



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS**

**“DISEÑO, PROGRAMACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GIRO  
PARA ACOPLAR A LA LINEA DE ENSAMBLAJE DEL LABORATORIO DE  
AUTOMATIZACION INDUSTRIAL”**

**TESIS DE GRADO**

**Previa la obtención del título de:**

**INGENIERO EN SISTEMAS INFORMÁTICOS**

**Presentado por:**

**BECERRA LUNA JAIRO ANDRÉS**

**PADILLA YAMBAY JIMMY ALEXANDER**

**RIOBAMBA – ECUADOR**

**2010**

A Dios, al Ing. Marco Viteri  
Director de Tesis, al Dr.  
Rigoberto Muñoz Asesor de  
Tesis, por su colaboración para  
el desarrollo de este trabajo.

Jimmy - Jairo

A Dios, a mi madre Rosa Yambay, a mi padre Nelson Padilla, a mi familia por todo el apoyo brindado en el transcurso de mi carrera.

Jimmy A. Padilla Yambay

A DIOS mi padre que ha permitido que esto suceda, a Karina mi esposa, a mis padres, Ramiro y Priscila, por su gran apoyo durante toda mi carrera.

Jairo Andrés Becerra Luna

## FIRMAS DE RESPONSABILIDADES

NOMBRE	FIRMA	FECHA
Ing. Iván Menes <b>DECANO FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA</b>	.....	.....
Ing. Raúl Rosero <b>DIRECTOR DE ESCUELA INGENIERÍA EN SISTEMAS</b>	.....	.....
Ing. Marco Viteri <b>DIRECTOR DE TESIS</b>	.....	.....
Dr. Rigoberto Muñoz <b>MIEMBRO DEL TRIBUNAL</b>	.....	.....
Lcdo. Carlos Rodríguez <b>DIR. CENTRO DE DOCUMENTACIÓN</b>	.....	.....
<b>NOTA DE LA TESIS</b>	.....	

“Nosotros, BECERRA LUNA JAIRO ANDRÉS Y PADILLA YAMBAY JIMMY ALEXANDER, somos responsables de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta tesis; y, el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado pertenece a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO”.

---

Becerra Luna Jairo Andrés

---

Padilla Yambay Jimmy Alexander

## **INDICE**

### **INDICE GENERAL**

### **INDICE DE TABLAS**

### **INDICE DE FIGURAS**

INTRODUCCIÓN .....	13
CAPITULO I	
1. MARCO REFERENCIAL.....	14
1.1 PROBLEMATIZACION .....	14
1.2. JUSTIFICACION.....	15
1.2.1 Justificación Teórica .....	15
1.2.2 Justificación Aplicativa.....	16
1.3. OBJETIVOS.....	16
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	16
1.3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS .....	16
1.4. HIPOTESIS.....	17
1.5 MÉTODOS Y TÉCNICAS .....	17
1.5.1 MÉTODOS .....	17
1.5.2 TÉCNICAS .....	17
CAPITULO II	
2. SISTEMAS BÁSICOS .....	18
2.1 Sistema Eléctrico .....	18
Sistema eléctrico.....	18
2.1.1 Sensores .....	22
2.1.2. Tipos de sensores .....	22
2.1.3 Conductores Eléctricos.....	27
2.1.4 Motores Eléctricos .....	30
2.1.5 Inversión de Giro .....	36
2.2 Sistema Mecánico.....	39
2.2.1 Transportadores y bandas.....	39
2.2.2 Estructura Metálica construida en aluminio .....	43

2.3 Sistema Informático .....	46
2.3.1 PLC .....	46
CAPITULO III	
3. SISTEMAS DE GIRO .....	57
3.1 POLEAS .....	57
3.1.1 Tipos.....	57
3.2 ENGRANAJE .....	64
3.2.1 Tipos de Engranajes.....	65
3.2.2 Deterioro y fallo de los engranajes .....	71
3.3 MOTORES ELÉCTRICOS.....	72
3.3.1 Principios de funcionamiento.....	73
3.3.2 Clasificación .....	73
3.3.3 Ventajas.....	75
3.4 SERVOMOTORES .....	76
3.4.1 Estructura interna y funcionamiento .....	76
3.4.2 Control de posición .....	76
3.4.3 Principios de funcionamiento.....	78
3.4.4 Terminales de Conexión.....	79
3.4.5 Modificaciones a los servos.....	80
3.4.6 Servos digitales .....	81
3.5 SISTEMA NEUMATICO.....	81
3.5.1 Clasificación de los Actuadores Neumáticos .....	82
CAPÍTULO IV	
4. CONTROL Y PROGRAMACIÓN DEL MÓDULO.....	92
4.1 COMPONENTES DEL MÓDULO DEL SISTEMA DE GIRO .....	92
4.1.1 Introducción .....	92
4.1.2 Procesos del Sistema de Giro .....	93
4.1.3 Control del Módulo (Eléctrico, Neumático e Informático).....	94
4.1.4 Estructura de Aluminio.....	95
4.2 Análisis del Estándar IEC 61131-3 .....	95
4.3 Vista General .....	96
4.4 Hardware .....	96

4.5 Lenguaje de Programación.....	96
4.6 Guía de Usuario.....	99
CAPÍTULO V	
5. DESARROLLO DE UN MÓDULO DIDÁCTICO DEL SISTEMA DE GIRO.	109
5.1 Descripción de los Sistemas del módulo .....	109
5.2 Control y operación del sistema.....	116
5.3 Elaboración de Datos Técnicos del módulo y sus elementos .....	120
5.4 Detección de Fallas encontradas.....	120
5.4.1 Detección de fallas en el módulo.....	120
5.4.2 Detección de fallas en el sistema informático.....	122
5.5 Corrección de Fallas y Pruebas de Funcionamiento.....	123
5.5.1 Corrección de Fallas.....	123
5.5.2 Pruebas de Funcionamiento.....	126
5.6 Ejecución del Prototipo Final .....	130
5.7 Comprobación de la Hipótesis .....	130
5.8 Costo total del Proyecto.....	132
CONCLUSIONES .....	134
RECOMENDACIONES .....	135
RESUMEN .....	136
SUMMARY.....	137
GLOSARIO .....	138
BIBLIOGRAFÍA.....	140
ANEXOS .....	142

## INDICE DE TABLAS

Tabla III.1 Colores de los terminales para algunas marcas comerciales .....	80
Tabla.IV. 2. Elementos básicos en Lader.....	98
Tabla.V.3. Costo de Investigación.....	132
Tabla.V.4. Costo Desarrollo y Construcción.....	133

## INDICE DE FIGURAS

Fig. II.1 Circuito Abierto: No circula Corriente Eléctrica .....	19
Fig. II.2 Circuito Cerrado: Circula Corriente Eléctrica.....	19
Fig. II.3 Circuito conectado en Serie .....	22
Fig. III.4 Polea Simple Fija .....	59
Fig. III.5 Cálculos Polea Simple F .....	60
Fig. III.6 Polea Simple Móvil.....	61
Fig. III.7 Cálculos Polea Simple Móvil .....	62
Fig. III.8 Polea Diferencial .....	64
Fig. III.9 Engranaje Recto .....	67
Fig. III.10 Engranaje helicoidal .....	67
Fig. III.11 Engranaje Cónico.....	68
Fig. III.12 Engranaje cónico hipoide.....	69
Fig. III.13 Mecanismo de engranajes interiores.....	70

Fig. III.14 Cremallera.....	70
Fig. III.15 Eslabón de una cadena.....	71
Fig. III.16 Motor de Corriente Continúa .....	73
Fig. III.17 Diagrama del circuito de control implementado en un servo.....	77
Fig. III.18 Señales de control utilizado y posición del servo .....	78
Fig. III.19 Clasificación de los Actuadores Neumáticos.....	82
Fig. III.20 Cilindros Simple Efecto .....	84
Fig. III.21 Cilindro Doble Efecto.....	84
Fig. III.22 Cilindro Doble Vástago.....	85
Fig. III.23 Cilindro Tandem.....	87
Fig. III.24 Cilindro Multiposicional.....	88
Fig. III.25 Actuador Piñón Cremallera .....	89
Fig. IV.26. Distribución Ladder.....	99
<i>Fig. IV.2. Selección de Idioma - TwidoSuite.....</i>	101
<i>Fig. IV.27. Pantalla Bienvenida TwidoSuite .....</i>	101
<i>Fig. IV.28. Términos de licencia TwidoSuite .....</i>	102
Fig. IV.29. Tipo de Instalación.....	102
Fig. IV.30. Ventana de Finalización.....	103
<i>Fig. IV.31. creación ProyectoTwidoSuite .....</i>	104
Fig. IV.32. Seleccionar Autómata sobre TwidoSwite.....	104
Fig. IV.33. Definir entradas y salidas sobre el PLC .....	105
Fig. IV.34. Generar diagrama Ladder y Ejecutar.....	105
Fig. IV.35. Panel de Control .....	107
Fig. IV.37. Interfaz de Control LookOut.....	107
Fig. V.38. Motor 64v Cilindro Giratorio .....	110
Fig. V.39. Estructura Metálica .....	111
Fig. V.40. Ensamblaje Codo de Giro 90°.....	111
Fig. V.41. Ensamblaje modulo de Giro 180° .....	112
Fig. V.42. Ensamblaje del módulo.....	112
Fig. V.43.Vista lateral del codo de Giro 90°.....	113
Fig. V.44. Tendido de cable .....	114
<i>Fig. V.45. Panel de control.....</i>	115

<i>Fig. V.46.</i> Banda 1 encendido.....	116
<i>Fig. V.47.</i> Codo 1 encendido.....	117
<i>Fig. V.48.</i> Codo 2 encendido.....	117
<i>Fig. V.49</i> Carro encendido .....	118
<i>Fig. V.49</i> Banda 2 Activado.....	118
<i>Fig. V.50</i> Ascensor piso 2 encendido.....	119
<i>Fig. V.51</i> Ascensor piso 3 Activado.....	119
<i>Fig. V.52</i> Plato Giratorio roza la columna.....	121
<i>Fig. V.53</i> Relé defectuoso.....	121
<i>Fig. V.54</i> Arco defectuoso.....	122
<i>Fig. V.55</i> Una misma salida asignada en rugs diferentes .....	122
<i>Fig. V.56</i> Temporizador erróneo .....	123
<i>Fig. V.57</i> Error en Activación del ascensor .....	123
<i>Fig. V.58</i> Disco Giratorio calibrado correctamente.....	124
<i>Fig. V.59</i> Relé Sustituido.....	124
<i>Fig. V.60</i> Arco Simétrico .....	125
<i>Fig. V.61</i> Memorias asignadas a una sola salida .....	125
<i>Fig. V.62</i> Temporizador corregido.....	126
<i>Fig. V.63</i> Visualización corregida .....	126
<i>Fig. V.64</i> Cables Identificados correctamente.....	127
<i>Fig. V.65</i> Voltaje de entrada.....	127
<i>Fig. V.66</i> Motor.....	128
<i>Fig. V.67</i> Banda encendida transportando el Pallet .....	128
<i>Fig. V.68</i> Conexión.....	129
<i>Fig. V.69</i> Estableciendo conexión .....	129
<i>Fig. V.70</i> Ejecución del controlador.....	130

## INTRODUCCIÓN

En área industrial al igual que otras áreas deben ir a la par con el avance de la ciencia y la tecnología razón por la cual se hace imprescindible la utilización de nuevos métodos de producción que ayuden a la automatización de los procesos.

La Automatización Industrial y la Mecatrónica integran los clásicos campos de la ingeniería mecánica, ingeniería eléctrica, e informática para establecer los principios básicos para una metodología contemporánea de diseño de ingeniería

Con nuestro proyecto se ha buscado alternativas de desarrollo tecnológico en el sector industrial enfocándonos en el ensamblaje, almacenamiento y recorrido de piezas industriales de una forma automatizada. Para la construcción de este prototipo se ha utilizado perfiles de aluminio cuadrados con ranuras laterales, elementos eléctricos y electrónicos, que al trabajar en conjunto desempeña eficazmente el trabajo para el cual fue fabricado.

El Sistema de Giro para su implementación consta de sensores magnéticos, que envían señales, a ser receptadas por un PLC y este envía señales activando los motores respectivos y con ello conseguir que el proceso de almacenamiento o recorrido de la pieza pueda completarse en su totalidad.

El lenguaje de programación utilizado es por contactos (LADER), ya que es de uso universal para la elaboración de programas de este tipo.

# **CAPITULO I**

## **1. MARCO REFERENCIAL**

### **1.1 PROBLEMATIZACION**

En el Ecuador las empresas que utilizan los automatismos eléctricos de giro, pueden sistematizar la línea de producción pero el inconveniente aparece en el gran espacio físico y en la complejidad de los procesos que se utiliza.

A medida que la tecnología de la informática aparece se fue fusionando sus aplicaciones con el uso mecánico en las empresas. Actualmente la mayoría de las empresas han remplazado los sistemas antiguos por los nuevos autómatas o PLCs lo cual tiene varias ventajas como la disminución del espacio físico y la complejidad de la construcción.

Conociendo de las múltiples ventajas en el campo ocupacional y frente a la necesidad de reforzar el aprendizaje se pretende diseñar, programar

e implementar un sistema de giro el cual permitirá abrir un espacio para la práctica en el campo de automatización.

El sistema de Giro consta de varios procesos de producción dónde intervienen varios elementos y dispositivos para su correcto y eficiente funcionamiento permitiéndonos acoplar el modulo a otros ya desarrollados.

A continuación se describen los procesos que intervienen en el módulo del sistema de giro:

- Movimiento de la pieza por la banda transportadora.
- Giro 90° de la pieza sentido horario.
- Giro 90° de la pieza sentido horario (Giro de 180°).
- Paso por el Elevador y Almacenamiento de la pieza.
- Movimiento de la pieza por la banda transportadora.

Con la implementación del sistema de giro para acoplar al laboratorio de automatización industrial de la Escuela de Informática y Electrónica permitirá a los estudiantes que opten por este lineamiento obtener mayor conocimiento sobre el tema y poder aplicarlo o adjuntarlo a nuevas investigaciones.

## **1.2. JUSTIFICACION**

### **1.2.1 Justificación Teórica**

El Sistema de Giro no se encuentra difundiendo información adecuada y oportuna para su implementación. Es por eso que nosotros hemos decidido realizar una investigación donde profundicemos mas sobre el tema además que nuestra investigación sirva de fuente de consulta a los demás compañeros sean de la EIS o personas que incursionen por el mundo de la Automatización Industrial o la Mecatrónica. Con esta

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

### **1.2.2 Justificación Aplicativa**

Con la implementación de un Sistema de Giro para acoplarlo a la línea de ensamblaje del laboratorio de Automatización Industrial los estudiantes de la EIS a futuro contarán con un módulo didáctico de un Sistema de Giro, este aprendizaje teórico-práctico permitirá relacionar su uso en las empresas industriales lo cual influirá en el mejoramiento de la producción y el desarrollo, y se repotenciará el sistema de ensamblaje que existe en el laboratorio de automatización de la EIS.

## **1.3. OBJETIVOS**

### **1.3.1. OBJETIVO GENERAL**

Estudiar, implementar y programar un sistema de giro para integrar al sistema de montaje, en el laboratorio de automatización de la Escuela de Ingeniería en Sistemas.

### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Estudiar los sistemas de giro industrial.
- Implementar un sistema de giro adaptable a la línea de ensamblaje existente en el laboratorio de automatización de la EIS.
- Programar el control del sistema de giro.
- Diseñar un sistema de visualización y comprobar las posibilidades de uso con un sistema SCADA.

#### **1.4. HIPOTESIS**

Un sistema de giro para acoplar al módulo de ensamblaje optimizará el espacio y se repotenciará el estudio en el laboratorio de Automatización y Mecatrónica.

#### **1.5 MÉTODOS Y TÉCNICAS**

##### **1.5.1 MÉTODOS**

El método utilizado como guía para la presente investigación es el método Científico, el cual contempla los siguientes puntos:

- El planteamiento del problema que es objeto principal de nuestro estudio.
- El apoyo del proceso previo a la formulación de la Hipótesis.
- Levantamiento de información necesaria.
- Análisis e interpretación de Resultados.
- Proceso de Comprobación de la Hipótesis.

Para complementar la investigación se aplicará el método deductivo ya que parte de verdades previamente establecidas como principios generales, para luego aplicarlo a casos individuales y comprobar así su validez en el desarrollo de procesos en sistemas de Automatización Industrial.

##### **1.5.2 TÉCNICAS**

Para la recopilación de la información necesaria que sustente el presente trabajo de investigación, se ha establecido como técnicas las siguientes:

- Revisión de Documentos
- Observación
- TFA'S (Técnicas que facilitan la especificación de aplicaciones)
- Técnicas de Comprobación de hipótesis.

## CAPÍTULO II

### 2. SISTEMAS BÁSICOS

#### 2.1 Sistema Eléctrico

Es muy común el uso de los circuitos eléctricos en los tiempos actuales que no se les da la importancia que estos tienen en la vida cotidiana. Muchos son los aparatos que requieren para su funcionamiento, de circuitos eléctricos simples, combinados y complejos.

“Un sistema eléctrico es el recorrido de la electricidad a través de un conductor, desde la fuente de energía hasta su lugar de consumo. Todo circuito eléctrico requiere, para su funcionamiento, de una fuente de energía, en este caso, de una corriente eléctrica”.<sup>1</sup>

Para realizar un correcto análisis un circuito se deben conocer los nombres de los elementos que lo forman, entre estos tenemos el conductor, el generador, la resistencia, el nodo, la pila, entre otros. Los circuitos eléctricos se los puede conectar en serie, en paralelo o de manera mixta.

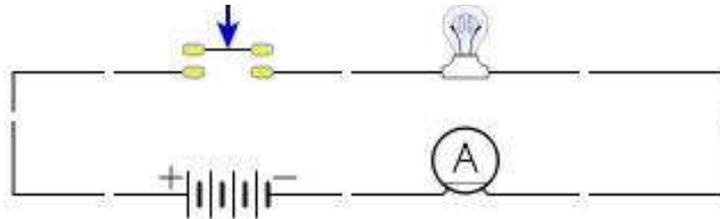
#### **Sistema eléctrico**

“Es una serie de elementos o componentes eléctricos o electrónicos, tales como resistencias, inductancias, condensadores, fuentes, y/o dispositivos

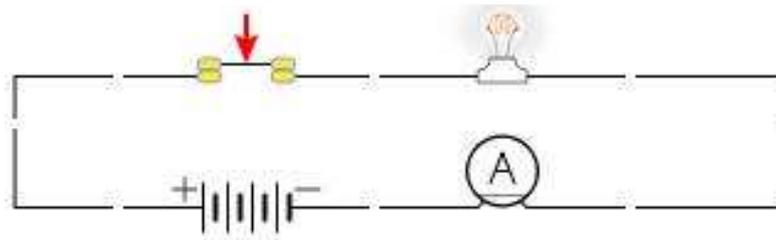
---

<sup>1</sup> <http://www.mitecnologico.com/Main/Electricos>

electrónicos semiconductores, conectados eléctricamente entre sí con el propósito de generar, transportar o modificar señales electrónicas o eléctricas”.<sup>2</sup>



**Fig. II.1 Circuito Abierto: No circula Corriente Eléctrica**



**Fig. II.2 Circuito Cerrado: Circula Corriente Eléctrica**

### **Características de los Sistemas Eléctricos**

1. Los circuitos eléctricos están formado básicamente por una fuente de energía, conductores, y un receptor que transforma la electricidad en luz, en movimiento o en calor.
2. Para que se produzca la transformación, es necesario que circule corriente por el circuito.
3. Este debe estar compuesto por elementos conductores, conectados a una fuente de tensión o voltaje y cerrado.

<sup>2</sup> <http://www.mitecnologico.com/Main/Electricos>

4. Los dispositivos que permiten abrir o cerrar circuitos se llaman interruptores o llaves.

## **Conceptos básicos de un Sistema Eléctrico**

### **Conductor eléctrico**

“Cualquier material que ofrezca poca resistencia al flujo de electricidad se denomina conductor eléctrico. La diferencia entre un conductor y un aislante, que es un mal conductor de electricidad o de calor, es de grado más que de tipo, ya que todas las sustancias conducen electricidad en mayor o en menor medida.

Un buen conductor de electricidad, como la plata o el cobre, puede tener una conductividad mil millones de veces superior a la de un buen aislante, como el vidrio o la mica. En los conductores sólidos la corriente eléctrica es transportada por el movimiento de los electrones; y en disoluciones y gases, lo hace por los iones”.<sup>3</sup>

### **Intensidad**

“El flujo de carga que recorre un cable se denomina intensidad de corriente o corriente eléctrica, y es la cantidad de *coulombs* que pasan en un segundo por una sección determinada del cable. Un *coulomb* por segundo equivale a 1 amper, unidad de intensidad de corriente eléctrica. La corriente es dinámica”.<sup>4</sup>

### **Campo eléctrico**

“Un campo eléctrico es la fuerza aplicada por unidad de carga”.<sup>5</sup>

### **Diferencia de potencial**

---

<sup>3</sup> [http://www.fisicanet.com.ar/fisica/electroestatica/ap01\\_carga\\_electrica.php](http://www.fisicanet.com.ar/fisica/electroestatica/ap01_carga_electrica.php)

<sup>4</sup> [http://www.fisicanet.com.ar/fisica/electrodinamica/ap08\\_electrodinamica.php](http://www.fisicanet.com.ar/fisica/electrodinamica/ap08_electrodinamica.php)

<sup>5</sup> <http://personal.redestb.es/jorgecd/campo%20electrico.html>

“La diferencia de potencial es constante. Al circular partículas cargadas entre dos puntos de un conductor se realiza trabajo. La cantidad de energía necesaria para efectuar ese trabajo sobre una partícula de carga unidad se conoce como diferencia de potencial (V). Esta magnitud se mide en *volts*. Cuando una carga de 1 *coulomb* se desplaza a través de una diferencia de potencial de 1 *volt*, el trabajo realizado equivale a 1 *joule*. Esta definición facilita la conversión de cantidades mecánicas en eléctricas”.<sup>6</sup>

### ***Elementos de un Sistema eléctrico***

Los elementos de un circuito pueden ser activos y pasivos. Los elementos activos “son los que transforman una energía cualquiera en energía eléctrica, mediante un proceso que puede ser reversible o no, en los que se incluyen a los generadores de tensión y de corriente”.

Los elementos pasivos son cuando almacenan, ceden o disipan la energía que reciben. Se refiere a las resistencias, bobinas y condensadores.

Dentro de los sistemas eléctricos, los elementos activos comprenden: la tensión y la corriente tienen igual signo; y los elementos pasivos comprenden: la tensión y la corriente tienen distinto signo.

### **Clases de Sistemas Eléctricos**

Dentro de la clasificación de los sistemas eléctricos tenemos:

**Circuito conectado en serie:** Los aparatos de un circuito eléctrico están conectados en serie cuando dichos aparatos se colocan unos a continuación de otros de forma que los electrones que pasan por el primer aparato del circuito pasan también posteriormente por todos los demás aparatos. La intensidad de la corriente es la misma en todos los puntos del circuito.

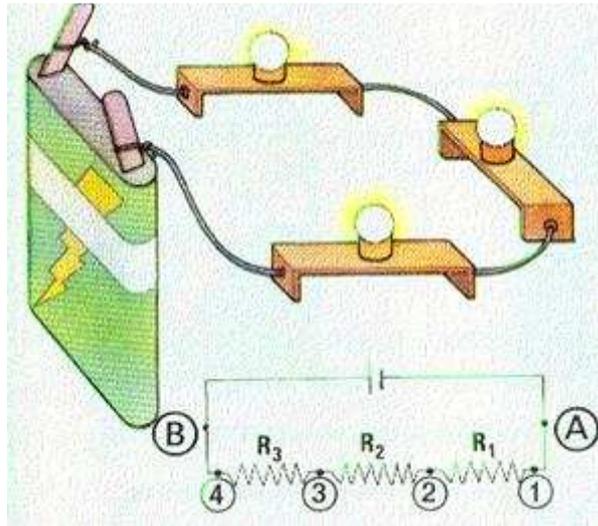
La diferencia de potencia entre los puntos 1 y 2 del circuito es tanto menor cuanto mayor es la resistencia  $R_1$  que hay entre estos dos puntos. Igual

---

<sup>6</sup> [http://www.fisicanet.com.ar/fisica/electrotecnia/ap01\\_circuito\\_electrico.php](http://www.fisicanet.com.ar/fisica/electrotecnia/ap01_circuito_electrico.php)

ocurre los puntos 2 y 3 y 3 y 4. ( $R$ , es la resistencia entre los puntos 1y 2, etc.)

Por otra parte, la diferencia de potencia entre los puntos A y B dependen de la suma total de las resistencias que hay en el circuito, es decir,  $R_1 + R_2 + R_3$ .



**Fig. II.3 Circuito conectado en Serie**

### 2.1.1 Sensores

Un sensor o captado, es “un dispositivo diseñado para recibir información de una magnitud del exterior y transformarla en otra magnitud, normalmente eléctrica, que seamos capaces de cuantificar y manipular”.<sup>7</sup>

Normalmente estos dispositivos se encuentran realizados mediante la utilización de componentes pasivos (resistencias variables, PTC, NTC, LDR, etc). Todos aquellos componentes que varían su magnitud en función de alguna variable), y la utilización de componentes activos.

### 2.1.2. Tipos de sensores

<sup>7</sup> <http://www.redcientifica.com/doc/doc199903310008.html>

Entre los diferentes tipos de sensores tenemos los siguientes:

### **Detectores de ultrasonidos**

Los detectores de ultrasonidos resuelven los problemas de detección de objetos de prácticamente cualquier material. Trabajan en ambientes secos y polvorientos. Normalmente se usan para control de presencia/ausencia, distancia o rastreo.

### **Interruptores básicos**

Se consiguen interruptores de tamaño estándar, miniatura, subminiatura, herméticamente sellados y de alta temperatura. Los mecanismos de precisión se ofrecen con una amplia variedad de actuadores y características operativas. Estos interruptores son idóneos para aplicaciones que requieran tamaño reducido, poco peso, repetitividad y larga vida.

### **Interruptores final de carrera**

Descripción: El *microswitch* es un conmutador de 2 posiciones con retorno a la posición de reposo y viene con un botón o con una palanca de accionamiento, la cual también puede traer una ruedita.

Funcionamiento: En estado de reposo la patita común (COM) y la de contacto normal cerrado (NC), están en contacto permanente hasta que la presión aplicada a la palanca del *microswitch* hace saltar la pequeña platina acerada interior y entonces el contacto pasa de la posición de normal cerrado a la de normal abierto (NO), se puede escuchar cuando el *microswitch* cambia de estado, porque se oye un pequeño clic, esto sucede casi al final del recorrido de la palanca.

### **Interruptores manuales**

Estos son los sensores más básicos, incluye pulsadores, llaves, selectores rotativos y conmutadores de enclavamiento. Estos productos ayudan al técnico e ingeniero con ilimitadas opciones en técnicas de actuación y disposición de componentes.

### **Productos encapsulados**

Diseños robustos, de altas prestaciones y resistentes al entorno o herméticamente sellados. Esta selección incluye finales de carrera miniatura, interruptores básicos estándar y miniatura, interruptores de palanca y pulsadores luminosos.

### **Productos para fibra óptica**

El grupo de fibra óptica está especializado en el diseño, desarrollo y fabricación de componentes optoelectrónicos activos y submontajes para el mercado de la fibra óptica. Los productos para fibra óptica son compatibles con la mayoría de los conectores y cables de fibra óptica multimodo estándar disponibles actualmente en la industria.

### **Productos infrarrojos**

La optoelectrónica es la integración de los principios ópticos y la electrónica de semiconductores. Los componentes optoelectrónicos son sensores fiables y económicos. Se incluyen diodos emisores de infrarrojos (IREDs), sensores y montajes.

### **Sensores para automoción**

Se incluyen sensores de efecto Hall, de presión y de caudal de aire. Estos sensores son de alta tecnología y constituyen soluciones flexibles a un bajo costo. Su flexibilidad y durabilidad hace que sean idóneos para una amplia gama de aplicaciones de automoción.

### **Sensores de caudal de aire**

Los sensores de caudal de aire contienen una estructura de película fina aislada térmicamente, que contiene elementos sensibles de temperatura y calor. La estructura de puente suministra una respuesta rápida al caudal de aire u otro gas que pase sobre el chip.

### **Sensores de corriente**

Los sensores de corriente monitorizan corriente continua o alterna. Se incluyen sensores de corriente lineales ajustables, de balance nulo, digitales y lineales. Los sensores de corriente digitales pueden hacer sonar una alarma, arrancar un motor, abrir una válvula o desconectar una bomba. La señal lineal duplica la forma de la onda de la corriente captada, y puede ser utilizada como un elemento de respuesta para controlar un motor o regular la cantidad de trabajo que realiza una máquina.

### **Sensores de efecto Hall**

Son semiconductores y por su costo no están muy difundidos pero en codificadores (*encoders*) de servomecanismos se emplean mucho.

### **Sensores de humedad**

Los sensores de humedad relativa/temperatura y humedad relativa están configurados con circuitos integrados que proporcionan una señal acondicionada. Estos sensores contienen un elemento sensible capacitivo en base de polímeros que interacciona con electrodos de platino. Están calibrados por láser y tienen una intercambiabilidad de +5% HR, con un rendimiento estable y baja desviación.

### **Sensores de posición de estado sólido**

Los sensores de posición de estado sólido, detectores de proximidad de metales y de corriente, se consiguen disponibles en varios tamaños y terminaciones. Estos sensores combinan fiabilidad, velocidad, durabilidad y

compatibilidad con diversos circuitos electrónicos para aportar soluciones a las necesidades de aplicación.

### **Sensores de presión y fuerza**

Los sensores de presión son pequeños, fiables y de bajo costo. Ofrecen una excelente repetitividad y una alta precisión y fiabilidad bajo condiciones ambientales variables. Además, presentan unas características operativas constantes en todas las unidades y una intercambiabilidad sin recalibración.

### **Sensores de temperatura**

Los sensores de temperatura se catalogan en dos series diferentes: TD y HEL/HRTS. Estos sensores consisten en una fina película de resistencia variable con la temperatura (RTD) y están calibrados por láser para una mayor precisión e intercambiabilidad. Las salidas lineales son estables y rápidas.

### **Sensores de turbidez**

Los sensores de turbidez aportan una información rápida y práctica de la cantidad relativa de sólidos suspendidos en el agua u otros líquidos. La medición de la conductividad da una medición relativa de la concentración iónica de un líquido dado.

### **Sensores magnéticos**

Los sensores magnéticos se basan en la tecnología magnetoresistiva SSEC. Ofrecen una alta sensibilidad. Entre las aplicaciones se incluyen brújulas, control remoto de vehículos, detección de vehículos, realidad virtual, sensores de posición, sistemas de seguridad e instrumentación médica.

### **Sensores de presión**

Los sensores de presión están basados en tecnología piezoresistiva, combinada con microcontroladores que proporcionan una alta precisión, independiente de la temperatura, y capacidad de comunicación digital directa con PC. Las aplicaciones afines a estos productos incluyen instrumentos para aviación, laboratorios, controles de quemadores y calderas, comprobación de motores, tratamiento de aguas residuales y sistemas de frenado.

### **2.1.3 Conductores Eléctricos**

Se llama conductor eléctrico a los cuerpos capaces de conducir o transmitir la electricidad.

Un conductor eléctrico está formado primeramente por el conductor propiamente tal, usualmente de cobre.

Este puede ser alambre, es decir, una sola hebra o un cable formado por varias hebras o alambres retorcidos entre sí. Los materiales más utilizados en la fabricación de conductores eléctricos son el cobre y el aluminio.

Aunque ambos metales tienen una conductividad eléctrica excelente, el cobre constituye el elemento principal en la fabricación de conductores por sus notables ventajas mecánicas y eléctricas.

#### **2.1.3.1 Clases**

##### **Clasificación de los conductores eléctricos de acuerdo a su aislación o número de hebras**

La parte más importante de un sistema de alimentación eléctrica está constituida por conductores. Tomando en cuenta su tipo, uso, medio ambiente y consumos que servirán, los conductores eléctricos se clasifican en la siguiente forma:

##### **Conductores para distribución y poder:**

- Alambres y cables (Nº. de hebras: 7 a 61).
- Tensiones de servicio: 0,6 a 35 kV (MT) y 46 a 65 kV (AT).

- Uso: Instalaciones de fuerza y alumbrado (aéreas, subterráneas e interiores).
- Tendido fijo.

**Cables armados:**

- Cable (Nº. de hebras: 7 a 37).
- Tensión de servicio: 600 a 35 000 volts.
- Uso: Instalaciones en minas subterráneas para piques y galerías (ductos, bandejas, aéreas y subterráneas)
- Tendido fijo

**Cable armado**

Conductores para control e instrumentación:

- Cable (Nº. de hebras: 2 a 27).
- Tensión de servicio: 600 volts.
- Uso: Operación e interconexión en zonas de hornos y altas temperaturas (ductos, bandejas, aérea o directamente bajo tierra).
- Tendido fijo.

**Cordones:**

- Cables (Nº. de hebras: 26 a 104).
- Tensión de servicio: 300 volts.
- Uso: Para servicio liviano, alimentación a: radios, lámparas, aspiradoras, jugueras, etc. Alimentación a máquinas y equipos eléctricos industriales, aparatos electrodomésticos y calefactores (lavadoras, enceradoras, refrigeradores, estufas, planchas, cocinillas y hornos, etc.).
- Tendido portátil.

**Cables portátiles:**

- Cables (Nº. de hebras: 266 a 2 107).
- Tensión de servicio: 1 000 a 5 000 volts
- Uso: en soldadoras eléctricas, locomotoras y máquinas de tracción de minas subterráneas. Grúas, palas y perforadoras de uso minero.
- Resistente a: intemperie, agentes químicos, a la llama y grandes solicitaciones mecánicas como arrastres, cortes e impactos.
- Tendido portátil.

### **Cables submarinos:**

- Cables (Nº. de hebras: 7 a 37).
- Tensión de servicio: 5 y 15 kV.
- Uso: en zonas bajo agua o totalmente sumergidos, con protección mecánica que los hacen resistentes a corrientes y fondos marinos.
- Tendido fijo.

### **Cables navales:**

- Cables (Nº. de hebras: 3 a 37).
- Tensión de servicio: 750 volts.
- Uso: diseñados para ser instalados en barcos en circuitos de poder, distribución y alumbrado.
- Tendido fijo.

### **Clasificación de los conductores eléctricos de acuerdo a sus condiciones de empleo**

Para tendidos eléctricos de alta y baja tensión, existen diversos tipos de conductores de cobre, desnudos y aislados, diseñados para responder a distintas necesidades de conducción y a las características del medio en que la instalación prestará sus servicios.

La selección de un conductor se hará considerando que debe asegurarse una suficiente capacidad de transporte de corriente, una adecuada capacidad de soportar corrientes de cortocircuito, una adecuada resistencia mecánica y un comportamiento apropiado a las condiciones ambientales en que operará.

### **Conductores de cobre desnudos**

Estos son alambres o cables y son utilizados para:

- Líneas aéreas de redes urbanas y suburbanas.
- Tendidos aéreos de alta tensión a la intemperie.
- Líneas aéreas de contacto para ferrocarriles y trolley-buses.

### **Alambres y cables de cobre con aislación**

Estos son utilizados en:

- Líneas aéreas de distribución y poder, empalmes, etc.

- Instalaciones interiores de fuerza motriz y alumbrado, ubicadas en ambientes de distintas naturaleza y con diferentes tipos de canalización.
- Tendidos aéreos en faenas mineras (tronadura, grúas, perforadoras, etc.).
- Tendidos directamente bajo tierra, bandejas o ductos.
- Minas subterráneas para piques y galerías.
- Control y comando de circuitos eléctricos (subestaciones, industriales, etc.).
- Tendidos eléctricos en zonas de hornos y altas temperaturas.
- Tendidos eléctricos bajo el agua (cable submarino) y en barcos (conductores navales).
- Otros que requieren condiciones de seguridad.

#### **2.1.4 Motores Eléctricos**

Los motores eléctricos son máquinas eléctricas rotatorias que transforman la energía eléctrica en energía mecánica. Debido a sus múltiples ventajas, entre las que cabe citar su economía, limpieza, comodidad y seguridad de funcionamiento, el motor eléctrico ha reemplazado en gran parte a otras fuentes de energía, tanto en la industria como en el transporte, las minas, el comercio, o el hogar.

Los motores eléctricos satisfacen una amplia gama de necesidades de servicio, desde arrancar, acelerar, mover, o frenar, hasta sostener y detener una carga. Estos motores se fabrican en potencias que varían desde una pequeña fracción de caballo hasta varios miles, y con una amplia variedad de velocidades, que pueden ser fijas, ajustables o variables.

Un motor eléctrico contiene un número mucho más pequeño de piezas mecánicas que un motor de combustión interna o uno de una máquina de vapor, por lo que es menos propenso a los fallos. Los motores eléctricos son los más ágiles de todos en lo que respecta a variación de potencia y pueden pasar instantáneamente desde la posición de reposo a la de funcionamiento

al máximo. Su tamaño es más reducido y pueden desarrollarse sistemas para manejar las ruedas desde un único motor, como en los automóviles.

#### **2.1.4.1 Principios de Funcionamiento**

Los motores de corriente alterna y los de corriente continua se basan en el mismo principio de funcionamiento, el cual establece que si un conductor por el que circula una corriente eléctrica se encuentra dentro de la acción de un campo magnético, éste tiende a desplazarse perpendicularmente a las líneas de acción del campo magnético.

El conductor tiende a funcionar como un electroimán debido a la corriente eléctrica que circula por el mismo adquiriendo de esta manera propiedades magnéticas, que provocan, debido a la interacción con los polos ubicados en el estator, el movimiento circular que se observa en el rotor del motor.

Partiendo del hecho de que cuando pasa corriente por un conductor produce un campo magnético, además si lo ponemos dentro de la acción de un campo magnético potente, el producto de la interacción de ambos campos magnéticos hace que el conductor tienda a desplazarse produciendo así la energía mecánica. Dicha energía es comunicada al exterior mediante un dispositivo llamado flecha.

#### **2.1.4.2 Clasificación**

Según la naturaleza de la corriente eléctrica transformada, los motores eléctricos se clasifican en motores de corriente continua, también denominada directa, motores de corriente alterna, que, a su vez, se agrupan, según su sistema de funcionamiento, en motores de inducción, motores sincrónicos y motores de colector. Tanto unos como otros disponen de todos los elementos comunes a las máquinas rotativas electromagnéticas

#### **Motores de corriente continua**

La conversión de energía en un motor eléctrico se debe a la interacción entre una corriente eléctrica y un campo magnético. Un campo magnético, que se forma entre los dos polos opuestos de un imán, es una región donde se ejerce una fuerza sobre determinados metales o sobre otros campos magnético. Un motor eléctrico aprovecha este tipo de fuerza para hacer girar un eje, transformándose así la energía eléctrica en movimiento mecánico.

Los dos componentes básicos de todo motor eléctrico son el rotor y el estator. El rotor es una pieza giratoria, un electroimán móvil, con varios salientes laterales, que llevan cada uno a su alrededor un bobinado por el que pasa la corriente eléctrica. El estator, situado alrededor del rotor, es un electroimán fijo, cubierto con un aislante. Al igual que el rotor, dispone de una serie de salientes con bobinados eléctricos por los que circula la corriente.

Cuando se introduce una espira de hilo de cobre en un campo magnético y se conecta a una batería, la corriente pasa en un sentido por uno de sus lados y en sentido contrario por el lado opuesto. Así, sobre los dos lados de la espira se ejerce una fuerza, en uno de ellos hacia arriba y en el otro hacia abajo. Si la espira de hilo va montada sobre el eje metálico, empieza a dar vueltas hasta alcanzar la posición vertical. Entonces, en esta posición, cada uno de los hilos se encuentra situado en el medio entre los dos polos, y la espira queda retenida.

Para que la espira siga girando después de alcanzar la posición vertical, es necesario invertir el sentido de circulación de la corriente. Para conseguirlo, se emplea un conmutador o colector, que en el motor eléctrico más simple, el motor de corriente continua, está formado por dos chapas de metal con forma de media luna, que se sitúan sin tocarse, como las dos mitades de un anillo, y que se denominan delgas.

Los dos extremos de la espiral se conectan a las dos medias lunas. Dos conexiones fijas, unidas al bastidor del motor y llamadas escobillas, hacen contacto con cada una de las delgas del colector, de forma que, al girar la

armadura, las escobillas contactan primero con una delga y después con la otra.

Cuando la corriente eléctrica pasa por el circuito, la armadura empieza a girar y la rotación dura hasta que la espira alcanza la posición vertical. Al girar las delgas del colector con la espira, cada media vuelta se invierte el sentido de circulación de la corriente eléctrica. Esto quiere decir que la parte de la espira que hasta ese momento recibía la fuerza hacia arriba, ahora la recibe hacia abajo, y la otra parte al contrario. De esta manera la espira realiza otra media vuelta y el proceso se repite mientras gira la armadura.

El esquema descrito corresponde a un motor de corriente continua, el más simple dentro de los motores eléctricos, pero que reúne los principios fundamentales de este tipo de motores.

### **Motores de corriente alterna**

Los motores de corriente alterna tienen una estructura similar, con pequeñas variaciones en la fabricación de los bobinados y del conmutador del rotor. Según su sistema de funcionamiento, se clasifican en motores de inducción, motores sincrónicos y motores de colector.

### **Motores de inducción**

El motor de inducción no necesita escobillas ni colector. Su armadura es de placas de metal magnetizable. El sentido alterno de circulación, de la corriente en las espiras del estator genera un campo magnético giratorio que arrastra las placas de metal magnetizable, y las hace girar. El motor de inducción es el motor de corriente alterna más utilizado, debido a su fortaleza y sencillez de construcción, buen rendimiento y bajo coste así como a la ausencia de colector y al hecho de que sus características de funcionamiento se adaptan bien a una marcha a velocidad constante.

### **Motores sincrónicos**

Los motores sincrónicos funcionan a una velocidad sincrónica fija proporcional a la frecuencia de la corriente alterna aplicada. Su construcción es semejante a la de los alternadores. Cuando un motor sincrónico funciona a potencia constante y sobreexcitado, la corriente absorbida por éste presenta, respecto a la tensión aplicada un ángulo de desfase en avance que aumenta con la corriente de excitación.

Esta propiedad es la que ha mantenido la utilización del motor sincrónico en el campo industrial, pese a ser el motor de inducción más simple, más económico y de cómodo arranque, ya que con un motor sincrónico se puede compensar un bajo factor de potencia en la instalación al suministrar aquél la corriente reactiva, de igual manera que un condensador conectado a la red.

### **Motores de colector**

El problema de la regulación de la velocidad en los motores de corriente alterna y la mejora del factor de potencia han sido resueltos de manera adecuada con los motores de corriente alterna de colector. Según el número de fases de las corrientes alternas para los que están concebidos los motores de colector se clasifican en monofásicos y polifásicos, siendo los primeros los más utilizados. Los motores monofásicos de colector más utilizados son los motores en serie y los motores de repulsión

#### **2.1.4.3 Tipos**

##### **MOTOR MONOFÁSICO.**

Este tipo de motor es muy utilizado en electrodomésticos porque pueden funcionar con redes monofásicas algo que ocurre con nuestras viviendas.

En los motores monofásicos no resulta sencillo iniciar el campo giratorio, por lo cual, se tiene que usar algún elemento auxiliar. Dependiendo del método empleado en el arranque, podemos distinguir dos grandes grupos de motores monofásicos:

### **Motor monofásico de inducción.**

Su funcionamiento es el mismo que el de los motores asíncronos de inducción. Dentro de este primer grupo disponemos de los siguientes motores:

- De polos auxiliares o también llamados de fase partida.
- Con condensador.
- Con espira en cortocircuito o también llamados de polos partidos.

### **Motor monofásico de colector.**

Son similares a los motores de corriente continua respecto a su funcionamiento. Existen dos clases de estos motores:

- Universales.
- De repulsión.

### **Motor monofásico de fase partida.**

Este tipo de motor tiene dos devanados bien diferenciados, un devanado principal y otro devanado auxiliar. El devanado auxiliar es el que provoca el arranque del motor, gracias a que desfasa un flujo magnético respecto al flujo del devanado principal, de esta manera, logra tener dos fases en el momento del arranque.

Al tener el devanado auxiliar la corriente desfasada respecto a la corriente principal, se genera un campo magnético que facilita el giro del rotor. Cuando la velocidad del giro del rotor acelera el par de motor aumenta. Cuando dicha velocidad está próxima al sincronismo, se logran alcanzar un par de motor tan elevado como en un motor trifásico, o casi. Cuando la velocidad alcanza un 75 % de sincronismo, el devanado auxiliar se desconecta gracias a un interruptor centrífugo que llevan incorporados estos motores de serie, lo cual hace que el motor solo funcione con el devanado principal.

Este tipo de motor dispone de un rotor de jaula de ardilla como los utilizados en los motores trifásicos.

El par de motor de éstos motores oscila entre 1500 y 3000 r.p.m., dependiendo si el motor es de 2 ó 4 polos, teniendo unas tensiones de 125 y 220 V. La velocidad es prácticamente constante. Para invertir el giro del motor se intercambian los cables de uno solo de los devanados (principal o auxiliar), algo que se puede realizar fácilmente en la caja de conexiones o bornes que viene de serie con el motor.

## **MOTOR POLIFASICOS**

Se describe un motor de inducción polifásica que tiene dos disposiciones de electro magneto, cada una de las cuales tiene piezas de polo con caras polares correspondientes. Las dos disposiciones de electro magneto están colocadas de modo que las caras polares de las mismas están en relación de espejo entre sí. Por lo tanto, se define una brecha entre las caras polares de las disposiciones de electro magneto. Existe una placa conductora ferro magnético esencialmente plana adentro de la brecha y gira alrededor del eje central.

### **2.1.5 Inversión de Giro**

#### **2.1.5.1 Principios de Funcionamiento**

Para invertir el sentido de giro de un motor de corriente continua (C.C.), se debe invertir la polaridad de la tensión aplicada a sus bornes. Esto se consigue utilizando una fuente de alimentación simétrica. También se puede utilizar el llamado “montaje en medio puente”, con una sola fuente de alimentación.

### **Inversión del Sentido de Giro en Motores de C.C.**

Para invertir el sentido de giro de un motor de C. C., basta con invertir la polaridad de la tensión aplicada en sus bornas VB (con lo cual varía el

sentido de la corriente que circula por su bobinado), y hacer así que el par de fuerzas que originan el giro del motor sea de sentido contrario.

Otro método de invertir el sentido de giro, es el de invertir la polaridad del campo magnético producido por las bobinas excitadoras, esto sólo puede hacerse en máquinas que las tengan accesibles desde el exterior.

### **Métodos de Controlar el Sentido de Giro de los Motores de C. C.**

Se puede controlar el sentido de giro de dos maneras: Fuentes de Alimentación simétricas, y el circuito en medio puente. Puede hacerse eléctricamente con interruptores o electrónicamente mediante transistores.

**Ventajas:** es muy sencillo de construcción y de funcionamiento. Con una sola señal de control se gobierna el sentido de giro del motor.

**Inconvenientes:** son necesarias dos tensiones de alimentación.

Con un sola Fuente de Alimentación y el circuito en puente. Su realización puede ser con interruptores o con transistores al igual que el anterior.

**Ventajas:** solamente es necesaria una Fuente de Alimentación para su funcionamiento. Es el circuito más utilizado.

**Inconvenientes:** son necesarias dos señales de control para gobernar el sentido de giro del motor.

### **Moduladores de Anchura de Pulsos (PWM) y de Frecuencia de Pulsos (PFM)**

Una manera de obtener una corriente continua, cuyo valor medio se pueda variar, es modular el ancho o la frecuencia de una señal pulsatoria de onda cuadrada que varíe entre 0 V. y un valor máximo de tensión VMAX.

Estos circuitos reciben el nombre de Modulador de Pulsos (PWM), si lo que se varía es el tiempo de duración de pulso positivo, y Modulador de Frecuencia (PFM), si lo que se varía es el período total de la señal.

Con cualquiera de estos dos sistemas se obtiene una señal cuadrada, cuyo valor medio es fácilmente variable, señal con la que se puede regular la velocidad de un motor de C. C.

### **Anchura de Pulsos**

En una onda cuadrada se varía el ancho de pulso positivo, manteniendo constante la frecuencia, ya que de esta manera el valor medio de la onda resultante es variable dependiendo de la duración del pulso positivo de la misma.

La modulación de anchura de pulsos (PWM) se consigue con circuitos electrónicos, de una de estas formas:

- Generando una señal triangular y comparándola con una tensión continua de referencia (variable a voluntad), de manera que en la salida se obtiene una onda cuadrada con regulación del ancho del pulso positivo.
- Mediante un circuito astable que controla el disparo de un monoestable, para obtener en la salida una onda cuadrada de pulso positivo variable.
- Mediante software, por programa para  $\mu\text{P}$ , obteniendo en el puerto de salida una señal cuadrada donde se puede variar el tiempo de pulso positivo.

### **Frecuencia de Pulsos**

En una onda cuadrada se mantiene constante el tiempo del pulso positivo, y se varía el tiempo total (la frecuencia del ciclo). Con esta variación de frecuencia se varía el valor medio de la onda de salida.

La modulación de la frecuencia de los pulsos (PFM) se consigue eléctricamente con circuitos iguales a los anteriores, con elementos de regulación de tiempo.

- Generando una señal triangular de frecuencia variable y comparándola con una continua de referencia, para obtener en la salida una onda cuadrada de frecuencia variable.
- Con un astable de frecuencia variable que controla el disparo de un monoestable, obteniendo así una señal cuadrada con regulación de frecuencia.
- Mediante software, por programa para  $\mu P$ , obteniendo en el puerto de salida del mismo una onda cuadrada de frecuencia variable por el propio programa.

## **2.2 Sistema Mecánico**

### **2.2.1 Transportadores y bandas**

Un transportador de banda consiste en 2 o más poleas con un material circulando continuamente entre ellas (la banda del transportador). Uno o ambas poleas son motorizadas, moviendo a la banda y al material encima de ella hacia delante. La polea motorizada es conocida como "polea motriz" mientras que la otra es conocida como "polea conducida" o "polea de arrastre". Existen dos tipos principales de transportadores de banda en la industria: aquellos que se usan para manejo de materiales en general como cajas a través de una fábrica y los que se usan para manejo de materiales a granel tales como granos, carbón, minerales, etc. generalmente empleados en lugares al aire libre. Por lo general las compañías que proveen transportadores para aplicaciones generales no proveen transportadores para material a granel, aunque esto no es una regla. Adicionalmente existen algunas otras aplicaciones comerciales para los transportadores como el que se le da en supermercados o tiendas de autoservicio.

La banda consiste en una o más capas de material. Muchas bandas para manejo de materiales tienen dos capas: una capa inferior de material para proveer fuerza lineal y forma llamada “carcasa” y una capa superior llamada “cubierta”. La carcasa es generalmente de algodón o plástico o de malla. La cubierta está integrada por distintos compuestos de plástico o hule especificados por el uso de la banda. Las cubiertas pueden ser fabricadas de materiales menos comunes para aplicaciones especiales tales como el uso de silicón en caliente o goma de caucho donde la tracción es esencial.

### **2.2.1.1 Clases y Tipos**

La tecnología de transporte continuo mediante bandas transportadoras se ha establecido a través de todo el mundo para el movimiento de materiales y cargas debido a su gran versatilidad y economía.

De acuerdo al tipo de materiales que van a manejarse, existen dos grandes grupos de transportadores, ellos son:

- Banda o rodillo para el manejo de productos empacados o cargas unitarias.
- Banda o rodillo para manejo de producto suelto o a granel.

Cada banda o rodillo transportador posee sus propias características dependiendo del tipo de empresa, pues las actividades, medio ambiente, espacio, necesidades y manejo de materiales serán diferentes incluso para empresas que pertenecen a un mismo ramo de la producción, siendo esta la principal razón por la cual cobran tanta importancia los criterios de selección.

Existe un gran número de variables que nos permiten llegar a una adquisición exitosa de la banda o rodillo transportador requerida para un proceso determinado.

Entre las más importantes y comunes variables se tienen:

- Material a manejar: Características, temperatura, etc.

- Capacidad y peso.
- Distancia de transporte.
- Niveles de transporte.
- Interferencias, limitaciones, apoyos.
- Función requerida del medio transportador.
- Condiciones ambientales.
- Recursos energéticos.
- Recursos financieros (presupuestos).
- Clasificación de usuarios y tiempo de utilización.

### **Tipos De Bandas Transportadoras**

Existen variados tipos de transportadores, y una variación de los mismos, pero los principales que podemos nombrar son:

- Cinta transportadora.
- Elevador de cangilones
- Tornillo helicoidal.

#### **2.2.1.2 Aplicación**

Los transportadores son utilizados como componentes en la distribución automatizada y almacenamiento. En combinación con manejo equipos computarizados para de tarimas permiten que se realice eficientemente el almacenamiento, manufactura y distribución de materiales en la industria. Es considerado además como un sistema que minimiza el trabajo que permite que grandes volúmenes sean movidos rápidamente a través de procesos, permitiendo a las empresas embarcar o recibir volúmenes más altos con espacios de almacenamiento menores con un menor gasto.

## **SISTEMAS DE TRANSPORTADORES DE BANDA**

Los transportadores de banda de hule son comúnmente utilizados para transportar objetos que tienen una superficie de fondo irregular, pequeños objetos que puedan caerse de entre rodillos o bolsas con producto que pueda atorarse entre los rodillos. Los transportadores de banda son construidos generalmente de la misma forma: con un marco metálico y con rodillos en los extremos de cada transportador sobre una cama metálica. En aplicaciones donde el producto es demasiado pesado, la cama metálica es sustituida por rodillos. Los rodillos permiten que los objetos sean transportados reduciendo la fricción generada sobre la banda. Los transportadores de banda pueden ser fabricados con secciones curvas. Estos sistemas de transportadores de banda son comúnmente utilizados en oficinas postales o en los aeropuertos para manejo del equipaje de pasajeros.

## **SEGURIDAD SOBRE LAS BANDAS TRANSPORTADORAS**

Las bandas transportadoras son una invención maravillosa. Mueven grandes cantidades de materiales con rapidez y seguridad. Permiten que los trabajadores reduzcan la cantidad de materiales que se manejan a mano aumentando así la capacidad de trabajo y el rendimiento de la producción. La reducción del manejo de material también reduce las probabilidades de lesiones a la columna y las manos de los trabajadores.

Las bandas transportadoras son seguras cuando se las usa correctamente, pero pueden ser peligrosas e incluso mortales si los trabajadores no siguen los procedimientos de seguridad al trabajar con ellas o cerca de ellas. Se debe colocar los materiales sobre la banda transportadora para transportarlos de manera segura. Al retirar los materiales de las bandas transportadoras, los trabajadores deben permanecer alerta y salvaguardar sus manos; el material en movimiento puede crear puntos de aplastamiento. La manera de vestirse: ropa suelta, cabello largo y joyas, al trabajar en las

bandas transportadoras o cerca de ellas puede representar el riesgo de quedar atrapado en la banda transportadora.

Al reparar o limpiar una banda transportadora, es necesario cerrar con llave o bloquear todo el equipo y se deberá etiquetar los controles de operación. Si fuera necesario limpiar las bandas o los rodillos mientras el equipo se encuentra en movimiento, asegúrese de que las guardas de protección estén en posición y que no haya parte del equipo que pueda activarse y poner en peligro a la persona en el trabajo.

Si la banda transportadora es elevada, es preciso tomar precauciones para prevenir lesiones causadas por los materiales que pudieran caer de la misma. Si la banda transportadora está instalada a la altura de la cabeza o si transporta material que cuelga de ganchos, los trabajadores en el área deben permanecer alerta ante el posible peligro y debe tomarse las precauciones necesarias para prevenir que los trabajadores resulten golpeados por el material en movimiento.

Existen otras precauciones generales de seguridad que todos deben cumplir, incluso si no trabajan directamente con bandas transportadoras. Nadie debe subirse ni pasar debajo de la banda transportadora y nunca viajar o de otra manera usar una banda transportadora para transportarse.

### **2.2.2 Estructura Metálica construida en aluminio**

#### **Aluminio**

El aluminio es un elemento químico, de símbolo Al y número atómico 13. Se trata de un metal no ferro magnético. Es el tercer elemento más común encontrado en la corteza terrestre. Los compuestos de aluminio forman el 8% de la corteza de la tierra y se encuentran presentes en la mayoría de las rocas, de la vegetación y de los animales. Como metal se extrae únicamente del mineral conocido con el nombre de bauxita.

Este metal posee una combinación de propiedades que lo hacen muy útil en ingeniería mecánica, tales como su baja densidad (2.700 kg/m<sup>3</sup>) y su alta resistencia a la corrosión. Mediante aleaciones adecuadas se puede aumentar sensiblemente su resistencia mecánica (hasta los 690 MPa). Es buen conductor de la electricidad y del calor, se mecaniza con facilidad y es relativamente barato.

### **2.2.2.1 Características del aluminio**

#### **CARACTERÍSTICAS**

##### **Características físicas**

Entre las características físicas del aluminio se destacan las siguientes:

- Es un metal ligero, cuya densidad es de 2700 kg/m<sup>3</sup> (2,7 veces la densidad del agua), un tercio de la del acero.
- Tiene un punto de fusión bajo: 660 °C (933 K).
- El peso atómico del aluminio es de 26,9815 u.
- Es de color blanco brillante, con buenas propiedades ópticas y un alto poder de reflexión de radiaciones luminosas y térmicas.
- Tiene una elevada conductividad eléctrica comprendida entre 34 y 38 m/(Ω mm<sup>2</sup>) y una elevada conductividad térmica (80 a 230 W/(m•K)).
- Resistente a la corrosión, a los productos químicos, a la intemperie y al agua de mar.
- Abundante en la naturaleza. Es el tercer elemento más común en la corteza terrestre, tras el oxígeno y el silicio.
- Su producción metalúrgica a partir de minerales es muy costosa y requiere gran cantidad de energía eléctrica.

- Material fácil y barato de reciclar.

### **Características mecánicas**

Entre las características mecánicas del aluminio se tienen las siguientes:

- De fácil mecanizado debido a su baja dureza.
- Muy maleable, permite la producción de láminas muy delgadas.
- Bastante dúctil, permite la fabricación de cables eléctricos.
- Material blando (Escala de Mohs: 2-3). Límite de resistencia en tracción: 160-200 N/mm<sup>2</sup> [160-200 MPa] en estado puro, en estado aleado el rango es de 1400-6000 N/mm<sup>2</sup>. El duraluminio fue la primera aleación de aluminio endurecida que se conoció, lo que permitió su uso en aplicaciones estructurales.
- Para su uso como material estructural se necesita alearlo con otros metales para mejorar las propiedades mecánicas, así como aplicarle tratamientos térmicos.
- Permite la fabricación de piezas por fundición, forja y extrusión.
- Material soldable.
- Con CO<sub>2</sub> absorbe el doble del impacto.

#### **2.3.1.1 Ventajas del Aluminio**

### **APLICACIONES Y USOS**

Ya sea considerando la cantidad o el valor del metal empleado, el uso industrial del aluminio excede al del cualquier otro metal exceptuando el hierro / acero. Es un material importante en multitud de actividades

económicas y ha sido considerado un recurso estratégico en situaciones de conflicto.

El aluminio se utiliza rara vez 100% puro y casi siempre se usa aleado con otros metales para mejorar alguna de sus características. El aluminio puro se emplea principalmente en la fabricación de espejos, tanto para uso doméstico como para telescopios reflectores.

Los principales usos industriales de las aleaciones metálicas de aluminio son:

- Transporte; como material estructural en aviones, automóviles, tanques, superestructuras de buques y bicicletas.
- Estructuras portantes de aluminio en edificios.
- Embalaje de alimentos; papel de aluminio, latas, tetrapak, etc.
- Carpintería metálica; puertas, ventanas, cierres, armarios, etc.
- Bienes de uso doméstico; utensilios de cocina, herramientas, etc.
- Transmisión eléctrica. Aunque su conductividad eléctrica es tan sólo el 60% de la del cobre, su mayor ligereza disminuye el peso de los conductores y permite una mayor separación de las torres de alta tensión, disminuyendo los costes de la infraestructura.
- Recipientes criogénicos (hasta -200 °C), ya que con trariamente al acero no presenta temperatura de transición dúctil a frágil. Por ello la tenacidad del material es mejor a bajas temperaturas.
- Calderería.

## **2.3 Sistema Informático**

### **2.3.1 PLC**

Los controladores lógicos programables o PLC (*Programmable Logic Controller* en sus siglas en inglés) son dispositivos electrónicos muy usados en automatización industrial.

Su historia se remonta a finales de la década de 1960, cuando la industria buscó en las nuevas tecnologías electrónicas una solución más eficiente para reemplazar los sistemas de control basados en circuitos eléctricos con relés, interruptores y otros componentes comúnmente utilizados para el control de los sistemas de lógica combinacional.

Hoy en día, los PLC's no sólo controlan la lógica de funcionamiento de máquinas, plantas y procesos industriales, sino que también pueden realizar operaciones aritméticas, manejar señales analógicas para realizar estrategias de control, tales como controladores PID (Proporcional Integral y Derivativo).

Su estructura básica son dos o más planos de puertas lógicas, normalmente AND y OR, que el programador debe conectar de forma adecuada para que hagan la función lógica requerida. Suelen programarse en ABEL o VHDL. Para aplicaciones de mayor capacidad son sustituidos por FPGAs.

Los PLC's actuales pueden comunicarse con otros controladores y computadoras en redes de área local, y son una parte fundamental de los modernos sistemas de control distribuido.

#### **2.3.1.1 Definición**

EL PLC es un aparato electrónico operado digitalmente que usa una memoria programable para el almacenamiento interno de instrucciones las cuales implementan funciones específicas tales como lógicas, secuenciales, temporización, conteo y aritméticas, para controlar a través de módulos de entrada /salida digitales y analógicas, varios tipos de máquinas o procesos. Una computadora digital que es usada para ejecutar las funciones de un controlador programable, se puede considerar bajo este rubro. Se excluyen

los controles secuenciales mecánicos. De una manera general podemos definir al controlador lógico programable a toda maquina electrónica, diseñada para controlar en tiempo real y en medio industrial procesos secuenciales de control. Su programación y manejo puede ser realizado por personal con conocimientos electrónicos sin previos conocimientos sobre informática.

También se le puede definir como una "caja negra" en la que existen unas terminales de entrada a los que se conectaran pulsadores, finales de carrera, foto celdas, detectores, etc. unos terminales de salida a los que se le conectaran bobinas de contactores, electro válvulas, lámparas., De tal forma que la actuación de estos ultimo están en función de las señales de entrada que estén activadas en cada momento, según el programa almacenado.

Esto quiere decir auxiliares, relees de encallamiento, temporizadores, contadores. Son internos. La tarea del usuario se reduce a realizar el "programa que no es mas que la relación entre las señales de entrada que se tienen cumplir para activar cada salida.

### **2.3.1.2 Clases de Programación**

## **ESTRUCTURA DEL PROGRAMA DE APLICACION**

Los Programas de aplicación se estructuran de acuerdo al modo como se procesan los programas (tareas), éstas pueden ser de dos tipos:

### **PROGRAMACION LINEAL**

Se emplea para aplicaciones simples de automatización, su procesamiento es cíclico o secuencial y es suficiente programar las diferentes instrucciones en un solo bloque o sección de programación.

Un procesamiento cíclico o secuencial, consiste en la lectura, interpretación y ejecución de instrucción por instrucción, respetando el orden en que se

han programado, salvo las instrucciones de salto. Para ejecutar las instrucciones se utilizan informaciones procedentes de la imagen de proceso de entradas (IPE), memorias internas, memorias intermedias, así como los datos actuales de los temporizadores y contadores. Los resultados se escriben en la imagen de proceso de salidas (IPS).

Después de la ejecución del programa se corre un ciclo de datos, esto significa el proceso durante el cual los datos de la IPS se transfieren a los módulos de salida, y simultáneamente, se transfieren a la IPE los datos actuales de los módulos de entrada. Con esta IPE actualizada, vuelve a lanzarse la ejecución del programa, lo que significa repetir todo el proceso desde el inicio.

Los PLCs que realizan solamente este tipo de procesamiento, están diseñados con microprocesadores del tipo (intel 8086/8088) que se caracterizan por su limitada capacidad para ejecutar un solo programa a la vez.

Estos tipos de PLCs son denominados también PLCs secuenciales, con capacidad además de ejecutar tareas de regulación, de comunicación, etc.

Sin embargo, esta forma de procesamiento dificulta notablemente el trabajo cuando se tiene que procesar diferentes funciones a la vez, y en algunos casos es casi imposible estructurar los programas debido a las siguientes desventajas:

- Incremento del tiempo de barrido, que es proporcional a la complejidad del programa.
- En extensos programas es muy tedioso su diagnóstico. Modificación y puesta a punto.
- Dificultad para la concepción del programa resultando complejo y difícil interpretarlo y actualizarlo.
- En muchos casos es indispensable el cumplimiento en tiempo real defunciones avanzadas tales como:

- Medición analógica y regulación
- Servoposicionamiento
- Comunicación para el diálogo operador y control
- Funciones de monitoreo, etc.

## **PROGRAMACION ESTRUCTURADA**

Cuando se desea programar tareas de automatización muy complejas donde utilizar una programación lineal resulta demasiado laborioso, es conveniente en este caso dividir el problema en partes, de tal forma, que interpretándolo y resolviéndolo en forma parcial mediante bloques y al final unir este conjunto de programas en uno solo, resulta significativamente más fácil para el usuario.

A esta filosofía de programación se le conoce con el nombre de Programación Estructurada, que consiste en la división del programa de aplicación en bloques que se caracterizan por una independencia funcional, donde cada bloque del programa realiza una tarea específica claramente definida.

La programación estructurada optimiza el tiempo de escaneo ya que no se ejecutan todos los bloques en cada ciclo de barrido, ejecutándose sólo los que están en actividad en el momento dado.

Las ventajas que se obtienen programando en forma estructurada son

La comprensión, solución, simulación y pruebas es mucho más fácil cuando un problema muy complejo es tratado por partes.

El diagnóstico de fallas y por ende su solución es también más fácil, dado que una vez identificado el bloque del programa donde se encuentra la falla, su corrección resulta más rápido que si se afrontara el programa global.

Los programas parciales pueden ejecutarse independientemente por equipos de programadores, cada grupo elaborando bloques individuales;

además se pueden usar reiteradamente durante el escaneo del programa, o formar parte de otro programa de aplicación.

Se emplea mejor la capacidad de la memoria dado que pueden llamarse los bloques de programas las veces que se requiera sin que se tenga que programar repetidas veces.

Optimización del tiempo de barrido.

Por otro lado, dependiendo del tipo de procesador que disponga el PLC la programación estructurada puede aprovecharse con menor o mayor Eficiencia.

Este es el caso, como se mencionó anteriormente de los PLC diseñados en base a microprocesadores del tipo mono tarea, donde la programación estructurada compuesta por una serie de bloques de programación, se ejecuta en base al procesamiento secuencial o lineal de un bloque matriz, que viene hacer el núcleo de la estructura.

Sin embargo, hoy en día se cuenta con procesadores de mayor velocidad de procesamiento, mayor memoria y características adicionales que le permiten ejecutar a los PLCs programas más rápidamente, estos son los procesadores multifunción (286, 386, 486, etc.), con capacidad de ejecutar varios programas en forma simultánea tales como tareas de posicionamiento, medición analógica, tratamiento secuencial, diálogo, etc.

Los PLCs multifunción desarrollados en base a microprocesadores multitarea se caracterizan por su mayor velocidad para atender diferentes programas a la vez y en tiempo real, además por su mayor capacidad de memoria para ejecutar varios programas simultáneamente sin originar conflictos.

En la siguiente figura se muestra la estructura de la multitarea, donde el conjunto de programas o tareas son totalmente independientes, un supervisor gobierna la ejecución de las diferentes tareas.

Así también, en estos procesadores la concepción del tratamiento secuencial es en base a la división en bloques de programas, algo así como subrutinas, que es básicamente el concepto de la programación estructurada.

En conclusión, la diferencia en el procesamiento de estos dos tipos de programas estructurados radica en que el primero funcionando con microprocesadores mono tarea, ejecutan los diversos módulos o bloques de programación según un procesamiento secuencial, es decir, uno a continuación del otro, mientras que el procesador multifunción además del procesamiento secuencial, puede ejecutar el programa estructurado independientemente si se ejecutó el bloque anterior. Esto significa, que si en algún momento durante el proceso de barrido del programa en el sistema de control se origina una contingencia, puede ejecutarse una tarea de interrupción sin tener que esperar el barrido total del programa

### **2.3.1.3 Interfaces de comunicación**

La mayoría de las aplicaciones hoy en día ya no pueden considerarse aplicaciones aisladas en el proceso global, más aún, es necesario supervisar y monitorear las distintas variables que intervienen en el proceso. Generalmente para la visualización o monitoreo de variables en un PLC se puede optar por una Pantalla de Dialogo Hombre-Máquina o por la comunicación hacia un computador personal con software dedicado de desarrollo local o software de supervisión gráfica comercial. Cualquiera de las alternativas elegidas, cada una de ellas requiere de interfaces de comunicaciones apropiadas para el establecimiento de la comunicación.

Una de las alternativas para esto, es la incorporación de módulos de comunicaciones individuales para comunicación punto a punto, multipunto o para la integración a una Red de Computadores. Los más comunes son:

Módulos de Comunicación Asíncrona:

Estos módulos están destinados a la comunicación del PLC con dispositivos periféricos que puedan soportar un enlace de comunicaciones de tipo serial. Podemos distinguir en esta categoría dos tipos de interfaces:

***Módulo de Comunicación Asíncrona Punto a Punto RS-232:*** con la cual podemos comunicarnos con cualquier dispositivo que soporte la norma RS-232, tales como: Computadores personales, pantallas de dialogo, otros PLC, impresoras seriales, etc.

Este tipo de comunicación se caracteriza por estar diseñado para enlaces de tipo punto a punto y a distancias relativamente pequeñas, generalmente para un máximo de 18mts., los parámetros que caracterizan este tipo de comunicaciones son:

- Velocidad
- Paridad
- Bits de datos
- Bits de Parada
- Distancia
- Control de Flujo

Cuando se requieren velocidades mayores, es posible aumentar la distancia mediante dispositivos especiales denominados LAN-DRIVERS. Estos permiten alcanzar distancias de varios Kilómetros a razones de transferencia máxima de 9600 bps.

***Módulos de comunicación Multipunto:*** Estos se caracterizan por soportar la conexión de varias estaciones trabajando en un esquema Maestro-Eslavo. Las velocidades de transferencia son muy elevadas, 1 Mbps, y las distancia abarcadas son cercanas a 1 kilometro. Se distinguen dos tipos:

- RS-422

- RS-485

La RS-422 es una interfaz multipunto que puede soportar hasta 32 estaciones con una velocidad de transferencia de 1 Mbps, hasta una distancia de aprox. 1 kilometro en 2 o 4 hilos ( half-duplex, full-duplex ).

La RS-485 es una mejora de la RS-422 en una versión Half-duplex ( 2 hilos ) que tiene un mejor performance en sus característica eléctricas.

**Módulos de Red Propietarias:** Los módulos de Red propietarias son módulos de comunicaciones destinados a la comunicación de PLC de una marca en particular, no están regidos por ninguna norma internacional y son diseñados por el fabricante para sus propios dispositivos.

**Módulo de Red Comerciales:** Los módulos de Red comerciales, son módulos de comunicaciones con normas internacionales que incorporan los fabricantes de PLC para la integración de sus propios sistemas como también para la integración con sistemas de redes comerciales y de otros fabricantes.

#### 2.3.1.4 Aplicación

EL PLC por sus especiales características de diseño tiene un campo de aplicación muy extenso. La constante evolución del Hardware y Software amplia continuamente este campo para poder satisfacer las necesidades que se detectan en el aspecto de sus posibilidades reales.

Su utilización se da fundamentalmente en aquellas instalaciones en donde es necesario realizar procesos de maniobra, control, señalización, etc,.. por tanto, su aplicación abarca desde procesos de fabricación industrial de cualquier tipo al de transformaciones industriales, control de instalaciones, etc.

Sus reducidas dimensiones, las extremas facilidades de u montaje, la posibilidad de almacenar los programas para su posterior y rápida utilización,

la modificación o alteración de los mismos, etc., hace que su eficiencia se aprecie fundamentalmente en procesos en que se reduce necesidades tales como: Espacio reducido. Procesos de producción periódicamente cambiantes Maquinaria de procesos variables. Instalación de procesos complejos y amplios. Chequeo de programación centralizada de las partes del proceso

## **EJEMPLOS DE APLICACIONES DE UN PLC**

### **MANIOBRAS DE MAQUINAS.**

- Maquinaria industrial del mueble y la madera.
- Maquinaria en proceso de grava, arena y cemento.
- Maquinaria en la industria del plástico.
- Maquinas-herramientas complejas.
- Maquinaria de ensamblaje.
- Maquinas de transferencia.

### **MANIOBRA DE INSTALACIONES.**

- Instalaciones de aire acondicionado y calefacción.
- Instalaciones de seguridad.
- Instalaciones de almacenamiento y transporte.
- Instalaciones de plantas embotelladoras.
- Instalaciones en la industria automotriz
- Instalación de tratamientos térmicos.
- Instalaciones de la industria azucarera.

Es interesante hacer notar que aunque el PLC fue originalmente diseñados como un dispositivo de reemplazo de control industrial cumpla la necesidad de los usuarios. Las necesidades de la aplicación pueden ser definidas solamente por un análisis detallado del sistema completo. Esto significa que los exámenes detallados deben ser ejecutados en todas las facetas de la maquina u operación del proceso, De nuevo, como nada aplicación es

diferente, no hay una rutina clara y concisa que evalúe las necesidades que todas las aplicaciones. Una última consideración importante en la aplicación de un PLC es el futuro crecimiento del sistema. Los PLC están diseñados modularmente y por lo tanto con posibilidades de poder expandirse para satisfacer las necesidades de la industria. Es importante que a la aplicación de un PLC se pueda considerar los beneficios de las futuras expansiones.

## CAPÍTULO III.

### 3. SISTEMAS DE GIRO

#### 3.1 POLEAS

“Una polea, garrucha, carrucha, trocla, trócola o carrillo, una de las máquinas simples, es una rueda, generalmente maciza y acanalada, que con el concurso de una cuerda se usa como elemento de transmisión en máquinas y mecanismos para cambiar la dirección del movimiento o su velocidad y formando conjuntos aparejos o polipastos para además reducir la magnitud de la fuerza necesaria para mover un peso.”<sup>[8]</sup>

“Según definición de Hatón de la Goupillière la polea es el punto de apoyo de una cuerda que moviéndose se arrolla sobre ella sin dar una vuelta completa actuando en uno de sus extremos la resistencia y en otro la potencia.”<sup>[9]</sup>

##### 3.1.1 Tipos

Los elementos constitutivos de una polea son la rueda o polea propiamente dicha, en cuya circunferencia suele haber una acanaladura denominada garganta o cajera cuya forma se ajusta a la de la cuerda a fin de guiarla.

---

<sup>8</sup> Montaner y Simón, [En línea], [Consultado:15-06-2010 ], <http://enciclopedia.us.es/index.php/Polea>

<sup>9</sup> Hatón de la Goupillière, [En línea], [Consultado:15-06-2010 ], <http://enciclopedia.us.es/index.php/Polea>

La polea que obra independientemente se denomina simple y la que se encuentra reunida con otras formando un sistema recibe la denominación de combinada. Según su desplazamiento las poleas se clasifican en fijas o de clase 1, aquellas cuyas armas se suspenden de un punto fijo, la estructura del edificio por ejemplo y por tanto no sufren movimiento de traslación alguno cuando se emplean y movibles o de clase 2, que son aquellas en las que un extremo de la cuerda se suspende de un punto fijo y que durante su funcionamiento se desplazan, en general, verticalmente.

En los sistemas de transmisión la polea unida al eje motor se denomina conductora y arrastra en su movimiento mediante correa, cable o cadena a la conducida; si la que montada en el eje conducido se mueve independientemente de él se denomina loca.

#### **3.1.1.1 Polea simple**

La polea simple se emplea para elevar pesos, consta de una sola rueda con la que se puede transportar cualquier elemento de carga.

Se emplea para medir el sentido de la fuerza haciendo más cómodo el levantamiento de la carga entre otros motivos, por que nos ayudamos del peso del cuerpo para efectuar el esfuerzo, la fuerza que tenemos que hacer es la misma al peso a la que tenemos que levantar.

**F=R      F=Fuerza, R=Peso.**

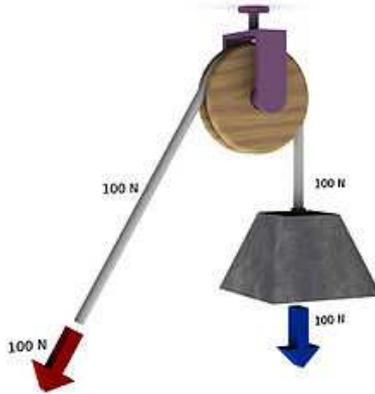
**Hay dos clases de polea simple las cuales son:**

##### **3.1.1.1.1 Polea simple fija**

La manera más sencilla de utilizar una polea es colgar un peso en un extremo de la cuerda, y tirar del otro extremo para levantar el peso.

Una polea simple fija no produce una ventaja mecánica: la fuerza que debe aplicarse es la misma que se habría requerido para levantar el objeto sin la

polea. La polea, sin embargo, permite aplicar la fuerza en una dirección más conveniente.



**Fig. III.4 Polea Simple Fija**

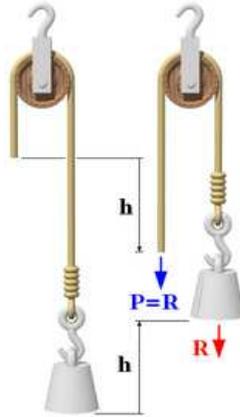
### **Cálculos Polea simple fija**

Asumiendo que la polea y la cuerda no tienen peso y que la cuerda arrastra la polea sin deslizar sobre ella, si  $O$  es el centro de la polea y  $\mathbf{P}$  y  $\mathbf{R}$  las direcciones de los cabos de potencia (extremo del que tiramos) y resistencia (de donde cuelga el peso) respectivamente,  $M$  y  $N$  serán los puntos de tangencia a la circunferencia de la polea donde podrán suponerse aplicadas ambas fuerzas.

La polea a todos los efectos puede asimilarse entonces a una palanca angular cuyo fulcro (punto de apoyo) es el punto  $O$  y cuyos brazos de palanca son  $\mathbf{OM}$  y  $\mathbf{ON}$  de modo que en virtud de la ley de la palanca:

$$\vec{OM} \times \vec{P} = \vec{ON} \times \vec{R}$$

Dado que la polea es cilíndrica ambos brazos de palanca serán iguales al radio de la polea y por tanto:



**Fig. III.5 Cálculos Polea Simple Fija**

La fuerza que ha de soportar el eje de la polea, **Q**, será la resultante de las fuerzas aplicadas **P** y **R**. Suponiendo ambas fuerzas aplicadas en **O**, y siendo  $2\alpha$  el ángulo que forman los cordones:

$$Q = 2 \times R \times \cos\alpha$$

Y en el caso de que ambos cordones sean paralelos ( $\alpha=0$ ,  $\cos \alpha=1$ ):

$$Q = 2 \times R$$

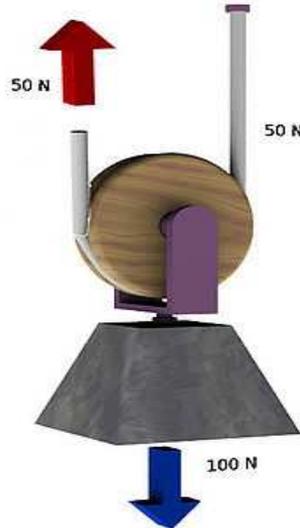
La fuerza que deberá soportar el eje de la polea y la estructura de la que cuelgue ésta será el doble del peso que se desea levantar.

### 3.1.1.1.2 Polea simple móvil

Una forma alternativa de utilizar la polea es fijarla a la carga, fijar un extremo de la cuerda al soporte, y tirar del otro extremo para levantar a la polea y la carga.

La polea simple móvil produce una ventaja mecánica: la fuerza necesaria para levantar la carga es justamente la mitad de la fuerza que habría sido requerida para levantar la carga sin la polea. Por el contrario, la longitud de

la cuerda de la que debe tirarse es el doble de la distancia que se desea hacer subir a la carga.



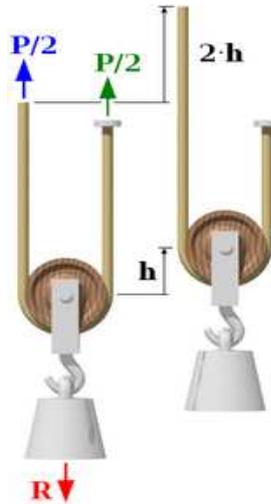
**Fig. III.6 Polea Simple Móvil**

### **Cálculos Polea Simple Móvil**

Teniendo en cuenta que ahora la resistencia obra directamente sobre la polea estando uno de los extremos de la cuerda fijo, deben verificarse las mismas condiciones de equilibrio antes consideradas, es decir, aplicando de nuevo la ley de la palanca obtendremos que:

$$P = Q$$

Es decir, al igual que en el caso anterior las fuerzas que obran en ambos extremos de la cuerda son iguales. Por otro lado, ya que la resultante de ambas fuerzas actuantes sobre la cuerda debe ser igual a la resistencia que pende del eje de la polea:



**Fig. III.7 Cálculos Polea Simple Móvil**

$$R = 2 \times P \times \cos\alpha$$

Y despejando:

$$P = \frac{1}{2 \times \cos\alpha} \times R$$

Puesto que el valor del coseno varía entre 0 ( $\alpha = 90^\circ$ ) y 1 ( $\alpha = 0^\circ$ ), cuanto menor sea el ángulo  $\alpha$  y mayor su coseno, tanto menor será la fuerza necesaria para mover el peso y mayor la ventaja mecánica del uso de la polea; el máximo se dará cuando ambos ramales sean paralelos:

$$P = \frac{R}{2}$$

Con esta disposición la más eficiente el peso se reparte por igual entre los dos ramales de la cuerda de la que pende la polea de modo que la fuerza que hemos de realizar es la mitad del peso que deseamos levantar, sin embargo ahora para levantar el peso un tramo  $h$  la longitud de cuerda que debemos halar es el doble,  $2h$ .

En el caso particular de que el ángulo  $\alpha$  sea de 30 grados y su coseno  $\frac{1}{2}$  la ventaja mecánica desaparece y la potencia ha de ser igual a la resistencia.

Si el ángulo es aún mayor la ventaja mecánica toma un valor menor que la unidad y la potencia necesaria es ya mayor que la resistencia.

### 3.1.1.1.3 Polea Diferencial

Una polea diferencial se compone de dos poleas de distinto radio caladas sobre el mismo eje y recibe esta denominación porque la potencia necesaria para elevar el peso es proporcional a la diferencia entre dichos radios; más aún, la máquina no funciona si los radios no son distintos. La cuerda, mejor cadena, es cerrada y se pasa primero por la garganta de la polea mayor (1-2) y luego por la polea móvil que sustenta la resistencia (2-3), retorna a la polea diferencial pasándose por la garganta de la menor (3-4) y finalmente se enlaza con el ramal sobre el que se aplica la potencia (4-1). Al aplicar la potencia en la dirección indicada en la figura, los ramales 1 y 3 descienden mientras que 2 y 4 ascienden.

La resistencia, que ahora denotaremos **Q** para distinguirla de los radios **R** y **r** de la polea diferencial, está sostenida por dos ramales que supondremos paralelos (2 y 3) que se repartirán la carga estando a una tensión **Q/2** mientras en la tira de la polea (1) actúa la potencia **P**. La condición de equilibrio es que la suma de los momentos de las fuerzas actuantes sobre la polea respecto de su eje sea igual a cero:

$$PR + \frac{Q}{2}r - \frac{Q}{2}R = 0 \implies P = \frac{R-r}{2R}Q$$

A igual conclusión habríamos llegado calculando directamente el brazo de palanca **d** de la resistencia, ya que si la polea móvil pende libremente quedará centrada entre los puntos de apoyo de los ramales 2 y 3, es decir:

$$d = \frac{R-r}{2}$$

La ventaja mecánica es inversamente proporcional a la diferencia de radios de las poleas de modo que cuanto menor sea dicha diferencia mayor será la

ventaja mecánica y menor la fuerza necesaria para elevar el peso. En el caso límite, cuando  $R = r$ , el sistema se encuentra en equilibrio sin necesidad de realizar ninguna fuerza ( $P = 0$ ) si bien, por mucho que tiremos de la cuerda o cadena la carga no se elevará ya que la longitud de cuerda halada será la misma en los cuatro ramales.



**Fig. III.8 Polea Diferencial**

### **3.2 ENGRANAJE**

“Se denomina engranaje o ruedas dentadas al mecanismo utilizado para transmitir potencia de un componente a otro dentro de una máquina. Los engranajes están formados por dos ruedas dentadas, de las cuales la mayor se denomina 'corona' y la menor 'piñón'. Un engranaje sirve para transmitir movimiento circular mediante contacto de ruedas dentadas. Una de las aplicaciones más importantes de los engranajes es la transmisión del movimiento desde el eje de una fuente de energía, como puede ser un motor de combustión interna o un motor eléctrico, hasta otro eje situado a cierta distancia y que ha de realizar un trabajo. De manera que una de las ruedas

está conectada por la fuente de energía y es conocido como engranaje motor y la otra está conectada al eje que debe recibir el movimiento del eje motor y que se denomina engranaje conducido”.<sup>[10]</sup>

### 3.2.1 Tipos de Engranajes

#### 3.2.1.1 Engranaje de Dientes Rectos

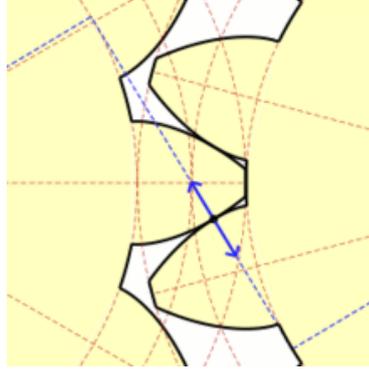
Los engranajes cilíndricos rectos son el tipo de engranaje más simple y corriente que existe. Se utilizan generalmente para velocidades pequeñas y medias; a grandes velocidades, si no son rectificadas, o ha sido corregido su tallado, producen ruido cuyo nivel depende de la velocidad de giro que tengan.

- *Diente de un engranaje*: son los que realizan el esfuerzo de empuje y transmiten la potencia desde los ejes motrices a los ejes conducidos. El perfil del diente, o sea la forma de sus flancos, está constituido por dos curvas evolventes de círculo, simétricas respecto al eje que pasa por el centro del mismo.
- *Módulo*: el módulo de un engranaje es una característica de magnitud que se define como la relación entre la medida del diámetro primitivo expresado en milímetros y el número de dientes. El valor del módulo se fija mediante cálculo de resistencia de materiales en virtud de la potencia a transmitir y en función de la relación de transmisión que se establezca. El tamaño de los dientes está normalizado. El módulo está indicado por números. Dos engranajes que engranen tienen que tener el mismo módulo.
- *Circunferencia primitiva*: es la circunferencia a lo largo de la cual engranan los dientes. Con relación a la circunferencia primitiva se determinan todas las características que definen los diferentes elementos de los dientes de los engranajes.

---

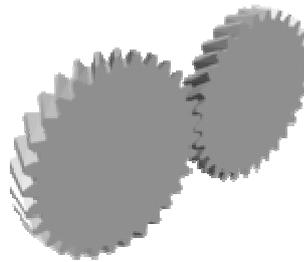
<sup>10</sup> Enciclopedia de Ciencia y Técnica, Tomo 5 Engranaje, Salvat Editores

- *Paso circular*: es la longitud de la circunferencia primitiva correspondiente a un diente y un vano consecutivos.
- *Espesor del diente*: es el grosor del diente en la zona de contacto, o sea, del diámetro primitivo.
- *Número de dientes*: es el número de dientes que tiene el engranaje. Se simboliza como ( $Z$ ). Es fundamental para calcular la relación de transmisión. El número de dientes de un engranaje no debe estar por debajo de 18 dientes cuando el ángulo de presión es  $20^\circ$  ni por debajo de 12 dientes cuando el ángulo de presión es de  $25^\circ$ .
- *Diámetro exterior*: es el diámetro de la circunferencia que limita la parte exterior del engranaje.
- *Diámetro interior*: es el diámetro de la circunferencia que limita el pie del diente.
- *Pie del diente*: también se conoce con el nombre de *dedendum*. Es la parte del diente comprendida entre la circunferencia interior y la circunferencia primitiva.
- *Cabeza del diente*: también se conoce con el nombre de *adendum*. Es la parte del diente comprendida entre el diámetro exterior y el diámetro primitivo.
- *Flanco*: es la cara interior del diente, es su zona de rozamiento.
- *Altura del diente*: es la suma de la altura de la cabeza (adendum) más la altura del pie (dedendum).
- *Ángulo de presión*: el que forma la línea de acción con la tangente a la circunferencia de paso,  $\phi$  ( $20^\circ$  ó  $25^\circ$  son los ángulos normalizados).
- *Largo del diente*: es la longitud que tiene el diente del engranaje
- *Distancia entre centro de dos engranajes*: es la distancia que hay entre los centros de las circunferencias de los engranajes.



**Fig. III.9 Engranaje Recto**

### 3.2.1.2 Engranajes cilíndricos de dientes helicoidales



**Fig. III.10 Engranaje helicoidal.**

Los engranajes cilíndricos de dentado helicoidal están caracterizados por su dentado oblicuo con relación al eje de rotación. En estos engranajes el movimiento se transmite de modo igual que en los cilíndricos de dentado recto, pero con mayores ventajas. Los ejes de los engranajes helicoidales pueden ser paralelos o cruzarse, generalmente a  $90^{\circ}$ . Para eliminar el empuje axial el dentado puede hacerse doble helicoidal.

Los engranajes helicoidales tienen la ventaja que transmiten más potencia que los rectos, y también pueden transmitir más velocidad, son más silenciosos y más duraderos; además, pueden transmitir el movimiento de ejes que se corten. De sus inconvenientes se puede decir que se desgastan más que los rectos, son más caros de fabricar y necesitan generalmente más engrase que los rectos.

Lo más característico de un engranaje cilíndrico helicoidal es la hélice que forma, siendo considerada la hélice como el avance de una vuelta completa del diámetro primitivo del engranaje. De esta hélice deriva el ángulo  $\beta$  que forma el dentado con el eje axial. Este ángulo tiene que ser igual para las dos ruedas que engranan pero de orientación contraria, o sea: uno a derechas y el otro a izquierda. Su valor se establece a priori de acuerdo con la velocidad que tenga la transmisión, los datos orientativos de este ángulo son los siguientes:

Velocidad lenta:  $\beta = (5^\circ - 10^\circ)$

Velocidad normal:  $\beta = (15^\circ - 25^\circ)$

Velocidad elevada:  $\beta = 30^\circ$

Las relaciones de transmisión que se aconsejan son más o menos parecidas a las de los engranajes rectos.

### 3.2.1.3 Engranajes cónicos



**Fig. III.11 Engranaje Cónico.**

Se fabrican a partir de un tronco de cono, formándose los dientes por fresado de su superficie exterior. Estos dientes pueden ser rectos, helicoidales o curvos. Esta familia de engranajes soluciona la transmisión entre ejes que se cortan y que se cruzan. Los datos de cálculos de estos engranajes están en prontuarios específicos de mecanizado.

### **Engranajes cónicos de dientes rectos**

Efectúan la transmisión de movimiento de ejes que se cortan en un mismo plano, generalmente en ángulo recto, por medio de superficies cónicas dentadas. Los dientes convergen en el punto de intersección de los ejes. Son utilizados para efectuar reducción de velocidad con ejes en  $90^\circ$ . Estos engranajes generan más ruido que los engranajes cónicos helicoidales. Se utilizan en transmisiones antiguas y lentas. En la actualidad se usan muy poco.

### **Engranaje cónico helicoidal**

Se utilizan para reducir la velocidad en un eje de  $90^\circ$ . La diferencia con el cónico recto es que posee una mayor superficie de contacto. Es de un funcionamiento relativamente silencioso. Además pueden transmitir el movimiento de ejes que se corten. Los datos constructivos de estos engranajes se encuentran en prontuarios técnicos de mecanizado. Se mecanizan en fresadoras especiales.

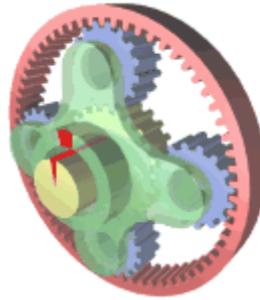
### **Engranaje cónico hipoide**



**Fig. III.12 Engranaje cónico hipoide.**

Un engranaje hipoide es un grupo de engranajes cónicos helicoidales formados por un piñón reductor de pocos dientes y una rueda de muchos dientes, que se instala principalmente en los vehículos industriales que tienen la tracción en los ejes traseros. Por otra parte la disposición helicoidal del dentado permite un mayor contacto de los dientes del piñón con los de la corona, obteniéndose mayor robustez en la transmisión. Su mecanizado es muy complicado y se utilizan para ello máquinas talladoras especiales

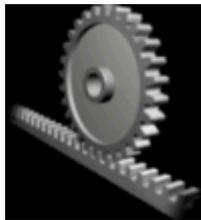
### 3.2.1.4 Engranajes interiores



**Fig. III.13 Mecanismo de engranajes interiores.**

Los engranajes interiores o anulares son variaciones del engranaje recto en los que los dientes están tallados en la parte interior de un anillo o de una rueda con reborde, en vez de en el exterior. Los engranajes interiores suelen ser impulsados por un piñón, un engranaje pequeño con pocos dientes.

### 3.2.1.5 Mecanismo de cremallera



**Fig. III.14 Cremallera.**

El mecanismo de cremallera aplicado a los engranajes lo constituyen una barra con dientes la cual es considerada como un engranaje de diámetro infinito y un engranaje de diente recto de menor diámetro, y sirve para transformar un movimiento de rotación del piñón en un movimiento lineal de la cremallera. Quizás la cremallera más conocida sea la que equipan los tornos para el desplazamiento del carro longitudinal.

$$v = (n * z * p) / 60 [m / s]$$

n: velocidad angular. z: número de dientes de la rueda dentada. p: paso.

### 3.2.1.5 Mecanismo piñón cadena



**Fig. III.15 Eslabón de una cadena.**

El mecanismo piñón cadena es un método de transmisión muy utilizado porque permite transmitir un movimiento giratorio entre dos ejes paralelos, que estén bastante separados. Es el mecanismo de transmisión que utilizan las bicicletas, motos, y en muchas máquinas e instalaciones industriales. También se emplea en sustitución de los reductores de velocidad por poleas cuando lo importante sea evitar el deslizamiento entre la rueda conductora y el mecanismo de transmisión (en este caso una cadena).

El mecanismo consta de una cadena sin fin (cerrada) cuyos eslabones engranan con ruedas dentadas (piñones) que están unidas a los ejes de los mecanismos conductor y conducido.

Las cadenas empleadas en esta transmisión suelen tener libertad de movimiento solo en una dirección y tienen que engranar de manera muy precisa con los dientes de los piñones. Las partes básicas de las cadenas son: placa lateral, rodillo y pasador. Las ruedas dentadas suelen ser una placa de acero sin cubo (aunque también las hay de materiales plásticos).

### 3.2.2 Deterioro y fallo de los engranajes

Como todo elemento técnico el primer fallo que puede tener un engranaje es que no haya sido calculado con los parámetros dimensionales y de resistencia adecuada, con lo cual no es capaz de soportar el esfuerzo al que está sometido y se deteriora o rompe con rapidez.

El segundo fallo que puede tener un engranaje es que el material con el que ha sido fabricado no reúne las especificaciones técnicas adecuadas principalmente las de resistencia y tenacidad.

También puede ser causa de deterioro o rotura si el engranaje no se ha fabricado con las cotas y tolerancias requeridas o no ha sido montado y ajustado en la forma adecuada.

Igualmente se puede originar el deterioro prematuro de un engranaje es que no se le haya efectuado el mantenimiento adecuado con los lubricantes que le sean propios de acuerdo a las condiciones de funcionamiento que tenga

Otra causa de deterioro es que por un sobreesfuerzo del mecanismo se superen los límites de resistencia del engranaje

La capacidad de transmisión de un engranaje viene limitada:

- Por el calor generado, (calentamiento)
- Fallo de los dientes por rotura ( sobreesfuerzo súbito y seco
- Fallo por fatiga en la superficie de los dientes (lubricación deficiente y dureza inadecuada)
- Ruido como resultante de vibraciones a altas velocidades y cargas fuertes.

Los deterioros o fallas que surgen en los engranajes están relacionados con problemas existentes en los dientes, en el eje, o una combinación de ambos. Las fallas relacionadas con los dientes pueden tener su origen en sobrecargas, desgaste y grietas, y las fallas relacionadas con el eje pueden deberse a la desalineación o desequilibrado del mismo produciendo vibraciones y ruidos

### **3.3 MOTORES ELÉCTRICOS**

Un motor eléctrico es una máquina eléctrica que transforma energía eléctrica en energía mecánica por medio de interacciones electromagnéticas. Algunos

de los motores eléctricos son reversibles, es decir, pueden transformar energía mecánica en energía eléctrica funcionando como generadores.

### **3.3.1 Principios de funcionamiento**

Los motores de corriente alterna y los motores de corriente continua se basan en el mismo principio de funcionamiento, el cual establece que si un conductor por el cual circula una corriente eléctrica se encuentra dentro de la acción de un campo magnético, éste tiende a desplazarse perpendicularmente a las líneas de acción del campo magnético.

El conductor tiende a funcionar como un electroimán debido a la corriente eléctrica que circula por el mismo adquiriendo de esta manera propiedades magnéticas, que provocan, debido a la interacción con los polos ubicados en el estator, el movimiento circular que se observa en el rotor del motor.

Partiendo del hecho de que cuando pasa corriente eléctrica por un conductor se produce un campo magnético, además si lo ponemos dentro de la acción de un campo magnético potente, el producto de la interacción de ambos campos magnéticos hace que el conductor tienda a desplazarse produciendo así la energía mecánica. Dicha energía es comunicada al exterior mediante un dispositivo llamado flecha.

### **3.3.2 Clasificación**

#### **Motores de corriente continúa**



**Fig. III.16 Motor de Corriente Continúa**

Los motores de corriente continua se clasifican según la forma como estén conectados, en:

- Motor serie
- Motor compound
- Motor shunt
- Motor eléctrico sin escobillas

Además de los anteriores, existen otros tipos que son utilizados en electrónica:

- Motor paso a paso
- Servomotor
- motor sin núcleo

### ***Motores de corriente alterna***

Los motores de C.A. se clasifican de la siguiente manera:

- **Asíncrono o de inducción**

Los motores asíncronos o de inducción son aquellos motores eléctricos en los que el rotor nunca llega a girar en la misma frecuencia con la que lo hace el campo magnético del estator. Cuanto mayor es el par motor mayor es esta diferencia de frecuencias.

### **Jaula de ardilla**

#### ***Monofásicos***

- Motor de arranque a resistencia.
- Motor de arranque a condensador.
- Motor de marcha.
- Motor de doble capacitor.
- Motor de polos sombreados.

#### ***Trifásicos***

- Motor de Inducción.

La mayoría de los motores trifásicos tienen una carga equilibrada, es decir, consumen lo mismo en las tres fases, ya estén conectados en estrella o en triángulo. Un motor con carga equilibrada no requiere el uso de neutro. Las tensiones en cada fase en este caso son iguales al resultado de dividir la tensión de línea por raíz de tres.

### **Rotor Devanado**

#### *Monofásicos*

- Motor universal
- Motor de Inducción-Repulsión.

#### *Trifásicos*

- Motor de rotor devanado.
  - Motor asíncrono
  - Motor síncrono
- **Síncrono**  
Normales, el rotor gira a las mismas revoluciones que lo hace el campo magnético del estator.

### **3.3.3 Ventajas**

En diversas circunstancias presenta muchas ventajas respecto a los motores de combustión:

- A igual potencia, su tamaño y peso son más reducidos.
- Se pueden construir de cualquier tamaño.

- Tiene un par de giro elevado y, según el tipo de motor, prácticamente constante.
- Su rendimiento es muy elevado (típicamente en torno al 75%, aumentando el mismo a medida que se incrementa la potencia de la máquina).
- Este tipo de motores no emite contaminantes, aunque en la generación de energía eléctrica de la mayoría de las redes de suministro se emiten contaminantes.

### **3.4 SERVOMOTORES**

“Un servomotor de modelismo conocido generalmente como servo o servo de modelismo es un dispositivo actuador que tiene la capacidad de ubicarse en cualquier posición dentro de su rango de operación, y de mantenerse estable en dicha posición. Está formado por un motor de corriente continua, una caja reductora y un circuito de control, y su margen de funcionamiento generalmente es de menos de una vuelta completa”.<sup>[11]</sup>

Los servos de modelismo se utilizan frecuentemente en sistemas de radiocontrol y en robótica, pero su uso no está limitado a estos.

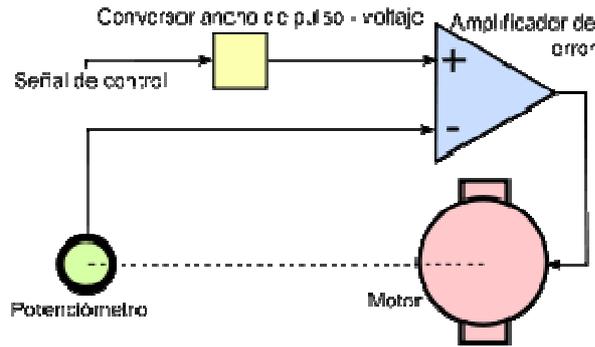
#### **3.4.1 Estructura interna y funcionamiento**

El componente principal de un servo es un motor de corriente continua, que realiza la función de actuador en el dispositivo: al aplicarse un voltaje entre sus dos terminales, el motor gira en un sentido a alta velocidad, pero produciendo un bajo par. Para aumentar el par del dispositivo, se utiliza una caja reductora, que transforma gran parte de la velocidad de giro en torsión.

#### **3.4.2 Control de posición**

---

<sup>11</sup> ACTUATORS - SERVOS, [En línea], [Consultado:15-06-2010 ], [http://robots-argentina.com.ar/MotorServo\\_basico.htm](http://robots-argentina.com.ar/MotorServo_basico.htm)



**Fig. III.17 Diagrama del circuito de control implementado en un servo**

Diagrama del circuito de control implementado en un servo. La línea punteada indica un acople mecánico, mientras que las líneas continuas indican conexión eléctrica.

El dispositivo utiliza un circuito de control para realizar la ubicación del motor en un punto, consistente en un controlador proporcional.

El punto de referencia o setpoint que es el valor de posición deseada para el motor se indica mediante una señal de control cuadrada. El ancho de pulso de la señal indica el ángulo de posición: una señal con pulsos más anchos (es decir, de mayor duración) ubicará al motor en un ángulo mayor, y viceversa.

Inicialmente, un amplificador de error calcula el valor del error de posición, que es la diferencia entre la referencia y la posición en que se encuentra el motor. Un error de posición mayor significa que hay una diferencia mayor entre el valor deseado y el existente, de modo que el motor deberá rotar más rápido para alcanzarlo; uno menor, significa que la posición del motor está cerca de la deseada por el usuario, así que el motor tendrá que rotar más lentamente. Si el servo se encuentra en la posición deseada, el error será cero, y no habrá movimiento.

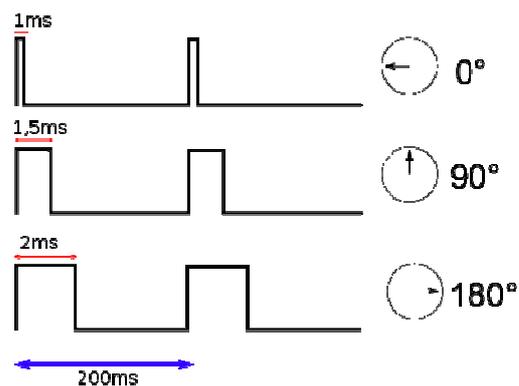
Para que el amplificador de error pueda calcular el error de posición, debe restar dos valores de voltaje analógicos. La señal de control PWM se convierte entonces en un valor analógico de voltaje, mediante un convertidor de ancho

de pulso a voltaje. El valor de la posición del motor se obtiene usando un potenciómetro de realimentación acoplado mecánicamente a la caja reductora del eje del motor: cuando el motor rote, el potenciómetro también lo hará, variando el voltaje que se introduce al amplificador de error.

Una vez que se ha obtenido el error de posición, éste se amplifica con una ganancia, y posteriormente se aplica a los terminales del motor.

### 3.4.3 Principios de funcionamiento

Dependiendo del modelo del servo, la tensión de alimentación puede estar comprendida entre los 4 y 8 voltios. El control de un servo se reduce a indicar su posición mediante una señal cuadrada de voltaje: el ángulo de ubicación del motor depende de la duración del nivel alto de la señal.



**Fig. III.18 Señales de control utilizado y posición del servo**

Cada servo, dependiendo de la marca y modelo utilizado, tiene sus propios márgenes de operación. Por ejemplo, para algunos servos los valores de tiempo de la señal en alto están entre 1 y 2 ms, que posicionan al motor en ambos extremos de giro (0° y 180°, respectivamente) . Los valores de tiempo de alto para ubicar el motor en otras posiciones se halla mediante una relación completamente lineal: el valor 1,5 ms indica la posición central, y otros valores de duración del pulso dejarían al motor en la posición proporcional a dicha duración.

Es sencillo notar que, para el caso del motor anteriormente mencionado, la duración del pulso alto para conseguir un ángulo de posición  $\theta$  estará dada por la fórmula

$$t = 1 + \frac{\phi}{180}$$

Donde  $t$  está dado en milisegundos y  $\phi$  en grados. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que ningún valor —de ángulo o de duración de pulso— puede estar fuera del rango de operación del dispositivo: en efecto, el servo tiene un límite de giro —de modo que no puede girar más de cierto ángulo en un mismo sentido— debido a la limitación física que impone el potenciómetro del control de posición.

Para bloquear el servomotor en una posición, es necesario enviarle continuamente la señal con la posición deseada. De esta forma, el sistema de control seguirá operando, y el servo conservará su posición y se resistirá a fuerzas externas que intenten cambiarlo de posición. Si los pulsos no se envían, el servomotor quedará liberado, y cualquier fuerza externa puede cambiarlo de posición fácilmente.

#### **3.4.4 Terminales de Conexión**

Los servomotores tienen 3 terminales de conexión: dos para la alimentación eléctrica del circuito, y uno para la entrada de la señal de control. El voltaje de alimentación generalmente es de alrededor de 6 voltios, pues aunque el motor soporta mayores voltajes de trabajo, el circuito de control no lo hace.

El color del cable de cada terminal varía con cada fabricante, aunque el cable del terminal positivo de alimentación siempre es rojo. El cable del terminal de alimentación negativo puede ser marrón o negro, y el del terminal de entrada de señal suele ser de color blanco, naranja o amarillo.

<b>Fabricante</b>	<b>Voltaje positivo</b>	<b>Tierra</b>	<b>Señal de control</b>
-------------------	-------------------------	---------------	-------------------------

Futaba	Rojo	Negro	Blanco
Dong Yang	Rojo	Marrón	Naranja
Hobico	Rojo	Negro	Amarillo
Hitec	Rojo	Negro	Amarillo
JR	Rojo	Marrón	Naranja
Airtronics	Rojo	Negro	Naranja
Fleet	Rojo	Negro	Blanco
Krafr	Rojo	Negro	Naranja
E-Sky	Rojo	Negro	Blanco

**Tabla III.1 Colores de los terminales para algunas marcas comerciales**

### **3.4.5 Modificaciones a los servos**

El potenciómetro del sistema de control del servo es un potenciómetro de menos de una vuelta, de modo que no puede dar giros completos en un mismo sentido. Para evitar que el motor pudiera dañar el potenciómetro, el fabricante del servo añade una pequeña pestaña en la caja reductora del motor, que impide que éste gire más de lo debido. Es por ello que los servos tienen una cantidad limitada de giro, y no pueden girar continuamente en un mismo sentido. Es posible, sin embargo, realizar modificaciones al servo de modo que esta limitación se elimine, a costa de perder el control de posición.

Hay dos tipos de modificación realizables. El primero es la completa eliminación del sistema de control del circuito, para conservar únicamente el motor de corriente continua y el sistema de engranajes reductores. Con esto se obtiene simplemente un motor de corriente continua con caja reductora en un mismo empaquetado, útil para aplicaciones donde no se necesite del control de posición incorporado del servo. La segunda modificación realizable consiste en un cambio en el sistema de control, de modo que se obtenga un sistema de

control de velocidad. Para ello, se desacopla el potenciómetro de realimentación del eje del motor, y se hace que permanezca estático en una misma posición. Así, la señal de error del sistema de control dependerá directamente del valor deseado que se ajuste (que seguirá indicándose mediante pulsos de duración variable). Ambos tipos de modificación requieren que se elimine físicamente la pestaña limitadora de la caja reductora.

#### **3.4.6 Servos digitales**

Los servos digitales son similares a los servos convencionales (analógicos), pero cuentan con ciertas ventajas como lo son un mayor par, una mayor precisión, un tiempo de respuesta menor, y la posibilidad de modificar parámetros básicos de funcionamiento ángulos máximo y mínimo de trabajo, velocidad de respuesta, sentido de giro y posición central, entre otro. Además de un mayor costo, tienen la desventaja de que requieren más energía para su funcionamiento, lo cual es crítico cuando se utilizan en aplicaciones que requieren el máximo ahorro de energía posible, tales como robots robustos o aviones radiocontrolados

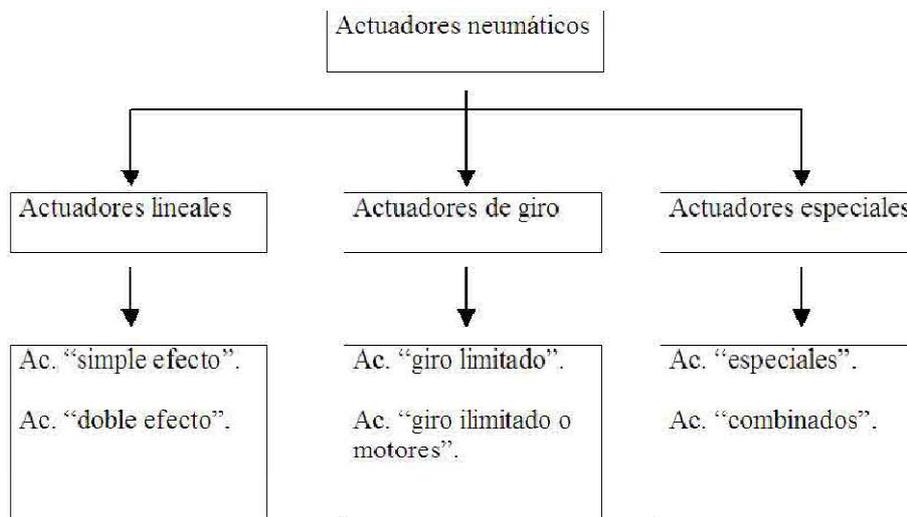
### **3.5 SISTEMA NEUMATICO**

La neumática es una fuente de energía de fácil obtención y tratamiento para el control de máquinas y otros elementos sometidos a movimiento. La generación, almacenaje y utilización del aire comprimido resultan relativamente baratos y además ofrece un índice de peligrosidad bajo en relación a otras energías como la electricidad y los combustibles gaseosos o líquidos. Ofrece una alternativa altamente segura en lugares de riesgo de explosión por deflagración, donde otras energías suponen un riesgo importante por la producción de calor, chispas, etc.

Por estas ventajas las instalaciones de aire comprimido son ampliamente usadas en todo tipo de industrias, incluso en todo tipo de transporte, aéreo, terrestre y marítimo.

- ♦ El trabajo realizado por un actuador neumático puede ser lineal o rotativo.
- ♦ El movimiento lineal se obtiene por cilindros de émbolo (éstos también proporcionan movimiento rotativo con variedad de ángulos por medio de actuadores del tipo piñón-cremallera).
- ♦ También encontramos actuadores neumáticos de rotación continua (motores neumáticos), movimientos combinados e incluso alguna transformación mecánica de movimiento que lo hace parecer de un tipo especial.

### 3.5.1 Clasificación de los Actuadores Neumáticos



**Fig. III.19 Clasificación de los Actuadores Neumáticos**

#### 3.5.1.1 Actuadores Lineales

Los cilindros neumáticos representan los actuadores más comunes que se utilizan en los circuitos neumáticos. Existen dos tipos fundamentales:

Cilindros de simple efecto: con una entrada de aire para producir una carrera de trabajo en un sentido.

Cilindros de doble efecto: con dos entradas de aire para producir carreras de trabajo de salida y retroceso. Más adelante se describen una gama variada de cilindros con sus correspondientes símbolos.

- ◆ CILINDROS DE SIMPLE EFECTO
- ◆ CILINDROS DE DOBLE EFECTO
- ◆ CILINDROS DE DOBLE VÁSTAGO
- ◆ SISTEMAS ANTIGIRO
- ◆ SISTEMAS DE GUÍA
- ◆ SISTEMAS DE VÁSTAGO PARALELO
- ◆ CILINDROS TANDEM
- ◆ CILINDROS MULTIPOSICIONALES
- ◆ CILINDROS DE FUELLE

### **Cilindros Simple Efecto**

#### Características

- ◆ Un cilindro de simple efecto desarrolla un trabajo sólo en un sentido.
- ◆ El émbolo se hace retornar por medio de un resorte interno o por algún otro medio externo como cargas, movimientos mecánicos, etc.
- ◆ Puede ser de tipo “normalmente dentro” o “normalmente fuera”.
- ◆ Se utilizan para sujetar, marcar, expulsar, etc.
- ◆ Tienen un consumo de aire algo más bajo que un cilindro de doble efecto de igual tamaño.
- ◆ Hay una reducción de impulso debida a la fuerza contraria del resorte, así que puede ser necesario un diámetro interno algo más grande para conseguir una misma fuerza.

- ♦ La adecuación del resorte tiene como consecuencia una longitud global más larga y una longitud de carrera limitada, debido a un espacio muerto.



**Fig. III.20 Cilindros Simple Efecto**

### **Cilindros Doble Efecto**

#### **Características**

- ♦ Son aquellos que realizan tanto su carrera de avance como la de retroceso por acción del aire comprimido.
- ♦ Su denominación se debe a que emplean las dos caras del émbolo (aire en ambas cámaras), por lo que estos componentes sí que pueden realizar trabajo en ambos sentidos.

Algunas de las diferencias más notables con los cilindros de simple efecto las encontramos en la culata anterior, que ahora ha de tener un orificio roscado para poder realizar la inyección de aire comprimido.



**Fig. III.21 Cilindro Doble Efecto**

En definitiva, podemos afirmar que los actuadores lineales de doble efecto son los componentes más habituales en el control neumático. Esto es debido a:

- ♦ Se tiene la posibilidad de realizar trabajo en ambos sentidos (carreras de avance y retroceso).
- ♦ No se pierde fuerza en el accionamiento debido a la inexistencia de muelle en oposición.
- ♦ Para una misma longitud de cilindro, la carrera en doble efecto es mayor que en disposición de simple, al no existir volumen de alojamiento.

### **Cilindros de Doble Vástago**

#### **Características**

- ♦ Tienen un vástago corrido hacia ambos lados.
- ♦ La guía del vástago es mejor, porque dispone de dos cojinetes y la distancia entre éstos permanece constante.
- ♦ Pueden absorber también cargas laterales pequeñas.
- ♦ Los emisores de señales, pueden disponerse en el lado libre del vástago.
- ♦ La fuerza es igual en los dos sentidos (las superficies del émbolo son iguales), al igual que sucede con la velocidad de desplazamiento.
- ♦ Este tipo de cilindros recibe también la denominación de cilindro compensado.



**Fig. III.22 Cilindro Doble Vástago**

## **Sistemas Antigiro**

- ♦ Uno de los principales problemas que plantean los cilindros de émbolo convencionales es el movimiento de giro que puede sufrir el vástago sobre sí mismo.
- ♦ En determinadas aplicaciones, esto puede tener efectos negativos y se hace necesaria la incorporación de actuadores o elementos exteriores que realicen un efecto antigiro.

Existen múltiples posibilidades, de las cuales detallamos las más extendidas:

- ♦ Sistemas de sección no circular
- ♦ Sistemas de guía
- ♦ Sistemas doble vástago.

### **Sección no circular**

- ♦ Una de las primeras soluciones adoptadas, fue sustituir la clásica sección del vástago (circular) por otros perfiles que no permitan el giro sobre sí mismo.
- ♦ Algunos de estos perfiles fueron cuadrados, ovales, etc., pero presentaban el problema de una difícil mecanización (y por ello precio un excesivo del componente), además de presentar un grado de estanqueidad bastante bajo, ya que el perfil de la juntas dinámicas y estáticas no es el más adecuado.

### **Sistemas de guía:**

Las unidades de guiado son elementos mecánicos exteriores que aseguran la función de guiado del vástago al mismo tiempo que protegen al vástago de las fuerzas de giro y flexión exteriores.

Se fabrican en acero y se acoplan sobre la culata anterior de los cilindros normalizados. En su interior se encuentran unos cojinetes de bronce

sintetizado por los cuales se deslizan las varillas de guiado (en ocasiones pueden ser rodamientos lineales, los cuales aportan una mayor fiabilidad, reducen el rozamiento pero incrementan el coste de la unidad).

### **Sistemas de doble vástago**

Este tipo de actuadores tiene función antigiro, y presentan mayor prestación en cuanto a la absorción de cargas exteriores, si bien, la principal ventaja de estos actuadores es que al disponer de un doble émbolo, desarrollan el doble de fuerza que uno convencional de igual tamaño.

### **Cilindros Tandem**

Está constituido por dos cilindros de doble efecto que forma una unidad.

Gracias a esta disposición, al aplicar simultáneamente presión sobre los dos émbolos se obtiene en el vástago una fuerza de casi el doble de la de un cilindro normal para el mismo diámetro.



**Fig. III.23 Cilindro Tandem**

### **Cilindros Multiposicionales**

- ♦ Los cilindros multiposicionales son una buena opción en aquellos casos en los que se requiera alcanzar 3 ó 4 posiciones diferentes y no se requiera una variabilidad frecuente de las mismas.



Figura 3.26.

Montaje multiposicional

### **Fig. III.24 Cilindro Multiposicional**

#### **Cilindros de Fuelle**

Los cilindros de fuelle están constituidos por dos tapas de cierre que actúan a modo de culata unida entre sí por medio de una membrana elástica (fabricada de material elastómero, como el neopreno).

Su disposición es siempre de simple efecto, deformándose la membrana axialmente ante la aplicación de aire comprimido y recuperándose por acción de la gravedad o de fuerzas externas (previa liberación del aire comprimido de la cámara de expansión).

#### **Actuadores de Giro**

Son los encargados de transformar la energía neumática en energía mecánica de rotación. Dependiendo de si el móvil de giro tiene un ángulo limitado o no, se forman los dos grandes grupos a analizar:

- ♦ Actuadores de giro limitado, que son aquellos que proporcionan movimiento de giro pero no llegan a producir una revolución
- ♦ Motores neumáticos, que son aquellos que proporcionan un movimiento rotatorio constante.

En cuanto a actuadores de giro tenemos los siguientes tipos:

- ♦ ACTUADOR DE PALETA
- ♦ ACTUADOR PIÑÓN – CREMALLERA
- ♦ MOTORES DE PALETAS

#### **Actuador de Paleta**

Estos actuadores realizan un movimiento de giro que rara vez supera los 270°, incorporando unos topes mecánicos que permiten la regulación de este giro.

Están compuestos por una carcasa, en cuyo interior se encuentra una paleta que delimita las dos cámaras. Solidario a esta paleta, se encuentra el eje, que atraviesa la carcasa exterior. Es precisamente en este eje donde obtenemos el trabajo, en este caso en forma de movimiento angular limitado. Tal y como podemos apreciar en la figura, el funcionamiento es similar al de los actuadores lineales de doble efecto. Al aplicar aire comprimido a una de sus cámaras, la paleta tiende a girar sobre el eje, siempre y cuando exista diferencia de presión con respecto a la cámara contraria (generalmente comunicada con la atmósfera). Si la posición es inversa, se consigue un movimiento de giro en sentido contrario.

### Actuador Piñón Cremallera

- ♦ El vástago es una cremallera que acciona un piñón y transforma el movimiento lineal en un movimiento giratorio, hacia la izquierda o hacia la derecha, según el sentido del émbolo.

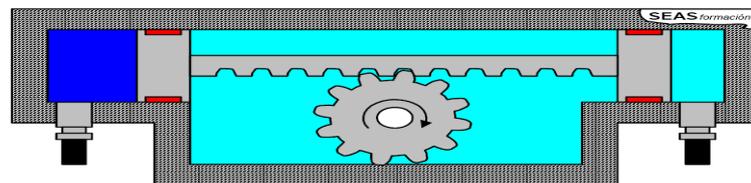


Fig. III.25 Actuador Piñón Cremallera

### Calculo de Cilindros

Analizaremos brevemente los principales aspectos a tener en cuenta a la hora de calcular un cilindro. No obstante, lo más recomendable es acudir siempre a los datos aportados por el fabricante donde se nos mostraran tablas para los esfuerzos desarrollados, máximas longitudes de flexión y pandeo, etc.

### FUERZA DE ÉMBOLO

La fuerza ejercida por un elemento de trabajo depende principalmente de la presión del aire, del diámetro del cilindro y del rozamiento de las juntas. La fuerza teórica del émbolo se calcula con esta fórmula:

$$F_T = P \cdot A$$

Donde:

$F_T$  Fuerza teórica del vástago

P Presión relativa

A Superficie del émbolo

En la práctica, es necesario conocer la fuerza real que ejercen los actuadores. Para determinarla, también hay que tener en cuenta los rozamientos. En condiciones normales de servicio (presiones de 400 a 800 kPa. / 4 a 8 bar) se puede suponer que las fuerzas de rozamiento representan de un 3 a un 20% de la fuerza calculada.

### **LONGITUD DE LA CARRERA**

La longitud de carrera en cilindros neumáticos no debe exceder de 2000 mm. Con émbolos de gran tamaño y carrera larga, el sistema neumático no resulta económico por el elevado consumo de aire y precio de los actuadores. Cuando la carrera es muy larga, el esfuerzo mecánico del vástago y de los cojinetes de guía, es demasiado grande.

Para evitar el riesgo de pandeo, si las carreras son grandes, deben adoptarse vástagos de diámetro superior a lo normal. Además, al prolongar la carrera, la distancia entre cojinetes aumenta y, con ello, mejora la guía del vástago.

Otra solución la aportan los cilindros de vástago guiado, mucho más resistentes a los esfuerzos mecánicos.

### **VELOCIDAD DEL ÉMBOLO**

La velocidad del émbolo, en cilindros neumáticos depende de la fuerza antagonista, de la presión del aire, de la longitud de la tubería, de la sección entre los elementos de mando y trabajo y del caudal que circula por el elemento de mando. Además, influye en la velocidad la amortiguación de final de carrera. Cuando el émbolo abandona la zona de amortiguación, el aire entra por una válvula antirretorno y de estrangulación y produce un aumento de la velocidad.

La velocidad media del émbolo, en cilindros estándar, está comprendida entre 0,1 y 1,5 m/s. Con cilindros especiales (cilindros de impacto) se alcanzan velocidades de hasta 10 m/s.

La velocidad del émbolo puede regularse con válvulas especiales. Las válvulas de estrangulación, las antirretorno y de estrangulación, y las de escape rápido, proporcionan velocidades mayores o menores, dependiendo de su regulación.

## **CONSUMO DE AIRE**

Para disponer de aire y conocer el gasto de energía, es importante conocer el consumo de la instalación, cálculo que comenzará por los actuadores (potencia). Para una presión de trabajo, un diámetro y una carrera de émbolo determinado, el consumo de aire por embolada se calcula con esta fórmula:

$$Q = 2 (S \cdot n \cdot q)$$

Donde:

Q Caudal nominal

S Carrera

n Carreras por minuto

q Consumo por carrera.

## **CAPÍTULO IV.**

### **4. CONTROL Y PROGRAMACIÓN DEL MÓDULO**

#### **4.1 COMPONENTES DEL MÓDULO DEL SISTEMA DE GIRO**

##### **4.1.1 Introducción**

El sistema de Giro consta de varios procesos de producción dónde intervienen varios elementos y dispositivos para su correcto y eficiente funcionamiento permitiéndonos acoplar el modulo a otros ya desarrollados.

A continuación se describen los procesos que intervienen en el módulo del sistema de giro:

- Movimiento de la pieza por la banda transportadora.
- Giro 90° de la pieza sentido horario.

- Giro 90° de la pieza sentido horario (Giro de 180°).
- Paso por el Elevador y Almacenamiento de la pieza.
- Movimiento de la pieza por la banda transportadora.

#### 4.1.2 Procesos del Sistema de Giro

**Movimiento de la pieza por la banda transportadora:** Este Proceso se refiere al paso del pallet por la banda transportadora y ser integrada al sistema de Giro para el proceso de producción.

Este proceso en su inicio es controlado por un Pulsador Start que será accionado solo una vez para la puesta en marcha de este proceso y por ende de todo el sistema, seguidamente es controlado por varios sensores magnéticos, los cuales actuarán durante la producción; el sensor que activara la primera parte del giro se encuentra alojado sobre un soporte de aluminio enviando una señal al autómatas en el momento que la pieza pase por este sensor. La señal que recibe el autómatas es interpretada como una acción la cual acciona la primera parte del modulo de Giro para seguir con el proceso de producción.

**Giro 90° de la pieza sentido horario:** Luego de enviar el primer sensor la señal al autómatas este acciona la primera parte del modulo de Giro que consta de un giro en sentido horario de 90° al finalizar este proceso existe un segundo sensor magnético el cual realizara la misma acción que el primero con la única diferencia que este activara la segunda parte del modulo de Giro para continuar con el proceso de producción.

**Giro 90° de la pieza sentido horario (Giro de 180°):** Luego de enviar el segundo sensor la señal al autómatas este acciona la segunda parte del modulo de Giro que consta de un giro en sentido horario de 90° completando un giro total de 180°, al finalizar este proceso se encuentra un tercer sensor el cual enviara una señal al autómatas el cual activara el

ascensor o la segunda banda transportadora según sea el caso con el fin de completar el proceso productivo.

**Paso por el Elevador y Almacenamiento de la pieza:** Una vez que el tercer sensor envía una señal al autómatas este decidirá si es enviado para almacenamiento o continuara con el proceso de producción siendo enviado a la segunda banda transportadora.

En el primer caso cuando se desea que la pieza sea almacenada este activara el ascensor el cual depositara la pieza para almacenamiento en el primer o segundo nivel.

En el caso de que la pieza no sea almacenada la pieza será enviada hacia la segunda banda transportadora que será activada por un cuarto sensor.

**Movimiento de la pieza por la banda transportadora:** Este Proceso se refiere al paso del pallet por la segunda banda transportadora finalizando el proceso de producción.

Este proceso inicia cuando el cuarto sensor envía una señal al autómatas el cual activara esta banda transportadora con este proceso es con el que se finalizara el proceso de producción de la pieza.

#### **4.1.3 Control del Módulo (Eléctrico, Neumático e Informático).**

El sistema Eléctrico está controlado por una fuente de energía estabilizada mediante un regulador de voltaje (110 voltios) y un convertidor de energía (AC/DC) 110/24 v.

El sistema Informático esta controlado por una fuente de energía de 24v. DC (al ser utilizada en la alimentación del PLC), las memorias internas del PLC permiten controlar mediante una interfaz (cable de conexión) la visualización gráfica del proceso de envasado, así como también el control de producción de la misma.

#### **4.1.4 Estructura de Aluminio.**

La estructura está hecha de material de metálico en aluminio, por sus características físicas y mecánicas que son muy favorables para la construcción y ensamblaje del sistema de Giro.

#### **4.2 Análisis del Estándar IEC 61131-3**

El estándar IEC 61131 permite la estandarización de los autómatas programables, sus periféricos, incluyendo los lenguajes de programación que se deben utilizar. Es así que esta norma se divide en cinco partes: Vista general, Hardware, Lenguaje de programación, Guías de usuario, Comunicación.

Este estándar a su vez se divide en varios como el IEC 61131-3 el mismos que sirve para la estandarización de los lenguajes de programación en la automatización industrial así se logra independencia en el trabajo de las compañías

IEC 61131-3 pretende ser la base real para estandarizar los lenguajes de programación en la automatización industrial, es decir se basa en las especificaciones de la sintaxis y semántica de un lenguaje de programación, incluyendo el modelo de software y la estructura del lenguaje, a su vez esta parte del estándar se divide en dos partes.

- Elementos comunes.
- Lenguajes de programación.

La norma IEC 61131-3 realiza un control industrial y éste no se restringe al mercado convencional de los PLC's. Así se puede ver adoptada en aplicaciones para control de movimiento, sistemas distribuidos y sistemas de control basados en PC (SoftPLC), incluyendo los paquetes SCADA. Y las áreas de su utilización siguen creciendo.

El uso de IEC 61131-3 proporciona numerosos beneficios para usuarios/programadores. Los beneficios de la adopción de este estándar

son varios, dependiendo de las áreas de aplicación: control de procesos, integrador de sistemas, educación, programación mantenimiento, instalación, etc.

Logrando varios beneficios los cuales se describen a continuación:

1. Se reduce el gasto en recursos humanos, formación, mantenimiento y consultoría.
2. Evita las fuentes habituales de problemas por el alto nivel de flexibilidad y reusabilidad del software.
3. Las técnicas de programación son utilizables en amplios sectores (control industrial en general).
4. Combinan adecuadamente diferentes elementos que pueden provenir de diferentes fabricantes, programas, proyectos...
5. Incrementa la conectividad y comunicación entre los distintos departamentos y compañías.

#### **4.3 Vista General**

Control del sistema de Giro donde intervienen varios dispositivos trabajando conjuntamente como sensores magnéticos, motores eléctricos y sistemas mecánicos, de los cuales se debe verificar su correcto funcionamiento.

#### **4.4 Hardware**

**PLC TWDLCAE40DRF:** Autómata base compacto de 24 entradas de 24 VCC, 14 salidas de relé 2A y 2 salidas de transistor 1A. Reloj de fecha/hora. Ethernet 100BaseTx. Batería extraíble. Bloques de terminales de tornillos no extraíbles.

#### **4.5 Lenguaje de Programación**

Existen cuatro tipos de Lenguajes de programación para PLC

- Escalera ("ladder")

- Listado de instrucciones (mnemónicos)
- Diagramas lógicos
- Lenguajes de alto nivel (Grafcet, leng. de programación)

El lenguaje de programación Ladder se utilizó en el desarrollo del programa en el PLC a ejecutar el sistema de Giro.

### Lenguaje de Programación Ladder

También denominado lenguaje de contactos o en escalera, es un lenguaje de programación gráfico muy popular dentro de los autómatas programables debido a que está basado en los esquemas eléctricos de control clásicos,

### Elementos de programación de Ladder

Para programar un autómata con LADDER, además de estar familiarizado con las reglas de los circuitos de conmutación, es necesario conocer cada uno de los elementos de que consta este lenguaje. A continuación se describen de modo general los más comunes:

SÍMBOLO	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
	Contacto NA	Se activa cuando hay un uno lógico en el elemento que representa, esto es, una entrada (para captar información del proceso a controlar), una variable interna o un bit de sistema.
	Bobina NC	Se activa cuando la combinación que hay a su entrada (izquierda) da un cero lógico. Su activación equivale a decir que tiene un cero lógico. Su comportamiento es complementario

		al de la bobina NA.
—(S)—	Bobina SET	Una vez activa (puesta a 1) no se puede desactivar (puesta a 0) si no es por su correspondiente bobina en RESET. Sirve para memorizar bits y usada junto con la bobina RESET dan una enorme potencia en la programación.
—(J)—	Bobina JUMP	Permite saltarse instrucciones del programa e ir directamente a la etiqueta que se desee. Sirve para realizar subprogramas. Contacto NA

**Tabla.IV. 2. Elementos básicos en Lader**

Existe una gran variedad, siendo los más importantes los de arranque y los de reloj, que permiten que empiece la ejecución desde un sitio en concreto y formar una base de tiempos respectivamente. Su nomenclatura es muy diversa, dependiendo siempre del tipo de autómeta y fabricante.

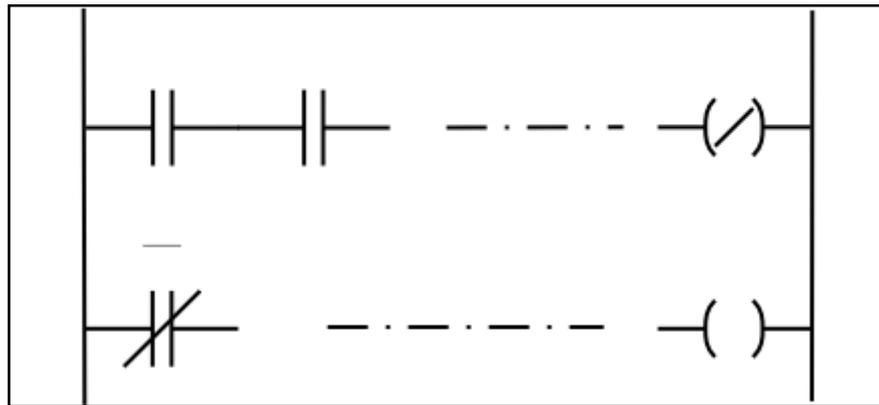
**Temporizadores:** El temporizador es un elemento que permite poner cuentas de tiempo con el fin de activar bobinas pasado un cierto tiempo desde la activación. El esquema básico de un temporizador varía de un autómeta a otro, pero siempre podemos encontrar una serie de señales fundamentales, aunque, eso sí, con nomenclaturas totalmente distintas.

**Contadores:** El contador es un elemento capaz de llevar el cómputo de las activaciones de sus entradas, por lo que resulta adecuado para memorizar sucesos que no tengan que ver con el tiempo pero que se necesiten realizar un determinado número de veces.

### **Programación en Ladder**

Una vez conocidos los elementos que LADDER proporciona para su programación, resulta importante resaltar cómo se estructura un programa y cuál es el orden de ejecución.

El siguiente esquema representa la estructura general de la distribución de todo programa LADDER, contactos a la izquierda y bobinas y otros elementos a la derecha.



**Fig. IV.26. Distribución Ladder**

En cuanto a su equivalencia eléctrica, podemos imaginar que la línea vertical de la izquierda representa el terminal de alimentación, mientras que la línea vertical de la derecha representa el terminal de masa.

El orden de ejecución es generalmente de arriba abajo y de izquierda a derecha, primero los contactos y luego las bobinas, de manera que al llegar a éstas ya se conoce el valor de los contactos y se activan si procede. El orden de ejecución puede variar de un autómatas a otro, pero siempre se respetará el orden de introducción del programa, de manera que se ejecuta lo que primero se introduce.

#### **4.6 Guía de Usuario**

Para la realización del sistema de Giro se ha utilizado el programa TwidoSuite, que es un entorno de desarrollo gráfico para crear, configurar y mantener aplicaciones para autómatas programables

TwidoSuite permite crear programas con distintos tipos de lenguaje, después de transferir la aplicación para que se ejecute en un autómata.

Las principales funciones del software TwidoSuite son:

- Interfaces de usuario estándar de Windows.
- Programación y configuración de autómatas.
- Control y comunicaciones del autómata.

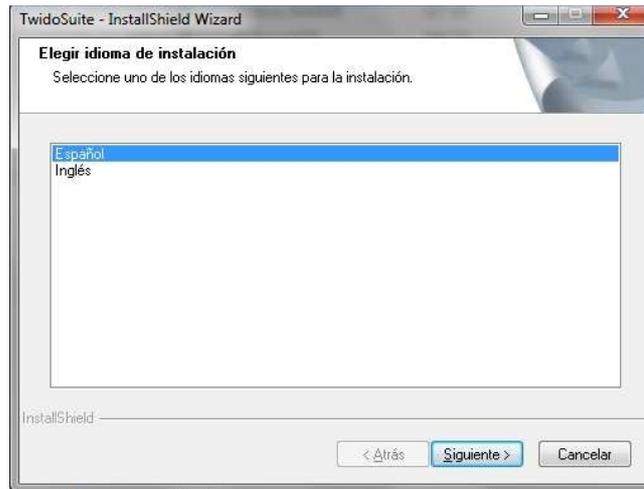
Es un programa basado en Windows de 32 bits para un ordenador personal (PC) que se ejecuta bajo los sistemas operativos Microsoft Windows 98 segunda edición, Microsoft Windows 2000 Professional o Microsoft Windows XP.

**Requerimientos Hardware:** La configuración mínima necesaria para utilizar TwidoSuite es la siguiente:

- Pentium a 300MHz,
- 128 MB de RAM,
- 40 MB de espacio disponible en el disco duro.

#### 1. Instalación del programa.

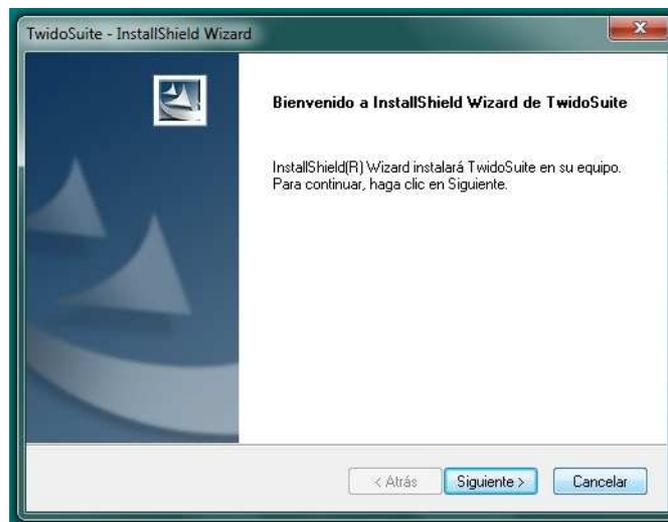
Al insertar el CD-ROM de instalación nos aparece la ventana de selección del idioma como esta, en la que seleccionaremos el idioma y aceptaremos.



**Fig. IV.2. Selección de Idioma - TwidoSuite**

A continuación nos aparece la ventana de Bienvenida en la que nos recomienda cerrar todos los programas antes de la instalación.

Haremos un clic en el botón de siguiente.



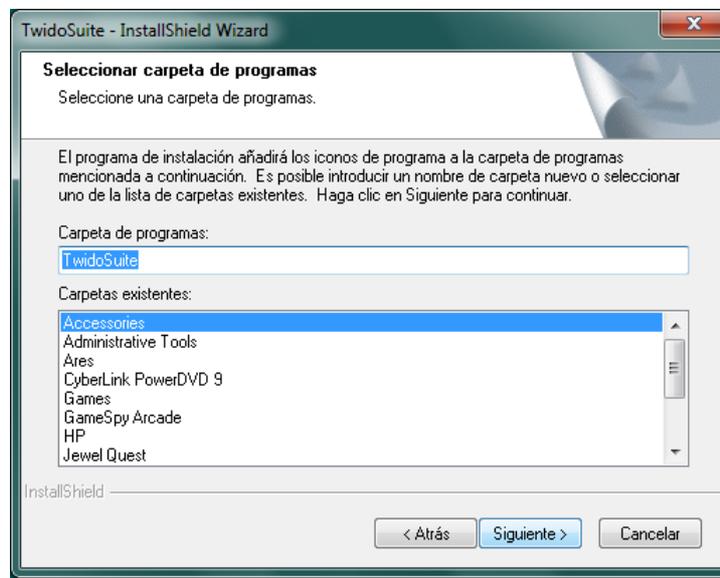
**Fig. IV.27. Pantalla Bienvenida TwidoSuite**

La siguiente ventana nos indica los términos de licencia de la cual se seleccionara en aceptar.



**Fig. IV.28. Términos de licencia TwidoSuite**

El programa de instalación nos indicara las carpetas que se crearan y que son indispensables para la instalación a la cual se procederá a pulsar sobre el botón siguiente.



**Fig. IV.29. Tipo de Instalación**

Ventana de finalización de la instalación, donde nos da la opción de Finalizar y ver el archivo README, o nada más que finalizar si seleccionamos la opción del README

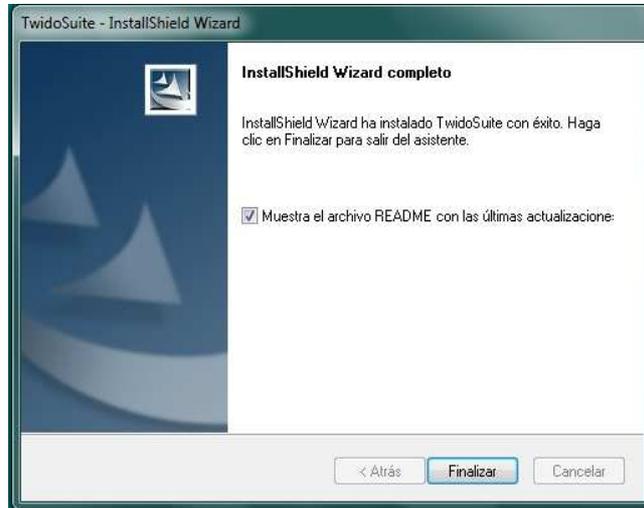
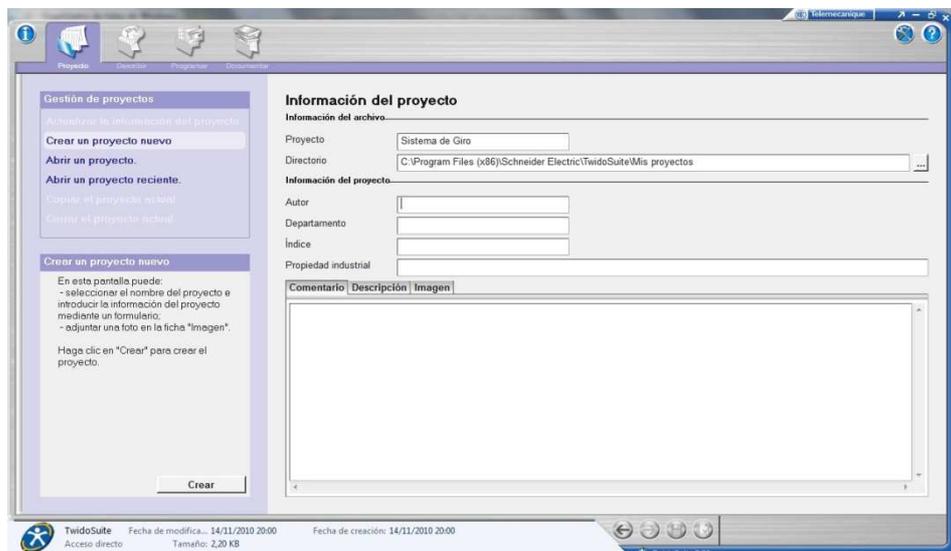


Fig. IV.30. Ventana de Finalización

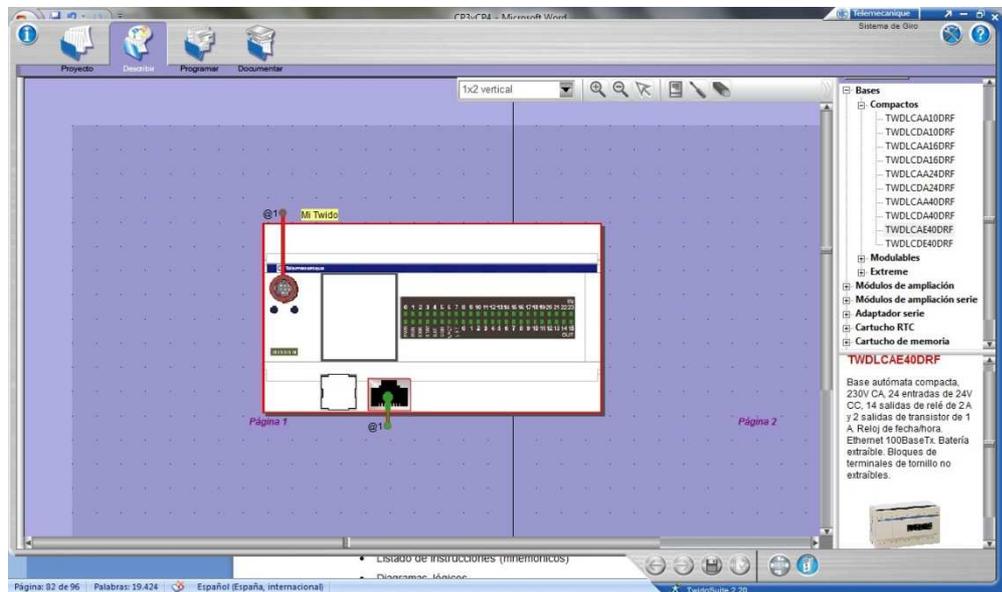
## 2. Interfaz y manipulación TwidoSuite

Al iniciar twidoSuite nos permitirá crear un nuevo proyecto al cual se lo debe dar un nombre.



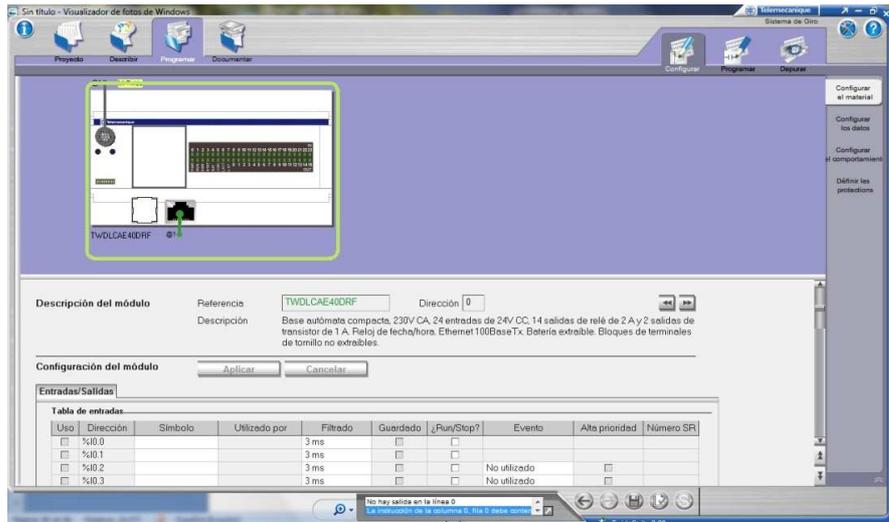
**Fig. IV.31. creación ProyectoTwidoSuite**

El siguiente paso luego de generar el proyecto es seleccionar el autómata para lo cual pulsaremos sobre la barra de menú superior en la opción describir en esta pantalla seleccionaremos nuestro autómata de acuerdo al modelo que para nuestro caso es TWDLCAA16DRF el programa nos indica las características del PLC en la parte inferior derecha.



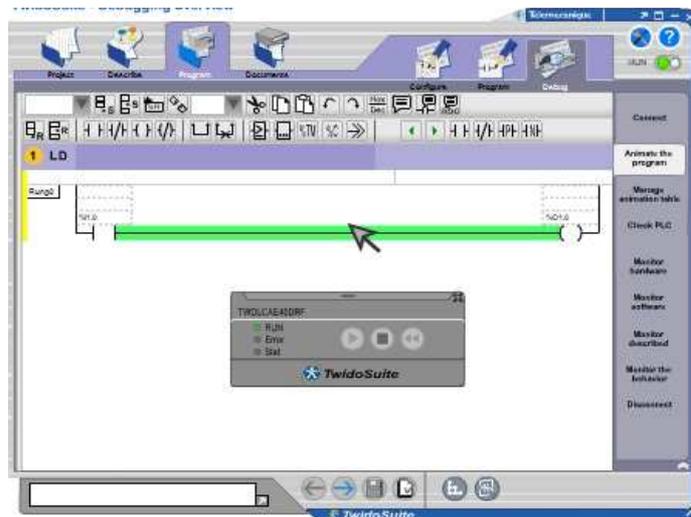
**Fig. IV.32. Seleccionar Autómata sobre TwidoSuite**

Una vez seleccionado el PLC se debe dar click sobre el botón programar de la barra de menú superior en el cual el programador debe definir las entradas y salidas sobre las cuales trabajara nuestro PLC.



**Fig. IV.33. Definir entradas y salidas sobre el PLC**

Continuando con el proceso se debe generar las ecuaciones y realizar el diagrama ladder, una vez transcrito todas las ecuaciones del proyecto se debe seleccionar la opción Debug de la barra de menú superior derecha teniendo en cuenta que el PC y el PLC se encuentran en comunicación mediante el puerto.



**Fig. IV.34. Generar diagrama Ladder y Ejecutar**

### 3. Construcción del Programa.

La operación de multiplicación en el lenguaje Ladder representa los contactos en serie y la operación de suma es equivalente a los contactos en paralelo.

La variable tn será considerada en el Lenguaje Ladder como un temporizador; la variable M es considerada como una transición (memoria del PLC); la variable Q es considerada como salida a un micro relé (bobina), y la variable I es considerada como entrada de señal al autómatas ya sea de Pulsador o Sensores.

El desarrollo realizado anteriormente es fundamental para obtener el Diagrama Funcional en Lenguaje Ladder el cual se detalla a continuación: (Ver Anexo1).

## **COMUNICACIÓN**

La comunicación o interfaces utilizadas en el desarrollo de este modulo se compone de dos tipos:

1. La comunicación física (Hardware)
2. La comunicación lógica.

### **Comunicación Física**

Para este tipo de comunicación se realizo lo siguiente.

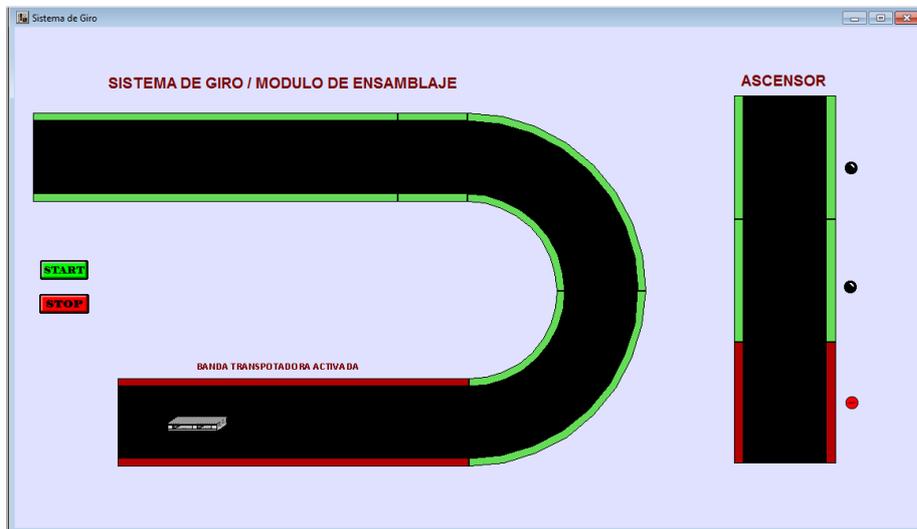
- Construcción del panel de control dónde va alojado el PLC, Borneras que están conectadas a los módulos de entrada y salida del autómatas, Botonera de parada y marcha, bornera de Toma de corriente, Cable de Comunicación conectado al PLC



**Fig. IV.35. Panel de Control**

### **Comunicación Lógica (Software)**

Siguiendo con el desarrollo de las interfaces se procedió a crear un OPC Server, el mismo que nos servirá para la comunicación del Software LookOut con el PLC para el respectivo monitoreo visual.



**Fig. IV.37. Interfaz de Control LookOut**

Tomando en consideración lo realizado anteriormente que es un proceso fundamental para iniciar el desarrollo en el Software LookOut, se procede a asignar las variables necesarias de entrada a los controles dentro de LookOut (LEDS). Se realizó una prueba para la detección de fallas en el proceso.

## **CAPITULO V**

### **5. DESARROLLO DE UN MÓDULO DIDÁCTICO DEL SISTEMA DE GIRO**

#### **5.1 Descripción de los Sistemas del módulo**

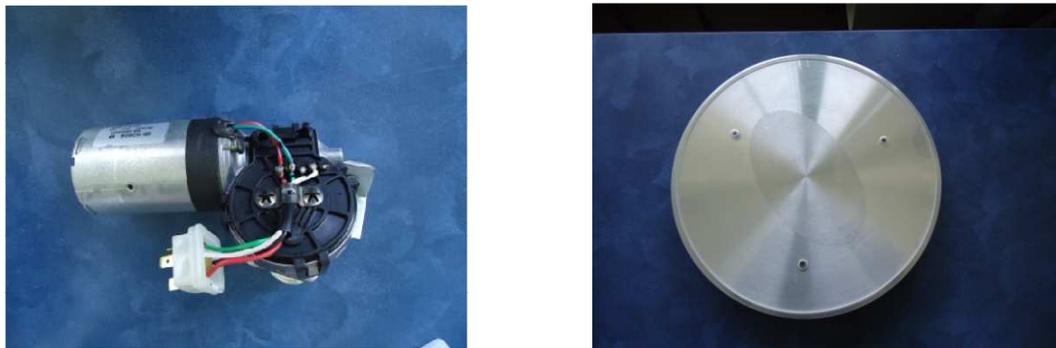
Para la elaboración de este sistema mecatrónico de giro, se utilizo medidas acordes a nuestras necesidades, las mismas que dependen de la distribución de cada una de las partes que lo componen así como también del espacio físico del laboratorio.

La escala que usamos es apropiada para un proyecto de investigación, dejando abierta la posibilidad de modificar el tamaño para fines industriales sin alterar mayormente la parte de la programación.

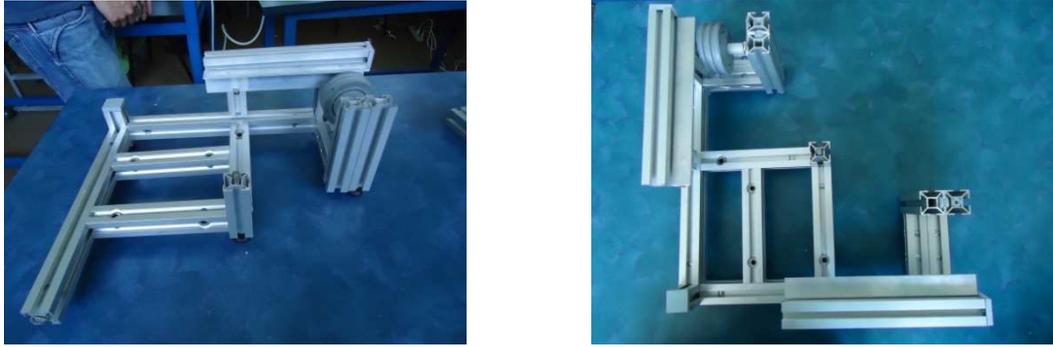
El aluminio, material que se uso en el proyecto, es de fácil manipulación, ofrece varios beneficios que contribuirá para que el producto final sea de alta calidad, tanto en acabados elegantes como de gran durabilidad, a mas de esto permite la opción de desmontaje rápido para acoplar nuevos sistemas en algún momento.

El desarrollo de la investigación empieza con el estudio de los componentes del sistema de giro, como también de los elementos de control y dispositivos necesarios para el correcto funcionamiento del sistema. Una vez establecido los elementos, dispositivos, equipos y materiales que se iba a utilizar se procedió a la adquisición de los mismos.

Todo el equipo necesario para la elaboración del sistema de giro se lo diseñó de acuerdo a los equipos ya existentes en el laboratorio, pues este nuevo sistema iba a ser una extensión del modulo de ensamblaje ya existente. Una vez que los materiales necesarios se los adquirió se realizó en ensamblaje del sistema.



**Fig. V.38. Motor 64v Cilindro Giratorio**

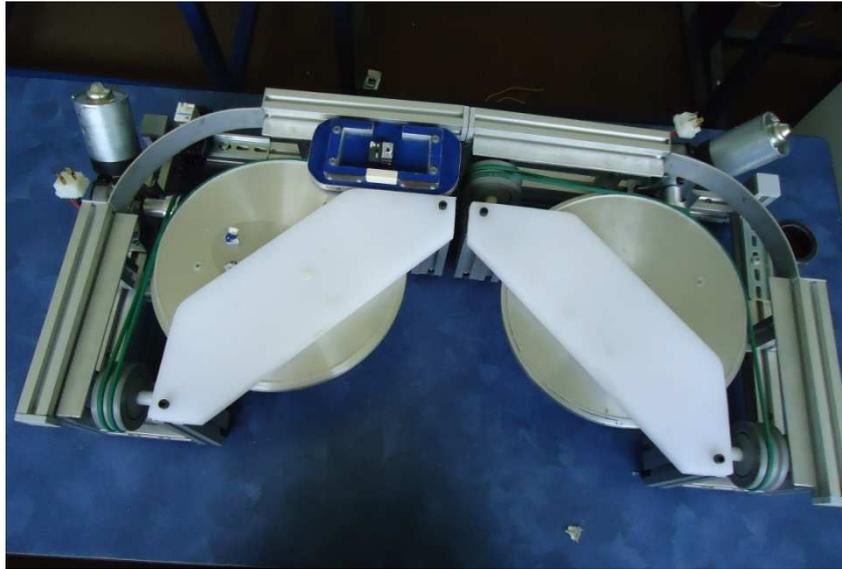


**Fig. V.39. Estructura Metálica**



**Fig. V.40. Ensamblaje Codo de Giro 90°**

Luego de realizar todas las pruebas necesarias en las diferentes piezas, para garantizar el buen funcionamiento del sistema se procedió a armar los equipos, que contaron de 2 codos de 90 grados.



**Fig. V.41. Ensamblaje modulo de Giro 180°**

La estructura metálica es la primera parte que se arma, ya que es la base de la parte mecánica y de esta depende el correcto funcionamiento.



**Fig. V.42. Ensamblaje del módulo**

A pesar de los problemas de espacio físico existentes en el laboratorio de Automatización Industrial de la EIS se busco la alternativa más efectiva para ubicar al módulo ensamblado, ya que este necesita un amplio espacio para su buen funcionamiento y a más de esto que nos brinde un área de trabajo que facilite el proceso de ensamblaje.

Se comenzó a trabajar en la estructura metálica. Para armar esta parte del modulo se requiere ser muy minucioso en todos los detalles, pues sobre esta van los motores, los discos giratorios, las poleas, los reles y las bandas por donde se transportara el material.

La estructura tiene 6 columnas de aluminio que sostiene el codo, la altura que llega a tener en la parte más alta es 83 cm (ascensor y modulo de ensamblaje) y en su parte más baja 18,5 cm (Bandas y codos), tiene un ancho de 16,2 cm.

Luego de completar la estructura metálica, colocamos las poleas en cada extremo de los codos, a más de esto colocamos el disco giratorio en el centro del codo que es por donde pasará la banda transportadora.



**Fig. V.43.Vista lateral del codo de Giro 90°**

Luego de completar el ensamblaje de los codos, de acoplo a los sistemas existentes anteriormente, como son:

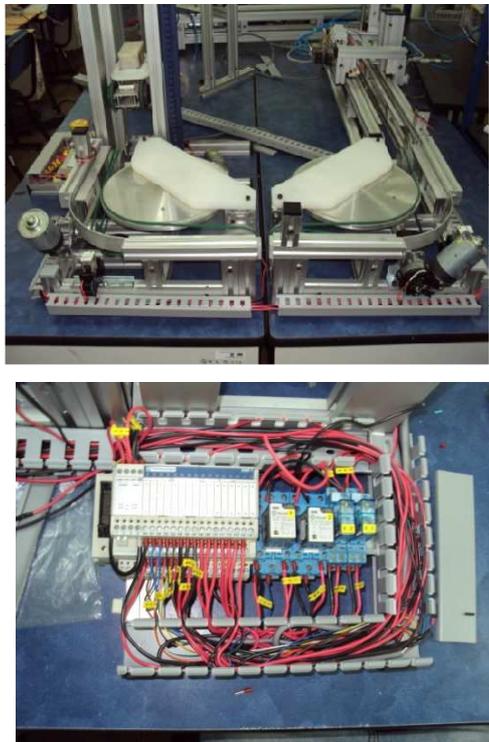
- Dos banda transportadoras a cada extremo
- Un ascensor
- Un sistema de almacenaje.

Una vez ubicado los diferentes módulos en los lugares respectivos, se procedió a buscar la mejor opción para realizar el cableado, de tal forma que se vea lo más ordenado y elegante posible, para esto se selecciono canaletas perforadas sujetas con cinta doble faz o tuercas.

Utilizamos un ABE7 de Telemecanique que es un sistema de precableado, donde se centraliza las conexiones para que de este salga un solo cable al PLC y se pueda tener un control de todo el módulo.

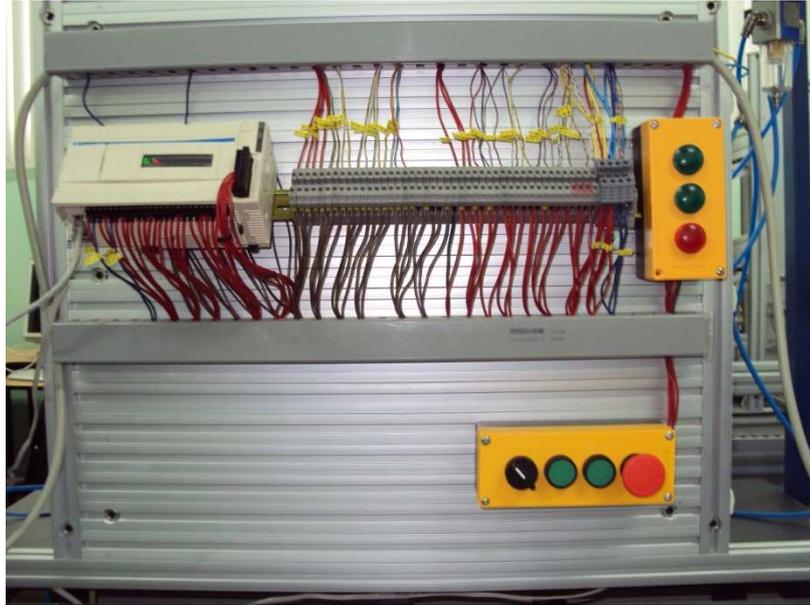
Se acopló los sensores, borneras de conexión y relés por todo el módulo, identificando su posición de acuerdo a la función que vaya a ejercer.

La distribución de los cables es muy importante, es por esto que se toma mucho cuidado al momento de distribuir la canaleta por donde pasará el cable.



**Fig. V.44. Tendido de cable**

Existe un panel de control ya implementado en el laboratorio, el cual usaremos en nuestro proyecto.



**Fig. V.45. Panel de control**

Se realizó el análisis de los diferentes módulos en su funcionamiento, para así lograr la estructuración de lo que va hacer el programa a ejecutar para el respectivo funcionamiento del sistema de giro.

Se diseño de forma gráfica el funcionamiento secuencial del sistema para poder obtener una serie de ecuaciones las cuales nos indica el trabajo que va a realizar cada módulo, las mismas que nos ayudan a desarrollar el programa en Lenguaje Ladder.

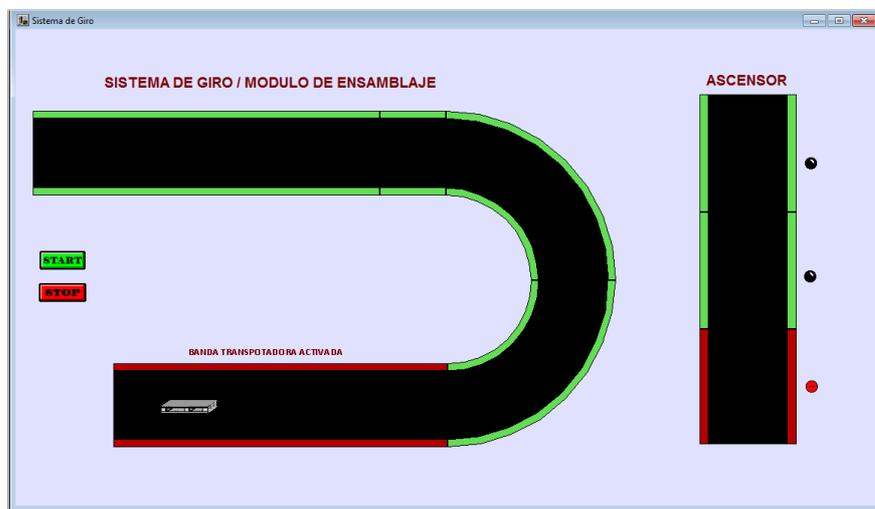
Concluido el diseño del programa se procede a depurar para así lograr obtener un sistema eficaz cero fallas para garantizar el desempeño de la misma. Se procedió a realizar la conexión de la interfaz PC-Autómata para poder trasferir los datos del programa realizado.

Ya resuelto todos los inconvenientes presentados para la conexión se puso en marcha a el módulo de ensamblaje para comprobar el correcto funcionamiento del sistema deseado.

Para el control del proceso se implemento una interfaz gráfica utilizando la herramienta Software LookOut, la cual visualiza el proceso, para ayudarnos al monitoreo del proceso de transporte.

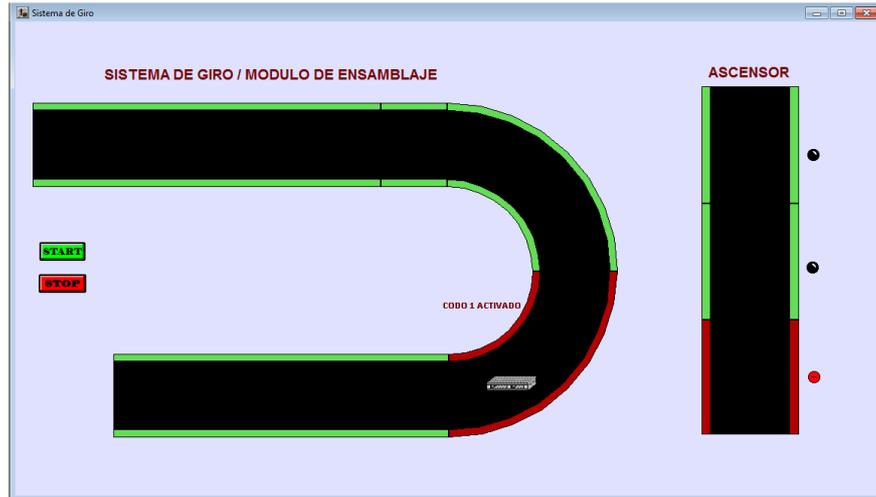
## 5.2 Control y operación del sistema

1. Subsistema de transporte por Banda transportadora 1, controlado por un pulsador. El pallet pasa por la banda 1, este es el inicio del proceso de almacenamiento



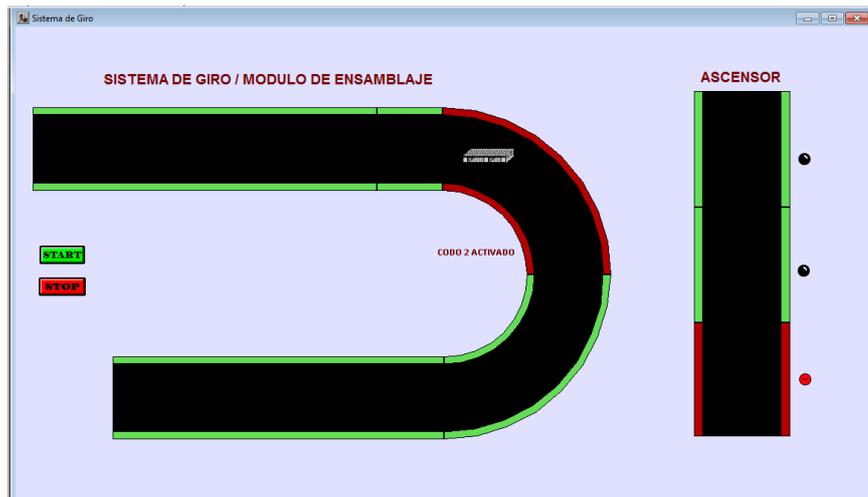
**Fig. V.46. Banda 1 encendido**

2. Subsistema de transporte por codo 1, controlado por un sensor magnético, el cual enciende el codo 1 y apaga la banda 1. El pallet pasa por el codo 1 para llegar al codo 2.



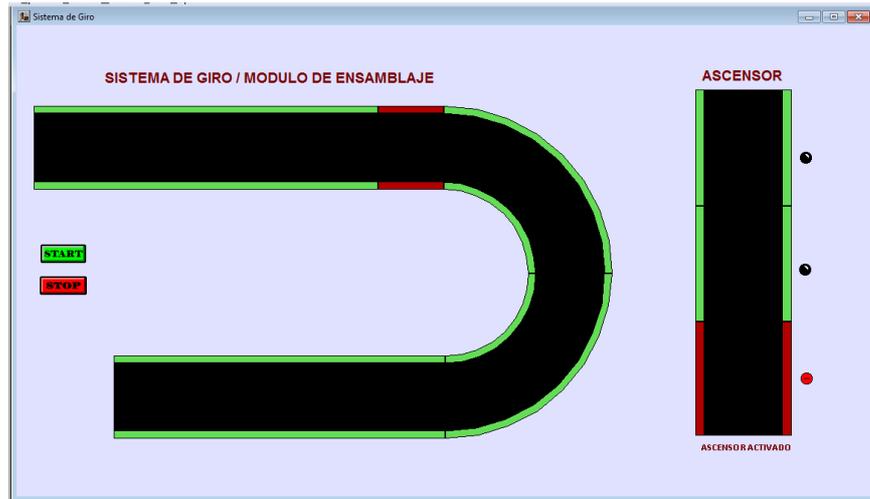
**Fig. V.47. Codo 1 encendido**

3. Subsistema de transporte por codo 2, controlado por un sensor magnético, el cual enciende el codo 2 y apaga el codo 1. El pallet pasa por el codo 2 hacia el carro del ascensor.



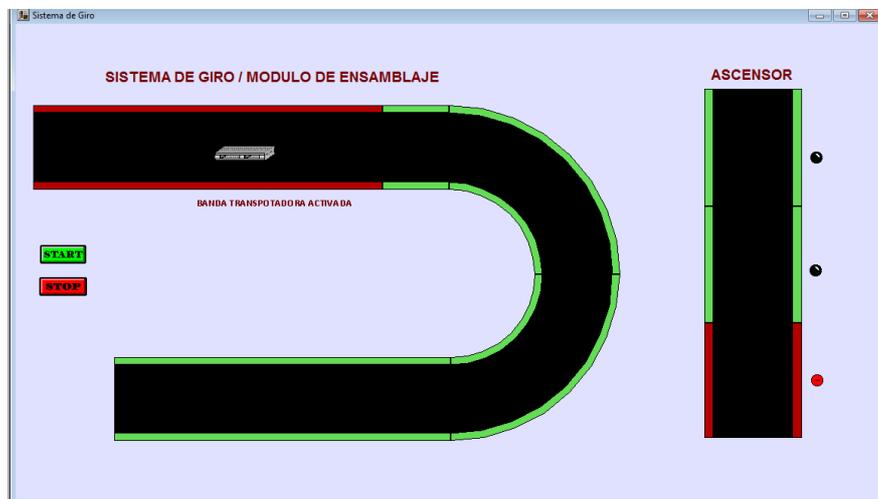
**Fig. V.48. Codo 2 encendido**

4. Subsistema de transporte por el carro del ascensor, controlado por un sensor magnético colocado en la base del pallet, que enciende el carro y apaga el codo 2. El pallet llega al carro y realiza el almacenamiento del pallet.



**Fig. V.49 Carro encendido**

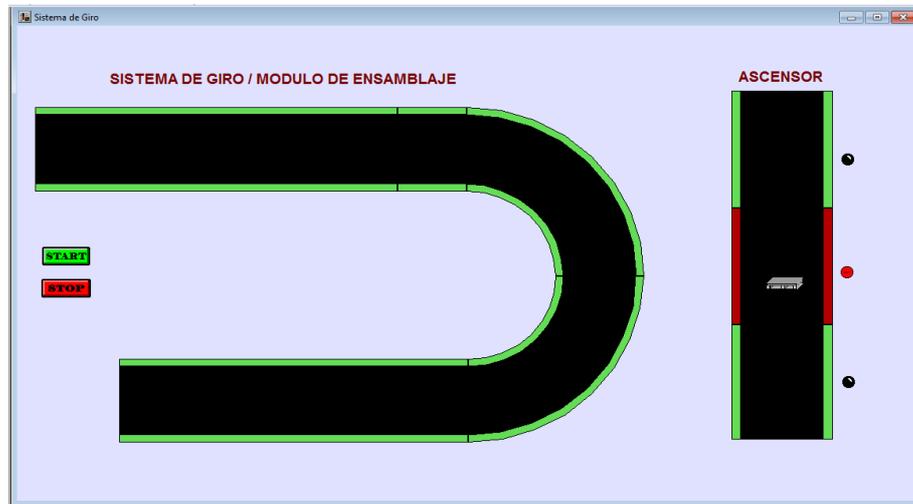
5. Subsistema de transporte por la banda 2, controlado por un sensor magnético, que enciende la banda 2 y apaga el motor de carro. El pallet llega a la banda y realiza el primer proceso de almacenamiento



**Fig. V.49 Banda 2 Activado**

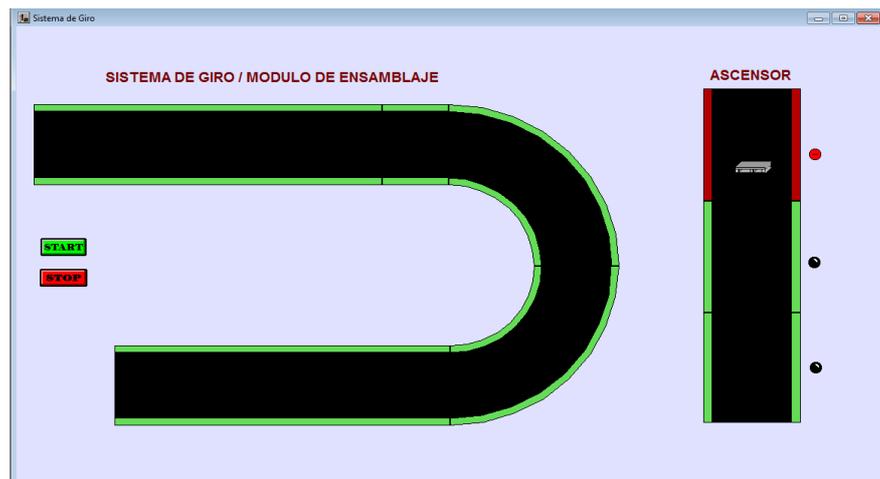
6. Subsistema de Ascensor sube al Piso 2, controlado por 2 sensores magnético colocados en la base del pallet y un pulso de un selector (Derecha), que enciende el ascensor y apaga el carro del ascensor.

El pallet llega al piso 2 y automáticamente se almacena, luego del almacenamiento el ascensor baja al su posición inicial.



**Fig. V.50 Ascensor piso 2 encendido**

7. Subsistema de Ascensor sube al Piso 3, controlado por 2 sensores magnético colocados en la base del pallet y un pulso de un selector (Izquierda), que enciende el ascensor y apaga el carro del ascensor. El pallet llega al piso 3 y automáticamente se almacena, luego del almacenamiento el ascensor baja al su posición inicial.



**Fig. V.51 Ascensor piso 3 Activado**

### **5.3 Elaboración de Datos Técnicos del módulo y sus elementos**

#### **Datos Técnicos del módulo**

- Dimensiones: Alto: 83 cm / Ancho: 16,2 cm / Largo: 177 cm.
- Almacenamiento: 2 piezas/min por la banda.
  - 1 pieza por minuto en el ascensor piso 1
  - 1 pieza por minuto en el ascensor piso 2
- Capacidad del modulo de almacenaje: 4 piezas
- Bandas Transportadoras:
  - Banda 1= 100 cm
  - Banda Codo 1= 60 cm
  - Banda Codo 2= 60 cm
  - Banda Carro= 22 cm

#### **Datos Técnicos de los elementos**

##### **Sistema Eléctrico**

- Fuente de Energía estable de 110 v.
- Convertidor de Corriente 110 vca – 24 vcd, 3,15 A max.
- Sensor Magnético tipo alarma
- Motor Bosch F006.WM0.308 24 V.

##### **Sistema Informático**

- TwidoSuit, versión 2.20
- LookOut versión 6.2

### **5.4 Detección de Fallas encontradas.**

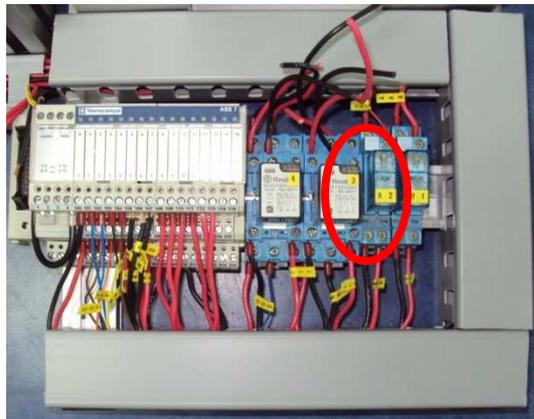
#### **5.4.1 Detección de fallas en el módulo**

- El disco giratorio del codo 1 rozaba con una columna, lo cual impedía el normal funcionamiento del sistema, impidiendo el paso normal de las piezas.



**Fig. V.52 Plato Giratorio roza la columna**

- Se detectó un relé con un problema interno que no nos permitía hacer la inversión del giro del elevador



**Fig. V.53 Relé defectuoso**

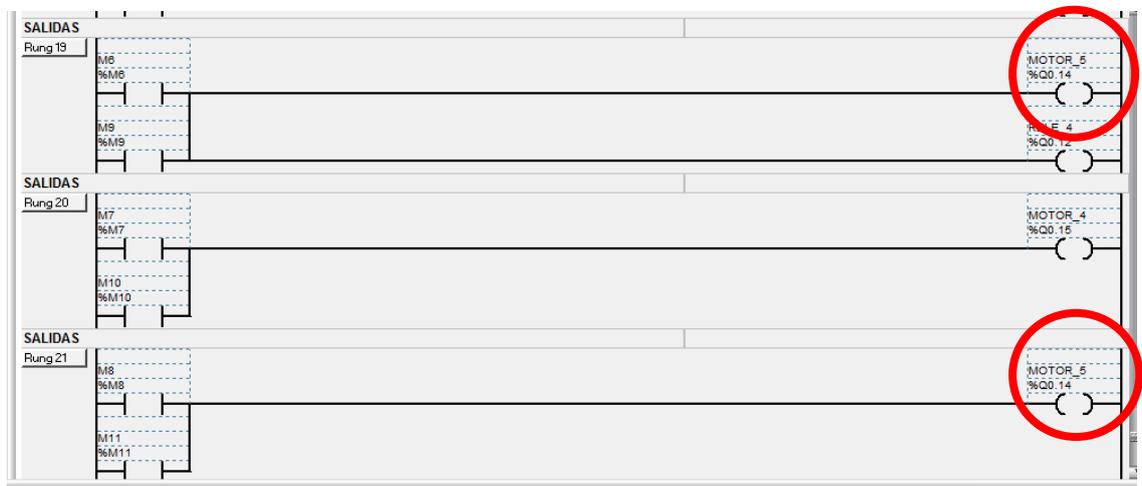
- El radio del arco del codo de giro no era simétrico en todos sus puntos, por lo que no permitía el paso correcto del pallet con el material.



**Fig. V.54 Arco defectuoso**

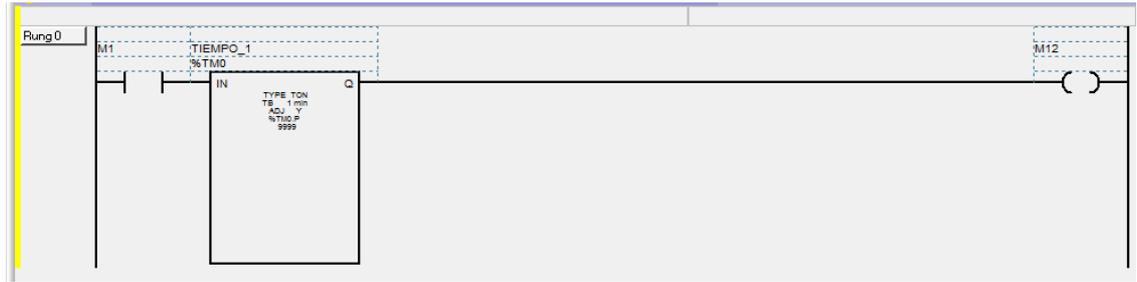
#### 5.4.2 Detección de fallas en el sistema informático

- Al momento de realizar la programación del PLC en TwidoSuite encontramos problemas al momento de asignar las memorias a las salidas correspondientes, por estar una misma memoria conectada a varias salidas en rugs diferentes, lo que provocaba que las salidas correspondientes no funcionen



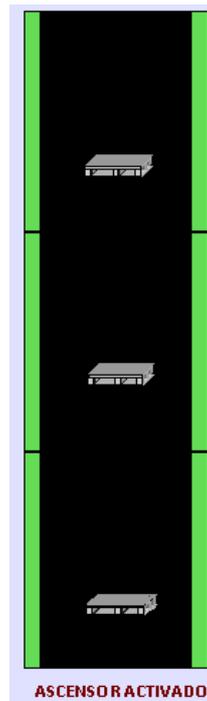
**Fig. V.55 Una misma salida asignada en rugs diferentes**

- Al usar el temporizador para la programación el TwidoSuite colocamos después de este una salida, lo que dejaba que funcione correctamente el temporizador



**Fig. V.56** Temporizador erróneo

- Al ejecutar el proceso de control de transporte en LookOut se produjo un error al momento de activar las fases que se realizan en el ascensor, ya que estas no se encendían ni apagaban cuando debían hacerlo.



**Fig. V.57** Error en Activación del ascensor

## 5.5 Corrección de Fallas y Pruebas de Funcionamiento

### 5.5.1 Corrección de Fallas

- Para la corrección de la falla encontrada en el disco giratorio se procedió a calibrar de una manera precisa a este con la columna de manera que

deje de rozar y se produzca un movimiento limpio, lo cual facilita el paso del pallet por el codo.



**Fig. V.58 Disco Giratorio calibrado correctamente**

- En lo que respecta al relé defectuoso se procedió a cambiarlo, ya que no se pudo arreglar el problema interno del mismo



**Fig. V.59 Relé Sustituido**

- Para corregir el arco defectuoso se procedió a cambiarlo por uno con el radio simétrico en todos los puntos, de tal manera que el pallet circule fácilmente por el codo.



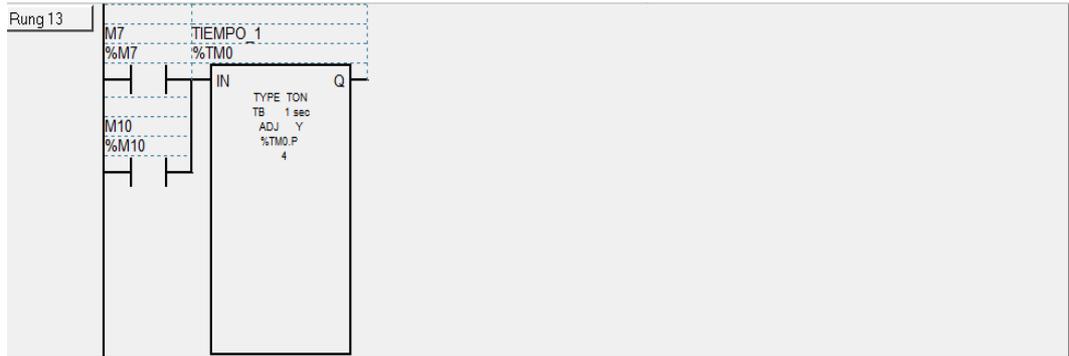
**Fig. V.60 Arco Simétrico**

- Para corregir el error de la programación en Twido donde se asigno memorias diferentes a una misma salida en rugs diferentes, se procedió a usar un solo rug para todas las memorias que tienen una misma salida, de tal manera que no existan problemas al momento de usar esta salida..



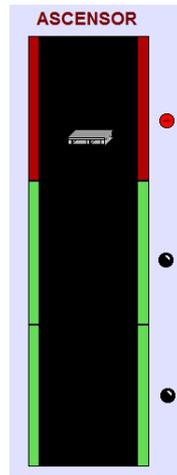
**Fig. V.61 Memorias asignadas a una sola salida**

- El problema del temporizador fue más sencillo solucionar ya que lo único que había que hacer es borrar la salida.



**Fig. V.62 Temporizador corregido**

- Para corregir los problemas de visualización se usaron LatchGates, los cuales nos permitieron tener un mejor control y una secuencia perfecta de la trayectoria que se está usando.

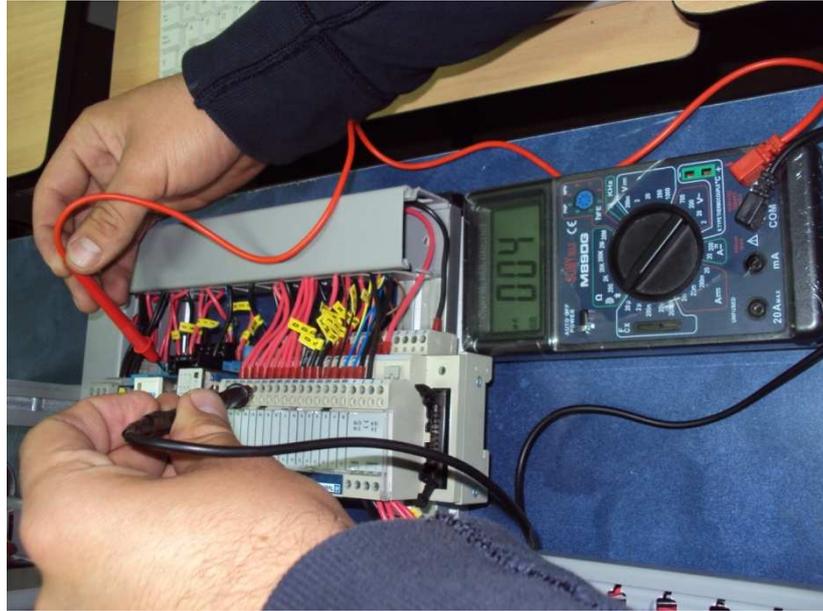


**Fig. V.63 Visualización corregida**

## 5.5.2 Pruebas de Funcionamiento

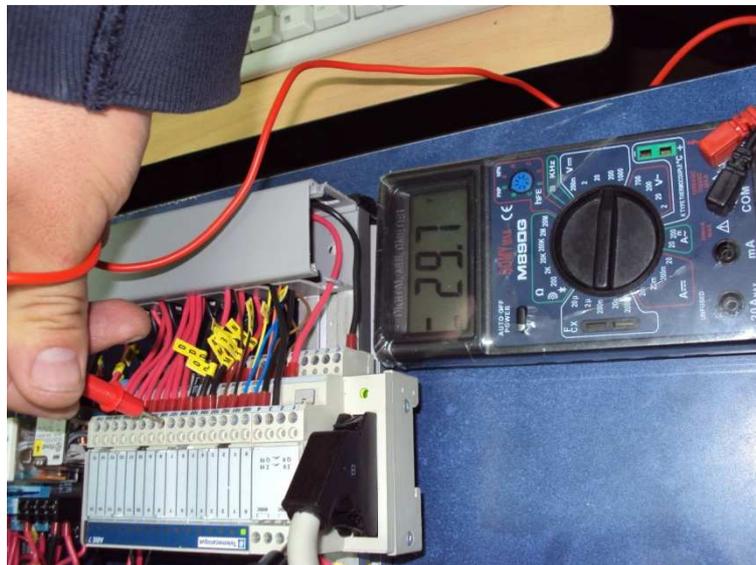
### Pruebas Eléctricas

- Identificación de cableado.



**Fig. V.64 Cables Identificados correctamente**

- Prueba de voltaje empleado.



**Fig. V.65 Voltaje de entrada**

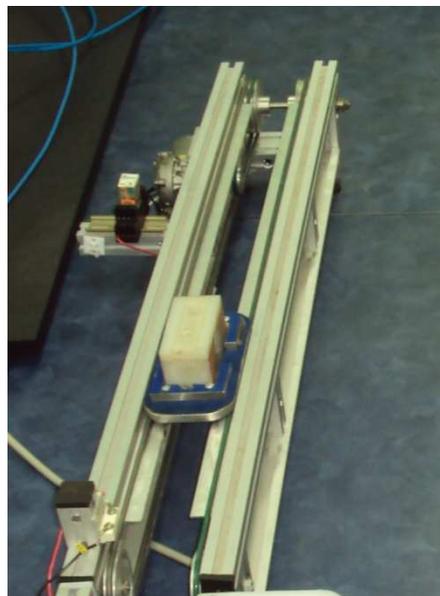
### **Pruebas de Motores**

- Motor funcionando correctamente



**Fig. V.66 Motor**

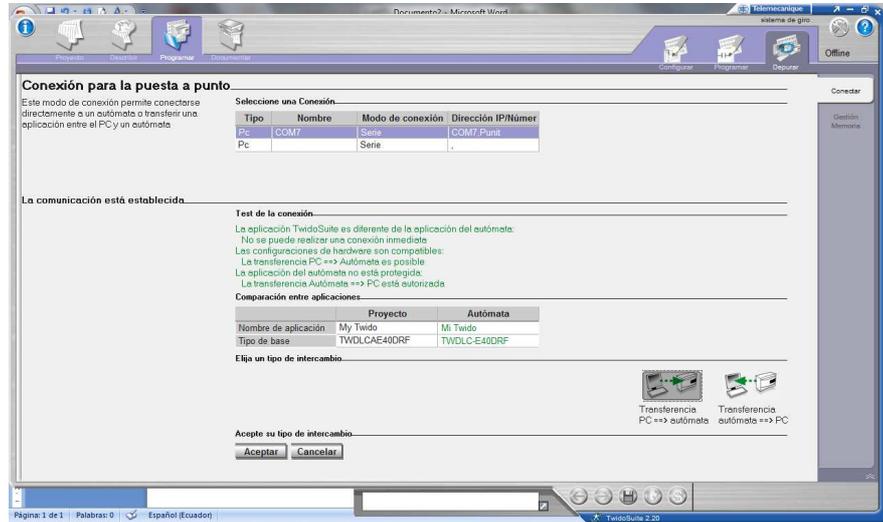
**Pruebas del funcionamiento de la Banda Transportadora**



**Fig. V.67 Banda encendida transportando el Pallet**

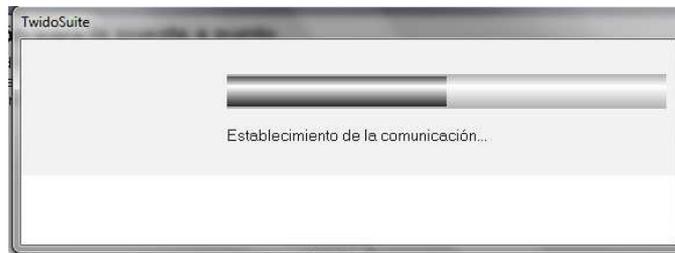
## Pruebas del Sistema Informático

- Conexión entre TwidoSuite y PLC



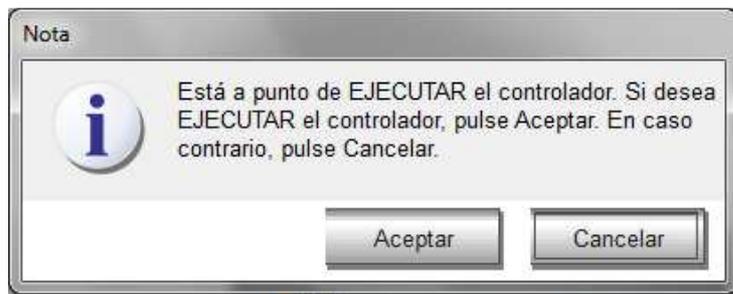
**Fig. V.68** Conexión

- Establecer conexión entre TwidoSuite y el PLC



**Fig. V.69** Estableciendo conexión

- Comprobación del programa cargado en PLC



### **Fig. V.70 Ejecución del controlador**

#### **5.6 Ejecución del Prototipo Final**

Una vez corregida las fallas existentes en el sistema y realizado las pruebas de funcionamiento se procedió a poner en marcha el prototipo diseñado, programado e implementado

Tomando en cuentas las medidas de seguridad necesarias se puso en marcha el modulo de ensamblaje con el sistema de giro implementado. Al presionar el botón START desde el panel de control o desde la interfaz de usuario, teniendo resultados satisfactorios y de esta manera cumpliendo con los objetivos planteados y cubriendo nuestras expectativas.

Los resultados obtenidos fueron los esperados en la investigación  
Comprobación de la Hipótesis

#### **5.7 Comprobación de la Hipótesis**

##### **Hipótesis**

“Un sistema de giro para acoplar al módulo de ensamblaje optimizará el espacio y se repotenciarán las posibilidades de estudio en Automatización y Mecatrónica”

##### **Comprobación**

Para la comprobación de la hipótesis anteriormente citada se utilizo el MÉTODO DEDUCTIVO DIRECTO – INFERENCIA O CONCLUSIÓN INMEDIATA ya que con este método podremos descubrir consecuencias desconocidas, de principios conocidos.

##### **Demostración Hipótesis Parte 1**

$$\neg P \Rightarrow \neg Q$$

P = Implementación Sistema de Giro

Q = Optimizar espacio

Sin la implementación del sistema de Giro el modulo de ensamblaje completo tiene una longitud de 4.50m que consta de 4 bandas transportadoras un elevador y un modulo de almacenamiento.

P => Q

Con la implementación del sistema de Giro el modulo de ensamblaje completo tiene una longitud de 2.70m usando los módulos anteriormente mencionados.

### **Demostración Hipótesis Parte 2**

P => R

P = Implementación del Sistema de Giro

R = Repotenciar las posibilidades de estudio

La implementación de un Sistema de Giro permitirá desarrollar nuevos proyectos que repotenciará el estudio en Automatización Industrial y Mecatrónica. Los posibles proyectos que nos permite generar el Sistema de Giro son los siguientes:

- Almacenamiento de las piezas de acuerdo al material del que está fabricado.
- Retorno de piezas defectuosas utilizando inversión de Giro.
- Almacenamiento de piezas utilizando temporizadores en lugar de pulsos magnéticos.
- Diseñar diferentes trayectorias utilizando 90° de Giro en lugar de 180°.

Estos son algunos de los proyectos que el sistema nos permite generar lo cual ratifica que sin el sistema de Giro estos nuevos proyectos no se los podría realizar y no existiría nuevas posibilidades de estudio en el Laboratorio de Automatización Industrial y Mecatrónica.

### Conclusión del Análisis

Luego del estudio realizado se concluyó lo siguiente:

- El sistema de Giro al ser implementado en el modulo de ensamblaje ahorra un 40% en espacio físico, lo que comprueba la veracidad de la primera parte de la hipótesis.
- El Sistema de Giro al ser implementado en el modulo de ensamblaje permitirá elaborar nuevos proyectos de investigación lo cual demuestra el amplio campo de estudio que este genera en el área de Automatización Industrial y Mecatrónica.

### 5.8 Costo total del Proyecto

#### Costo de la Investigación

RECURSO	CANTIDAD	V. UNID(\$)	SUBTOTAL
Consumo de Internet	6 Meses	\$18/mes	\$ 108
Gastos de energía eléctrica	6 Meses	\$20/mes	\$ 120
Transporte	6 Meses	\$ 0.25	\$ 100
Materiales y Suministros:			
Papel Bond	2 Resmas	\$ 4	\$ 8
Fotografías	40	\$ 0.5	\$ 20
Esferos	2	\$ 0.5	\$ 1
Lápices	2	\$ 0.5	\$ 1
Tinta	4 Cartuchos	\$ 15	\$ 60
<b>TOTAL</b>			<b>\$418</b>

Tabla.V.3. Costo de Investigación

**Costo desarrollo y construcción**

<b>RECURSO</b>	<b>Cantidad</b>	<b>V. Unidad</b>	<b>SUBTOTAL</b>
COMPONENTES DEL SISTEMAS DE GIRO	2 Estructura de de aluminio	800	1600
	2 Motor eléctrico de 24 VCD	300	600
	2 bandas	70	140
	Sensores magneticos	4	8
	2 Soportes	500	1000
	ABE7 Telemecanique	135	135
OTROS			200
<b>TOTAL</b>			<b>3683</b>

**Tabla.V.4. Costo Desarrollo y Construcción**

## CONCLUSIONES

- El estudio de los sistemas de giro industrial nos permitió conocer los beneficios que estos traen en el área de la Automatización Industrial y Mecatrónica, además de las diferentes alternativas de uso que este nos brinda a nivel industrial
- El sistema de giro adaptado a la línea de ensamblaje existente en el laboratorio de Automatización Industrial de la EIS nos permitió optimizar espacio físico de hasta un 40 por ciento, lo que nos demuestra los grandes beneficios que nos presta este sistema.
- La programación del módulo de ensamblaje requirió la elaboración de un diagrama Graf Set y un diagrama LADDER los cuales facilitaron la programación, ya que estos son la base fundamental para una buena implementación del sistema.
- El sistema de visualización mediante la herramienta LookOut, es una parte muy importante e imprescindible para el control de nuestro modulo, ya que este nos presta un apoyo visual del proceso que se está realizando en un determinado punto durante el proceso de transporte del material.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda comprobar periódicamente todo el sistema eléctrico y los elementos que este posee, así garantizaremos el correcto funcionamiento y evitaremos fallos que pueden traer problemas como un corto circuito.
- Se debe regular las poleas para que las bandas trabajen adecuadamente, pues de estas dependen el transporte de nuestros pallets.
- Recomendamos diseñar correctamente el diagrama Graf Set, tomando en cuenta todos los eventos y transiciones que necesitemos para la implementación de nuestro sistema, esto permitirá una programación adecuada.
- Se debe realizar interfaces claras y precisas, estas permitirán un control adecuado del proceso que se esté realizando.
- Se recomienda tener en cuenta el amperaje de los fusibles de los ABE7 ya que esto puede traer problemas al momento del funcionamiento del modulo.
- Recomendamos usar el módulo de ensamblaje en nuevos proyectos de investigación pues este nos brinda grandes posibilidades de estudios a nivel industrial

## RESUMEN

Nuestra investigación tuvo como objetivo diseñar, programar e implementar un Sistema de Giro empleando el estándar IEC 61131-3 en el Laboratorio de Automatización Industrial de la Escuela de Ingeniería en Sistemas de la ESPOCH.

Para el desarrollo de nuestra investigación usamos el método científico. En la construcción del Sistema de Giro se utilizó dos codos de aluminio de 90 grados, 2 bandas transportadoras, un ascensor, un modulo de almacenaje, 8 sensores magnéticos, 6 motores eléctricos de 64 voltios, 8 relés, 3 borneras, 5 metro de canaleta plástica. Para el control automático se utilizó Control Lógico Programable de 24 entradas y 16 salidas e con una ampliación de 4 entradas y 4 salidas extras interfaces gráficas que monitorean y controlan la producción con Software: LookOut

Para el funcionamiento secuencial del Sistema de Giro se implemento ecuaciones Graf set (tipo bloques) con programación Ladder (escalera), la monitorización de la producción se realizó mediante LookOut, permitiendo verificar el paso de una pieza por todo el sistema de ensamblaje mediante sensores que monitorean el paso de una pieza por un determinado punto dentro del proceso de ensamblaje.

Llegamos a la conclusión que un sistema de giro optimiza el espacio en el laboratorio de Automatización Industrial y repotencia las posibilidades de estudio en esta área.

Se recomienda el uso del sistema de Giro con fines didácticos puesto que ayuda a ver la fusión de los procesos eléctricos, mecánicos e informáticos utilizados en la automatización de las industrias

## SUMMARY

Our research aimed to design, program and implement a Rotation System using the IEC 61131-3 standard in the Industrial Automation Laboratory, in the Schools of Computer Engineering at the ESPOCH.

To carry out our research we used the scientific method. To build the Rotation System we used: two aluminum 90 degree elbows, 2 conveyor belts, an elevator, a storage module, 8 magnetic sensors, 6 64-volt electric motors, 8 relays, 3 terminal blocks, 5 meters of gutter plastic. To control the module we used a 24 inputs and 16 outputs PLC (Programmable Logic Control) and a Expansion Module 4 inputs/4 outputs. Finally, to design of the graphic interfaces we used the Lookout Software in order to monitor and control the process of transportation.

For the sequential functioning of the Rotation System, it was implanted Grafcet equations (blocks sort) with Ladder programming. The checking production was done through Lookout, which allowed us to control the process of the pallet transportation by the using of sensors.

As a conclusion, we can say that a Rotation System optimizes the physical space and reinforces the opportunities of academic study in this issue.

We recommend a didactical use of the rotation System because it will help students to see the fusion of the electric, mechanic and informatics processes used in the industrial automation.

## GLOSARIO

ABREVIATURAS	SIGNIFICADO
A/D	Analógica/Digital
Analógico	A un determinado valor analógico se le puede asignar un determinado valor eléctrico de tensión o de corriente.
AC	Corriente Alterna
A	Amperios
Binario	Dos estados de conmutación posibles: On / Off o bien "1" ó "2".
CCD	Dispositivo de cargas interconectadas/acopladas
CI	Circuito integrado
Digital	Dispositivos digitales pueden tener dos estados, conmutado o no conmutado, en contraposición a los dispositivos analógicos, que proporcionan valores continuos.
DC	Corriente Continua
Graffset	Diagrama de secuencia en el que se definen ecuaciones mediante eventos y transiciones.
GPL	Licencia Pública Genera

LDR	Resistencia dependiente de la Luz
LookOut	Software que permite generar una interfaz de control o sistema SCADA
LVDT	Transformador diferencial de variación lineal
MOSFET	Transistor de efecto de campo de metal-oxido semico
OH	Ohmios medida de Resistencia de materiales
PLC	Controlador lógico programable.
PE	Polietileno
PTC	Resistencia dependiente del coeficiente de temperatura positivo
TwidoSuite	Software de comunicación con el autómata en el cual se define entradas – salidas mediante las ecuaciones obtenidas del Gaffset
V	Voltaje

# BIBLIOGRAFÍA

## REFERENCIAS WEB GENERAL

### 1. CONTROL LOGICO PROGRAMABLE

[http://www.fio.unicen.edu.ar/usuario/ggacosta/TranspaSSCC/04capitulo\(PID\).pdf](http://www.fio.unicen.edu.ar/usuario/ggacosta/TranspaSSCC/04capitulo(PID).pdf)

[http://www.fio.unicen.edu.ar/usuario/ggacosta/TranspaSSCC/06capitulo\(PID\).pdf](http://www.fio.unicen.edu.ar/usuario/ggacosta/TranspaSSCC/06capitulo(PID).pdf)

10-10-2010

### 2. CILINDROS NEUMÁTICOS

[http://www.tecnaumat.com/productos2?id\\_p=150](http://www.tecnaumat.com/productos2?id_p=150)

<http://www.alecar.com/neumaticos.shtml>

25-08-2010

### 3. ELECTROVALVULAS

<http://es.wikipedia.org/wiki/Electrov%C3%A1lvula>

04-04-2010

### 4. MOTORES ELECTRICOS

<http://es.wikipedia.org/wiki/Motor>

[http://es.wikipedia.org/wiki/Movimiento\\_circular](http://es.wikipedia.org/wiki/Movimiento_circular)

15-06-2010

### 5. NEUMÁTICA

[http://www.tecnun.es/asignaturas/neumatica/Practica\\_4SOL.pdf](http://www.tecnun.es/asignaturas/neumatica/Practica_4SOL.pdf)

<http://www.neumatics.com>

20-09-2010

6. POLEAS

<http://es.wikipedia.org/wiki/Poleas>

<http://enciclopedia.us.es/index.php/Polea>

15-06-2010

7. SENSORES

<http://www.profesormolina.com.ar/tecnologia/senctransduct/quees.htm>

13-11-2009

<http://es.wikipedia.org/wiki/Sensores>

<http://www.antirrobo.net/sensores/sensores-magneticos.html>

15-07-2010

8. SISTEMA ELÉCTRICO

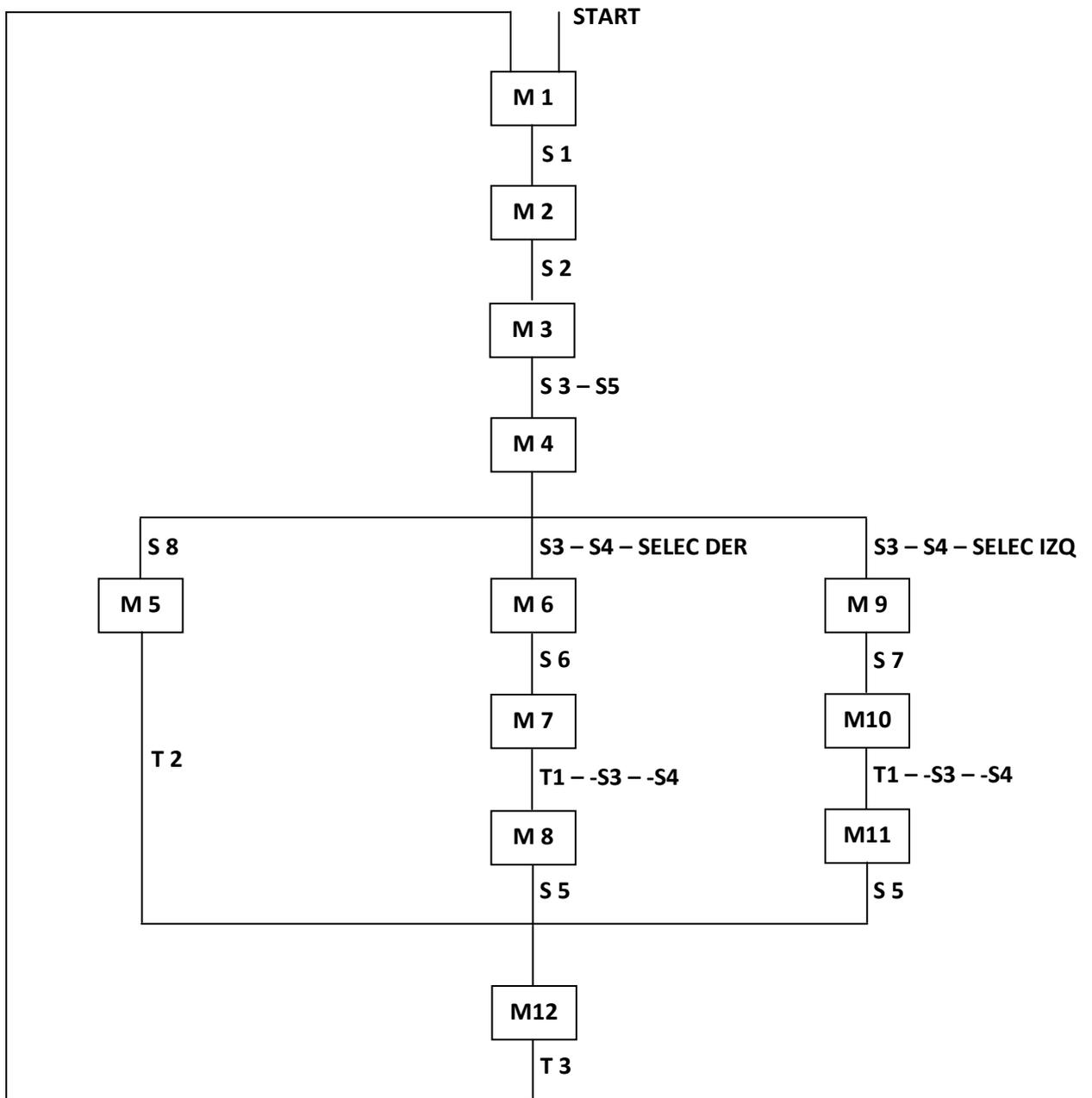
<http://www.mitecnologico.com/Main/Electricos>

<http://www.mitecnologico.com/Main/Electricos>

16-10-2010

# **ANEXOS**

# GRAPH SET



## ECUACIONES

$$M1 = (\text{START} + M12 * T3 + \overline{M1} * M2) * \text{STOP}$$

$$M2 = (M1 * S1 + \overline{M2} * M3) * \text{STOP}$$

$$M3 = (M2 * S2 + \overline{M3} * M4) * \text{STOP}$$

$$M4 = (M3 * S3 * S5 + \overline{M4} (M5 * M6 * M9)) * \text{STOP}$$

$$M5 = (M4 * S8 + \overline{M5} * M12) * \text{STOP}$$

$$M6 = (M4 * S3 * S4 * \text{SELEC DER} + \overline{M6} * M7) * \text{STOP}$$

$$M7 = (M6 * S6 + \overline{M7} * M8) * \text{STOP}$$

$$M8 = (M7 * \overline{T1} * \overline{S3} * S4 + \overline{M8} * M12) * \text{STOP}$$

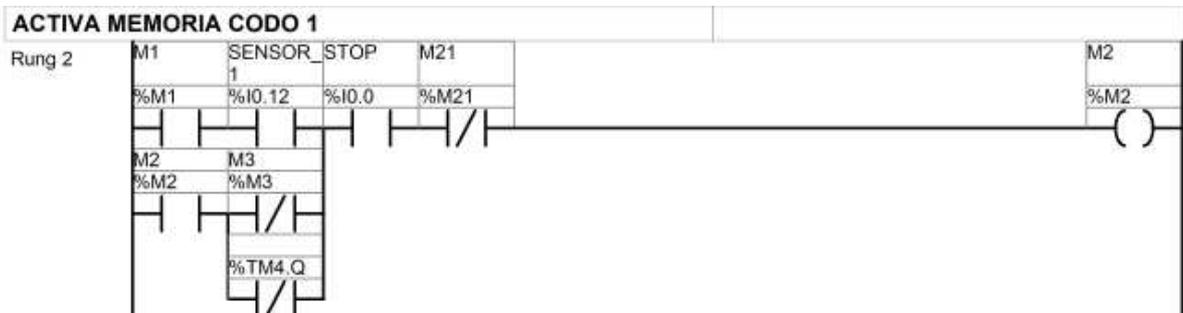
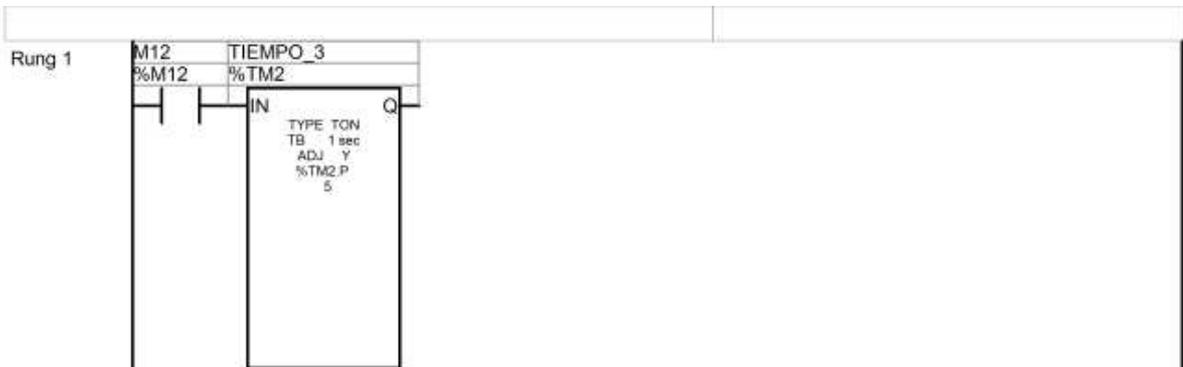
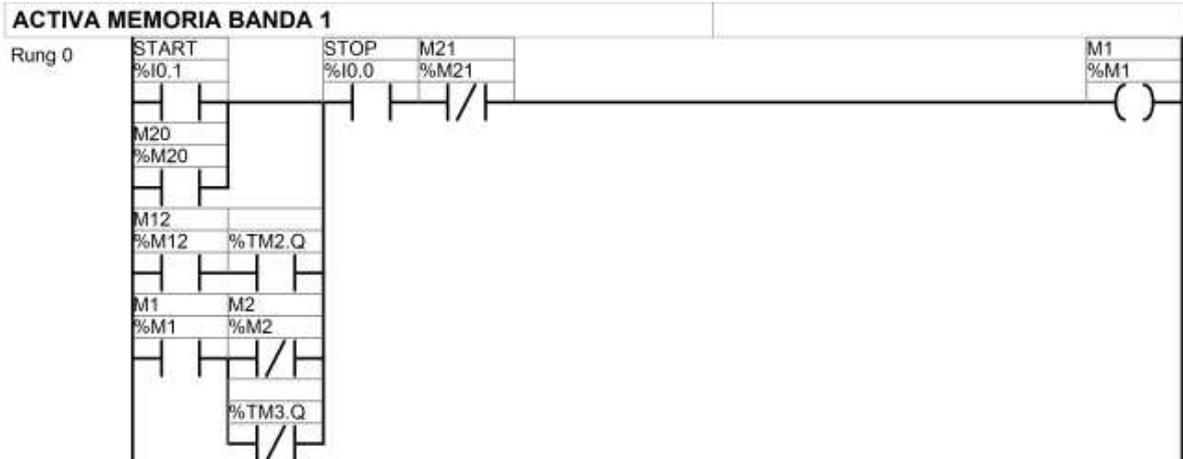
$$M9 = (M4 * S3 * S4 * \text{SELEC IZQ} + \overline{M9} * M10) * \text{STOP}$$

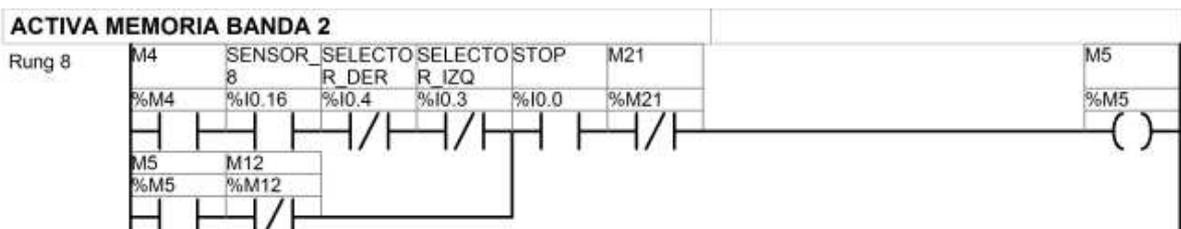
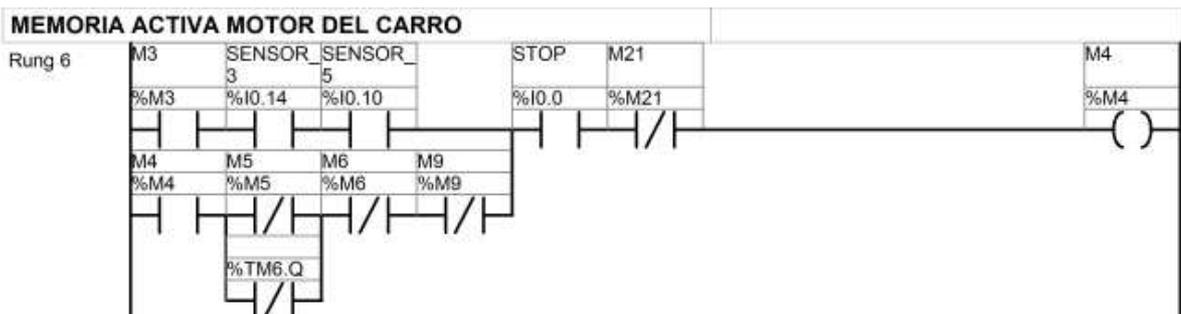
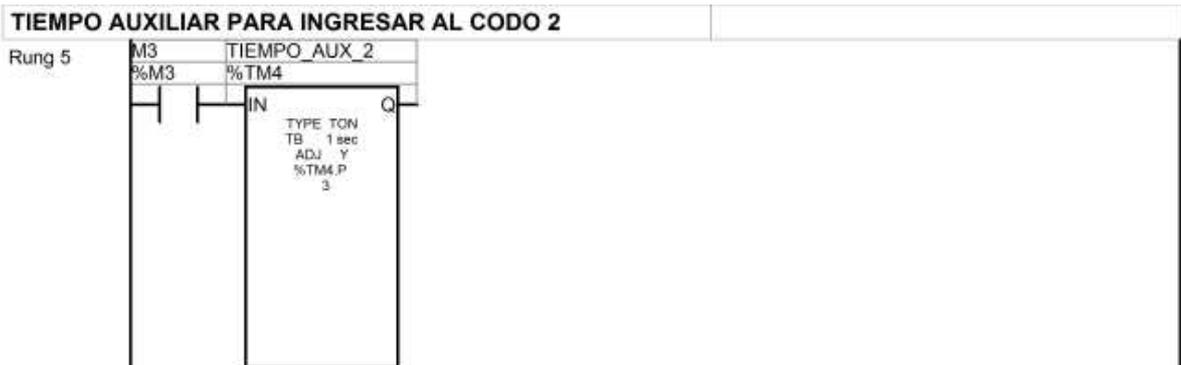
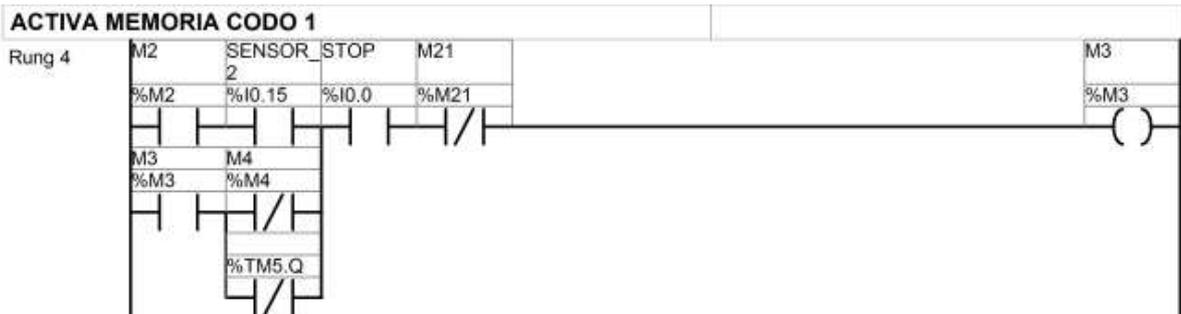
$$M10 = (M9 * S7 + \overline{M10} * M11) * \text{STOP}$$

$$M11 = (M10 * \overline{T1} * \overline{S3} * S4 + \overline{M11} * M12) * \text{STOP}$$

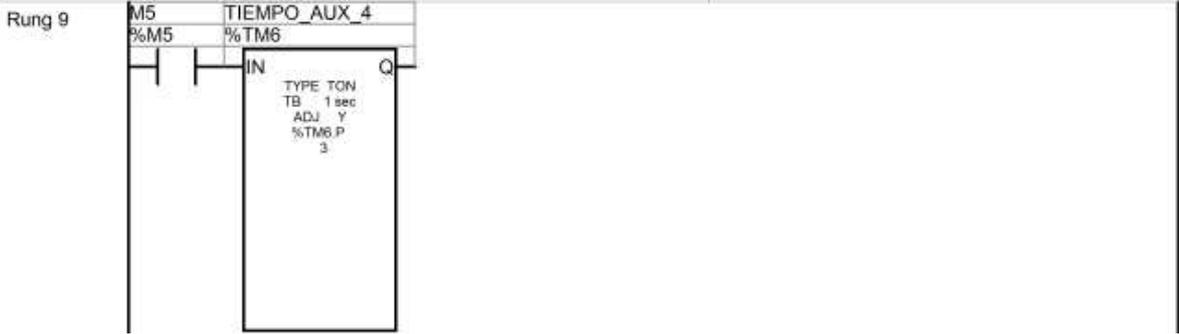
$$M12 = (((M5 * T2) + (M8 * S5) + (M11 * S5)) + \overline{M12} * M1) * \text{STOP}$$

## LADDER

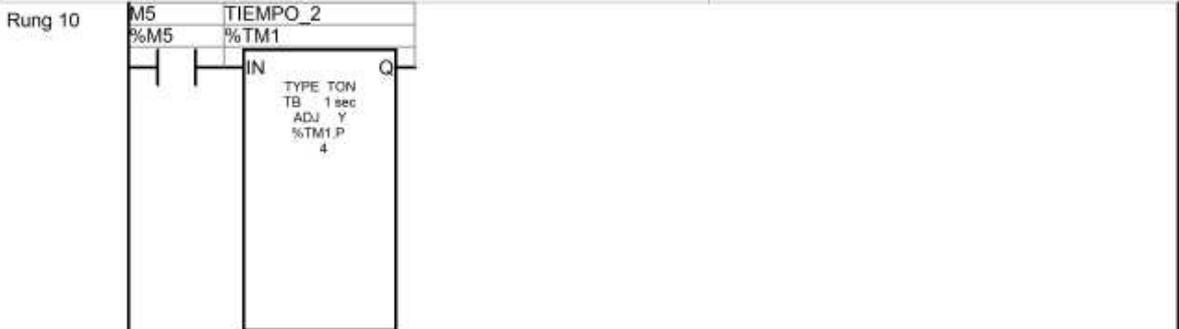




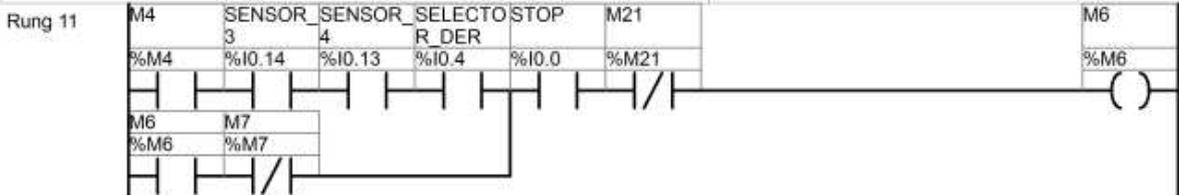
### TIEMPO AUXILIAR PARA INGRESAR A LA BANDA 2



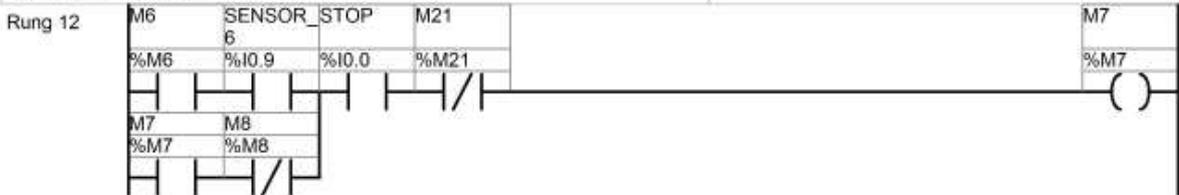
### TIEMPO EN LA BANDA 2



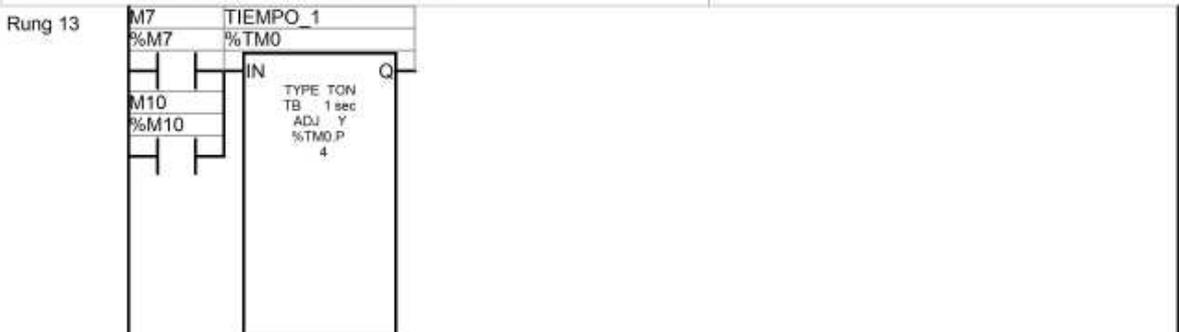
### ACTIVA MEMORIA PARA SUBIAR A PISO 2

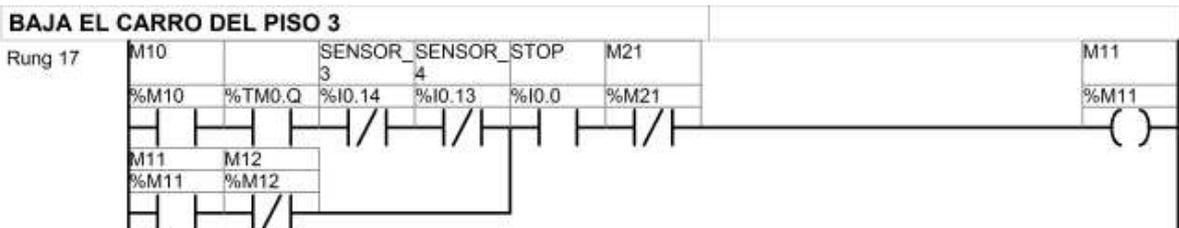
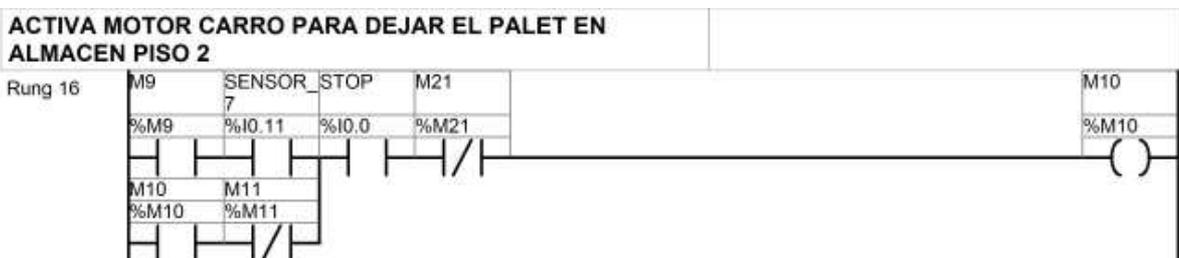
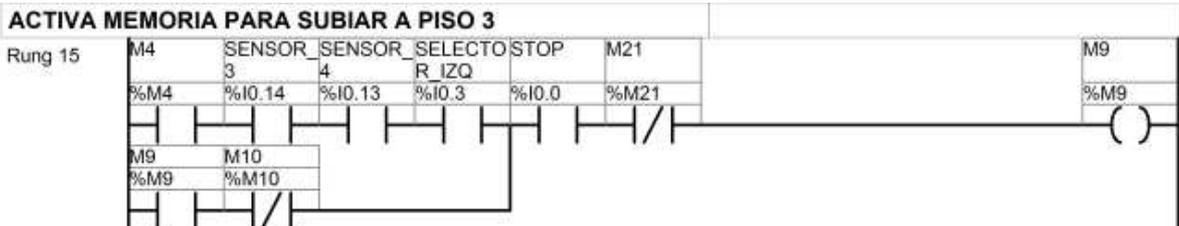
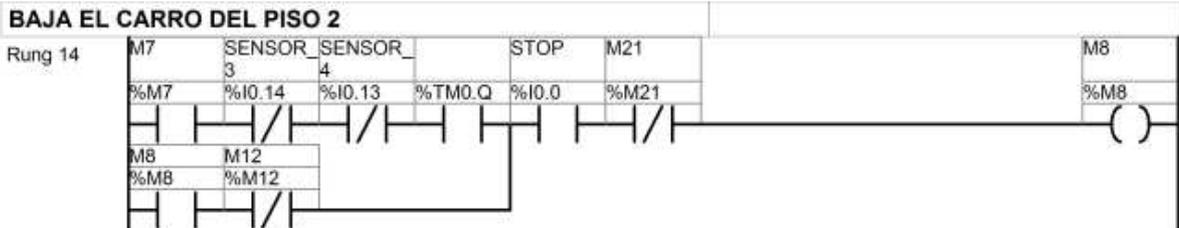


### ACTIVA MOTOR CARRO PARA DEJAR EL PALET EN ALMACEN PISO 2



### TIEMPO DE MOVIMIENTO DEL CARRO

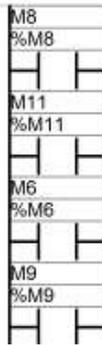






**SALIDAS**

Rung 28



MOTOR\_5  
%Q0.14

