



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**

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

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA PLATAFORMA CONTROLADA POR PLC,  
PARA PALETIZADO DE MATERIALES DE UNA LINEA DE MONTAJE”**

**TESIS DE GRADO**

Previa obtención del título de:

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA, EN CONTROL Y REDES INDUSTRIALES**

**Presentado por:**

CRISTIAN ROLANDO CUVI MOCHA

DENNIS GEOVANNY GÓMEZ CAMINOS

**RIOBAMBA- ECUADOR**

**2014**

*Exteriorizamos el sincero agradecimiento, a nuestros maestros, que han sido el pilar fundamental para la culminación de esta tesis, de manera especial a los Ingenieros Marco Viteri, Luis Paucar y José Morales por apoyarnos con sus conocimientos de manera desinteresada; y a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por abrirnos las puertas para poder adquirir nuevos conocimientos.*

*A Dios por haberme dado salud y vida, a mis padres Miguel y Virginia que son el pilar fundamental en mi vida ya que me han apoyado sin recibir nada a cambio solo por el mero hecho de ser su hijo, a mis hermanos Belén, Miguel Ángel y Luis Ángel, que siempre ha estado junto a mí y me han regalado su cariño, a mi abuelita Inés que siempre me estará apoyando desde el cielo.*

*Dennis*

*El presente trabajo se lo dedico a **DIOS**, por su infinito amor y darme las fuerzas necesarias para nunca decaer ante las adversidades que se presentaron durante el transcurso de mi carrera universitaria.*

*A mis padres **Rodolfo** y **Rosa**, por su apoyo incondicional, guiarme y depositar toda su confianza, este es el resultado de su esfuerzo dedicado de parte de su hijo con todo su cariño.*

*A mi esposa **Geovis** por su comprensión y paciencia.*

*A mi hijo **Adiel** por haber llegado a mi vida y convertirse en ese pequeño motorcito que le da sentido a mis propósitos.*

*Cristian*

**NOMBRE**

**FIRMA**

**FECHA**

Ing. Gonzalo Samaniego, PhD

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**DECANO DE LA FACULTAD DE  
INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**

Ing. Alberto Arellano

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**DIRECTOR DE LA ESCUELA DE  
INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN  
CONTROL Y REDES INDUSTRIALES**

Ing. Jorge Paucar

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**DIRECTOR DE TESIS**

Ing. José Morales

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

**DIRECTOR DPTO.**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**DOCUMENTACIÓN**

NOTA DE LA TESIS

\_\_\_\_\_

## **DERECHOS DE AUTOR**

“Nosotros, **Cristian Rolando Cuvi Mocha Y Dennis Geovanny Gómez Caminos**, somos responsables de las ideas, doctrinas y resultados, expuestos en esta tesis, y el patrimonio intelectual de la misma pertenecen a la Escuela Superior Politécnica De Chimborazo”

-----  
Cristian Rolando Cuvi Mocha

-----  
Dennis Geovanny Gómez Caminos

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

<b>API</b>	Autómata Programable Industrial
<b>BAR</b>	Unidad de Presión
<b>CAD/CAM</b>	Computer-aided design/ Computer-aided manufacturing
<b>CN</b>	Control Numérico
<b>CPU</b>	Unidad Central de Procesamiento
<b>DB</b>	Bloque de Datos
<b>ESPOCH</b>	Escuela Superior Politécnica de Chimborazo
<b>E/S</b>	Entradas y Salidas
<b>FBD</b>	Diagramas de Bloques Funcionales
<b>GRAF CET</b>	Gráfico Funcional de Control de Etapas
<b>HMI</b>	Interfaz Hombre Máquina
<b>IP</b>	Protocolo de Internet
<b>I/O</b>	Input/Output
<b>NA</b>	Normalmente Abierto
<b>NC</b>	Normalmente Cerrado
<b>MPS</b>	Sistema De Producción Modular

<b>PCB</b>	Printed Circuit Board
<b>PLC</b>	Controlador Lógico Programable (Programmable Logic Controller)
<b>RAM</b>	Memoria de lectura y escritura
<b>ROM</b>	Memoria de solo lectura
<b>SCADA</b>	Supervisory Control and Data Adquisition
<b>V</b>	Voltios
<b>VCD</b>	Voltajes De Corriente Directa
<b>VCA</b>	Voltajes De Corriente Alterna
<b>%I</b>	Variables de Entrada del PLC
<b>%Q</b>	Variables de Salida del PLC.

# ÍNDICE GENERAL

PORTADA

AGRADECIMIENTO

DEDICATORIA

FIRMAS DE RESPONSABLES Y NOTA

RESPONSABILIDAD DEL AUTOR

ÍNDICES DE ABREVIATURAS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE ANEXOS

INTRODUCCIÓN

**CAPÍTULO I**

<b>1. MARCO REFERENCIAL</b> .....	20
1.1. ANTECEDENTES .....	20
1.2. OBJETIVOS .....	21
1.2.1. Objetivo General .....	21
1.2.2. Objetivos Específicos .....	21
1.3. JUSTIFICACIÓN .....	22
1.4. PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS .....	23

**CAPÍTULO II**

<b>2. MARCO TEÓRICO</b> .....	24
2.1. INTRODUCCIÓN .....	24
2.2. PALETIZADO .....	24
2.2.1. Antecedentes .....	24
2.2.2. Definición de pallet .....	25

2.2.3.	Principios para la conformación de pallets .....	25
2.2.4.	Paletización.....	27
2.2.5.	Facilitadores del proceso de paletización .....	28
2.2.6.	Beneficios de la paletización .....	28
2.2.7.	Paletizado Automático .....	29
2.3.	<b>AUTOMATIZACIÓN DE PROCESOS .....</b>	<b>30</b>
2.3.1.	Introducción .....	30
2.3.2.	Clases de procesos .....	31
2.3.3.	Tipos de procesos industriales.....	31
2.3.4.	Definición de automatización.....	32
2.3.5.	Tipos de sistemas de control .....	33
2.3.6.	Opciones tecnológicas para la automatización .....	35
2.3.7.	Desarrollo de la automatización de procesos .....	37
2.3.8.	Evolución de los sistemas de control .....	39
2.3.9.	Sistemas de producción modular (MPS) .....	43
2.4.	<b>SISTEMAS QUE CONFORMAN LA ESTACIÓN DE PALETIZADO .....</b>	<b>46</b>
2.4.1.	INTRODUCCIÓN .....	46
2.4.2.	SISTEMA MECÁNICO .....	47
2.4.3.	SISTEMA NEUMÁTICO .....	52
2.4.4.	SISTEMA SENSORICO.....	62
2.5.	<b>CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE .....</b>	<b>74</b>
2.5.1.	Estructura de los PLC.....	75
2.5.2.	Clasificación de los PLC.....	77
2.5.3.	Ciclo de funcionamiento de un PLC .....	79
2.5.4.	GRAFSET .....	80
2.5.5.	Lenguajes de programación de PLC .....	82

### **CAPITULO III**

3.	<b>DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA ESTACIÓN DE PALETIZADO .....</b>	<b>87</b>
3.1.	INTRODUCCIÓN .....	87
3.2.	DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA MECÁNICO .....	87

3.2.1.	Materiales.....	87
3.2.2.	Diseño de los componentes principales.....	88
3.2.3.	Implementación del sistema mecánico de la plataforma .....	91
3.3.	DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA NEUMÁTICO. ....	95
3.3.1.	Materiales y dispositivos.....	98
3.3.2.	Diseño electro neumático. ....	100
3.3.3.	Implementación del sistema neumático.....	101
3.4.	MONTAJE DEL SISTEMA SENSORICO Y ELÉCTRICO .....	101
3.4.1.	Materiales y dispositivos.....	102
3.4.2.	Montaje del tablero de control .....	109
3.4.3.	Montaje de sensores inductivos.....	110
3.4.4.	Montaje de los sensores magnéticos.....	111
3.4.5.	Montaje de la baliza.....	112
3.4.6.	Montaje de la baliza giratoria.....	112
3.5.	CONTROL Y MONITOREO .....	113
3.5.1.	Protocolo de comunicación MODBUS.....	114
3.5.2.	Programación del PLC telemecanique twd/cae40drf.....	114
3.5.3.	Interfaz hombre maquina (HMI).....	120

#### **CAPITULO IV**

4.	<b>PRUEBAS Y RESULTADOS</b> .....	124
4.1	INTRODUCCIÓN .....	124
4.2	PRUEBAS REALIZADAS .....	124
4.2.1	Pruebas mecánicas.....	125
4.2.2	Pruebas eléctricas .....	125
4.2.3	Pruebas neumáticas.....	126
4.3	ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	128
4.3.1	Procesamiento de los datos .....	128
4.3.2	Resultados .....	138

#### **CONCLUSIONES**

#### **RECOMENDACIONES**

**RESUMEN**

**SUMARY**

**ANEXOS**

**REFERENCIA**

**BIBLIOGRAFÍA**

## ÍNDICES DE FIGURAS

<i>Ilustración II-1: Sistema de paletizado automático mediante robots</i>	29
<i>Ilustración II-2: Control en lazo abierto</i>	33
<i>Ilustración II-3: Control en lazo cerrado</i>	34
<i>Ilustración II-4: Opciones tecnológicas de automatización</i>	35
<i>Ilustración II-5: Automatización mediante lógica cableada en el caso de la tecnología eléctrica</i>	35
<i>Ilustración II-6: Lógica programada</i>	36
<i>Ilustración II-7: Evolución futura de los sistemas de control</i>	39
<i>Ilustración II-8: Sistema de manufactura flexible</i>	41
<i>Ilustración II-9: Solidworks Premiun 2014</i>	48
<i>Ilustración II-10: Etapa de creación de pieza</i>	49
<i>Ilustración II-11: Etapa de ensamblaje</i>	49
<i>Ilustración II-12: Módulo de plano o dibujo</i>	50
<i>Ilustración II-13: Gestor de diseño FeatureManager</i>	51
<i>Ilustración II-14: Circuito Neumático</i>	53
<i>Ilustración II-15: Símbolo de compresor neumático</i>	54
<i>Ilustración II-16: Tipos de compresores neumáticos</i>	54
<i>Ilustración II-17: Símbolo de acumulador neumático</i>	55
<i>Ilustración II-18: Símbolo de la unidad de mantenimiento</i>	56
<i>Ilustración II-19 Red de distribución de aire comprimido</i>	57
<i>Ilustración II-20: Tipos de válvulas más usuales de acuerdo a vías y posiciones</i>	58
<i>Ilustración II-21: Electroválvula airtac</i>	59
<i>Ilustración II-22: Cilindro de simple efecto</i>	60
<i>Ilustración II-23: Cilindros de doble efecto</i>	61
<i>Ilustración II-24: Componentes de un sistema de medida</i>	62
<i>Ilustración II-25: Descriptores dinámicos de un sensor</i>	64
<i>Ilustración II-26: Clasificación de sensores</i>	65
<i>Ilustración II-27: Sensores inductivos</i>	68
<i>Ilustración II-28: Componentes de los sensores inductivos</i>	69
<i>Ilustración II-29: Sensores magnéticos</i>	71
<i>Ilustración II-30: Ubicación de sensor tipo Reed en cilindro neumático</i>	71
<i>Ilustración II-31: Sensor óptico</i>	72
<i>Ilustración II-32: Controladores lógicos programables</i>	74
<i>Ilustración II-33: Estructura de los autómatas programables</i>	75
<i>Ilustración II-34: ZEN nano PLC</i>	77
<i>Ilustración II-35: Apariencia de un PLC modular Siemens</i>	78
<i>Ilustración II-36: PLC compact Schneider Electric Twido TWDLCDA40DRF</i>	78
<i>Ilustración II-37: Ciclo de funcionamiento de los PLC</i>	79
<i>Ilustración II-38: GRAFCET</i>	80
<i>Ilustración II-39: Diagrama escalera</i>	82

<i>Ilustración II-40: Diagrama de bloques funcional</i>	83
<i>Ilustración II-41: Ejemplo de programa en lista de instrucciones</i>	85
<i>Ilustración III-1: Aluminio estructural 80x40 mm y 40x40 mm</i>	88
<i>Ilustración III-2: Diseño de la rueda móvil</i>	89
<i>Ilustración III-3: Base de la rueda móvil</i>	89
<i>Ilustración III-4: Diseño de los ángulos de apoyo</i>	90
<i>Ilustración III-5: Base de la unidad de mantenimiento</i>	90
<i>Ilustración III-6: Bases del aluminio 80x40 mm</i>	91
<i>Ilustración III-7: Diseño de las bases de apoyo</i>	92
<i>Ilustración III-8: Diseño de la estructura para la plataforma</i>	93
<i>Ilustración III-9: Montaje de la plancha de aluminio sobre la estructura</i>	93
<i>Ilustración III-10: Montaje de estantes</i>	94
<i>Ilustración III-11: Bloque de entrada y salida de pallets</i>	94
<i>Ilustración III-12: Bloque de carga de manómetros</i>	95
<i>Ilustración III-13: Categorías de los actuadores</i>	96
<i>Ilustración III-14: Parámetros del sistema requeridos</i>	96
<i>Ilustración III-15: Selección de cilindros</i>	97
<i>Ilustración III-16: Lista de materiales a usar</i>	97
<i>Ilustración III-17: Unidad de mantenimiento AIRTAC gfr200-08</i>	98
<i>Ilustración III-18: Electroválvula 5/2 AIRTAC 4V110-06</i>	99
<i>Ilustración III-19: Cilindro de doble efecto AIRTAC SDAS16x10-B</i>	99
<i>Ilustración III-20: Diagrama de conexión neumático y eléctrico</i>	100
<i>Ilustración III-21: Sistema neumático de la estación de paletizado</i>	101
<i>Ilustración III-22: Fuente de alimentación SIEMENS PS307</i>	102
<i>Ilustración III-23 SISLYNK utilizado en el proyecto</i>	103
<i>Ilustración III-24: Placa de conexión al PLC</i>	104
<i>Ilustración III-25: Circuito electrónico</i>	105
<i>Ilustración III-26: Diseño de PCB</i>	105
<i>Ilustración III-27: Montaje del tablero de control</i>	109
<i>Ilustración III-28: Montaje de sensores inductivos para entrada y salida de pallets</i>	110
<i>Ilustración III-29: Montaje de sensores inductivos para la estantería</i>	110
<i>Ilustración III-30: Montaje de sensores en el bloque de carga de manómetros</i>	111
<i>Ilustración III-31: Montaje de sensores magnéticos</i>	111
<i>Ilustración III-32: Montaje de la torre de balizas</i>	112
<i>Ilustración III-33: Montaje de la baliza giratoria</i>	112
<i>Ilustración III-34: Pantalla de inicio de twidosuite</i>	116
<i>Ilustración III-35: Pantalla principal de twidoSuite</i>	117
<i>Ilustración III-36: Pantalla de creación de un nuevo proyecto</i>	117
<i>Ilustración III-37: Agregando un dispositivo en twidoSuite</i>	118
<i>Ilustración III-38: Configurar entradas en twidoSuite</i>	118
<i>Ilustración III-39: Configurar salidas en twidoSuite</i>	119
<i>Ilustración III-40: Programa ladder en twidoSuite</i>	119
<i>Ilustración III-41 Depurar el programa en twidoSuite</i>	120
<i>Ilustración III-42: Pantalla principal del HMI</i>	121

<i>Ilustración III-43: Ingreso y salida de pallet</i>	121
<i>Ilustración III-44: Bodega de la estación</i>	122
<i>Ilustración III-45: Bloque de entrada y salida de pallet hacia robot</i>	122
<i>Ilustración III-46: Estado de sensores y actuadores</i>	123
<i>Ilustración IV-1: Tablero de control</i>	126
<i>Ilustración IV-2: Simulación del sistema</i>	126
<i>Ilustración IV-3: Resultados de la simulación</i>	127
<i>Ilustración IV-4: Recorridos del robot</i>	128
<i>Ilustración IV-5: Recorrido R1</i>	131
<i>Ilustración IV-6: Recorrido R2</i>	131
<i>Ilustración IV-7: Recorrido R3</i>	132
<i>Ilustración IV-8: Recorrido R4</i>	132
<i>Ilustración IV-9: Recorrido R5</i>	133
<i>Ilustración IV-10: Recorrido R6</i>	133
<i>Ilustración IV-11: Recorrido R7</i>	134
<i>Ilustración IV-12: Recorrido R8</i>	134
<i>Ilustración IV-13: Recorrido R9</i>	135
<i>Ilustración IV-14: Recorrido RN1</i>	135
<i>Ilustración IV-15: Recorrido RN2</i>	136
<i>Ilustración IV-16: Recorrido RN3</i>	136
<i>Ilustración IV-17: Recorrido RN4</i>	137
<i>Ilustración IV-18: Recorrido RN5</i>	137

## ÍNDICES DE TABLAS

<i>Tabla II-I: Beneficios de la cadena de abastecimiento</i>	27
<i>Tabla II-II: Desarrollo de la automatización de procesos a través de la historia</i>	38
<i>Tabla II-III: Principales tipos de accionamiento para válvulas neumáticas</i>	59
<i>Tabla II-IV: Elementos GRAFCET de programación</i>	81
<i>Tabla II-V: Operadores del texto estructurado</i>	85
<i>Tabla III-I: Piezas que conforma la estructura</i>	91
<i>Tabla III-II: Símbolos del esquema electro neumático</i>	100
<i>Tabla III-III: Entradas y salidas de la estación de paletizado</i>	114
<i>Tabla IV-I: Tiempos y Recorridos</i>	129
<i>Tabla IV-II: Valores esperados</i>	138
<i>Tabla IV-III: Frecuencia esperada</i>	139
<i>Tabla IV-IV: Chi cuadrado</i>	139

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Datos técnicos de la unidad de mantenimiento.

Anexo 2. Datos técnico de la electroválvula 5/2.

Anexo 3. Datos técnicos del cilindro neumático.

Anexo 4. Datos técnicos del sensor inductivo.

Anexo 5. Datos técnicos del sensor magnético tipo Reed.

Anexo 6. Datos técnicos del PLC TWIDO CAE40DRF.

Anexo 7. Manual de usuario.

Anexo 8. Manual de mantenimiento.

Anexo 9. Estudio para el diseño de un robot móvil para trabajar en una plataforma controlada por PLC para paletizado de materiales.

## INTRODUCCIÓN

Con el constante avance de la tecnología y la automatización de procesos, las industrias se han visto en la necesidad de desarrollar nuevas tecnologías para poder competir con otras grandes empresas, como es el caso del paletizado de materiales ya que se mejora el tiempo de respuesta en los procesos mediante una fácil búsqueda de los mismos aplicando el Just In Time (JIT)<sup>1</sup>.

La plataforma de paletizado desempeña un papel muy importante en el sistema de producción modular (MPS)<sup>2</sup>, permitiéndonos verificar el correcto ensamblado y almacenaje de los manómetros, termómetros e higrómetros. Los estudiantes al disponer de este sistema didáctico podrán tener un conocimiento básico de cómo se trabaja en las empresas que procesan materiales de esta manera o semejantes.

La plataforma de paletizado se compone de varias unidades; la primera es una bodega que se encarga del almacenar los productos terminados ya que cuenta con tres estantes con sus respectivos sensores inductivos los cuales nos permitirán conocer la presencia o ausencia de pallets<sup>3</sup>, el segundo se encarga del ingreso y salida de los pallets ya sean estos vacíos o con productos terminados y cuentan con un sensor inductivo para cada uno , el tercero es un sistema neumático que cuenta con dos cilindros de doble efecto accionadas mediante

---

<sup>1</sup> Just In Time (JIT): Método justo a tiempo es una política de mantenimiento de inventarios al mínimo nivel posible donde los suministradores entregan justo lo necesario en el momento necesario para completar el proceso productivo.

<sup>2</sup> MPS: siglas en ingles de sistema de producción modular.

<sup>3</sup> Pallets: Estructura móvil donde se coloca la mercadería con el fin de ser manipulado.

electroválvulas y al igual que los otros bloques posee sensores inductivos para detectar la presencia de pallets.

Como todo proceso busca obtener el control y monitoreo en tiempo real, el sistema cuenta con una interfaz hombre maquina (HMI<sup>4</sup>), donde se visualiza el estado de los diferentes sensores y actuadores que componen la estación de paletizado.

---

<sup>4</sup> HMI: siglas de Interfaz Hombre Maquina.

# **CAPÍTULO I**

## **1. MARCO REFERENCIAL**

### **1.1 ANTECEDENTES**

Se ha venido observando que el sector industrial con el fin de aumentar su productividad y disminuir sus tiempos de trabajo está adquiriendo nuevas tecnologías basadas en la automatización de procesos.

El creciente proceso de automatización en máquinas y sistemas, requiere de sistemas automáticos de montaje y control.

La tecnología tradicional exige que cada componente ingrese individualmente, causando dificultades en la producción y control, aumentando el tiempo de ciclo disminuyendo así la productividad de la empresa.

El trabajo sobre plataformas automáticas es una de las soluciones a muchos inconvenientes que se presentan en numerosas industrias como por ejemplo en metalmecánica, maderera y

química, por la razón que maneja procesamiento de datos sistematizados y su fabricación es de manera automatizada.

La investigación de procesos automáticos podrán ser demostrados en laboratorios especializados en los cuales podamos representar dichos resultados de diferentes maneras basándonos en varias disciplinas tales como: automatización industrial, control automático, control de procesos, y demás que nos ayuden a plantear una programación para dar solución a la problemática que se nos ha presentado.

En muchos casos la materia prima exige que el sistema de control sea de mejor calidad, debido a que requiere de control extra para diferenciar color, forma, etc.

## **1.2 OBJETIVOS**

### **1.2.1 Objetivo General**

- Diseñar e implementar una plataforma controlada por PLC, para el paletizado de materiales de una línea de montaje.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

- Establecer las características, dimensionamiento y componentes de la plataforma de paletizado.
- Estudiar y seleccionar los dispositivos necesarios en la implementación de la plataforma de paletizado.
- Implementar la plataforma de paletizado en el Laboratorio de redes industriales de la EIE-CRI.
- Aplicar los principios de KANBAN en la integración con los demás módulos.

- Comprobar el correcto funcionamiento de la plataforma de paletizado, con sus respectivas pruebas y resultados.

### 1.3 JUSTIFICACIÓN

La Escuela Superior Politécnica de Chimborazo es una de las mejores Universidades del país por tal motivo nosotros como estudiantes de la Escuela de Ingeniería Electrónica en Control y Redes Industriales sabemos que poseemos un gran prestigio y queremos que el mismo siga aumentando, y una opción de conseguir este propósito es ofrecer un excelente laboratorio de redes industriales, en el cual los alumnos complementaran la parte teórica captada en las aulas de clases con la parte práctica que se desarrollara en dicho laboratorio con la ayuda de módulos que se asemejen a los procesos que se desarrollan en las industrias tanto de nuestro país como de los países de primer mundo.

Por el requerimiento de las industrias por incorporar métodos actuales para el automatismo de procesos y observando la carencia que los alumnos de Ingeniería Electrónica en Control y Redes Industriales, se adapten con estas tecnologías de una manera fácil y práctica, hemos realizado este proyecto que tiene como objetivo implementar una plataforma controlada por PLC para la simulación de un proceso de paletizado de materiales, con el fin de que los alumnos puedan prepararse para este modelo de tecnologías y así adquirir una mejor destreza al momento de resolver los problemas que se nos presenten en la actualidad.

La implementación de una plataforma de paletizado, conseguirá:

- ✓ Reducir los errores considerablemente, o incluso pueden ser eliminados.

- ✓ Los elementos pueden situarse fácilmente en un pallet de transporte y pasar a otra estación aplicando los principios del Kanban.
- ✓ La identificación de elementos es más simple, no es necesario identificar la forma de los componentes sino la presencia de ellos.
- ✓ Se puede controlar la cantidad de las piezas mediante la aplicación de una base de datos en la que se contemplen campos para cada producto.
- ✓ Una aplicación de monitoreo podrá ayudar a controlar el proceso.
- ✓ La estandarización permite que un integrador pueda escoger dispositivos de múltiples fabricantes.

#### 1.4 PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS

El diseño e implementación de una plataforma de paletizado controlada por PLC, para el sistema de producción modular optimizará el proceso de paletizado de materiales del sistema de montaje.

## **CAPÍTULO II**

### **2. MARCO TEÓRICO**

#### **1.1. INTRODUCCIÓN**

El marco teórico que se desarrolla a continuación tiene el propósito de dar a conocer los conceptos básicos necesarios para el desarrollo, del diseño e implementación de la plataforma controlada por PLC<sup>5</sup> para el proceso de paletizado, facilitando establecer los requerimientos del sistema y materiales necesarios para la solución del problema propuesto.

#### **1.2. PALETIZADO**

##### **1.2.1. Antecedentes**

Debido a las necesidades logísticas, incremento en la automatización, mecanización y comercialización en el sector industrial a nivel global, la normalización ha ido tomando auge, cuando se produjo la segunda guerra mundial y con el traslado de armas, alimentos y medicamentos para los soldados estadounidenses, nació la necesidad de estandarizar un

---

<sup>5</sup> PLC: Controlador Lógico Programable.

conjunto de reglas para el empaquetado y por tal forma manipulación de dichas mercancías. Es de esta manera que el pallet se dio a conocer como una ayuda para simplificar y acelerar el trabajo de carga, descarga, almacenaje y manipulación ya que se lo realizaba con unas máquinas especiales.

Tanto las características como las especificaciones de los pallets se determinaron con un cierto rango por tal motivo hay mucha variación de la forma de los pallets, pero siempre cumpliendo las normas que permiten la formación de una unidad de carga y una forma de manipulación idéntica aunque no única.

### **1.2.2. Definición de pallet**

Un pallet, paleta, palé o tarima es una estructura móvil comúnmente de madera pero también se lo puede encontrar de cartón, metal o plástico, donde se coloca la mercadería con el fin de ser manipulado o trasladado gracias a la ayuda de algún sistema que posibilite su movilización.

En los últimos años los pallets han sufrido cambios, de tal manera que han variado sus características, especificaciones y materiales, para adecuarse a las distintas mercaderías y procesos.

### **1.2.3. Principios para la conformación de pallets**

#### **Posición de la carga**

A modo de norma general, los productos terminados deben ubicarse siempre de forma vertical y ligeramente adentrada del ras del pallet.

### **Estructura del pallet**

Al disponer de una adecuada estructura del pallet, se obtiene una mayor estabilidad y se reduce el riesgo de rompimientos y pérdidas de los productos.

### **Altura de la carga**

Esta depende del estándar de los medios de transporte y almacenamiento, al igual que del tipo y volumen del producto.

Los principales factores para obtener la altura ideal son:

**Aceptabilidad:** los equipos, medios de transporte y las instalaciones condicionan la altura de manera decisiva.

**Ergonomía:** estudia el esfuerzo desarrollado en ubicar los empaques y se encuentra en relación directa con su peso y tamaño.

**Estabilidad:** el desarrollo de estantes muy altos disminuye la estabilidad en especial cuando se somete a un almacenamiento masivo.

### **Peso de la carga**

Los principales factores que influyen en el peso de la carga son: la densidad del producto, la altura de la carga paletizada y el nivel de aprovechamiento de la superficie del pallet.

Existe un peso máximo aceptado para cada tipo de pallets. Al ubicar cargas de pesos superiores se obtiene efectos negativos sobre el proceso causando daños a las maquinas e instalaciones.

Los principales beneficiarios de aplicar estas normas son los siguientes procesos:

- ✓ Carga y descarga.
- ✓ Manipulación.
- ✓ Almacenamiento.

**Tabla II-I:** Beneficios de la cadena de abastecimiento

<b>Proceso de la cadena de abastecimiento</b>	<b>Beneficios</b>
Carga y descarga.	Se mantiene la consistencia de los productos.
Manipulación.	Fácil colocación en estanterías. Admisión de los productos en instalaciones automáticas de transporte.
Almacenamiento.	Máximo aprovechamiento de estanterías y áreas de almacenamiento.

**Fuente:** Los autores

#### 1.2.4. Paletización

El paletizado o paletización es el hecho y consecuencia de organizar mercadería en un palé para su acaparamiento y traslado. Las mercaderías se paletizan para lograr igualdad y comodidad en su operación; disminuyendo su área de trabajo y aprovechando el tiempo de carga, descarga y su maniobrabilidad. [8]

Entonces con la definición anterior de paletización, se puede decir que aproximadamente todo tipo de mercadería puede ser paletizado; ya que el paletizado ha llegado a ser imprescindible en locales mecanizados, con el propósito de mitigar las necesidades planteadas por el entorno competitivo.

### 1.2.5. **Facilitadores del proceso de paletización**

Son constituidos por todos aquellos componentes del pallet y del producto terminado, que facilitan las actividades para la manipulación de los productos.

Entre los principales tenemos:

- ✓ Empaques.
- ✓ Equipos de manipulación.

#### **Empaques**

Elementos que permiten agrupar varias unidades de un producto en una caja.

#### **Equipos de manipulación**

Son equipos que cumplen la función de elevar y descender el pallet en la zona de cargue o descargue.

### 1.2.6. **Beneficios de la paletización**

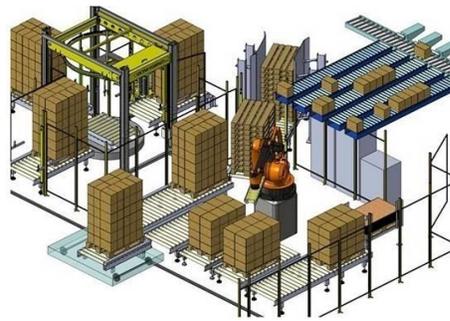
- ✓ Reducción del tiempo de elaboración y embarcación de vehículos.
- ✓ Rebaja de precios al cargar y descargar la mercadería.
- ✓ Minimiza el tiempo de espera al despachar por lo menos de un 80%.
- ✓ Incremento de la producción.
- ✓ Disminuye el manejo de los productos.
- ✓ Probabilidad de adquisición de experiencias en el reabastecimiento continuo, como el Cross Docking<sup>6</sup>.

---

<sup>6</sup> Cross Docking: sistema de distribución en el cual la mercadería recibida por un depósito o centro de distribución no es almacenada, sino preparada inmediatamente para su próximo envío.

- ✓ Comodidad al movilizar lo almacenado y aprovechamiento del área de trabajo.
- ✓ Reducción de daños por manejo indebido de la mercadería.
- ✓ Agilidad y fijación al almacenar con relación a otros productos.
- ✓ Mejora la presentación de la mercadería.
- ✓ Mejora la confianza de los trabajadores al involucrarse con la manipulación de mercadería.[8]

### 1.2.7. Paletizado Automático



**Ilustración II-1:** Sistema de paletizado automático mediante robots

**Fuente:** <http://www.interempresas.net/FotosArtProductos/P108623.jpg>

Un sistema de paletizado automático permite que la tarea de paletizar se realice sin la necesidad que intervenga ninguna persona, ya que mediante un programa estos sistemas poseen la capacidad de preparar el pallet de manera proporcionada y tenerla lista para movilizarla hacia los estantes o a los lugares dispuestos para su despacho.

Estos sistemas facilitan el aprovechamiento máximo del espacio, se nivelan los pesos, hace que no se tenga problemas en el transporte y el almacenamiento, el tiempo de carga de un pallet se reduce muchísimo que haciéndolo manualmente y evita problemas que se podrían ocasionar con el tiempo.

Al incorporar esta tecnología se aumenta la productividad, por tal motivo las fábricas más importantes del mundo usan varios modelos de depósito automatizado.

### **1.3. AUTOMATIZACIÓN DE PROCESOS**

#### **1.3.1. Introducción**

En el siglo pasado, la automatización tenía como fin optimizar el tiempo de trabajo de los operarios ya que disminuía las labores que acarreaban gran riesgo, dañinas para la salud y pesadas, el valor de fabricación disminuía, y las mercaderías mejoraban su calidad. Sin embargo con la aparición de la microelectrónica y los ordenadores estos objetivos se han visto en la necesidad de ser ampliamente incrementados.

Con la automatización de los procesos, logra darse una mayor eficiencia en el sector de maquinaria, la producción de piezas defectuosas se reducen en la empresas de producción, por ende se logra obtener una mayor calidad en los productos. Con las inversiones tecnológicas en la empresa se ayuda a que aumente toda su competitividad en un porcentaje considerable con respecto a la competencia, y al no realizar cambios la empresa puede sufrir el riesgo de quedarse rezagado.

En la actualidad, la automatización va más allá que la simple mecanización de los procesos ya que ésta provee a operadores humanos mecanismos para asistirlos en los esfuerzos físicos del trabajo, la automatización reduce ampliamente la necesidad sensorial y mental del humano, es muy grande que en un simple sistema automático, conlleva al uso de sensores y actuadores en el campo industrial, la programación es tan importante ya que nos permite controlar, supervisar, recolectar y transmitir los diferentes datos tomados en tiempo real. [4]

### 1.3.2. Clases de procesos

La automatización de procesos está encaminada esencialmente hacia el sector productivo, ya que con relación a su trabajo se puede diferenciar de manera global, entre cuatro clases de procesos:

- El proceso de transformación es la secuencia por etapas con el fin de producir un artículo, materiales o energía con forma y dimensiones definidas a partir de materias primas; donde se da lugar a transformaciones físicas o químicas.
- En el proceso de fabricación se realiza un conjunto de operaciones unitarias para cambiar las características o forma de la materia prima, mediante la elaboración mecánica.
- En el proceso de distribución del material, se distribuyen con respecto al espacio o al tiempo. Actualmente hay técnicas de acaparamiento de mercadería que apilan, archivan y despachan el mismo de una manera netamente automatizada.
- El proceso de medición y de verificación es muy típico de los bancos de pruebas donde se estudian las propiedades mecánicas, físicas y químicas de las sustancias o materiales.

### 1.3.3. Tipos de procesos industriales

En función de la evolución del tiempo se clasifican en:

- ✓ Continuos.
- ✓ Discontinuos o por lotes.
- ✓ Discretos.

### **Procesos continuos**

Su principal característica es que la materia prima ingresa constantemente para ser procesada de manera continua, los ejemplos clásicos de este tipo de sistemas son las industrias químicas, petroleras y energéticas.

### **Procesos discretos**

El producto terminado se consigue mediante una serie de operaciones, donde se produce un producto a la vez o en grandes cantidades en una línea de producción masiva. Como ejemplos podemos citar la fabricación de automóviles, refrigeradoras etc.

### **Procesos Batch<sup>7</sup> o por lotes**

Son procesos donde la salida se lleva a cabo en forma de cantidades o lotes de material, como por ejemplo la fabricación de productos farmacéuticos.

#### **1.3.4. Definición de automatización**

Basándonos en la definición de La Real Academia de Ciencias Exactas Físicas y Naturales la Automática es la búsqueda de técnicas y medios con el propósito de reemplazar a las personas por maquinas al momento de ejecutar trabajos tanto físicos como intelectuales previamente programados. [4]

Gracias a esta definición podemos decir que la automatización en el campo industrial, es la técnica y medio por el cual podemos programar todo tipo de maquinaria para que realice un proceso industrial.

---

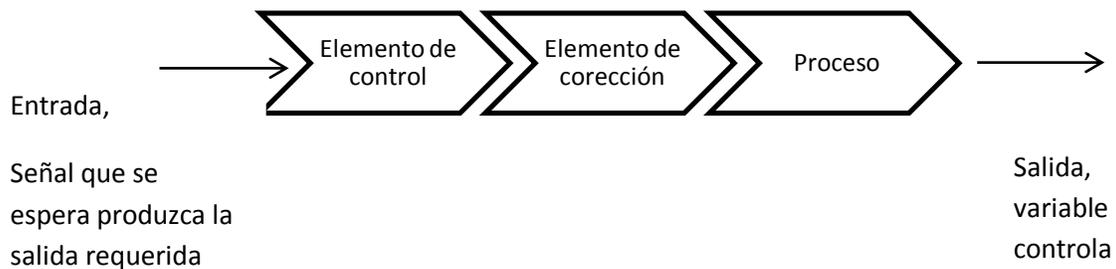
<sup>7</sup> Batch: Procesamiento por lotes.

También se puede decir que en base a la definición anterior la automatización se encarga de habilitar las máquinas, para realizar una secuencia predeterminada de operaciones con poca o ninguna intervención humana, utilizando para ello dispositivos y equipos especializados que realizan y controlan los procesos de producción.

### 1.3.5. Tipos de sistemas de control

Hay dos maneras primordiales para ejecutar el control de un proceso

#### Control en lazo abierto (bucle abierto)



**Ilustración II-2:** Control en lazo abierto

**Fuente:** Los autores

Un sistema de control en lazo abierto utiliza un dispositivo de actuación para controlar el proceso directamente sin emplear realimentación. [1]

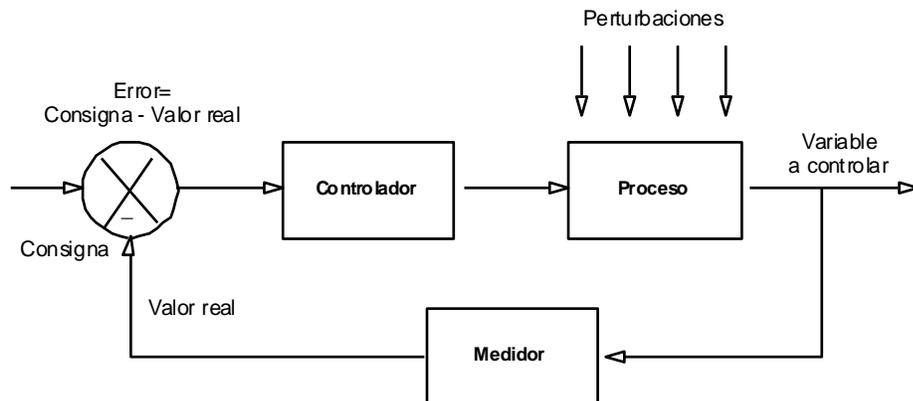
En base a la figura II-2, la salida o variable controlada se desplaza en un solo sentido, partiendo por el control para pasar al sistema de corrección y de ahí al proceso, por tal motivo se llama control en lazo abierto.

El elemento de control establecerá la operación a realizar dependiendo de la entrada, mientras que el elemento de corrección como su nombre lo indica realizara una corrección al valor que viene del elemento de control el cual se logra comenzando con una operación para

cambiar la variable controlada por un valor requerido y por último el proceso que es el sistema donde vamos a controlar la variable.

Los sistemas de control en bucle abierto no reciben la confirmación de que las acciones se hayan ejecutado correctamente, ya que no existe realimentación de la variable controlada.

### Control en lazo cerrado (bucle cerrado)



**Ilustración II-3:** Control en lazo cerrado

**Fuente:** Los autores

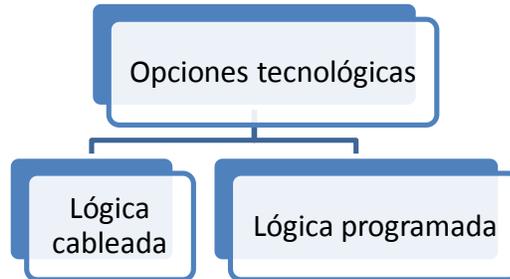
Un sistema de control en lazo cerrado usa una medida de la salida y la realimentación de esta señal para compararla con la salida deseada (referencia u orden). [1]

Se puede reconocer el control en bucle cerrado ya que tiene una realimentación que va desde el proceso hacia el sistema de control, el cual facilita a este último saber si las operaciones asignadas a los actuadores fueron ejecutadas a cabalidad sobre el proceso.

Gran parte de los métodos que poseen las industrias manejan el control en lazo cerrado, por la razón que la mercadería que se quiere conseguir o la variable controlada requiere de un control que trabaje de manera continua de acuerdo a unos parámetros de entrada, o porque el proceso que se va a controlar se conforma de un conjunto de operaciones fundamentales.

### 1.3.6. Opciones tecnológicas para la automatización

La clasificación mostrada a continuación se fundamenta partiendo de dos conceptos principales: la lógica cableada y la lógica programada.



**Ilustración II-4:** Opciones tecnológicas de automatización

**Fuente:** Los autores

### Lógica cableada



**Ilustración II-5:** Automatización mediante lógica cableada en el caso de la tecnología eléctrica

**Fuente:** Los autores

Se denominan de esta manera debido al tipo de elementos que se utilizan para poder ser implementados, donde las conexiones y empalmes se hacen con la ayuda de conductores eléctricos, además se usa dispositivos electromagnéticos, contactores, etc., cabe recalcar que es en cuestión eléctrica.

En la tecnología fluidita y la neumática por ser muy similares, sus conexiones vienen siendo efectuadas por tuberías, PVC, etc., que junto a elementos tales como válvulas, presostatos, manorreductores y otros elementos de mando forman el circuito de control.

La automatización mediante la lógica cableada ha sido y es aún muy utilizada en plantas industriales, pero va disminuyendo su uso ya que no puede funcionar a un rango alto de potencia, por el motivo que comparándola con la lógica programada muestra algunos problemas como por ejemplo:

- ✓ Imposibilidad de realizar funciones complejas de control.
- ✓ Son de gran volumen y peso.
- ✓ Escasa flexibilidad.
- ✓ Reparaciones muy costosas.

### Lógica programada



**Ilustración II-6:** Lógica programada

**Fuente:** <http://www.slicetex.com/hw/stx8060/images/STX8060-001-mini-PLC.png>

Esta tecnología se desarrolló con la aparición del microprocesador y de los sistemas programables como el computador y PLC.

La lógica programada ha ido tomando cada vez un mayor impacto en el sector industrial, de modo que los sistemas de control cada vez evolucionan a grandes rasgos buscando obtener el control óptimo de toda clase de procesos, siendo uno de los principales objetivos mejorar la eficiencia y flexibilidad de las operaciones de manufactura.

Es de esta manera que la lógica programada permite que las grandes industrias aumenten la calidad de los productos, se reduzca el costo de producción y de mano de obra.

Debido a las muy variadas necesidades que suele presentar la industria a nivel de automatización, tanto la lógica cableada y la lógica programada pueden implementarse independientemente, pero en muchos casos es necesario realizar un sistema compuesto para poder dar solución a los problemas que se ocasionan en la industria o en sistemas automáticos.

Las principales ventajas que presenta en comparación a la lógica cableada son:

- ✓ Podemos resolver trabajos complicados donde se requiera comunicación satelital y gestión.
- ✓ Es muy flexible a los requerimientos.
- ✓ Existe una probabilidad de cálculos científicos.
- ✓ Son menos rústicos.
- ✓ Disminuye el tiempo de respuesta.

### **1.3.7. Desarrollo de la automatización de procesos**

En la siguiente tabla se realiza una breve descripción del desarrollo de la automatización de procesos de manufactura a través de la historia.

**Tabla II-II:** Desarrollo de la automatización de procesos a través de la historia

<b>Fecha</b>	<b>Desarrollo</b>
<b>1500-1600</b>	Potencia hidráulica para el trabajo mecánico; molinos de laminación para cintas de acuñación.
<b>1600-1700</b>	Torno manual para madera; calculadora mecánica.
<b>1700-1800</b>	Torno de mandrinado, torneado y corte de tornillos; taladradoras de columna.
<b>1800-1900</b>	Torno de copiado, torno de torreta, fresadora universal; calculadoras mecánicas avanzadas.
<b>1808</b>	Tarjetas de lámina metálica con orificios troquelados para control automático de patrones de tejidos en telares.
<b>1863</b>	Piano automático (Pianola).
<b>1900-1920</b>	Torno engranado; máquina automática de tornillos; máquina automática de fabricación de botellas.
<b>1920</b>	Primer uso de la palabra robot.
<b>1920-1940</b>	Máquinas de transferencia; producción en masa.
<b>1940</b>	Primera máquina de cálculo electrónico.
<b>1943</b>	Primera computadora electrónica digital.
<b>1945</b>	Primer uso de la palabra automatización.
<b>1947</b>	Invención del transistor.
<b>1952</b>	Primer prototipo de máquina herramienta de control numérico.
<b>1954</b>	Desarrollo del lenguaje simbólico APT (Herramienta Programada Automáticamente); control adaptable.
<b>1957</b>	Máquinas herramienta NC comercialmente disponibles.
<b>1959</b>	Circuitos integrados; primer uso del término tecnología de grupos.
<b>Década 1960</b>	Robots industriales.
<b>1965</b>	Circuitos integrados a gran escala.
<b>1968</b>	Controladores lógicos programables.
<b>1970</b>	Primer sistema integrado de manufactura; soldadura por punto con robots para carrocerías automotrices.
<b>Década 1970</b>	Microprocesadores; robot controlado por minicomputadora; sistemas flexibles de manufactura; tecnología de grupos.
<b>Década 1980</b>	Inteligencia artificial; robots inteligentes; sensores inteligentes; celdas de manufactura sin atención de personal.
<b>1990-2000</b>	Sistemas integrados de manufactura; máquinas inteligentes y basadas en sensores; telecomunicaciones y redes globales de manufactura; dispositivos de lógica difusa; redes neuronales artificiales; herramientas de internet.

**Fuente:** (KALPAKJIAN, 2008)

### 1.3.8. Evolución de los sistemas de control

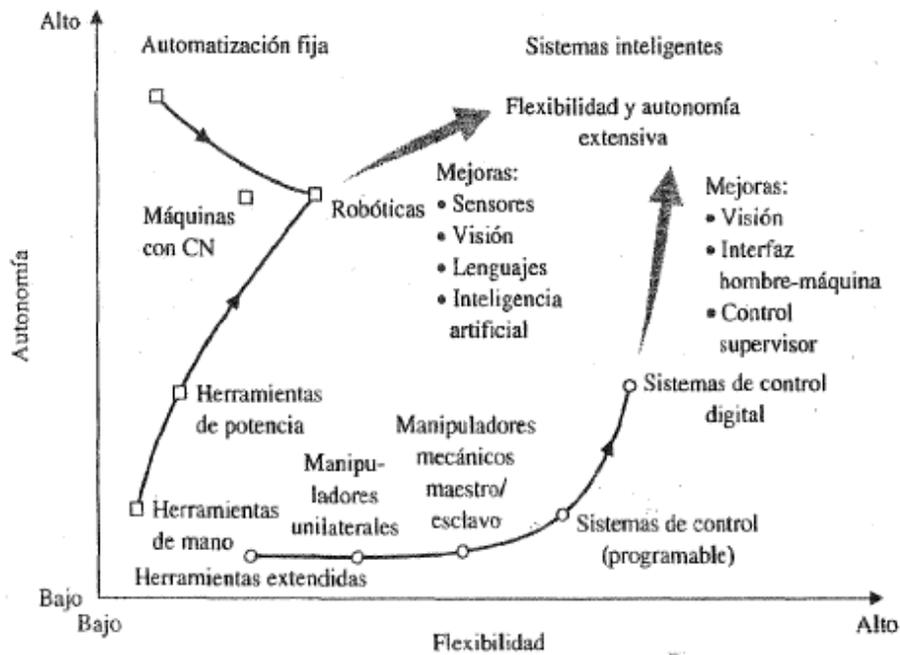


Ilustración II-7: Evolución futura de los sistemas de control

Fuente: (Dorf & Bishop, 2005)

Como se puede apreciar en la figura “el objetivo continuado de los sistemas de control es proporcionar una gran flexibilidad y un elevado nivel de autonomía”. [1]

Al analizar la figura se puede notar que son dos los caminos de la evolución que se aproximan para obtener sistemas inteligentes con una alta flexibilidad y autonomía extensiva; donde el primero se centra en el estudio de la robótica y el segundo al estudio de los sistemas de control.

En el ámbito de la robótica los robots industriales son bastante autónomos una vez programados y que normalmente no requieren que se les vuelva a intervenir, pero debido a sus limitados sistemas sensoriales, su flexibilidad se limita para poder adaptarse a los cambios que se realizan en el entorno de trabajo, centrándose en esta área de investigación la inteligencia artificial, integración sensorial, visión por computador y programación.

En el campo de los sistemas de control, estos avanzan con la finalidad de reducir la carga y mejorar la eficiencia de los operarios, para lo cual se llevan a cabo investigaciones en control supervisor, interfaces hombre máquina (HMI), y gestión de bases de datos.

La mayoría de las áreas de investigación de la robótica y sistemas de control son comunes y están orientadas a reducir los costes de implementación y a ampliar el dominio de aplicación.

La innovación más importante en la automatización se inició con el control numérico (NC) de las máquinas herramienta. A partir de este desarrollo histórico, ha habido un rápido avance en la automatización de la mayoría de los aspectos de manufactura.

Estos desarrollos comprenden la introducción de computadoras en la automatización, control numérico computarizado (CNC), control adaptable (AC), robots industriales, diseño, ingeniería y manufactura asistidos por computadora (CAD/CAE/CAM) y sistemas de manufactura integrados por computadora (CIM). [2]

En base al párrafo anterior la automatización pretende implantar sistemas CIM<sup>8</sup> en las plantas de producción y cumplir ciertos objetivos:

- ✓ Abaratar los valores de materia prima.
- ✓ Revisar la existencia de material en tiempo real.
- ✓ Reducir los costos directos.
- ✓ Optimizar la producción.
- ✓ Corregir y perfeccionar la calidad del producto.

---

<sup>8</sup> CIM: Manufactura Integrada por Computador.

- ✓ Disminución de los periodos de elaboración y acabado para obtener mayor aprovechamiento de las maquinarias.
- ✓ Mayor movimiento de mercadería para minorar los niveles del mismo.

Los sistemas CIM se han transformado en los medios más trascendentales para mejorar la productividad, responder a las demandas cambiantes del mercado y controlar mejor las funciones de manufactura y administración. Hoy en día gracias a las herramientas tecnológicas, el diseño del producto, análisis y simulación son muy detallados y completos.

### **Sistemas de manufactura flexible (FMS<sup>9</sup>)**



**Ilustración II-8:** Sistema de manufactura flexible

**Fuente:** <http://www.festo-didactic.com/ov3/media/customers/1100/0193182001301485409.jpg>

Es un conjunto de estaciones o celdas de trabajo que se encuentran interconectadas mediante un sistema de transporte, cuenta también con un sistema de almacenamiento de materiales automatizado, todos ellos conectados a un ordenador central.

---

<sup>9</sup> FMS: Sistemas de Manufactura Flexible.

Las aplicaciones más comunes de los sistemas de manufactura flexible son las operaciones de maquinado y ensamble, en el caso particular del ensamblado se trata de cubrir la producción de pocas piezas diferentes y la producción masiva de piezas iguales.

Al disponer de un sistema de manufactura flexible se obtienen grandes ventajas como:

- ✓ Optimiza la fabricación por lotes
- ✓ Mejora la gestión de producción.
- ✓ Se reduce el material en curso ya que solo se fabrica lo necesario.
- ✓ Optimiza el empleo de sistemas de amarre de piezas, herramientas y puestas a punto.

Las principales desventajas que presentan son:

- ✓ Alto coste de adquisición de equipos.
- ✓ Reestructuración completa de la producción por piezas.

Los sistemas de manufactura flexible implican un cambio en la filosofía de producción ya que es inevitable realizar una serie de tareas de preparación previas la implantación de un FMS.

Los FMS ayudan a implementar la filosofía del justo a tiempo JIT “JUST IN TIME” que tuvo sus orígenes en los Estados Unidos hacia algunas décadas, pero se implanto por primera vez en Japón, con el fin de mitigar los desperdicios de materiales, capital, mano de obra e inventarios. Para reducir los desperdicios o recursos, se fabrica solo lo estrictamente necesario, y solamente en cantidades imprescindibles. El objetivo es reducir los stocks al mínimo posible. Con la implantación de JIT implica también aplicar los principios de Kanban

que significa (registro visible), que consiste en dos tipos de tarjetas o etiquetas; la primera conocida como tarjeta de producción que autoriza la manufactura de los productos y la segunda llamada tarjeta de transporte, que permite la transferencia de los productos terminados. Su propósito es simplificar la comunicación, agilizándola y evitando errores producidos por falta de información.

### 1.3.9. **Sistemas de producción modular (MPS<sup>10</sup>)**

#### **Antecedentes**

Desde 1991, las estaciones del sistema de producción modular MPS se utilizaron con fines de aprendizaje en el área de la Mecatrónica.

Los sistemas de producción modular han sido exhibidos en competencias nacionales e internacionales como estaciones de control, que brindan exactamente, lo que caracteriza a la producción de elementos automatizados en todo el mundo, gracias a la integración de áreas de estudio basados en la mecánica, electrotécnica y tecnología de la información para la construcción de la misma.

#### **Definición MPS**

El sistema de producción modular es un sistema técnico especializado para manufacturar un producto, donde el equipo y las estaciones de trabajo son combinados para facilitar la producción de pequeños lotes y mantener flujos de producción continuos.

---

<sup>10</sup> MPS: Sistema de Producción Modular.

### **Finalidad de un sistema de producción modular**

El concepto de MPS nace como respuesta a la prioridad competitiva de flexibilidad y resulta de adoptar técnicas actuales de la filosofía del JIT, cuyo objetivo primordial es la supresión de los desperdicios o recursos que no intercedan vivamente en un proceso y aumente valor al producto final.

Son objetivos complementarios de la manufactura modular:

- ✓ Reducción del costo de producción.
- ✓ Brindar una respuesta inmediata a las exigencias del mercado.
- ✓ Incrementar la calidad del producto.
- ✓ Reducir el porcentaje de rechazos.
- ✓ Aprovechar de mejor manera la superficie de la planta.
- ✓ Aumento del nivel de eficiencia de planta.
- ✓ Acatamiento con los plazos de entrega.
- ✓ Desarrollar el potencial del personal.

### **Ventajas:**

- ✓ Operarios que puedan desarrollar más de un trabajo.
- ✓ Mayor responsabilidad de los operarios.
- ✓ Mejora las labores ya que se realizan de manea grupal.
- ✓ Camina hacia el perfeccionamiento en lo referente a la calidad.
- ✓ Disminución de los tediosos inventarios en el transcurso de su desarrollo.

### **Desventajas:**

- ✓ Inconvenientes de paralización al momento que el producto presenta baja calidad.

- ✓ Incorporación de nueva maquinaria adicional.
- ✓ Disminución del tiempo de respuesta de la parte mecánica.
- ✓ Reclamo de operarios que trabajan de manera lenta.
- ✓ Disminución del tiempo de respuesta en inconvenientes por balance. [11]

### **Aplicación de las estaciones del MPS**

Las células del sistema de producción modular se implementaron para seguirnos acoplando al trabajo con automatismos, ya que nos proporcionan un mejor desenvolvimiento al momento de aplicar nuestra formación como estudiantes al campo industrial, para tal propósito se utilizaron dispositivos de tipo industrial.

De esta manera se desarrollan procesos diferentes en cada estación tales como:

- ✓ Planificación.
- ✓ Montaje.
- ✓ Programación.
- ✓ Funcionamiento.
- ✓ Mantenimiento.
- ✓ Localización de averías.
- ✓ Almacenamiento.
- ✓ Monitoreo.

El MPS programa los retos primordiales y nos brinda un ambiente de estudio conforme a los múltiples requerimientos que se nos presenten:

- ✓ Conocimientos de control actuales.
- ✓ Múltiples tecnologías de puesta en marcha.

- ✓ Módulos que a la vez trabajan de manera separada como combinada.
- ✓ Variabilidad modular.
- ✓ Tanto la información como los materiales tienen un flujo correcto.
- ✓ Las funciones trabajan de una manera rigurosa. [11]

Con las características mencionadas anteriormente es posible decir que cada una de las estaciones del MPS logra un acercamiento a la realidad industrial con componentes armonizados.

Los estudiantes en la práctica utilizan módulos y componentes para crear sistemas de transporte, sistemas de clasificación y líneas de producción, todas las estaciones son compatibles entre sí y bastaría dos estaciones para representar un proceso sencillo y realista de la técnica de automatización.

#### **1.4. SISTEMAS QUE CONFORMAN LA ESTACIÓN DE PALETIZADO**

##### **1.4.1. INTRODUCCIÓN**

En este subcapítulo se recopila toda la información referente a cada uno de los sistemas que conforman la estación de paletizado, se hace énfasis en los elementos y conceptos básicos, que servirán para una mejor comprensión del proyecto.

Los temas a tratar son:

- ✓ Sistema mecánico.
- ✓ Sistema neumático.
- ✓ Sistema sensorico.

#### 1.4.2. SISTEMA MECÁNICO

Para desarrollar un sistema mecánico el primer paso es el diseño, hoy en día los diseños son asistidos por programas informáticos conocidos con el nombre de sistemas CAD<sup>11</sup>, que realizan el análisis por medio de un modelado matemático o de simulaciones en el computador.

Luego del diseño y análisis del sistema se determinan los materiales adecuados para su manufactura y los mecanismos adecuados para dar la forma del diseño, ya sea por medio de técnicas manuales, máquinas herramientas convencionales y procesos CAM<sup>12</sup>.

##### **Sistemas CAD (Diseño Asistido por Computador)**

El diseño asistido por computador se lo realiza para cualquier sistema, no solo para sistemas mecánicos, sino también para sistemas eléctricos, electrónicos, diseño de mobiliario, diseño gráfico, y otros. Sin embargo en el presente subcapítulo se centra en sistemas mecánicos, se describe el software SOLIDWORK y las herramientas que nos proporcionan.

Los programas informáticos CAD permiten desarrollar bocetos de los sistemas ya sea en 2D o 3D, los mismos que se basan en el dibujo de figuras geométricas como puntos, líneas, circunferencias, arcos, etc., para generar superficies y sólidos. Estas herramientas incluyen asistentes para la elaboración de agujeros, roscas, rodamientos cumpliendo con normas y estándares de dibujo, lo que facilita el diseño de piezas mecánicas.

Los sistemas CAD permiten realizar ensambles, presentación foto realista, planos 2D o 3D, simulación de movimientos y si fuera el caso permite la traslación a un código compatible con los sistemas de manufactura.

---

<sup>11</sup> CAD: Diseño Asistido por Computador

<sup>12</sup> CAM: Manufactura Asistida por Computador.

## SOLIDWORK 2014



**Ilustración II-9:** Solidworks Premium 2014

**Fuente:** Los autores

Es un programa para modelado de sistemas mecánicos y fue desarrollado por SolidWorks Corporation que lo lanzó desde 1995 para competir con los programas CAD de Autodesk, Pro- Enginner, I-Deas, Unigraphics, CATIA entre otros.

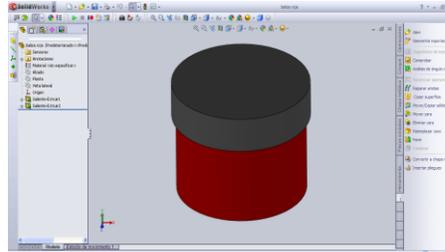
SolidWorks es un software de diseño tridimensional completa que aprovecha la facilidad de aprendizaje de la interfaz gráfica de usuario de Windows, integra un gran número de funciones avanzadas para facilitar el modelado piezas, crear ensamblajes, generar planos y otras funcionalidades que le permiten validar, gestionar y comunicar proyectos de forma rápida, precisa y fiable.

### **Etapas de diseño en solidworks**

Este software se compone de tres etapas para el diseño de sistemas físicos, la primera se encarga de generar piezas mediante la creación de planos en dos o tres dimensiones, la segundo cumple la tarea de ensamblar las piezas o ensamblajes que previamente fueron diseñados y el tercero permite crear planos en diferentes vistas de forma automática y en muy poco tiempo.

Seguidamente se detalla cada una de las etapas.

## Pieza



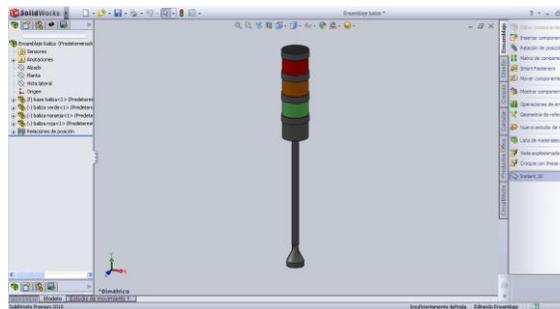
**Ilustración II-10:** Etapa de creación de pieza

**Fuente:** Los autores

Es un entorno de trabajo dónde se puede diseñar modelos fácilmente mediante el empleo de herramientas de diseño y el uso de funciones clásicas como arrastrar, cortar y pegar que ofrece el entorno de Microsoft. En esta etapa se crean modelos en tres dimensiones partiendo de geometrías de croquis gestionadas por el FeatureManager.

Al crear una pieza esta se encuentra totalmente integrada con el ensamblaje o plano donde se haga uso, de forma que al realizar cualquier cambio en su modelo la misma se actualiza en el resto de ficheros de forma bidireccional.

## Ensamblaje



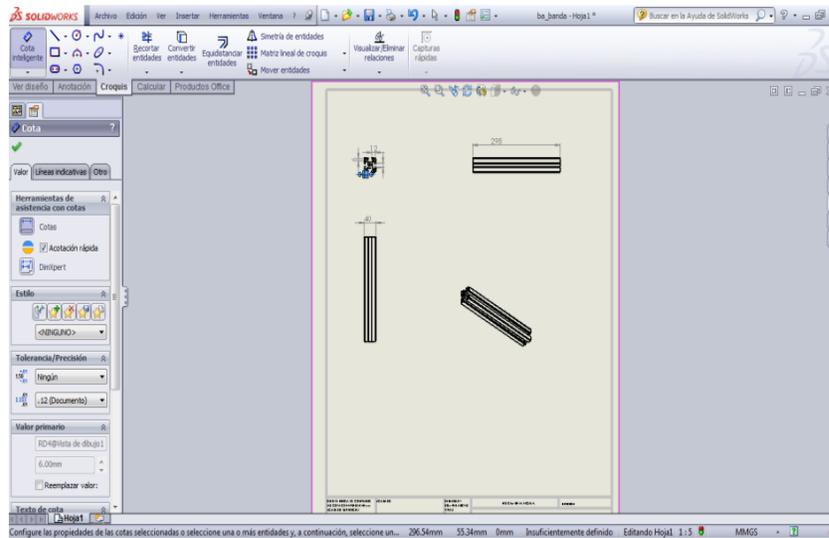
**Ilustración II-11:** Etapa de ensamblaje

**Fuente:** Los autores

Es un entorno que cuenta con funciones para crear ensamblajes mediante la inclusión de modelos tridimensionales (3D<sup>13</sup>) realizados en la etapa de pieza y el establecimiento de relaciones geométricas.

Cuenta con librerías que permiten realizar análisis complejos de las propiedades físicas, interferencias que se pueden producir al no realizar un correcto ensamblaje y simular movimientos lineales o rotativos.

## Dibujo



**Ilustración II-12:** Módulo de plano o dibujo

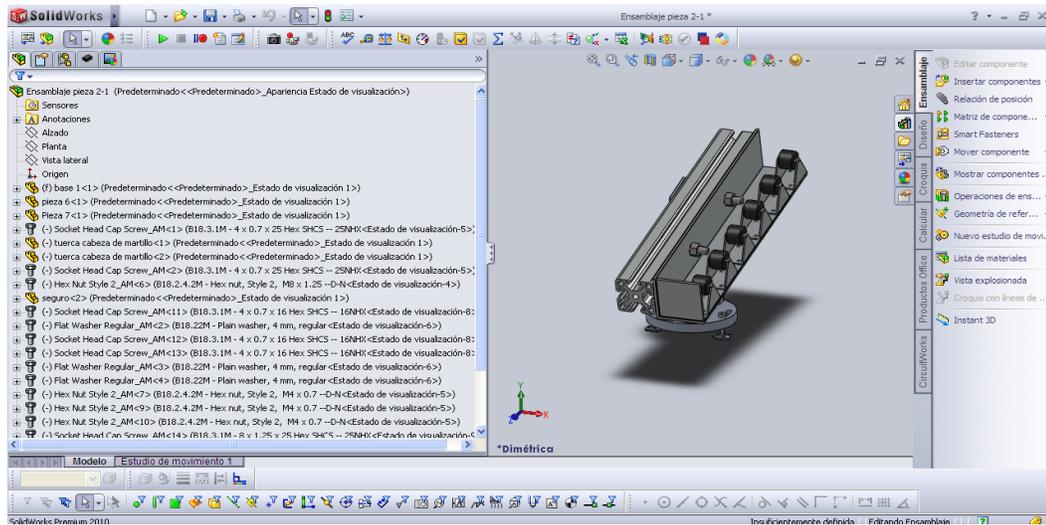
**Fuente:** Los autores

Este entorno nos permite obtener vistas estándar, secciones, perspectivas, acotación, lista de materiales, vistas explosionadas, entre otras muchas funciones. Los documentos de dibujo están totalmente asociados a las piezas y ensamblajes de forma que cualquier cambio en ellas se actualizan en tiempo real en sus planos, sin tener que modificarlos de forma manual.

---

<sup>13</sup> 3D: tres dimensiones.

## Gestor de diseño FeatureManager



**Ilustración II-13:** Gestor de diseño FeatureManager

**Fuente:** Los autores

El gestor de diseño FeatureManager se encuentra situado a la izquierda de la ventana de SolidWorks, proporciona un esquema de la pieza, el ensamblaje o el dibujo activo. Esto le hace más fácil visualizar la construcción del modelo o ensamblaje o examinar las varias hojas y vistas en un dibujo.

El gestor de diseño del FeatureManager y la zona de gráficos están enlazados de forma dinámica. Puede seleccionar operaciones, croquis, vistas de dibujos y geometrías constructivas en cualquiera de los dos paneles.

La vista de árbol desplegado ofrece todas las funciones habituales del gestor de diseño del FeatureManager, a excepción de las carpetas creadas por el usuario. Puede reordenar las operaciones en la vista de árbol desplegado cambiando la intención del diseño.

### 1.4.3. SISTEMA NEUMÁTICO

Al hablar de sistemas neumáticos tenemos que poner gran énfasis al fluido que permite que estos sistemas se pongan en movimiento, el cual es el aire comprimido que es abastecido por un compresor el cual absorbe aire a presión atmosférica y lo comprime para obtener una presión más alta, que luego es transmitida mediante tuberías para producir un trabajo útil en los mecanismos actuadores.

La neumática ha jugado un importante papel como tecnología, en el mejoramiento del trabajo mecánico. Es también utilizada en el desarrollo de soluciones para la industria, ya que su principal ventaja es su gratuidad.

#### **Ventajas y desventajas que presentan la neumática**

La neumática nos brinda significativas ventajas con relación a otros procesos, las cuales son:

- ✓ No tiene elementos que generen descargas, inflamaciones ni peligros de cortocircuito.
- ✓ El aire que es su principal fuente de energía es libre e ilimitado.
- ✓ Podemos crear nuevos sistemas neumáticos de una manera sencilla.
- ✓ Utiliza una fuente de energía inagotable y gratuita: el aire.
- ✓ Es muy limpio, apropiado para fábricas químicas, textiles y alimenticias.
- ✓ Podemos resolver problemas complejos con actuadores que generan movimientos ágiles y exactos.

También existen desventajas las cuales son:

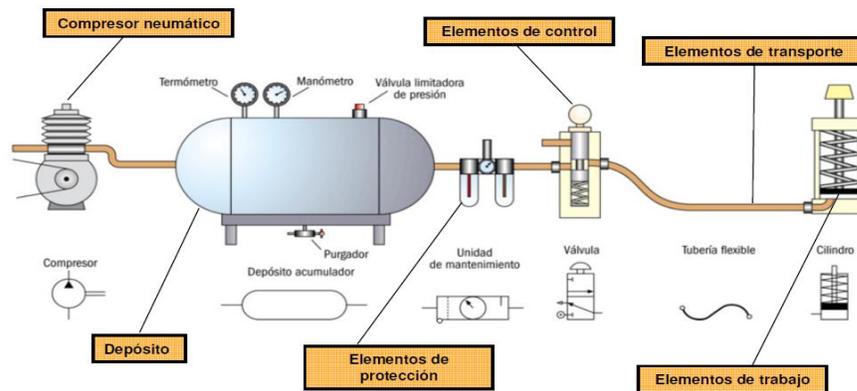
- ✓ Genera mucho ruido, al momento que el aire comprimido es expulsado.
- ✓ Es más cara en comparación a la eléctrica.

## Aplicaciones industriales de la neumática

En la actualidad la neumática es considerablemente usada en muchos campos y plantas industriales ya sea en: elevadoras, taladros, pistolas, sopladoras, limpieza, abrir y cerrar puertas, etc.

### El circuito neumático

El gráfico que se presenta a continuación nos permite observar de forma detallada todos los componentes principales que forman el circuito neumático.



**Ilustración II-14:** Circuito Neumático

**Fuente:** [http://www.areatecnologia.com/NEUMATICA\\_archivos/circuito-neumatico.PNG](http://www.areatecnologia.com/NEUMATICA_archivos/circuito-neumatico.PNG)

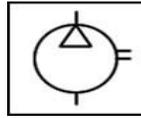
Se puede observar en el gráfico que existen 3 etapas por las que circula el aire en un circuito neumático.

### Producción, acondicionamiento y distribución del aire comprimido

En esta etapa el aire atmosférico es absorbido hacia el compresor para aumentar su presión y transformarlo en aire comprimido para después guardarlo en el depósito, puede ser

controlado gracias a su unidad de mantenimiento, para por ultimo ser expulsado por tuberías de distribución.

### Compresor neumático



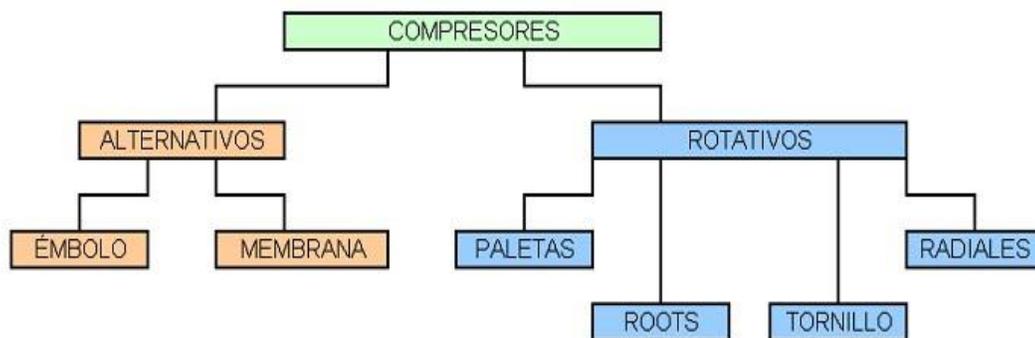
**Ilustración II-15:** Símbolo de compresor neumático

**Fuente:** [http://www.portaleso.com/usuarios/Toni/web\\_neumatica/imagenes/image057.png](http://www.portaleso.com/usuarios/Toni/web_neumatica/imagenes/image057.png)

El compresor neumático es aquel que nos permite comprimir el aire de la atmosfera hasta que logra conseguir la presión de trabajo de nuestra instalación.

Los compresores pueden distinguirse unos de otros por 2 características primordiales la presión máxima y el caudal que pueda abastecer. Las redes de aire comprimido suelen trabajar entre los 3 y los 10 bares.

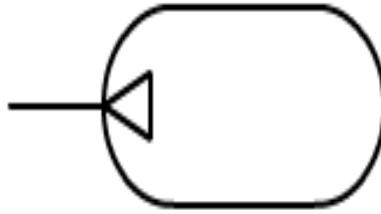
Para poder clasificar los compresores nos tenemos que basar en el tipo de movimiento que realiza el motor, estos son alternativos y rotativos.



**Ilustración II-16:** Tipos de compresores neumáticos

**Fuente:** [http://4.bp.blogspot.com/\\_qjfmGawmmQ/THv\\_Xj1oMII/AAAAAAAAABM/AtZuvp88i00/s400/Compresores.bmp](http://4.bp.blogspot.com/_qjfmGawmmQ/THv_Xj1oMII/AAAAAAAAABM/AtZuvp88i00/s400/Compresores.bmp)

## Depósito o acumulador



**Ilustración II-17:** Símbolo de acumulador neumático

**Fuente:** [http://www.portaleso.com/usuarios/Toni/web\\_neumatica/imagenes/image061.png](http://www.portaleso.com/usuarios/Toni/web_neumatica/imagenes/image061.png)

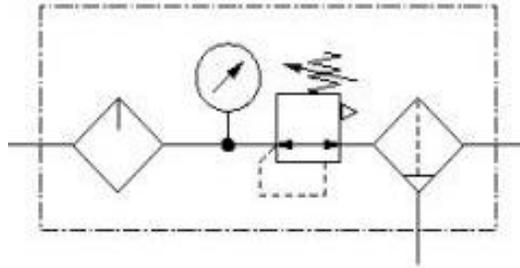
El depósito es un recipiente en el cual se acumula el aire comprimido para después ser usado, es el que nos permite que el compresor no tenga que estar trabajando todo el tiempo, y nos permite economizar energía eléctrica ya que solo se va a encender solo si la presión en el depósito es menor a la del control.

**Presostato:** es un sensor que nos muestra la presión que existe en el depósito, si la presión es baja manda un pulso al compresor para que se encienda y de igual manera al momento que está a su máxima presión para que este se apague.

**Válvula de seguridad:** Como su nombre lo indica es una válvula que ayuda a proteger la integridad del equipo y se acciona cuando el compresor falle, ya que se seguiría suministrando aire comprimido al depósito de manera continua, lo que provocaría un incremento de presión muy peligroso. Por tal motivo se añade esta válvula para que pueda dejar salir el aire comprimido.

**Regulador:** es una válvula que permite graduar la presión que va alimentar al circuito neumático, el mismo posee un manómetro para poder observar a que presión estamos enviando el aire comprimido hacia la red, y de esta manera evitar daños mayores causados por altas presiones.

## Unidad de mantenimiento



**Ilustración II-18:** Símbolo de la unidad de mantenimiento

**Fuente:** [http://www.portaleso.com/usuarios/Toni/web\\_neumatica/imagenes/image053.png](http://www.portaleso.com/usuarios/Toni/web_neumatica/imagenes/image053.png)

Los diferentes elementos que se encuentran acoplados a la red neumática deben recibir aire comprimido a una presión uniforme y libre de impurezas.

El aire comprimido es preparado en la unidad de mantenimiento para proteger las válvulas y los actuadores neumáticos.

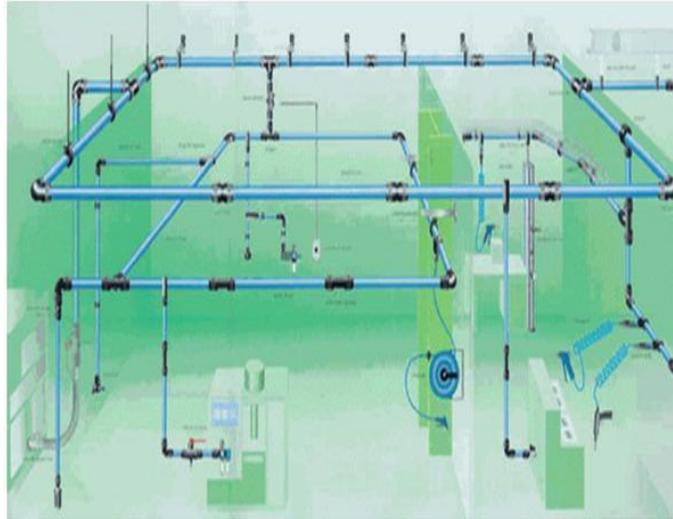
Para lograr dicha protección el aire pasa por 3 elementos importantes:

**a) Filtro:** El aire comprimido sale con agua y polvo desde el depósito por tal razón el filtro es el encargado de eliminarlas, tiene una válvula de purga en el asiento para evacuar los condensos.

**b) Regulador de presión (con manómetro):** permite que se regule la presión manteniéndola constante, para evitar variaciones bruscas de la misma los cuales son un peligro para la red neumática.

**c) Lubricador:** una vez filtrada y regulada la presión, el lubricador es aquel que a más de pasar el aire comprimido lo envía con un tipo de aceite que lubrica toda la red y los actuadores para que no sufran daños por corrosión y oxidación

## Red de distribución del aire



**Ilustración II-19** Red de distribución de aire comprimido

**Fuente:** <http://www.monografias.com/trabajos66/sistema-transporte-aire-comprimido/image030.jpg>

Es todo el sistema de canalización y distribución del aire comprimido, la tubería principalmente es de metal, solo en las divisiones terminales se usa tubería plástica de polietileno.

## Control del aire comprimido

Para controlar el flujo del aire comprimido usamos válvulas que cierran, abren o desvían el flujo según sea necesario y siguiendo las especificaciones del circuito neumático.

## Válvulas distribuidoras

Son aquellas válvulas que su principal trabajo es enviar apropiadamente el aire comprimido para que se produzca el avance o retroceso del vástago del cilindro. Por tal razón estas válvulas también pueden ser vistas como los mandos de una red neumática.

## Parámetros de una válvula

### a) Vías y posiciones:

Las válvulas son conocidas o llamadas dependiendo de la cifra tanto de entrada como de salida, y las posiciones.

Ejemplo: válvula 4/2, válvula con 4 vías y 2 posiciones.

### b) Enclavamiento de la válvula:

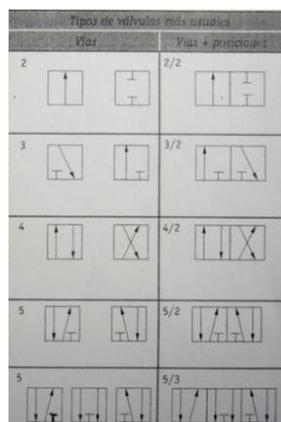
Nos proporciona el tipo de enclavamiento o accionamiento que sufrió la válvula, tenemos diferentes tipos de enclavamientos los cuales son por palanca, mecánicos, neumáticos y eléctricos.

### c) Regreso de la válvula:

Nos proporciona de qué manera la válvula retorna a su lugar después del trabajo. Dicho regreso se llama por muelle, eléctrico, neumático, etc.

## Simbología de válvulas distribuidoras

La simbología se enmarca de acuerdo a las vías y posiciones de la siguiente manera:



**Ilustración II-20:** Tipos de válvulas más usuales de acuerdo a vías y posiciones

**Fuente:** <http://mantovidal.files.wordpress.com/2012/05/foto-07-05-12-11-44-14.jpg>

De acuerdo a tipo de accionamiento de las válvulas, existe la siguiente simbología.

**Tabla II-III:** Principales tipos de accionamiento para válvulas neumáticas

Tabla con los principales Accionamientos.					
	Por mando manual		Por pulsador		Por final de carrera
	Por palanca		Por llave		Por rodillo escamoteable
	Por pedal		Por enclavamiento		Pilotaje por presión
	Por leva		Por resorte		Pilotaje eléctrico.

**Fuente:** <http://e-ducativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/1000/1108/html/Accionamientos.jpg>

## Electroválvula



**Ilustración II-21:** Electroválvula airtac

**Fuente:** [http://img.directindustry.es/images\\_di/photo-mg/electrovalvulas-mando-asistido-30479-2662231.jpg](http://img.directindustry.es/images_di/photo-mg/electrovalvulas-mando-asistido-30479-2662231.jpg)

Es una válvula que trabaja tanto de manera eléctrica como mecánica, nos permite controlar el paso de aire de una red neumática, la válvula es controlada de manera eléctrica por una bobina solenoide. [6]

En base al párrafo anterior una electroválvula cumple la misma función que una válvula distribuidora con la diferencia que el tipo de accionamiento es eléctrica. Se compone de dos partes fundamentales; un solenoide<sup>14</sup> y la válvula, donde el solenoide convierte la energía eléctrica en energía mecánica para que la válvula funcione.

<sup>14</sup> Solenoide: Dispositivo o alambre aislado enrollado en forma de bobina, que es capaz de crear un campo magnético uniforme.

## Principio de funcionamiento

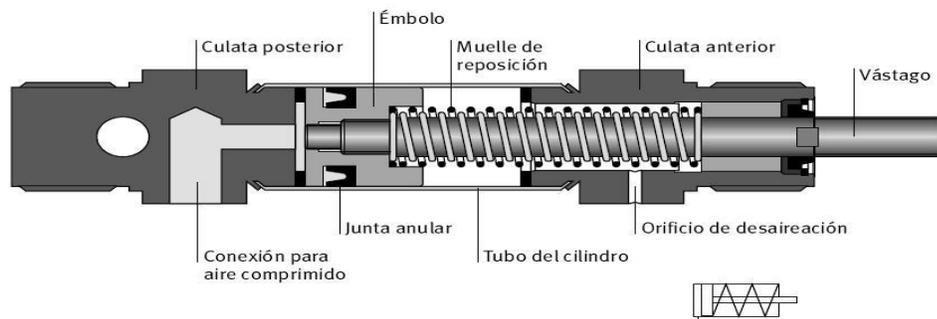
Cuando el solenoide se encuentra alimentado de corriente, la válvula se abre. Si el solenoide se encuentra inactivo o no está alimentada de corriente, la válvula queda cerrada. La apertura o cierre de una válvula se denomina estado cambiante.

## Cilindros neumáticos

Conocidos también como actuadores mecánicos, convierten la energía potencial del aire comprimido en energía cinética lineal.

Se componen de un tubo cilíndrico hueco, donde el aire a presión es introducido al interior del cilindro desplazando un embolo móvil que se encuentra conectado a un eje o vástago.

## Cilindros de simple efecto



**Ilustración II-22:** Cilindro de simple efecto

**Fuente:** [http://1.bp.blogspot.com/\\_qjfmGawmmQ/TIIdpT6Vh-I/AAAAAAAAACo/a-D\\_YHGxsxE/s400/SimpleEfecto.JPG](http://1.bp.blogspot.com/_qjfmGawmmQ/TIIdpT6Vh-I/AAAAAAAAACo/a-D_YHGxsxE/s400/SimpleEfecto.JPG)

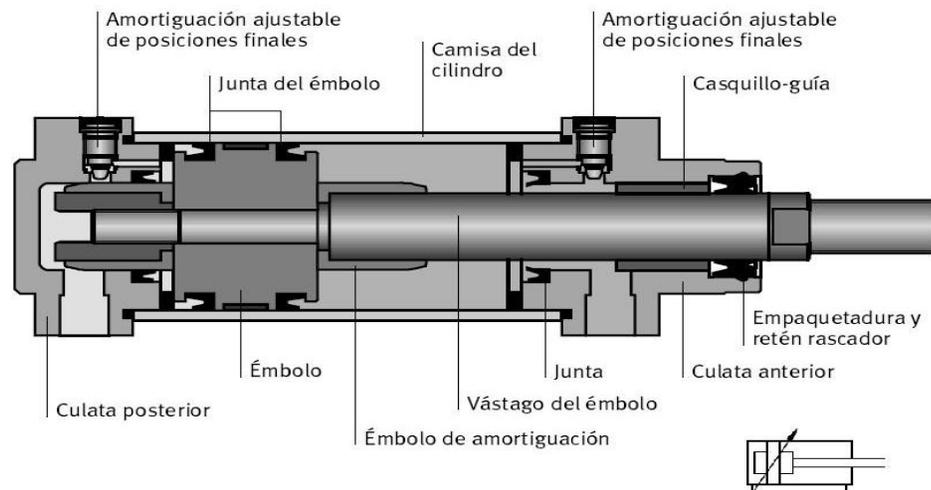
Son cilindros neumáticos que presentan una sola entrada de aire comprimido, por donde ingresa el aire a la cámara del cilindro empujando al embolo y haciendo que el vástago se desplace. Gracias al trabajo de un muelle de reposición, el embolo es retornado inmediatamente a la posición inicial.

Son utilizados cuando el trabajo debe realizarse en una sola dirección, la más utilizada es el retorno por muelle habiendo también otros tipos.

La principal ventaja que presenta frente al cilindro de doble efecto es que el consumo de aire es menor ya que el avance del embolo es en una sola dirección.

Dada su característica de construcción, la desventaja que presenta es que el trabajo que produce es en una sola dirección.

### Cilindros de doble efecto



**Ilustración II-23:** Cilindros de doble efecto

**Fuente:**[http://4.bp.blogspot.com/\\_qjfmGawmmQ/THd6LXJpvI/AAAAAAAAACs/MWTtpvsV7BU/s1600/DobleEfecto.JPG](http://4.bp.blogspot.com/_qjfmGawmmQ/THd6LXJpvI/AAAAAAAAACs/MWTtpvsV7BU/s1600/DobleEfecto.JPG)

Los cilindros de doble efecto disponen de dos entradas para el aire comprimido, permitiendo que el embolo pueda ser empujado en cualquiera de los dos sentidos.

La principal ventaja que presenta frente al cilindro de simple efecto es que el trabajo útil se puede realizar en ambos sentidos.

Como desventaja que presenta es que el consumo de aire aumenta, en comparación con el cilindro de simple efecto.

#### 1.4.4. SISTEMA SENSORICO

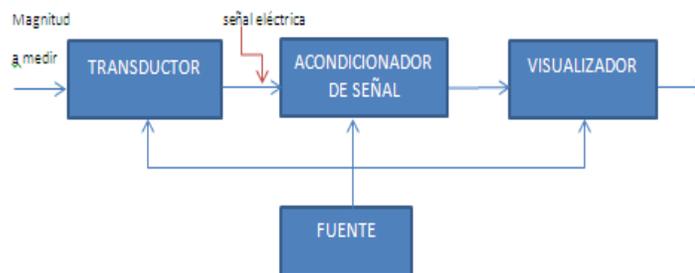
El sistema sensorico hace referencia a los diferentes tipos de sensores industriales que existen y convierten una magnitud física en una magnitud eléctrica.

##### **Sensores**

Son dispositivos que mapean magnitudes físicas o ambientales en valores cuantificables, normalmente en niveles de tensión eléctrica.

Los sensores más usados son eléctricos o electrónicos, habiendo también los mecánicos, térmicos, magnéticos, óptico y químicos, las magnitudes a medir normalmente son la temperatura, humedad, luz, presión, caudal, velocidad, conductividad, deformación, proximidad etc.

Un sistema de medida normalmente se compone de un transductor, fuente, acondicionador de señal y un visualizador si fuese necesario.



**Ilustración II-24:** Componentes de un sistema de medida

**Fuente:** Los autores

El transductor se encarga de convertir la magnitud a medir en una señal eléctrica utilizable.

El acondicionador de señal adecua la señal eléctrica a las exigencias de entrada del dispositivo visualizador.

La fuente suministra la energía eléctrica adecuada al acondicionador de señal, dispositivo de visualización y proporciona excitación a la mayoría de transductores excepto a los auto generadores o activos.

### **Características de operación de los transductores**

El funcionamiento y evaluación de los transductores se fundamenta en diferentes características de operación, los mismos que se pueden extender y convertirse en las características del sistema de medición. Las características más consideradas son:

- ✓ **Intervalo o campo de medida:** Es el rango en magnitud que puede tener la señal de entrada comprendida entre el máximo y el mínimo que puede detectar un transductor.
- ✓ **Resolución:** Mínima señal de cambio en la señal de entrada detectada por el transductor.
- ✓ **Sensibilidad:** Es la relación que existe entre la entrada y salida del transductor. Cuanto mayor, mejor.
- ✓ **Error:** Variación existente entre el valor real de la señal y el valor registrado por el transductor.
- ✓ **Exactitud:** Capacidad de reproducir la misma señal de salida a la misma señal real de entrada suponiendo un error constante del transductor.
- ✓ **Histéresis:** Es la exactitud en la señal de salida considerando si los cambios en la señal de entrada son por incrementos o por decrementos del valor.
- ✓ **Linealidad:** Es la exactitud que se obtiene en el intervalo de operación del transductor.

- ✓ **Estabilidad:** Es la garantía de exactitud durante el mayor periodo de tiempo del uso del transductor.
- ✓ **Acoplamiento:** Se refiere a la impedancia de salida del transductor que afecta el circuito en que se conecta (9).

### Descriptores dinámicos de un sensor

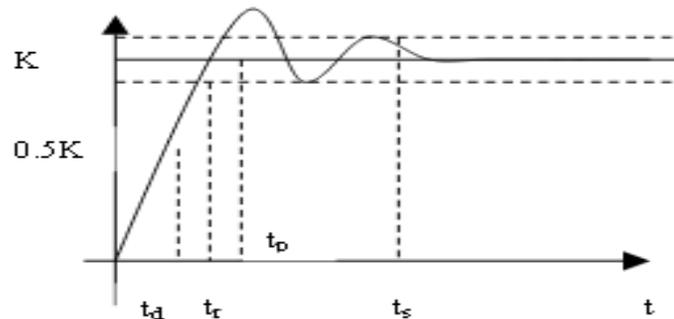


Ilustración II-25: Descriptores dinámicos de un sensor

Fuente: Los autores

- ✓ **Tiempo de retardo:**  $t_d$ , es el tiempo que tarda la salida del sensor en alcanzar el 50% de su valor final.
- ✓ **Tiempo de subida:**  $t_r$ , es el tiempo que tarda la salida del sensor hasta alcanzar su valor final. => velocidad del sensor, es decir, lo rápido que responde ante una entrada.
- ✓ **Tiempo de pico :**  $t_p$ , es el tiempo que tarda la salida del sensor en alcanzar el pico máximo de su sobre oscilación
- ✓ **Pico de sobre oscilación:**  $mp$ , expresa cuanto se eleva la evolución temporal de la salida del sensor respecto de su valor final.
- ✓ **Tiempo de establecimiento:**  $t_s$ , el tiempo que tarda la salida del sensor en entrar en la banda del 5% alrededor del valor final y ya no vuelve a salir de ella. [9]

## CLASIFICACIÓN DE SENSORES

En la ilustración II-26 se aprecia una clasificación general de los sensores.



**Ilustración II-26:** Clasificación de sensores

**Fuente:** [http://4.bp.blogspot.com/\\_XnbufIeS-z8/TQKxIB38sFI/AAAAAAAAACE/At-6VOCPwkk/s1600/Cuadrosensores.JPG](http://4.bp.blogspot.com/_XnbufIeS-z8/TQKxIB38sFI/AAAAAAAAACE/At-6VOCPwkk/s1600/Cuadrosensores.JPG)

### **Según el principio de funcionamiento**

- ✓ **Activos:** generan señales distintivas de las magnitudes a medir automáticamente, sin requerir una fuente de alimentación.
- ✓ **Pasivos:** al contrario que los activos, requieren una fuente de alimentación para generar señales representativas de las señales a medir.

### **Según el tipo de señal que generan**

- ✓ **Digitales:** cambian de estado de cero a uno, frente a un estímulo, utilizan lógica digital de 5 V y 0 V para representar los unos y ceros.
- ✓ **Analógicos:** generan una señal de salida compuesta por un grupo de datos momentáneos que cambian en el tiempo, y son proporcionales a los efectos que están midiendo.
- ✓ **Temporales:** nos dan una señal que varía con el tiempo, la misma que puede ser una onda sinusoidal, triangular o cuadrada.

### **Según el rango de valores de salida**

- ✓ **ON/OFF:** también llamados 0-1, verdadero o falso, son mecanismos mecánicos simples que pasan de un estado a otro dependiendo de una perturbación.
- ✓ **De medida:** la salida es proporcional a la señal de entrada comúnmente usada para medir el nivel de un líquido en un depósito.

### **Según el nivel de integración**

- ✓ **Discretos:** en este tipo de sensor el circuito de acondicionamiento de la señal está conformado por mecanismos electrónicos separados o interrelacionados entre ellos.
- ✓ **Integrados:** es aquel en el que el dispositivo sensorico y circuito acondicionador están conformados en un solo circuito integrado, híbrido.

- ✓ **Inteligentes:** este tipo de sensor ejecuta diferentes tareas como cálculos numéricos, comunicación en red, auto calibración y autodiagnóstico.

#### Según el tipo de variable física medida

- ✓ **Mecánicos:** mecanismos que varían su procedimiento bajo la acción de una magnitud física.
- ✓ **Eléctricos:** censan magnitudes físicas o químicas y las convierten en variables eléctricas.
- ✓ **Magnéticos:** se vale del efecto hall<sup>15</sup> para el cálculo de campos magnéticos o comprobar la posición de un objeto.
- ✓ **Térmicos:** frecuentemente se ocupa para calcular la temperatura, existen varios tipos:
  - **Termo resistivo:** varía la resistencia conforme varía la temperatura.
  - **Termoeléctricos:** generan un voltaje igual a la diferencia de temperatura entre el punto de unión de dos alambres metálicos y cualquiera de los extremos calientes.
  - **Sensores monolíticos o de silicio:** fundamentados en las propiedades térmicas de las uniones semiconductoras, especialmente la dependencia de la tensión base emisor de los transistores bipolares con la temperatura cuando la corriente de colector es constante.
  - **Sensores piro eléctricos:** calculan indirectamente la temperatura a partir del cálculo de la radiación térmica infrarroja que emiten los cuerpos calientes.

---

<sup>15</sup> Efecto hall: consiste en la aparición de un campo eléctrico en un conductor cuando es atravesado por un campo magnético.

- ✓ **Acústicos:** proporcionan un cambio de una señal acústica en una eléctrica, se emplean varios principios como capacitivos, piezoeléctricos, electrodinámicos.
- ✓ **Ultrasónicos:** la parte emisora genera pulsos de sonidos fuertes dentro del rango del ultrasonido y es captado por el receptor en todo instante de tiempo.
- ✓ **Químicos:** el receptor es el encargado de reconocer selectivamente la variedad química a descubrir y un transductor se encarga de cambiar la señal química en señal eléctrica.
- ✓ **Ópticos:** está basado en el aprovechamiento de la interacción entre la luz y la materia para establecer las propiedades de esta.
- ✓ **Radiación:** se basa en la interacción de la radiación con la materia.

### Sensores inductivos



**Ilustración II-27:** Sensores inductivos

**Fuente:** [http://www.cursosdeplc.com/wp-content/gallery/sensores/thumbs/thumbs\\_sensor-inductivo.jpg](http://www.cursosdeplc.com/wp-content/gallery/sensores/thumbs/thumbs_sensor-inductivo.jpg)

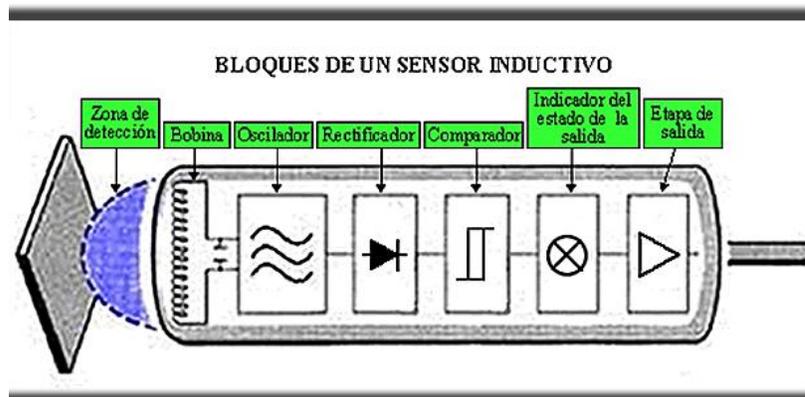
El sensor inductivo consiste en una bobina electromagnética que está formado por hilo de cobre enrollado, también denominado devanado.

En condiciones estáticas no hay ningún movimiento en las líneas de flujo y no se induce ninguna corriente en la bobina, en cambio cuando un objeto generalmente metálico penetra

en el campo del imán o lo abandona, el cambio resultante en las líneas de flujo induce un impulso de corriente cuya amplitud es proporcional a la velocidad del cambio de flujo.

Las tensiones de trabajo de este tipo de sensores son 24 voltios en corriente continua (24VDC). Y sus tipos de conexiones más habituales son a 3 hilos y a 2 hilos

### Componentes de los sensores inductivos



**Ilustración II-28:** Componentes de los sensores inductivos

**Fuente:** <http://www.seas.es/blog/wp-content/uploads/2013/01/sensores368.png>

Un sensor inductivo prácticamente está compuesto de:

- ✓ Zona de detección o zona de contacto.
- ✓ Bobina electromagnética.
- ✓ Circuito oscilador
- ✓ Rectificador
- ✓ Comparador
- ✓ Led indicador
- ✓ Etapa de salida o potencia.

## **Principio de funcionamiento**

Cuando un objeto metálico se aproxima a la zona de contacto e ingresa en el campo magnético generado por la bobina, circulan corrientes de Foucault<sup>16</sup> dentro del objeto haciendo que aumente la carga en el sensor y al mismo tiempo disminuyendo la amplitud del campo electromagnético.

El comparador detecta cambios entre la señal emitida por el oscilador y el cambio de amplitud del campo electromagnético haciendo que se dispare la etapa de salida.

La etapa de salida consiste en una etapa transistorizada caracterizada por la activación de un transistor bipolar. Este transistor bipolar puede ser de dos tipos, PNP o NPN.

## **Aplicaciones**

Las principales aplicaciones de los sensores inductivos son la detección de piezas metálicas y son ampliamente usados en industrias, como las relacionadas con el automóvil, debido a que la mayoría de las piezas empleadas son metálicas.

- ✓ Detección de rupturas de brocas
- ✓ Detección de tornillos y tuercas para control de dirección de velocidad
- ✓ Detección de presencia de latas y tapas
- ✓ Detección de posición totalmente abierta o cerrada de válvulas
- ✓ Detección de rupturas de puntas de fresadoras
- ✓ Contaje de piezas metálicas, etc.

---

<sup>16</sup> Corriente de Foucault: conocida también como corriente de torbellino o Eddy currents, es un fenómeno eléctrico que se produce cuando un conductor atraviesa un campo magnético variable.

## Sensores magnéticos tipo Reed



**Ilustración II-29:** Sensores magnéticos

**Fuente:** <http://www.solostocks.cl/img/sensores-magneticos-de-posicion-1047267z0.jpg>

También denominados relés tipo “reed”, es básicamente un interruptor de proximidad que se activa con un campo magnético externo a diferencia del inductivo que genera su propio campo magnético, son muy utilizados en cilindros neumáticos para detectar la posición del vástago mediante el embolo del cilindro.

El resultado debe ser enviado al sistema de control para después ser procesado, estos sensores podemos ubicarlos en los actuadores que se mueven de manera lineal, ya que son colocados en sus extremos, el momento que alcancen al sensor magnético sea que detecto el campo del imán y el actuador.



**Ilustración II-30:** Ubicación de sensor tipo Reed en cilindro neumático

**Fuente:** <http://www.balluff.com/balluff/MES/es/img/pictures/1332232117654.jpg>.

Como se puede apreciar en la ilustración II-30 son dispositivos fáciles de montar y generalmente están fabricados para acoplarse a un cilindro neumático.

### **Principio de operación**

Basan su funcionamiento en la variación del campo magnético creado por un imán y la corriente inducida en una pequeña bobina, llamada bobina de pulso.

### **Aplicaciones**

- ✓ Automatismos.
- ✓ Acondicionamiento.
- ✓ Control de cadenas transportadoras.
- ✓ Posicionamiento de cilindros, etc.

### **Sensores ópticos**



**Ilustración II-31:** Sensor óptico

**Fuente:** [http://www.online-electronica.com/imagenesnoticias/sensor\\_optico\\_de\\_nivel\\_opt\\_n1-opt.gif](http://www.online-electronica.com/imagenesnoticias/sensor_optico_de_nivel_opt_n1-opt.gif)

Son aquellos sensores capaces de detectar diferentes factores o fenómenos físicos a través de un lente óptico. Normalmente el emisor y receptor se encuentran en el mismo encapsulado, habiendo también un encapsulado para cada módulo.

### **Principio de funcionamiento**

El principio básico de funcionamiento consiste en la emisión y recepción de un haz de luz, en el que en el emisor y receptor son colocados pequeños lentes ópticos que concentran el

haz de luz, que es cortado o enviado por el cuerpo a ser detectado. Por tal motivo es usado en varias aplicaciones industriales.

### **Componentes**

- ✓ Fuente o emisor
- ✓ Receptor
- ✓ Lente
- ✓ Circuito de salida

**Fuente:** crea el haz luminoso, normalmente son leds infrarrojos.

**Receptor:** Recibe el haz luminoso del emisor, los más conocidos son los fotodiodos y los fototransistores.

**Lentes:** es aquel que limita el campo de visión ya que envía el haz de luz tanto en el emisor como en el receptor, con la limitación del campo de visión se aumenta la distancia de detección.

**Circuito de Salida:** Hay muchos tipos de salidas discretas o digitales (nombrados así por poseer dos estados, por relé y por transistor).

### **Aplicaciones**

Los sensores ópticos debido a sus características pueden ser empleados para detectar la presencia de un objeto, contar piezas, posición como en el caso del mouse de la computadora, los sensores ópticos utilizados en las cámaras digitales para captar las imágenes, etc.

## 1.5. CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE



**Ilustración II-32:** Controladores lógicos programables

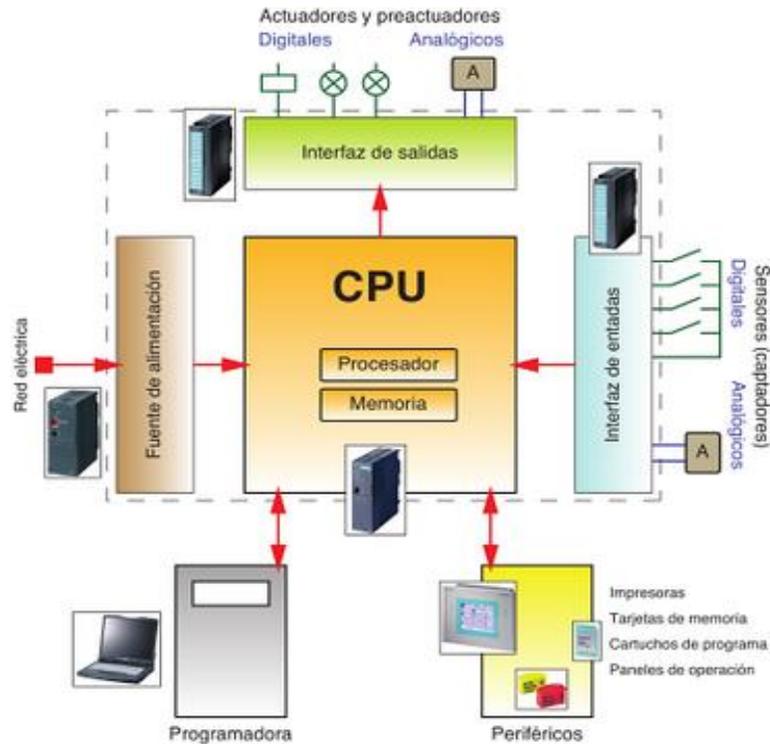
**Fuente:** [http://i802.photobucket.com/albums/yy301/czakspa/TARINGA/PLC\\_01.jpg](http://i802.photobucket.com/albums/yy301/czakspa/TARINGA/PLC_01.jpg).

Un controlador lógico programable más conocido por sus siglas en *ingles* PLC (Programmable Logic Controller) o autómatas programables industriales (API), es un dispositivo electrónico digital, que es utilizada para automatizar procesos electromecánicos secuenciales en tiempo real.

Por lo general, están diseñados para controlar máquinas y procesos en ambientes industriales, ya que son de pequeña dimensión y su mantenimiento es barato, además podemos manipular a más de una maquinaria con un solo dispositivo.

Además esta creado para trabajar con distintas señales tanto de entrada como de salida, altos niveles de temperatura, no da señales engañosas por el ruido eléctrico, resistente a los golpes y vibraciones. [5]

### 1.5.1. Estructura de los PLC



**Ilustración II-33:** Estructura de los autómatas programables

**Fuente:** <http://automatismoindustrial.files.wordpress.com/2013/04/imagen6.jpg>

**Fuente de alimentación:** se encarga de convertir la tensión que suministra la red eléctrica en 24 voltios de corriente continua (24 VDC), que es la tensión a la que trabaja los circuitos internos del autómata programable. Pudiendo también ser una fuente para sensores o actuadores conectados al autómata programable.

**Interfaz de entradas:** reciben y convierten las señales analógicas y digitales para ser interpretadas por la unidad central de procesamiento (CPU), las entradas digitales pueden ser voltajes entre 24 - 48 VDC y 110-230 VCA, las entradas analógica pueden ser valores entre 0-10 V y 4-20 mA.

**Unidad central de procesos (CPU):** es el cerebro del PLC se encarga de leer el programa de usuario, lo decodifica y secuencia para luego ejecutarlo teniendo en cuenta el estado de las señales de la interfaz de entrada, y de esta manera elabora las señales que serán transferidas al interfaz de salidas. Además ordena la transferencia de información y establece la comunicación con otros periféricos como unidades de programación, monitores u otros autómatas.

**Memoria:** es donde se almacena los datos de proceso y control. Los datos de proceso incluye el estado de las variables que maneja el autómata: entradas, salidas, relés internos, contadores, temporizadores, etc., para poder ser consultados y/o modificados por el CPU.

Los datos de control incluye el programa de usuario y de configuración del autómata. Por los distintos requerimientos que presenta los datos de proceso y de control pueden estar almacenados en distintos dispositivos.

**Interfaz de salidas:** se encarga de activar o desactivar los actuadores. Para ello establece comunicación, decodifica y amplifica las señales elaboradas por la CPU, alojadas en la memoria de imagen de salidas, y las traslada a la salida correspondiente. Existen módulos de salida digitales y analógicos. En función de los elementos a conectar pueden emplearse salidas a relé, a triac (hasta tensiones de 240V) o a transistor (24-48VDC). Para las salidas analógicas se suelen emplear tensiones de entre 0 y 10 V e intensidades de 4 a 20 mA.

**Programadora:** normalmente para programar PLC's se utilizan ordenadores personales o consolas de programación, donde el software de programación es suministrados por cada fabricante. Este módulo debe cumplir funciones básicas tales como:

1. Transferencia y modificación de programas.
2. Verificación de la programación.
3. Información del funcionamiento de los procesos.

### 1.5.2. Clasificación de los PLC

Debido a la gran variedad de PLC que existen en el mercado se pueden clasificar según sus funciones, capacidad, número de entradas y salidas (I/O<sup>17</sup>), tamaño de memoria, aspecto físico, entre otros. A continuación, se presenta la clasificación más común:

- ✓ PLC tipo nano.
- ✓ PLC modular.
- ✓ PLC compacto.

#### PLC TIPO NANO



**Ilustración II-34:** ZEN nano PLC

**Fuente:** <http://www.inotek.com/Catalog/Photos/omronZEN.jpg>

Generalmente la fuente, CPU, las interfaces de I/O se encuentra integradas, y se caracterizan por no poseer muchas entradas y salidas, casi siempre en una cifra menor a 100. Además podemos trabajar con I/O digitales.

---

<sup>17</sup> I/O: entradas y salidas.

## PLC MODULAR



**Ilustración II-35:** Apariencia de un PLC modular Siemens

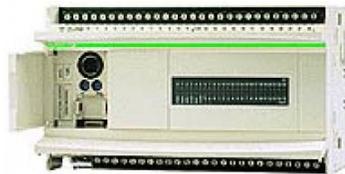
**Fuente:** <http://i0.wp.com/plcbangladesh.com/wp-content/uploads/2014/04/PLC.jpg>

Se denomina modular porque los componentes que forman el autómata programable se sitúan en módulos diferentes, los mismos se acoplan entre sí mediante conectores especiales.

Un PLC modular se compone de una placa de montaje a la que se le pueden instalar los componentes que se requieran: fuentes de poder o alimentación, CPUs, interfaces de entrada y/o de salida, y módulos especiales, de acuerdo a la necesidad que plantea el problema de automatización.

Podemos encontrarnos con PLCs llamados Micro-PLC los cuales pueden trabajar con muchas entradas y salidas, inclusive con los PLC de grandiosos beneficios los cuales pueden trabajar con miles de entradas y salidas.

## PLC COMPACTO



**Ilustración II-36:** PLC compact Schneider Electric Twido TWDLCD40DRF

**Fuente:** <http://www.tlauk.net/shop/twdlcda40drf-plc>

La Fuente de Alimentación, CPU e interfaces de I/O, están ubicadas en un solo cuerpo principal y admiten trabajar con unas pocas I/O hasta diferentes cientos (cerca de 500 I/O),

son de gran tamaño superiores a los Nano PLC y soportan una gran diversidad de módulos especiales, tales como:

- ✓ Entradas y salidas análogas
- ✓ Módulos contadores rápidos
- ✓ Módulos de comunicaciones
- ✓ Interfaces de operador
- ✓ Expansiones de entrada y salida. [5]

Como se mencionó anteriormente debido a la cantidad de entradas y salidas, los PLC compactos son usados principalmente en pequeñas aplicaciones. Sin embargo, en algunos casos es posible agregar módulos adicionales que incrementen la cantidad de entradas y salidas disponibles para usar, según los requerimientos de la planta o proceso a automatizar.

### 1.5.3. Ciclo de funcionamiento de un PLC



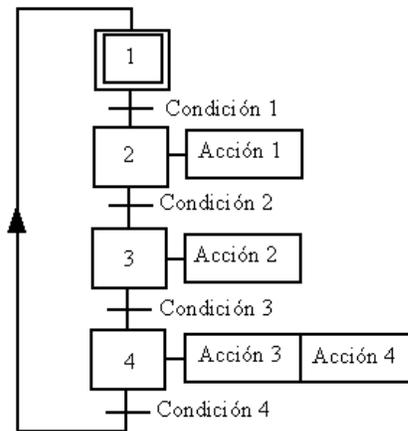
**Ilustración II-37:** Ciclo de funcionamiento de los PLC

**Fuente:** <http://imagenes.unicrom.com/CicloScan.gif>

Los PLC's mediante las interfaces de entrada capturan las señales provenientes del proceso, estos valores se mantienen almacenados por un tiempo en un registro denominado almacén

de imágenes de entrada. Una vez las señales estén en ese registro quedan disponibles para que la CPU las opere con base en lo almacenado en la memoria de programa y la memoria de datos. Cuando la CPU tenga un resultado como producto de su procesamiento se entrega la respuesta al mundo exterior a través del registro de imágenes de salidas en el que se mantendrá un instante de tiempo y después será enviada al proceso a controlar mediante las interfaces de salida.

#### 1.5.4. GRAFCET



**Ilustración II-38:** GRAFCET

**Fuente:** [http://es.wikipedia.org/wiki/GRAFCET#mediaviewer/Archivo:Secuencial\\_GRAFCET.PNG](http://es.wikipedia.org/wiki/GRAFCET#mediaviewer/Archivo:Secuencial_GRAFCET.PNG)

El GRAFCET (GRAphe Fonctionnel de Commande Etape Transition) es un grafo o diagrama funcional normalizado, que permite hacer un modelo del proceso a automatizar, contemplando entradas, acciones a realizar, y los procesos intermedios que provocan estas acciones. [7]

En base a la definición anterior un GRAFCET es una gráfica, donde se realiza la secuencia de un programa, mediante la utilización de figuras geométricas rectangulares y líneas, donde cada rectángulo representa la acción a realizar y las líneas son condiciones que se deben cumplir antes de pasar a la siguiente acción.

El GRAFCET como diagrama funcional normalizado, permite realizar un modelo del proceso a automatizar, haciendo uso de las entradas, acciones y transiciones, de tal manera que se convierte en una poderosa herramienta gráfica para documentar y elaborar el modelo de automatización.

De esta manera el GRAFCET ha llegado a universalizarse como herramienta de modelado, facilitando el paso directo a la programación en Ladder.

### Elementos GRAFCET de programación

A continuación vamos a mostrar los elementos usados para realizar un buen GRAFCET.

**Tabla II-IV:** Elementos GRAFCET de programación

Elemento	Operación	Descripción
	Etapa inicial	Muestra el inicio del GRAFCET y casi siempre solo existe una sola etapa de este tipo.
	Etapa	Usado para demostrar una acción o una espera.
	Unión	Usado para enlazar etapas entre sí.
	Transición	Nos quiere decir que hay una condición que desactiva la etapa actual y activa la siguiente.
	Direccionamiento	Nos indica si una y/u otra etapa se activó, con relación de la condición de que se efectúe.
	Proceso simultaneo	Nos muestra si se desactivo o activo algunas etapas al mismo tiempo.
	Acciones asociadas	Son acciones que se ejecutan de manera asociada, al activarse la etapa a la que corresponde.

**Fuente:** Los autores

### 1.5.5. Lenguajes de programación de PLC

Para poder utilizar todas las propiedades que poseen los PLC es necesario tener conocimiento de los lenguajes de programación que poseen cada tipo o fabricante. El lenguaje de programación es necesario para la comunicación entre el PLC y el programador.

Los lenguajes de programación de PLC se dividen en gráficos y literales.

#### Dentro de los lenguajes gráficos se tiene:

- ✓ Diagrama de escalera.
- ✓ Diagrama de bloques funcionales.

#### Dentro de los lenguajes literales se tiene:

- ✓ Lista de Instrucciones.
- ✓ Texto estructurado.

#### Diagrama de escalera (LD<sup>18</sup>)

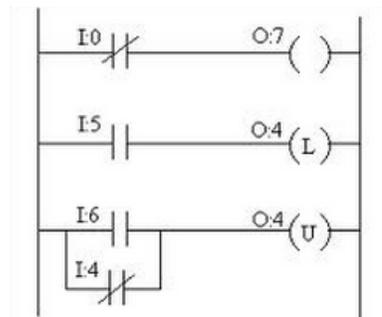


Ilustración II-39: Diagrama escalera

**Fuente:** <http://electrical-engineering-portal.com/wp-content/uploads/plc-ladder-diagram-example.gif>

También conocido con el nombre de diagrama de contactos, donde varios de los elementos del programa se encuentran conectados en paralelo, mediante una línea de CD o CA, asemejándose a una escalera.

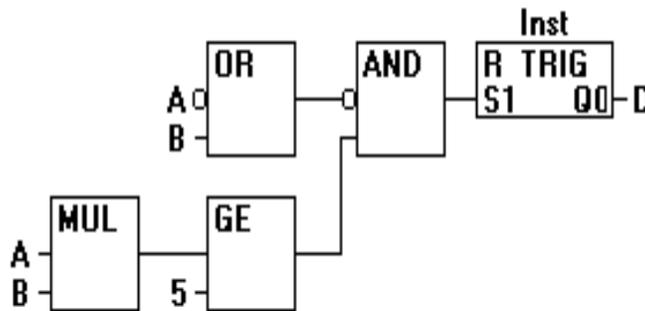
---

<sup>18</sup> LD: ladder diagram

Los símbolos que representan a las entradas (sensores, interruptores) son los contactos, mientras que las bobinas representan a las salidas (motores, luminarias, etc.). La principal ventaja es que los símbolos básicos están normalizados por la Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos (NEMA<sup>19</sup>) y son empleados por todos los fabricantes de PLC.

Como regla general se debe interpretar el diagrama de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo.

### Diagrama de Bloques Funcionales (FBD<sup>20</sup>)



**Ilustración II-40:** Diagrama de bloques funcional

**Fuente:** [http://infosys.beckhoff.com/content/1034/tcpplccontrol/Images/BILD2\\_10a.gif](http://infosys.beckhoff.com/content/1034/tcpplccontrol/Images/BILD2_10a.gif)

Lenguaje gráfico en el cual todas las funciones se representan por medio de bloques lógicos o aritméticos, tal como se aprecia en la ilustración II-40. Este lenguaje facilita el procesamiento tanto secuencial como paralelo.

Una particularidad de estos bloques funcionales es que pueden ser definidos por el usuario haciendo uso de los lenguajes de la norma, pero también existen bloques funcionales estándar como: detección de flancos, temporizadores, contactores, etc.

<sup>19</sup> NEMA: National Electrical Manufacturers Association

<sup>20</sup> FBD: Function Block Diagram

En este tipo de lenguaje de programación, es posible crear las copias que se desee de un mismo bloque funcional y utilízalo en varios programas, con la facultad de que la funcionalidad no va a cambiar de ninguna manera.

### **Texto Estructurado (ST<sup>21</sup>)**

Es un lenguaje de alto nivel estructurado por bloques que posee una sintaxis parecida al PASCAL<sup>22</sup>. El texto estructurado se puede utilizar para realizar rápidamente sentencias complejas que manejen variables con un amplio rango de diferentes tipos de datos, incluyendo valores analógicos y digitales. También se especifica tipos de datos para el manejo de horas, fechas y temporizaciones, algo importante en procesos industriales

Este lenguaje normalmente utiliza sentencias como If...then...else o while...do, entre otras. Para apreciar de mejor manera el uso de este lenguaje de programación se presenta el siguiente ejemplo:

```
If valor < 5 then  
  
    While valor < 2 do  
  
        Value: = value + 1;  
  
    End_while;  
  
End_if;
```

---

<sup>21</sup> ST: Structured Text

<sup>22</sup> PASCAL: lenguaje de programación desarrollado por Niklaus Wirth con el fin de facilitar el aprendizaje en la programación estructurada.

A continuación se muestra una tabla con los operadores ST por orden de fuerza de enlace:

**Tabla II-V:** Operadores del texto estructurado

<b>Operación</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Fuerza</b>
Entre paréntesis	(expresión)	Enlace más fuerte
Llamada a funciones	Lista de parámetros	
Potenciar	EXPT	
Formación de complemento	-	
Negar	NOT	
Multiplicar	*	
Dividir	/	
Modulo	MOD	
Sumar	+	
Restar	-	
Comparar	<, >, <=, >=	
Igualdad	=	
Desigualdad	<>	
Bool AND	AND	
Bool XOR	XOR	
Bool Or	OR	Enlace más débil

**Fuente:** Los autores

### Lista de Instrucciones (IL)

LD BotonPartir
OR Motor
AND NOT BotonParar
OUT Motor

**Ilustración II-41:** Ejemplo de programa en lista de instrucciones

**Fuente:** <http://datateca.unad.edu.co/contenidos/2150512/ContenidoLinea/image042.jpg>

Denominado también mnemónico, es un lenguaje de bajo nivel basado en operaciones booleanas, que consiste en un conjunto de códigos simbólicos los mismos que corresponden a las instrucciones.

Este lenguaje de programación es muy similar al lenguaje ensamblador de los microprocesadores, y su principal desventaja es que cada fabricante utiliza sus propios códigos y una nomenclatura diferente para designar las variables del sistema.

Para realizar funciones complejas como temporizadores, contadores, registro de desplazamiento, entre otros se emplea el formato de bloques. Dado que la programación se realiza en lenguaje máquina, las instrucciones se realizan a mayores velocidades que realizando en lenguaje ladder o diagrama de escalera.

## **CAPITULO III**

### **3. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA ESTACIÓN DE PALETIZADO**

#### **2.1. INTRODUCCIÓN**

En el presente capítulo se detalla cada una de las etapas que se llevaron a cabo para la implementación de la plataforma de paletizado, al mismo tiempo se especifican los parámetros de diseño y dimensiones de los materiales utilizados para el correcto desarrollo del proyecto.

#### **2.2. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA MECÁNICO**

Para el diseño mecánico se utilizó el software SOLIDWORK 2014 que es un programa CAD que cuenta con herramientas para el diseño de figuras en dos y tres dimensiones.

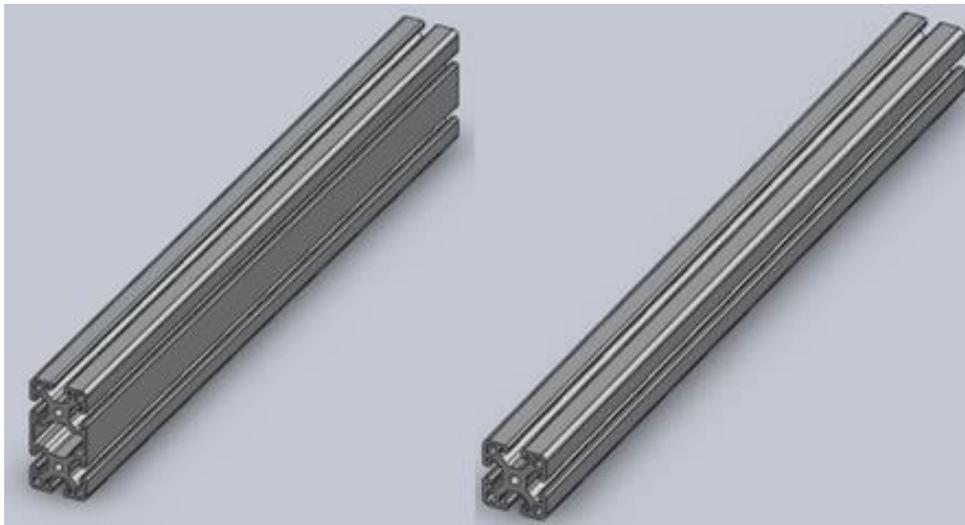
##### **2.2.1. Materiales**

- ✓ Aluminio estructural 40x40 mm.
- ✓ Aluminio estructural 80x40 mm.
- ✓ Platina 2 pulgadas.

- ✓ Ángulos de hierro 40mm.
- ✓ T de hierro.
- ✓ Ruedas.
- ✓ Pernos.
- ✓ Tuercas.
- ✓ Garruchas.
- ✓ Tuerca cabeza de martillo.
- ✓ Tapas.
- ✓ Canaletas.

### 2.2.2. Diseño de los componentes principales

#### Diseño del aluminio estructural

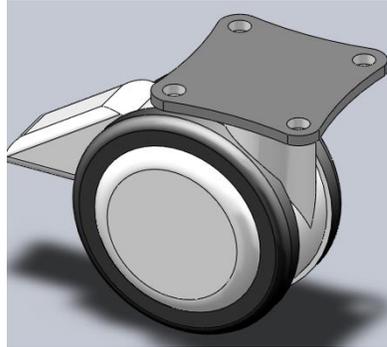


**Ilustración III-1:** Aluminio estructural 80x40 mm y 40x40 mm

**Fuente:** Los autores

Como primer punto se realizó el diseño del aluminio estructural que es el elemento primordial para darle forma a la plataforma. Al momento de la adquisición el aluminio estructural contaba con medidas que fueron necesarias reducirlas, para ello se realizó el corte y el pulido para obtener piezas muy bien definidas y no causen molestias al momento del montaje.

### Diseño de la rueda móvil

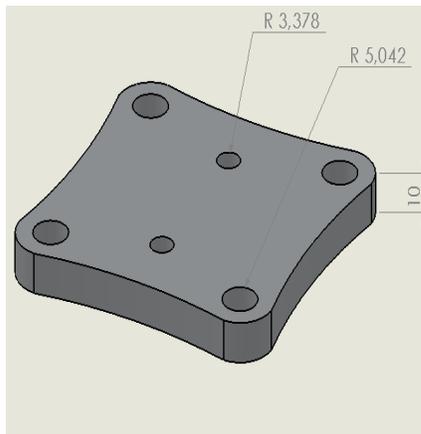


**Ilustración III-2:** Diseño de la rueda móvil

**Fuente:** Los autores

Para el diseño de la rueda móvil se tomaron las medidas de una rueda móvil real para luego realizar el diseño en el software Solidwork 2014.

### Diseño de la base de apoyo para la rueda móvil

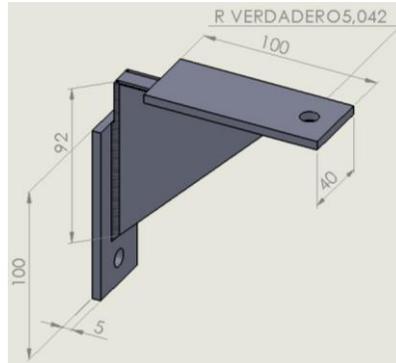


**Ilustración III-3:** Base de la rueda móvil

**Fuente:** Los autores

Para la base de apoyo se utilizó una platina de 4 pulgadas por 10 mm de ancho, y fue necesario realizar unos cortes para posteriormente realizar un acabado a mano.

### Diseño de los ángulos de apoyo

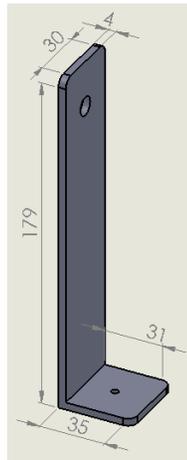


**Ilustración III-4:** Diseño de los ángulos de apoyo

**Fuente:** Los autores

Los ángulos de apoyo servirán para brindar una mayor consistencia a la estructura y pueda soportar el peso que recae sobre el mismo.

### Diseño de la base para la unidad de mantenimiento

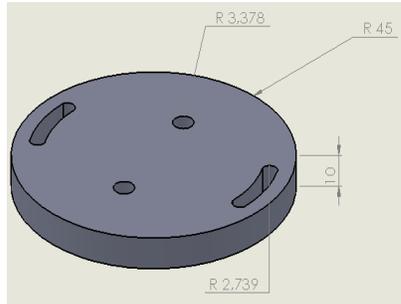


**Ilustración III-5:** Base de la unidad de mantenimiento

**Fuente:** Los autores.

La base para la unidad de mantenimiento se lo realizo en una platina de 1 pulgada y media, por 4 milímetros de espesor tal como muestra la figura III-5.

### Diseño de las bases para el aluminio estructural 80x40mm



**Ilustración III-6:** Bases del aluminio 80x40 mm

**Fuente:** Los autores

La base para el aluminio fueron cortadas de pedazos de platino desechados para posteriormente realizar el acabado en un torno fresador. Estas bases sirven para montar cada uno de los bloques que conforman el sistema.

#### 2.2.3. Implementación del sistema mecánico de la plataforma

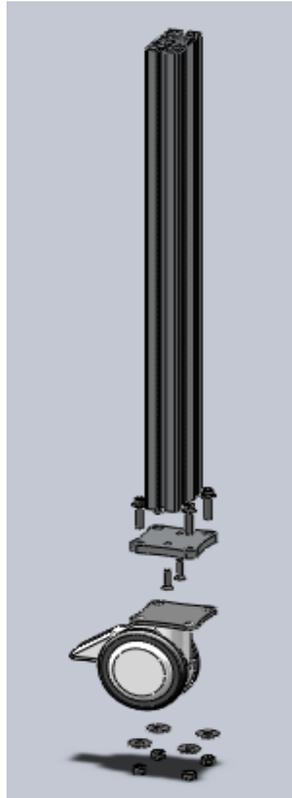
Para el montaje de la plataforma fue necesario contar con varias piezas muy elementales para dar forma a la estructura. En la siguiente tabla se detallan la cantidad de elementos que conforman la estructura de la plataforma.

**Tabla III-I:** Piezas que conforma la estructura

Descripción	Longitud	Cantidad
Aluminio estructural 80x40mm	2.5 metros	2
Aluminio estructural 80x40mm	2.42 metros	2
Aluminio estructural 40x40mm	2.42 metros	3
Aluminio estructural 80x40mm	0.61 metros	4

**Fuente:** Los autores

Con el aluminio estructural 80x40 mm de 0.61 metros de longitud se procedió a realizar el montaje de las bases de apoyo para la plataforma, tal como se muestra en la siguiente ilustración.



**Ilustración III-7:** Diseño de las bases de apoyo

**Fuente:** Los autores

La base de apoyo está conformado por una rueda de móvil, platina de 3 pulgadas y media, pernos y tuercas que servirán para formar una base sólida que soporte todo el peso.

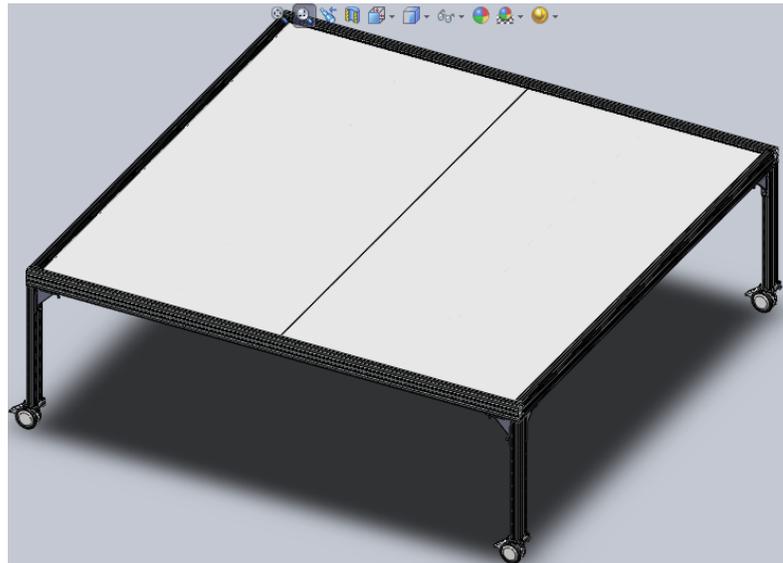
Una vez concluidos los cortes y conformación de las 4 bases de apoyo, la siguiente etapa fue unir cada una de las piezas, para ello se utilizó pernos con cabeza hexagonal dada su facilidad para manipularlos por las cavidades del aluminio estructural.



**Ilustración III-8:** Diseño de la estructura para la plataforma

**Fuente:** Los autores

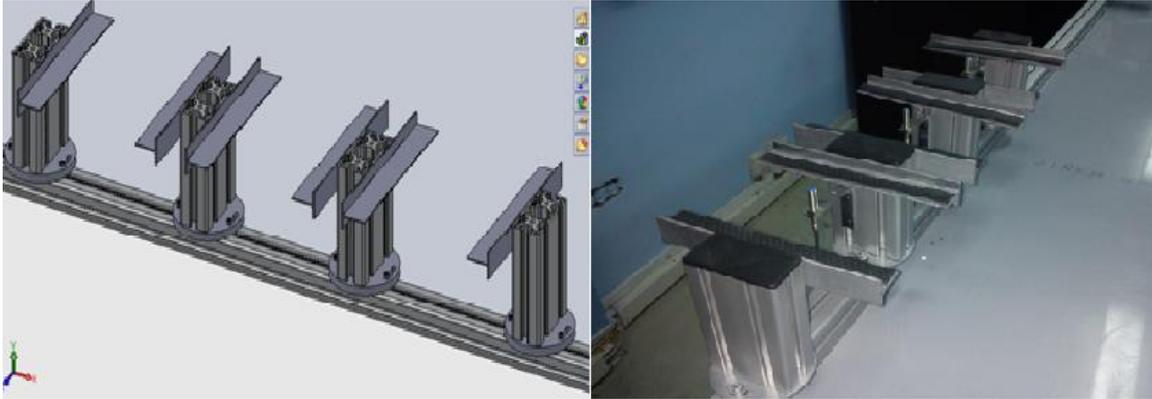
Dado que el sistema se construyó con la finalidad de facilitar el proceso de paletizado donde un robot móvil debe desplazarse en el interior de la plataforma fue necesario montar dos planchas de aluminio y formar una superficie sólida tal como se muestra en la figura III-9.



**Ilustración III-9:** Montaje de la plancha de aluminio sobre la estructura

**Fuente:** Los autores

### Implementación de estantes

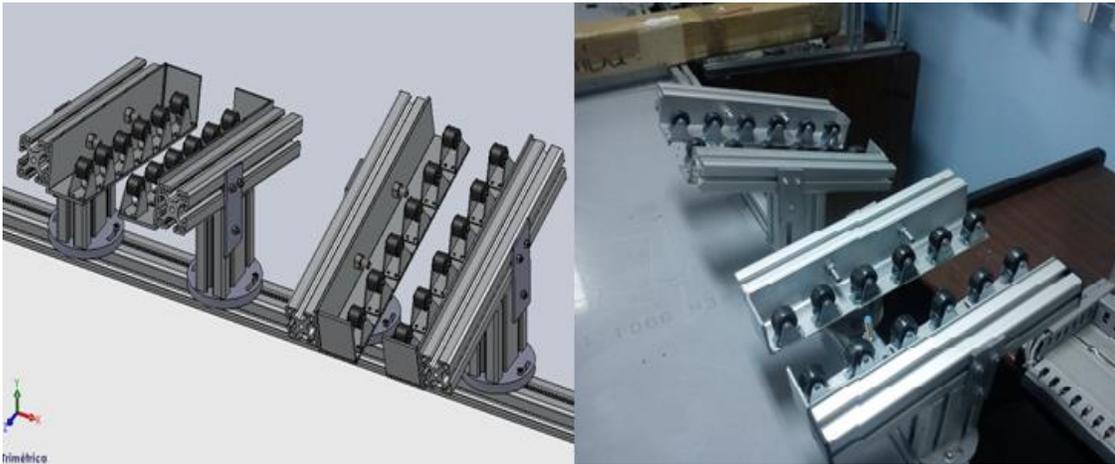


**Ilustración III-10:** Montaje de estantes

**Fuente:** Los autores

La bodega cuenta con tres estantes y sirven para almacenar pallets que contengan manómetros correctamente ensamblados.

### Implementación del bloque de entrada y salida de pallets

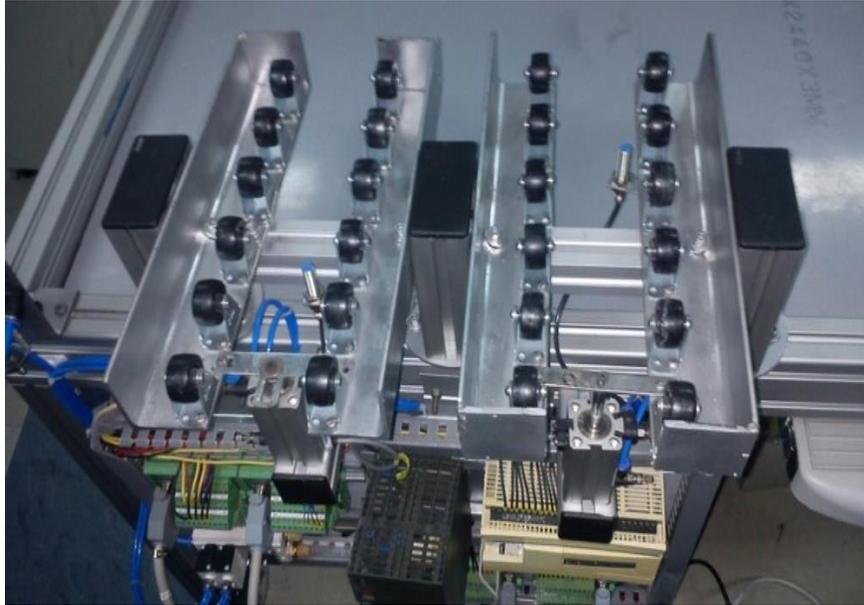


**Ilustración III-11:** Bloque de entrada y salida de pallets

**Fuente:** Los autores

El bloque de entrada y salida de pallets se diseñó de manera que los pallets se desplacen y faciliten al robot móvil la manipulación de los mismos.

## Implementación del bloque de carga de manómetros en pallets



**Ilustración III-12:** Bloque de carga de manómetros

**Fuente:** Los autores

El bloque de carga de manómetros cuenta con un sistema neumático que facilita el proceso ya que mediante dos cilindros de doble efecto realizan desplazamientos verticales para que el pallet pueda ubicarse en el lugar apropiado para que se realice la carga de manómetros y su posterior traslado a los estantes.

### 2.3. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA NEUMÁTICO

El sistema neumático llega a constituirse en el complemento del bloque de carga de manómetros, permitiendo el funcionamiento de los cilindros de doble efecto.

Para el diseño se procedió a realizar un dimensionamiento de todo el sistema neumático, para ello se utilizó el software GSED de FESTO, el mismo nos proporciona los elementos

necesarios para nuestros requerimientos, como se puede observar en las siguientes ilustraciones:

### ¿Qué deberá simularse? Elegir categoría de actuador

Poco peso, estructura robusta, hermético

[Continuar >](#)

- Cilindro con vástago de simple efecto
- Cilindro de doble efecto
- Actuadores con guía
- Numerosas posibilidades para la fijación y el montaje

Cilindro de doble efecto  
Accionamientos para cada aplicación  
Festo ofrece muchas ideas para soluciones con cilindros  
Cilindros normalizados, cilindros de carrera corta, cilindros compactos ...  
Festo siempre ofrece la solución apropiada

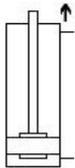


**Ilustración III-13:** Categorías de los actuadores

**Fuente:** Los autores

### Los parámetros del sistema - base para la selección

[Continuar >](#)



tiempo de posicionamiento esperado

quiero alcanzar este tiempo de posicionamiento:

   s

Regulación básica del cilindro

.. Con válvula de estrangulación de retención

Longitud de carrera requerida

   cm

Ángulo de instalación

   deg

Dirección del movimiento

extender  
 retirar

Alimentación de aire comprimido

Presión de funcionamiento

   bar

Regulaciones de la carga

Largo del tubo flexible

Equipo de mantenimiento >  
Válvula  
Válvula > Cilindro

   m   m

Masa en movimiento

   g

fuerza de impacto adicional

   N

fuerza de fricción adicional

   N

**Ilustración III-14:** Parámetros del sistema requeridos

**Fuente:** Los autores

## Ideas de cilindros Festo - Accionamientos para cada aplicación

Solo ajustable amortiguación de fin de carrera neumática (PPV) ONLY

Solo accionamiento sin vástago

Solo vástago pasante (modelo especial S2)

Solo asegurado contra rotación

solo en: Longitud de carrera requerida 50 [mm]

solo en: Carrera variable

Diámetro del émbolo elegido - todo -

[< Atrás](#)
[Continuar >](#)

Partes encontradas [512] Mostrar 10

	Tipo	Nº de art.	Conexión	Carrera [mm]
<input type="radio"/>	 <a href="#">+</a> ADN-16-50-A-P-A	536331	M5	50
<input type="radio"/>	 <a href="#">+</a> ADN-16-50-I-P-A	536341	M5	50
<input checked="" type="radio"/>	 <a href="#">+</a> ADN-20-50-A-P-A	536241	M5	50
<input type="radio"/>	 <a href="#">+</a> ADN-20-50-I-P-A	536249	M5	50

**Ilustración III-15:** Selección de cilindros

**Fuente:** Los autores

## Lista de piezas

[Colocar en la cesta de compra](#)
[Imprimir](#)

	Tipo	Denominación	Nº de art.		
<input type="checkbox"/>	 <a href="#">+</a> ADN-20-50-A-P-A	Cilindro compacto	536241	★	<a href="#">CRD</a> <a href="#">🛒</a>
<input type="checkbox"/>	 <a href="#">+</a> GRLA-M5-QS-4-D	Válvula de estrangulación y antirretorno	193138	★	<a href="#">CRD</a> <a href="#">🛒</a>
<input type="checkbox"/>	 <a href="#">+</a> PUN-4X0,75-BL	Tubo flexible de material sintético	159662	★	<a href="#">CRD</a> <a href="#">🛒</a>
<input type="checkbox"/>	 <a href="#">+</a> QSM-M5-4	Racor rápido roscado	153304	★	<a href="#">CRD</a> <a href="#">🛒</a>
<input type="checkbox"/>	 <a href="#">+</a> CPVSC1-M1H-M-P-M5	Electroválvula	527550		<a href="#">CRD</a> <a href="#">🛒</a>
<input type="checkbox"/>	 <a href="#">+</a> QSM-M5-4	Racor rápido roscado	153304	★	<a href="#">CRD</a> <a href="#">🛒</a>
<input type="checkbox"/>	 <a href="#">+</a> PUN-4X0,75-BL	Tubo flexible de material sintético	159662	★	<a href="#">CRD</a> <a href="#">🛒</a>

[< Atrás](#)
[Cerrar](#)

**Ilustración III-16:** Lista de materiales a usar

**Fuente:** Los autores

### 2.3.1. Materiales y dispositivos

- ✓ Electroválvulas 5/2
- ✓ Etiquetas para cables.
- ✓ Manguera de poliuretano.
- ✓ Fijaciones.
- ✓ Racores.
- ✓ Silenciadores.
- ✓ Cilindro doble efecto.
- ✓ Unidad de mantenimiento.

#### Unidad de mantenimiento



**Ilustración III-17:** Unidad de mantenimiento AIRTAC gfr200-08

**Fuente:** [http://img2.mlstatic.com/s\\_MPE\\_v\\_S\\_f\\_4381939316\\_052013.jpg](http://img2.mlstatic.com/s_MPE_v_S_f_4381939316_052013.jpg)

La unidad de mantenimiento AIRTAC gfr200-08, cuenta con un manómetro para visualizar la presión que ingresa a la red neumática, además nos permite regular la presión que se necesita y de esta manera cuidar a los actuadores neumáticos.

#### Datos técnicos

Ver anexo 1

## Electroválvulas 5/2



**Ilustración III-18:** Electroválvula 5/2 AIRTAC 4V110-06

**Fuente:** [http://img.directindustry.es/images\\_di/photo-mg/electrovalvulas-mando-asistido-30479-2662231.jpg](http://img.directindustry.es/images_di/photo-mg/electrovalvulas-mando-asistido-30479-2662231.jpg)

Se hicieron uso de 2 electroválvulas 5/2 AIRTAC modelo 4V110-06, servo pilotadas y retorno por muelle, que son accionadas mediante una solenoide.

Además de la electroválvula es necesario disponer de la base, sello, racores y silenciadores, para poder utilizar de manera eficaz el aire comprimido.

### Datos técnicos

Ver anexo 2

## Cilindro de doble efecto



**Ilustración III-19:** Cilindro de doble efecto AIRTAC SDAS16x10-B

**Fuente:** [http://img.directindustry.es/images\\_di/photo-mg/cilindros-neumaticos-doble-efecto-compactos-30479-6022065.jpg](http://img.directindustry.es/images_di/photo-mg/cilindros-neumaticos-doble-efecto-compactos-30479-6022065.jpg)

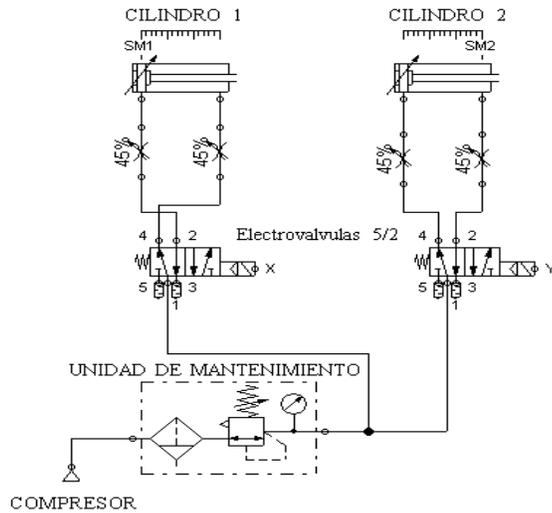
El cilindro de doble efecto AIRTAC SDAS16X10-B se compone de dos orificios para el ingreso de aire comprimido, permite realizar un desplazamiento lineal máximo de 10 cm.

### Datos técnicos

Ver anexo 3

### 2.3.2. Diseño electro neumático

En la siguiente figura se presenta el diseño electro neumático, simulado en el software fluidsims<sup>23</sup>.



**Ilustración III-20:** Diagrama de conexión neumático y eléctrico

**Fuente:** Los autores

**Tabla III-II:** Símbolos del esquema electro neumático

Símbolo	Descripción
SM1	Sensor magnético uno.
SM2	Sensor magnético dos.
X	Solenoides de la electroválvula para el cilindro 1.
Y	Solenoides de la electroválvula para el cilindro 2.

**Fuente:** Los autores

<sup>23</sup> FluidSim: Software para crear y simular, sistemas neumáticos y electro neumáticos.

### 2.3.3. Implementación del sistema neumático

Siendo el sistema neumático uno de los componentes fundamentales de la estación, fue necesario realizar el montaje con mucho cuidado, tomando en cuenta las distancias máximas de carrera que poseen los cilindros neumáticos.



**Ilustración III-21:** Sistema neumático de la estación de paletizado

**Fuente:** Los autores

El sistema neumático puede trabajar con una presión de aire de hasta 8 bares, pero para evadir daños en los elementos es recomendable trabajar a 5 bares de presión.

### 2.4. MONTAJE DEL SISTEMA SENSORICO Y ELÉCTRICO

El sistema sensorico en conjunto con el eléctrico, permiten captar las señales físicas que se ejecutan en el entorno, por este motivo al momento del montaje de los sensores se vio la

necesidad de buscar la mejor ubicación para los mismos, siendo los principales objetivos; obtener una buena sujeción a la estructura, librar de temperaturas inadecuadas y vibraciones excesivas que puedan alterar el correcto funcionamiento.

#### 2.4.1. Materiales y dispositivos

- ✓ Riel DIN.
- ✓ Canaletas.
- ✓ Cables # 18, rojo, negro, azul y amarillo.
- ✓ Sensor de presencia inductivo
- ✓ Sensor magnético.
- ✓ Syslink (I/O)
- ✓ Una fuente de alimentación 24 V DC, 5 A.
- ✓ Baliza
- ✓ Baliza giratoria

#### Fuente de alimentación de 24 VDC



**Ilustración III-22:** Fuente de alimentación SIEMENS PS307

**Fuente:** [http://thumbs3.ebaystatic.com/d/1225/m/mzIGvnwnZ\\_9Z8U\\_j66IFJ8Q.jpg](http://thumbs3.ebaystatic.com/d/1225/m/mzIGvnwnZ_9Z8U_j66IFJ8Q.jpg)

Para suministrar energía eléctrica a los dispositivos se utilizó una fuente de alimentación marca SIEMENS PS307.

Características:

- ✓ Tensión de funcionamiento: 120/220 VAC
- ✓ Tensión de salida: 24 VDC
- ✓ Corriente de salida: 5A
- ✓ Frecuencia: 50/60 Hz
- ✓ Dimensiones: 13cm x 13cm x 10cm.

**SYSLINK (I/O)**

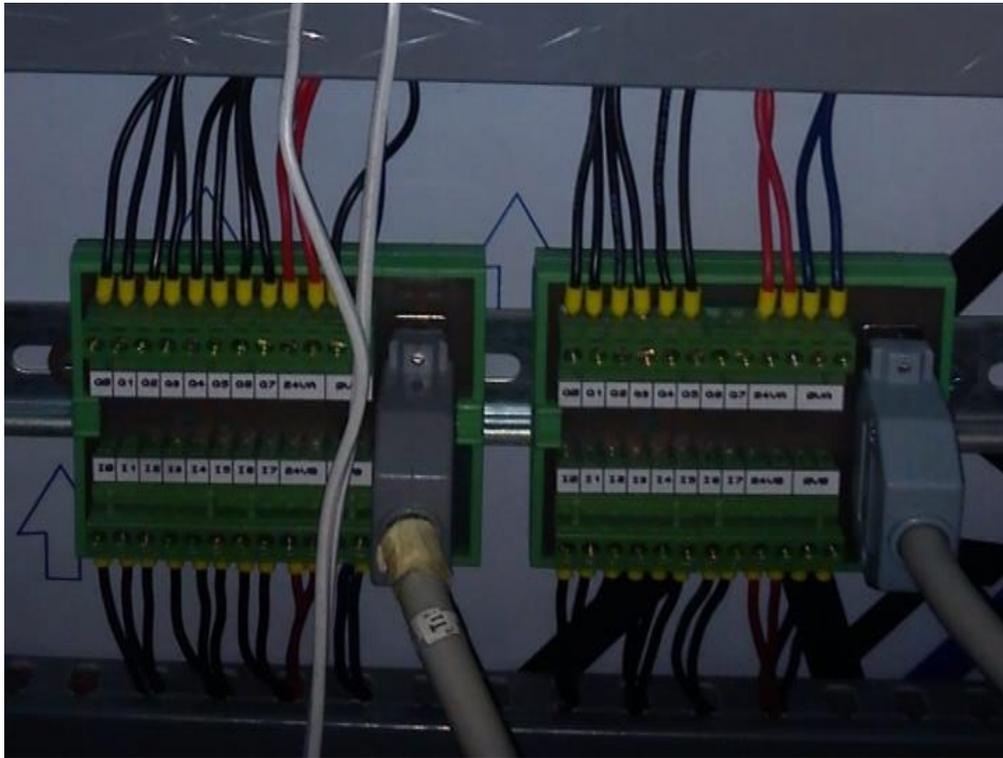


**Ilustración III-23** SISLYNK utilizado en el proyecto

**Fuente:** Los autores

El SISLYNK es una tarjeta electrónica que sirve para realizar la conexión de las entradas y salidas digitales del PLC hacia los diferentes sensores y actuadores, dándole una mejor presentación al tablero de control y una mayor facilidad para manipular los diferentes cables de conexión.

Se usó dos unidades SISLYNK debido a la cantidad de entradas y salidas que dispone la estación.



**Ilustración III-24:** Placa de conexión al PLC

**Fuente:** Los autores

La ilustración III-24 se aprecia la interfaz hacia las entradas y salidas del PLC y dispone de etiquetas que distingue a cada uno de los pines, permite realizar las conexiones de los sensores y actuadores de una manera muy sencilla.

Datos técnicos:

- ✓ Entradas: 8 entradas con led.
- ✓ Salidas: 8 salidas con led.
- ✓ Bornes de 0V: 22
- ✓ Bornes de 24 V: 12
- ✓ Tipo de conexión: admite conexión de sensor tipo PNP (conexión a positivo).

### Circuito electrónico

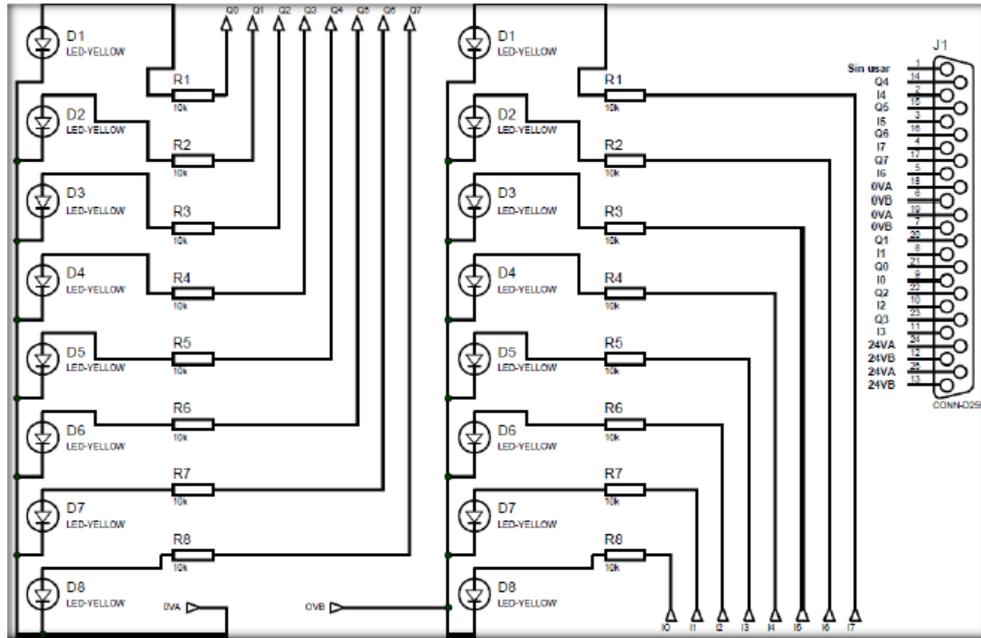


Ilustración III-25: Circuito electrónico

Fuente: Los autores

### Diseño del PCB

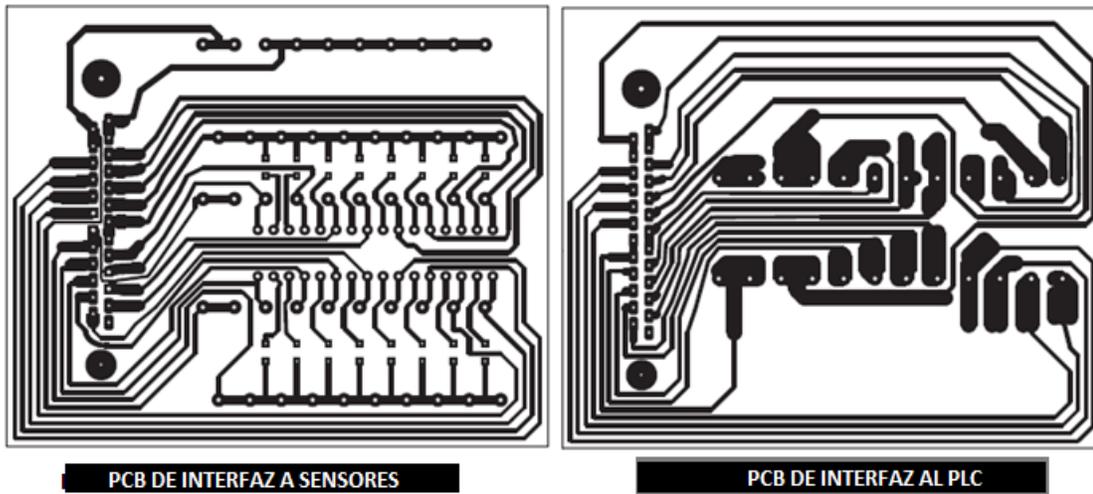


Ilustración III-26: Diseño de PCB

Fuente: Los autores

### **Criterios para seleccionar un sensor:**

Para escoger un sensor primero debemos saber que empleo se le va a dar a ese sensor, al analizar esta situación, deberemos respondernos las siguientes preguntas:

- ✓ ¿Qué anomalías pueden aparecer en el proceso?
- ✓ ¿Qué alteraciones son inadmisibles, para lo cual será inevitable usar un sensor idóneo que pueda realizar el trabajo de una manera confiable?
- ✓ ¿En qué condiciones va a trabajar dicho sensor como por ejemplo polvo, humedad, temperatura, etc.?
- ✓ ¿De qué manera se transmitirán los datos?

### **Aspectos que se deben tomar para seleccionar que sensor es el adecuado para un trabajo determinado:**

- ✓ Tiempos de respuesta, reacción, velocidad de conmutación.
- ✓ Sistema de conexión 2, 3, 4 hilos, etc.
- ✓ Seguridad de funcionamiento.
- ✓ Posibilidad de control automático.
- ✓ Margen de la temperatura de funcionamiento.
- ✓ Precisión de la medición.
- ✓ Resistencia a la corrosión.
- ✓ Duración, vida útil.
- ✓ Propiedades del objeto.
- ✓ Montaje.

- ✓ Distancia de detección.
- ✓ Tensión de funcionamiento.
- ✓ Grado de protección.
- ✓ Disponibilidad.
- ✓ Economía.

### **Sensores inductivos**

Basándonos en los anteriores criterios vamos a establecer una lista de aspectos para adquirir los sensores que van a ser útiles para el proyecto:

- ✓ Se va a trabajar con pallets de aluminio.
- ✓ La tensión de alimentación es de 24 VDC.
- ✓ Distancia de detección del pallet es de 2 mm.
- ✓ Temperatura de operación de 5 a 20 °C.
- ✓ La vida útil del sensor debe ser larga.
- ✓ El diseño del sensor debe ser cilíndrico para poderlo acoplar a los estantes.
- ✓ Diámetro del sensor debe ser de 8-10 mm.
- ✓ Para evitar confusiones al momento de la conexión se va a utilizar un sensor de tres hilos.
- ✓ Necesitamos que los sensores sean resistentes tanto a los golpes, partículas de polvo y pequeñas cantidades de agua.
- ✓ Se debe tener en cuenta que estos sensores existan en el mercado.
- ✓ Máximo consumo de corriente es de 400 mA.

Debido a los criterios mencionados anteriormente se procedió a utilizar 7 sensores inductivos marca SISCK NP 1303 IME08-IB5PSZW2S para detectar la presencia de pallets.

### **Datos técnicos**

Ver anexo 4

### **Sensor magnético**

Basándonos en los anteriores criterios vamos a establecer una lista de aspectos para adquirir los sensores que van a ser útiles para el proyecto:

- ✓ Tiempo de respuesta menor a 2 ms.
- ✓ La tensión de alimentación es de 24 VDC.
- ✓ Consumo máximo de corriente es de 100 mA.
- ✓ Debe ser adecuado para acoplar en el cilindro neumático.
- ✓ Debe ser capaz de detectar la presencia del vástago.
- ✓ Disponible en el mercado.

En base a los criterios mencionados anteriormente se optó por adquirir 2 sensores magnéticos Airtac modelo: CS1 - J, que se encuentran montados en los cilindros de doble efecto y sirven para detectar la posición del vástago.

### **Datos técnicos**

Ver anexo 5

#### 2.4.2. Montaje del tablero de control



**Ilustración III-27:** Montaje del tablero de control

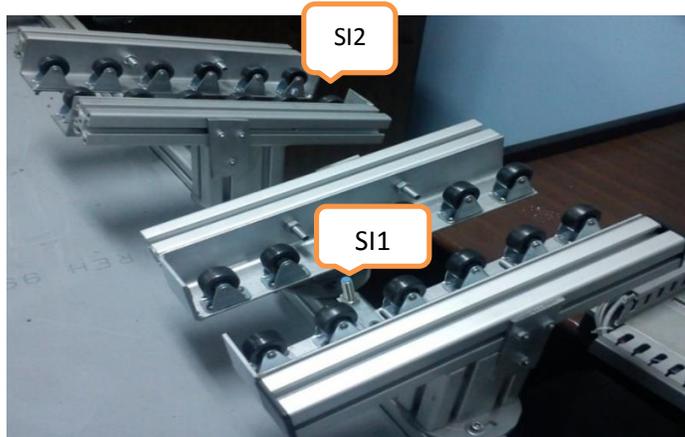
**Fuente:** Los autores

En la ilustración III-27 se aprecia el tablero de control del sistema, donde la fuente de alimentación cumple la función de suministrar energía eléctrica a los diferentes sensores y actuadores, el SISLYNK como se mencionó anteriormente cumple la función de presentar un mejor entorno de trabajo para el programador y además evita daños a los pines de las entradas y salidas del PLC.

Tanto la fuente de alimentación, SISLYNK, electroválvulas, PLC se encuentran montadas sobre riel DIN.

El conductor que se usó en el tablero de control es de calibre #16 THHN flexible marca CABLEC debido a que soporta hasta 12 Amperios según los datos del fabricante y nuestra fuente emite tan solo 5 Amperios y las debidas caídas de tensión.

### 2.4.3. Montaje de sensores inductivos



**Ilustración III-28:** Montaje de sensores inductivos para entrada y salida de pallets

**Fuente:** Los autores

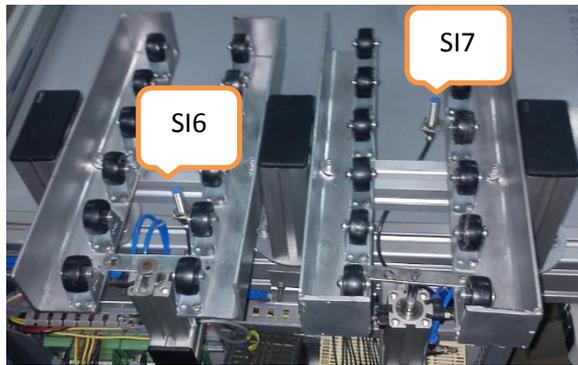
En la ilustración III-28 se muestra la ubicación de los sensores inductivos SI1 y SI2; en el caso del SI1 sirve para detectar la presencia de pallets vacíos que ingresan a la plataforma, y el SI2 detecta pallets con manómetros correctamente ensamblados que salen de la plataforma.



**Ilustración III-29:** Montaje de sensores inductivos para la estantería

**Fuente:** Los autores

En la ilustración III-29 se observa la ubicación de los sensores inductivos 3,4 y 5 que sirven para detectar la presencia de pallets con manómetros, en conjunto forman una bodega para el proceso de producción de manómetros.



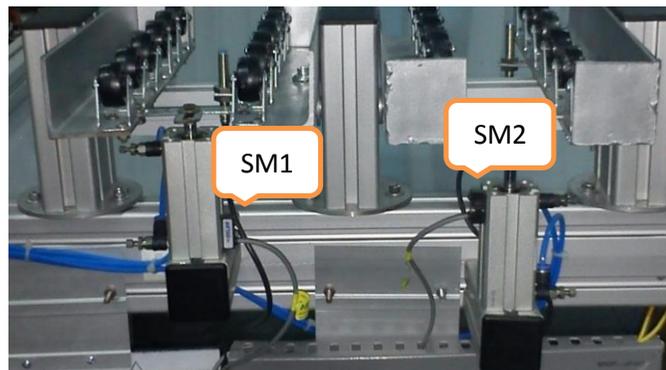
**Ilustración III-30:** Montaje de sensores en el bloque de carga de manómetros

**Fuente:** Los autores

El sensor SI6 se ubicó de tal manera que detecte el pallet, e inmediatamente envié una señal hacia el PLC para poder activar el cilindro que se encuentra en la parte inferior haciendo que el pallet se desplace hacia el interior y pueda ser manipulado por un robot móvil.

El sensor SI7 permite detectar el pallet vacío, y de igual manera que el SI6 envía una señal al PLC para que active el cilindro y posicione al pallet para que sea manipulado por un brazo robótico.

#### 2.4.4. Montaje de los sensores magnéticos

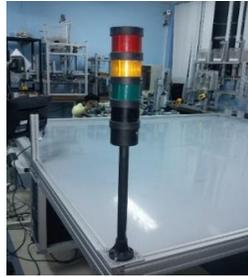


**Ilustración III-31:** Montaje de sensores magnéticos

**Fuente:** Los autores

Como se aprecia en la ilustración III-31 el sistema cuenta con dos sensores magnéticos, SM1 y SM2, que se encuentran montados sobre los cilindros para poder detectar la posición del vástago.

#### 2.4.5. Montaje de la baliza



**Ilustración III-32:** Montaje de la torre de balizas

**Fuente:** Los autores

La torre de balizas se ubicó en un extremo de la plataforma con la finalidad de dar a conocer las diferentes etapas por las que transcurre el proceso de paletizado, donde el foco rojo indicara que el proceso se encuentra paralizado, el foco amarillo una anomalía en el proceso, el verde indica que el proceso se encuentra ejecutando, mientras que el zumbador emite un ruido cuando la bodega se encuentre llena.

#### 2.4.6. Montaje de la baliza giratoria



**Ilustración III-33:** Montaje de la baliza giratoria

**Fuente:** Los autores

La baliza giratoria se encuentra en el extremo derecho del bloque de ingreso de pallets y se activa cuando el sensor inductivo SI1 detecta la presencia de un pallet.

## 2.5. CONTROL Y MONITOREO

Para el control y monitoreo de nuestro sistema se realizó una interfaz hombre máquina HMI que permita visualizar los datos adquiridos mediante el PLC en tiempo real y con un entorno amigable para el usuario.

### Dispositivos

- ✓ PLC.
- ✓ Cable de programación omega.

### PLC

Los principales aspectos que se tomaron en cuenta para la adquisición del PLC fueron:

- ✓ Tensión de trabajo 120 - 240 VAC.
- ✓ Mínimo número de entradas 9.
- ✓ Mínimo número de salidas a relé 8.
- ✓ Puertos Ethernet RJ45 y Serial RS232C/RS485.
- ✓ Salidas a 24 V.
- ✓ Frecuencia de trabajo 50-60 Hz.
- ✓ Disponibilidad.

En base a los aspectos enumerados anteriormente se eligió el PLC Telemecanique TWDLCAE40DRF que nos permite hacer el control de nuestro sistema.

### Datos técnicos

Ver anexo 6.

### 2.5.1. Protocolo de comunicación MODBUS

Desarrollada por la empresa MODICON ha llegado a constituirse es un protocolo de comunicación estándar en la industria, que se encuentra situado en el nivel 7 del modelo OSI y se basa en la arquitectura maestro-esclavo.

Las principales ventajas que presenta este protocolo de comunicación son; relativamente sencillo de implementar, es un protocolo público y permite manejar datos sin suponer restricciones.

Este protocolo es usado para realizar sistemas de supervisión y adquisición de datos (SCADA) mediante la conexión de un computador con una unidad remota (RTU).

### 2.5.2. Programación del PLC telemecanique twdlcae40drf

#### Identificación de entradas y salidas

En la siguiente tabla se presenta cada una de las entradas y salidas con sus respectivas direcciones y una breve descripción de su función.

**Tabla III-III:** Entradas y salidas de la estación de paletizado

<b>E/S</b>	<b>DIRECCIÓN</b>	<b>SIMBOLO</b>	<b>FUNCIÓN</b>
Entrada	I0.3	SI1	Sensor inductivo para entrada de pallets.
Entrada	I0.4	SI2	Sensor inductivo para salida de pallets
Entrada	I0.5	SI3	Sensor inductivo para la bodega 3.
Entrada	I0.6	SI4	Sensor inductivo para la bodega 2.
Entrada	I0.7	SI5	Sensor inductivo para la bodega 1.
Entrada	I0.8	SI6	Sensor inductivo para la entrada de pallets hacia el robot móvil.

Entrada	I0.9	SI7	Sensor inductivo de salida de pallets hacia el brazo robótico.
Entrada	I0.10	SM1	Sensor magnético que detecta la posición del vástago del cilindro 1.
Entrada	I0.11	SM2	Sensor magnético que detecta la posición del vástago del cilindro 2.
Salida	Q0.2	Electroválvula_1	Electroválvula que acciona el cilindro 1 para desplazar el pallet con productos.
Salida	Q0.3	Electroválvula_2	Electroválvula que acciona el cilindro dos para desplazar el pallet vacío.
Salida	Q0.4	Foco_Rojo	Señal luminosa de paro del proceso.
Salida	Q0.5	Foco_Amarillo	Señal luminosa que indica una anomalía.
Salida	Q0.6	Zumbador	Señal acústica que se activa cuando las bodegas se encuentren ocupadas.
Salida	Q0.7	Foco_Verde	Señal luminosa que se indica cuando el proceso se encuentra ejecutando.
Salida	Q0.8	Baliza_Giratoria	Señal luminosa de presencia de pallets en el bloque de entrada.

**Fuente:** Los autores

Con las entradas y salidas correctamente identificadas se procedió a realizar la programación en el software TwidoSuite.

### **Programación en el software twidoSuite.**

TwidoSuite es un software desarrollado para crear, configurar y ejecutar aplicaciones de automatización utilizando PLC de la familia TWIDO de TELEMECANIQUE.

Se caracteriza por disponer de una interfaz de usuario intuitiva y de fácil aprendizaje, además permite crear programas en lenguaje ladder y lenguaje texto.

A continuación se presentan los pasos realizados para programar al autómata.

- Lo primero que se hizo fue descargar el instalador del software desde la página de Schneider Electric.
- Una vez descargado e instalado es necesario registrarse para poder utilizar el software sin ningún inconveniente.
- Para ejecutar el programa es necesario ubicar el icono y hacer doble clic sobre el mismo, apareciendo la siguiente figura.



**Ilustración III-34:** Pantalla de inicio de twidosuite

**Fuente:** Los autores

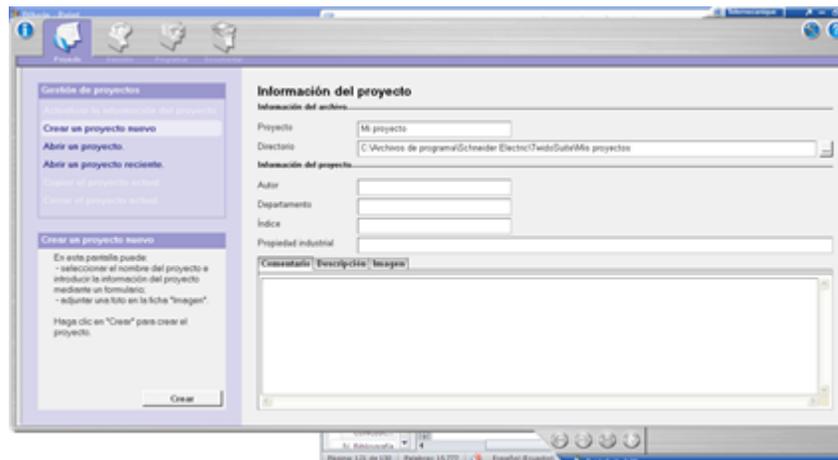
- En la ilustración III-34 se elige “modo programación” e inmediatamente se abre la siguiente ventana (figura III-35) que permite crear, abrir o modificar un proyecto.



**Ilustración III-35:** Pantalla principal de twidoSuite

**Fuente:** Los autores

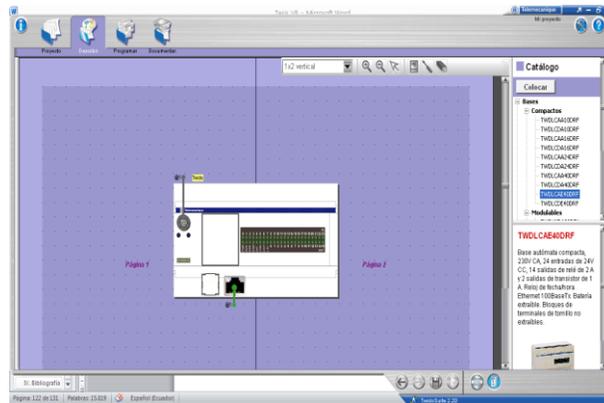
- El siguiente paso crear un proyecto es llenar los campos que presenta la siguiente figura III-36 para posteriormente dar un clic en el icono crear.



**Ilustración III-36:** Pantalla de creación de un nuevo proyecto

**Fuente:** Los autores

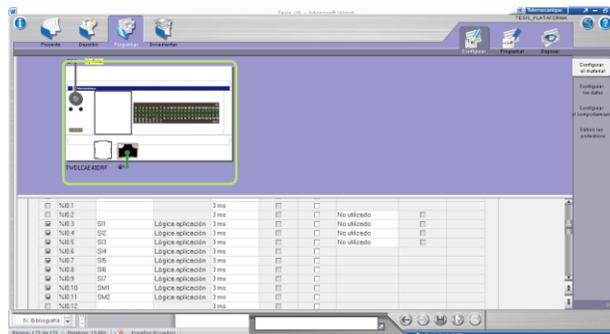
- Con el proyecto creado es necesario describir el PLC o la red que se pretende implementar, para ello se debe escoger y arrastrar el PLC desde el catalogo hacia la ventana de describir.



**Ilustración III-37:** Agregando un dispositivo en twidoSuite

**Fuente:** Los autores

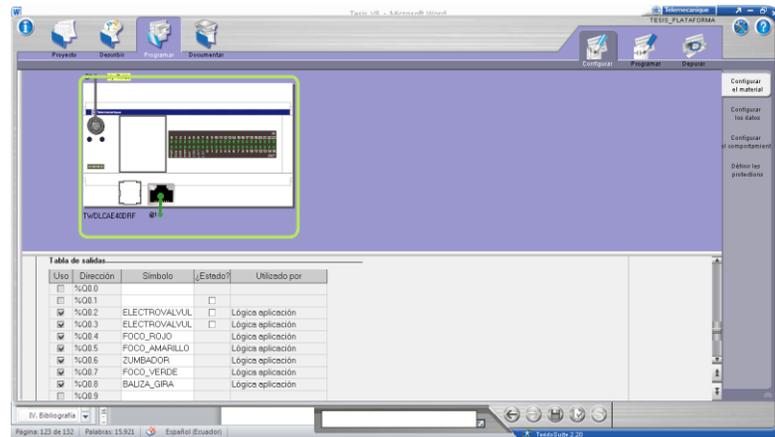
- En este caso el PLC que se utilizó fue el TWDLCAE40DRF que se encuentra ubicado en el catálogo de PLCs compactos.
- El siguiente paso es configurar la red que comunicara al PLC con el ordenador, para esto se utiliza el puerto RJ45 o el puerto COM que posee el autómata.
- Para poder captar las señales físicas es necesario configurar las entradas y salidas que dispone al autómata, la figura III-38 muestra cada una de las entradas que se ocuparon en nuestro proyecto.



**Ilustración III-38:** Configurar entradas en twidoSuite

**Fuente:** Los autores

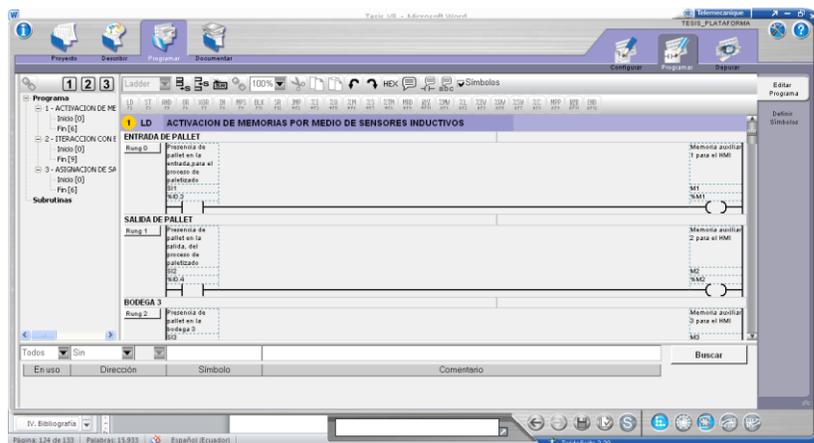
- De igual manera que para las entradas se realizó la configuración para las salidas tal como muestra la figura III-39.



**Ilustración III-39:** Configurar salidas en twidoSuite

**Fuente:** Los autores

- Configurada las E/S se procedió a programar el autómeta en lenguaje ladder.

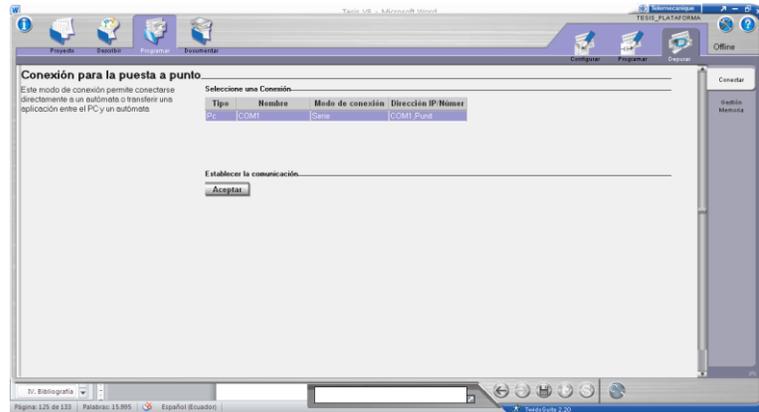


**Ilustración III-40:** Programa ladder en twidoSuite

**Fuente:** Los autores

- Programada la secuencia se realizó un análisis del programa, mediante el icono que se encuentra en el inferior junto al icono para guardar el archivo.

- Con el programa guardado y sin errores es posible realizar la depuración del programa al PLC, para esto hace clic en el icono de depurar e inmediatamente se muestra las conexiones que dispone para lograr realizar tal fin.



**Ilustración III-41** Depurar el programa en twidoSuite

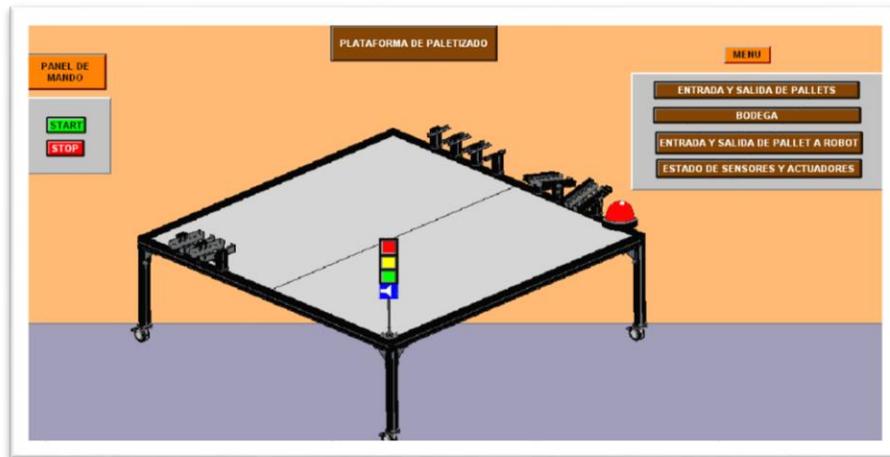
**Fuente:** Los autores

- Se hace clic en aceptar y si no hay ningún inconveniente aparece la ventana donde se puede hacer la transferencia de PC-automata o automata-PC dependiendo del caso.

### 2.5.3. Interfaz hombre maquina (HMI)

Los HMI son interfaces gráficas que permiten realizar el control y monitoreo de un proceso en tiempo real.

Para mostrar el estado de encendido o apagado de los sensores y actuadores de la estación, se realizó la interfaz gráfica en el software LOOKOUT 6.2, ya que es un software amigable con el usuario, relativamente fácil de aprender, se puede comunicar directamente con el PLC, cuenta con funciones que permiten realizar el intercambio de datos mediante varias aplicaciones por ejemplo la comunicación con Excel para poder realizar los datos históricos de los registros que se producen en el sistema.



**Ilustración III-42:** Pantalla principal del HMI

**Fuente:** Los autores

En la figura III- 42 se muestra la pantalla principal del HMI para la estación de paletizado, cuenta con un panel de mando, indicadores luminosos y un menú de opciones que permite observar con mayor detalle cada uno de los bloques.



**Ilustración III-43:** Ingreso y salida de pallet

**Fuente:** Los autores



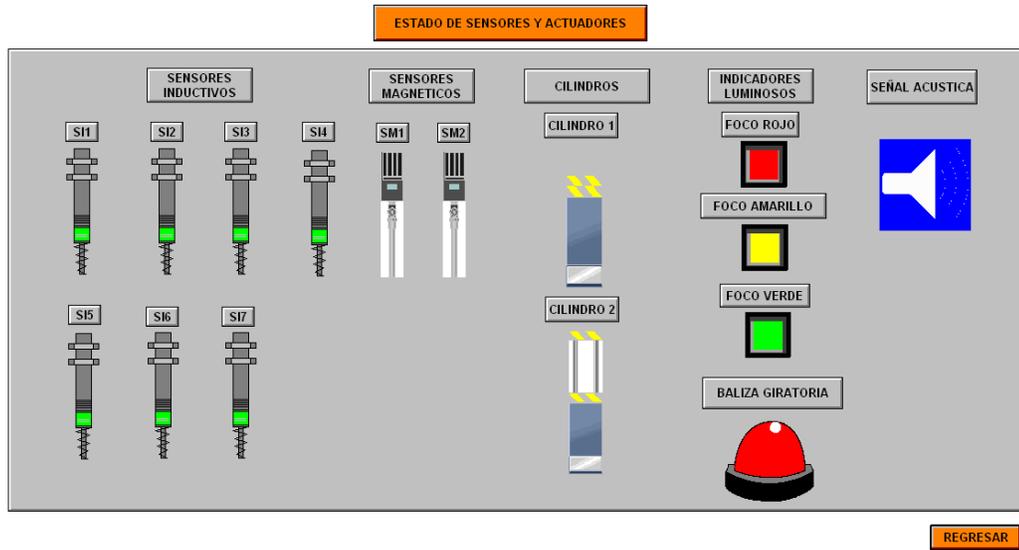
**Ilustración III-44:** Bodega de la estación

**Fuente:** Los autores



**Ilustración III-45:** Bloque de entrada y salida de pallet hacia robot

**Fuente:** Los autores



**Ilustración III-46:** Estado de sensores y actuadores

**Fuente:** Los autores

La interfaz de la figura III-46 permite al usuario verificar el estado de cada uno de los sensores y actuadores.

## **CAPITULO IV**

### **4. PRUEBAS Y RESULTADOS**

#### **4.1 INTRODUCCIÓN**

Una vez concluida la investigación, se logró diseñar e implementar una plataforma controlada por PLC para paletizado de materiales de una línea de montaje, mismo que se encuentra en el laboratorio de redes de la escuela de ingeniería electrónica en control y redes industriales.

Esta plataforma llega a constituirse parte del sistema de producción modular, y tiene como prioridad ser una herramienta de aprendizaje para los estudiantes de la carrera de ingeniería electrónica en control y redes industriales, dicha estación cuenta además con un manual de usuario y un manual de mantenimiento para una mejor comprensión de su funcionamiento.

#### **4.2 PRUEBAS REALIZADAS**

Concluida la implementación fue necesario realizar las pruebas mecánicas, eléctricas y neumáticas.

#### 4.2.1 **Pruebas mecánicas**

Todos los elementos mecánicos que componen la estación de paletizado se encuentran correctamente ubicados, nivelados y calibrados para que al momento que se ejecute el proceso no se produzcan inconvenientes.

De las pruebas mecánicas se determinó que la plataforma se encuentra nivelada a 180° garantizando así una superficie completamente sólida para que el robot móvil pueda desplazarse en el interior de la plataforma.

El bloque de entrada y salida de pallets, permiten que el pallet pueda desplazarse hacia el interior y hacia el exterior sin dificultades.

La bodega que dispone la estación se encuentra correctamente posicionada para que pueda albergar los pallets que se encuentran con productos terminados.

El bloque de entrada y salida de pallets hacia el brazo robótico, gracias a su diseño permite que los actuadores neumáticos realicen el desplazamiento del vástago sin ningún problema, logrando de esta manera posicionar el pallet en el lugar correcto para su manipulación.

#### 4.2.2 **Pruebas eléctricas**

Debido a que varios dispositivos eléctricos se encuentran ubicados a varios metros de distancia fue necesario realizar las pruebas de conductividad desde el tablero de control hacia cada uno de los dispositivos. Una vez montado el tablero de control figura se comprobó que tanto la fuente y el PLC se encuentran alimentadas con 120 VCA, los conectores seriales permiten la correcta comunicación entre la placa de E/S del PLC hacia el SISLYNK.



**Ilustración IV-1:** Tablero de control

**Fuente:** Los autores

El ponchado de cables es otro punto que cabe destacar ya que los mismos facilitan la conexión del SYSLINK con los diferentes sensores y actuadores.

#### 4.2.3 Pruebas neumáticas

Simular el sistema y optimizar los resultados

Haga click sobre el tipo de código del componente que Ud. quiere seleccionar o modificar	
Accionamiento	ADN-20-50-A-P-A
<input type="checkbox"/> Amortiguador	
Válvula de estrangulación de retención	GRLA-M5-QS-4-D
Tubo flexible [Cil. > Válvula]	PUN-4x0,75-BL (0.8 m)
Válvula de vías	CPVSC1-M1H-M-P-M5
Tubo flexible [Fuente > Válvula]	PUN-4x0,75-BL (0.8 m)
Silenciador	

Presión de funcionamiento: 7 bar

Dirección del movimiento:  extender,  retirar,  Ciclo de trabajo completo

**Ilustración IV-2:** Simulación del sistema

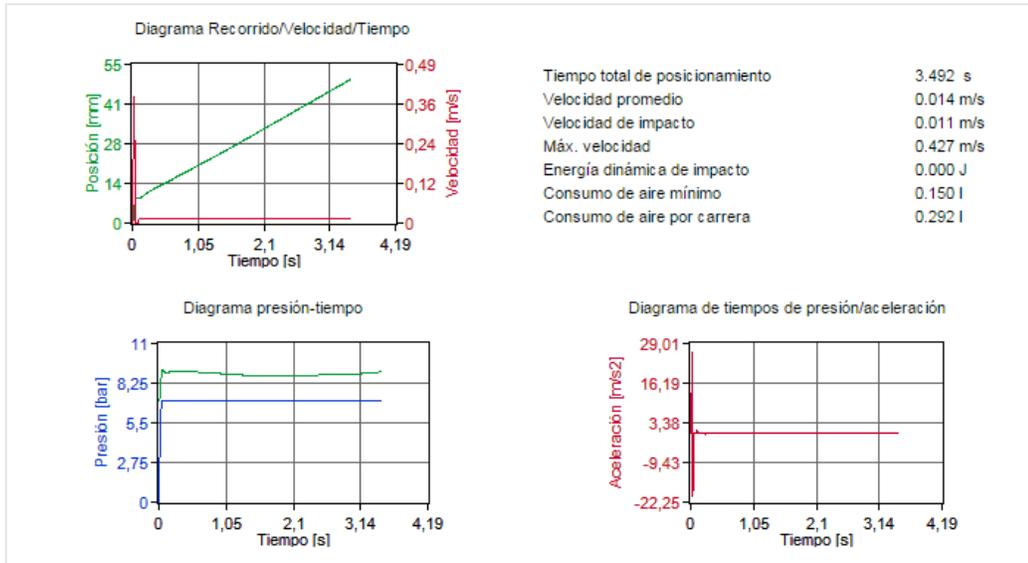
**Fuente:** Los autores

## GSED Resultado de la simulación

Imprimir

< Atrás

Continuar >



< Atrás

Continuar >

**Ilustración IV-3:** Resultados de la simulación

**Fuente:** Los autores

Para un correcto funcionamiento de los actuadores neumáticos se comprobó que todos los elementos que conforman el circuito neumático se encuentren en perfectas condiciones, desde el compresor hacia los cilindros de doble efecto.

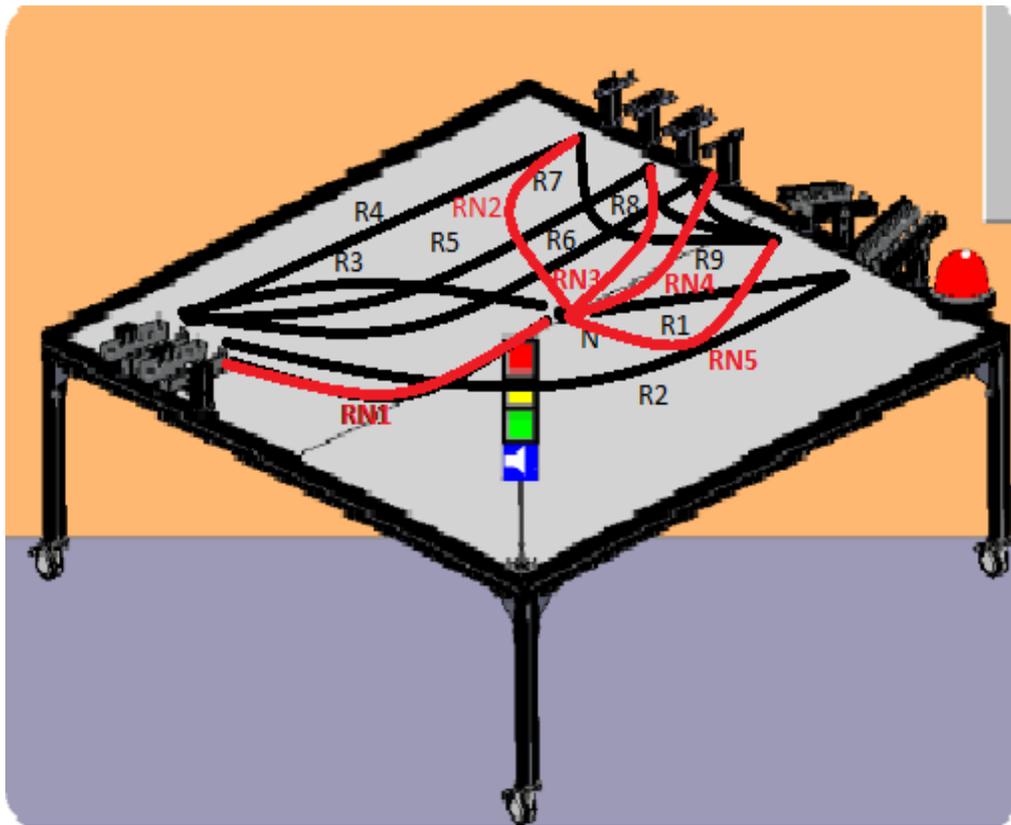
La correcta instalación de los racores y silenciadores, permite que el aire sea conducido sin producir pérdidas de presión.

Al momento de realizar las pruebas se vio la necesidad de regular la presión que ingresa hacia los cilindros neumáticos, ya que el desplazamiento vertical se debe realizar a una velocidad adecuada para que el pallet no sea expulsado hacia el exterior o no se ubique en el lugar adecuado, para esto los reguladores se encuentran calibrados a un 50%.

### 4.3 ANALISIS DE RESULTADOS

#### 4.3.1 Procesamiento de los datos

Para la adquisición de datos se procedió a realizar una prueba que radica en poner al robot móvil en un punto neutral de la plataforma de paletizado y realizar distintos recorridos, los mismos que el robot debe cumplir para el trabajo de paletización.



**Ilustración IV-4:** Recorridos del robot

**Fuente:** Los autores

En la tabla IV-I muestra la toma de tiempos (segundos) para cada uno de los desplazamientos que realiza el robot móvil para cumplir con la tarea de paletizar.

**Tabla IV-I: Tiempos y Recorridos**

RECORRIDO	TIEMPO	EXACTITUD	MICRO MOVIMIENTOS											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	PERSONA		
R1	20	18	17	18	18	17	18	17	18	18	17	22	90%	5
R2	31	30	29	30	29	29	30	29	29	30	29	33	90%	5
R3	18	19	19	18	18	18	18	18	19	19	19	20	90%	5
R4	22	22	22	19	21	20	21	21	20	21	20	21	90%	4
R5	20	21	22	21	21	21	21	20	20	21	21	21	90%	4
R6	18	19	20	19	19	19	20	20	20	20	20	19	90%	4
R7	45	47	44	47	47	46	45	47	45	46	46	46	90%	8
R8	45	45	44	43	44	43	44	43	44	43	43	44	90%	8
R9	40	41	40	40	39	40	40	40	40	39	39	40	90%	8
RN1	17	18	19	17	17	17	18	18	18	17	17	18	90%	4
RN2	19	19	19	19	18	19	18	19	18	18	19	19	90%	4
RN3	18	17	17	18	18	18	17	18	17	17	18	18	90%	4
RN4	17	16	16	17	17	17	17	17	17	16	16	17	90%	4
RN5	14	15	14	15	15	15	14	15	14	15	14	15	90%	3

**Fuente:** Los autores

En la tabla se puede observar que se realizaron 11 pruebas de tiempos por la razón que tenemos un universo de 1 hora, ya que nos basamos en los estándares industriales los cuales nos dicen que se deben realizar las pruebas y los trabajos por hora, como por ejemplo hora máquina y hora hombre.

La tabla consta de 14 recorridos, los mismos que se deben cumplir para el paletizado, y son divididos en tres grupos: R corto que son los recorridos más cortos los cuales van desde R1 hasta R6, R largo que son los recorridos más largos (R7, R8 y R9) y R medio que son los recorridos que van al centro de la plataforma (RN1, RN2, RN3, RN4, RN5).

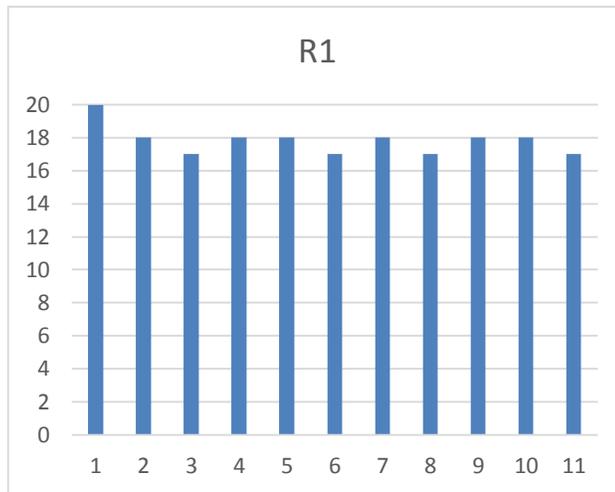
También podemos observar los tiempos de una persona, exactitud de la posición del robot y el micro movimientos que realiza el robot.

En todos los recorridos que se realizan en la plataforma existe una pequeña variación en los tiempos y esta se debe a que la trayectoria que sigue el robot móvil hacia los diferentes puntos son controlados mediante una aplicación en APP INVENTOR tomando como medio de comunicación el sistema Bluetooth.

A continuación se muestran los gráficos de barras de los tiempos de cada recorrido:

En todos los gráficos de barras que se detallan a continuación el eje horizontal representa la cantidad de tiempos que se tomaron como muestra, mientras que el eje vertical representa el tiempo en segundos.

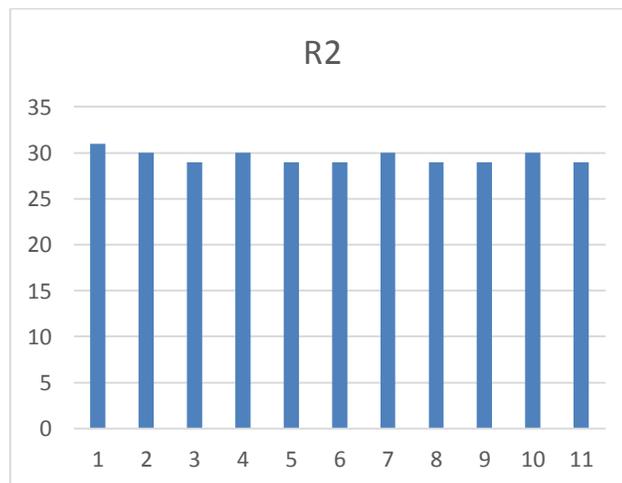
El recorrido R1 se realiza desde el punto neutral de la plataforma hacia la entrada de los pallets.



**Ilustración IV-5:** Recorrido R1

**Fuente:** Los autores

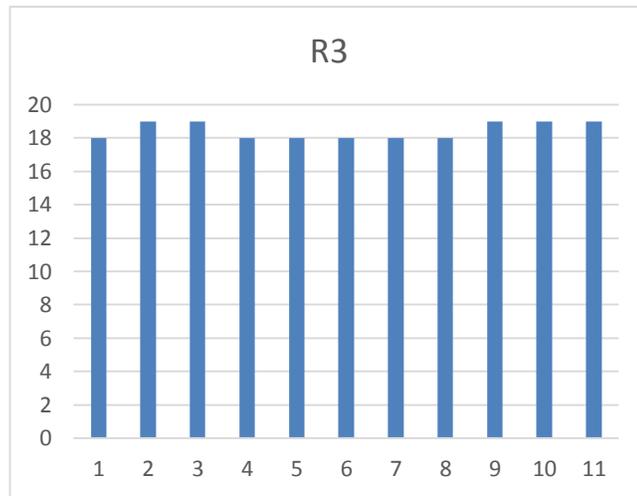
El recorrido R2 se realiza desde la entrada de los pallets hacia la entrada del brazo robótico.



**Ilustración IV-6:** Recorrido R2

**Fuente:** Los autores

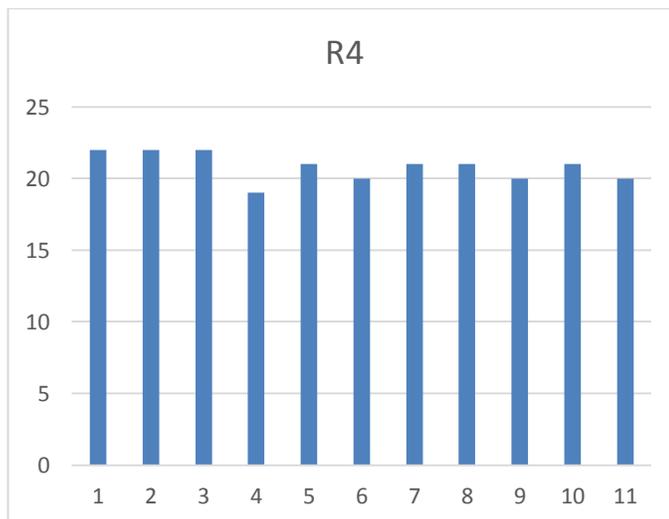
El recorrido R3 se realiza desde el punto neutral de la plataforma hacia la salida del brazo robótico



**Ilustración IV-7:** Recorrido R3

**Fuente:** Los autores

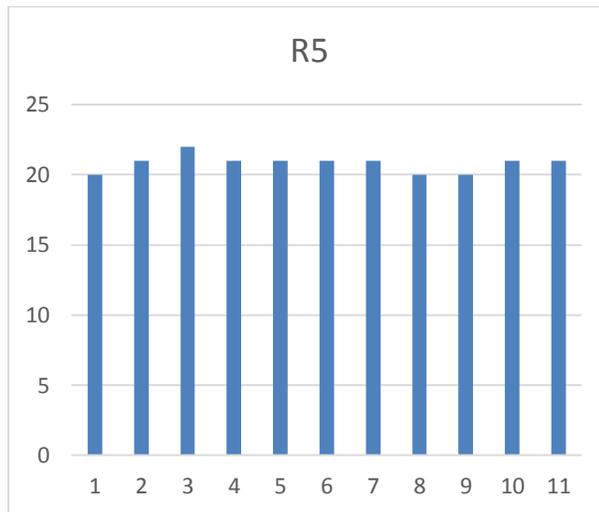
El recorrido R4 se realiza desde la salida del brazo robótico hacia la bodega 1.



**Ilustración IV-8:** Recorrido R4

**Fuente:** Los autores

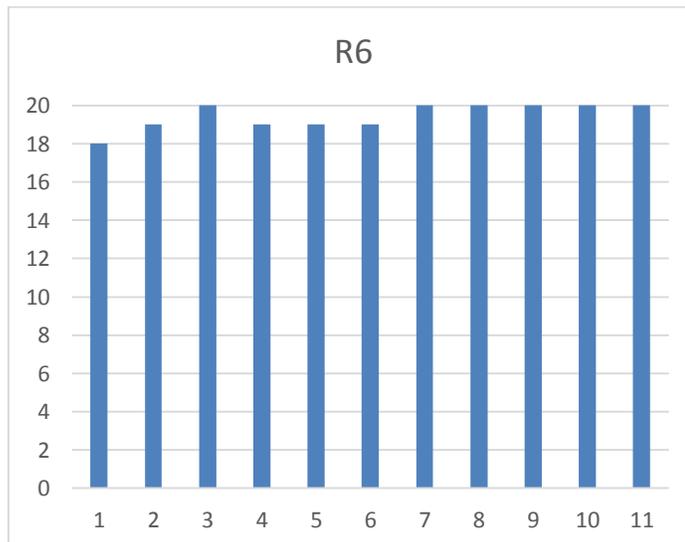
El recorrido R5 se realiza desde la salida del brazo robótico hacia la bodega 2.



**Ilustración IV-9:** Recorrido R5

**Fuente:** Los autores

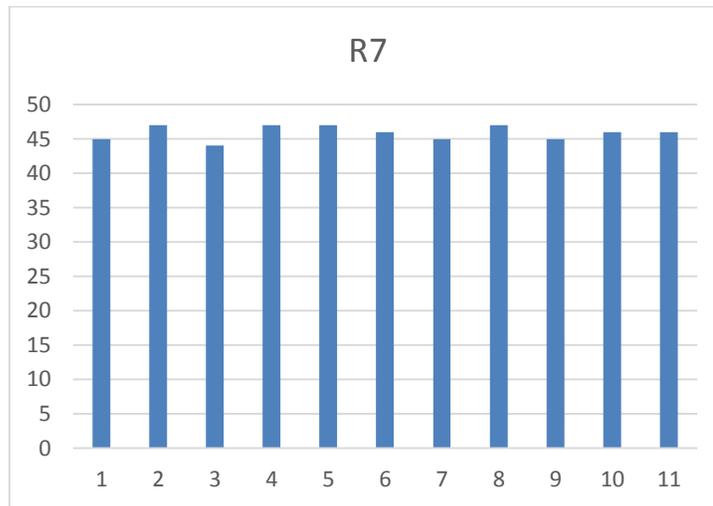
El recorrido 6 se realiza desde la salida del brazo robótico hacia la bodega 3.



**Ilustración IV-10:** Recorrido R6

**Fuente:** Los autores

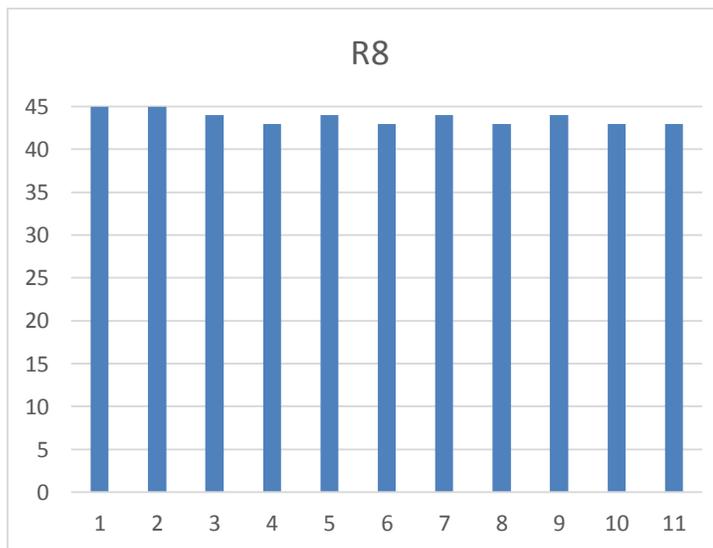
El recorrido R7 se realiza desde la bodega 1 hacia la salida de pallets.



**Ilustración IV-11:** Recorrido R7

**Fuente:** Los autores

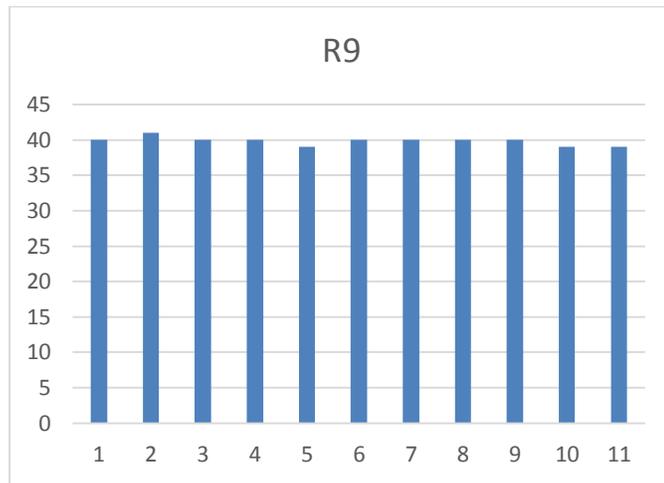
El recorrido R8 se realiza desde la bodega 2 hacia la salida de pallets.



**Ilustración IV-12:** Recorrido R8

**Fuente:** Los autores

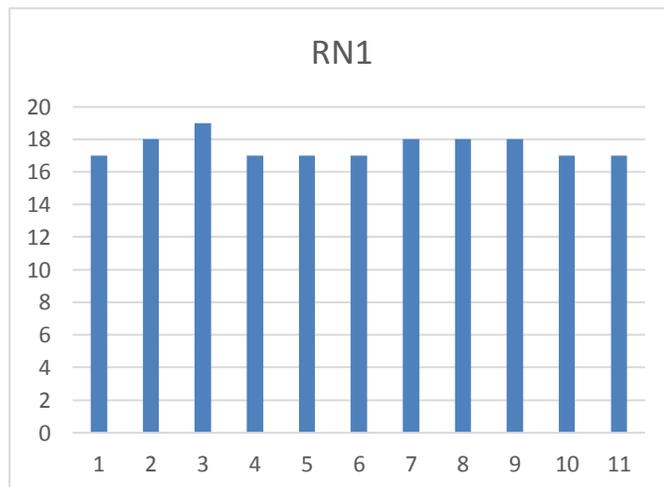
El recorrido R9 se realiza desde la bodega 3 hacia la salida de pallets.



**Ilustración IV-13:** Recorrido R9

**Fuente:** los autores

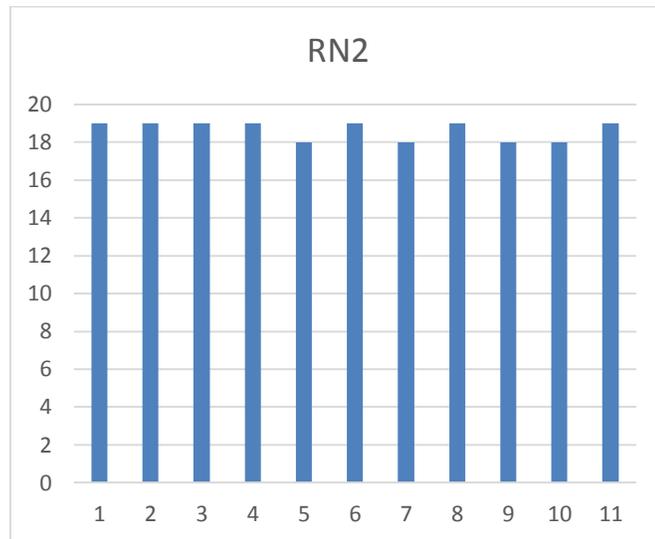
El recorrido RN1 se realiza desde la entrada del brazo robótico hacia el punto neutral de la plataforma.



**Ilustración IV-14:** Recorrido RN1

**Fuente:** Los autores

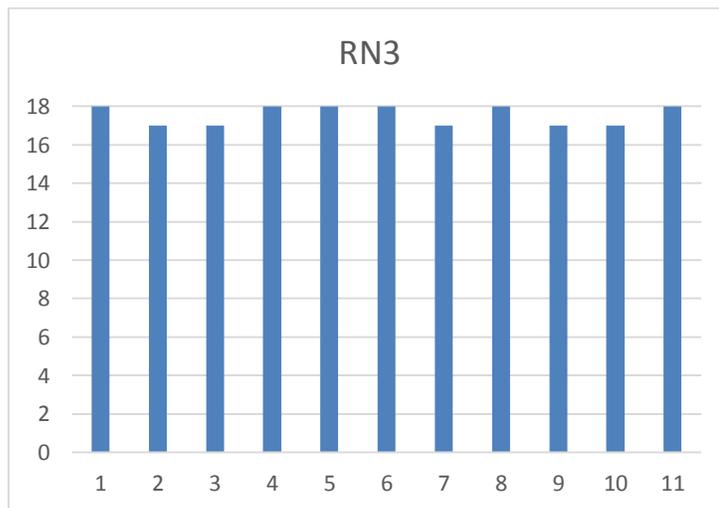
El recorrido RN2 se realiza desde la bodega 1 hacia el punto neutral de la plataforma



**Ilustración IV-15:** Recorrido RN2

**Fuente:** Los autores

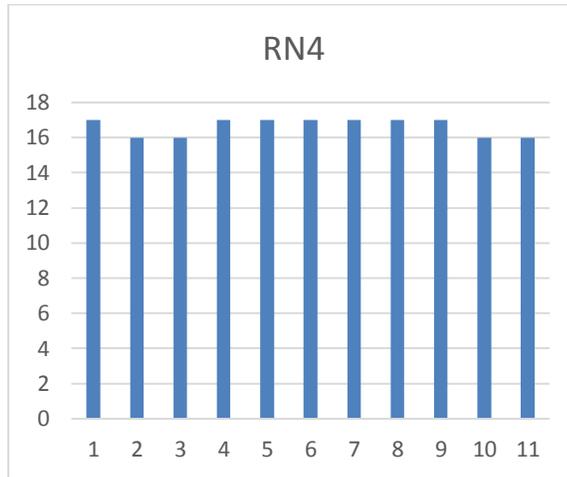
El recorrido RN3 se realiza desde la bodega 2 hacia el punto neutral de la plataforma



**Ilustración IV-16:** Recorrido RN3

**Fuente:** Los autores

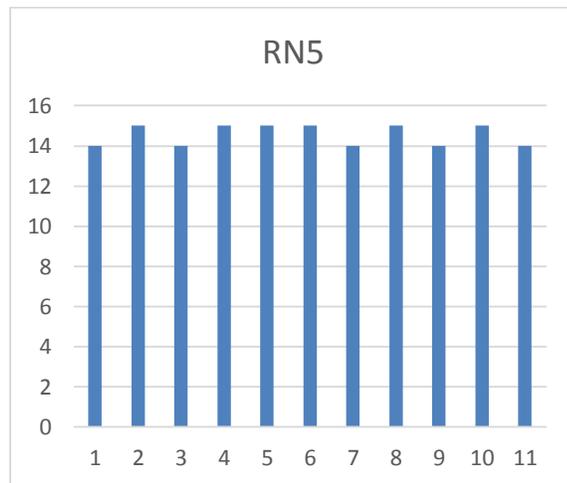
El recorrido RN4 se realiza desde la bodega 3 hacia el punto neutral de la plataforma



**Ilustración IV-17:** Recorrido RN4

**Fuente:** Los autores

El recorrido RN5 se realiza desde la salida de pallets hacia el punto neutral de la plataforma



**Ilustración IV-18:** Recorrido RN5

**Fuente:** Los autores

#### 4.3.2 Resultados

- Hi: El diseño e implementación de una plataforma de paletizado controlada por PLC, para el sistema de producción modular optimizará el proceso de paletizado de materiales del sistema de montaje.
- Ho: El diseño e implementación de una plataforma de paletizado controlada por PLC, para el sistema de producción modular no optimizará el proceso de paletizado de materiales del sistema de montaje.

El nivel de significancia utilizada es el 5% y verificando la tabla del Chi cuadrado se obtiene un valor teórico de 5.9915.

Es imprescindible mencionar que para considerar que una trayectoria se considera satisfactorio el promedio de cada uno de los 11 tiempos en R corto debe ser igual a 21 segundos, en R largo igual a 43 segundos y en R medio igual a 17 segundos, caso contrario el promedio que no se encuentre en esos valores se los considera como no satisfactorios.

Nos basaremos en el Chi Cuadrado para la comprobación de la hipótesis planteada, partiendo de los datos obtenidos.

**Tabla IV-II:** Valores esperados

	SATISFACTORIO	NO SATISFACTORIO	TOTAL
R corto	7	4	11
R largo	10	1	11
R medio	11	0	11
TOTAL	28	5	33

**Fuente:** Los autores

**Grados de libertad:**  $(\text{fila} - 1) * (\text{columna} - 1) = 2$

Luego calculamos la frecuencia esperada.

### Frecuencia esperada

**Tabla IV-III:** Frecuencia esperada

<b>FRECUENCIA ESPERADA</b>	<b>Fe satisfactorio</b>	<b>Fe insatisfactorio</b>	<b>Total</b>
Rcorto	9,33	1,67	11
Rlargo	9,33	1,67	11
Rmedio	9,33	1,67	11
<b>TOTAL</b>	<b>28</b>	<b>5</b>	<b>33</b>

**Fuente:** Los autores

### Comprobación de la Hipótesis

Utilizamos la fórmula del Chi Cuadrado:  $X_c^2 = \sum (fo - fe)^2 / fe$

**Tabla IV-IV:** Chi cuadrado

	<b>Frecuencia observada(fo)</b>	<b>Frecuencia esperada(fe)</b>	<b>(fo-fe)^2/fe</b>
Rcorto	7	9,33	0,58333333
	4	1,67	3,26666667
Rlargo	10	9,33	0,04761905
	1	1,67	0,26666667
Rmedio	11	9,33	0,29761905
	0	1,67	1,66666667
<b>Chi cuadrado</b>			<b>6,12857143</b>

**Fuente:** Los autores

Después de haber realizado los respectivos cálculos se obtuvo un Chi Cuadrado de 6,12857143 el mismo que es mayor al Chi Cuadrado teórico de 5.9915, por tal motivo se acepta la Hipótesis planteada  $H_1$  y se anula la Hipótesis nula  $H_0$ .

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **Conclusiones**

- Se consiguió cumplir el principal objetivo que era “diseñar e implementar una plataforma controlada por PLC para paletizado de materiales de una línea de montaje”, mismo que se encuentra en el laboratorio de Redes Industriales de la Escuela de Ingeniería Electrónica en Control y Redes Industriales, y forma parte del sistema de producción modular.
- El estudio previo realizado, fue de gran ayuda para establecer las dimensiones y características de la plataforma de paletizado, de esta manera se optimizó los recursos utilizados en el presente proyecto.
- Los dispositivos utilizados para la implementación resultaron ser los idóneos ya que permiten que el proceso se desarrolle con total normalidad.
- La interfaz gráfica realizada permite que el usuario pueda controlar y al mismo tiempo monitorear cada una de las etapas para el proceso de paletizado.
- El HMI permite guardar datos históricos de la bodega para posteriormente poder realizar tabulaciones mediante EXCEL.
- La plataforma se incorporó con los demás módulos del laboratorio de tal manera que cumple los principios de KANBAN ya que permite visualizar tanto los productos que existen para la distribución como para la elaboración.

## Recomendaciones

- Al momento de adquirir un dispositivo es muy importante consultar la hoja de datos técnicos (datasheet) que dispone el mismo, ya que ayuda a despejar las dudas sobre su funcionamiento
- Al momento de trabajar con la estación se hace imprescindible consultar el manual de usuario que dispone el sistema, de esta manera se evita realizar acciones que puedan ocasionar daños a los diferentes elementos y dispositivos.
- Realizar la conexión de los dispositivos electrónicos con el mayor de los cuidados, ya que estos son muy sensibles y se pueden dañar.
- Cuando un cilindro no realice el desplazamiento adecuado, cerciorarse que la presión de aire que ingresa al sistema sea el apropiado (8 bares).
- Se debe utilizar los cables de conexión correctos entre las tarjetas de adquisición de datos, ya que si se utiliza otro tipo de cable se puede polarizar mal todo el sistema eléctrico y electrónico.
- Al momento de trabajar con las maquinas que se encuentran en el laboratorio, se debe utilizar los diferentes equipos de protección necesarios.
- Se debe trabajar con un robot móvil apropiado para la plataforma de paletizado, ya que si se utiliza otro tipo de robot los resultados no serán los esperados.
- Utilizar el calibre adecuado del conductor para evitar la pérdida de energía por caída de tensión.

## RESUMEN

Diseño e implementación de una plataforma (estación) controlada por PLC, para paletizado de materiales de una línea de montaje en el laboratorio de Redes Industriales de la EIE-CRI de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo para practicas estudiantiles.

La plataforma (estación), fue diseñada con software CAD SOLIDWORKS que permitió determinar las dimensiones, características y capacidad, además se pudo determinar que el aluminio estructural, el aluminio compuesto y el platino son materiales adecuados para la construcción (implementación) de la plataforma, los mismos que fueron utilizados en esta investigación.

Se aplicó métodos experimental e investigativo y técnicas de lógica cableada, lógica programada y control automático.

La plataforma (estación) está conformado por tres bloques, el primero se encarga de la entrada y salida de pallets, el segundo es una bodega conformada por tres estantes, el tercero es un sistema neumático de entrada y salida de pallets hacia el brazo robótico, todos los bloques cuentan con sensores inductivos que permiten detectar la ausencia o presencia de pallets, la estación se automatizo mediante un PLC TWDLCAE40DRF programado en el software TWIDOSUITE y la interfaz de control HMI se realizó en LOOKOUT 6.2.

El análisis estadístico estableció realizar 11 pruebas en base a tiempos y recorridos para comprobar el funcionamiento de la plataforma, donde los 10 fueron óptimos, alcanzando una efectividad del 90.9% demostrándose que la plataforma optimiza el proceso de paletizado. Se recomienda realizar el mantenimiento de la plataforma de manera periódica.

## SUMMARY

Design and implementation of a platform (station) controlled by PLC, for palletized materials of an assembly line in the laboratory of industrial networks of EIE-CRI of the ESPOCH for student practice.

The platform (station) was designed with software CAD SOLIDWORKS which allowed determination the dimensions, characteristics and capacity, also we can determined that the structural aluminum, aluminum compound and platinum are appropriate materials for the construction of the platform, they were used in this research.

In the research we applied experimental and investigative methods, wired and programmed logic and automatic control.

The platform hast three blocks: the first is responsible of the input and output of pallets, the second is a stowage which has three shelves and the last one is a pneumatic system of entry and exit of pallets to the robotic arm, all blocks have inductive sensors that detect the presence of absence or pallets, the station was automated using a PLC TWDLCAE40DRF programmed in the software TWIDOSUITE and the interface control HMI was performed in LOOKOUT 6.2.

Statistical analysis established 11 tests based on times and routes to check the operation of the platform, where they were optimal achieving 90.9% demonstrating effectiveness in the palletizing process. We recommend make servicing to the platform.

# **ANEXOS**

# **ANEXO 1**

## **DATOS TÉCNICOS DE LA UNIDAD DE MANTENIMIENTO**

# Preparation unit—Filter & regulator



GFR Series



## Specification

Model	GFR200-06	GFR200-08	GFR300-08	GFR300-10	GFR300-15	GFR400-10	GFR400-15	GFR600-20	GFR600-25
Fluid	Air								
Port size	1/8"	1/4"	1/4"	3/8"	1/2"	3/8"	1/2"	3/4"	1"
Filtering grade	40 μm or 5 μm								
Pressure range	Semi-auto and automatic drain: 0.15-0.9MPa(20-130Psi) Manual drain: 0.05-0.9MPa(7-130Psi)								
Proof pressure	1.5 MPa(215Psi)								
Temperature range	-20-70°C								
Capacity of drain bowl	10CC		40CC			80CC		230CC	
Weight	220g		500g			1030g		2400g	

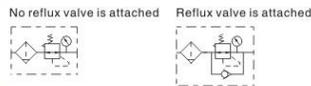
## Ordering code

GFR200 — 08 — M — L — □ — □ — F — 1 — W — P — K

<b>Model</b> GFR200: G200 Series filter-regulator GFR300: G300 Series filter-regulator GFR400: G400 Series filter-regulator GFR600: G600 Series filter-regulator	<b>Port size</b> 06: 1/8" 08: 1/4" 10: 3/8" 15: 1/2" 20: 3/4" 25: 1"	<b>Drain type</b> Blank: Semi-auto drain M: Manual drain A: Automatic drain ①	<b>Pressure gauge</b> Blank: Pressure gauge N: No pressure gauge	<b>Filtering grade</b> Blank: 40 μm W: 5 μm	<b>Thread</b> P: PT T: NPT G: G	<b>Accessories</b> Blank: Bracket J: No bracket	<b>Scale</b> 1: MPa 2: psi 3: bar	<b>Code of reflux valve</b> Blank: No reflux valve is attached K: Reflux valve is attached
<b>Type code</b> Blank: Standard L: Lower pressure ②		<b>Pressure gauge shape</b> F: Square C: Circular						

① The function of automatic drain is not available for GFR200 series;  
② The maximum work pressure of lower pressure type is 0.4MPa(58psi).

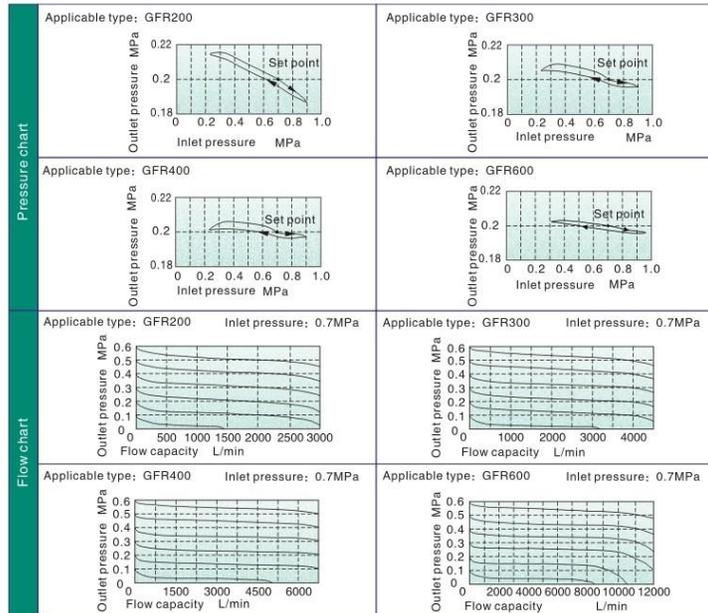
## Symbol



## Product feature

1. Embedded square pressure gauge is used to save installation space. (External circular pressure gauge is also optional.)
2. The pressed-in self-locking mechanism can prevent the abnormal movement of the set pressure caused by external interfere;
3. Balanced design is adopted for the pressure adjustment mechanism.
4. In addition to standard type, lower pressure type is optional (The highest adjustable pressure is 0.4MPa);
5. Unique diversion structure makes air flowing through properly rotate, which can more effectively separate the liquid from gas and reliably filter the solid grain;
6. The filtering grade includes 5 μm and 40 μm (optional);
7. Three drain types are available: manual drain, semi-auto drain and automatic drain.
8. The bracket can be selected for installation.

## Pressure and feature of flow



# Preparation unit—Filter & regulator

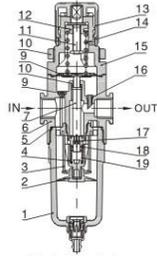
**AIRTAC**

GFR Series

## Inner structure and material of major parts

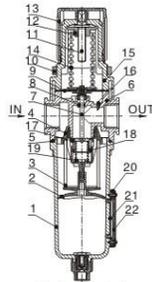
## Selection of drain mode

### GFR200



Semi-Auto drain

### GFR600



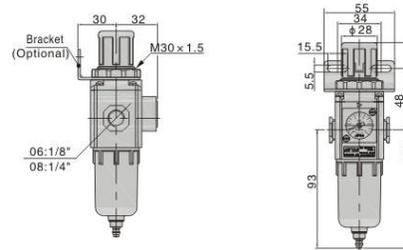
Semi-Auto drain

G200		G300		G400		G600	
Manual drain	Semi-auto drain	Manual drain	Semi-auto drain	Semi-auto drain		Automatic drain	
				G300:G1/8 G400:600:G1/4	G300:G1/8 G400:600:G1/4	G300:G1/8 G400:600:G1/4	

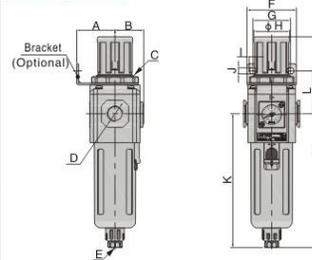
PU tube with an inner diameter of  $\phi 5$  or  $\phi 5.5$ mm is recommended

## Dimensions

### GFR200



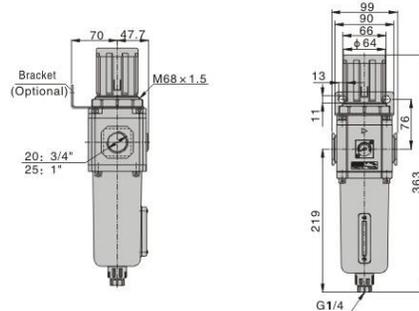
### GFR300 GFR400



Model/Item	A	B	C	D	E	F
GFR300-08	41	31	M40 x 1.5	1/4"	G1/8	53
GFR300-10	41	31	M40 x 1.5	3/8"	G1/8	53
GFR300-15	41	31	M40 x 1.5	1/2"	G1/8	53
GFR400-10	50	40	M55 x 2.0	3/8"	G1/4	72
GFR400-15	50	40	M55 x 2.0	1/2"	G1/4	72

Model/Item	G	H	I	J	K	L	M
GFR300-08	40	38	8	6.5	143	46	225.5
GFR300-10	40	38	8	6.5	143	46	225.5
GFR300-15	40	38	8	6.5	143	46	225.5
GFR400-10	52	52	11	8.5	166.5	53	270.5
GFR400-15	52	52	11	8.5	166.5	53	270.5

### GFR600



NO	Item	Material
1	Drain bowl	Aluminum alloy (GFR600) PC(Other)
2	Umbrella baffle	High viscosity POM
3	Filter core	Agglomerated by brass grain(40 $\mu$ m) Agglomerated by bronze grain(GFR600) Makroton fiber: (5 $\mu$ m)
4	Air guider	High viscosity POM
5	O-ring	NBR
6	Body of filter & regulator	Aluminum alloy
7	Adjusting spool	Brass(GFR600)/POM(other)
8	O-ring	NBR
9	Diaphragm	SUS304 & Rubber
10	Fixation ring cap	Aluminum alloy (GFR600)/PC(Other)
11	Adjusting spindle	Steel
12	Regulator nut	Steel
13	Pressure knob	POM
14	Spring	SWC
15	Adjusting Seat	Aluminum alloy (GFR600)/PC(Other)
16	Feedback tube	POM
17	Adjusting plug	Brass & Rubber
18	O-ring	NBR
19	Spring	SUS304
20	Liquid meter cover	SPCC
21	Liquid meter seal	VITON
22	Liquid meter inside cover	PC

## **ANEXO 2**

### **DATOS TÉCNICO DE LA ELECTRÓVALVULA 5/2**

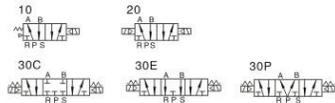
# Solenoid valve ( 5/2 、 5/3 way )



4V100 Series



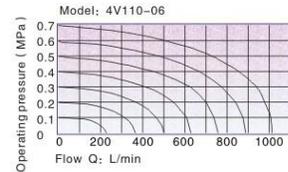
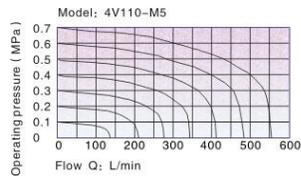
### Symbol



### Product feature

1. Pilot-oriented mode: optional for internal or external;
2. Structure in sliding column mode: good tightness and sensitive reaction;
3. Three position solenoid valves have three kinds of central function for your choice;
4. Double control solenoid valves have memory function;
5. Internal hole adopts special processing technology which has little attrition friction, low start pressure and long service life;
6. No need to add oil for lubrication;
7. It is available to form integrated valve group with the base to save installation space;
8. Affiliated manual devices are equipped to facilitate installation and debugging;
9. Several standard voltage grades are optional;

### Flow chart



### Specification

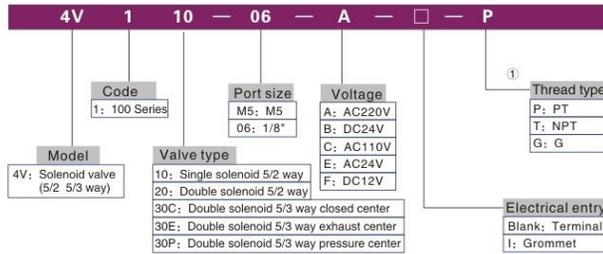
Model	4V110-M5 4V120-M5	4V130C-M5 4V130E-M5 4V130P-M5	4V110-06 4V120-06	4V130C-06 4V130E-06 4V130P-06
Fluid	Air( to be filtered by 40um filter element)			
Acting	Piloted			
Port size ①	In=Out=M5		In=Out =1/8"	
Orifice size	5.5mm <sup>2</sup> (Cv=0.31)	5.0mm <sup>2</sup> (Cv=0.28)	12.0mm <sup>2</sup> (Cv=0.67)	9.0mm <sup>2</sup> (Cv=0.50)
Valve type	5 port 2 position	5 port 3 position	5 port 2 position	5 port 3 position
Operating pressure	0.15~0.8MPa(21~114Psi)			
Proof pressure	1.5MPa(215Psi)			
Temperature ℃	-20~70			
Material of body	Aluminum alloy			
Lubrication ②	Not required			
Max. frequency ③	5 cycle/sec	3 cycle/sec	5 cycle/sec	3 cycle/sec
Weight	4V110-M5:120g 4V120-M5:175g	200g	4V110-06:120g 4V120-06:175g	200g

- ① PT thread、NPT thread and G thread are available;  
 ② It can not stop in the midway of lubricating. Lubricants like ISO VG32 or equivalent are recommended.  
 ③ The maximum actuation frequency is in the no-load state.

### Coil specification

Item	Specification
Standard voltage	AC220V、AC110V、AC24V、DC24V、DC12V
Scope of voltage	AC: ±15% DC: ±10%
Power consumption	AC: 2.5VA DC : 2.5W
Protection	IP65 ( DIN40050 )
Temperature classification	B Class
Electrical entry	Terminal、Grommet
Actuating time	0.05 sec and below

### Ordering code



- ① When the thread is M5 type, the code is blank.  
 Please refer to PI-34 for manifold specification and the order way.

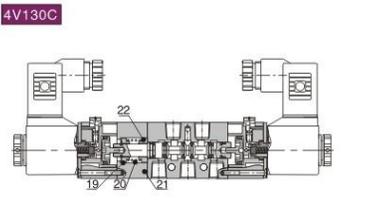
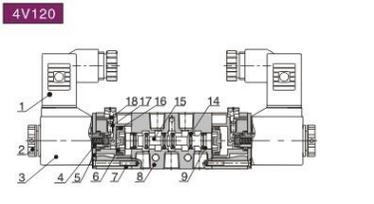
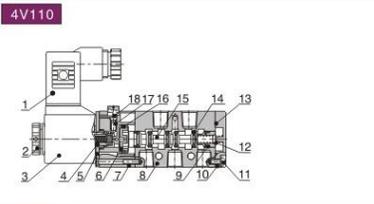


# Solenoid valve ( 5/2 、 5/3 way )

**AIRTAC**

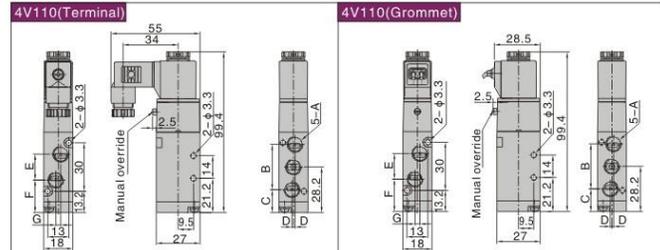
4V100 Series

## Inner structure

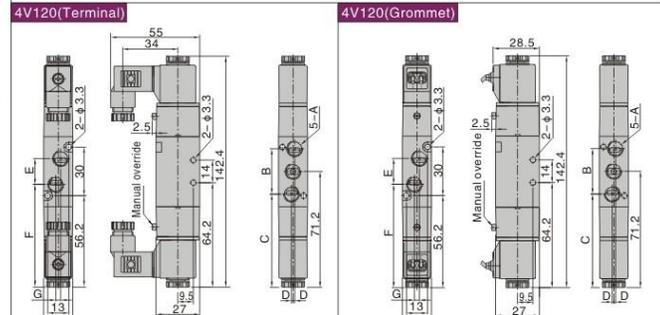


NO.	Item	NO.	Item	NO.	Item
1	Connector	9	Wear ring	17	Override spring
2	Coil nut	10	Bottom cover	18	Manual override
3	Coil	11	Fixed screw	19	Spring holder
4	Armature	12	Spool spring	20	Return spring
5	Fixed plate	13	Bottom cover gasket	21	Side cover
6	Piston	14	Spool O-ring	22	Spring holder
7	Pilot kit	15	Spool		
8	Body	16	Piston O-ring		

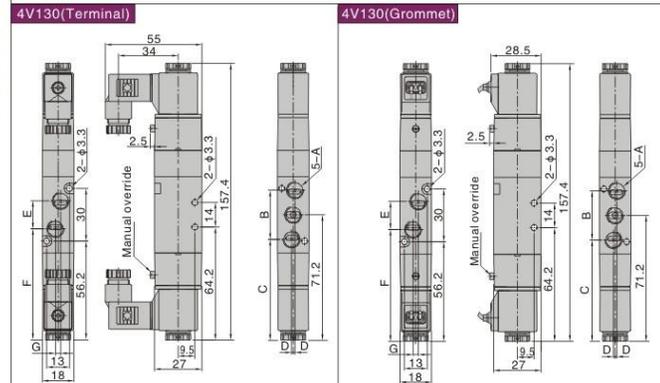
## Dimensions



Model/Item	A	B	C	D	E	F	G
4V110-M5	M5 x 0.8	27	14.7	0	14	21.2	0
4V110-06	1/8"	28	14.2	1	16	20.2	3



Model/Item	A	B	C	D	E	F	G
4V120-M5	M5 x 0.8	27	57.7	0	14	64.3	0
4V120-06	1/8"	28	57.2	1	16	63.2	3



Model/Item	A	B	C	D	E	F	G
4V130-M5	M5 x 0.8	27	57.7	0	14	64.3	0
4V130-06	1/8"	28	57.2	1	16	63.2	3

# **ANEXO 3**

## **DATOS TÉCNICOS DEL CILINDRO NEUMÁTICO**



# Compact cylinder—SDA Series

## Installation and application

- When load changes in the work, the cylinder with abundant output capacity shall be selected;
- Relative cylinder with high temperature resistance or corrosion resistance shall be chosen under the condition of high temperature or corrosion;
- Necessary protection measure shall be taken in the environment with larger humidity, much dust or water drops, oil dust and welding dregs;
- Dirty substances in the pipe must be cleared away before cylinder is connected with pipeline to prevent the entrance of sundries into the cylinder;
- The medium used by cylinder shall be filtered by the filter core of above 40um;
- As both of the front cover and piston of the cylinder are short, typically too large stroke can not be selected;
- Anti-freezing measure shall be adopted under low temperature environment to prevent moisture freezing;
- The cylinder shall avoid the influence of side load in operation to maintain the normal work of cylinder and extend the service life;
- If the cylinder is dismantled and stored for a long time, please conduct anti-rust treatment to the surface. Anti-dust jam cap shall be added in air intake and outlet orifices. The front and back cover can not be dismantled, which shall be especially noticed.

## Criteria for selection: Cylinder thrust

Unit: Newton ( N )

Bore size(mm)	Rod size (mm)	Acting type	Pressure area(mm <sup>2</sup> )	Operating pressure MPa						
				0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7
12	6	Single acting-Push type	113.1	--	12.6	23.9	35.2	46.5	57.9	69.2
		Single acting-Pull type	84.8	--	7.0	15.4	23.9	32.4	40.9	49.4
		Double acting Push side	113.1	--	22.6	33.9	45.2	56.5	67.9	79.2
		Double acting Pull side	84.8	--	17.0	25.4	33.9	42.4	50.9	59.4
16	6	Single acting-Push type	201.1	--	20.2	40.3	60.4	80.5	100.6	120.7
		Single acting-Pull type	172.8	--	14.6	31.8	48.1	64.4	80.7	97.0
		Double acting Push side	201.1	--	40.2	60.3	80.4	100.5	120.6	140.7
		Double acting Pull side	172.8	--	34.6	51.8	69.1	86.4	103.7	121.0
20	8	Single acting-Push type	314.2	--	39.8	71.2	102.7	134.1	165.5	196.9
		Single acting-Pull type	263.9	--	29.8	56.2	82.6	108.9	135.3	161.7
		Double acting Push side	314.2	--	62.8	94.2	125.7	157.1	188.5	219.9
		Double acting Pull side	263.9	--	52.8	79.2	105.6	131.9	158.3	184.7
25	10	Single acting-Push type	490.9	--	69.7	118.8	167.8	216.9	266.0	315.1
		Single acting-Pull type	412.3	--	54.0	95.2	136.4	177.7	218.9	260.1
		Double acting Push side	490.9	--	98.2	147.3	196.3	245.4	294.5	343.6
		Double acting Pull side	412.3	--	82.5	123.7	164.9	206.2	247.4	288.6
32	12	Single acting-Push type	804.2	--	105.3	185.8	266.2	346.6	427.0	507.5
		Single acting-Pull type	691.2	--	82.7	151.8	221.0	290.1	359.2	428.3
		Double acting Push side	804.2	--	160.8	241.3	321.7	402.1	482.5	563.0
		Double acting Pull side	691.2	--	138.2	207.3	276.5	345.6	414.7	483.8
40	16	Single acting-Push type	1256.6	--	168.6	294.3	420.0	545.6	671.3	796.9
		Single acting-Pull type	1055.6	--	128.4	234.0	339.5	445.1	550.6	656.2
		Double acting Push side	1256.6	125.7	251.3	377.0	502.7	628.3	754.0	879.6
		Double acting Pull side	1055.6	105.6	211.1	316.7	422.2	527.8	633.3	738.9
50	20	Single acting-Push type	1963.5	89.3	285.7	482.0	678.4	874.7	1071.1	1267.4
		Single acting-Pull type	1649.3	57.9	222.9	387.8	552.7	717.7	882.6	1047.5
		Double acting Push side	1963.5	196.3	392.7	589.0	785.4	981.7	1178.1	1374.4
		Double acting Pull side	1649.3	164.9	329.9	494.8	659.7	824.7	989.6	1154.5
63	20	Single acting-Push type	3117.2	135.7	447.4	759.2	1070.9	1382.6	1694.3	2006.1
		Single acting-Pull type	2803.1	104.3	384.6	664.9	945.2	1225.5	1505.9	1786.2
		Double acting Push side	3117.2	311.7	623.4	935.2	1246.9	1558.6	1870.3	2182.1
		Double acting Pull side	2803.1	280.3	560.6	840.9	1121.2	1401.5	1681.9	1962.2
80	25	Double acting Push side	5026.5	502.7	1005.3	1508.0	2010.6	2513.3	3015.9	3518.6
		Double acting Pull side	4535.7	453.6	907.1	1360.7	1814.3	2267.8	2721.4	3175.0
100	32	Double acting Push side	7854.0	785.4	1570.8	2356.2	3141.6	3927.0	4712.4	5497.8
		Double acting Pull side	7049.7	705.0	1409.9	2114.9	2819.9	3524.9	4229.8	4934.8

## Product series

Series name	Single acting type: SSA, STA	Double rod type: SDAD	Adjustable stroke type: SDAJ	Duplex type: SDAT Duplex-end type: SDAW	Double acting type: SDA	Page																																																																																	
Acting type	Single acting	Double acting				V-16																																																																																	
Bore size	12 16 20 25 32 40 50 63 80 100																																																																																						
Collocation of sensor switch	<table border="1"> <tr><td>CS1-J</td><td>●</td><td>●</td><td>●</td><td>●</td><td>●</td><td>●</td><td>●</td><td>●</td><td>●</td></tr> <tr><td>CS1-JX</td><td>●</td><td>●</td><td>●</td><td>●</td><td>●</td><td>●</td><td>●</td><td>●</td><td>●</td></tr> <tr><td>CS1-JN</td><td>●</td><td>●</td><td>●</td><td>●</td><td>●</td><td>●</td><td>●</td><td>●</td><td>●</td></tr> <tr><td>CS1-JP</td><td>●</td><td>●</td><td>●</td><td>●</td><td>●</td><td>●</td><td>●</td><td>●</td><td>●</td></tr> <tr><td>CS1-G</td><td>●</td><td>●</td><td>●</td><td>●</td><td>●</td><td>●</td><td>●</td><td>●</td><td>●</td></tr> <tr><td>CS1-GX</td><td>●</td><td>●</td><td>●</td><td>●</td><td>●</td><td>●</td><td>●</td><td>●</td><td>●</td></tr> <tr><td>CS1-GN</td><td>●</td><td>●</td><td>●</td><td>●</td><td>●</td><td>●</td><td>●</td><td>●</td><td>●</td></tr> <tr><td>CS1-GP</td><td>●</td><td>●</td><td>●</td><td>●</td><td>●</td><td>●</td><td>●</td><td>●</td><td>●</td></tr> </table>						CS1-J	●	●	●	●	●	●	●	●	●	CS1-JX	●	●	●	●	●	●	●	●	●	CS1-JN	●	●	●	●	●	●	●	●	●	CS1-JP	●	●	●	●	●	●	●	●	●	CS1-G	●	●	●	●	●	●	●	●	●	CS1-GX	●	●	●	●	●	●	●	●	●	CS1-GN	●	●	●	●	●	●	●	●	●	CS1-GP	●	●	●	●	●	●	●	●	●	VI-39
CS1-J	●	●	●	●	●	●	●	●	●																																																																														
CS1-JX	●	●	●	●	●	●	●	●	●																																																																														
CS1-JN	●	●	●	●	●	●	●	●	●																																																																														
CS1-JP	●	●	●	●	●	●	●	●	●																																																																														
CS1-G	●	●	●	●	●	●	●	●	●																																																																														
CS1-GX	●	●	●	●	●	●	●	●	●																																																																														
CS1-GN	●	●	●	●	●	●	●	●	●																																																																														
CS1-GP	●	●	●	●	●	●	●	●	●																																																																														



# Compact cylinder

## SDA Series



### Specification

Bore size (mm)		12	16	20	25	32	40	50	63	80	100	
Acting type		Double acting type										
		Single acting-Push type, Single acting-Pull type									-	
Fluid		Air (to be filtered by 40um filter element)										
Operating pressure	Double acting	0.1-1.0MPa(14-145Psi)										
	Single acting	0.2-1.0MPa(28-145Psi)										
Proof pressure		1.5MPa(215Psi)										
Temperature °C		-20-80										
Speed range mm/s		Double acting type: 30-500					Single acting type: 50-500					
Stroke tolerance		+1.0 0										
Cushion type		Bumper										
Port size ①		M5 x 0.8			1/8"			1/4"		3/8"		

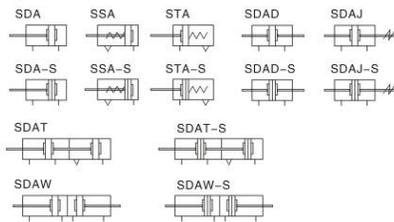
① PT thread, NPT thread and G thread are available;  
Add: Refer to PVI-39-VI-50 for detail of sensor switch.

### Stroke

Bore size (mm)		Standard stroke (mm)										Max. stroke	Available stroke									
12	Double acting	With magnet	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	65	70							
		Without magnet	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	65	80					
16	Single acting type		5	10	15	20	25	30	30	-	-	-	-	-	-	-						
	20	Double acting	With magnet	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	100
		Without magnet	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
		Single acting type		5	10	15	20	25	30	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
25	Double acting	With magnet	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	100	130
		Without magnet	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
32	Double acting	With magnet	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	100	130
		Without magnet	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
40	Double acting	With magnet	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	100	130
		Without magnet	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
50	Double acting	With magnet	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	100	130
		Without magnet	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
63	Single acting type	With magnet	5	10	15	20	25	30	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
		Without magnet	5	10	15	20	25	30	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
80	Double acting	With magnet	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	100	130
		Without magnet	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
100	Double acting	With magnet	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	100	130
		Without magnet	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100

Note: 1. Within allowable stroke scope, when the stroke is larger than the maximum value, it shall be treated as non-standard one. Please contact the company for other special strokes.  
2. The non-standard stroke within the scope of maximum stroke is transformed according to the standard stroke of the upper grade and its shape and dimension are equal to that of standard stroke cylinder of the upper grade. For instance, the non-standard stroke cylinder whose stroke is 23 is transformed from the standard cylinder whose standard stroke is 25, and their shape and dimension are the same.

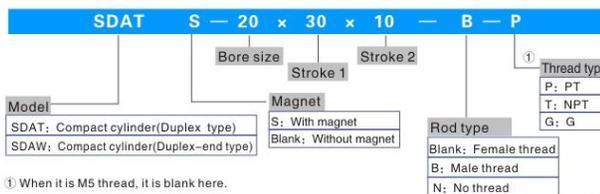
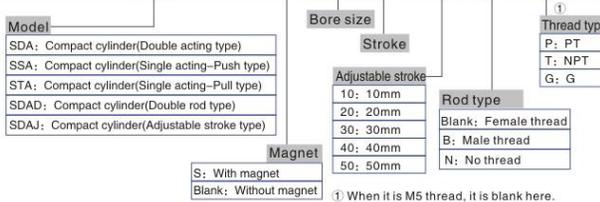
### Symbol



### Product feature

1. Manufactured by our enterprise;
2. Riveted structure is adopted to connect the cylinder body and back cover, and piston and piston rod to make it compact and reliable;
3. The inner diameter of the body is treated with rolling followed by the treatment of hard anodizing, forming an excellent abrasion resistance and durability;
4. The seal of piston adopts heterogeneous two-way seal structure. It has compact dimension and the function of oil reservation;
5. Compact structure can effectively save installation space;
6. There are magnetic switch slots around the cylinder body, which is convenient to install sensor switch;
7. Mounting accessories with various specifications are optional.

### Ordering code

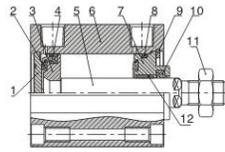


# Compact cylinder

## SDA Series



### Inner structure and material of major parts

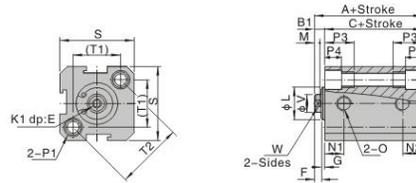


NO.	Item	Material
	Bore size	12、16   20   25-40   50-100
1	Back cover	Aluminum alloy
2	Bumper	NBR
3	Piston	Brass   Aluminum alloy
4	Piston O-ring	NBR
5	Piston rod	Carbon steel (with 20um hard chrome plated)
6	Body	Aluminum alloy
7	Front cover	Brass   Aluminum alloy
8	O-ring	NBR
9	C clip	Spring steel
10	Front cover packing	NBR
11	Piston nut	Carbon steel
12	Bushing	-   Wear resistant material

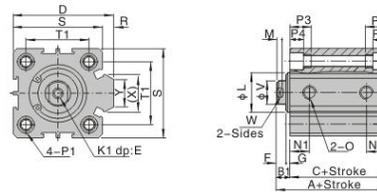
### Dimensions

SDA

φ 12 φ 16



φ 20 - φ 100



Model	Without magnet		With magnet		B1	D	E	F	G	K1	L	M	N1		N2	
	A	C	A	C									S=5	S>5	S=5	S>5
12	22	17	32	27	5	-	6	4	1	M3 × 0.5	10.2	3	7.5	5	-	-
16	24	18.5	34	28.5	5.5	-	6	4	1.5	M3 × 0.5	11	3	8	5.5	-	-
20	25	19.5	35	29.5	5.5	36	8	4	1.5	M4 × 0.7	13	3	9	5.5	-	-
25	27	21	37	31	6	42	10	4	2	M5 × 0.8	17	3	9.2	5.5	-	-
32	31.5	24.5	41.5	34.5	7	50	12	4	2.4	M6 × 1	22	3	9	6.5	9	-
40	33	26	43	36	7	58.5	12	4	3	M8 × 1.25	28	3	9.5	7.5	-	-
50	37	28	47	38	9	71.5	15	5	4	M10 × 1.5	38	3	8	10.5	8	10.5
63	41	32	51	42	9	84.5	15	5	4	M10 × 1.5	40	3	9.5	12	9.5	11
80	52	41	62	51	11	104	20	6	5	M14 × 1.5	45	4	11.5	14.5	11.5	14.5
100	63	51	73	61	12	124	20	7	5	M18 × 1.5	55	4	16	20.5	16	20.5

Bore size/Item	O	P1				P3	P4	R	S	T1	T2	V	W	X	Y
		A	C	A	C										
12	M5 × 0.8	2-Sides: φ 6.5	Thread M5 × 0.8	Thru.hole: φ 4.2	12	4.5	-	25	16.3	23	6	5	-	-	
16	M5 × 0.8	2-Sides: φ 6.5	Thread M5 × 0.8	Thru.hole: φ 4.2	12	4.5	-	29	19.8	28	6	5	-	-	
20	M5 × 0.8	2-Sides: φ 6.5	Thread M5 × 0.8	Thru.hole: φ 4.2	14	4.5	2	34	24	-	8	6	11.3	10	
25	M5 × 0.8	2-Sides: φ 8.2	Thread M6 × 1.0	Thru.hole: φ 4.6	15	5.5	2	40	28	-	10	8	12	10	
32	1/8"	2-Sides: φ 8.2	Thread M6 × 1.0	Thru.hole: φ 4.6	16	5.5	6	44	34	-	12	10	18.3	15	
40	1/8"	2-Sides: φ 10	Thread M8 × 1.25	Thru.hole: φ 6.5	20	7.5	6.5	52	40	-	16	14	21.3	16	
50	1/4"	2-Sides: φ 11	Thread M8 × 1.25	Thru.hole: φ 6.5	25	8.5	9.5	62	48	-	20	17	30	20	
63	1/4"	2-Sides: φ 11	Thread M8 × 1.25	Thru.hole: φ 6.5	25	8.5	9.5	75	60	-	20	17	28.7	20	
80	3/8"	2-Sides: φ 14	Thread M12 × 1.75	Thru.hole: φ 9.2	25	10.5	10	94	74	-	25	22	36	26	
100	3/8"	2-Sides: φ 17.5	Thread M14 × 2	Thru.hole: φ 11.3	30	13	10	114	90	-	32	27	35	26	

# Compact cylinder

## SDA Series

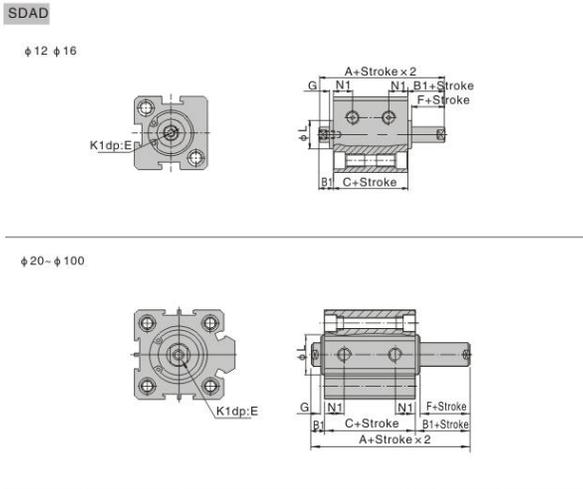
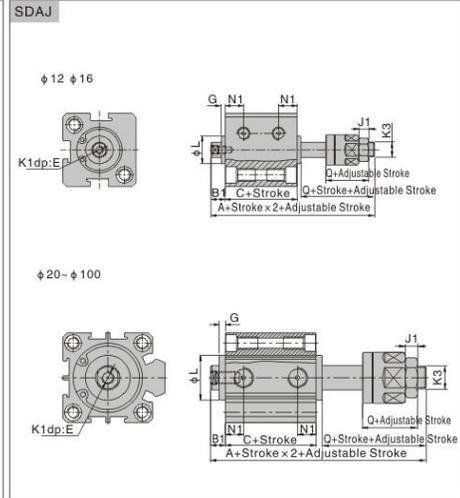
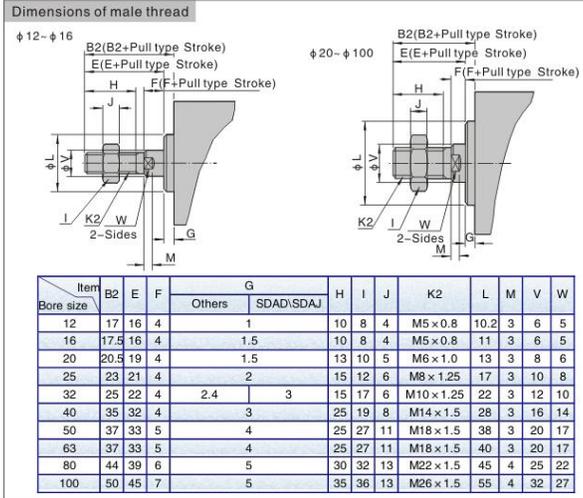


SSA																																																																																																												
<p>φ 12 φ 16</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Model</th> <th colspan="4">Without magnet</th> <th colspan="4">With magnet</th> </tr> <tr> <th colspan="2">A</th> <th colspan="2">C</th> <th colspan="2">A</th> <th colspan="2">C</th> </tr> <tr> <th>Bore size/Item</th> <th>≤10</th> <th>&gt;10</th> <th>≤10</th> <th>&gt;10</th> <th>≤10</th> <th>&gt;10</th> <th>≤10</th> <th>&gt;10</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Stroke</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>12</td> <td>32</td> <td>42</td> <td>27</td> <td>37</td> <td>42</td> <td>52</td> <td>37</td> <td>47</td> </tr> <tr> <td>16</td> <td>34</td> <td>44</td> <td>28.5</td> <td>38.5</td> <td>44</td> <td>54</td> <td>38.5</td> <td>48.5</td> </tr> <tr> <td>20</td> <td>35</td> <td>45</td> <td>29.5</td> <td>39.5</td> <td>45</td> <td>55</td> <td>39.5</td> <td>49.5</td> </tr> <tr> <td>25</td> <td>37</td> <td>47</td> <td>31</td> <td>41</td> <td>47</td> <td>57</td> <td>41</td> <td>51</td> </tr> <tr> <td>32</td> <td>41.5</td> <td>51.5</td> <td>34.5</td> <td>44.5</td> <td>51.5</td> <td>61.5</td> <td>44.5</td> <td>54.5</td> </tr> <tr> <td>40</td> <td>43</td> <td>53</td> <td>36</td> <td>46</td> <td>53</td> <td>63</td> <td>46</td> <td>56</td> </tr> <tr> <td>50</td> <td>47</td> <td>57</td> <td>38</td> <td>48</td> <td>57</td> <td>67</td> <td>48</td> <td>58</td> </tr> <tr> <td>63</td> <td>51</td> <td>61</td> <td>42</td> <td>52</td> <td>61</td> <td>71</td> <td>52</td> <td>62</td> </tr> </tbody> </table>	Model	Without magnet				With magnet				A		C		A		C		Bore size/Item	≤10	>10	≤10	>10	≤10	>10	≤10	>10	Stroke									12	32	42	27	37	42	52	37	47	16	34	44	28.5	38.5	44	54	38.5	48.5	20	35	45	29.5	39.5	45	55	39.5	49.5	25	37	47	31	41	47	57	41	51	32	41.5	51.5	34.5	44.5	51.5	61.5	44.5	54.5	40	43	53	36	46	53	63	46	56	50	47	57	38	48	57	67	48	58	63	51	61	42	52	61	71	52	62
Model	Without magnet				With magnet																																																																																																							
	A		C		A		C																																																																																																					
Bore size/Item	≤10	>10	≤10	>10	≤10	>10	≤10	>10																																																																																																				
Stroke																																																																																																												
12	32	42	27	37	42	52	37	47																																																																																																				
16	34	44	28.5	38.5	44	54	38.5	48.5																																																																																																				
20	35	45	29.5	39.5	45	55	39.5	49.5																																																																																																				
25	37	47	31	41	47	57	41	51																																																																																																				
32	41.5	51.5	34.5	44.5	51.5	61.5	44.5	54.5																																																																																																				
40	43	53	36	46	53	63	46	56																																																																																																				
50	47	57	38	48	57	67	48	58																																																																																																				
63	51	61	42	52	61	71	52	62																																																																																																				
<p>φ 20- φ 63</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Bore size/Item</th> <th>B1</th> <th>D</th> <th>E</th> <th>F</th> <th>G</th> <th>K1</th> <th>L</th> <th>M</th> <th>N1</th> <th>N2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>12</td> <td>5</td> <td>-</td> <td>6</td> <td>4</td> <td>1</td> <td>M3 × 0.5</td> <td>10.2</td> <td>3</td> <td>7.5</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>16</td> <td>5.5</td> <td>-</td> <td>6</td> <td>4</td> <td>1.5</td> <td>M3 × 0.5</td> <td>11</td> <td>3</td> <td>8</td> <td>5.5</td> </tr> <tr> <td>20</td> <td>5.5</td> <td>36</td> <td>8</td> <td>4</td> <td>1.5</td> <td>M4 × 0.7</td> <td>13</td> <td>3</td> <td>9</td> <td>5.5</td> </tr> <tr> <td>25</td> <td>6</td> <td>42</td> <td>10</td> <td>4</td> <td>2</td> <td>M5 × 0.8</td> <td>17</td> <td>3</td> <td>9.2</td> <td>5.5</td> </tr> <tr> <td>32</td> <td>7</td> <td>50</td> <td>12</td> <td>4</td> <td>2.4</td> <td>M6 × 1</td> <td>22</td> <td>3</td> <td>9</td> <td>9</td> </tr> <tr> <td>40</td> <td>7</td> <td>58.5</td> <td>12</td> <td>4</td> <td>3</td> <td>M8 × 1.25</td> <td>28</td> <td>3</td> <td>9.5</td> <td>7.5</td> </tr> <tr> <td>50</td> <td>9</td> <td>71.5</td> <td>15</td> <td>5</td> <td>4</td> <td>M10 × 1.5</td> <td>38</td> <td>3</td> <td>10.5</td> <td>10.5</td> </tr> <tr> <td>63</td> <td>9</td> <td>84.5</td> <td>15</td> <td>5</td> <td>4</td> <td>M10 × 1.5</td> <td>40</td> <td>3</td> <td>12</td> <td>11</td> </tr> </tbody> </table>	Bore size/Item	B1	D	E	F	G	K1	L	M	N1	N2	12	5	-	6	4	1	M3 × 0.5	10.2	3	7.5	5	16	5.5	-	6	4	1.5	M3 × 0.5	11	3	8	5.5	20	5.5	36	8	4	1.5	M4 × 0.7	13	3	9	5.5	25	6	42	10	4	2	M5 × 0.8	17	3	9.2	5.5	32	7	50	12	4	2.4	M6 × 1	22	3	9	9	40	7	58.5	12	4	3	M8 × 1.25	28	3	9.5	7.5	50	9	71.5	15	5	4	M10 × 1.5	38	3	10.5	10.5	63	9	84.5	15	5	4	M10 × 1.5	40	3	12	11								
Bore size/Item	B1		D	E	F	G	K1	L	M	N1	N2																																																																																																	
	12	5	-	6	4	1	M3 × 0.5	10.2	3	7.5	5																																																																																																	
16	5.5	-	6	4	1.5	M3 × 0.5	11	3	8	5.5																																																																																																		
20	5.5	36	8	4	1.5	M4 × 0.7	13	3	9	5.5																																																																																																		
25	6	42	10	4	2	M5 × 0.8	17	3	9.2	5.5																																																																																																		
32	7	50	12	4	2.4	M6 × 1	22	3	9	9																																																																																																		
40	7	58.5	12	4	3	M8 × 1.25	28	3	9.5	7.5																																																																																																		
50	9	71.5	15	5	4	M10 × 1.5	38	3	10.5	10.5																																																																																																		
63	9	84.5	15	5	4	M10 × 1.5	40	3	12	11																																																																																																		
<p>φ 12 φ 16</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Bore size/Item</th> <th colspan="2">O</th> <th colspan="8">P1</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>12</td> <td>M5 × 0.8</td> <td>2-Sides: φ 6.5 Thread</td> <td>M5 × 0.8 Thruhole: φ 4.2</td> <td colspan="8"></td> </tr> <tr> <td>16</td> <td>M5 × 0.8</td> <td>2-Sides: φ 6.5 Thread</td> <td>M5 × 0.8 Thruhole: φ 4.2</td> <td colspan="8"></td> </tr> <tr> <td>20</td> <td>M5 × 0.8</td> <td>2-Sides: φ 6.5 Thread</td> <td>M5 × 0.8 Thruhole: φ 4.2</td> <td colspan="8"></td> </tr> <tr> <td>25</td> <td>M5 × 0.8</td> <td>2-Sides: φ 8.2 Thread</td> <td>M6 × 1.0 Thruhole: φ 4.6</td> <td colspan="8"></td> </tr> <tr> <td>32</td> <td>1/8"</td> <td>2-Sides: φ 8.2 Thread</td> <td>M6 × 1.0 Thruhole: φ 4.6</td> <td colspan="8"></td> </tr> <tr> <td>40</td> <td>1/8"</td> <td>2-Sides: φ 10 Thread</td> <td>M8 × 1.25 Thruhole: φ 6.5</td> <td colspan="8"></td> </tr> <tr> <td>50</td> <td>1/4"</td> <td>2-Sides: φ 11 Thread</td> <td>M8 × 1.25 Thruhole: φ 6.5</td> <td colspan="8"></td> </tr> <tr> <td>63</td> <td>1/4"</td> <td>2-Sides: φ 11 Thread</td> <td>M8 × 1.25 Thruhole: φ 6.5</td> <td colspan="8"></td> </tr> </tbody> </table>	Bore size/Item	O		P1								12	M5 × 0.8	2-Sides: φ 6.5 Thread	M5 × 0.8 Thruhole: φ 4.2									16	M5 × 0.8	2-Sides: φ 6.5 Thread	M5 × 0.8 Thruhole: φ 4.2									20	M5 × 0.8	2-Sides: φ 6.5 Thread	M5 × 0.8 Thruhole: φ 4.2									25	M5 × 0.8	2-Sides: φ 8.2 Thread	M6 × 1.0 Thruhole: φ 4.6									32	1/8"	2-Sides: φ 8.2 Thread	M6 × 1.0 Thruhole: φ 4.6									40	1/8"	2-Sides: φ 10 Thread	M8 × 1.25 Thruhole: φ 6.5									50	1/4"	2-Sides: φ 11 Thread	M8 × 1.25 Thruhole: φ 6.5									63	1/4"	2-Sides: φ 11 Thread	M8 × 1.25 Thruhole: φ 6.5								
Bore size/Item	O		P1																																																																																																									
	12	M5 × 0.8	2-Sides: φ 6.5 Thread	M5 × 0.8 Thruhole: φ 4.2																																																																																																								
16	M5 × 0.8	2-Sides: φ 6.5 Thread	M5 × 0.8 Thruhole: φ 4.2																																																																																																									
20	M5 × 0.8	2-Sides: φ 6.5 Thread	M5 × 0.8 Thruhole: φ 4.2																																																																																																									
25	M5 × 0.8	2-Sides: φ 8.2 Thread	M6 × 1.0 Thruhole: φ 4.6																																																																																																									
32	1/8"	2-Sides: φ 8.2 Thread	M6 × 1.0 Thruhole: φ 4.6																																																																																																									
40	1/8"	2-Sides: φ 10 Thread	M8 × 1.25 Thruhole: φ 6.5																																																																																																									
50	1/4"	2-Sides: φ 11 Thread	M8 × 1.25 Thruhole: φ 6.5																																																																																																									
63	1/4"	2-Sides: φ 11 Thread	M8 × 1.25 Thruhole: φ 6.5																																																																																																									
<p>φ 20- φ 63</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Bore size/Item</th> <th>P3</th> <th>P4</th> <th>R</th> <th>S</th> <th>T1</th> <th>T2</th> <th>V</th> <th>W</th> <th>X</th> <th>Y</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>12</td> <td>12</td> <td>4.5</td> <td>-</td> <td>25</td> <td>16.2</td> <td>23</td> <td>6</td> <td>5</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>16</td> <td>12</td> <td>4.5</td> <td>-</td> <td>29</td> <td>19.8</td> <td>28</td> <td>6</td> <td>5</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>20</td> <td>14</td> <td>4.5</td> <td>2</td> <td>34</td> <td>24</td> <td>-</td> <td>8</td> <td>6</td> <td>11.3</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>25</td> <td>15</td> <td>5.5</td> <td>2</td> <td>40</td> <td>28</td> <td>-</td> <td>10</td> <td>8</td> <td>12</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>32</td> <td>16</td> <td>5.5</td> <td>6</td> <td>44</td> <td>34</td> <td>-</td> <td>12</td> <td>10</td> <td>18.3</td> <td>15</td> </tr> <tr> <td>40</td> <td>20</td> <td>7.5</td> <td>6.5</td> <td>52</td> <td>40</td> <td>-</td> <td>16</td> <td>14</td> <td>21.3</td> <td>16</td> </tr> <tr> <td>50</td> <td>25</td> <td>8.5</td> <td>9.5</td> <td>62</td> <td>48</td> <td>-</td> <td>20</td> <td>17</td> <td>30</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>63</td> <td>25</td> <td>8.5</td> <td>9.5</td> <td>75</td> <td>60</td> <td>-</td> <td>20</td> <td>17</td> <td>28.7</td> <td>20</td> </tr> </tbody> </table>	Bore size/Item	P3	P4	R	S	T1	T2	V	W	X	Y	12	12	4.5	-	25	16.2	23	6	5	-	-	16	12	4.5	-	29	19.8	28	6	5	-	-	20	14	4.5	2	34	24	-	8	6	11.3	10	25	15	5.5	2	40	28	-	10	8	12	10	32	16	5.5	6	44	34	-	12	10	18.3	15	40	20	7.5	6.5	52	40	-	16	14	21.3	16	50	25	8.5	9.5	62	48	-	20	17	30	20	63	25	8.5	9.5	75	60	-	20	17	28.7	20								
Bore size/Item	P3		P4	R	S	T1	T2	V	W	X	Y																																																																																																	
	12	12	4.5	-	25	16.2	23	6	5	-	-																																																																																																	
16	12	4.5	-	29	19.8	28	6	5	-	-																																																																																																		
20	14	4.5	2	34	24	-	8	6	11.3	10																																																																																																		
25	15	5.5	2	40	28	-	10	8	12	10																																																																																																		
32	16	5.5	6	44	34	-	12	10	18.3	15																																																																																																		
40	20	7.5	6.5	52	40	-	16	14	21.3	16																																																																																																		
50	25	8.5	9.5	62	48	-	20	17	30	20																																																																																																		
63	25	8.5	9.5	75	60	-	20	17	28.7	20																																																																																																		



# Compact cylinder

## SDA Series



Model	Without magnet		With magnet		B1	E		Q	J1
	A	C	A	C		S≤10	S>10		
12	40	17	50	27	5	6		17	4
16	42.5	18.5	52.5	28.5	5.5	6		17	4
20	47.5	19.5	57.5	29.5	5.5	8(S=5 is 6.5)		21	5
25	54	21	64	31	6	10(S=5 is 7)		25	6
32	61.5	24.5	71.5	34.5	7	8		12	27
40	64	26	74	36	7	8		12	28
50	70	28	80	38	9	8		15	29
63	74	32	84	42	9	10		15	29
80	92.5	41	102.5	51	11	13		20	35
100	110.5	51	120.5	61	12	18		20	42.5

Bore size/Item	Stroke	G	K1	K3	L	N1	
						S=5	S>5
12	1	M3×0.5	M5X0.8	10.2	5.5	6.3	
16	1.5	M3×0.5	M5X0.8	11	6.5	7.3	
20	1.5	M4×0.7	M6X1.0	15		7.5	
25	2	M5×0.8	M8X1.25	17		8	
32	3	M6×1	M10X1.25	22	8	9	
40	3	M8×1.25	M12X1.25	28	8	10	
50	4	M10×1.5	M16X1.5	38	8	10.5	
63	4	M10×1.5	M16X1.5	40	9.5	11.8	
80	5	M14×1.5	M20X1.5	45	11.5	14.5	
100	5	M18×1.5	M27X2.0	55	16	20.5	

Remark: 1. The unmarked dimension is the same as SDA standard type;  
2. Please refer to PV-19 for the dimension of male thread.

Model	Without magnet		With magnet		E		B1	F	G	K1	L	N1	
	A	C	A	C	S≤10	S>10						S=5	S>5
12	27	17	37	27	6		5	4	1	M3×0.5	10.2	5.5	6.3
16	29.5	18.5	39.5	28.5	6		5.5	4	1.5	M3×0.5	11	6.5	7.3
20	30.5	19.5	40.5	29.5	8 (S=5 is 6.5)		5.5	4	1.5	M4×0.7	15		7.5
25	33	21	43	31	10 (S=5 is 7)		6	4	2	M5×0.8	17		8
32	38.5	24.5	48.5	34.5	8	12	7	4	3	M6×1	22	8	9
40	40	26	50	36	8	12	7	4	3	M8×1.25	28	8	10
50	46	28	56	38	8	15	9	5	4	M10×1.5	38	8	10.5
63	50	32	60	42	10	15	9	5	4	M10×1.5	40	9.5	11.8
80	63	41	73	51	13	20	11	6	5	M14×1.5	45	11.5	14.5
100	75	51	85	61	18	20	12	7	5	M18×1.5	55	16	20.5

Remark: 1. The unmarked dimension is the same as SDA standard type;  
2. Please refer to PV-19 for the dimension of male thread.



# Compact cylinder

## SDA Series



**SDAT**

Remark: Please refer to PV-19 for the dimension of male thread.

Model	Without magnet			With magnet			B1	D	E	F	G	K1	L	M	N1	N2	O	
Bore size/Item	A	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	A	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>									S=5	S=5	S=5	S=5
12	39	34	17	59	54	27	5	-	6	4	1	M3 × 0.5	10.2	3	5	7.5	M5 × 0.8	
16	42.5	37	18.5	62.5	57	28.5	5.5	-	6	4	1.5	M3 × 0.5	11	3	5.5	8	M5 × 0.8	
20	44.5	39	19.5	64.5	59	29.5	5.5	36	8	4	1.5	M4 × 0.7	13	3	5.5	9	M5 × 0.8	
25	48	42	21	68	62	31	6	42	10	4	2	M5 × 0.8	17	3	5.5	9.2	M5 × 0.8	
32	56	49	24.5	76	69	34.5	7	50	12	4	2.4	M6 × 1	22	3	6.5	9	1/8"	
40	59	52	26	79	72	36	7	58.5	12	4	3	M8 × 1.25	28	3	7.5	9.5	1/8"	
50	65	56	28	85	76	38	9	71.5	15	5	4	M10 × 1.5	38	3	10.5	10.5	1/4"	
63	73	64	32	93	84	42	9	84.5	15	5	4	M10 × 1.5	40	3	9.5	11	9.5	1/4"
80	93	82	41	113	102	51	11	104	20	6	5	M14 × 1.5	45	4	11.5	14.5	11.5	3/8"
100	114	102	51	134	122	61	12	124	20	7	5	M18 × 1.5	55	4	16	20.5	16	3/8"

Bore size/Item	P1		P2		P3	P4	R	S	T1	T2	V
	X	Y	X	Y							
12	-	5	2-Sides: φ6.5 Thread M5 × 0.8 Thru.hole: φ4.2	-	12	4.5	-	25	16.2	23	6
16	-	5	2-Sides: φ6.5 Thread M5 × 0.8 Thru.hole: φ4.2	-	12	4.5	-	29	19.8	28	6
20	11.3	10	2-Sides: φ6.5 Thread M5 × 0.8 Thru.hole: φ4.2	2-Sides: φ6.5 Thru.hole: φ5.2	14	4.5	2	34	24	-	8
25	12	10	2-Sides: φ8.2 Thread M6 × 1.0 Thru.hole: φ4.6	2-Sides: φ8.2 Thru.hole: φ6.2	15	5.5	2	40	28	-	10
32	18.3	15	2-Sides: φ8.2 Thread M6 × 1.0 Thru.hole: φ4.6	2-Sides: φ8.2 Thru.hole: φ6.2	16	5.5	6	44	34	-	12
40	21.8	16	2-Sides: φ10 Thread M8 × 1.25 Thru.hole: φ6.5	2-Sides: φ10 Thru.hole: φ8.2	20	7.5	6.5	52	40	-	16
50	30	20	2-Sides: φ11 Thread M8 × 1.25 Thru.hole: φ6.5	2-Sides: φ11 Thru.hole: φ8.5	25	8.5	9.5	62	48	-	20
63	28.7	20	2-Sides: φ11 Thread M8 × 1.25 Thru.hole: φ6.5	2-Sides: φ11 Thru.hole: φ8.5	25	8.5	9.5	75	60	-	20
80	36	26	2-Sides: φ14 Thread M12 × 1.75 Thru.hole: φ9.2	2-Sides: φ14 Thru.hole: φ12.3	25	10.5	10	94	74	-	25
100	35	26	2-Sides: φ17.5 Thread M14 × 2 Thru.hole: φ11.3	2-Sides: φ17.5 Thru.hole: φ14.2	30	13	10	114	90	-	32

Model	Without magnet			With magnet			B1
	A	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	A	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	
12	44	34	17	64	54	27	5
16	48	37	18.5	68	57	28.5	5.5
20	50	39	19.5	70	59	29.5	5.5
25	54	42	21	74	62	31	6
32	63	49	24.5	83	69	34.5	7
40	66	52	26	86	72	36	7
50	74	56	28	94	76	38	9
63	82	64	32	102	84	42	9
80	104	82	41	124	102	51	11
100	126	102	51	146	122	61	12

Bore size/Item	D	E	F	G	K1	L	M
	12	-	6	4	1	M3 × 0.5	10.2
16	-	6	4	1.5	M3 × 0.5	11	3
20	36	8	4	1.5	M4 × 0.7	13	3
25	42	10	4	2	M5 × 0.8	17	3
32	50	12	4	2.4	M6 × 1	22	3
40	58.5	12	4	3	M8 × 1.25	28	3
50	71.5	15	5	4	M10 × 1.5	38	3
63	84.5	15	5	4	M10 × 1.5	40	3
80	104	20	6	5	M14 × 1.5	45	4
100	124	20	7	5	M18 × 1.5	55	4

Bore size/Item	N2				N1				O	X	Y
	S=5	S=5	S=5	S=5	S=5	S=5	S=5	S=5			
12	7.5	5	5	5	M5 × 0.8	-	-	-	-	-	
16	8	5.5	5.5	5.5	M5 × 0.8	-	-	-	-	-	
20	9	5.5	5.5	5.5	M5 × 0.8	11.3	10	-	-	-	
25	9.2	5.5	5.5	5.5	M5 × 0.8	12	10	-	-	-	
32	9	6.5	9	9	1/8"	18.3	15	-	-	-	
40	9.5	7.5	7.5	7.5	1/8"	21.3	16	-	-	-	
50	8	10.5	8	10.5	1/4"	30	20	-	-	-	
63	9.5	12	9.5	11	1/4"	28.7	20	-	-	-	
80	11.5	14.5	11.5	14.5	3/8"	36	26	-	-	-	
100	16	20.5	16	20.5	3/8"	35	26	-	-	-	

Bore size/Item	P1		P2	
	W	X	W	X
12	5	12	4.5	-
16	5	12	4.5	-
20	6	14	4.5	2
25	8	15	5.5	2
32	10	16	5.5	6
40	14	20	7.5	6.5
50	17	25	8.5	9.5
63	17	25	8.5	9.5
80	22	25	10.5	10
100	27	30	13	10

**SDAW**

Remark: Please refer to PV-19 for the dimension of male thread.

Bore size/Item	P1		P2	
	W	X	W	X
12	5	12	4.5	-
16	5	12	4.5	-
20	6	14	4.5	2
25	8	15	5.5	2
32	10	16	5.5	6
40	14	20	7.5	6.5
50	17	25	8.5	9.5
63	17	25	8.5	9.5
80	22	25	10.5	10
100	27	30	13	10

Bore size/Item	W	P3	P4	R	S	T1	T2	V
	12	5	12	4.5	-	25	16.2	23
16	5	12	4.5	-	29	19.8	28	6
20	6	14	4.5	2	34	24	-	8
25	8	15	5.5	2	40	28	-	10
32	10	16	5.5	6	44	34	-	12
40	14	20	7.5	6.5	52	40	-	16
50	17	25	8.5	9.5	62	48	-	20
63	17	25	8.5	9.5	75	60	-	20
80	22	25	10.5	10	94	74	-	25
100	27	30	13	10	114	90	-	32



# **ANEXO 4**

## **DATOS TÉCNICOS DEL SENSOR**

### **INDUCTIVO**

Model Name > [IME08-1B5PSZW2S](#)  
Part No. > [1040840](#)



**At a glance**

- Size M8
- IP 67 enclosure rating
- Operating temperature from -25° C to +75° C

**Your benefits**

- Reduced machine downtime
- Reduced mechanical damage
- Fewer maintenance costs due to longer service life

- 
- High resistance to shock and vibrations



**Features**

---

Housing:	Cylindrical
Thread size:	M8 x 1
Sensing range Sn:	1.5 mm
Assured sensing range Sa:	1.215 mm
Installation type:	Flush
Switching frequency:	4,000 Hz
Output type:	PNP
Output function:	NO
Electrical wiring:	DC 3-wire
Enclosure rating:	IP 67 <sup>1)</sup>
Connection type:	Cable, 3-wire, 2 m

Output current I <sub>a</sub> :	≤ 200 mA
Cable material:	PVC
Short-circuit protection:	✓
Reverse polarity protection:	✓
Power-up pulse protection:	✓
Shock/vibration:	30 g, 11 ms/10 Hz ... 55 Hz, 1 mm
Ambient operating temperature:	-25 °C ... 75 °C

Housing material:	Metal, Nickel-plated brass
Housing cap material:	Plastic, PA6
Housing length:	52 mm
Thread length:	34 mm
Tightening torque, max.:	Typ. 5 Nm

1) Without load 2) U<sub>b</sub> and T<sub>a</sub> constant 3) Of Sr

#### **Reduction factors**

---

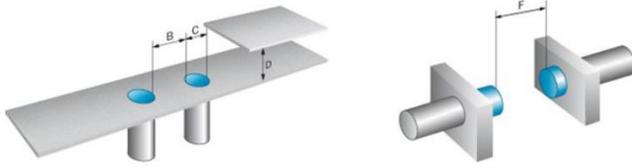
Note:	The values are reference values which may vary
Carbon steel St37 (Fe):	1
Stainless steel (V2A, 304):	Ca. 0.8
Copper (Cu):	Ca. 0.4
Aluminum (Al):	Ca. 0.45
Brass (Br):	Ca. 0.4

#### **Installation note**

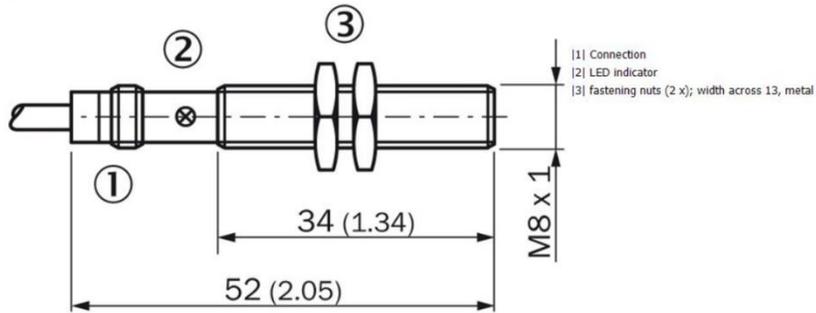
---

B:	8 mm
C:	8 mm
D:	4.5 mm
F:	12 mm
Remark:	Associated graphic see "Installation"

Installation note

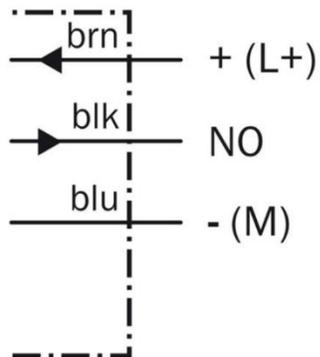


Dimensional drawing



All dimensions in mm (inch)

Connection diagram



# **ANEXO 5**

**DATOS TÉCNICOS DEL SENSOR**

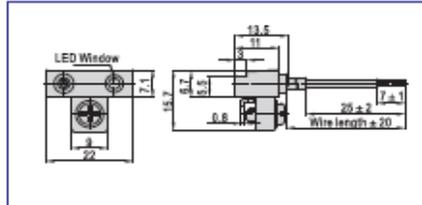
**MAGNETICO TIPO REED**

# Sensor switch

## CS1-J Series



### Dimensions



### Specification

Item/Type	CS1-J	CS1-JX
Switch logic	STSP Normally opened type	
Switch type	Reed switch with contact	
Operating voltage(V)	5~240V AC/DC	
Max. Switching current(mA)	100	
Switching rating(W)	Max. 10	
Current consumption	No	
Voltage drop	2.5V Max. @100mA DC	
Cable	φ 3.3, 2C Gray oil resistant PVC (Flame retarded)	
Indicator	Red LED	No
Leakage current	No	
Sensitivity(Gauss)	60~75	
Max. Frequency(Hz)	200	
Shock(m/s <sup>2</sup> )	300	
Vibration(m/s <sup>2</sup> )	90	
Temperature range(°C) (T)	-10~70	
Enclosure classification	IP67(NEMA6)	
Protection circuit	No	

① Note: Please contact us for high temperature resistant(125°C), low temperature resistant(-40~ -25°C) and explosion-proof sensor switch.

### Ordering code

CS1 J X 020	
Number of sensor switch CS1: Sensor switch	Connecting way ① C08: M8 quick joint, length of wire is 150mm C12: M12 quick joint, length of wire is 150mm 020: length of wire is 2m 030: length of wire is 3m 050: length of wire is 5m 100: length of wire is 10m
Specification of sensor switch	
Product Series	
J: J type	SDA/TN/TWH/TWMIACQ32-100 TWQ32-50/QCK32-83
Model of sensor switch	Blank: two-line magnetic spring pipe with contact normally opened X: two-line magnetic spring pipe with contact, without indicator light normally opened

① Note: The quick joint that is attached at the end of wire is three-needle-male joint-linear-rotary screw thread type. The female joint plug has to be ordered additionally. Please refer to P442 for the specific data.

### Mounting

Installation example	Installation method
	<p>No additional accessories are necessary for the sensor switch of CS1-J, CS1-JX series. It can be directly fixed onto the cylinder, which is convenient and fast.</p> <p>1. Loosen the clamping screw, slide the inductive switch to the slot and adjust it to the proper position. Tighten the clamping screw to fix.</p>



Sensor switch

# **ANEXO 6**

## **DATOS TÉCNICOS DEL PLC**

### **TWIDO CAE40DRF**

## Product data sheet

### Characteristics

## TWDLCAE40DRF

compact PLC base Twido - 100..240 V AC  
supply - 24 I 24 V DC - 16 O



### Main

Range of product	Twido
Product or component type	Compact base controller
Discrete I/O number	40
Discrete input number	24
Discrete input voltage	24 V
Discrete input voltage type	DC
Discrete output number	2 transistor 14 relay
Number of I/O expansion module	7
[Us] rated supply voltage	100...240 V AC
Use of slot	Memory cartridge
Data backed up	Internal RAM external battery TSXPLP01 3 years
Integrated connection type	Ethernet TCP/IP RJ45 10/100 Mbit/s 1 twisted pair transparent ready class A10 Non isolated serial link mini DIN Modbus/character mode master/slave RTU/ASCII RS485 half duplex 38,4 kbit/s Power supply Serial link interface adaptor RS232C/RS485
Complementary function	PID Event processing

### Complementary

Concept	Transparent Ready
Discrete input logic	Sink or source
Input voltage limits	20.4...26.4 V
Discrete input current	7 mA I0.2 to I0.5 7 mA I0.8 to I0.23 11 mA I0.0 to I0.1 11 mA I0.6 to I0.7
Input impedance	2100 Ohm I0.0 to I0.1 2100 Ohm I0.6 to I0.7 3400 Ohm I0.2 to I0.5 3400 Ohm I0.8 to I0.23
Filter time	35 µs + programmed filter time for I0.0 to I0.5 at state 1 40 µs + programmed filter time for I0.0 to I0.5 at state 0 40 µs + programmed filter time for I0.6 to I0.23 at state 1 150 µs + programmed filter time for I0.6 to I0.23 at state 0
Insulation between channel and internal logic	1500 Vrms for 1 minute
Insulation resistance between channel	None
Minimum load	0.1 mA
Contact resistance	≤ 30000 µOhm
Load current	2 A 240 V AC resistive 30 cyc/mn relay outputs 2 A 30 V DC resistive 30 cyc/mn relay outputs 2 A 240 V AC inductive 30 cyc/mn relay outputs 2 A 30 V DC inductive 30 cyc/mn relay outputs
Mechanical durability	≥ 20000000 cycles relay outputs
Electrical durability	≥ 100000 cycles relay outputs

The information provided in this document contains general descriptions and/or technical characteristics of the performance of the products contained herein. This information is not intended as a substitute for and is not to be used for determining suitability or reliability of these products for specific user applications. It is the duty of any such user or integrator to perform the appropriate and complete risk analysis, evaluation and testing of the products with respect to the relevant specific application or use thereof. Neither Schneider Electric Industries SAS nor any of its affiliates or subsidiaries shall be responsible or liable for misuse of the information contained herein.

Current consumption	5 mA 24 V DC at state 0 90 mA 5 V DC at state 1 128 mA 24 V DC at state 1 128 mA 24 V DC state 1 + input ON 170 mA 5 V DC at state 0 240 mA 5 V DC state 1 + input ON
I/O connection	Non-removable screw terminal block
Input/Output number	≤ 152 removable screw terminal block with I/O expansion module ≤ 208 spring terminal block with I/O expansion module ≤ 264 HE-10 connector with I/O expansion module
Network frequency	50/60 Hz
Supply voltage limits	85...264 V
Network frequency limits	47...63 Hz
Power supply output current	0.4 A 24 V DC sensors
Power supply input current	790 mA
Inrush current	≤ 35 A
Protection type	Power protection internal fuse
Power consumption in VA	65 VA 100 V 77 VA 264 V
Insulation resistance	> 10 MOhm at 500 V, between supply and earth terminals > 10 MOhm at 500 V, between I/O and earth terminals
Program memory	3000 instructions
Exact time for 1 K instruction	1 ms
System overhead	0.5 ms
Memory description	Internal RAM 256 internal bits, no floating, no trigonometrical Internal RAM 3000 internal words, no floating, no trigonometrical Internal RAM 128 timers, no floating, no trigonometrical Internal RAM 128 counters, no floating, no trigonometrical Internal RAM double words, no floating, no trigonometrical Internal RAM floating, trigonometrical
Free slots	1
Realtime clock	With ≤ 30 s/month 30 days
Port Ethernet	10BASE-T/100BASE-TX
Communication service	BOOTP client Ethernet TCP/IP Modbus messaging Ethernet TCP/IP
Positioning functions	PWM/PLS 2 7 kHz
Counting input number	2 20000 Hz 32 bits 4 5000 Hz 16 bits
Analogue adjustment points	1 point adjustable from 0...1023 1 point adjustable from 0 to 511 points
Marking	CE
Status LED	1 LED green PWR 1 LED green RUN 1 LED red module error (ERR) 1 LED user pilot light (STAT) 1 LED Ethernet status (LAN ST) 1 LED 10 or 100 Mbit/s rate (LACT) 1 LED per channel green I/O status
Product weight	0.525 kg

## Environment

Immunity to microbreaks	10 ms
Dielectric strength	1500 V for 1 minute, between supply and earth terminals 1500 V for 1 minute, between I/O and earth terminals
Product certifications	CSA UL
Ambient air temperature for operation	0...55 °C
Ambient air temperature for storage	-25...70 °C
Relative humidity	30...95 % without condensation
IP degree of protection	IP20
Operating altitude	0...2000 m
Storage altitude	0...3000 m

Vibration resistance	0.075 mm 10...57 Hz 35 mm symmetrical DIN rail 1 gn 57...150 Hz 35 mm symmetrical DIN rail 1.6 mm 2...25 Hz plate or panel with fixing kit 4 gn 25...100 Hz plate or panel with fixing kit
Shock resistance	15 gn 11 ms
RoHS EUR conformity date	0932
RoHS EUR status	Compliant

# **ANEXO 7**

## **MANUAL DE USUARIO**

## **INTRODUCCIÓN**

Un sistema de producción modular cuenta con varias estaciones, que en conjunto forman un sistema de producción flexible. La estación de paletizado llega a constituirse en una herramienta de aprendizaje muy útil donde los estudiantes fomentan el trabajo en grupo y la cooperación, por ello se hace necesario conocer el funcionamiento de cada uno de los componentes.

El presente documento brinda una información clara y concisa con la finalidad de facilitar al usuario la realización de las prácticas con la estación de paletizado.

Cabe recalcar que antes de ocupar el sistema didáctico el usuario deberá consultar este manual donde les explica muy detenidamente el funcionamiento, para una mejor comprensión se incluye gráficos explicativos.

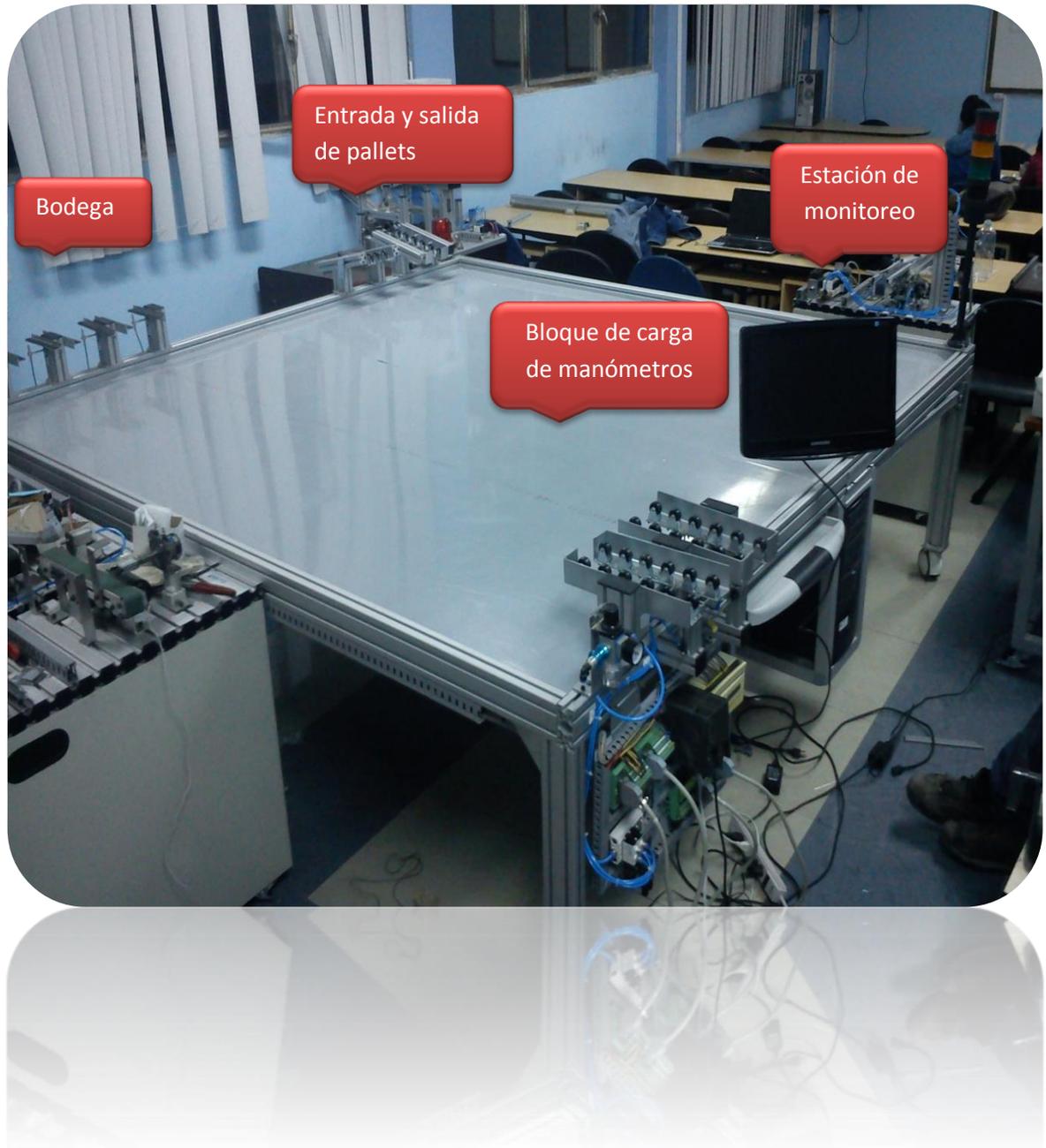
## **DIRIGIDO**

Este manual está dirigido a los estudiantes de la Escuela de Ingeniería Electrónica en Control y Redes Industriales que reciben la cátedra de redes industriales y Automatización Industrial.

## **CONOCIMIENTOS PREVIOS**

- ✓ Controladores lógicos programables compactos.
- ✓ Sensores inductivos de proximidad.
- ✓ Sensores magnéticos tipo Reed.
- ✓ Electroválvulas con retorno por muelle.
- ✓ Actuadores neumáticos.
- ✓ Sistemas SCADA.
- ✓ Programación en lenguaje ladder.
- ✓ Sensores ópticos.

## DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA



## **BLOQUES DEL SISTEMA**

### **Bodega**

La bodega se encarga de almacenar los pallets que se encuentran con manómetros correctamente ensamblados, cuenta con tres estantes dando lugar a almacenar hasta máximo 12 manómetros.

Cada uno de los estantes cuenta con un sensor inductivo que permite al usuario conocer la presencia o ausencia de los mismos mediante el HMI.

### **Entrada y salida de pallets**

El bloque de entrada y salida de pallets permite que los pallets se desplacen hacia el interior y exterior respectivamente, al igual que los estantes están incorporado con sensores inductivos para detectar la presencia o ausencia de los mismos y sirven como una fuente de información para el HMI.

### **Bloque de carga de manómetros**

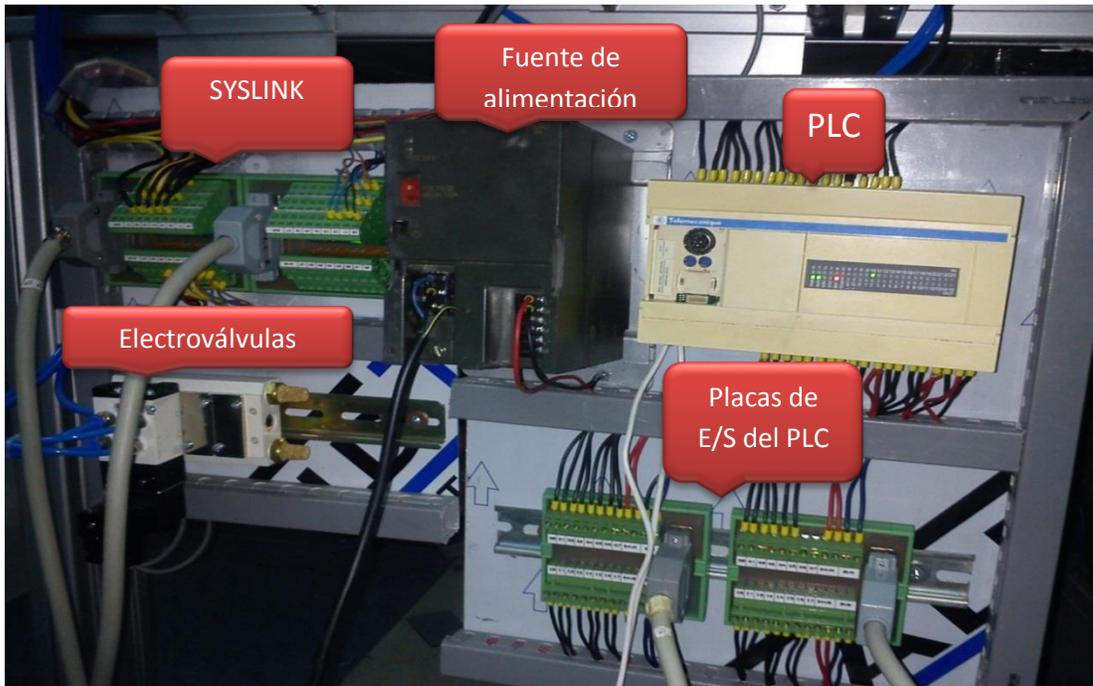
Es un sistema neumático que cuenta con 2 sensores inductivos y 2 cilindros de doble efecto donde se encuentran montados un sensor magnético en cada cilindro.

A este bloque los pallets llegan vacíos y son abastecidos de producto terminado (manómetros correctamente ensamblados) para ser trasladados hacia la bodega.

## Estación de monitoreo

Se conforma de un ordenador y una pantalla LCD, permite al usuario verificar el correcto funcionamiento del proceso mediante la interfaz gráfica realizada en lookout 6.2.

## SISTEMA DE CONTROL



### Fuente de alimentación

La fuente de alimentación se encarga de suministrar energía eléctrica a los distintos elementos eléctricos, se alimenta con 120 VCA de la red y brinda 24 VCD a la salida.

### PLC

El PLC es un autómata compacto de la marca twido de telemecanique, dispone de puerto Ethernet y un puerto COM para realizar la comunicación con el ordenador.

## Placas de E/S del PLC

Son `placas de circuito impreso que permiten conectar a las distintas entradas y salidas del PLC hacia el SYSLINK.

## SYSLINK

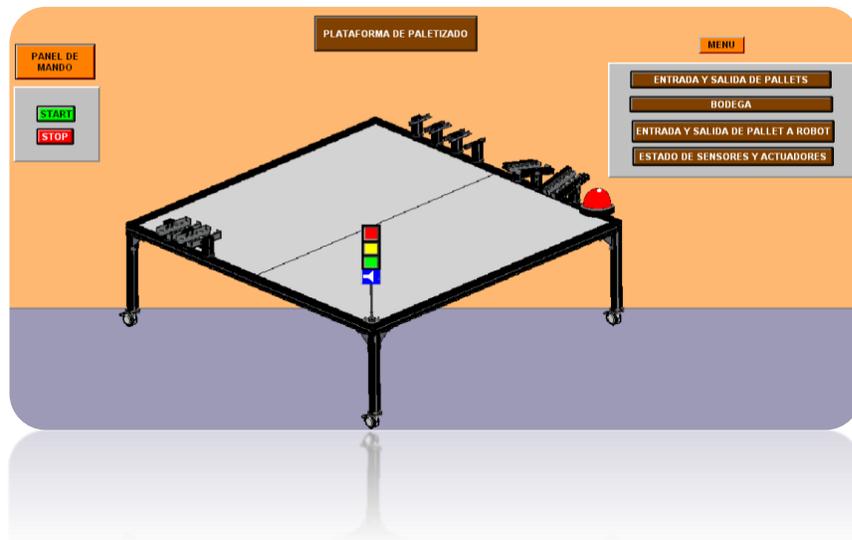
Facilita al usuario la conexión de los diferentes sensores y actuadores que componen el sistema hacia las I/O del PLC, mediante el cable DB-25.

## Electroválvulas

Son válvulas que se accionan eléctricamente y se encargan de suministrar presión de aire a los actuadores neumáticos.

## INTERFAZ GRÁFICA

En la siguiente figura se presenta el HMI realizado para el sistema.



<b>E/S</b>	<b>SIMBOLO</b>	<b>FUNCION</b>
Entrada	SI1	Sensor inductivo para entrada de pallets.
Entrada	SI2	Sensor inductivo para salida de pallets
Entrada	SI3	Sensor inductivo para la bodega 3.
Entrada	SI4	Sensor inductivo para la bodega 2.
Entrada	SI5	Sensor inductivo para la bodega 1.
Entrada	SI6	Sensor inductivo para la entrada de pallets hacia el robot móvil.
Entrada	SI7	Sensor inductivo de salida de pallets hacia el brazo robótico.
Entrada	SM1	Sensor magnético que detecta la posición del vástago del cilindro 1.
Entrada	SM2	Sensor magnético que detecta la posición del vástago del cilindro 2.
Salida	Electroválvula_1	Electroválvula que acciona el cilindro 1 para desplazar el pallet con productos.
Salida	Electroválvula_2	Electroválvula que acciona el cilindro dos para desplazar el pallet vacío.
Salida	Foco_Rojo	Señal luminosa de paro del proceso.
Salida	Foco_Amarillo	Señal luminosa que indica una anomalía.
Salida	Zumbador	Señal acústica que se activa cuando las bodegas se encuentren ocupadas.
Salida	Foco_Verde	Señal luminosa que se indica cuando el proceso se encuentra ejecutando.
Salida	Baliza_Giratoria	Señal luminosa de presencia de pallets en el bloque de entrada.

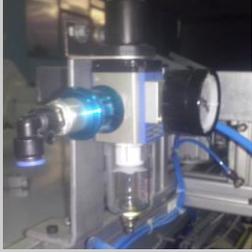
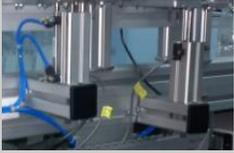
## **Pasos para ejecutar el proceso de paletizado**

- 1.** Cerciorarse que todos los dispositivos electrónicos se encuentre alimentados con el tomacorriente de 110 VCA.
- 2.** Verificar que tanto los sensores y actuadores se encuentren funcionando y que la red cuente con la suficiente presión de aire para activar a los actuadores neumáticos.
- 3.** Verificar que el cable DB-25 sea el correcto, para que no exista confusión entre las diferentes E/S que posee el controlador.
- 4.** Conectar el cable de programación para poder comunicar al PLC con el ordenador.
- 5.** Realizar la configuración de la red MODBUS en el software lookout 6.2, utilizando los mismos parámetros con el que cuenta el driver de programación.
- 6.** Una vez configurada correctamente la red, se podrá dar un pulso en el botón de inicio e inmediatamente se encenderá el foco verde por intervalos de 3 segundos, señalándonos que el proceso inicio y espera que ingrese un pallet al bloque de ingreso de pallets.
- 7.** Cuando el SI1 se active se encenderá la baliza giratoria, dando la señal para que el robot móvil se desplace a recoger el pallet vacío.
- 8.** Cuando el pallet sea detectado por el SI7 automáticamente se activara el cilindro para ubicar al pallet en lugar adecuado.
- 9.** Una vez que el pallet se encuentre con productos se depositara sobre el SI6 para que sea ubicado en el lugar propicio donde el robot móvil podrá recogerlo.
- 10.** Cuando los pallets se encuentren con nanómetros correctamente ensamblados serán ubicados en los estantes que dispone la bodega.

- 11.** Al momento que los estantes se encuentren todos ocupados se emitirá un sonido.
- 12.** La última etapa del proceso culmina cuando el pallet con productos es trasladado hacia el lugar de despacho, dándose una señal mediante el foco amarillo y apagando el foco verde.
- 13.** El foco rojo se encenderá cuando se presione el botón de stop.

# **ANEXO 8**

## **MANUAL DE MANTENIMIENTO**

ELEMENTO	TAREA	INTERVALO
<p data-bbox="321 338 623 407">✚ UNIDAD DE MANTENIMIENTO</p> 	<ul data-bbox="824 422 1154 688" style="list-style-type: none"> <li>• Comprobar la correcta instalación de los racores.</li> <li>• Comprobar el correcto funcionamiento del manómetro.</li> <li>• Purgar las impurezas.</li> </ul>	<ul data-bbox="1230 422 1382 527" style="list-style-type: none"> <li>• Semanal</li> <li>• Mensual</li> <li>• Mensual</li> </ul>
<p data-bbox="321 732 662 758">✚ ELECTROVÁLVULAS</p> 	<ul data-bbox="824 774 1154 1150" style="list-style-type: none"> <li>• Revisión de cables que conectan las electroválvulas con el SYSLINK.</li> <li>• Verificar que los racores y silenciadores se encuentren bien ajustados para evitar fugas de aire.</li> <li>• Limpieza de impurezas.</li> </ul>	<ul data-bbox="1230 774 1382 961" style="list-style-type: none"> <li>• Diario</li> <li>• Semanal</li> <li>• Semanal</li> </ul>
<p data-bbox="321 1163 748 1188">✚ CILINDROS DOBLE EFECTO</p> 	<ul data-bbox="824 1205 1154 1507" style="list-style-type: none"> <li>• Comprobar que los racores y reguladores se encuentren correctamente instalados.</li> <li>• Limpieza de impurezas.</li> <li>• Verificar el estado de las mangueras.</li> </ul>	<ul data-bbox="1230 1205 1382 1350" style="list-style-type: none"> <li>• Semanal</li> <li>• Semanal</li> <li>• Semanal</li> </ul>

## SENORES



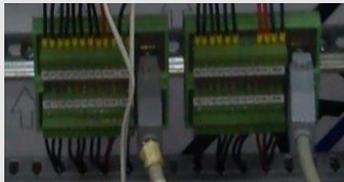
- Verificar que la alimentación del sensor sea la adecuada 24 VDC.
- Comprobar que los pernos que contienen a la base del sensor estén bien ajustadas.
- Verificar el correcto cableado de los sensores hacia el SYSLINK.
- Diario
- Semanal
- Mensual

## FUENTE DE ALIMENTACIÓN



- Comprobar que la fuente suministre un voltaje de 24 VDC, para alimentar a los diferentes dispositivos.
- Verificar el cable que conecta al tomacorriente de 110 VCA, no tenga desperfectos.
- Diario
- Mensual

## PLACAS (E/S) PLC



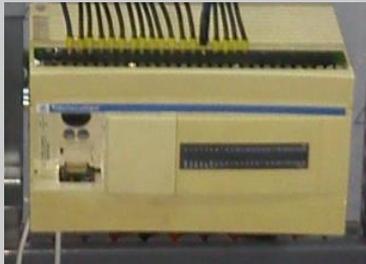
- Comprobar que las entradas y salidas del PLC correspondan a las de la placa.
- Reajustar las borneras de las E/S de las tarjetas porque tienden aflojarse.
- Verificar las conexiones de los cables DB-25 y que los mismos sean los correctos.
- Semanal
- Semanal
- Mensual

## SISLYNK



- Verificar que los leds indicadores muestran las señales captadas.
- Comprobar la instalación de los cables en los distintos pines.
- Verificar el estado de las borneras
- Semanal
- Mensual
- Mensual

## PLC



- Comprobar que el led que corresponde al estado de RUN y POWER no se muestren en color rojo ya que ello implica falla del autómeta.
- Comprobar que el puerto COM y Ethernet no tenga anomalías.
- Verificar el estado de los pines tanto de las entradas, salidas y alimentación.
- Diario
- Semanal
- Diario

## ESTRUCTURA

- Reajustar las diferentes tuercas que se usaron para formar una estructura sólida.
- Trimestral

# **Anexo 9**

## **ESTUDIO PARA EL DISEÑO DE UN ROBOT MÓVIL PARA TRABAJAR EN UNA PLATAFORMA CONTROLADA POR PLC PARA PALETIZADO DE MATERIALES**

Los robots móviles asumen un rol muy trascendental en la automatización industrial, ya que actualmente los trabajos de gran dificultad se realizan con este tipo de robots y gracias al nuevo concepto industrial de flexibilidad en el trabajo, que necesita la reprogramación del orden de operaciones requeridas para poder obtener una variedad de productos, para lo cual se requiere facilidad al momento de trasladar los materiales en toda la fábrica. Además las partes usadas para su fabricación se pueden encontrar en cualquier lugar y ya no a un alto costo como en tiempos anteriores.

El nombre de robot móvil se lo da por la capacidad de conseguir una o varias cosas con limitada intervención humana, y el nombre de vehículo autoguiado por las estructuras móviles que son limitadas a buscar rutas ya establecidas como franjas reflectoras, magnéticas y rayas pintadas en el piso.

Hay muchas diferencias muy relevantes de los robots manipuladores industriales y los móviles ya que un robot manipulador para ser rentable y apto para desenvolverse en 3D, debe tener muchos grados de libertad, mientras que, un robot móvil que únicamente posee dos grados de libertad está en la capacidad de efectuar muchas cosas sobre su área de trabajo.

Los robots móviles tienen sólidamente definidas sus prioridades las cuales son el sensado y el raciocinio, empezando con la condición que el titubeo es el inconveniente más importante para el robot móvil.

## **Entornos de operación**

El entorno de operación es aquella peculiaridad que pone las trabas sobre el robot móvil para poderse desplazar, y se concentran en el área de trabajo y los objetos presentes en el entorno.

**Área de trabajo.-** Puede ser externa e interna. Es externa porque su área de trabajo no está notoriamente fijada y su luminosidad es de manera natural por el contrario es interna cuando el área de trabajo está fijada tanto por muros y techos que permiten tener una luminosidad artificial.

**Objetos presentes en el entorno.-** Podemos encontrarnos con dos tipos:

- Estructurado.- Cuando los objetos que encontramos en el entorno no cambian de posición ni de forma (estáticos).
- No estructurado.- Cuando los objetos cambian de forma imprevista con el pasar de los días (dinámicos).

## **Tipos de locomoción**

- Con patas
- Con ruedas-cintas de deslizamiento
- Otros

Debemos recalcar que la locomoción por patas y cintas de deslizamiento han sido considerablemente experimentadas, pero el mejor avance se ha visto en Robots Móviles con ruedas ya que se recalca su eficacia en relación a su energía en espacios estables y llanos, no

producen daño en el espacio en el que se desplazan, cada rueda tiene un grado de libertad y máximo el robot casi siempre posee 2 grados de libertad.

### **Clases de ruedas**

- **Rueda fija:** Está fija a la estructura del robot, solo giran en torno a su eje sin tracción motriz.
- **Rueda motriz:** es aquella que provee fuerza de tracción al robot.
- **Rueda Directriz:** genera un direccionamiento de orientación controlable.
- **Rueda de castor o rueda loca:** es aquella rueda orientable pero no controlada.

Disposición de las ruedas sobre la estructura mecánica

- **Omnidireccional**

Dichos robots poseen una alta maniobrabilidad en el lugar de trabajo, esto quiere decir que se pueden desplazar en toda trayectoria sin que sea necesario reorientarse. De acuerdo al giro de cada una de las ruedas el robot consigue adelantar, girar o moverse de lado sin necesidad de reorientarse. También puede ser construido con ruedas orientables centradas, el robot logra cambiar su movimiento solamente cambiando la orientación de sus ruedas dicho movimiento se logra con medios mecánicos como con electrónicos.

- **Uniciclo**

Es aquel que frecuentemente es utilizado para realizar las investigaciones al momento de experimentar innovadoras maniobras de control ya que posee una cinemática sencilla. Posee una estructura que está conformada por una rueda loca para

estabilización y dos ruedas fijas convencionales sobre el mismo eje, manipuladas de forma autónoma.

- **Triciclo**

Es aquel que está diseñado con una rueda convencional centrada orientable que permite tanto la función de tracción como la dirección y de dos ruedas convencionales fijas sobre un mismo eje.

- **Cuatriciclo**

Existe un inconveniente relacionado a este tipo de robot ya que su centro de gravedad se ubica en ocasiones, en los bordes de la zona de equilibrio, delimitada por las tres ruedas, cuando el robot está en movimiento. Lo cual genera una pérdida de tracción del vehículo y ese error puede ser visto al momento de evaluar la posición del vehículo.

Se ha planteado una solución a este inconveniente usando el sistema de dirección Ackerman. Los ejes de las dos ruedas frontales se interceptan en un punto C que pertenece al eje común de las dos ruedas traseras. El lugar de los puntos en el plano trazados por cada rueda, alrededor de este punto C, es un conjunto de arcos concéntricos donde todos los vectores velocidad instantánea son tangentes a estos arcos.

## **Robots móviles en la industria**

El uso de robots móviles en las industrias ha crecido de una manera muy rápida ya que por mejorar los tiempos de respuesta, aumentar la producción, disminuir los costos, las empresas

se han visto en la necesidad de adquirir tecnología avanzada para no quedarse atrás en relación a las grandes industrias.

### **Vehículo de Guiado Automático**



Es un robot móvil diseñado para la industria, está realizado para trabajos de transporte de materiales, ya que es un trabajo repetitivo, además que ya está preparada una ruta predeterminada, de manera constante y que no necesita la intervención humana para poder funcionar de manera adecuada.

Estos vehículos son diseñados de tal manera que soporten el duro trabajo en la industria esto quiere decir que todos sus componentes necesitan de una robustez muy grande, esto también dependería de la carga que este va a transportar.

Están diseñados para trabajar en ambientes en el que el piso sea plano y regular ya que no poseen sistemas de amortiguamiento de ningún tipo.

## **Características:**

- Sistemas de comunicación vía radio.
- Sistemas de alimentación por baterías.
- Sistemas de diagnóstico.
- Sistemas operativos.
- Seguridad(escáneres laser, bumpers, sensores)

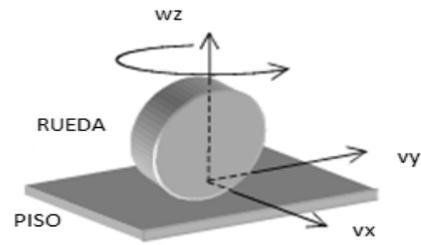
## **Cinemática del robot**

Se basa en estudiar el desplazamiento del robot en relación a su geometría. Sus aplicaciones más relevantes son poderlo usar como modelo matemático inicial para desarrollar su controlador, para poder simular el comportamiento cinemático del robot, también para establecer las ecuaciones de los cálculos odométricos.

Vamos a plantearnos unos límites para poder construir el modelo cinemático:

- No debe haber piezas flexibles en la estructura del robot (incluidas las ruedas).
- El desplazamiento del robot se da en un área plana.
- Se supone que no existe rozamiento de componentes móviles del robot con el piso.
- Las ruedas tienen uno o ningún eje de direccionamiento, de modo que este último siempre es perpendicular al piso.

Al momento en que las ruedas tocan el piso trabajan como una articulación planar que es el movimiento en un plano, habiendo por lo tanto, tres grados de libertad, como se puede apreciar en la Ilustración.



Rueda en contacto con el piso

Dónde:

$v_y$  Es la trayectoria que fija el curso básico de la rueda.

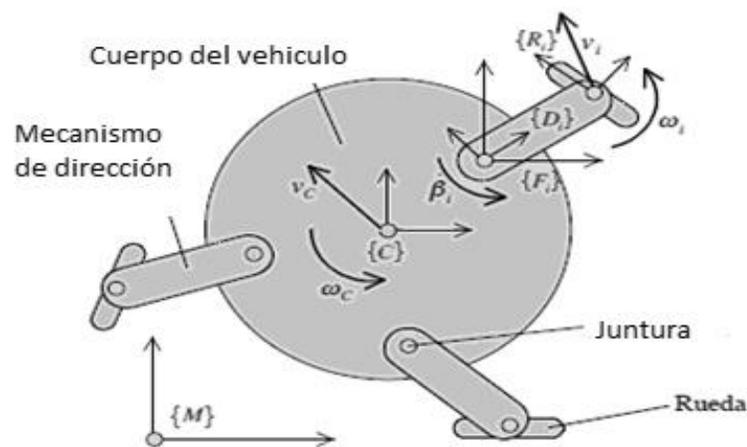
$v_x$  Nos indica los movimientos a los lados del robot.

$\omega_z$  Al momento que el robot efectúa una rotación se origina una velocidad angular.

En nuestro caso  $v_x=0$  ya que la rueda no se mueve de forma lateral.

Para cada rueda del vehículo existe el debido aporte tanto de velocidad lineal como angular,

el proceso para encontrar dichas velocidades es el objetivo de la cinemática.



Estructura cinemática genérica

Para poder encontrar las posiciones y orientaciones relativas se relaciona a cada uno de los componentes del robot sistemas de coordenadas asociado, como se muestra seguidamente:

- $\{C\}$ : Solidario a la cuerpo del vehículo, usado de tal forma que sea el punto referencial del vehículo. Su posición cartesiana  $(x_C, y_C)$  y su orientación  $\theta_C$  con relación a un sistema global de trabajo  $\{M\}$  pertenecen a la del vehículo.
- $\{F_i\}$ : Sujeto en el sitio de conexión de la junta de la rueda  $i$ -ésima. El ángulo  $\alpha_i$  simboliza la ubicación relativa de este sistema con relación a  $\{C\}$ , y su vector de posición es  $\lambda_i$ .
- $\{D_i\}$ : Asociado al mecanismo de dirección de la rueda  $i$ -ésima,  $\beta_i$  nos indica el ángulo de dirección, entre el presente sistema y el anterior.  $\{F_i\}$  y  $\{D_i\}$  coinciden por tal motivo el vector de posición es nulo.
- $\{R_i\}$ : Asociado al lugar de rozamiento entre el piso y la rueda  $i$ -ésima, lo podemos observar en la ilustración 1.  $\gamma_i$  es el ángulo de posición y  $\delta_i$  el vector de posición entre el presente sistema y el anterior.

En el sistema  $\{R_i\}$  se enuncian tanto  $v_i$  vector de velocidad lineal como  $\omega_i$  vector de velocidad angular formados por la rueda  $i$ -ésima;  $\dot{\beta}_i$  es la velocidad angular que se produce por el giro del mecanismo de dirección y referida a  $\{D_i\}$ ; y las velocidades tanto angular  $\omega_C$  como lineal  $v_C$  del eje de referencia del vehículo correspondida al conjunto conformado por su rueda asociada y el mecanismo de direccionamiento  $i$ -ésimo, expresada por:

$$v_C = R(\theta_i) \cdot v_i + \omega_i \times p_i + \dot{\beta}_i \times \lambda_i \quad (1)$$

$R()$  Es la matriz de rotación en el plano.

$\theta_i$  y  $p_i$  Orientación y vector de posición del sistema  $\{R_i\}$  examinado a partir de  $\{C\}$ , expresado así:

$$p_i = \lambda_i + R(\alpha_i + \beta_i) \cdot \delta_i$$

$$\theta_i = \alpha_i + \beta_i + \gamma_i \quad (2)$$

$$\omega_c = \dot{\beta}_i - \omega_i \quad (3)$$

(2) y (3), organizadas como matriz jacobiana, de tal manera:

$$\begin{pmatrix} v_{cx} \\ v_{cy} \\ \omega_c \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos_i & -\text{sen}_i & p_{iy} & -\lambda_{iy} \\ \text{sen}_i & \cos_i & -p_{ix} & \lambda_{ix} \\ 0 & 0 & 1 & -1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} v_{ix} \\ v_{iy} \\ \omega_i \\ \dot{\beta}_i \end{pmatrix} = \quad (4)$$

$$V_c = \hat{J}_i \cdot \hat{q}_i$$

Dónde:

$v_{cx}$  y  $v_{cy}$  elementos de  $V_c$ ;

$p_{ix}$  y  $p_{iy}$  elementos de  $p_i$ ;

$\lambda_{ix}$  y  $\lambda_{iy}$  elementos de  $\lambda_i$ ;

$v_{ix}$  y  $v_{iy}$  elementos de  $v_i$ ;

$\cos_i$  e  $\text{sen}_i$  coseno y seno del ángulo  $\theta_i$

Para obtener la velocidad lineal de la rueda nos basamos en las revoluciones que genera un motor que permite que gire la misma. Para una rueda convencional, tractora y no

direccionable, de radio  $r_i$  y velocidad de giro  $\omega_{ix}$ , se especifica la matriz de conversión de la actuación  $W_i$ :

$$\dot{\hat{q}}_i = W_i \cdot \dot{q}_i = \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ -r_i & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \omega_{ix} \\ \omega_i \end{pmatrix} \quad (5)$$

Podemos observar en (5) que se la actuación  $\omega_{ix}$  está presente y se elimina la acción de dirección debida a  $\dot{\beta}_i$ . En el caso que la rueda sea direccionable tenemos la siguiente ecuación (6).

$$\dot{\hat{q}}_i = W_i \cdot \dot{q}_i = \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ -r_i & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \omega_{ix} \\ \omega_i \\ \dot{\beta}_i \end{pmatrix} \quad (6)$$

$J_i$  Es la matriz jacobiana de la rueda i-ésima, definida como el patrón que nos permitirá encontrar la velocidad del robot  $V_C$ , en su eje de referencia, en función de las componentes del vector  $\dot{q}_i$ . Se utiliza (4) y (5) para una rueda no direccionable:

$$J_i = \hat{J}_i \cdot W_i = \begin{pmatrix} r_i \cdot s_i & p_{iy} \\ -r_i \cdot c_i & p_{ix} \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (7)$$

Se utiliza (4) y (6) para una rueda direccionable:

$$J_i = \hat{J}_i \cdot W_i = \begin{pmatrix} r_i \cdot s_i & p_{iy} & -\lambda_{iy} \\ -r_i \cdot c_i & p_{ix} & \lambda_{ix} \\ 0 & 1 & -1 \end{pmatrix} \quad (8)$$

Cuando consideramos N ruedas en contacto con el piso, desde (4), se diseña un sistema de ecuaciones sobredeterminado, en el que el vector de velocidades  $V_C$  debe satisfacer a la par las siguientes restricciones:

$$\begin{pmatrix} I \\ I \\ \vdots \\ I \end{pmatrix} \cdot V_C = \begin{pmatrix} J_1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & J_2 & \cdots & 0 \\ \cdots & \ddots & \ddots & \cdots \\ 0 & \cdots & 0 & J_N \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \dot{q}_1 \\ \dot{q}_2 \\ \vdots \\ \dot{q}_N \end{pmatrix} \quad (9)$$

$$A \cdot V_C = B \cdot \dot{q}$$

I simboliza la matriz identidad de tres por tres.

Seguidamente, se utiliza una aproximación por mínimos cuadrados para poder hallar una respuesta para el vector  $V_C$ :

$$V_C = \overbrace{(A^T \cdot A)^{-1} \cdot A^T \cdot B \cdot \dot{q}}$$

$$V_C = J \cdot \dot{q} \quad (10)$$

La matriz J es el jacobiano completo del vehículo. Se va a suponer que el vehículo trabaja de la mejor manera donde no hay deslizamientos esto quiere decir que el error de estimación es nulo. Se especifica la función  $\Omega(A)$  como:

$$\Omega(A) = A \cdot (A^T \cdot A)^{-1} \cdot A^T - I \quad (11)$$

El no deslizamiento es expresado de la siguiente manera:

$$\Omega(A) \cdot B \cdot \dot{q} = 0 \quad (12)$$

## **BIBLIOGRAFÍA**

- [1] **DORF, R. C. y BISHOP, R. H.** Sistemas de control moderno. , Traducido del ingles por Sebastian Dormido Canto y Raquel Dormido Canto. ,10a Ed., Madrid, Pearson Educación., 2005., pp 1-24.
- [2] **KALPAKJIAN, S. y SCHMID S. R.** Manufactura, ingeniería y tecnología. , traducido por Jaime Espinosa Limón., 5a ed., México, Pearson Educación., 2008., pp 1085-1236.
- [3] **MALONEY T. J.** Electrónica Industrial Moderna., traducido por Carlos Mendoza Barraza y Virgilio Gonzáles y Pozo., 5a ed., México., Pearson Educación., 2006., pp 74-148.
- [4] **AUTOMATIZACIÓN**

<http://www.slideshare.net/testgrupocomex/apuntes-de-automatismospdf>

10- 04-2014.

<http://www.ecured.cu/index.php/Automatizaci%C3%B3n>

10-04-2014

- [5] **CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE.**

<http://recursostic.educacion.es/observatorio/web/es/component/content/article/502-monográfico-lenguajes-de-programacion?start=2>

25-05-2014

[http://es.wikipedia.org/wiki/Controlador\\_B3gico\\_programable](http://es.wikipedia.org/wiki/Controlador_B3gico_programable)

24-05-2014.

[6] **ELECTROVÁLVULAS**

<http://es.wikipedia.org/wiki/Electrov%C3%A1lvula>

20-04-2014.

[7] **ESTUDIO DEL ROBOT MÓVIL**

<http://www.ceautomatica.es/old/actividades/jornadas/XXIV/documentos/ro/201.pdf>

08-09-2014.

<http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/4321/1/CD-3931.pdf>

12-09-2014.

<http://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/1840/tesisUPV2519.pdf>

15-09-2014.

[8] **GRAFCET**

<http://es.wikipedia.org/wiki/GRAFCET>

26-05-2014.

[9] **PALETIZADO**

<http://es.wikipedia.org/wiki/Paletizado>

10-04-2014.

<http://ingenierosindustriales.jimdo.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/log%C3%ADstica/paletizaci%C3%B3n/>

10-04-2014.

<http://es.scribd.com/doc/135810464/Modulo-de-Ingenieria-Industrial>

11-04-2014

[10] **SENSORES**

<http://es.scribd.com/doc/99225911/Aplicacion-de-Sensores-Opticos-y-de-Aproximacion>

25- 04 -2014.

<http://www.fim.umich.mx/teach/ifranco/notas/C6-Detectores%20sensores%20y%20transductores%20E.pdf>

25-04-2014.

[11] **SISTEMA DE MANUFACTURA FLEXIBLE**

[http://www.lhusurbil.com/irjlmartinez/MANUALES/E3-PROCESO/E3-Proceso\\_Omron.pdf](http://www.lhusurbil.com/irjlmartinez/MANUALES/E3-PROCESO/E3-Proceso_Omron.pdf)

26-04-2014.

<http://www.gestiopolis.com/recursos3/docs/ger/jitlefconew.htm>

25- 04-2014.

[12] **SISTEMAS DE PRODUCCIÓN MODULAR**

<http://www.slideshare.net/jcfdezmxproduct/sistemas-integrados-de-produccion-modular>

27-04-2014.

<http://www.festo-didactic.com/es-es/productos/mps-sistema-de-produccion-modular/mps-el-sistema-de-produccion-modular-del-modulo-a-la-fabrica-didactica.htm?fbid=ZXMuZXMuNTQ3LjE0LjE4LjU4NS43NjMx>

27-04-2014