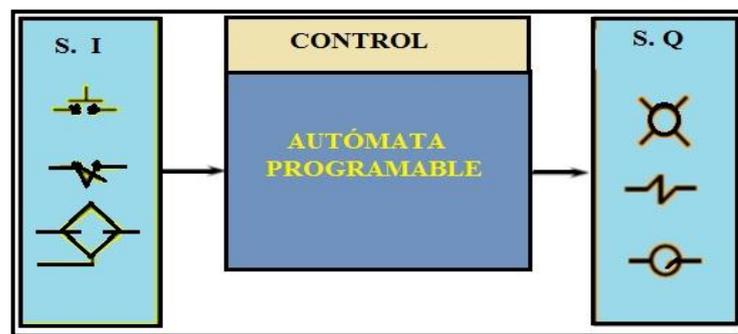


Figura III. 49 Esquema básico de un PLC.⁵²

Ciclo de operación de un plc

El ciclo de operación de un PLC consiste, como se muestra en la Figura III.50, en un chequeo de las entradas para ejecutar, de acuerdo a esta información, el programa y actualizar las salidas.



Figura III. 50 Ciclo de operación de un PLC.⁵³

⁵² Fuente: Angel E. Vaca M. (Autor)

⁵³ Fuente: Angel E. Vaca M. (Autor)

La figura,, muestra tanto la estructura interna como externa de un PLC

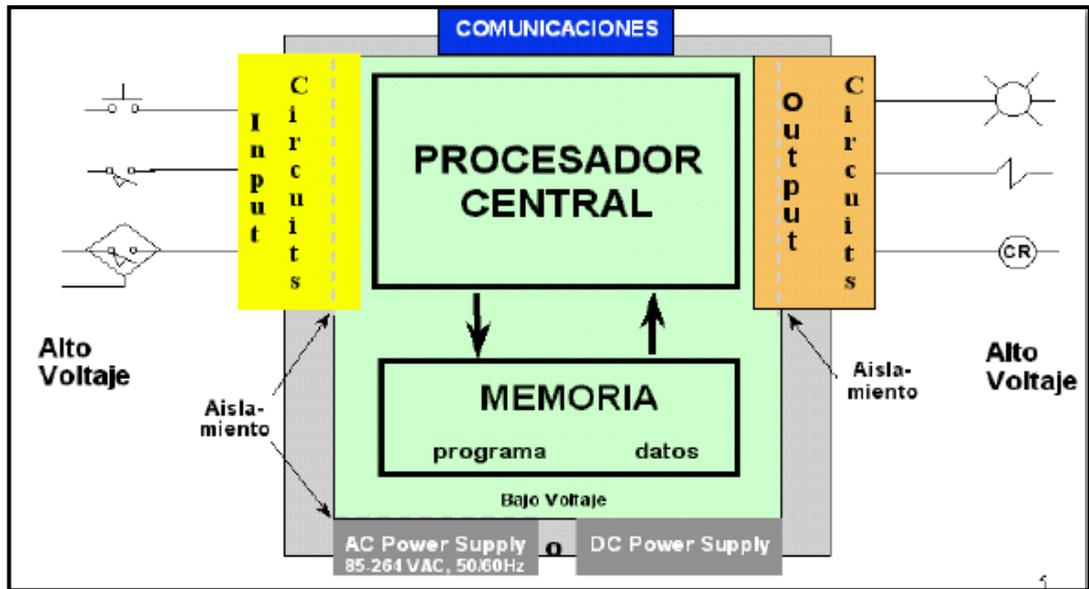


Figura III.51 Estructura interna y externa de un PLC.⁵⁴

3.1.1 ARQUITECTURA EXTERNA

Se compone de elementos necesarios para la comunicación entre dispositivos de entrada y salida (ver figura III.51). Sus partes se detallan a continuación :

- Conexiones de entrada.
- Conexiones de salida.
- Indicadores del estado de entradas y salidas
- Indicadores del estado del Autómata.
- Alimentación.
- Puerto de Ampliación (Modbus ASCII).
- Puerto de comunicación.
- Batería.
- Tierra.

⁵⁴ Fuente: BORJA, Rolando y PAREDES, Byron. Tesis Ing. Electrónica y Control. Escuela Politécnica Nacional. Quito. 2007. 193p.

3.1.2 ARQUITECTURA INTERNA

El autómata programable está construido por un conjunto de circuitos impresos (tarjetas), dentro de los cuales están insertados componentes electrónicos, se divide por unidades similares a una computadora, como se describe a continuación:

- Unidad Central de Procesamiento (CPU).
- Unidad de Programación.
- Módulos de Interfases de entradas/salidas (E/S).
- Módulo de Memorias.
- Fuente de Poder.

En casos particulares, cuando un sistema requiere procesos más complejos, se agregan módulos inteligentes.

Fuente de Poder.

Su función es proporcionar la energía necesaria al CPU y demás tarjetas según sea la configuración del PLC.

- + 5 V para alimentar a todas las tarjetas.
- + 5.2 V para alimentar al programador
- + 24 V para los canales de lazo de corriente 20 mA.

Unidad Central de Procesamiento (C.P.U.)

Es la parte más importante y compleja del PLC, su función consiste en leer los estados de las señales de entrada, ejecutar el programa, controlar salidas, esto lo hace constantemente y a grandes velocidades.

Está conformado por microprocesadores y memorias, aloja una unidad de control, memoria interna del programador, temporizadores, contadores, imágenes del proceso entradas/salidas, etc.

Módulo o Interfases de Entrada/Salida

Estos tienen interacción directa con el CPU del controlador y los dispositivos del sistema, como resultado de ese vínculo se origina el intercambio de información, sea

esto para obtener datos o ejecutar un mando, de aquí resulta el control del sistema automatizado.

En vista de que existe en el mercado una gran variedad de dispositivos exteriores (sensores, actuadores), los autómatas han adoptado de la misma manera diferentes módulos de entrada/salida para cada dispositivo, dependiendo del tipo de señal (AC ó DC) y de los valores nominales de tensión y corriente.

- Módulos de entradas discretas.
- Módulos de salidas discretas.
- Módulos de entrada analógica.
- Módulos de salida analógica.

Módulo de Memorias

Son circuitos integrados cuya función es guardar información que puede necesitar el autómata programable, de acuerdo al tiempo de almacenamiento, existen dos tipos:

Volátiles (RAM).- Este tipo de memoria almacena información temporalmente, hasta que se resetea el dispositivo o programa.

No volátiles (EPROM y EEPROM).- Estas memorias guardan información indefinidamente, hasta que el mismo operador elimine dicha información.

Unidad de Programación

Los terminales de programación permiten la interacción entre el ser humano y la máquina, esta unidad está constituida por teclas y dispositivos de visualización, en ésta unidad se establece qué procesos se quiere realizar en el sistema.

3.1.3 PROGRAMACIÓN

Por se simple hecho de ser programable, requiere la intervención de un operador (ser humano) para que establezca qué tipo de procesos realizar y en qué momento hacerlo, se puede definir al Lenguaje de Programación como: “Un conjunto de símbolos y textos entendibles por la unidad de programación que el operador codifica a un autómata para ejecutar las leyes de control que desee”. Así también al lenguaje de expansión se define

como: “El conjunto de comandos y órdenes que envía el operador para saber el estado del proceso, estos son enviados através de la CPU u otro terminal adecuado, también sirve para modificar alguna variable”.

Para programar un PLC se recomienda seguir los siguientes pasos:

1. Mostrar mediante un diagrama, una descripción gráfica(GRAFCET,RdP), etc, qué es lo que se quiere hacer en el sistema, y en qué orden.
2. Identificar los dispositivos de entrada/salida y ubicarlos en el PLC.
3. Representar de forma algebraica (instrucciones literales o de textos) o gráfica (símbolos gráficos) un modelo del sistema de control con las funciones que intervienen, con las relaciones entre las mismas y con la secuencia a seguir.
4. Codificar la representación del paso 3 en instrucciones o símbolos entendibles por la unidad de programación (lenguaje de programación). Cada instrucción del programa consta de dos partes: el código de operación, que dice qué se ha de hacer y el código de los operandos (identificados por su dirección) que dicen sobre qué variables, o constantes, se ha de operar.
5. Transferir el programa escrito en la unidad de programación a la memoria del autómata.
6. Depurar, poner a punto el programa y guardar una copia de seguridad. En cuanto a los lenguajes de programación a utilizar: literales o gráficos ha de decirse que depende de la aplicación a que se destina e incluso de la costumbre o hábito del programador.

3.1.4 VENTAJAS DE LA AUTOMATIZACIÓN AL UTILIZAR UN PLC.

Los Controladores Lógicos Programables, PLC como ellos son comúnmente llamados, ofrecen muchas ventajas sobre otros dispositivos de control tales como relevadores, temporizadores electrónicos, contadores y controles mecánicos como del tipo tambor. Algunas ventajas que proporciona un PLC.

- Menor tiempo empleado en la elaboración de proyectos.
Esto se debe a que no es necesario dibujar el esquema de contactos, no se simplifican las ecuaciones lógicas y la lista de materiales queda reducida.
- Posibilidad de introducir modificaciones sin cambiar el cableado ni añadir aparatos; esto hace que sea más fácil realizar cambios en el desarrollo del proceso.
- Mínimo espacio de ocupación, esto se debe a sus tamaños diferentes en los que se adquiere, además de esto se puede instalar en cualquier tipo de ambiente. El PLC es diseñado para la aplicación industrial y puede estar sometido a influencias físicas, eléctricas y químicas, ruidos, cortes de energía, contaminantes ambientales como el polvo, etc.
- Emplea menor tiempo de realización y menor coste de mano de obra de instalación.
- Economía de mantenimiento. Además de aumentar la facilidad del sistema, al eliminar contactos móviles, los mismos PLC pueden detectar e indicar averías. Esto hace que aumente la confiabilidad en ellos.
- Posibilidad de gobernar varias máquinas con un mismo Autómata. También facilita la implementación de sistemas de control distribuido ó de control jerárquico.
- Menor tiempo para la puesta en funcionamiento del proceso al quedar reducido el tiempo de cableado.
- Si por alguna razón la máquina queda fuera de servicio, el PLC sigue siendo útil para otra máquina o sistema de producción.

3.1.5 APLICACIONES

El fin principal de un autómata programable es controlar la evolución de un proceso sin la intervención, salvo esporádica, del ser humano.

Su utilización se centra específicamente en aquellas instalaciones donde es preciso realizar procesos de maniobra, control, señalización, etc. A continuación se detallan algunos casos:

- En industrias o fábricas que requieran un crecimiento del sistema en el futuro.
- En sistemas que requieran un espacio reducido.
- En sistemas SCADA.
- En Domótica.

3.2 GRAFCET

Llamado también gráfico de orden etapa transición. apareció en Francia a mediados de los años 70, creado por fabricantes de autómatas (Telemecanique y Aper). Fue diseñado para resolver problemas de automatismos secuenciales. Este lenguaje es enormemente sencillo de interpretar por operarios sin conocimiento de automatismos eléctricos.

Muchos de los autómatas que existen en el mercado permiten la programación en grafcet, tanto en modo gráfico como en lista de instrucciones. También podemos utilizarlo para resolver problemas de automatización en forma teórica y posteriormente convertirlo a contactos en un plano.

Definición.- Es un método gráfico de programación, que consiste en un conjunto de etapas que serán los procesos del sistema, conectadas por condiciones o transiciones, estas condiciones permiten el paso a la siguiente etapa.

Elementos del Grafcet

Etapa.- Son las que determinan las acciones a ejecutar, se representa con un cuadro, dentro de él se ingresa una expresión numérica, que indica su estado, comenzando desde 0 (Ver Figura III.52).

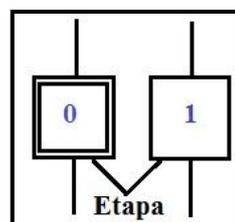


Figura III. 52 Representación de Etapas.⁵⁵

⁵⁵ Fuente: Angel E. Vaca M. (Autor).

Transición.- Son condiciones creadas para poder pasar a la siguiente etapa, se representa con una línea vertical o una flecha que conecta la etapa anterior con la siguiente.

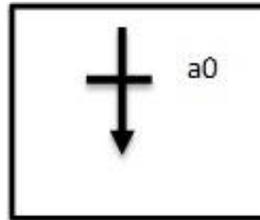


Figura III. 53 Transición.⁵⁶

Secuencia simple.- Es una cadena de acontecimientos que se ejecutan una a continuación de otra, que puede repetir sus procesos.

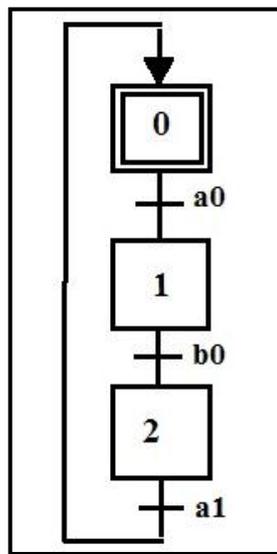


Figura III. 54 Secuencia simple.⁵⁷

Secuencias OR.- Son las secuencias que permiten escoger un camino a seguir, este puede ser OR normal u OR exclusivo.

⁵⁶ Fuente: Angel E. Vaca M. (Autor).

⁵⁷ Fuente: Angel E. Vaca M. (Autor).

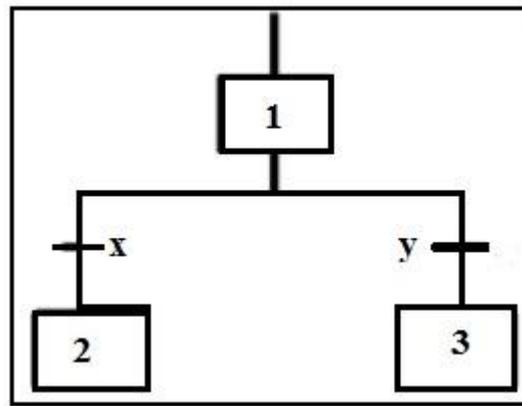


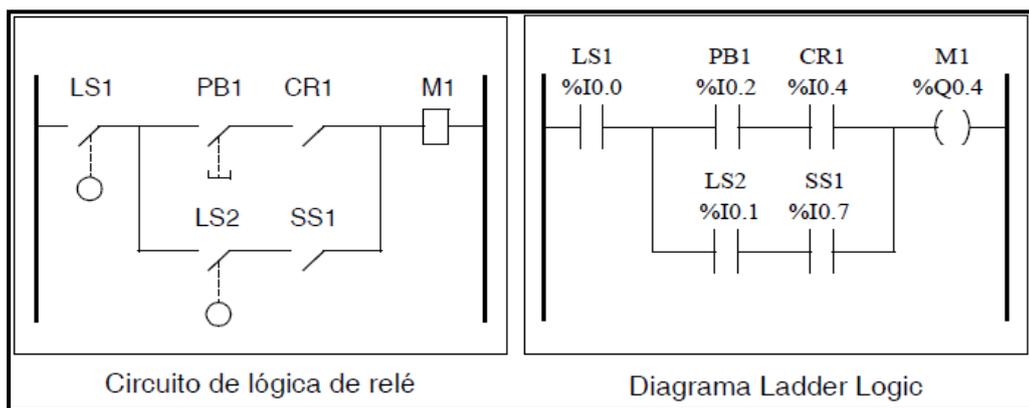
Figura III. 55 Secuencia OR⁵⁸

3.3 LENGUAJE LADDER

Los diagramas Ladder emplean la misma representación gráfica que la de los circuitos de relé en lógica de relé, de tal manera que, en un diagrama Ladder:

- Las señales de entrada se representan con el símbolo de contacto (-| -).
- La señal de salida se representa con el símbolo de bobina (-() -).
- Las operaciones numéricas están dentro de las instrucciones Ladder gráfico.

La figura III.56, muestra un diagrama del cableado de un circuito de relés y su equivalente en Diagrama Ladder. (12)



59

Figura III. 56 Comparación entre diagramas Ladder y Relé.

⁵⁸ Fuente: Angel E Vaca M. (Autor)

⁵⁹ Fuente: http://www.iesdonbosco.com/data/electricidad/twido_guia_de_programacion.pdf

Como ya se explicó anteriormente, se puede apreciar en la Figura III.56, que los periféricos de conmutación (pulsos) del Circuito de Relés, se representan como contactos en el Diagrama Ladder. De la misma manera la salida M1 que está representado como un rectángulo, en el Diagrama Ladder se representa como un símbolo de bobina.

Los números de direcciones que se aprecian sobre los contactos y bobinas del diagrama Ladder, son emplazamientos de conexiones de entrada/salida externas del autómeta.

Escalones Ladder

Los escalones forman parte de un programa en lenguaje Ladder, vienen a ser una etapa (proceso) en Grafset, está compuesto por acciones e instrucciones gráficas ubicadas dentro de dos barras verticales. Estos escalones se ejecutan en forma secuencial.

Las instrucciones y acciones gráficas están representadas por las siguientes funciones:

- Entradas y Salidas del autómeta (pulsadores, sensores, cilindros, motores, etc.)
- Funciones del autómeta (contadores, temporizadores).
- Variables internas del autómeta (bits, palabras)
- Operaciones lógicas y matemáticas (adición, división, AND, XOR, etc.)
- Operadores de comparación y otras operaciones numéricas ($A < B$, $A = B$, desplazamiento, rotación, etc.).

Un escalón se crea de izquierda a derecha, conectando horizontal y verticalmente las instrucciones hasta llegar a las acciones o salidas. No se permite más de un grupo de instrucciones afines, en los escalones.

La Figura III.57 muestra un programa Ladder formado por dos escalones.

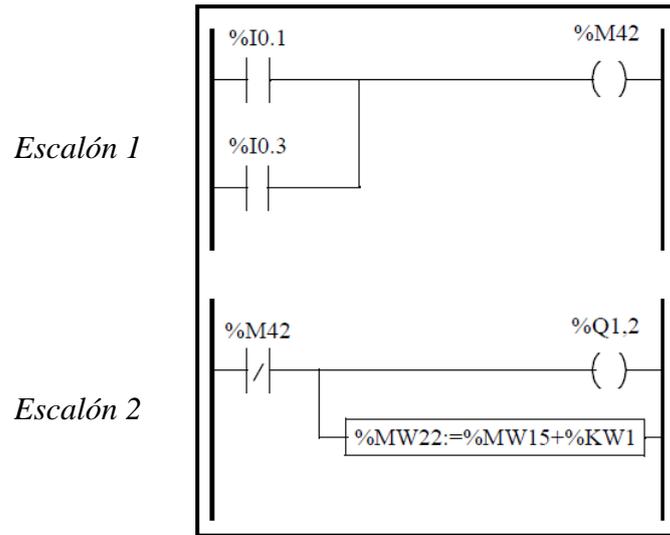


Figura III. 57 Dos escalones de Ladder. ⁶⁰

3.3.1 BLOQUE DE DIAGRAMAS LADDER

El Diagrama Ladder está formado por bloques necesarios para el buen funcionamiento del programa, se agrupan de la siguiente manera:

- Contactos, Bobinas
- Bloques de función.
- Bloques de comparación.
- Bloques de operación.

Contactos y bobinas.- Ocupan una fila de diagrama Ladder, se ubican en el área de instrucciones y acciones respectivamente. Una muestra en TwidoSuite.

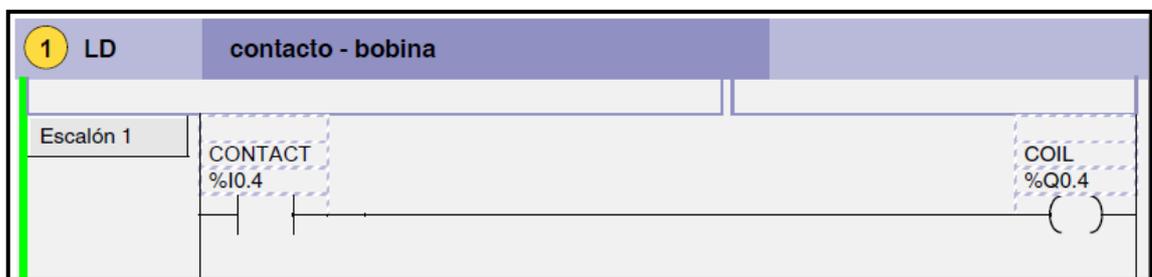


Figura III. 58 Una celda por contacto y bobinas. ⁶¹

⁶⁰ Fuente: http://www.iesdonbosco.com/data/electricidad/twido_guia_de_programacion.pdf

⁶¹ Fuente: http://www.iesdonbosco.com/data/electricidad/twido_guia_de_programacion.pdf

Bloques de funciones.- Están colocados en vertical, ocupando cuatro filas del diagrama Ladder. Las instrucciones se ubican al lateral de entrada del bloque, mientras que las acciones se ubican al lateral de salida del bloque, las salidas no pueden conectarse entre sí.

Dentro de los Bloques de Funciones se encuentran: Temporizadores, contadores, registros, etc. En la figura III.59 se muestra un ejemplo de un contador.

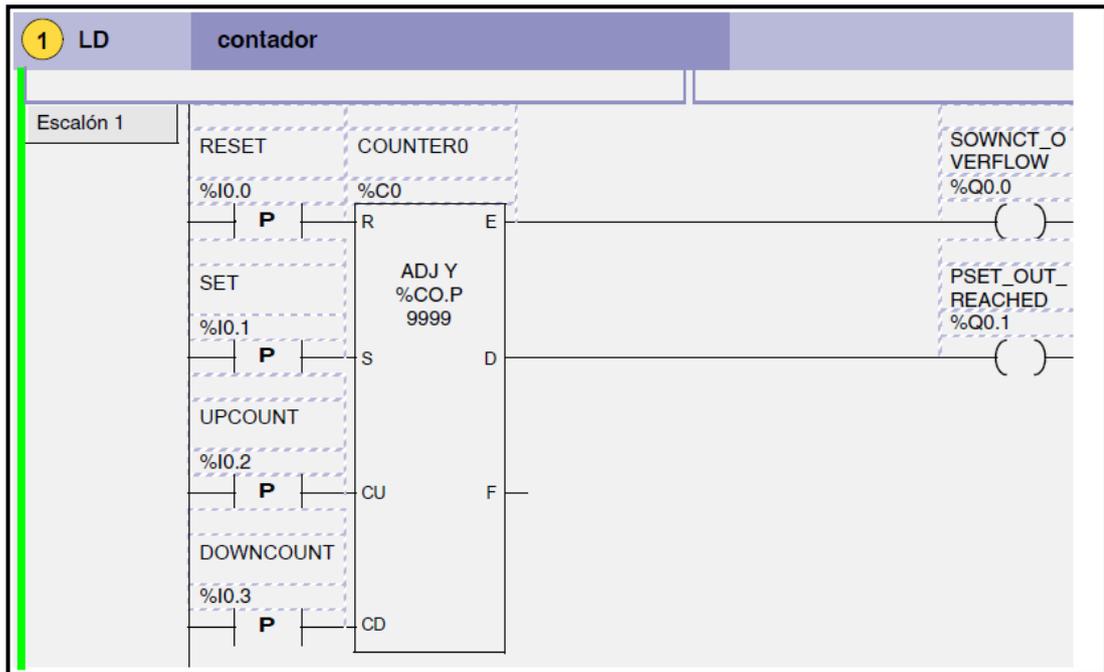


Figura III. 59 Bloque de Función.⁶²

Bloques de comparación.- Se programan en el área de instrucciones, su función es comparar dos operandos, la salida arroja un 1 cuando se comprueba el resultado. Ocupa una fila del Diagrama Ladder.

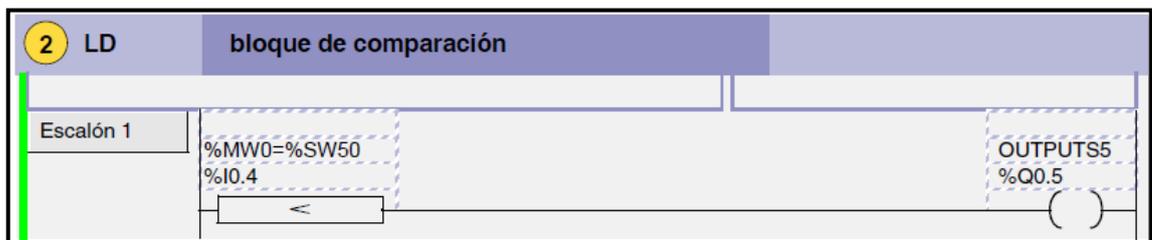


Figura III. 60 Bloque de Comparación.⁶³

⁶² Fuente: http://www.iesdonbosco.com/data/electricidad/twido_guia_de_programacion.pdf

⁶³ Fuente: http://www.iesdonbosco.com/data/electricidad/twido_guia_de_programacion.pdf

Bloques de operación.- Se ubica en el área de acciones, su función es realizar operaciones aritméticas y lógicas. Ocupa una fila en el Diagrama Ladder.

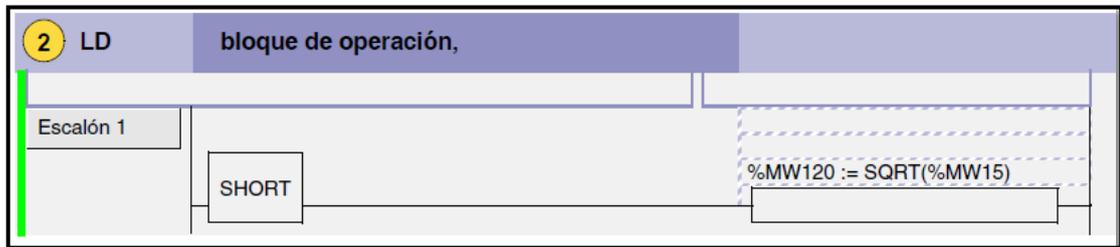


Figura III. 61 Bloque de Operación. ⁶⁴

3.3.2 ELEMENTOS GRÁFICOS DEL LENGUAJE LADDER

Tabla de instrucciones y acciones del lenguaje Ladder en símbolos gráficos.

Nombre	Elemento gráfico	Instrucción	Función
Contacto normalmente abierto		LD	Establece contacto cuando el objeto de bit de control está en estado 1.
Contacto normalmente cerrado		LDN	Establece contacto cuando el objeto de bit de control está en estado 0.
Contacto para detectar un flanco ascendente		LDR	Flanco ascendente: detecta el cambio de 0 a 1 del objeto de bit de control.
Contacto para detectar un flanco descendente		LDF	Flanco descendente: detecta el cambio de 1 a 0 del objeto de bit de control.
Bobina directa		ST	El objeto de bit asociado toma el valor del resultado del área de comprobación.
Bobina inversa		STN	El objeto de bit asociado toma el valor del resultado en negativo del área de comprobación.
Establecer bobina		S	El objeto de bit asociado se establece en 1 cuando el resultado del área de comprobación es 1.
Restablecer bobina		R	El objeto de bit asociado se establece en 0 cuando el resultado del área de comprobación es 1.

Figura III. 62 Símbolos de Ladder. ⁶⁵

⁶⁴ Fuente: http://www.iesdonbosco.com/data/electricidad/twido_guia_de_programacion.pdf

⁶⁵ Fuente: http://www.iesdonbosco.com/data/electricidad/twido_guia_de_programacion.pdf

Instrucciones especiales OPEN y SHORT de Ladder

Sirven para combatir posibles problemas de programación, estas instrucciones especiales alteran el trayecto de un escalón, ya sea acortando o dividiendo su camino. A continuación una tabla descriptiva de estas instrucciones.

Instrucción	Descripción	Instrucción de lista
OPEN	Establece una interrupción en la continuidad de un escalón de Ladder Logic sin tener en cuenta los resultados de la última operación lógica.	AND 0
SHORT	Permite la continuidad a través del escalón sin tener en cuenta los resultados de la última operación lógica.	OR 1

66

Figura III. 63 Instrucciones especiales.

Para crear OPEN y SHORT, utilizamos las instrucciones OR y AND en la programación de Lista, ingresando los valores 0 y 1 respectivamente.

Aquí un ejemplo usando las instrucciones OPEN y SHORT.

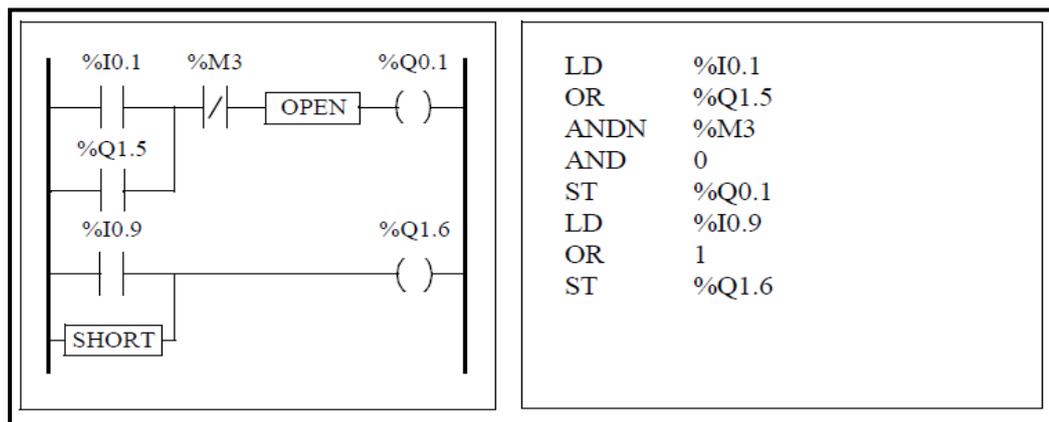


Figura III. 65 Instrucciones OPEN y SHORT ⁶⁷

⁶⁶ Fuente: http://www.iesdonbosco.com/data/electricidad/twido_guia_de_programacion.pdf

⁶⁷ Fuente: http://www.iesdonbosco.com/data/electricidad/twido_guia_de_programacion.pdf

3.3.3 CONSEJOS SOBRE PROGRAMACIÓN

- ✓ Tener mucho cuidado cuando se quiera utilizar los saltos de programa, ya que pueden derivar en bucles largos, que perturban la optimización del programa.
- ✓ Los bits internos, al igual que los bits de salida del programa, se deben modificar una sola vez. Cuando se actualizan las salidas, queda guardado su último valor.
- ✓ Cuando se utiliza un paro de emergencia, no se debe considerar en el programa, lo que se hace es conectar directamente en las salidas correspondientes.
- ✓ Condicionar una recuperación de la alimentación a una operación manual. Reiniciar automáticamente un programa puede ocasionar un funcionamiento no deseado en la instalación (utilizar los bits de sistema %S0, %S1 y %S9).

3.4 INTERFAZ HOMBRE – MÁQUINA (HMI)

Una interfaz Hombre - Máquina o HMI ("Human Machine Interface") es el aparato que presenta los datos a un operador (humano) y a través del cual éste controla el proceso.

A los sistemas HMI se los puede imaginar como una "Planta Virtual", algunos dispositivos especiales como; panel de operador o un ordenador, pueden representar de manera visual e interactiva esa planta virtual, en el ordenador se debe diseñar el "Software HMI" talque permita monitorear y controlar un sistema automatizado .

La señales de entrada/salida son condicionadas por, PLC's, tarjetas de entrada/salida, PAC's (Controlador de Automatización Programable), RTU (Unidades remotas de I/O). el software HMI debe poder comunicarse con cualquiera de estos dispositivos.

Un PLC puede realizar un control pre-programado sobre un proceso, pero los datos se distribuyen a lo largo de toda la planta, resultando tedioso recogerlos manualmente, un sistema SCADA recoge estos datos automáticamente.

Los PLC's a lo largo de la historia no han tenido una forma estándar de entregar información al operador. El sistema SCADA adquiere los datos atreves del PLC u otros

controladores y lo hace por medio de una red industrial, luego estos datos son combinados y formateados.

Desde 1998, implícitamente todos los productores principales de PLC ofrecen integración con sistemas HMI/SCADA, varios de ellos usan protocolos de comunicaciones abiertos y no propietarios.

Numerosos paquetes de HMI/SCADA de terceros ofrecen compatibilidad incorporada con la mayoría de PLCs para configurar estas interfaces por sí mismos, sin la necesidad de un programa especial.

CAPÍTULO IV

DESARROLLO DEL SISTEMA DE TRANSFERENCIA ELECTRONEUMÁTICO

4.1 INTRODUCCIÓN

En la actualidad hay mucha innovación en la elaboración de nuevas tecnologías de transferencia electroneumáticas, pero siempre habrá necesidad de mejorar y crear nuevas tendencias para dar solución a problemas que afectan en nuestro medio.

En este capítulo se describe paso a paso cómo se diseñó e implementó el sistema de transferencia electroneumático para el ensamblaje del Laboratorio de Automatización Industrial de la Escuela de Ingeniería Electrónica en Control y Redes Industriales.

Para el desarrollo del sistema fue necesario dividir en dos partes:

- Desarrollo del Módulo de Transferencia Electroneumático
 - Módulo de transferencia.
 - Módulo de Cableado E/S AB7
 - Módulo de Control.

- Desarrollo de Softwares
 - TwidoSuite
 - NI Lookout

En la etapa del ensamble, se da características técnicas al producto final, en seguridad, en las conexiones, en la maniobrabilidad.

Además se explica las características de cada dispositivo utilizado.

4.2 COMPONENTES DEL MÓDULO

Los siguientes dispositivos, fueron necesarios en la implementación del sistema:

- Estructuras de aluminio.
- Un PLC Telemecanique TWDLCAA10DRF
- Dos Sensores de proximidad de reflexión difusa WT 150-P162
- 1 Sensor Magnético Aiqinuo AN-11R
- 1 Sensor Magnético para posicionamiento del cilindro neumático CS1-E
- Un Cilindro sin vástago magnético AirTAC RMS 25X1250
- Un Cilindro neumático AirTAC MI 20X100
- Dos Electroválvulas AirTAC 4V120-06
- Una Electroválvula CAMOZZI P000-303-P53
- Interfaz de conexión E/S Telemecanique ABE7H16R21
- Cable flexible #18AWG
- Racores
- Borneras
- Mangueras

4.3 DESCRIPCIÓN DE LOS DISPOSITIVOS UTILIZADOS

4.3.1 PLC TELEMECANIQUE TWDLCAA10DRF

Se eligió este controlador lógico programable debido a que cuenta con las características necesarias básicas en el proceso.

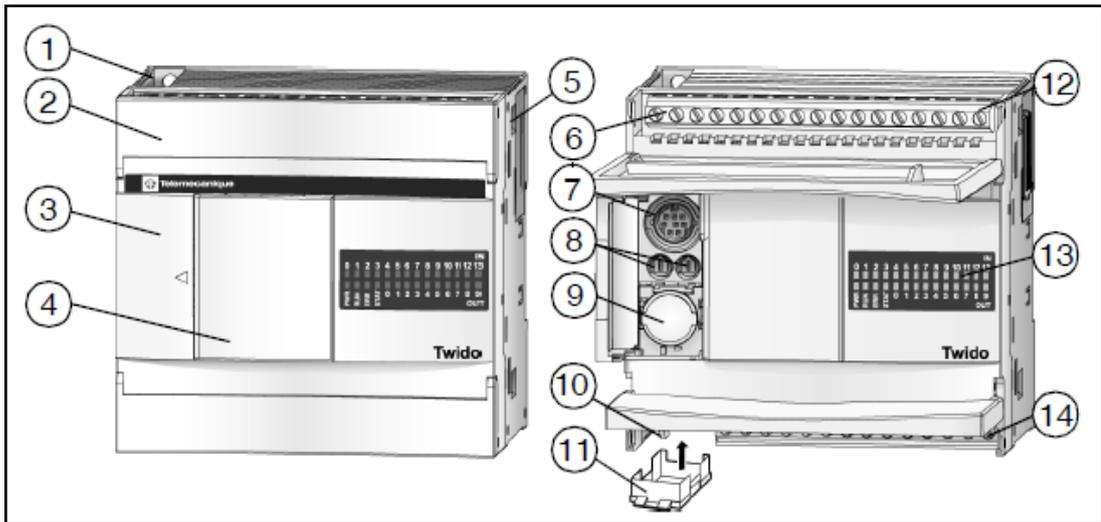


Figura IV. 66 Partes del Autómata Twido.⁶⁸

Etiqueta	Descripción
1	Orificio de Montaje
2	Cubierta Terminal
3	Tapa con Bisagra
4	Cubierta extraíble del conector del monitor de operación
5	No existe en este modelo
6	Terminales de potencia del sensor
7	Puerto serie
8	Potenciómetro Analógico
9	No existe en este modelo
10	Terminales de fuente de alimentación de 100 a 240V CA
11	Conector de cartuchos.
12	Terminales de entradas
13	Indicadores luminosos
14	Terminales de Salida

Tabla IV.4 Especificaciones Técnicas del Autómata Twido.⁶⁹

⁶⁸ Fuente: <http://eshop.schneider-electric.com/Download.aspx?infos=H377889.pdf%20:3>

⁶⁹ Fuente: <http://eshop.schneider-electric.com/Download.aspx?infos=H377889.pdf%20:3>

Los diagramas siguientes muestran las dimensiones de las bases compactas

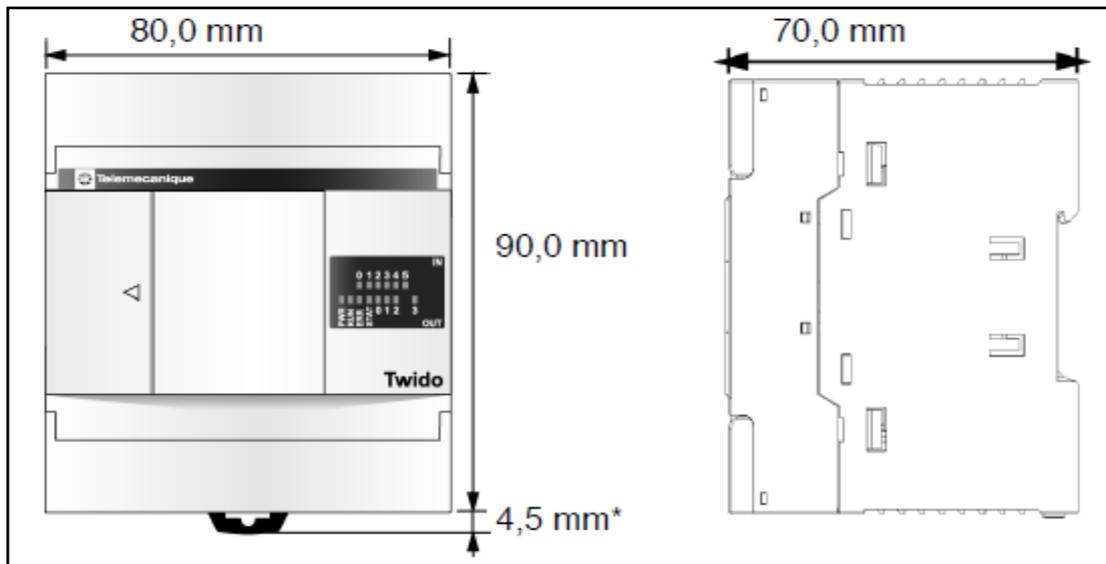


Figura IV. 67 Dimensiones de PLC. ⁷⁰

CAERACTERÍSTICAS

- PLC compacto de 10 E/S.
- Entradas/Salidas digitales (TON): 6/4
- Alimentación: 100/240Vac
- Entradas aisladas a 24Vcc
- Salidas a relés
- Programación con Twidosoft ó TwidoSuite
- Comunicación por RS485 Modbus (Maestro/Esclavo) 200mts de distancia máxima da alcance.
- Batería no intercambiable de Litio de 10 años de duración. Mantenimiento de la RAM con batería llena: 30días a 25°C
- Rango de tensión de las entradas 20,4 a 28,8 Vcc.
- Corriente máxima de carga de las salidas digitales: 2A por cada salida y 8A por común.
- Tiempo de ejecución: 0,14 μ s a 0,9 μ s por instrucción de lista.

⁷⁰ Fuente: <http://eshop.schneider-electric.com/Download.aspx?infos=H377889.pdf%20;3>

- Memoria del PLC: 3072 palabras internas, 128 bits internos.
- Memoria programa: 700 instrucciones.
- Sin Entradas/Salidas Analógicas.
- Posibilidad de asignación RUN/STOP: Cualquier entrada.
- Salidas de seguridad: %Q0.0 a %Q0.3
- Retención de estado en 4 entradas: %I0.0 a %I0.3

ESQUEMA DE CABLEADO DEL PLC

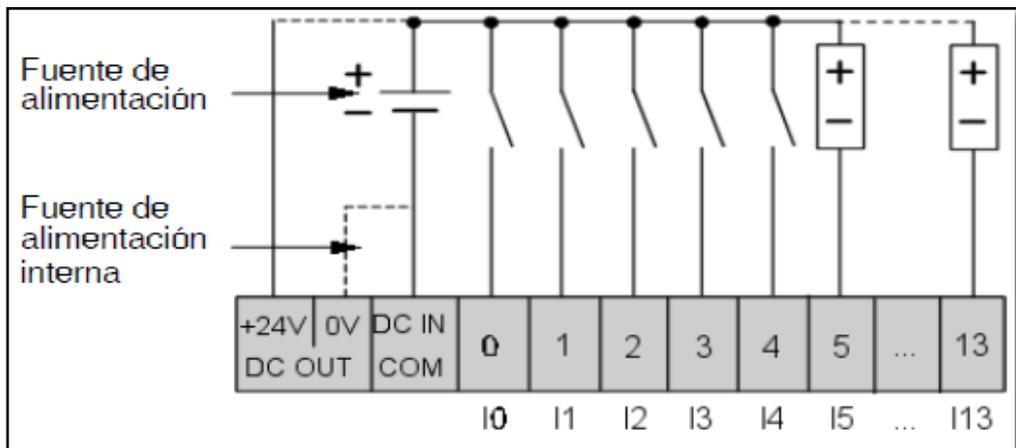


Figura IV. 68 Esquema de cableado de las entradas de común positivo de CC. ⁷¹

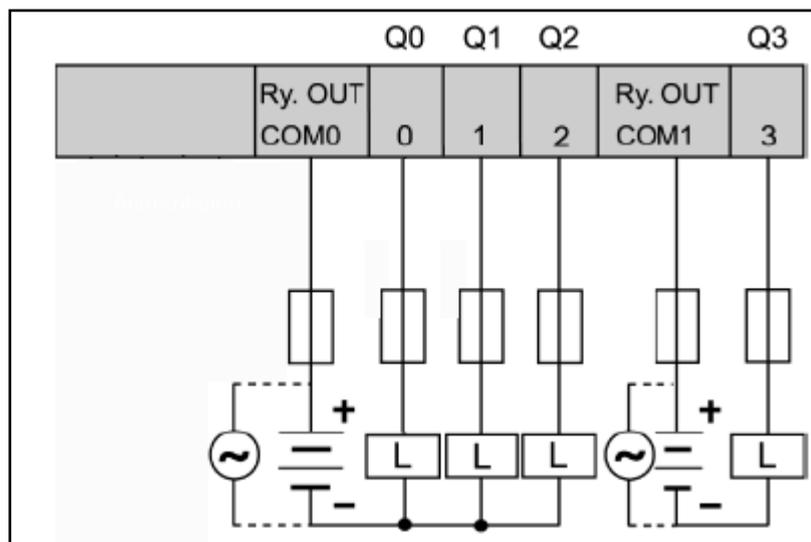


Figura IV. 69 Esquema de cableado de las salidas de relé y transistor de C.A. ⁷²

⁷¹ Fuente: <http://eshop.schneider-electric.com/Download.aspx?infos=H377889.pdf%20:3>

⁷² Fuente: <http://eshop.schneider-electric.com/Download.aspx?infos=H377889.pdf%20:3>

4.3.2 SENSOR DE PROXIMIDAD DE REFLEXIÓN DIFUSA MARCA SICK WT 150-P162



Figura IV. 70 Sensor Óptico modelo WT150-P162⁷³

Es un sensor fotoeléctrico de proximidad de tipo PNP normalmente abierto que brinda una sensibilidad de 2 – 100 mm de distancia, con una detección de materiales como el vidrio, aluminio, etc. dependiendo del ajuste de su sensibilidad,

4.3.2.1 Características Principales

- Sistema de proximidad (reflexión directa): no necesita de ningún accesorio externo para trabajar, basta con situar la fotocélula en el lugar de trabajo.
- Cuanto mayor sea el reflector mayor alcance tendrá la fotocélula.
- Resistencia a la luz ambiente ya que los detectores fotoeléctricos utilizan el principio de la luz por pulsos, lo cual les confiere, conforme a la norma IEC 60947-5-2, una gran inmunidad a las luces parásitas.
- Resistencia a las perturbaciones electromagnéticas, trabajan según las recomendaciones de la norma IEC 60947-5-2,
- Ángulo de dispersión de 5°
- Corriente máxima de salida ($I_a max$): $\leq 100mA$.

⁷³ Fuente: <http://ssautomat.com.mx/files/396/237>

- Tiempo de respuesta: ≤ 5 ms.
- Temperatura ambiente de operación: -25°C a $+55^{\circ}\text{C}$
- Su rango de diámetro de luz va aproximadamente desde los 4 mm hasta los 40mm.

4.3.2.2 Dimensiones

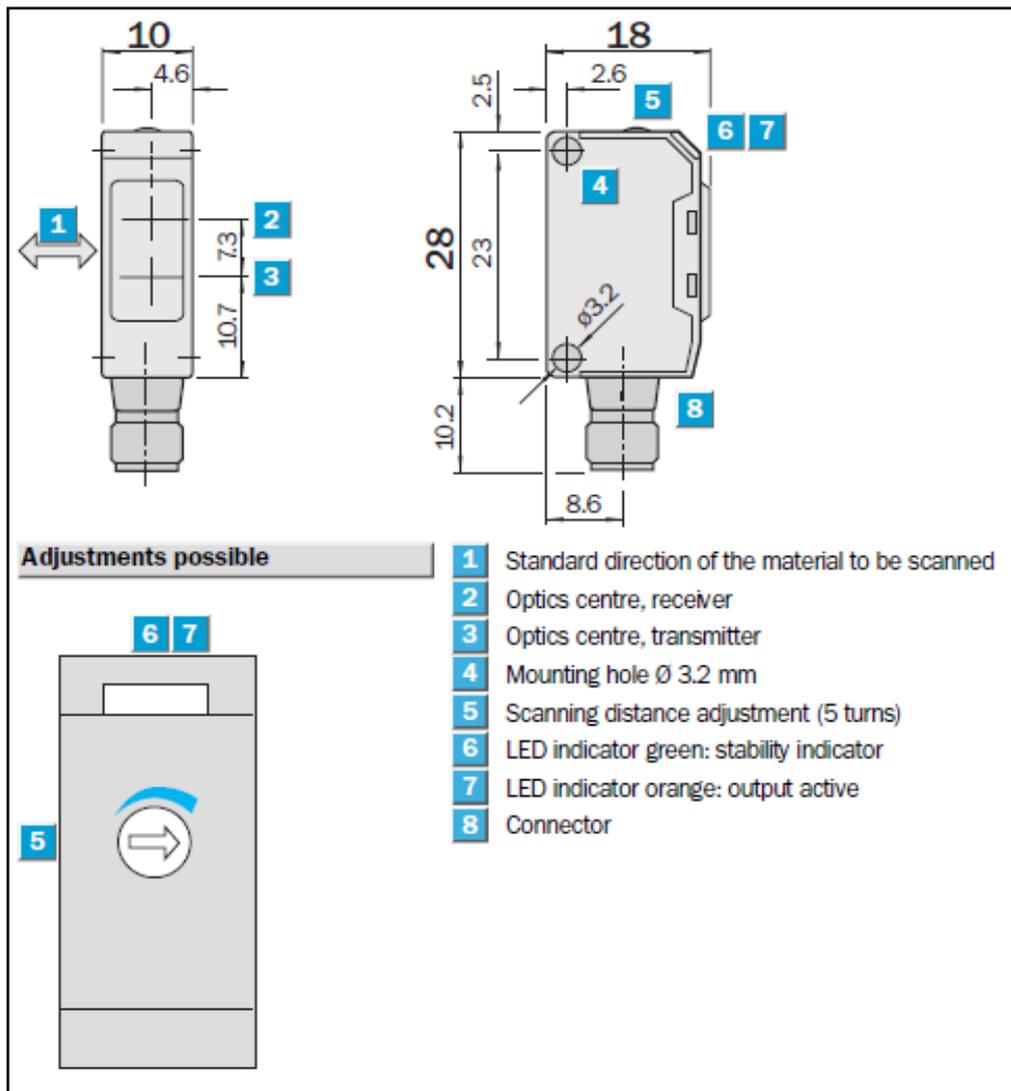


Figura IV.71 Dimensionamiento del Sensor Óptico WT150-P162⁷⁴

⁷⁴ Fuente: <http://www.lpc-uk.com/sick/W160.pdf>

4.3.3 SENSOR MAGNÉTICO AIQINUO AN-11R



Figura IV. 72 Sensor Magnético AN-11R ⁷⁵

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

- Voltaje de Operación: 5 – 240 DC/AC
- Corriente máxima: 100mA
- Consumo Máxima: 10W

DIMENSIONES

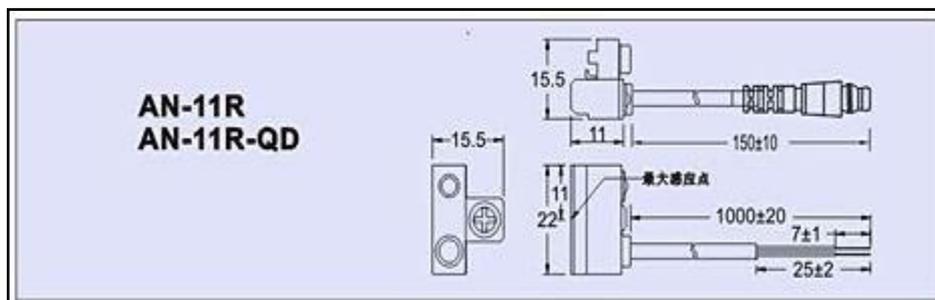


Figura IV. 73 Dimensiones del Sensor Magnético. ⁷⁶

⁷⁵ Fuente: Angel E. Vaca M.(Autor)

⁷⁶ Fuente: <http://item.taobao.com/item.htm?id=35379462160>

4.3.4 SENSOR MAGNÉTICO PARA POSICIONAMIENTO DEL CILINDRO NEUMÁTICO CS1-E

El sensor magnético posee un circuito interno que responde cuando un campo magnético incide sobre este, este sensor puede ser desde un simple switch hasta un circuito más complejo que reporte por medio de un voltaje la presencia o no del campo magnético. La respuesta tiene que ser guiada hacia el sistema de control para su posterior procesamiento.

El cilindro neumático instalados en el módulo constan de un pistón con imán incorporado, de esta manera actúa el sensor magnético del tipo Reed-Switch, el cual está montado en el exterior del cilindro.

Tipo	Reed Switch
Tipo de Contacto	Normalmente Abierto
Rango de voltaje DC	5V – 24V
Rango de voltaje AC	5V – 380V
Tiempo de Respuesta	1ms
Rango de Corriente	DC: (5-60)mA; AC: (5-50)mA
Indicador	Con LED
Protección	IP – 67

Tabla IV.5 Características Nominales.⁷⁷

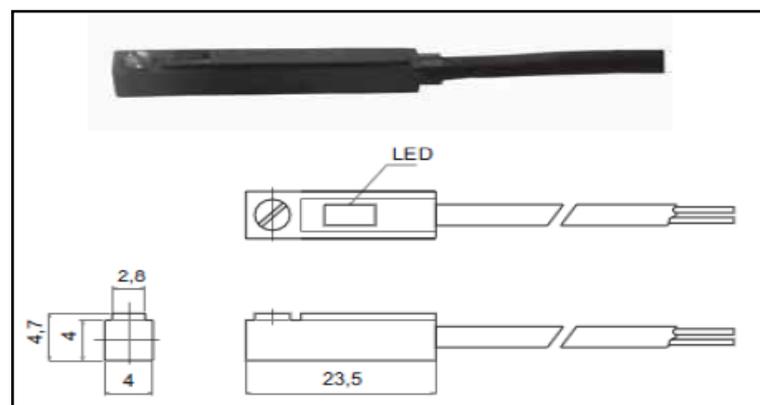


Figura IV. 74 Sensor Magnético CS1 – E⁷⁸

⁷⁷ Fuente: Angel E. Vaca M.(Autor)

⁷⁸ Fuente: Angel E. Vaca M.(Autor)

4.3.5 CILINDRO NEUMÁTICO CON ACOPLAMIENTO MAGNÉTICO AIRTAC RMS 25X1250



Figura IV. 75 Cilindro neumático con acoplamiento magnético. ⁷⁹

- Este cilindro magnético es básicamente un cilindro rodless neumático que ofrece un pistón móvil cabido con los imanes anulares. El carro móvil también se equipa de los imanes para proporcionar el acoplador magnético (carro/pistón). La diapositiva del carro libremente a lo largo del tubo principal.
- Es a prueba de polvo como el aislamiento entre el carro y el pistón.
- Es compacto en espacio.
- Los topes no ajustables del rubber y el amortiguar neumático ajustable en ambos extremos del cilindro proporcionan la acción suavemente.

⁷⁹ Fuente: <http://www.directindustry.es/prod/airtac-automatic-industrial/cilindros-neumaticos-sin-varilla-acoplamiento-magnetico-30479-814815.html>

4.3.6 CILINDRO NEUMÁTICO AIRTAC MI 20X100

Los cilindros neumáticos producen un trabajo: transforman la energía neumática en trabajo mecánico de movimiento rectilíneo, que consta de carrera de avance y carrera de retroceso.

Características

- Norma: ISO 6432
- Resistente a la corrosión
- Modelos con embolo magnético para control de posición.
- No requieren lubricación



Datos Técnicos

Figura IV. 76 Cilindro neumático de doble efecto. ⁸⁰

Fluido: Aire comprimido Filtrado, lubricado o no lubricado
Presión de Trabajo: 0,5 a 7 Bar ~ 7 a 100 PSI
Temperatura de Trabajo: -5°C a 70°C ~ 23°F a 158°F
Amortiguación: Elástica.

4.3.7 ELECTROVÁLVULAS AIRTAC 4V120-06

Electroválvulas monoestables, cinco agujeros internos, adopta la tecnología de proceso especial que tiene poca fricción del agotamiento, ninguna necesidad de agregar el aceite para la lubricación, presión baja y vida larga de servicio.



Figura IV. 77 Electroválvula 5/2 Monoestable. ⁸¹

⁸⁰ Fuente: Angel E. Vaca M.(Autor)

⁸¹ Fuente: Angel E. Vaca M.(Autor)

Especificaciones Técnicas	
Modelo	4V110-06
Presión de Operación	(1,5 – 8) bar
Relé	24VDC ; 2,5W
Rango de Voltaje	(21 – 26.4) VDC
IP (protección)	65

Tabla IV.6 Especificaciones técnicas de una electroválvula 5/2⁸²

4.3.8 ELECTROVÁLVULA CAMOZZI P000-303-P53

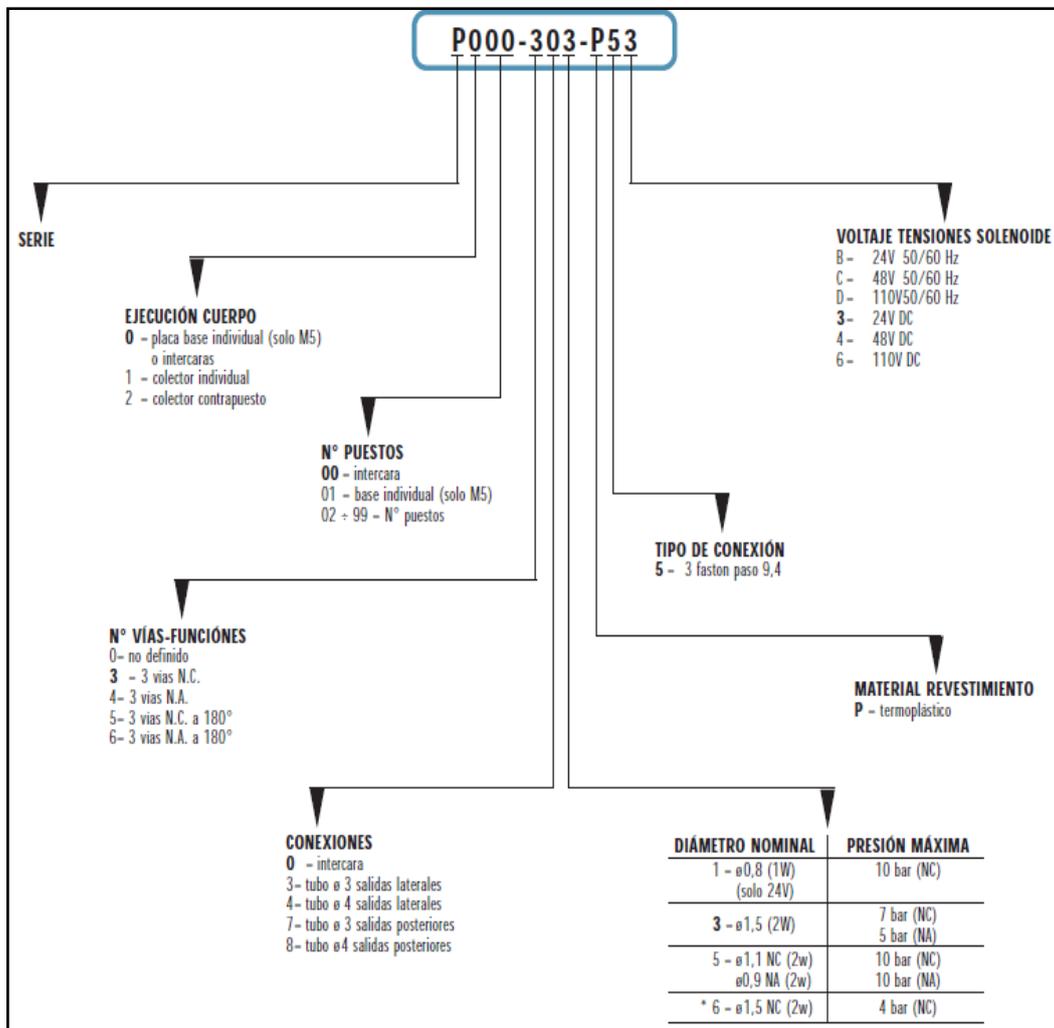


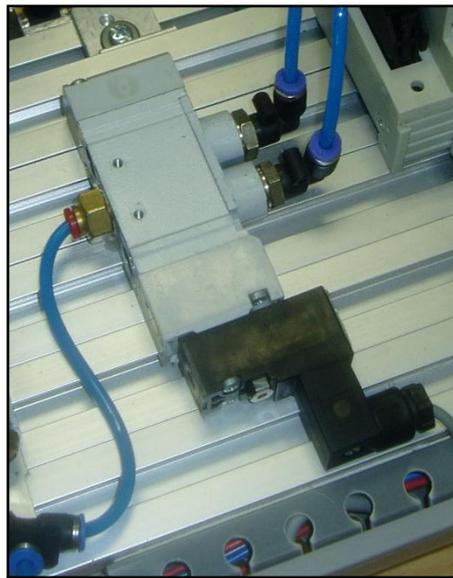
Figura IV. 78 Codificación de la Electroválvula Camozzi serie P.⁸³

⁸² Fuente: Angel E. Vaca M.(Autor)

⁸³ Fuente: <http://www.aycsoluciones.com.ar/catalogos/electrovalvula2.pdf>

Las electroválvulas de la serie **P** son del tipo de mando directo y pueden funcionar con aire seco y lubricado. Están disponibles en la versión de 5/2 vías, tanto con función normalmente abierta (NA) como con función normalmente cerrada (NC). Todas las electroválvulas de la serie **P** operan con C.C. como estándar.

Las electroválvulas están equipadas con mando manual para facilitar la puesta a punto de las instalaciones



84

Figura IV. 79 Electroválvula Camozzi 5/2 monoestable NC.

Características Técnicas	
Tensión	24VDC
Consumo	2W, 1W (solamente 24V)
Tolerancia tensión	± 10%
Grado de aislamiento	Clase F
Servicio continuo	ED 100%
Tiempo de respuesta	5 ms
Presión de trabajo	(0 – 7) bar máximo
Temperatura de trabajo	(0 – 50)°C

Tabla IV.7 Características técnicas de la electroválvula P00 303 P53⁸⁵

⁸⁴ Fuente: Angel E. Vaca M.(Autor)

⁸⁵ Fuente: Angel E. Vaca M.(Autor)

4.3.9 INTERFAZ DE CONEXIÓN E/S TELEMECANIQUE ABE7H16R31

Su función es recoger las señales de entrada/salida de los dispositivos de campo (electroválvulas, sensores, pulsadores, etc.) y llevarlas al PLC a través de un cable conector HE10. Esta base permite conectar directamente tres hilos (señal, 24V y 0V).



86

Figura IV. 80 Teleafast Modicon ABE7

Características Técnicas	
Número de Canales	16
Corriente máxima por canal	0.5A
Voltaje de control/Voltaje de Salida	24VDC/24VDC
LED por Canal	With
Número de Terminales por canal	3/3
Dimensiones (BxPxH)	125x58x70

Tabla IV.8 Datos técnicos del ABE7H16R31 ⁸⁷

⁸⁶ Fuente: Catálogo Teleafast.

⁸⁷ Fuente: Angel E. Vaca M.(Autor).

4.4 DESARROLLO DEL MÓDULO DE TRANSFERENCIA ELECTRONEUMÁTICA

4.4.1 MÓDULO DE TRANSFERENCIA

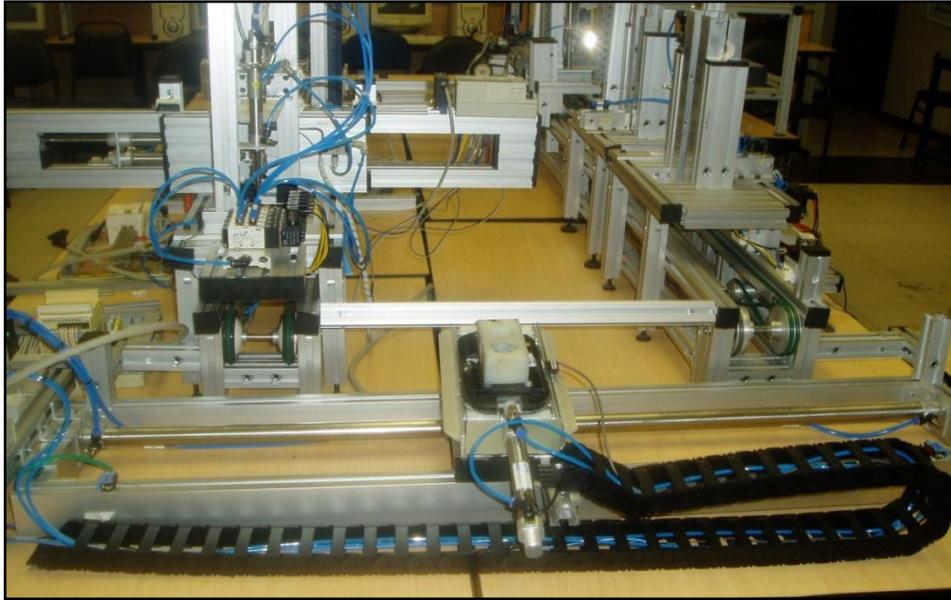


Figura IV. 81 Módulo de Transferencia Electroneumático.⁸⁸

En esta sección se encuentra la parte física, los sensores que envían información constante sobre el estado del proceso al módulo de control, y los actuadores que ejecutan las órdenes enviadas por el Módulo de control. Está compuesto por:

Cilindro sin vástago con acoplamiento magnético(A).- Su función es trasladar un carro móvil insertado en el cilindro de un lado a otro, mediante la energía neumática. Sostenida por un marco metálico de aluminio de dimensiones 120,6cmX25,4cmX6,1cm, en los extremos del marco metálico están instalados los sensores ópticos de proximidad (*SEN_OP1* y *SEN_OP2*)

Carro Móvil.- Sostiene al pallet y al cilindro neumático, hecho de estructura metálica, con ángulo de inclinación regulable. En la parte superior central se encuentra ubicado un sensor magnético (*SM_PALET*) que detecta la presencia del pallet.

⁸⁸ Fuente: Angel E. Vaca M.(Autor).

Cilindro Neumático (B).- Se encarga de expulsar al pallet del carro móvil a la sección de inicio del proceso. Al igual que el cilindro magnético éste utiliza el aire comprimido, tiene racores a los extremos para regular el caudal, tiene un sensor magnético (**SM_B0**) que detecta que el émbolo se encuentra en su estado inicial.



Figura IV. 82 Carro Móvil. 89

Cadena Portacable.- Su función es unir mangueras y cables para insertarlas dentro de sí mismo con el fin de evitar alguna enredadera de estos que interrumpiría el proceso, su material es de plástico, doblable en una sola dirección y fue necesario utilizar 155cms.

4.4.2 MÓDULO DE INTERFAZ

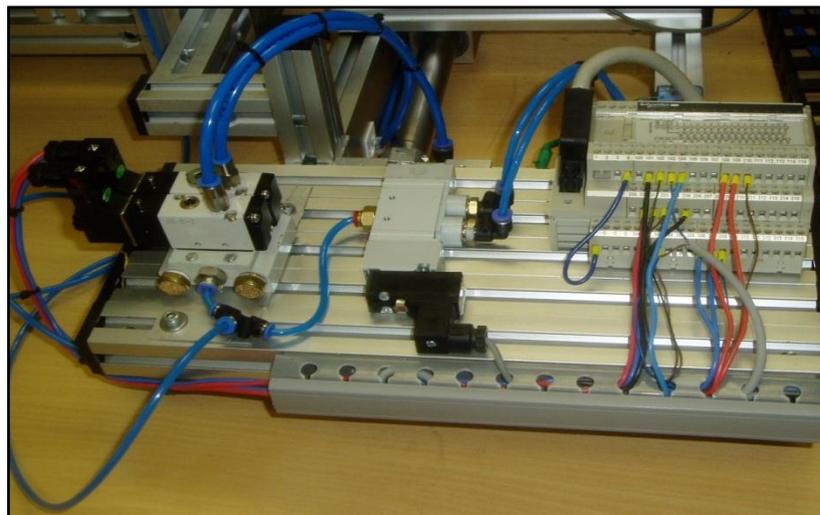


Figura IV. 83 Módulo de Interfaz. 90

⁸⁹ Fuente: Angel E. Vaca M.(Autor).

⁹⁰ Fuente: Angel E. Vaca M.(Autor).

El dispositivo principal de esta sección es el Telemecanique ABE7H16R31, sistema de precableado (cable HE10 de 20 contactos.) que permite la conexión y adaptación de las señales de campo al módulo de E/S del PLC, con esto tenemos mayor simplicidad y optimización de cableado en el sistema de transferencia.

El Telemecanique ABE7H16R31 está diseñado para tres diferentes tipos de conexión de cable, como se muestra en la Figura IV.84

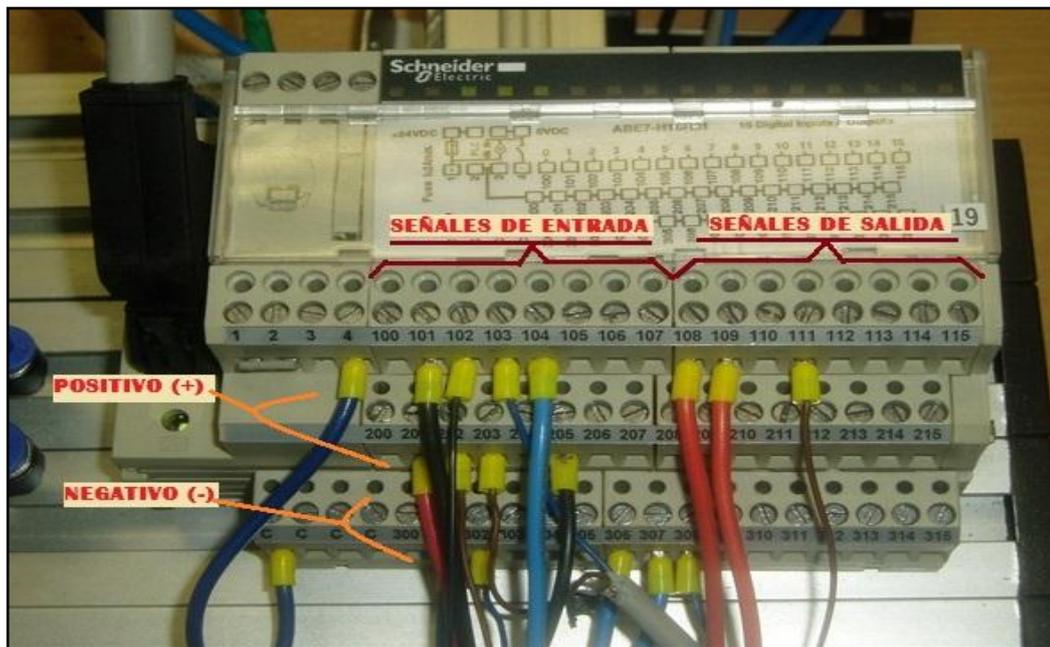


Figura IV. 84 Conexión de los cables de E/S.⁹¹

También se encuentran las electroválvulas por facilidad de cableado y conexión de las mangueras entre las electroválvulas y los cilindros, su soporte es una estructura metálica de dimensiones 36.5cmX16cmX3.2cm

Las dos electroválvulas AirTAC 5/2 monoestables N.O unidas, forman una 5/3 biestable, donde el solenoide1 será “A+” y el solenoide2 será “A-”, que alimentan de energía neumática al cilindro magnético sin vástago. La electroválvula CAMOZZI P000-303-P53 monoestable N.C. tiene al solenoide3 llamado “B+” alimenta al cilindro neumático para que salga el vástago, expulsando al pallet del carro móvil (ver figura IV.85).

⁹¹ Fuente: Angel E. Vaca M. (Autor).

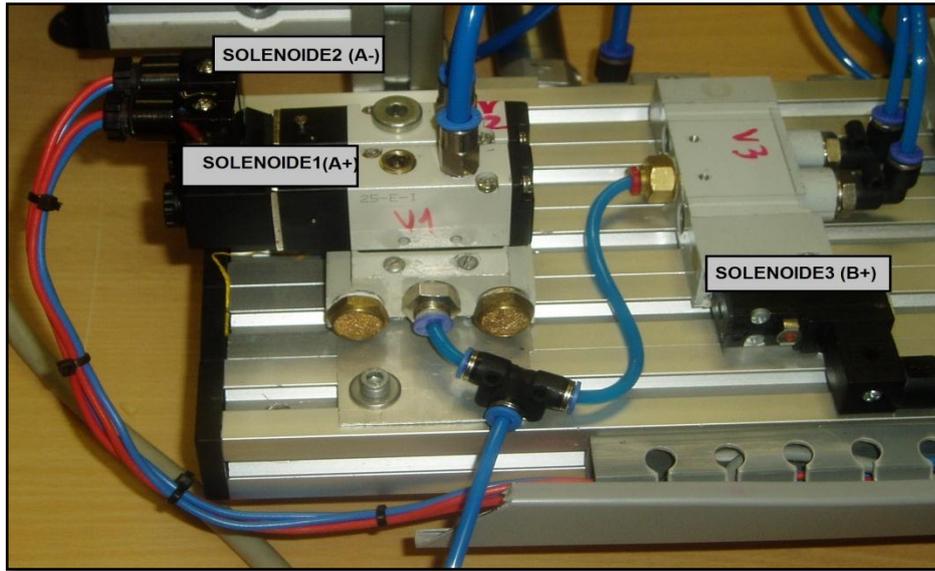


Figura IV. 85 Electroválvulas distribuidoras.⁹²

4.4.3 MÓDULO DE CONTROL

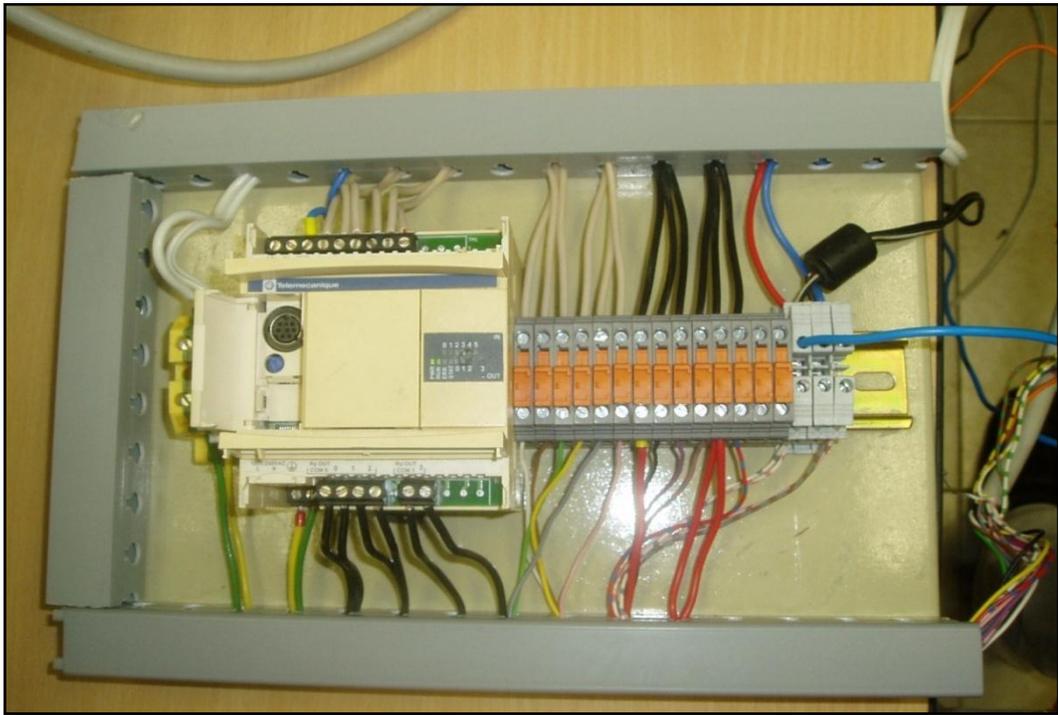


Figura IV. 86 Módulo de Control del Sistema de transferencia electro neumático.⁹³

⁹² Fuente: Angel E. Vaca M.(Autor)

⁹³ Fuente: Angel E. Vaca M.(Autor)

En esta sección se encuentra principalmente el PLC TWDLCAA10DRF. Se utilizó este PLC debido a sus facilidades de uso y programación, posee las entradas/salidas (6/4) suficientes para el funcionamiento de este sistema.

El módulo está compuesto además las borneras necesarias para la conexión de E/S del PLC. Este módulo lleva el control del sistema de acuerdo con las señales entradas, el PLC envía órdenes específicas a las salidas, desde aquí también se alimenta a las entradas y salidas con la fuente de 24Vdc, como se aprecia en la figura, de un lado de las borneras están los cables de E/S mientras que del otro lado se encuentran los alambres que conforman el cable HE10 de 20 contactos.

4.5 ESQUEMA ELÉCTRICO

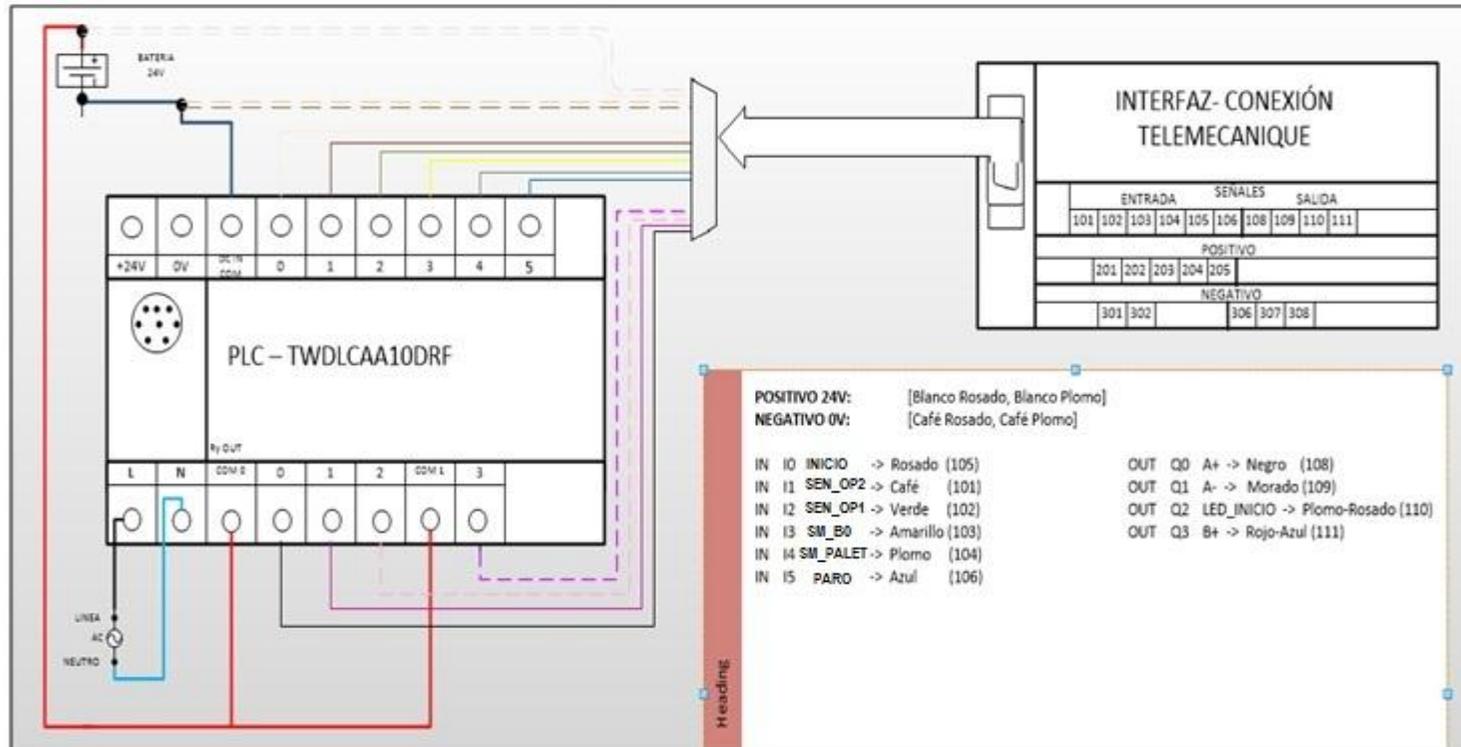
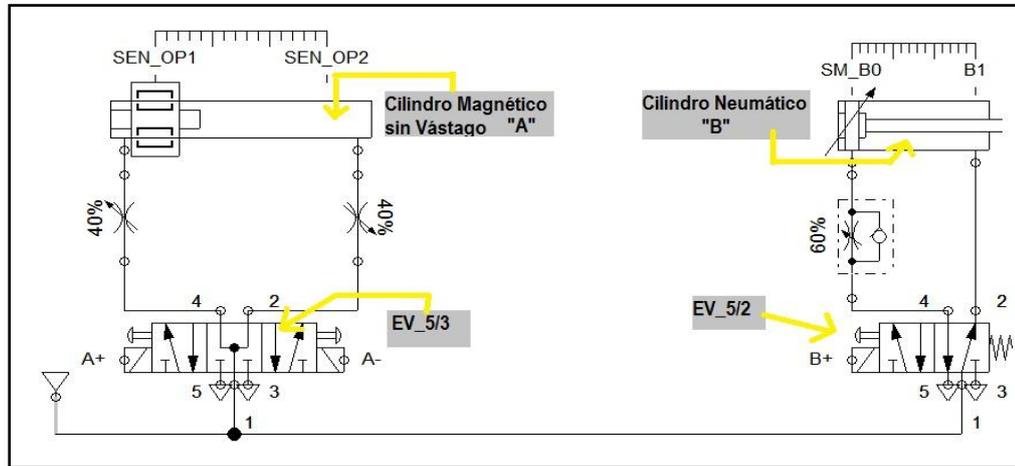


Figura IV. 87 Esquema Eléctrico del Sistema. 94

⁹⁴ Fuente: Angel E. Vaca M.(Autor)

4.6 ESQUEMA ELECTRONEUMÁTICO

CIRCUITO NEUMÁTICO



95

Figura IV. 88 Esquema Neumático.

CIRCUITO DE POTENCIA

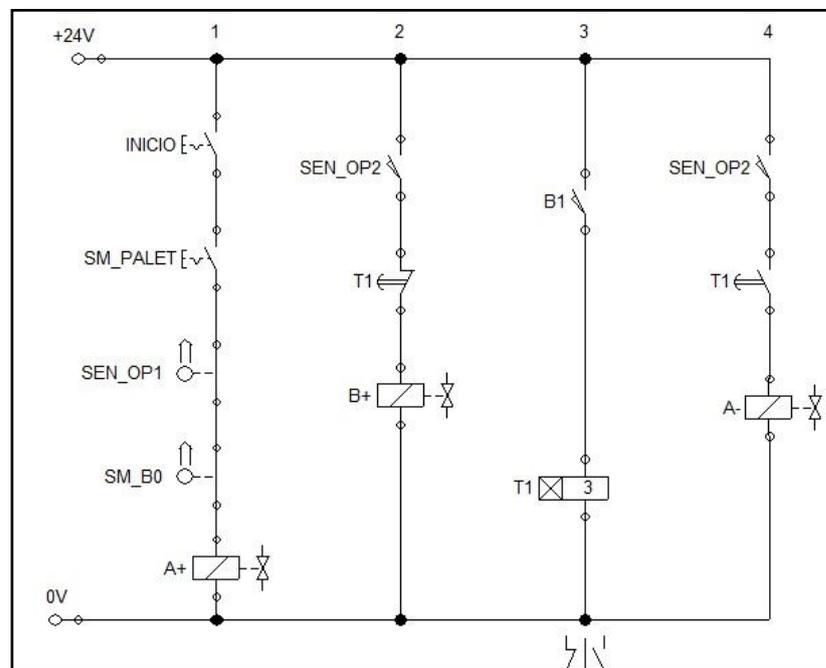


Figura IV. 89 Circuito de Potencia. ⁹⁶

⁹⁵ Fuente: Angel E. Vaca M.(Autor)

⁹⁶ Fuente: Angel E. Vaca M.(Autor)

4.7 DESARROLLO DEL SOFTWARE.

Para el desarrollo del software se utilizó el Lenguaje de programación LADDER por ser muy común en los sistemas de automatización industrial, usamos la herramienta Grafcet para la visualización gráfica del programa principal de control. Todo esto se implementó en el software TwidoSuite, para el Control y Monitoreo se utilizó el software Lookout.

4.7.1 GRAFCET DEL PROGRAMA PRINCIPAL

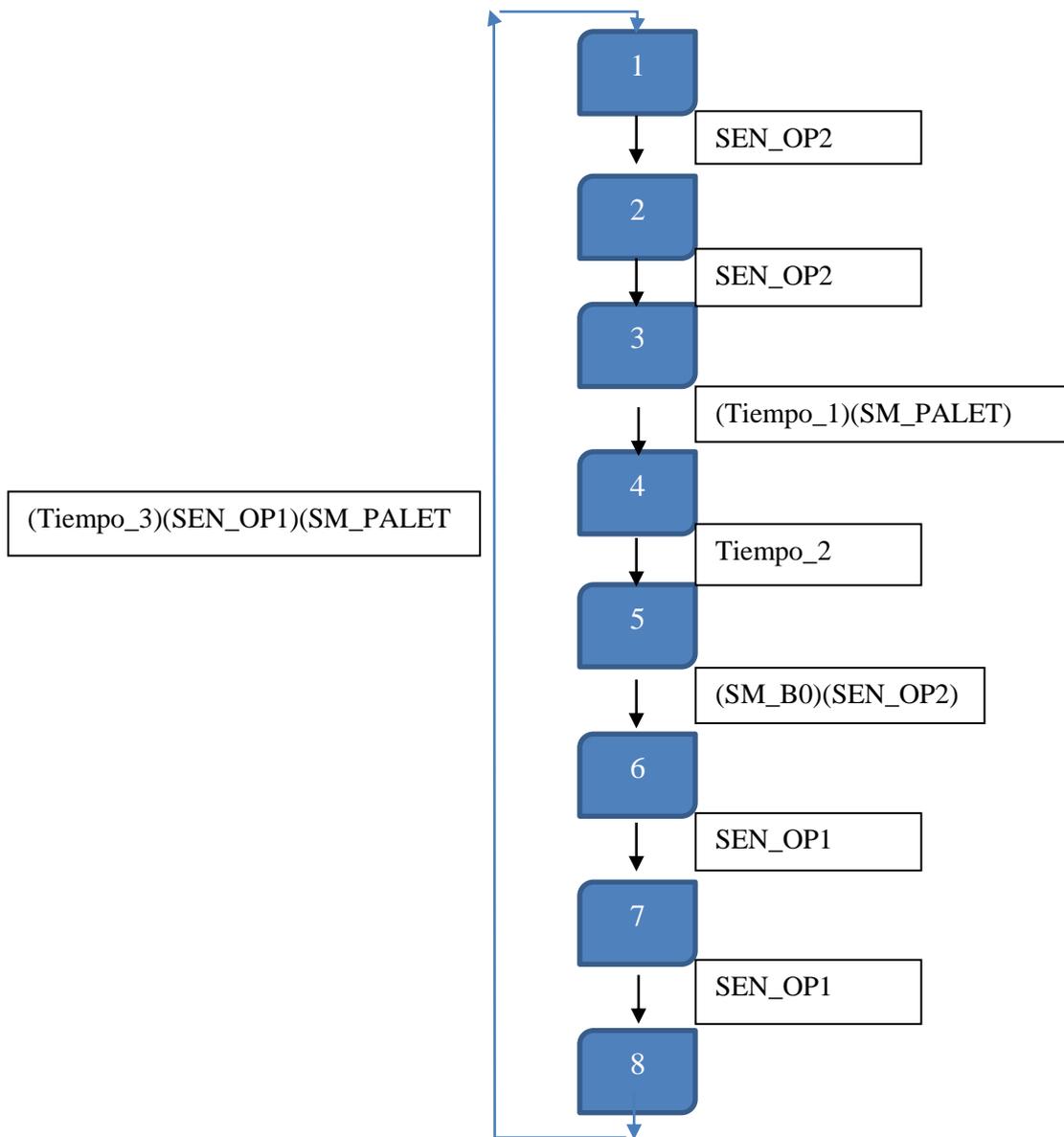


Figura IV. 90 Grafcet del Programa Principal. ⁹⁷

⁹⁷ Fuente: Angel E. Vaca M.(Autor)

Como se observa en la Figura IV.90, es un Grafset de secuencia única, compuesto por ocho etapas, cada etapa con su debida numeración,

A continuación el significado de cada transición.

SEN_OP2: Sensor óptico 2, ubicado en la parte lateral izquierda del cilindro sin vástago con acoplamiento magnético, inicialmente desactivado.

Tiempo_1, Tiempo_2, Tiempo_3: Tiempos asignados 3sg, luego pasa al siguiente estado.

SM_B0: Sensor magnético del cilindro, ubicado en la parte inferior del cilindro neumático, inicialmente activado.

SEN_OP1: Sensor óptico 1, ubicado en la parte lateral derecha del cilindro sin vástago con acoplamiento magnético, inicialmente activado.

SM_PALET: Sensor magnético del pallet, ubicado en el carro del cilindro sin vástago con acoplamiento magnético, inicialmente desactivado.

4.7.2 ECUACIONES DEL PROGRAMA PRINCIPAL

$$M1 = \text{Inicio} + M8(\text{SEN_OP1})(\text{SM_PALET})(\text{Tiempo_3}) + M1\overline{M2}$$

$$M2 = M1(\text{SEN_OP2}) + M2\overline{M3}$$

$$M3 = M2(\text{SEN_OP2}) + M3\overline{M4}$$

$$M4 = M3(\text{Tiempo_1}) + M4\overline{M5}$$

$$M5 = M4(\text{Tiempo_2}) + M5\overline{M6}$$

$$M6 = M5(\text{SM_B0})(\text{SEN_OP2}) + M6\overline{M7}$$

$$M7 = M6(\text{SEN_OP1}) + M7\overline{M8}$$

$$M8 = M7(\text{SEN_OP1}) + M8\overline{M1}$$

Significado de cada Etapa

M1: Esta memoria se encarga de trasladar el carro del cilindro magnético sin vástago, que contiene el pallet, desde el proceso final del sistema hacia el proceso inicial, este proceso se ejecuta siempre que se activen los dos sensores SEN_OP1 y SM_PALET, luego se desactiva el solenoide1 de la electroválvula 5/3 N.O., a este bloque le llamamos “A+”.

M4: Esta memoria se ocupa de expulsar el pallet de carro, al proceso inicial del sistema, este proceso se ejecuta activando el solenoide3 de la electroválvula 5/2 N.C (una vez detectado el SEN_OP2 y SM_PALET), envía energía neumática al cilindro de doble efecto haciendo que salga el vástago, a este bloque le llamamos “B+”

M5: Esta memoria se ocupa de establecer un tiempo de espera para pasar a otro estado, en este caso se estableció 3sg.

M6: Esta memoria se encarga de trasladar el carro móvil del cilindro magnético sin vástago a su estado inicial, para ello debe detectar que está activado el SM_B0 y SEN_OP2, esto hace que se desactive el solenoide2 de la electroválvula 5/3 N.O. a este bloque le llamamos “A-”.

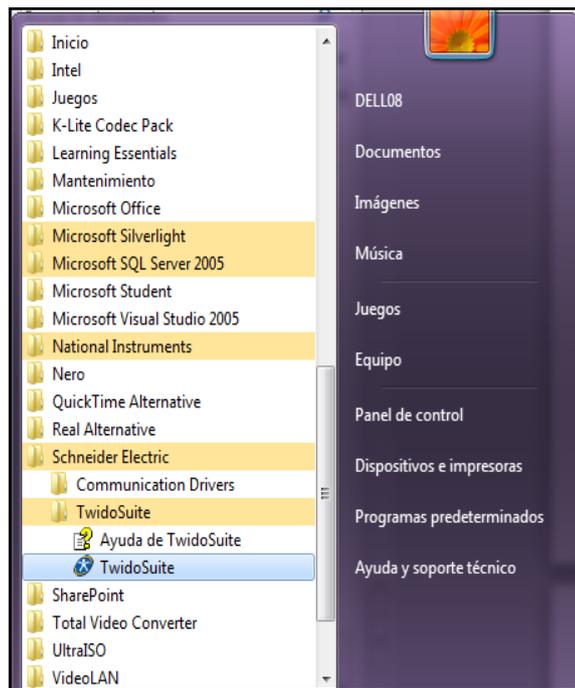
M8: Esta memoria se encarga de apagar todos los estados anteriores, para comenzar nuevamente el ciclo.

4.7.3 TWIDOSUITE

Se ha elegido el programa de desarrollo TWIDOSUITE versión 2.2, debido a su robustez, fácil de manejar y por su compatibilidad con el PLC TWDLCAA10DRF, utilizando LadderDiagrams como forma de programación.

4.7.3.1 Crear un Proyecto

Para iniciar TWIDOSUITE, se debe hacer doble clic en el icono de TWIDOSUITE en el escritorio o elegir los comandos Inicio > Todos los programas > Schneider Electric > TWIDOSUITE > TwidoSuite (ver Figura IV.91).



98

Figura IV. 91 Inicio TwidoSuite.

Seguidamente aparecerá una ventana (ver Figura IV.92), en donde se elige la opción Modo “Programación”.



99

Figura IV. 92 Ventana de Inicio TwidoSuite.

⁹⁸ Fuente: Angel E. Vaca M.(Autor)

⁹⁹ Fuente: Angel E. Vaca M.(Autor)

Se abre otra ventana la cual permite escoger diferentes opciones (crear nuevo proyecto, abrir un proyecto existente o abrir un proyecto reciente. Al escoger la opción crear nuevo programa, el software solicita el nombre, ubicación y autor del mismo. (Ver Figura IV.93).

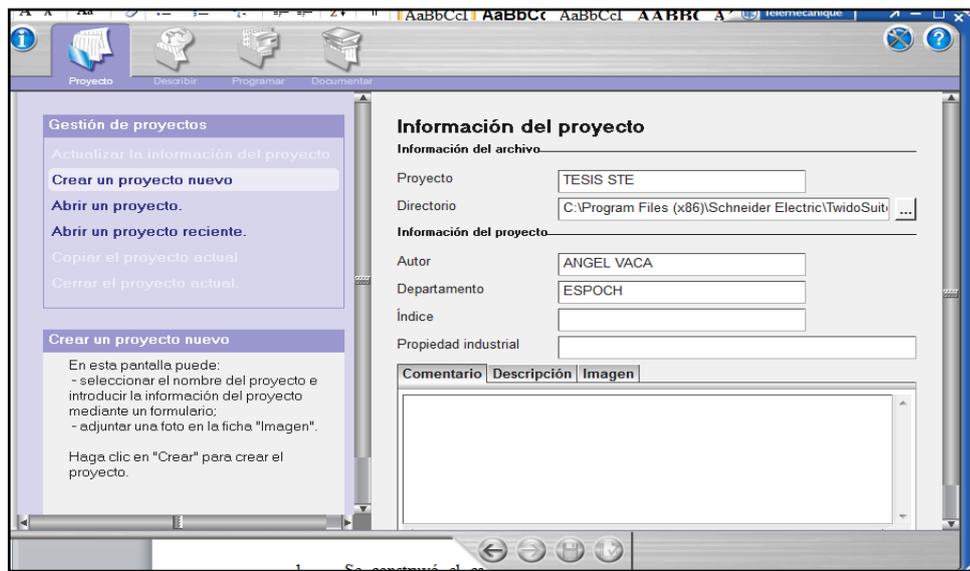


Figura IV. 93 Ventana de Información del Proyecto TWIDOSUITE. ¹⁰⁰

Después de haber creado un nuevo proyecto, el software TwidoSuite pedirá que se elija la base compacta que se utilizará en el proyecto.

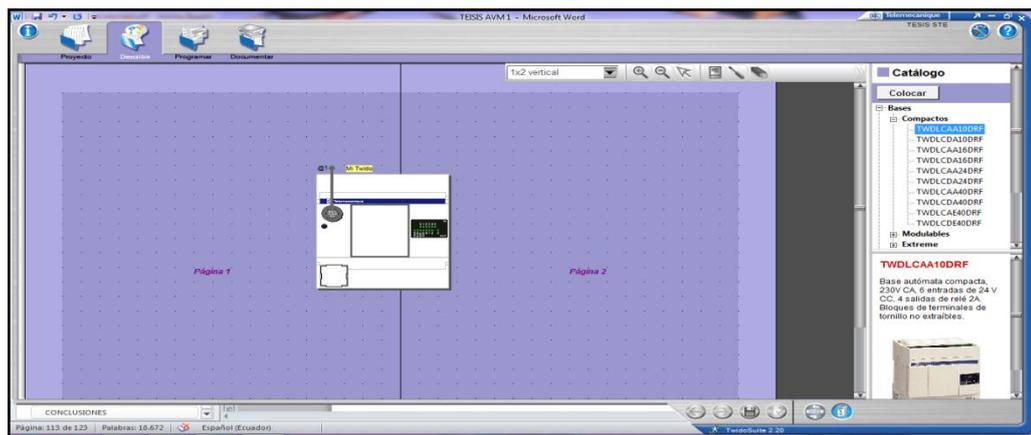


Figura IV. 94 Ventana de alternativas TWIDOSUIT. ¹⁰¹

¹⁰⁰ Fuente: Angel E. Vaca M.(Autor)

¹⁰¹ Fuente: Angel E. Vaca M.(Autor)

Como la conexión se realizará vía ModBus, se procederá como se muestra en la figura.

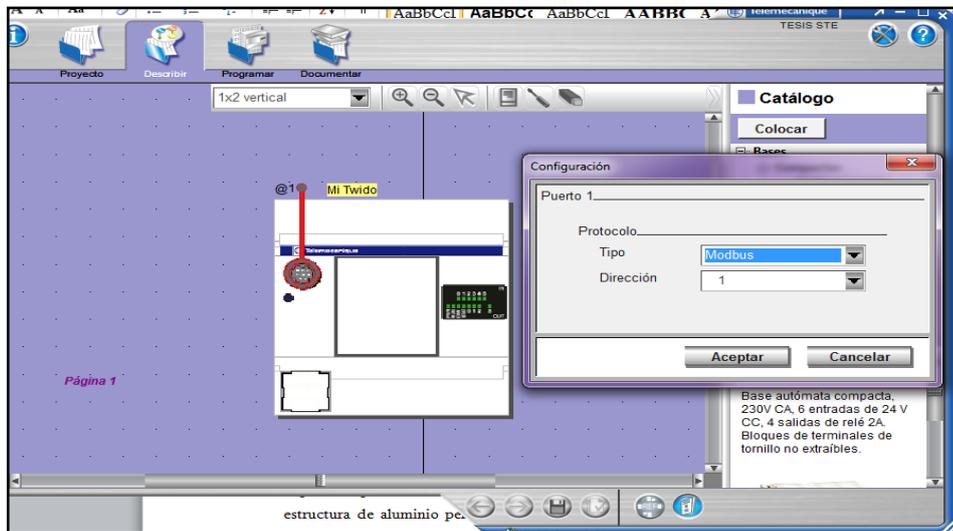


Figura IV.94 Protocolo ModBus.¹⁰²

TWIDOSUITE es un software que brinda una interfaz gráfica muy fácil para el desarrollo la programación. En la siguiente figura se observan algunas partes importantes de esta interfaz, como son: (A) Editor de programa; (B) Barra de herramientas; (C) Panel de comunicación PLC/PC ó PC/PLC; (D) Simulador de TwidoSuite. Fuente autor.

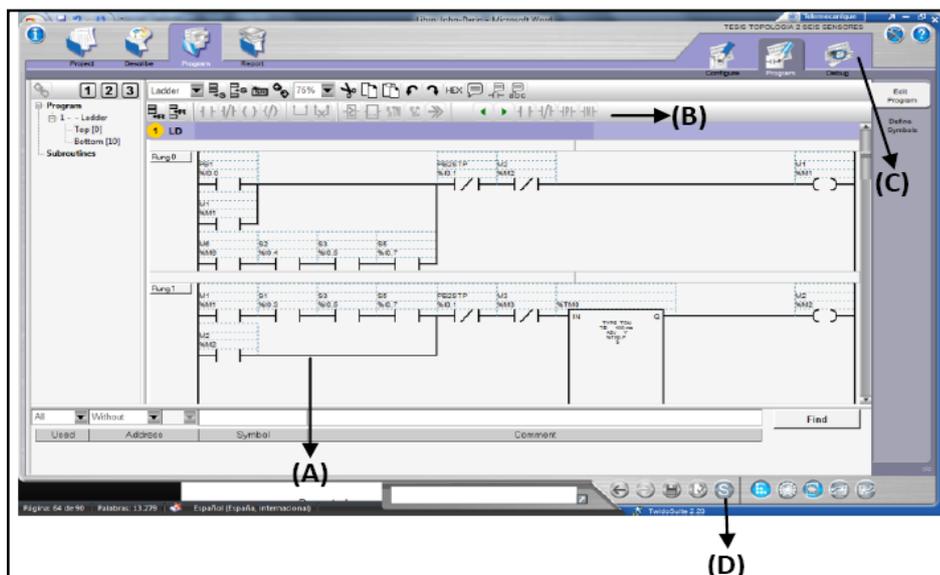


Figura IV. 95 Interfaz gráfica TWIDOSUITE.¹⁰³

¹⁰² Fuente: Angel E. Vaca M.(Autor)

¹⁰³ Fuente: Angel E. Vaca M.(Autor)

4.7.3.2 Requisitos del Sistema

Requisitos de hardware.- El PC debe cumplir estos requisitos de hardware mínimos para ejecutar el software de programación TwidoSuite:

REQUISITOS	REQUERIMIENTOS MÍNIMOS
Ordenador	Procesador Pentium 466 MHz
Memoria RAM	128MB
Espacio en Disco Duro	100MB

Tabla IV.9 Requisitos de Hardware.¹⁰⁴

Requisitos de software.- El software de programación TwidoSuite requiere uno de estos sistemas operativos de software:

SISTEMA OPERATIVO	EDICIÓN / SERVICE PACK	CONSIDERACIONES ESPECIALES
WINDOWS 2000	Service Pack 2 ó superior	Para todos los sistemas operativos, se requiere permisos de Administrador.
WINDOWS XP	Service Pack 2 ó superior	
WINDOWS VISTA/7	Service Pack 1 ó superior	

Tabla IV.10 9 Requerimientos de Software.¹⁰⁵

4.7.3.3 Asignación de Variables de Entrada

Las entradas del PLC está dadas por sensores e interruptores del módulo didáctico, a cada uno de éstos TwidoSuite les da un nombre (dirección) para reconocerlos en el programa, en la Tabla IV.11 se detalla cada una de las entradas y sus asignaciones.

¹⁰⁴ Fuente: Angel E. Vaca M.(Autor)

¹⁰⁵ Fuente: Angel E. Vaca M.(Autor)

Dirección	Símbolo
%I0.0	INICIO
%I0.1	SEN_OP2
%I0.2	SEN_OP1
%I0.3	SM_B0
%I0.4	SM_PALET
%I0.5	PARO

*Tabla IV.11 Direccionamiento de Entradas en TWIDOSUITE.*¹⁰⁶

4.7.3.4 Asignación de Variables de Salida

Cada salida del PLC está asignada a un determinado actuador eléctrico, en este caso tenemos los relés de las electroválvulas neumáticas y el LED de encendido del módulo didáctico, en la Tabla IV.12 se detalla cada una de las salidas y sus asignaciones.

Dirección	Símbolo
%Q0.0	A_TRASLADA
%Q0.1	A_RETORNA
%Q0.2	LED_INICIO
%Q0.3	B_SALE

*Tabla IV.12 Direccionamiento de Salidas en TWIDOSUITE.*¹⁰⁷

4.7.3.5 Asignación de Memorias

Una vez asignado cada salida y cada entrada del PLC a los diferentes sensores y actuadores respectivamente, en el programa se necesita de memorias que guarden los diferentes estados que se encuentre cada sensor y cada actuador, ya sea presencia o ausencia en los sensores, o encendido o apagado los actuadores, en la Tabla IV.13 se describe las diferentes memorias utilizadas en el programa Ladder desarrollado en TwidoSuite, su designación se inicia con un símbolo %, seguido de la letra "M", y finaliza con el número de memoria.

¹⁰⁶ **Fuente:** Angel E. Vaca M.(Autor)

¹⁰⁷ **Fuente:** Angel E. Vaca M.(Autor)

%M	Símbolo
%M1	M1_ATRASLADA
%M2	M2_APARA
%M3	M3_ESPERA3SG
%M4	M4_BSALE
%M5	M5_BREGRESA
%M6	M6_ARETORNA
%M7	M7_APARA
%M8	M8_ESPERA3SG
%M10	IND_LEDINI
%M11	INI_VIRTUAL
%M12	PARO_VIRT
%M13	SOP1_VIRT
%M14	SOP2_VIRT
%M15	SMB0_VIRT
%M16	SMP_VIRT

Tabla IV.13 Asignación de Bits de Memoria (%M).¹⁰⁸

4.7.3.6 Código de Programación del Módulo.

▪ Circuito Repetitivo

En cada uno de estos peldaños se tienen en cuenta las posiciones de los cilindros las cuales son reconocidas por el autómata gracias a las entradas, provenientes de los sensores. De acuerdo a estas posiciones el programa cerrará o no el circuito descrito en el rung, permitiendo la activación y desactivación de bobinas auxiliares, las cuales son etiquetadas en el código por la letra M. Para este caso, en el circuito repetitivo, se incluyó un botón parada en la entrada I0.5 etiquetado como PARO, que al ser oprimido suspende de inmediato la secuencia dejando el sistema en su posición inicial.

¹⁰⁸ **Fuente:** Angel E. Vaca M.(Autor)

- **Circuito combinacional.**

En cada uno de los rungs que conforman el circuito combinacional, se energizan las salidas de los cilindros y el LED que indica que el proceso está activado, las cuales se encuentran relacionadas a la activación de las bobinas auxiliares cuya lógica de activación y desactivación es descrita en el circuito repetitivo.

Rungs en el Circuito Repetitivo

- **RUNG 0**

Antes que nada se debe enclavar el pulsador de Inicio, además al LED verde se le asigna la memoria %M10 etiquetado como “IND_LEDINI” para utilizar en el programa de monitoreo NI Lookout.

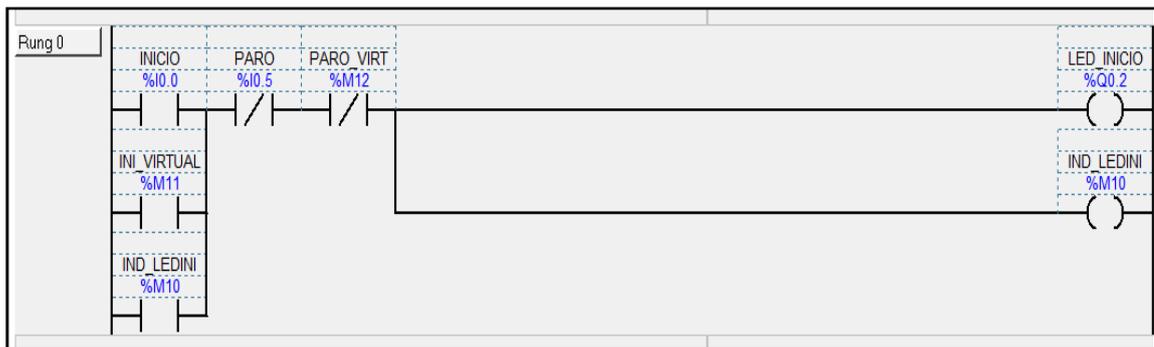


Figura IV. 96 Enclavar Inicio. ¹⁰⁹

- **RUNG 1**

En esta parte del programa se inicia la secuencia del programa oprimiendo un pulsador color verde el cual energiza la bobina auxiliar M1, el carro del cilindro magnético se desplaza(A+) trasladando el pallet. Al terminar el ciclo de secuencias, al encontrarse los cilindros en su posición inicial y energizada la bobina auxiliar M8, la cual es activada en el último rung del circuito repetitivo, el programa iniciará nuevamente el ciclo sin necesidad de que el botón de inicio sea oprimido hasta llegar a SEN_OP2.

¹⁰⁹ Fuente: Angel E. Vaca M.(Autor)

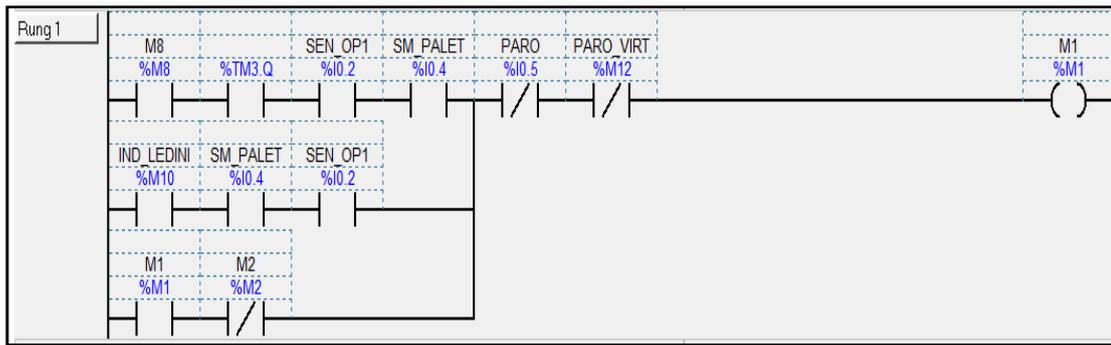


Figura IV. 97 Enclavar Inicio. 110

▪ **RUNG 2**

En este rung se procesa en paro del cilindro A, almacenando en la memoria %M2.

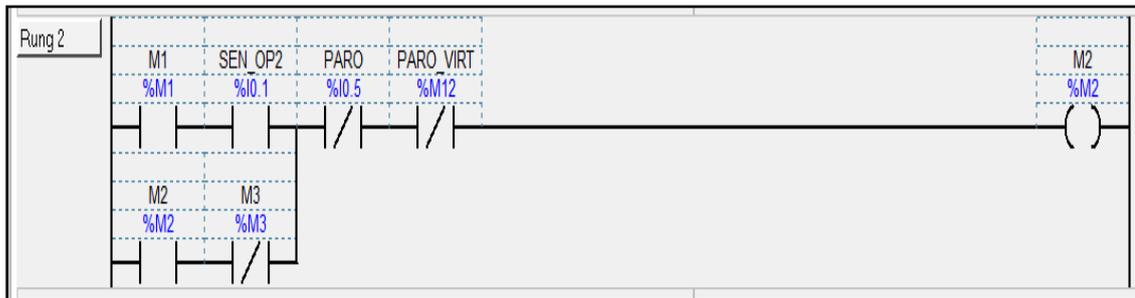


Figura IV. 98 Paro del Cilindro A. 111

▪ **RUNG 3**

Aquí el proceso realiza un tiempo de espera.

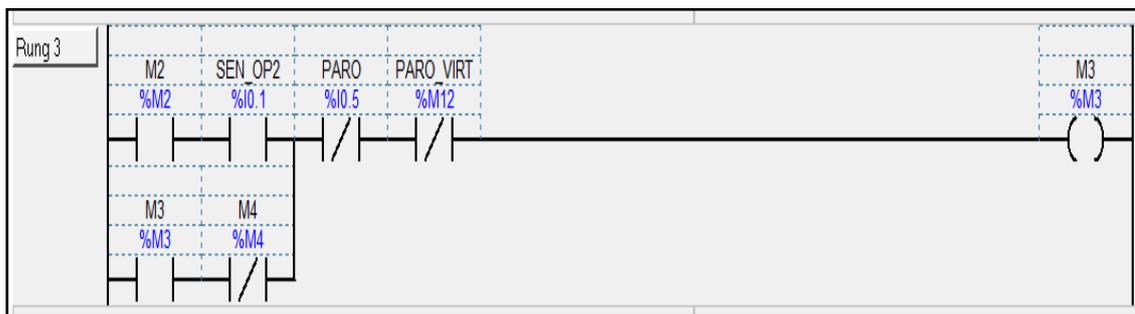


Figura IV. 99 Proceso de Espera. 112

¹¹⁰ Fuente: Angel E. Vaca M.(Autor)

¹¹¹ Fuente: Angel E. Vaca M.(Autor)

¹¹² Fuente: Angel E. Vaca M.(Autor)

▪ **RUNG 4**

Se asigna una memoria de tiempo 3sg para utilizar en el siguiente estado.

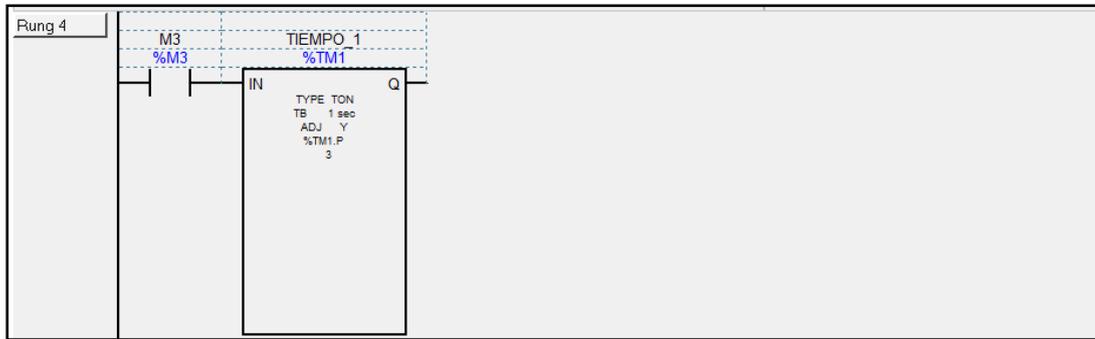


Figura IV. 100 Asignación de Tiempo. ¹¹³

▪ **RUNG 5**

Al energizar la bobina auxiliar M4, el vástago del cilindro neumático sale expulsado para enviar al pallet al sistema de inicio, a este proceso le llamamos **B +**.

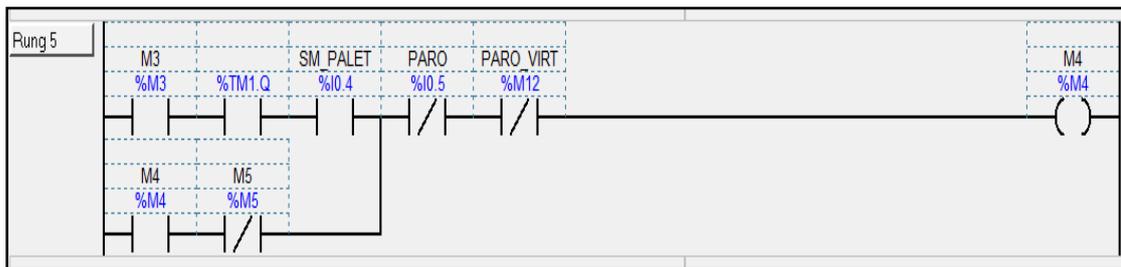


Figura IV. 101 Cilindro Neumático sale (B +). ¹¹⁴

▪ **RUNG 6**

Se desactiva el carro del cilindro magnético al energizar M7, para borrar todo el ciclo, a manera de reset esperando un tiempo asignado por %TM0.

¹¹³ Fuente: Angel E. Vaca M.(Autor)

¹¹⁴ Fuente: Angel E. Vaca M.(Autor)

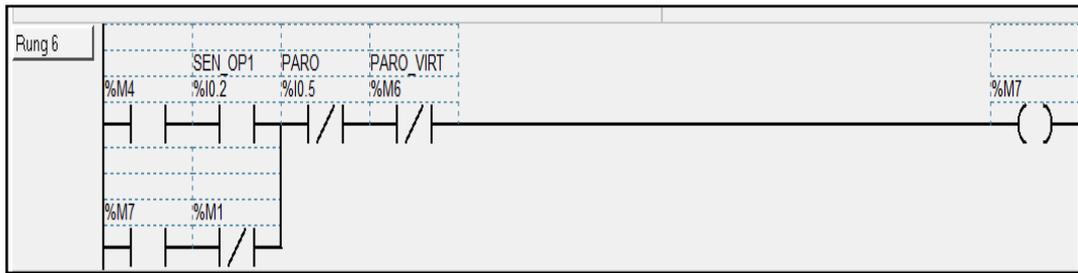


Figura IV. 102 Reset del Programa. 115

▪ **RUNG 7**

Asignas a la memoria %M7 un tiempo de espera %TM0 de 2sg.



Figura IV. 103 Asignación de Tiempo TM0. 116

RUNGS DE SALIDAS

▪ **RUNG 8**

En este rung se relaciona las veces que el solenoide1 de la electroválvula 5/3 N.O.(%Q0.0) se activa y desactiva mediante la bobina auxiliar %M1.

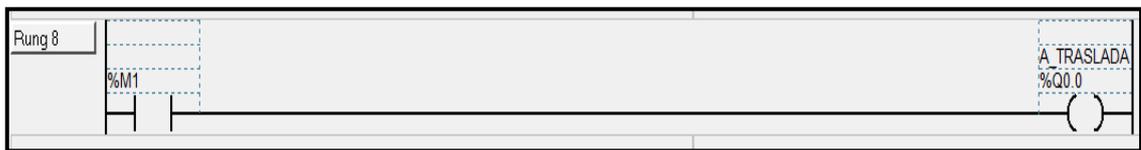


Figura IV. 104 Asignar Q0.0 a memoria %M1 117

¹¹⁵ Fuente: Angel E. Vaca M.(Autor)

¹¹⁶ Fuente: Angel E. Vaca M.(Autor)

¹¹⁷ Fuente: Angel E. Vaca M.(Autor)

▪ **RUNG 9**

En este rung se relaciona las veces que el solenoide3 de la electroválvula 5/2 N.C.(%Q0.3) se activa y desactiva mediante la bobina auxiliar %M2.



Figura IV. 105 Asignación de variable Q0.3 a memoria %M2 ¹¹⁸

▪ **RUNG 10**

En este rung se relaciona las veces que el solenoide2 de la electroválvula 5/3 N.O.(%Q0.1) se activa y desactiva mediante la bobina auxiliar %M4.



Figura IV. 106 Asignación de variable Q0.1 a memoria %M4 ¹¹⁹

▪ **RUNG 11**

Este Bloque de Operaciones muestra la asignación de %MW0 en %TM1.P

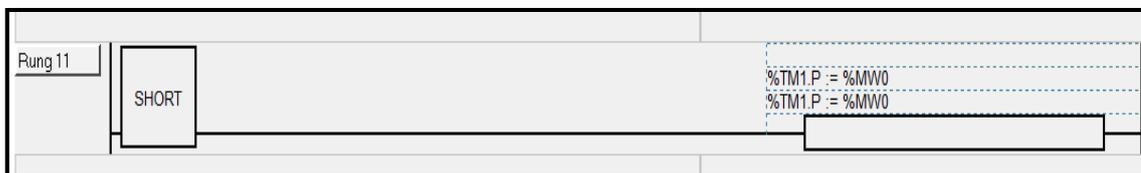


Figura VI. 107 Asignación de Entrada para TM1. ¹²⁰

¹¹⁸ Fuente: Angel E. Vaca M.(Autor)

¹¹⁹ Fuente: Angel E. Vaca M.(Autor)

¹²⁰ Fuente: Angel E. Vaca M.(Autor)

- **RUNG 12**

Este bloque indica la asignación de %TM1.V en %MW0, estos dos bloques son necesarios para utilizar en el HMI Lookout.

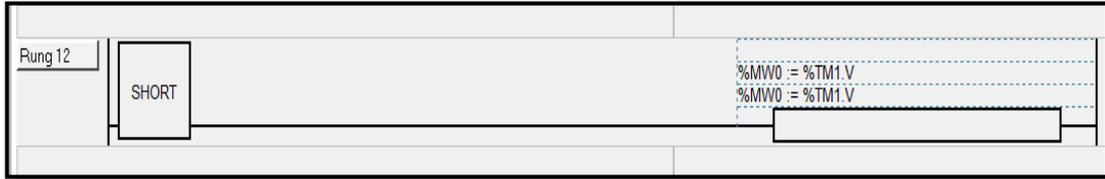


Figura IV. 108 Asignación de Salida para TM1 ¹²¹

- **RUNG 13**

A la variable de entrada SEN_OP1 se le asigna una memoria virtual IND_OP1 para utilizar en el HMI.

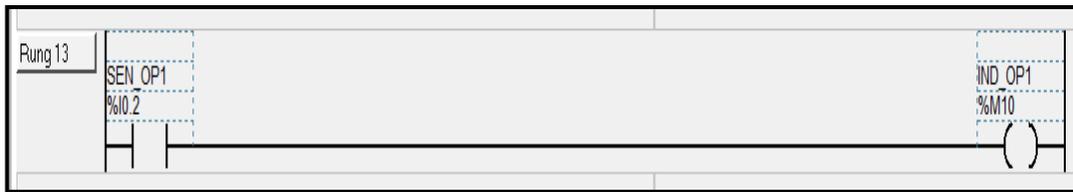


Figura IV. 109 Memoria para HMI, IND_OP1 ¹²²

- **RUNG 14**

A la variable de entrada SEN_OP2 se le asigna una memoria virtual IND_OP2 para utilizar en el HMI.

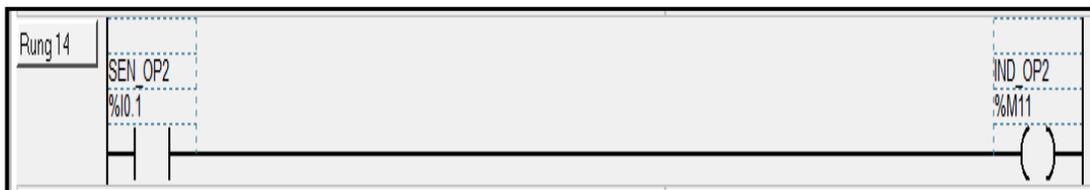


Figura IV. 110 Memoria para HMI, IND_OP2 ¹²³

¹²¹ Fuente: Angel E. Vaca M.(Autor)

¹²² Fuente: Angel E. Vaca M.(Autor)

¹²³ Fuente: Angel E. Vaca M.(Autor)

▪ **RUNG 15**

A la variable de entrada SEN_OP2 se le asigna una memoria virtual IND_OP2 para utilizar en el HMI.



Figura IV. 111 Memoria para HMI, B0 ¹²⁴

▪ **RUNG 16**

A la variable de entrada SEN_OP2 se le asigna una memoria virtual IND_OP2 para utilizar en el HMI.



Figura IV. 112 Memoria para HMI, SEN_PALET ¹²⁵

▪ **RUNG 17**

Al accionar el pulsador de paro se setea la memoria M16, esta memoria hace que regrese el carro móvil a su estado inicial.

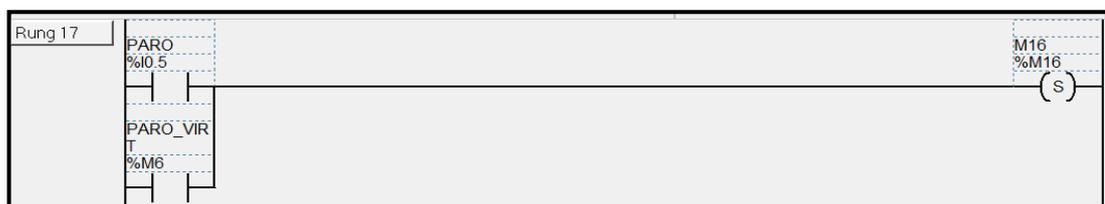


Figura IV. 113 Memoria para HMI, M16 ¹²⁶

¹²⁴ Fuente: Angel E. Vaca M.(Autor)

¹²⁵ Fuente: Angel E. Vaca M.(Autor)

¹²⁶ Fuente: Angel E. Vaca M.(Autor)

▪ RUNG 18

Al detectar el SEN_OP1 presencia, la memoria M16 resetea el proceso de transferencia.

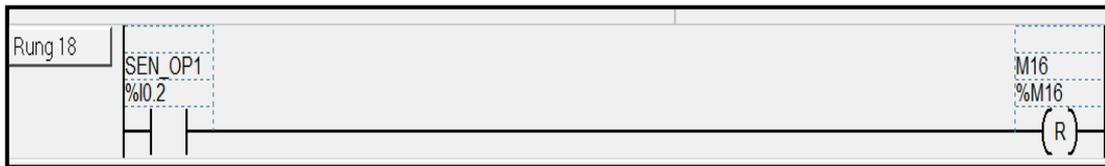


Figura IV. 114 Reseteo de Memoria M16 ¹²⁷

4.7.3.7 Comunicación PC – PLC

Cada autómata Twido tiene un puerto terminal EIA RS485 integrado, con su propia fuente de alimentación interna, en el puerto 1. El puerto 1 debe utilizarse para la comunicación con el software de programación TwidoSuite.

Ningún cartucho o módulo de comunicación opcional podrá emplear este puerto. No obstante, un módem sí podrá utilizarlo.

Para la comunicación del PLC con la computadora se ha establecido realizarlo por Modbus Serial.

MODBUS

Modbus es un protocolo de comunicación industrial, con configuración maestro/esclavo, se encuentra en la capa 7 del Modelo OSI. Surge en 1979, creado por Modicon ante la necesidad de comunicar PC's con PLC's.

Las siguientes características permiten que este protocolo sea el más utilizado:

- Es el protocolo que tiene mayor disponibilidad de conexión con dispositivos industriales.
- Tiene acceso público.
- Es fácil de implementar y requiere trabajo.
- No considera restricciones cuando maneja bloques de datos.

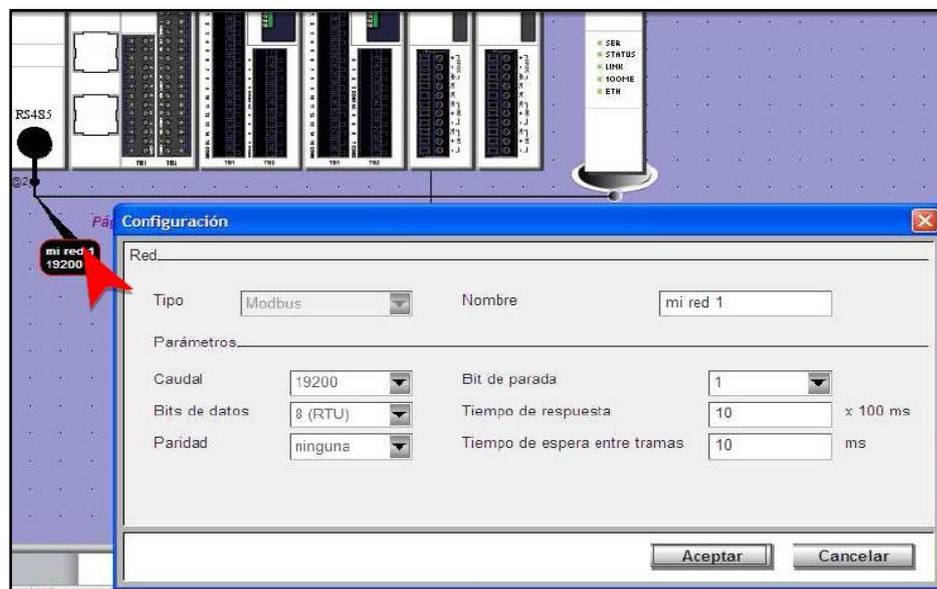
¹²⁷ Fuente: Angel E. Vaca M.(Autor)

En un principio fue creado para establecer comunicación punto a punto (EIA – 232C), el maestro fue la Interfaz Hombre Máquina (HMI), mientras que el esclavo fue el autómatas programable (PLC). No fue suficiente esta conexión por lo que evolucionaron en una “Multipunto” (EIA – 485), esta comunicación permitió que un maestro se pueda comunicar con varios esclavos sobre una línea serie común.

Configurar el protocolo implica, seleccionar el tipo de protocolo y la dirección al PLC, del cual se hará referencia para monitorear el sistema, por ser ModbusSerial es necesario escoger el puerto COM que se está utilizando.

Parámetros de Comunicación Serial

- Velocidad 19200 Bits.
- Paridad: Ninguna
- 8 bits de datos
- Tiempo de respuesta de 1000ms
- Tiempo de espera entre tramas de 10ms 1 bit de parada



128

Figura IV. 115 Configuración Modbus Serial.

CABLE MULTIMAESTRO TSXCUSB485.

Es un dispositivo de comunicación entre un PC y varios dispositivos, para este caso un PLC, convierte el conector USB del PC en conector RS485 para el PLC.



Figura IV. 116 Cable multimaestro. ¹²⁹

Cabe mencionar que a cada convertidor TSXCUSB485 se le asigna un número de serie diferente, cuando se cambia de convertidor, el automático reconoce y establece automáticamente el nuevo número de serie, luego de activar el número, el automático administra hasta cuatro interfaces.

Tabla de funciones según la posición del conmutador rotativo.

Posición	Función – Tipo de conexión	NDE	PMC
0	TER MULTI - Modalidad multipunto	Sin utilizar	NC
1	OTROS MULTI - Modalidad multipunto	Sin utilizar	0 V
2	TER DIRECT - Modalidad punto a punto.	Utilizado	NC
3	OTROS DIRECT - Modalidad punto a punto. Otros tipos de comunicación (por ejemplo: Modbus, ASCII)	Utilizado	0 V

Figura IV. 117 Funciones cable multimaestro. ¹³⁰

¹²⁹ Fuente: Angel E. Vaca M.(Autor)

¹³⁰ Fuente:http://www2.schneider-electric.com/resources/sites/SCHNEIDER_ELECTRIC/content/live/FAQS/28000/FA28614/fr_FR/TSXCUSB485.pdf

El TSXCUSB485 facilita una polarización de línea para Modbus, la polarización debe hacerse en un solo lugar de todo el bus serie, normalmente en el dispositivo maestro.

(13)

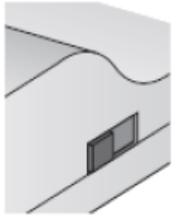
	Posición	Descripción
	DES	Debe elegirse esta posición: - Si la línea Serial Modbus ya se ha polarizado mediante otro dispositivo - Para la comunicación Uni-Telway
	CON	El convertidor polariza el bus Serial Modbus (560 Ohmios).

Figura IV. 118 Polarización cable multimaestro. ¹³¹

En la siguiente figura se representa la conexión del cable TSXCUSB485 desde el PC al PLC, ilustrándose el programa principal corriendo perfectamente.

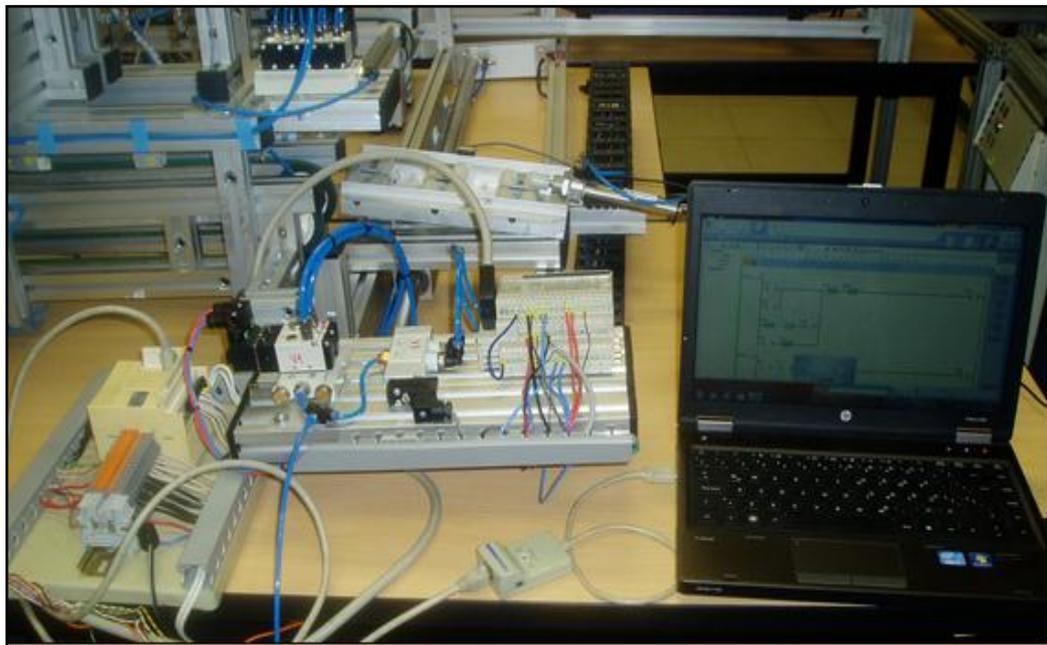


Figura IV. 119 Comunicación PC – PLC. ¹³²

¹³¹ Fuente: http://www2.schneider-electric.com/resources/sites/SCHNEIDER_ELECTRIC/content/live/FAQS/28000/FA28614/fr_FR/TSXCUSB485.pdf

¹³² Fuente: Angel E. Vaca M.(Autor)

4.7.4 SOFTWARE LOOKOUT DE NATIONAL INSTRUMENTS

Es un software HMI/SCADA, que permite crear poderosas aplicaciones de monitoreo y control de procesos de manera fácil y en un tiempo record, se logra todo esto gracias a las siguientes características:

- Interfaz amigable con el operador
- Arquitectura basada en objetos
- Conexión en red
- Productividad garantizada

Con este software se puede representar gráficamente en la pantalla de un ordenador dispositivos reales tales como pulsadores, cilindros, etc., para luego enlazarlos con los instrumentos de campo a través de PLC's, RTU's, etc. (Ver Figura 120)



Figura IV. 120 Componentes de un Sistema Scada. ¹³³

Crear un Proyecto Nuevo

Se da click en la opción *File* de la ventana principal de NI Lookout, luego *new*, luego se muestra la siguiente imagen (Ver Figura IV.121).

¹³³ Fuente: BENAVIDES, Luis y ESPINOZA, José. Tesis Ing. EC-RI. ESPOCH. Riobamba. 2011. 236p.

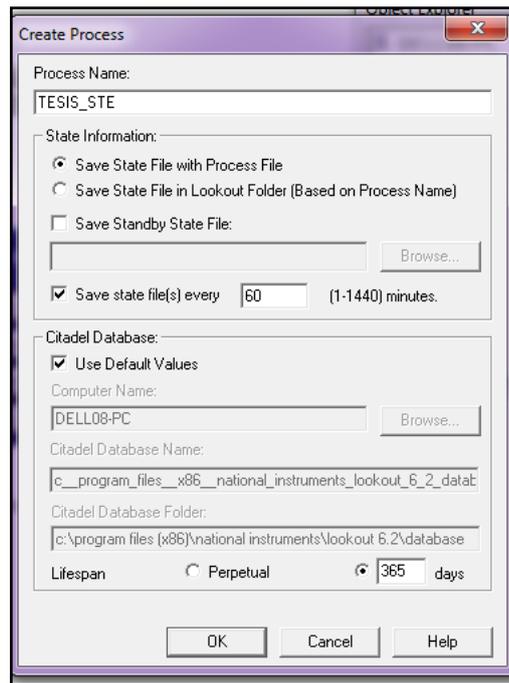


Figura IV. 121 Crear un nuevo proyecto en Lookout. ¹³⁴

Se procede a dar un nombre al proyecto, pulsamos aceptar, que nos llevará a la siguiente imagen (Ver Figura IV.122), en la que debemos elegir el color para el panel de control. Ahora ya podemos desarrollar la Interfaz Hombre - Máquina.

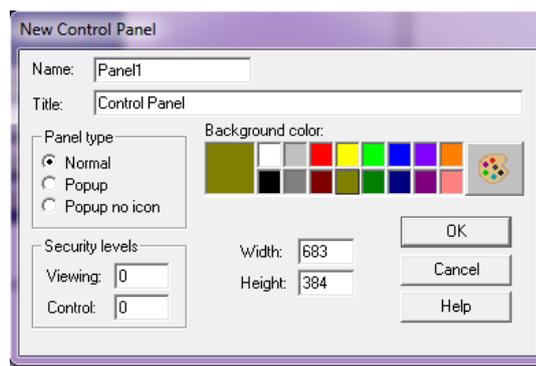


Figura IV. 122 Pantalla de color del Panel de Trabajo. ¹³⁵

¹³⁴ Fuente: Angel E. Vaca M. (Autor)

¹³⁵ Fuente: Angel E. Vaca M. (Autor)

Establecer comunicación con el PLC

Para esto se edita el objeto drive, seleccionando Objeto >> Editar conexiones y escogemos el objeto a edita (Ver Figura IV.123)

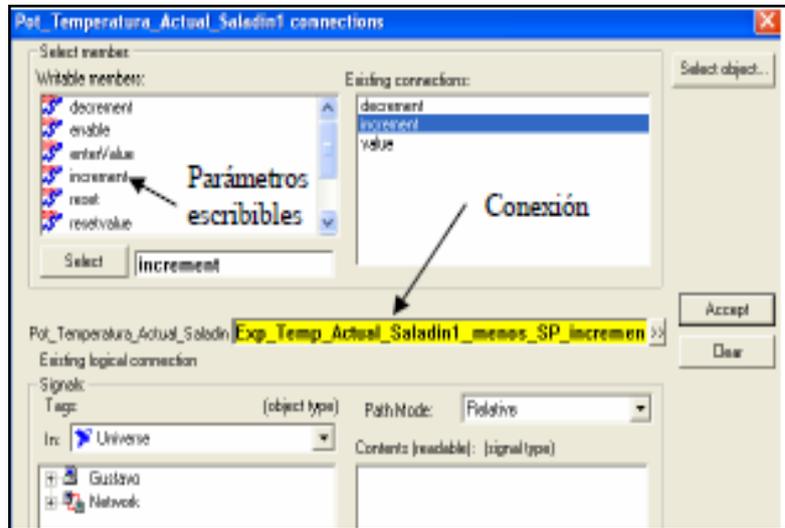


Figura IV.123 Cuadro de Diálogo para editar conexiones. ¹³⁶

Creación de Objeto Driver

Hacer click en la opción Object ->> create, luego se presenta una pantalla en la que se debe para este caso elegir la opción Modbus y pulsamos OK.

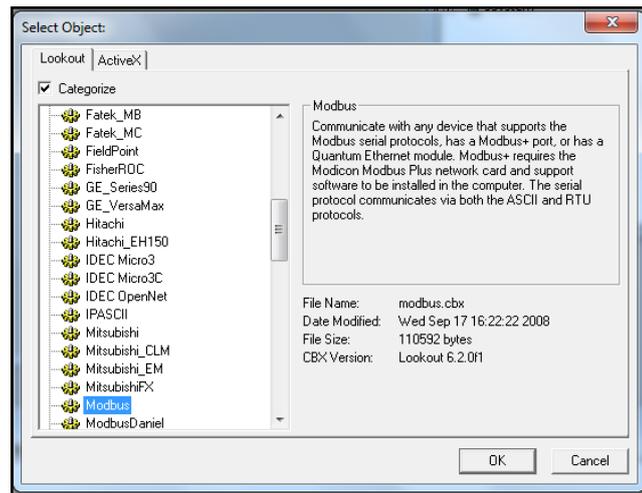


Figura IV. 123 Creación de Objeto Driver. ¹³⁷

¹³⁶ Fuente: BENAVIDES, Luis y ESPINOZA, José. Tesis Ing. EC-RI. ESPOCH. Riobamba. 2011. 236p.

¹³⁷ Fuente: Angel E. Vaca M. (Autor)

Configuración del Objeto comunicación con el PLC

Esto permite comunicarse el lookout (HMI) con el Hardware (PLC), como se escogió el objeto ModBus seguiremos estos pasos:

- Nombre al Objeto.
- Elegimos el modelo de comunicación.
- Configurar la comunicación escogiendo el puerto, la velocidad de transmisión, paridad, bits de parada y la cantidad de bits del dato.
- Existe también el parámetro Poll Rate que es el tiempo en el que el PLC nos va a estar muestreando las entradas o salidas.

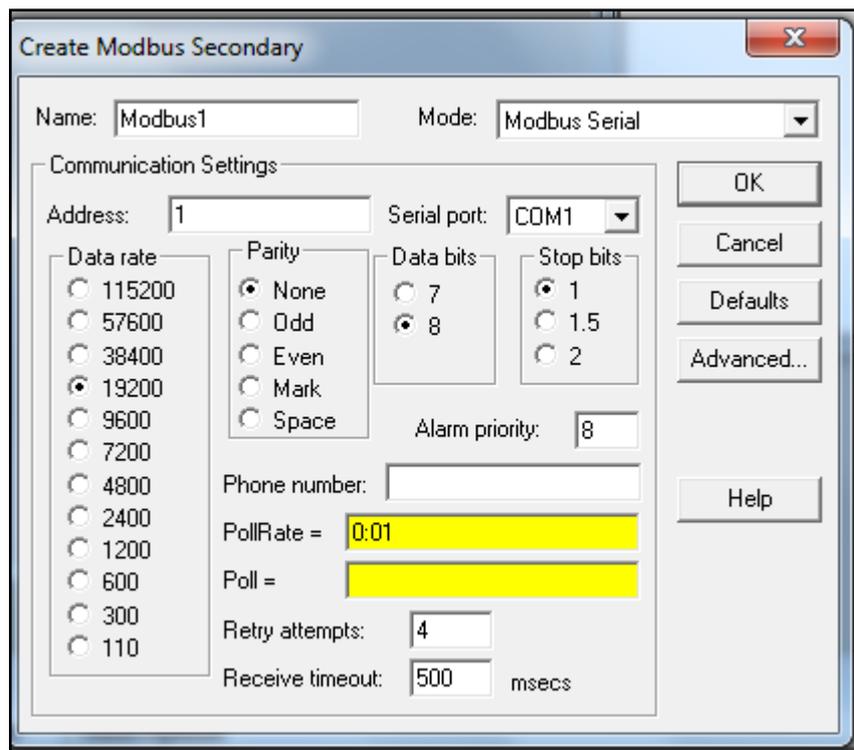


Figura IV. 124 Comunicación del PLC. ¹³⁸

¹³⁸ Fuente: Angel E. Vaca M. (Autor)

CAPÍTULO V

PRUEBAS Y RESULTADOS

5.1 INTRODUCCIÓN

En toda implementación de sistemas es necesario realizar pruebas previas de funcionamiento, para este caso no fue la excepción, en cada sección terminada se realizaba la respectiva prueba, a medida que se encuentran fallas se corrige (optimiza o calibra), con esto logramos seguridad, durabilidad y garantía de funcionamiento del sistema.

Se realizaron pruebas mecánicas, neumáticas, eléctricas y pruebas de control con el PLC además de monitoreo con el HMI, a continuación se detalla por áreas las pruebas realizadas.

5.2 PRUEBAS MECÁNICAS

Para la estructura del sistema de transferencia electroneumático fue preciso utilizar un material resistente, con un acabado liso y pulido, con estas características encajó perfectamente el Aluminio. Realizamos dos pruebas para validar lo antes dicho y asegurar el funcionamiento de la estructura:

1. Prueba de soporte.

La estructura de aluminio pesa 8lbs, el peso máximo que soportará es de 4lbs, se sometió a tres pruebas por dos días cada semana escogiendo los días en que no asisten nadie a clases (Sábado y Domingo) para asegurarnos que no existan perturbaciones en las pruebas, a continuación se expresa una tabla que explica los resultados.

SEMANA	PESO	OBSERVACIÓN
1ra Semana	8 lbs	Sin fisuras
2da Semana	16 lbs	Sin fisuras
3ra Semana	32 lbs	Apenas una mínima fisura

Tabla V.14. Prueba de soporte

Con estas pruebas se concluye que el peso máximo que soporta la estructura de aluminio es de 32lbs, ocho veces el peso que va a soportar normalmente, además se comprueba lo resistente firme que es el metal, en consecuencia se puede decir que es un metal óptimo para este proyecto.

2. Prueba de maniobrabilidad y flexibilidad.

Para comprobar estas características se inyectó aire comprimido al cilindro sin vástago, generando vibración en la estructura, repetimos el proceso durante una hora, ya que es el tiempo en que el compresor trabaja con la presión nominal en su máxima expresión en nuestro caso es 40PSI, luego de este tiempo la presión baja y no conviene para realizar las pruebas. Al mismo tiempo cambiábamos de posición algunas partes metálicas para observar algún cambio en la parte de funcionamiento y no ocurrió, todo actuaba igual.

Con esto se concluyó, que esta estructura soporta sin problemas vibraciones que generan los cilindros, por lo que es flexible y es fácil de manipular.

Para la estructura del sistema de transferencia electroneumático fue preciso utilizar un material resistente, con un acabado liso y pulido, con estas características encajó perfectamente el Aluminio. Realizamos dos pruebas para asegurar el funcionamiento de la estructura:

5.3 PRUEBAS NEUMÁTICAS

Aquí se puso a prueba si está en óptimas condiciones la velocidad del aire comprimido. Se inyectó aire comprimido a los cilindros, activando las electroválvulas, tanto en el cilindro magnético como el cilindro neumático se observó que, la velocidad de traslado como de expulsión respectivamente era muy rápida, y producía un movimiento brusco e

indeseado en el módulo. Por tal razón fue necesario adaptar reguladores de caudal unidireccionales a los cilindros.

Con estos reguladores se fue calibrando el paso de caudal a los cilindros, hasta llegar a una velocidad de caudal óptima.

5.4 PRUEBAS ELÉCTRICAS

Estas pruebas se dividieron en partes, se comenzó en el módulo de interfaz, luego en el módulo de control, se prueba continuidad para encontrar fallas de conexión o dispositivos dañados, a continuación se detalla lo realizado:

1. En el módulo de interfaz.

Como la base telefast tiene leds que indican la activación de las entradas/salidas de los dispositivos de campo, se nos facilita el trabajo.

Para probar los sensores ópticos, acercamos a ellos un metal, si se prende el led adecuado hay continuidad. En este caso estaban correctamente ubicados las señales y perfectamente funcionando los dos sensores.

Para probar los sensores magnéticos acercamos imanes, echo esto debía prenderse en la parte de leds de entrada. En este caso se prendió un solo led, el otro sensor se ha dañado, lo cambiamos y quedó listo.

En las electroválvulas enviamos un pulso eléctrico a los cables de señal de cada solenoide que debían estar ubicados en la parte de salidas del telefast. Se comprobó correcta ubicación de los cables de señal y correcto funcionamiento de las electroválvulas.

2. En el módulo de control.

De la misma manera el PLC tiene incorporado leds sobre los terminales de entradas/salidas. Entonces lo que se hizo para probar continuidad fue, enviar pulsos eléctricos a cada entrada desde la base telefast, al tiempo que se observaba que se prendía en el PLC el led adecuado, luego debía prenderse en las salidas un led correspondiente. Es preciso aclarar que esta prueba se realizó después de programar

el PLC, de lo contrario, no se podría probar continuidad tanto en entradas como en salidas al mismo tiempo.

En este caso se presentó problemas de conexión debido a la confusión que existía en los códigos de colores para las entradas al PLC, se corrigió siguiendo el camino de cada color hasta encontrar su descarramiento e ingresarlo en el camino correcto.

3. Pruebas de alimentación.

En esta etapa se verificó que lleguen los voltajes asignados para cada terminal de alimentación, para lo terminales analógicos son 110V y para los terminales digitales 24V. También comprobamos que la alimentación tenga una buena protección (fusible) para los dispositivos, en este caso tenemos 20A.

Nos cercioramos de que la fuente de alimentación tenga como corriente nominal 2A.

5.5 PRUEBAS DE CONTROL CON EL PLC

Para realizar las pruebas de control debe estar programado el PLC, esto se realizó en el software TwidoSuite en base al diagrama Grafcet que se planteó. Antes se probó si existía comunicación de PC – PLC, se presentó un problema en el ordenador, no reconocía el puerto COM, se resolvió descargando el controlador e instalando en el ordenador.

Se ejecutó el programa, observamos el desarrollo de los procesos del sistema, encontramos que hace falta ingresar más condiciones y un proceso más, se modificó el Grafcet seguido el programa en twidosuite, se ejecutó nuevamente el programa, esta vez ya realizó lo deseado, solo faltaba calibrar lo temporizadores, una vez configurado los tiempos se ejecutó el programa y se observó el desarrollo de los procesos exactamente como se esperaba.

Luego se probó La Interfaz Hombre – Máquina (HMI), notando que el recorrido del pallet en el HMI no tenía sincronía con el recorrido del pallet en el sistema real, lo que se hizo fue calibrar las funciones donde se encuentran los tiempos de recorrido del pallet.

Con todas estas pruebas realizadas al sistema con su respectiva optimización se logró conseguir un sistema automatizado de calidad y eficiente, que permite cerrar un circuito de paletizado, ahorrando tiempo y material humano.

5.6 RESULTADOS DE LA ENCUESTA

Se desarrolló una encuesta la cual fue aplicada a estudiantes de los últimos niveles de la Escuela de Ingeniería Electrónica en Control y Redes Industriales con respecto al “**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMAS DE TRANSFERENCIA ELECTRONEUMÁTICO PARA EL ACOPLAMIENTO A LA LINEA DE ENSAMBLAJE DEL LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL DE LA EIE-CRI**”, y de esta manera poder comprobar la hipótesis planteada al inicio del proyecto.

Para saber a cuántos estudiantes encuestar se utilizó la fórmula para calcular la muestra de una población. Como se dijo anteriormente los participantes son estudiantes desde el octavo nivel hasta el décimo nivel todos ellos suman un total de 70 estudiantes.

$$n = \frac{N\sigma^2 Z^2}{(N-1)e^2 + \sigma^2 Z^2}, \text{ Donde:}$$

n : Tamaño de la muestra (Número de estudiantes que queremos encuestar).

N : Tamaño de la población (Número total de estudiantes 70).

σ : Desviación estándar de la población que, generalmente cuando no se tiene su valor, suele utilizarse un valor constante de 0,5.

Z : Valor obtenido mediante niveles de confianza, para este caso le daremos un valor de “2” quiere decir que el nivel de confianza está entre el 95% - 96%.

e : Límite aceptable de error de muestra que, en este caso le asignaremos un error máximo permisible de 15% = 0.15

$$n = \frac{(0.5)^2 * (2)^2 * 70}{(70 - 1)(0.15)^2 + (0.5)^2(2)^2} = \frac{(0.25) * (4) * 70}{(69 * 0.0225) + 1} = 27.42$$

$n \approx 27$

Se procedió a encuestar a 27 estudiantes, antes de realizar la encuesta se les hizo probar el módulo para que tengan una idea más clara en las respuestas. Los datos se detallan a continuación.

5.7 TABULACIÓN DE LOS DATOS GENERALES

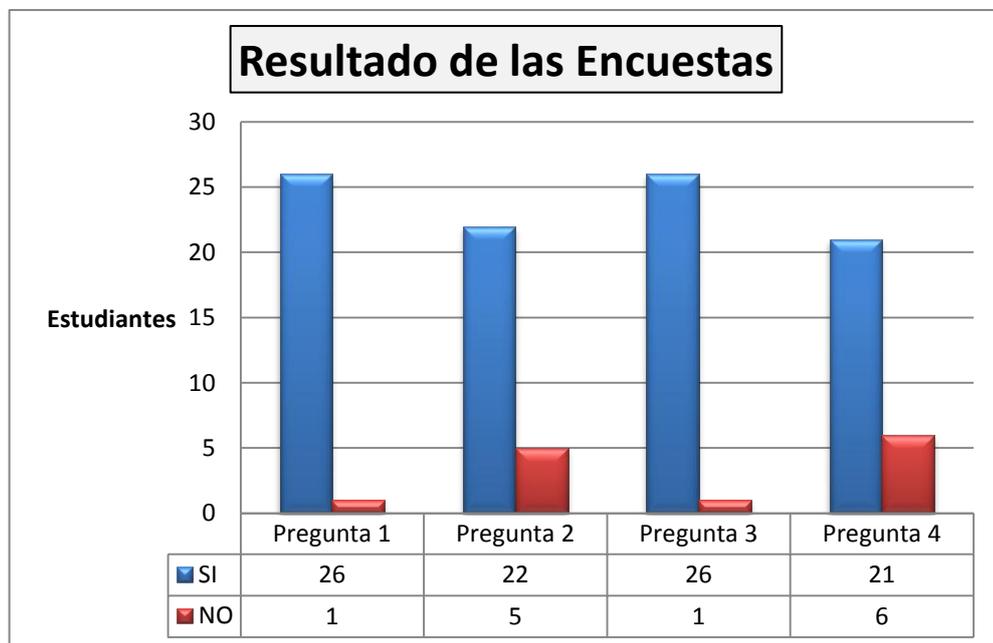


Figura V. 125 Preguntas de la Encuesta. ¹³⁹

5.8 TABULACIÓN DE CADA PREGUNTA DE LA ENCUESTA

Pregunta 1 ¿Cree Usted que este módulo contribuye a repotenciar de una manera más eficiente el sistema de ensamblaje y transferencia del pallet?

¹³⁹ Fuente: Angel E. Vaca M. (Autor)

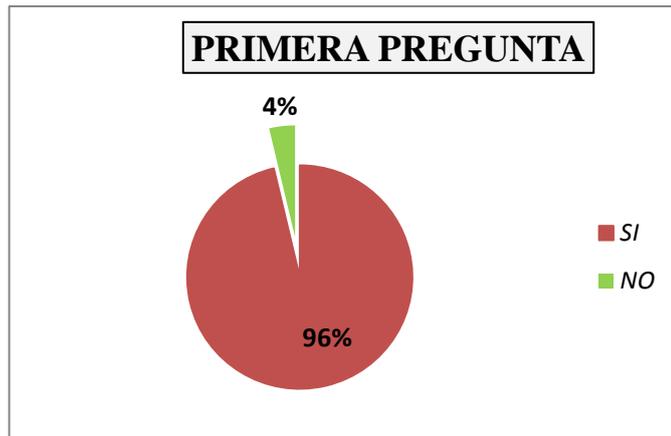


Figura V. 126 Tabulación de la primera pregunta. ¹⁴⁰

La gráfica indica que la gran mayoría de encuestados están de acuerdo en que este proyecto ayudará a repotenciar con eficiencia el sistema de ensamblaje y transferencia del pallet.

Pregunta 2 ¿Cree usted que este módulo ofrece al sistema de ensamblaje y transferencia del pallet un ahorro de tiempo y material humano?



Figura V. 127 Tabulación de la segunda pregunta. ¹⁴¹

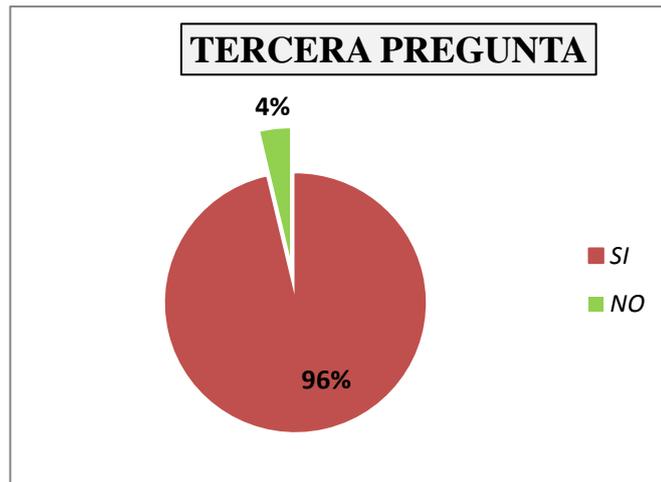
La gráfica nos muestra que 5 personas respondieron que no están de acuerdo en que el módulo ofrece un ahorro de tiempo y material humano, puede ser porque al momento de

¹⁴⁰ Fuente: Angel E. Vaca M. (Autor)

¹⁴¹ Fuente: Angel E. Vaca M. (Autor)

probar no entendieron bien el funcionamiento del módulo y tenían que repetir varias veces la práctica.

Pregunta 3 ¿Cree usted que este módulo contribuye en su aprendizaje y destreza en lo que tiene que ver con la Automatización Industrial?



*Figura V. 128 Tabulación de la tercera pregunta.*¹⁴²

Esta gráfica nos demuestra que prácticamente todos están de acuerdo en que este módulo es una gran ayuda para los estudiantes, en el desarrollo de destrezas para el área de automatización industrial.

Pregunta 4 ¿Cree usted que este módulo está construido de manera tal que se adapta a mejoras?

¹⁴² **Fuente:** Angel E. Vaca M. (Autor)

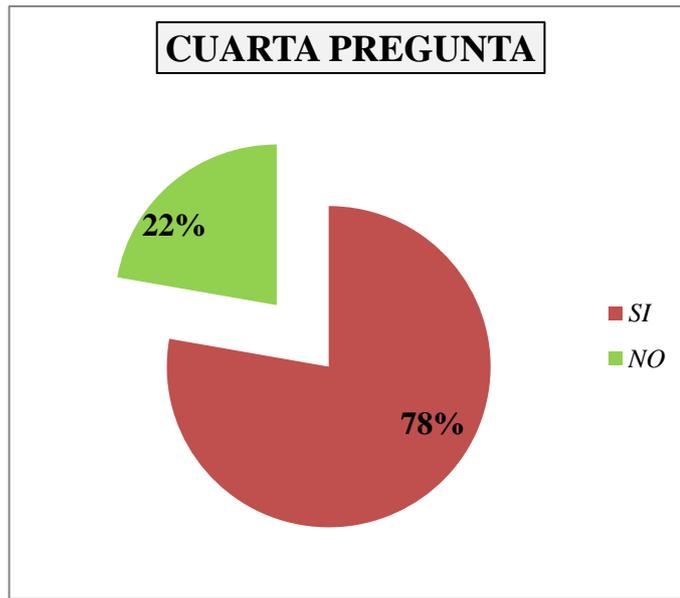


Figura V. 129 Tabulación de la cuarta pregunta. ¹⁴³

Con los Resultados de la encuesta se ha demostrado la hipótesis planteada al inicio de este proyecto que repotenciará el sistema de montaje y las posibilidades de estudio en Automatización y Mecatrónica. El Sistema de Transferencia Electroneumático cumple con estas condiciones, en ser un sistema eficaz y útil para los estudiantes.

¹⁴³ Fuente: Angel E. Vaca M. (Autor)

CONCLUSIONES

1. El proyecto de investigación cumple con el principal objetivo planteado, diseñar e implementar un sistema de transferencia electroneumático, con esto se logró mayor eficiencia y ahorro del material humano.
2. Se construyó un módulo de soporte del pallet y se acopló al sistema de transferencia electroneumático, para ello se utilizó material de aluminio, éste es muy útil debido a su peso y fácil maniobrabilidad.
3. Los sensores más adecuados para implementar fueron los sensores ópticos de proximidad (difusos) PNP, debido a que no necesitan ningún accesorio externo para detectar el carro móvil.
4. El módulo implementado es capaz de adaptarse (modificarse, aumentar subprocesos) según lo requiera el sistema de ensamblaje y transferencia de paletizado.
5. Se programó con el software TwidoSuite V2.2 y controló el sistema a través del PLC Telemecanique TWDLCAA10DRF, debido a su eficiencia, suficientes terminales de entrada/salida y fácil de programar.
6. Se diseñó una Interfaz Hombre Máquina (HMI) amigable, en el software Lookout V6.2, para el control/monitoreo del proceso, se utilizó este software porque es fácil de utilizar y no necesita un OPC SERVER para comunicarse con las variables del PLC.

RECOMENDACIONES

- Aplicar con seriedad los conocimientos adquiridos de Automatización y electricidad, ya que una mala manipulación de sensores, actuadores o cualquier cable podría afectar el correcto funcionamiento del sistema o en el peor de los casos quemar los dispositivos.
- Utilizar el software TwidoSuite para programar al sistema de transferencia electroneumática ya que es más amigable con el operador y permite usar funciones avanzadas de manera fácil.
- Revisar previamente el manual de usuario, esto le permite tener un conocimiento general del módulo, y le ayudará a solucionar problemas si se presentan.
- Antes de poner en funcionamiento el módulo, revisar detenidamente que lleguen las adecuadas alimentaciones tanto en AC como en DC, también verificar que ingrese suficiente presión a las electroválvulas.

RESUMEN

Se realizó el diseño e implementación de un Sistema de Transferencia Electro-neumático, para el acoplamiento a la línea de ensamblaje del Laboratorio de Automatización Industrial de la Escuela de Ingeniería Electrónica en Control y Redes Industriales, de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Fue preciso utilizar el método inductivo, porque se analizó en base a requerimientos previamente establecidos, para optar por materiales y softwares más apropiado. Seguidamente se realizó el ensamblaje, cableado y programación de dispositivos, permitiendo éste método obtener un sistema confiable. El sistema consiste en transportar un pallet de un extremo que termina un proceso a otro extremo que reinicia dicho proceso, este proceso se repite hasta accionar un pulsador de Paro.

Se utilizó los siguientes materiales, un Controlador Lógico Programable (PLC) modelo TWDLCAA10DRF para el control del proceso, un cilindro sin vástago con acoplamiento magnético, un cilindro neumático de doble efecto para expulsar el pallet, para direccionar el caudal neumático una electroválvula 3/2 vías monoestable, una electroválvula 5/3 vías biestable, dos sensores ópticos para detectar posicionamiento del pallet, dos sensores magnéticos para posicionamiento del cilindro neumático, un pulsador normalmente abierto, un pulsador normalmente cerrado, manguera neumática, racores, reguladores de caudal. Softwares utilizados: TwidoSuite para la programación del PLC, Lookout para monitorear el sistema. El cuerpo del módulo está construido en perfil de aluminio.

Mediante 20 pruebas de funcionamiento realizadas, se obtuvo un 95% de efectividad en el control y monitoreo del sistema de transferencia electro-neumático,

Se concluyó que se obtuvo un prototipo eficiente que permite modificar, aumentar subprocesos, y una amigable Interfaz Hombre Máquina (HMI) para el control/monitoreo del proceso, además se logra un ahorro en material humano.

Se recomienda a estudiantes de la Facultad de Informática y Electrónica, un uso adecuado al Sistema, especialmente no forzar el movimiento del carro sin guía del cilindro magnético, pues el tiempo de vida útil disminuiría considerablemente.

SUMMARY

An Electro pneumatic Transfer System design and implementation was performing, for coupling to the assembly line of the Industrial Automation Laboratory in the Electronic in Control and Industrial Networking Engineering School in the Polytechnic of Chimborazo.

The inductive method was used, because it was analyzed based on pre-set requirements, for choosing appropriate materials and basic software. Then, an assembly wiring and devices programming were made, allowing this method to obtain a reliable system. The system consist of transporting a pallet of one end which terminates a process in another end that restart the process, this process is repeat until a stop button is pressed.

The following materials were used, a Programmable Logic Controller (PLC) TWDLCAA10DRF model for process control, a rodless cylinder with magnetic, a double acting pneumatic cylinder to expel the pallet, to direct the air flow a solenoid 3/2 monostable way, a solenoid valve 5/3 bistable, two optical sensors for detecting position of the pallet, two magnetic sensors for positioning of the pneumatic cylinder, a normally open push-button, a normally closed push-button, air hose, fittings, flow regulators. Software's used: TwidoSuite to program the PLC, Lookout to monitor the system. The block body is constructed of aluminum outline.

After 20 performance tests, 95% effectiveness in the control and monitoring of the electro-pneumatic transfer system was obtained.

It was concluded that an efficient prototype was got which allows modifying, increase threads, and a friendly Human Machine Interface (HMI) for the control/monitoring process, and also human resources saving was achieved.

It is recommended to students of Informatics and Electronics, a proper use to the system, especially not to force the car movement without the magnetic cylinder guide, as the lifetime diminish considerably.

GLOSARIO

ÉMBOLO: Es una pieza metálica cubierta de caucho, ubicadas dentro de un cilindro junto al vástago, en ella se aplican fuerzas de tracción y compresión.

GRAFSET: Es un método gráfico de programación, que consiste en un conjunto de etapas que serán los procesos del sistema, conectadas por condiciones o transiciones, estas condiciones permiten el paso a la siguiente etapa.

MODBUS: Es un protocolo de comunicación serial basado en el modelo maestro/esclavo, es un estándar de facto, ideal en la industria, y es muy fácil de implementar en dispositivos electrónicos.

MODULO: Es un prototipo de un sistema automático real, compuesto por elementos no necesariamente industriales.

NEUMÁTICA: Se refiere al estudio del movimiento del aire comprimido.

PALLET: Un palé (único término reconocido por la Real Academia Española),¹ es un armazón de madera, plástico u otros materiales, en nuestro caso aluminio, empleado en el movimiento de carga ya que facilita el levantamiento y manejo con pequeñas grúas hidráulicas, llamadas carretillas elevadoras.

PRESIÓN: Se define como la cantidad de fuerza aplicada por unidad de superficie.

SENSOR: Es un dispositivo que detecta fenómenos físicos o químicos, para posteriormente convertirlos y transmitirlos en variable eléctricas. Ejemplo de sensores que existen en el mercado: De humedad, movimiento, ópticos, temperatura, magnéticos, humo, etc.

SÍMBOLOS: Representación gráfica simplificada de elementos neumáticos y de otro tipo con inclusión de las funciones, ejemplo: al dibujar un esquema.

SISTEMA: Del griego *σύστημα*, es un TODO o un conjunto de proceso que están relacionados entre sí.

TERMINAL: Es una cubierta o pin conductor que protege a los alambres de un cable y permite la fácil conexión con dispositivos.

BIBLIOGRAFÍA

LIBROS

- **BLANCHARD, M.** El Grafcet Principios y Conceptos. 4 ed. Italia : ADEPA, 1999. pp. 14-32.
- **GÓMEZ, L.** Automatización Industrial Principios y Aplicaciones. La Paz-Bolivia : Jugrey, 2008. pp. 15-28.
- **PIEDRAFITA, R.** Ingeniería de la Automatización Industrial. México : Ra-Ma, 2004. p. 48.
- **SERRANO, Nicolás.** Neumática Práctica. 2ed. Madrid : Paraninfo, 2009. pp. 91-93, 112-113.

BIBLIOGRAFIA DE INTERNET

✓ **SENSORES**

<http://cmapspublic2.ihmc.us/rid=1H2B63T5G-1SLKJ1L-J52/Sensores%20fundamentos,%20tipos%20y%20caracter%C3%83%C6%92%C3%86%E2%80%99%C3%83%E2%80%A0%C3%A2%E2%82%AC%E2%84%A2%C3%83%C6%92%C3%A2%E2%82%AC%C2%A0%C3%83%C2%A2%C3%A2%E2%80%9A%C2%AC%C3%A2%E2%80%9E%C2%A2%C3%83%C6%92%C3%86%E2%80%99%C3%83%C2%A2%C3%A2%E2%80%9A%C2%AC%C3%85%C2%A1%C3%83%C6%92%C3%A2%E2%82%AC%C5%A1%C3%83%E2%80%9A%C3%82%C2%ADsticas.pdf>
15/03/2013.

✓ **SISTEMAS NEUMÁTICOS**

<http://atcmexico.blogspot.com/2012/09/que-es-un-cilindro-neumatico.html>
15/03/2013.

<http://www.uhu.es/rafael.sanchez/ingenieriamaquinas/carpetaapuntes.htm/Trabajos%20IM%202009-10/Manuel%20Jesus%20Esacalera-Antonio%20Rodriguez-Actuadores%20Neumaticos.pdf>
15/03/2013.

http://www.asconumatics.eu/images/site/upload/_es/pdf1/p260es.pdf
15/03/2013.

✓ **SISTEMAS MECÁNICOS – ESTRUCTURA METÁLICA**

<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2870/1/108T0049.pdf>
10/04/2013

✓ **CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE**

<http://wwwelcris.blogspot.com>
10/04/2013.

<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2870/1/108T0049.pdf>:
10/04/2013.

✓ **GRAFCET**

<http://osmar84.files.wordpress.com/2010/11/programacionbajografcet.pdf>
20/04/2013

http://www.elai.upm.es/moodle/pluginfile.php/946/mod_resource/content/0/Grafcet.pdf
20/04/2013.

http://datateca.unad.edu.co/contenidos/2150512/ContenidoLinea/leccin_1631__grficos_secuenciales_graphe_de_comande_etape_transition_grafcet__secuential_function_chart_sfc.html.
20/04/2013

http://isa.umh.es/asignaturas/asct/automatas/TranspASCT_GRAFCET.pdf
20/04/2013

http://www.elai.upm.es/moodle/pluginfile.php/1171/mod_resource/content/0/GrafcetAmpliacion.pdf
20/04/2013

✓ **COMUNICACIONES INDUSTRIALES**

<http://www.tecdigitaldelbajio.com/blog/27-modbus-parte-iii-que-es-el-modbus.html>
07/05/2013

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CABRERA AGUAYO, Fausto y TOABANDA LOZANO, Victor. IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE TRANSFERENCIA LINEAL DE PALET DE LA LÍNEA MECATRÓNICA DE PRODUCCION DEL LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL. Riobamba : Tesis Ing. Electrónica en Control y redes Industriales, 2012. Vol. Fac. Informática y Electrónica, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. pp. 168.

2. <http://www.itescam.edu.mx/principal/sylabus/fpdb/recursos/r34716.PDF>

[En línea] [Citado el: 14 de 03 de 2013.]

3. <http://www.mcgraw-hill.es/bcv/guide/capitulo/8448169263.pdf>.

[En línea] [Citado el: 15 de 03 de 2013.]

4. [http://www.global-download.schneider-electric.com/mainRepository/EDMS_CTRY1.nsf/69f5d72c7a0cf811c12573d800389503/39197b6baeb6c226852576400063bfef/\\$FILE/CatalogoTelefast2.pdf](http://www.global-download.schneider-electric.com/mainRepository/EDMS_CTRY1.nsf/69f5d72c7a0cf811c12573d800389503/39197b6baeb6c226852576400063bfef/$FILE/CatalogoTelefast2.pdf).

[En línea] [Citado el: 15 de 03 de 2013.]

5. <http://clubensayos.com/Ciencia/Sistemas-Neumaticos/1222400.html>.

[En línea] [Citado el: 15 de 03 de 2013.]

6. <http://mantenimiento6to.wikispaces.com/file/view/Cilindros.pdf>.

[En línea] [Citado el: 15 de 03 de 2013.]

7. http://www.mcolder.com.mx/Catalogos_Parker/NEUMATICA/CATALOGOS%20EUROPEOS%20EN%20ESPA%C3%91OL/P1Z_Technical%20Catalogue-ES.pdf.

[En línea] [Citado el: 15 de 03 de 2013.]

8.<http://www.uhu.es/rafael.sanchez/ingenieriamaquinas/carpetaapuntes.htm/Trabajos%20IM%202009-10/Manuel%20Jesus%20Esacalera-Antonio%20Rodriguez-Actuadores%20Neumaticos.pdf>.

[En línea] [Citado el: 15 de 03 de 2013.]

9. <http://dspace.espoeh.edu.ec/bitstream/123456789/2817/1/108T0040.pdf>.

[En línea] [Citado el: 10 de 04 de 2013.]

10. <http://es.scribd.com/doc/136797342/IGUS-Cap-1-1-Construccion-cadenas-portacables>.

[En línea] [Citado el: 10 de 04 de 2013.]

11. <http://www.itescam.edu.mx/principal/sylabus/fpdb/recursos/r6875.DOC>.

[En línea] [Citado el: 10 de 04 de 2013.]

12. http://www.iesdonbosco.com/data/electricidad/twido_guia_de_programacion.pdf.

[En línea] [Citado el: 07 de 05 de 2013.]

13.http://www2.schneider-electric.com/resources/sites/SCHNEIDER_ELECTRIC/content/live/FAQS/28000/FA28614/fr_FR/TSXCUSB485.pdf.

[En línea] [Citado el: 07 de 05 de 2013.]

ANEXOS

ANEXO 1

(ENCUESTA)



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA

**ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA CONTROL Y
REDES INDUSTRIALES**

Objetivo:

Verificar si el “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMAS DE TRANSFERENCIA ELECTRONEUMATICO PARA EL ACOPLAMIENTO A LA LINEA DE ENSAMBLAJE DEL LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL DE LA EIE-CRI” repotenciará el sistema de montaje y las posibilidades de estudio en Automatización y Mecatrónica de los estudiantes de la Escuela de Ingeniería Electrónica en Control y Redes Industriales de la ESPOCH,

SEMESTRE :

FECHA :

Instrucciones

- Lea detenidamente cada pregunta y marque una X a la respuesta que considere.

Preguntas

1. ¿Cree Usted que este módulo contribuye a repotenciar de una manera más eficiente el sistema de ensamblaje y transferencia de paletizado?

SI ()

NO ()

2. ¿Cree usted que este módulo ofrece al sistema de ensamblaje y transferencia del pallet un ahorro de tiempo y material humano?

SI ()

NO ()

3. ¿Cree usted que este módulo contribuye en su aprendizaje y destreza en lo que tiene que ver con la Automatización Industrial?

SI ()

NO ()

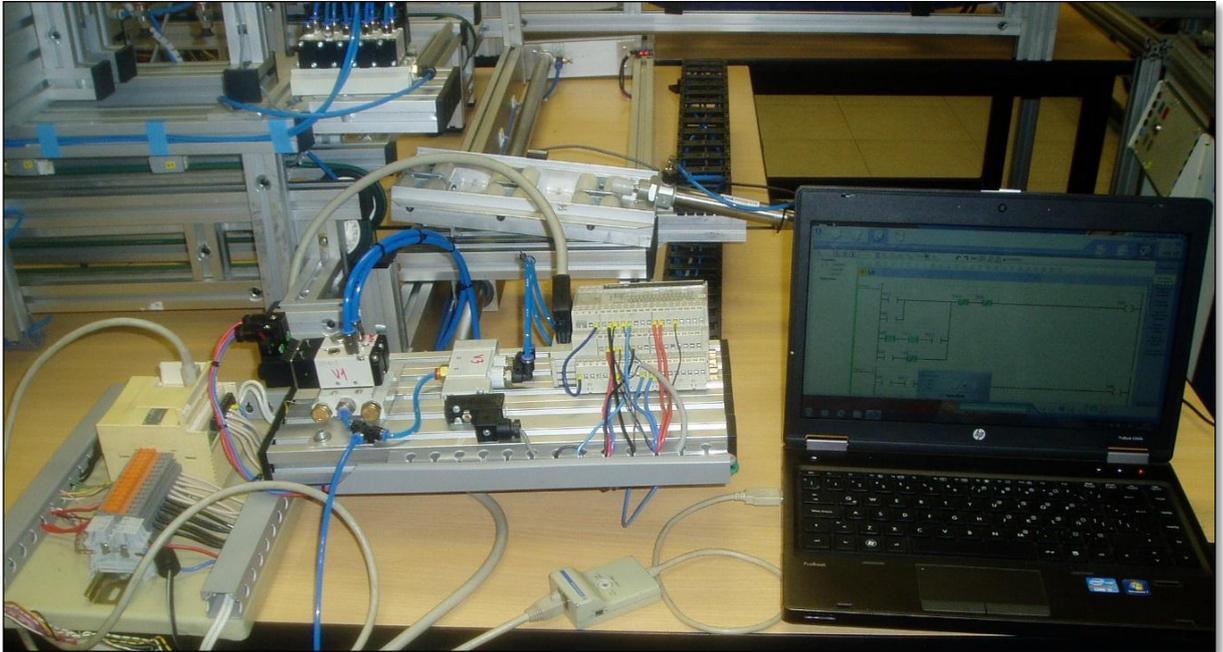
4. ¿Cree usted que este módulo está construido de manera tal que se adapta a mejoras?

SI ()

NO ()

ANEXO 2

1. Control y monitoreo del Sistema de Transferencia Eletroneumática en la Interfaz Hombre – Máquina (HMI)



2. Visualización del software HMI en NI Lookout.

Lookout - [SISTEMA_DE_TRANSFERENCIA] - [Control Panel]

File Edit Options Alarms Window Run Help

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA

ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y REDES INDUSTRIALES

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE TRANSFERENCIA ELECTRONEUMÁTICO PARA EL ACOPLAMIENTO A LA LÍNEA DE ENSAMBLAJE DEL LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL DE LA EIE-CRI

PRESENTADO POR: ANGEL VACA MAZA

DIRECTOR: ING. MARCO VITERI

MIEMBRO: ING. FRANKIL MORENO

Time	Process	Area	Priority	Object Name	Description
04:20:03.0	SISTEMA DE TRANSFERENCIA	Lookout	0	\\EdisonVaca\SISTEMA_DE_TRANSFERENCIA	Edit mode ON
04:19:45.6	SISTEMA DE TRANSFERENCIA	Lookout	0	\\EdisonVaca\SISTEMA_DE_TRANSFERENCIA\PB_CARAT...	PB_CARATULA was turned off by direct user ir
04:19:45.6	SISTEMA DE TRANSFERENCIA	Lookout	0	\\EdisonVaca\SISTEMA_DE_TRANSFERENCIA\PB_CARA...	PB_CARATULA was turned on by direct user ir
04:19:36.0	SISTEMA DE TRANSFERENCIA	Lookout	0	\\EdisonVaca\SISTEMA_DE_TRANSFERENCIA\PB_APLIC...	PB_APLICACION was turned off by direct user ir

16/10/04:22 Administrator Hewlett-Packard 23 alarms 4:22 16/10/2014

Lookout - [SISTEMA_DE_TRANSFERENCIA] - [APLICACION]

File Edit Options Alarms Window Run Help

CONTROLES

INICIO

PARO

INDICADOR DE ESTADOS DEL PROCESO

TRANSFIRIENDO PALET

■

PASANDO PALET A LA BANDA

■

RETORNO POSICION INICIAL

■

MONITOREO

ELECTROVALVULAS

SENSORES

PB_CARATULA

Time	Process	Area	Priority	Object Name	Description
04:22:46.6	SISTEMA_DE_TRANSFERENCIA	Lookout	0	\\EdisonVaca\SISTEMA_DE_TRANSFERENCIA\PB_APLIC...	PB_APLICACION was turned on by direct user
04:22:06.8	SISTEMA_DE_TRANSFERENCIA	Lookout	0	\\EdisonVaca\SISTEMA_DE_TRANSFERENCIA	Edit mode OFF
04:20:03.0	SISTEMA_DE_TRANSFERENCIA	Lookout	0	\\EdisonVaca\SISTEMA_DE_TRANSFERENCIA	Edit mode ON
04:19:45.6	SISTEMA_DE_TRANSFERENCIA	Lookout	0	\\EdisonVaca\SISTEMA_DE_TRANSFERENCIA\PB CARA...	PB_CARATULA was turned off by direct user ir

16/10 04:22 Administrator Hewlett-Packard 25 alarms 4:22 16/10/2014

Lookout - [SISTEMA_DE_TRANSFERENCIA] - [MONITOREO_SENSORES]

File Edit Options Alarms Window Run Help

MONITOREO DEL FUNCIONAMIENTO DE LOS SENSORES

SENSORES OPTICOS

SENSOR OPTICO 1

SENSOR OPTICO 2

SENSORES MAGNETICOS

S. MAGNETICO DEL PALLET

S. MAGNETICO DEL CILINDRO

PB_APLICACION

Time	Process	Area	Priority	Object Name	Description
04:23:14.6	SISTEMA_DE_TRANSFERENCIA	Lookout	0	\\EdisonVaca\SISTEMA_DE_TRANSFERENCIA\SENSORES	SENSORES was turned on by direct user input
04:22:46.6	SISTEMA_DE_TRANSFERENCIA	Lookout	0	\\EdisonVaca\SISTEMA_DE_TRANSFERENCIA\PB_APLIC...	PB_APLICACION was turned off by direct user
04:22:06.8	SISTEMA_DE_TRANSFERENCIA	Lookout	0	\\EdisonVaca\SISTEMA_DE_TRANSFERENCIA\PB_APLIC...	PB_APLICACION was turned on by direct user
04:22:06.8	SISTEMA_DE_TRANSFERENCIA	Lookout	0	\\EdisonVaca\SISTEMA_DE_TRANSFERENCIA	Edit mode OFF

16/10 04:23 Administrator Hewlett-Packard 27 alarms 4:23 16/10/2014

ANEXO 3

DISEÑO DE PLANOS DE L SISTEMA DE TRANSFERENCIA
ELECTRONEUMÁCO