



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA

ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN
CONTROL Y REDES INDUSTRIALES

“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE TRANSFERENCIA LINEAL DE
PALET DE LA LÍNEA MECATRÓNICA DE PRODUCCION DEL L.A.I.”

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del título de

INGENIERO EN ELECTRÓNICA, CONTROL Y REDES INDUSTRIALES

Presentado por:

FAUSTO RAMIRO CABRERA AGUAYO
VICTOR MOISES TOABANDA LOZANO

RIOBAMBA – ECUADOR

2012

AGRADECIMIENTO

A dios creador del universo y de la humanidad, en sus manos hemos puesto nuestras vidas y el a querido que culminemos con éxito este anhelo.

A nuestros padres y hermanos, simplemente todo lo que somos es gracias a su amor, esfuerzo y apoyo incondicional en buenos y malos momentos, muchas gracias los queremos.

A nuestros maestros que a lo largo de nuestra carrera han sabido desprenderse de su conocimiento sin egoísmo, para formarnos como profesionales aptos para cualquier entorno laboral.

A nuestro director de tesis Ing. Marco Viteri por su paciencia y colaboración en la realización de este trabajo

Fausto y Víctor.

DEDICATORIA

Dedicado a dios, a mis padres Fausto y Rosa, a mis hermanos Pedro y Rony, a mis abuelitas Elisita y Rosita y a mi novia Katerine, los amo a todos.

Fausto

Dedico el esfuerzo que refleja la presente tesis a mis padres José Manuel y Rosa, a mi hermana Sandra y mi sobrina Doménica. Por guiarme y darle sentido a mi vida con su amor.

Víctor.

FIRMAS RESPONSABLES Y NOTA

NOMBRE

FIRMA

FECHA

Ing. Iván Menes

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

Ing. Paúl Romero

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

Ing. Marco Viteri

DIRECTOR DE TESIS

Ing. Jhonny Vizuite

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Lcdo. Carlos Rodríguez

**DIRECTOR DEL DPTO.
DOCUMENTACIÓN**

NOTA DE LA TESIS

“Nosotros, VÍCTOR MOISÉS TOABANDA LOZANO Y FAUSTO RAMIRO CABRERA AGUAYO, somos responsables de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta tesis y el patrimonio intelectual de la misma pertenece a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO”.

Victor Moises Toabanda Lozano.

Fausto Ramiro Cabrera Aguayo.

AUTORES

ÍNDICE DE ABREVIATURAS.

A	Área
D/A	Digital Análogo
ED	Entradas Digitales
F	Fuerza
F.A	Fuente de Alimentación
K	Bobinas
NA	Normalmente abierto
NC	Normalmente cerrado
PNP	Positivo Negativo Positivo
PLC	Controlador Lógico Programable
P	Presión
RN	Run
RTU	Unidad de Transmisión Remota
S	Stop
Se	Sensor
SZ	Sensor Magnético
VAC	Voltaje de corriente alterna
VDC	Voltaje de corriente continua

ÍNDICE GENERAL

PORTADA

AGRADECIMIENTO

DEDICATORIA

ÍNDICES

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO I

MARCO REFERENCIAL	14
1.1. ANTECEDENTES	14
1.2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO DE TESIS	14
1.3. OBJETIVOS	15
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	15
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
1.4. HIPÓTESIS	15

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO	16
2.1. COMPONENTES DE LOS SISTEMAS ELECTROMECAÑICOS.....	16
2.1.1. SENSORES.....	16
2.1.2. RELÉS	22
2.1.3. MOTORES DC	29
2.1.4. BANDAS TRANSPORTADORAS.....	37
2.2. MÉTODOS DE TRANSFERENCIA LINEAL.....	42
2.2.1. TIPOS DE TRANSFERENCIA.....	42
2.2.2. MECANISMOS	43
2.2.3. APLICACIONES.....	54
2.2.4. CONTROL.....	55
2.2.5. SEGURIDADES EN LOS SISTEMAS ELÉCTRICOS.....	75
2.3. SISTEMA MECÁNICO.....	89
2.3.1. TORNILLO SIN FIN.....	89
2.3.2. PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO.....	90
2.3.3. ESTRUCTURA METÁLICA CONSTRUIDA EN ALUMINIO.....	102
2.3.4. SEGURIDADES EN LOS SISTEMAS MECÁNICOS.....	107

CAPITULO III

CONTROL DE PROGRAMACIÓN.....	120
3. CONTROL DE PROGRAMACIÓN.....	120

3.1.	PLC	120
3.1.1.	INTRODUCCIÓN.	120
3.2.	Lenguajes.....	130
3.2.1.	Lenguaje Ladder	130
3.2.2.	GRAFCET	134
CAPITULO IV		
DESARROLLO DEL SISTEMA.....151		
4.	DESARROLLO DEL SISTEMA.....	151
4.1	INTRODUCCION.....	151
4.2	COMPONENTES DEL SISTEMA.....	151
4.3	DESCRIPCION DEL MÓDULO DIDACTICO.....	158
4.4	DETECCIÓN DE FALLAS.....	152
4.5	CORRECCIÓN DE FALLAS ENCONTRADAS.....	153
4.6	EJECUCIÓN DEL PROTOTIPO FINAL.....	154
CAPITULO V		
5.	PRUEBAS Y RESULTADOS	159
5.1.	DEFINICIÓN DEL ÁMBITO.....	159
5.2.	PRUEBAS MECÁNICAS	159
5.3.	PRUEBAS ELÉCTRICAS.....	160
5.4.	PRUEBAS DE CONTROL CON EL PLC.....	162
5.5.	ANÁLISIS DE ACEPTACIÓN DEL MODULO.	162
5.5.1.	TABULACIÓN DE DATOS GENERALES	163
5.5.2.	TABULACIÓN DE DATOS DE CANA UNA DE LAS PREGUNTAS REALIZADAS EN LA ENCUESTA.....	163
CONCLUSIONES		
RECOMENDACIONES		
RESUMEN		
SUMARY		
GLOSARIO		
BIBLIOGRAFÍA		

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura II.I. Sensores de Presencia.	15
Figura II.III. Relés	22
Figura II.II. Relés.	22
Figura II.IV. Bobina activada.....	23
Figura II.V. Bobina desactivada.....	23
Figura II.VI. Relé de tipo armadura.	24
Figura II.VII. Relé de núcleo móvil.	24
Figura II.IX. Relé Polarizado o Biestable.....	25
Figura II.VIII. Relé tipo reed o de lengüeta.	25
Figura II.X. Relé de estado sólido.	26
Figura II.XI. Relé de corriente alterna.....	27
Figura II.XII. Relé de láminas.	27
Figura II.XIII. Motores de Corriente Continua.	28
Figura II.XIV. Componentes de un Motor de Corriente Continua.....	29
Figura II.XV. Principio de Funcionamiento de un Motor de Corriente Directa.	31
Figura II.XVI. Motor Shunt.....	33
Figura II.XVII. Motor Serie.	34
Figura II.XVIII. Motor Compound.	35
Figura II.XIX. Motor Shunt Estabilizado.....	36
Figura II.XX. Banda transportadora.	37
Figura II.XXI. Banda transportadora accionada por gravedad.....	40
Figura II.XXIII. Banda transportadora de rodillos accionados por cadena.	41
Figura II.XXV. Elementos de un Mecanismo.	44
Figura II.XXVI. Tipos de Palanca.....	46
Figura II.XXVII. Polea Fija.....	48
Figura II.XXIX. Poleas con Correa.	49
Figura II.XXVIII. Sistema de Ruedas de Fricción.	49
Figura II.XXX. Reductor de Velocidad.....	50
Figura II.XXXI. Multiplicador de Velocidad.....	50
Figura II.XXXII. Transmisión por engranajes.	51

Figura II.XXXIII. Tren de Poleas y Engranajes.....	53
Figura II.XXXIV. Movimiento de un tren de Poleas con Correas.....	54
Figura II.XXXV. Engranajes con Cadenas.	55
Figura II.XXXVI. Tornillo sinfin.....	56
Figura II.XXXVII. Elementos de un Proceso Industrial.	59
Figura II.XXXVIII. Elementos de un Sistema de Control Automático.	60
Figura II.XXXIX. Intercambiador de Calor.	63
Figura II.XL. Intercambiador de calor atomizado.....	64
Figura II.XLI. Sistema de Control de Lazo Abierto.....	65
Figura II.XLII. Sistema de Control de Lazo Cerrado con Realimentación Positiva.	65
Figura II.XLIII. Sistema de Control de Lazo Cerrado con Realimentación Negativa. ..	66
Figura II.XLIV. Sistemas Estables e Inestables.	70
Figura II.XLV. Tipos de Velocidad de Respuesta.....	71
Figura II.XLVI. Respuesta con retardo a la entrada Escalón.	73
Figura II.XLVII. Contro ON-OFF.....	74
Figura II.LI. Control Anticipatorio.....	76
Figura II.LIII. Realimentación en Estados.	78
Figura II.LIV. Circuito de Riesgo de Electrocción.	84
Figura II.LV. Tornillo sin Fin y Rueda Dentada.	94
Figura II.LVI. Distancias y Ángulos más importantes del Tornillo sin Fin.....	96
Figura II.LVII. Fuerzas actuantes en un engrane de tornillo sinfín.....	101
Figura II.LVIII. Vista de extremo de una transmisión de tornillos sinfín de doble reducción.....	103
Figura II.LIX. Vista de extremo de una transmisión de tornillos sinfín de doble reducción.....	105
Figura II.LX. Tornillo sinfín de manguito.....	106
Figura II.LXI. Diseño de cubo para rueda dentada de gran diámetro.	107
Figura III.I. Controlador Lógico Programable.	127
Figura III.II. Ciclo de Funcionamiento de un PLC.....	129
Figura III.III. Ejemplo de Programación en LADDER.	137
Figura III.II. Elementos Básicos de LADDER.....	138
Figura III.IV. Temporizador.....	139
Figura III.V. Contador.....	140

Figura III.VI. Monoestable.....	141
Figura III.III. Elementos GRAFCET.....	143
Figura III.VII. Programación Lineal.	144
Figura III.VIII. Programación con Direccionamiento.	145
Figura III.IX. Programación Simultánea.	146
Figura III.X. Acción Asociada.	147
Figura III.XI. Acción Condicionada.....	147
Figura III.XII. Acción Temporizada.....	148
Figura IV.I Relé Industrial Finder 55.33.9.0	150
Figura IV.II Minirelé para circuito enchufable.	152
Figura IV.III Portafusibles Camsco RT 18-32.	153
Figura IV.IV Telefast Modicon ABE7.	154
Figura IV. VI Zócalo Finder 95.85.3.....	155
Figura IV. VII Sensor Reed CS1-B1	156
Figura IV.VIII Diagrama de Conexiones.	157
Figura IV.IX Vista Lateral del Sistema de Transferencia Lineal	158
Figura IV XI. Sistema de Transferencia Lineal.....	162
Figura IV XIII. Pistas de Cobre.....	163
Figura IV XIV. Carbones de Contacto	164
Figura IV XV. Rodamientos.....	164
Figura IV XVI. Sistema de transferencia Implementado.	164
Figura IV XVII. CableadoFinal.....	165
Figura V.I Tabulación de Datos Generales.	170
Figura V.II Tabulación de la Primera Pregunta.....	171
Figura V.IV Tabulación de la Tercera Pregunta.....	172
Figura V.V Tabulación de la Cuarta Pregunta.	172

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla II.I. Tipos de Sensores y su característica.	21
Tabla II.I. Tipos de Variables de los Sistemas de Control.	63
Tabla II.III. Efectos de los Campos Eléctricos.	82
Tabla IV.I Características de los Contactos del Rele Finder 55.33.9.0.....	151
Tabla II.IV Voltaje e Impedancia en Humanos.	90
Tabla II.V. Constante K en metales.	98
Tabla II.VI. Propiedades del aluminio.	111
Tabla III.I. Tiempos de Ejecución.	133

INTRODUCCIÓN

La implementación de un sistema de transferencia lineal servirá para equipar el laboratorio de automatización de la Escuela de Ingeniería Electrónica Control y Redes Industriales de la ESPOCH y permitirá cerrar un circuito de producción, además ayudará a los estudiantes realizar prácticas de control automático aplicando sus conocimientos teóricos y desarrollando sus habilidades en el área de automatización.

El módulo está diseñado previo a un análisis de requerimientos técnicos, de espacio siendo fundamental su altura, a más de eso está diseñado en base a un modelo industrial.

El sistema de transferencia es modular ya que se puede acoplar diferentes procesos de acceso y salida del palet.

Adicionalmente a su tarea principal que es la de realizar un giro de 180 grados, permitiendo así que el palet mantenga la misma orientación al ingreso del sistema como a la salida del mismo y posterior ingreso a una siguiente etapa de la línea de producción, otorgándole a todo el sistema mas velocidad en la producción. Por lo cual permitirá un desarrollo de prácticas óptimo en relación a las tareas desarrolladas en industria, siendo un modelo real.

CAPÍTULO I

MARCO REFERENCIAL

1.1. ANTECEDENTES

Dentro del laboratorio de Automatización Industrial de la Escuela de Ingeniería en electrónica en control y redes industriales, se tiene la línea mecatrónica de producción, dicha línea consta de 2 circuitos aislados de bandas transportadoras sobre las cuales se montan varios módulos que simulan procesos de producción, actualmente el sistema está distribuido de tal forma que los dos conjuntos paralelos no son totalmente autónomos ya que al llegar al fin del primer circuito se tiene que pasar manualmente el pallet al inicio del siguiente circuito, siendo claramente necesario unir estos 2 circuitos para formar un solo circuito cerrado autónomo.

1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO DE TESIS

En la Actualidad la línea mecatrónica de producción en el Laboratorio de Automatización Industrial de la EIECRI forma un sistema de 2 bandas aisladas , siendo lo óptimo que se cierre el sistema para formar una línea de producción continua por lo que es necesario la implementación de un tramo de transferencia entre los dos extremos libres del circuito, se propone para cerrar el sistema unir los dos extremos libres mediante un tramo de transferencia lineal que tome mediante una banda pequeña reversible (a manera de carro) el pallet en un extremo y lo lleve al otro extremo y que disponga de un sistema de giro para posicionar el pallet en la dirección correcta. Este proyecto ayudará a potenciar la línea de montaje dándole mayor flexibilidad, lo que

permitirá que la producción sea continua, lo que a su vez conlleva a mayor rapidez en la producción y menor cantidad de error.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Implementar un sistema de transferencia lineal de palet entre dos bandas transportadoras de la línea mecatrónica de producción flexible del laboratorio de automatización industrial utilizando un PLC para su programación.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Implementar el carro (banda pequeña) giratorio que toma el palet desde el sistema de bandas. Este debe tener un sistema de banda reversible y poder girar 360 grados sobre el sistema de transferencia.
- Implementar el sistema de transferencia lineal del carro desde el un extremo de una de las bandas hasta la otra y viceversa.
- Acoplar el carro giratorio a la plataforma del sistema de transferencia lineal.
- Acoplar al sistema los elementos sensoriales y de control.
- Programar y controlar el sistema por medio de un PLC de tal manera que mediante la coordinación de movimientos se lo pueda ocupar en todas sus variantes.

1.4. HIPÓTESIS

Con la implementación del sistema de transferencia lineal de pallet se podrá cerrar el circuito la línea mecatrónica de producción del laboratorio de Automatización Industrial y ayudara a fortalecer los conocimientos del estudio de control de procesos industriales a sus estudiantes.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. COMPONENTES DE LOS SISTEMAS ELECTROMECAÑICOS.

2.1.1. SENSORES.

Un sensor es un dispositivo capaz de detectar magnitudes físicas o químicas, llamadas variables de instrumentación, y transformarlas en variables eléctricas. Las variables de instrumentación pueden ser por ejemplo: temperatura, intensidad lumínica, distancia, aceleración, inclinación, desplazamiento, presión, fuerza, torsión, humedad, pH, etc. Una magnitud eléctrica puede ser una resistencia eléctrica (como en una RTD), una capacidad eléctrica (como en un sensor de humedad), una Tensión eléctrica (como en un termopar), una corriente eléctrica (como en un fototransistor), etc.



Figura II.1. Sensores de Presencia.

Un sensor diferencia de un transductor en que el sensor está siempre en contacto con la variable de instrumentación con lo que puede decirse también que es un dispositivo que aprovecha una de sus propiedades con el fin de adaptar la señal que mide para que la pueda interpretar otro dispositivo. Como por ejemplo el termómetro de mercurio que aprovecha la propiedad que posee el mercurio de dilatarse o contraerse por la acción de la temperatura. Un sensor también puede decirse que es un dispositivo que convierte una forma de energía en otra.

2.1.1.1. Características

- **Rango de medida:** dominio en la magnitud medida en el que puede aplicarse el sensor.
- **Precisión:** es el error de medida máximo esperado.
- **Offset o desviación de cero:** valor de la variable de salida cuando la variable de entrada es nula. Si el rango de medida no llega a valores nulos de la variable de entrada, habitualmente se establece otro punto de referencia para definir el offset.
- **Linealidad** o correlación lineal.
- **Sensibilidad de un sensor:** suponiendo que es de entrada a salida y la variación de la magnitud de entrada.
- **Resolución:** mínima variación de la magnitud de entrada que puede apreciarse a la salida.
- **Rapidez de respuesta:** puede ser un tiempo fijo o depender de cuánto varíe la magnitud a medir. Depende de la capacidad del sistema para seguir las variaciones de la magnitud de entrada.
- **Derivas:** son otras magnitudes, aparte de la medida como magnitud de entrada, que influyen en la variable de salida. Por ejemplo, pueden ser condiciones ambientales, como la humedad, la temperatura u otras como el envejecimiento (oxidación, desgaste, etc.) del sensor.
- **Repetitividad:** error esperado al repetir varias veces la misma medida.

Un sensor es un tipo de transductor que transforma la magnitud que se quiere medir o controlar, en otra, que facilita su medida. Pueden ser de indicación directa (e.g. un

termómetro de mercurio) o pueden estar conectados a un indicador (posiblemente a través de un convertidor analógico a digital, un computador y un display) de modo que los valores detectados puedan ser leídos por un humano.

Por lo general, la señal de salida de estos sensores no es apta para su lectura directa y a veces tampoco para su procesado, por lo que se usa un circuito de acondicionamiento, como por ejemplo un puente de Wheatstone, amplificadores y filtros electrónicos que adaptan la señal a los niveles apropiados para el resto de los circuitos.

2.1.1.2. TIPOS DE SENSORES

En la siguiente tabla se indican algunos tipos y ejemplos de sensores electrónicos.

Magnitud	Transductor	Característica
Posición lineal o angular	Potenciómetro	Analógica
	Encoder	Digital
	Sensor Hall	Digital
Desplazamiento y deformación	Transformador diferencial de variación lineal	Analógica
	Galga extensiométrica	Analógica
	Magnetostrictivos	A/D

	Magnetorresistivos	Analógica
	LVDT	Analógica
Velocidad lineal y angular	Dinamo tacométrica	Analógica
	Encoder	Digital
	Detector inductivo	Digital
	Servo-inclinómetros	A/D
	RVDT	Analógica
	Giróscopo	
Aceleración	Acelerómetro	Analógico
	Servo-accelerómetros	
Fuerza y par (deformación)	Galga extensiométrica	Analógico
	Triaxiales	A/D
Presión	Membranas	Analógica

	Piezoeléctricos	Analógica
	Manómetros Digitales	Digital
Caudal	Turbina	Analógica
	Magnético	Analógica
Temperatura	Termopar	Analógica
	RTD	Analógica
	Termistor NTC	Analógica
	Termistor PTC	Analógica
	[Bimetal - Termostato]]	I/O
Sensores de presencia	Inductivos	I/O
	Capacitivos	I/O
	Ópticos	I/O y Analógica
Sensores táctiles	Matriz de contactos	I/O

	Piel artificial	Analógica
Visión artificial	Cámaras de video	Procesamiento digital
	Cámaras CCD o CMOS	Procesamiento digital
Sensor de proximidad	Sensor final de carrera	
	Sensor capacitivo	Analógica
	Sensor inductivo	Analógica
	Sensor fotoeléctrico	Analógica
Sensor acústico (presión sonora)	micrófono	Analógica
Sensores de acidez	IsFET	
Sensor de luz	fotodiodo	Analógica
	Fotorresistencia	Analógica
	Fototransistor	Analógica

	Célula fotoeléctrica	Analógica
Sensores captura de movimiento	Sensores inerciales	

Tabla II.I. Tipos de Sensores y su característica.

Algunas magnitudes pueden calcularse mediante la medición y cálculo de otras, por ejemplo, la velocidad de un móvil puede calcularse a partir de la integración numérica de su aceleración. La masa de un objeto puede conocerse mediante la fuerza gravitatoria que se ejerce sobre él en comparación con la fuerza gravitatoria ejercida sobre un objeto de masa conocida (patrón).

2.1.1.3. Aplicaciones.

Áreas de aplicación de los sensores: Industria automotriz, robótica, industria aeroespacial, medicina, industria de manufactura, etc.

Los sensores pueden estar conectados a un computador para obtener ventajas como son el acceso a una base de datos, la toma de valores desde el sensor, etc

2.1.2. RELÉS

El relé o relevador es un dispositivo electromecánico. Funciona como un interruptor controlado por un circuito eléctrico en el que, por medio de una bobina y un electroimán, se acciona un juego de uno o varios contactos que permiten abrir o cerrar otros circuitos eléctricos independientes.

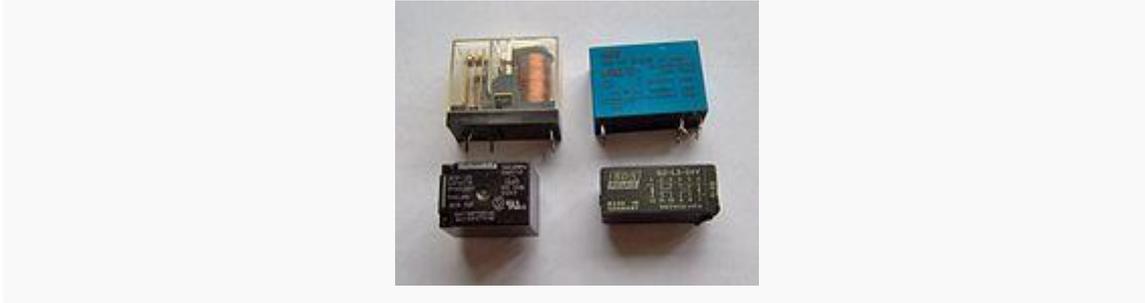


Figura II.II. Relés.

Dado que el relé es capaz de controlar un circuito de salida de mayor potencia que el de entrada, puede considerarse, en un amplio sentido, como un amplificador eléctrico. Como tal se emplearon en telegrafía, haciendo la función de repetidores que generaban una nueva señal con corriente procedente de pilas locales a partir de la señal débil recibida por la línea. Se les llamaba "relevadores". De ahí proviene su nombre "relé".

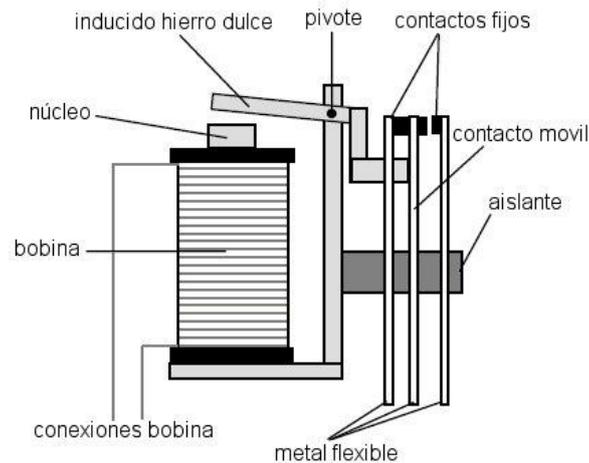


Figura II.III. Relés

2.1.2.1. Descripción.

En la Figura II.III se representa, de forma esquemática, la disposición de los distintos elementos que forman un relé de un único contacto de trabajo o circuito. En la Figura II.IV se puede ver su funcionamiento y cómo conmuta al activarse y en la Figura II.V. al desactivarse su bobina.

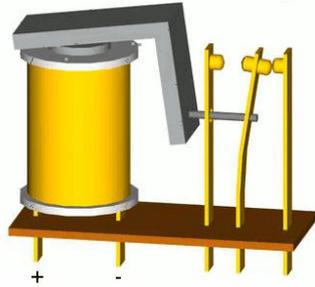


Figura II.IV. Bobina activada

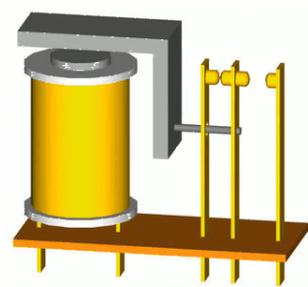


Figura II.V. Bobina desactivada

2.1.2.2. Estructura y Funcionamiento

El electroimán hace bascular la armadura al ser excitada, cerrando los contactos dependiendo de si es N.A ó N.C (normalmente abierto o normalmente cerrado). Si se le aplica un voltaje a la bobina un campo magnético es generado haciendo que los contactos hagan una conexión. Estos contactos pueden ser considerados como el interruptor, que permiten que la corriente fluya entre los dos puntos que cerraron el circuito.

2.1.2.3. Tipos de Relés

Existen multitud de tipos distintos de relés, dependiendo del número de contactos, de la intensidad admisible por los mismos, tipo de corriente de accionamiento, tiempo de activación y desactivación, etc. Cuando controlan grandes potencias se les llama contactores en lugar de relés.

2.1.2.4. Relés electromecánicos

- **Relés de tipo armadura:** pese a ser los más antiguos siguen siendo lo más utilizados en multitud de aplicaciones. Un electroimán provoca la basculación de una armadura al ser excitado, cerrando o abriendo los contactos dependiendo de si es NA (normalmente abierto) o NC (normalmente cerrado).

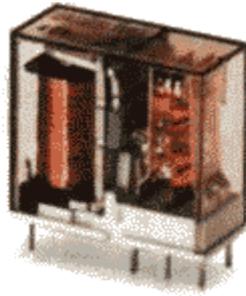


Figura II.VI. Relé de tipo armadura.

- **Relés de núcleo móvil:** a diferencia del anterior modelo estos están formados por un émbolo en lugar de una armadura. Debido a su mayor fuerza de atracción, se utiliza un solenoide para cerrar sus contactos. Es muy utilizado cuando hay que controlar altas corrientes.



Figura II.VII. Relé de núcleo móvil.

- **Relé tipo reed o de lengüeta:** están constituidos por una ampolla de vidrio, con contactos en su interior, montados sobre delgadas láminas de metal. Estos contactos conmutan por la excitación de una bobina, que se encuentra alrededor de la mencionada ampolla.

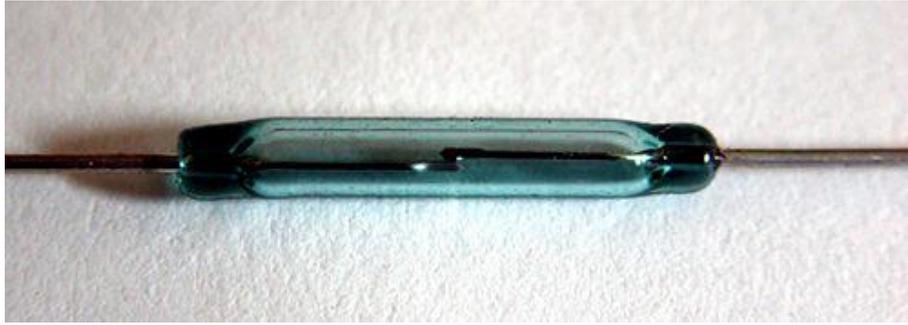


Figura II.VIII. Relé tipo reed o de lengüeta.

- **Relés polarizados o biestables:** Se componen de una pequeña armadura, solidaria a un imán permanente. El extremo inferior gira dentro de los polos de un electroimán, mientras que el otro lleva una cabeza de contacto. Al excitar el electroimán, se mueve la armadura y provoca el cierre de los contactos. Si se polariza al revés, el giro será en sentido contrario, abriendo los contactos ó cerrando otro circuito.



Figura II.IX. Relé Polarizado o Biestable.

2.1.2.5. Relé de estado sólido

Se llama relé de estado sólido a un circuito híbrido, normalmente compuesto por un optoacoplador que aísla la entrada, un circuito de disparo, que detecta el paso por cero de la corriente de línea y un triac o dispositivo similar que actúa de interruptor de potencia. Su nombre se debe a la similitud que presenta con un relé electromecánico;

este dispositivo es usado generalmente para aplicaciones donde se presenta un uso continuo de los contactos del relé que en comparación con un relé convencional generaría un serio desgaste mecánico, además de poder conmutar altos amperajes que en el caso del relé electromecánico destruirían en poco tiempo los contactos. Estos relés permiten una velocidad de conmutación muy superior a la de los relés electromecánicos.



Figura II.X. Relé de estado sólido.

2.1.2.6. Relé de corriente alterna.

Cuando se excita la bobina de un relé con corriente alterna, el flujo magnético en el circuito magnético, también es alterno, produciendo una fuerza pulsante, con frecuencia doble, sobre los contactos. Es decir, los contactos de un relé conectado a la red, en algunos lugares, como varios países de Europa y Latinoamérica oscilarán a 50 Hz y en otros, como en Estados Unidos lo harán a 60 Hz. Este hecho se aprovecha en algunos timbres y zumbadores, como un activador a distancia. En un relé de corriente alterna se modifica la resonancia de los contactos para que no oscilen.



Figura II.XI. Relé de corriente alterna.

2.1.2.7. Relé de láminas

Este tipo de relé se utilizaba para discriminar distintas frecuencias. Consiste en un electroimán excitado con la corriente alterna de entrada que atrae varias varillas sintonizadas para resonar a sendas frecuencias de interés. La varilla que resuena acciona su contacto; las demás, no. Los relés de láminas se utilizaron en aeromodelismo y otros sistemas de telecontrol.



Figura II.XII. Relé de láminas.

2.1.2.8. Ventajas del Uso de los Relés

La gran ventaja de los relés electromagnéticos es la completa separación eléctrica entre la corriente de accionamiento, la que circula por la bobina del electroimán, y los circuitos controlados por los contactos, lo que hace que se puedan manejar altos voltajes o elevadas potencias con pequeñas tensiones de control. También ofrecen la posibilidad de control de un dispositivo a distancia mediante el uso de pequeñas señales de control. En el caso presentado podemos ver un grupo de relés en bases interface que son controlado por módulos digitales programables que permiten crear funciones de temporización y contador como si de un mini PLC (Circuito Lógico Programable) se tratase. Con estos modernos sistemas los relés pueden actuar de forma programada e independiente lo que supone grandes ventajas en su aplicación aumentando su uso en aplicaciones sin necesidad de utilizar controles como PLC's u otros medios para comandarlos. Se puede encender una bombilla o motor y al encenderlo se apaga el otro motor o bombilla

2.1.3. MOTORES DC

El motor de corriente continua es una máquina que convierte la energía eléctrica continua en mecánica, provocando un movimiento rotatorio. En la actualidad existen nuevas aplicaciones con motores eléctricos que no producen movimiento rotatorio, sino que con algunas modificaciones, ejercen tracción sobre un riel. Estos motores se conocen como motores lineales.



Figura II.XIII. Motores de Corriente Continua.

Esta máquina de corriente continua es una de las más versátiles en la industria. Su fácil control de posición, paro y velocidad la han convertido en una de las mejores opciones en aplicaciones de control y automatización de procesos. Pero con la llegada de la electrónica su uso ha disminuido en gran medida, pues los motores de corriente alterna, del tipo asíncrono, pueden ser controlados de igual forma a precios más accesibles para el consumidor medio de la industria. A pesar de esto los motores de corriente continua se siguen utilizando en muchas aplicaciones de potencia (trenes y tranvías) o de precisión (máquinas, micro motores, etc.)

La principal característica del motor de corriente continua es la posibilidad de regular la velocidad desde vacío a plena carga.

Su principal inconveniente, el mantenimiento, muy caro y laborioso.

Una máquina de corriente continua (generador o motor) se compone principalmente de dos partes, un estator que da soporte mecánico al aparato y tiene un hueco en el centro generalmente de forma cilíndrica. En el estator además se encuentran los polos, que pueden ser de imanes permanentes o devanados con hilo de cobre sobre núcleo de

hierro. El rotor es generalmente de forma cilíndrica, también devanado y con núcleo, al que llega la corriente mediante dos escobillas.

También se construyen motores de CC con el rotor de imanes permanentes para aplicaciones especiales.

2.1.3.1. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

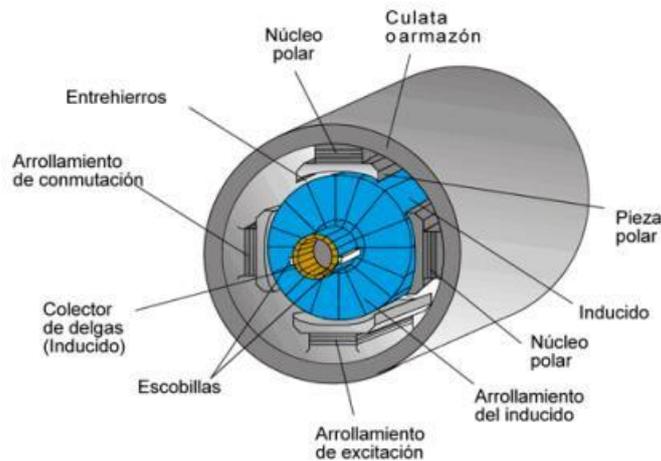


Figura II.XIV. Componentes de un Motor de Corriente Continua.

El principio de funcionamiento del motor se basa en la ley de Faraday que indica que cualquier conductor que se mueve en el seno del campo magnético de un imán se generara una D.D.P entre sus extremos proporcional a la velocidad de desplazamiento. Si en lugar de un conductor rectilíneo con terminales en circuito abierto se introduce un anillo conductor con los extremos conectados a una determinada resistencia y se hace girar en el interior del campo, de forma que varíe el flujo magnético abrazado por la misma se detectará la aparición de una corriente eléctrica que circula por la resistencia y que cesara en el momento en que se detenga el movimiento.

Normalmente en un motor se emplea un cierto número de espiras devanadas sobre un núcleo magnético de forma apropiada y también en algunas ocasiones se sustituye el imán permanente creador del campo por un electroimán, el cual produce el mismo efecto cuando se le aplica la corriente excitadora. A este último elemento (Imán o electroimán) se le denomina inductor, el conjunto espiras y núcleo móviles constituyen el inducido.

El sentido de la corriente eléctrica que circula por el inducido está definido mediante la Ley de Lenz que indica que toda variación que se produzca en el campo magnético tiende a crear un efecto en sentido opuesto que compense y anule la causa que la produjo.

Ahora bien, todos los fenómenos expresados corresponden al efecto opuesto al de un motor, es decir, que mediante el sistema descrito se genera una corriente eléctrica a partir de un movimiento mecánico, lo que corresponde al principio de funcionamiento de un dinamo, sin embargo, al ser dicho efecto reversible, bastará con invertir los papeles y si en lugar de extraer corriente del inducido se le aplica una determinada tensión exterior, se producirá la circulación de una cierta intensidad de corriente por las espiras y éstas comenzarán a girar, completándose así el motor. Es importante considerar que teniendo en cuenta la ley de Lenz mencionada anteriormente, al girar él se creará en el mismo una determinada tensión eléctrica, de sentido contrario al exterior que tenderá a oponerse al paso de la corriente para compensar así las variaciones de flujo magnético producidas, denominada fuerza contraelectromotriz (FCEM). Normalmente se aplica una corriente con sentido contrario en el extremo opuesto del rotor, para compensar la fuerza neta y aumentar el momento.

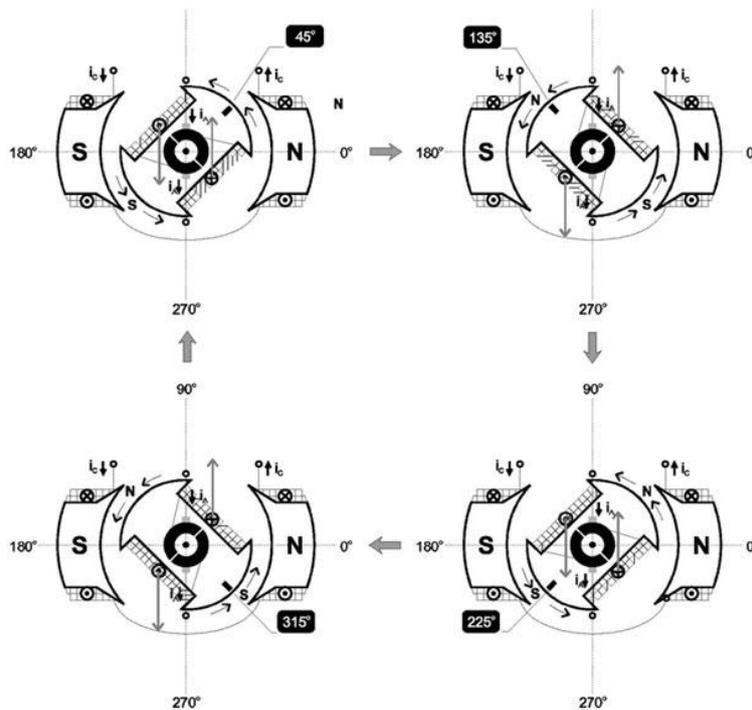


Figura II.XV. Principio de Funcionamiento de un Motor de Corriente Directa.

2.1.3.2. NÚMERO DE ESCOBILLAS

Las escobillas deben poner en cortocircuito todas las bobinas situadas en la zona neutra. Si la máquina tiene dos polos, tenemos también dos zonas neutras. En consecuencia, el número total de escobillas ha de ser igual al número de polos de la máquina. En cuanto a su posición, será coincidente con las líneas neutras de los polos.

2.1.3.3. SENTIDO DE GIRO

El sentido de giro de un motor de corriente continua depende del sentido relativo de las corrientes circulantes por los devanados inductor e inducido.

La inversión del sentido de giro del motor de corriente continua se consigue invirtiendo el sentido del campo magnético o de la corriente del inducido.

Si se permuta la polaridad en ambos bobinados, el eje del motor gira en el mismo sentido.

Los cambios de polaridad de los bobinados, tanto en el inductor como en el inducido se realizarán en la caja de bornes de la máquina, y además el ciclo combinado producido por el rotor produce la fem (fuerza magnetomotriz).

El sentido de giro lo podemos determinar con la regla de la mano derecha, la cual nos va a mostrar el sentido de la fuerza. La regla de la mano derecha es de la siguiente manera: el pulgar nos muestra hacia donde va la corriente, el dedo índice apunta en la dirección en la cual se dirige el flujo del campo magnético, y el dedo medio hacia donde va dirigida la fuerza resultante y por lo tanto el sentido de giro.

2.1.3.4. REVERSIBILIDAD

Los motores y los generadores de corriente continua están constituidos esencialmente por los mismos elementos, diferenciándose únicamente en la forma de utilización. Por reversibilidad entre el motor y el generador se entiende que si se hace girar al rotor, se produce en el devanado inducido una fuerza electromotriz capaz de transformarse en energía en el circuito de carga. En cambio, si se aplica una tensión continua al devanado inducido del generador a través del colector de delgas, el comportamiento de la máquina

ahora es de motor, capaz de transformar la fuerza contraelectromotriz en energía mecánica.

En ambos casos el inducido está sometido a la acción del campo inductor principal.

2.1.3.5. TIPOS DE MOTORES D.C

Los motores D.C se clasifican de acuerdo al tipo de bobinado del campo como motores Serie, Shunt, Shunt estabilizado, o Compuesto (Compound). Sin embargo algunos de ellos pueden ser auto excitados o de excitación separada o pueden tener campos de imán permanente.

Ellos muestran curvas muy diferentes de torque-velocidad y se conectan en diferentes configuraciones para diferentes aplicaciones.

Algunos motores D.C utilizan imán permanente como campo principal, especialmente los de potencia (HP) fraccionada (1/4,1/2,3/4) y baja potencia.

Los motores de imán permanente tienen la ventaja de no requerir una fuente de potencia para el campo, pero tienen la desventaja de ser susceptibles a la desmagnetización por cargas de choque eléctricas o mecánicas. Los campos de imán permanente no se pueden ajustar para entonar el motor para ajustarse a la aplicación, como pueden los de campo bobinado.

- **MOTOR SHUNT**

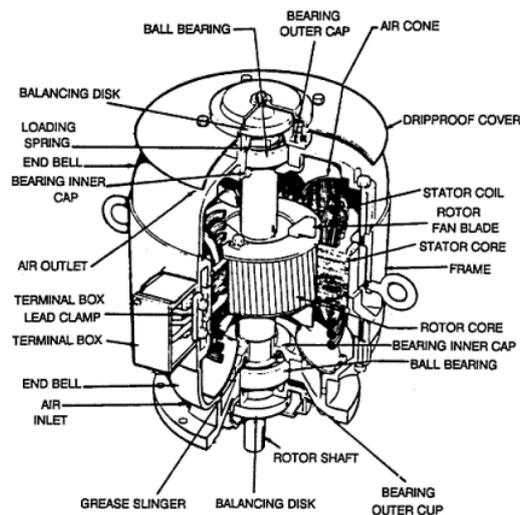


Figura II.XVI. Motor Shunt.

En un motor shunt, el flujo es constante si la fuente de poder del campo es fija. Asuma que el voltaje de armadura E_t es constante. A medida que la corriente de la carga disminuye desde plena carga a sin carga, la velocidad debe aumentar proporcionalmente de manera que la fuerza contra electromotriz E_c aumentará para mantener la ecuación en balance. A voltaje nominal y campo completo, la velocidad del motor shunt aumentará 5% a medida que la corriente de carga disminuya de plena carga a sin carga. La reacción de armadura evita que el flujo de campo permanezca absolutamente constante con los cambios en la corriente de la carga. La reacción de armadura, por lo tanto causa un ligero debilitamiento del flujo a medida que la corriente aumenta. Esto tiende a aumentar la velocidad del motor. Esto se llama “inestabilidad” y el motor se dice que está inestable.

- **MOTOR SERIE**

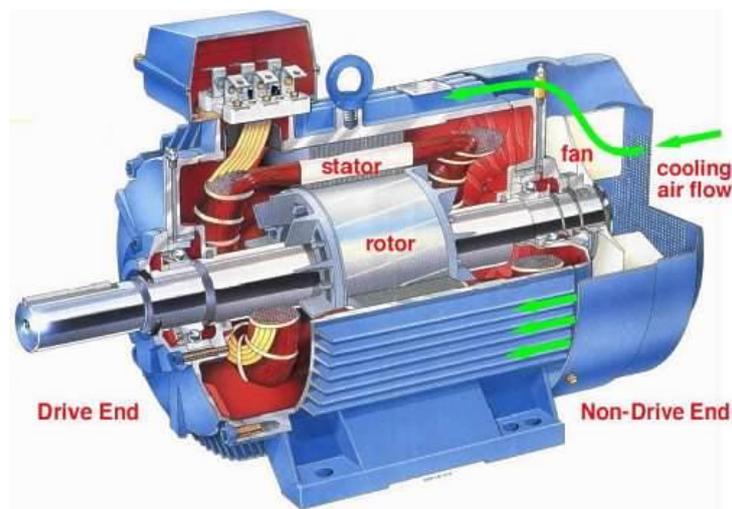


Figura II.XVII. Motor Serie.

En un motor serie, el flujo del campo es una función de la corriente de la carga y de la curva de saturación del motor. A medida que la corriente de la carga disminuye desde plena carga, el flujo disminuye y la velocidad aumenta. La tasa de incremento de velocidad es pequeña al principio pero aumenta a medida que la corriente se reduce. Para cada motor serie, hay una mínima carga segura determinada por la máxima velocidad de operación segura.

- **MOTOR COMPUESTO (COMPOUND)**

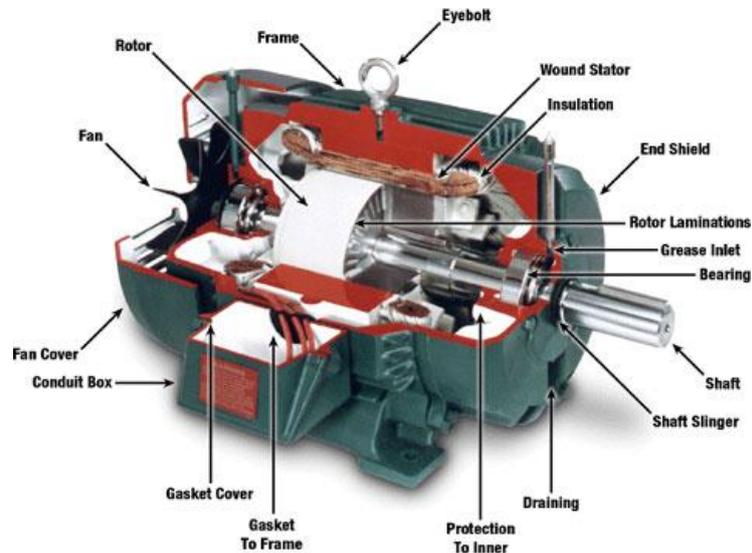


Figura II.XVIII. Motor Compound.

Los motores compuestos tienen un campo serie sobre el tope del bobinado del campo shunt como se ve en la figura. Este campo serie, el cual consiste de pocas vueltas de un alambre grueso, es conectado en serie con la armadura y lleva la corriente de armadura.

El flujo del campo serie varía directamente a medida que la corriente de armadura varía, y es directamente proporcional a la carga. El campo serie se conecta de manera tal que su flujo se añade al flujo del campo principal shunt. Los motores compuestos se conectan normalmente de esta manera y se denominan como compuestos acumulativos.

Esto provee una característica de velocidad la cual no es tan “dura” o plana como la del motor shunt, no tan “suave” como un motor serie. Un motor compuesto tiene un limitado rango de debilitamiento de campo, la debilitación del campo puede resultar en exceder la máxima velocidad segura del motor sin carga. Los motores D.C compuestos son algunas veces utilizados donde se requiera una respuesta estable de torque constante a través de un amplio rango de velocidad.

- **MOTOR SHUNT ESTABILIZADO**

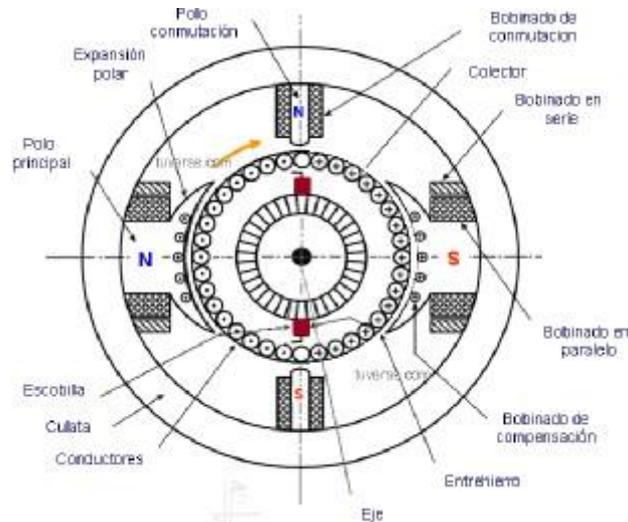


Figura II.XIX. Motor Shunt Estabilizado.

Para vencer la potencial inestabilidad de un motor recto shunt y reducir la “caída” de velocidad de un motor compound, un ligero devanado serie es arrollado sobre el devanado shunt. El flujo del devanado serie aumenta con la corriente de carga y produce un motor estable con una característica de caída de velocidad para todas las cargas.

El devanado serie es llamado un campo estabilizador o “stab” y el motor un motor shunt estabilizado. La regulación de velocidad de un motor shunt estabilizado es típicamente menor al 15%.

La mayoría de los motores Reliance Super RPM y RPM III son shunt estabilizados. Cuando el campo shunt del motor es debilitado para aumentar la velocidad a un nivel de operación mas alto, el flujo del devanado serie llega a ser un porcentaje mayor del flujo total, de manera que a medida que la corriente aumenta, la caída de velocidad es un porcentaje mayor que antes.

En aplicaciones donde la inestabilidad resultante pudiera afectar seriamente el funcionamiento de la maquina (movida por el motor), el campo serie puede desconectarse. En aplicaciones donde los efectos de estabilidad nos son críticos, como en un frenado regenerativo, el campo serie puede utilizarse para mejorar el rendimiento que el provee.

Cuando el campo serie no se conecta, el fabricante del control debe asegurar que la máxima velocidad segura del motor no es excedida y debe reconocer la pérdida de torque que resulta de la operación del motor shunt estabilizado sin el devanado serie.

2.1.4. BANDAS TRANSPORTADORAS.



Figura II.XX. Banda transportadora.

Una banda transportadora es un sistema de transporte continuo formado básicamente por una banda continua que se mueve entre dos extremos.

Las bandas transportadoras se usan principalmente para transportar materiales granulados, agrícolas e industriales, tales como cereales, carbón, minerales, etcétera, aunque también se pueden usar para transportar personas en recintos cerrados (por ejemplo, en grandes hospitales y ciudades sanitarias). A menudo para cargar o descargar buques cargueros o camiones. Para transportar material por terreno inclinado se usan unas secciones llamadas cintas elevadoras. Existe una amplia variedad de cintas transportadoras, que difieren en su modo de funcionamiento, medio y dirección de transporte, incluyendo transportadores de tornillo, los sistemas de suelo móvil, que usan planchas oscilantes para mover la carga, y transportadores de rodillos, que usan una serie de rodillos móviles para transportar cajas o palés.

Las bandas transportadoras se usan como componentes en la distribución y almacenaje automatizados. Combinados con equipos informatizados de manejo de palés, permiten una distribución minorista, mayorista y manufacturera más eficiente, permitiendo ahorrar mano de obra y transportar rápidamente grandes volúmenes en los procesos, lo

que ahorra costes a las empresas que envía o reciben grandes cantidades, reduciendo además el espacio de almacenaje necesario.

Esta misma tecnología se usa en dispositivos de transporte de personas tales como cintas y escaleras mecánicas y en muchas cadenas de montaje industriales. Las distribuidoras suelen contar con cintas transportadoras en las cajas para desplazar los artículos comprados. Las estaciones de esquí también usan bandas transportadoras para remontar a los esquiadores.

2.1.4.1. HISTORIA

Las primeras bandas transportadoras que se conocieron fueron empleadas para el transporte de carbón y materiales de la industria minera. El transporte de material mediante cintas transportadoras, data de aproximadamente el año 1795. La mayoría de estas tempranas instalaciones se realizaban sobre terrenos relativamente plano, así como en cortas distancias.

El primer sistema de banda transportadora era muy primitivo y consistía en una cinta de cuero, lona, o cinta de goma que se deslizaba por una tabla de madera plana o cóncava. Este tipo de sistema no fue calificado como exitoso, pero proporciono un incentivo a los ingenieros para considerar los transportadores como un rápido, económico y seguro método para mover grandes volúmenes de material de un lugar a otro.

Durante los años 20, las instalaciones de la compañía H. C. Frick, demostraron que los transportadores de banda podían trabajar sin ningún problema en largas distancias. Estas instalaciones se realizaron bajo tierra, desde una mina recorriendo casi 8 kilómetros. La banda transportadora consistía de múltiples pliegues de algodón de pato recubierta de goma natural, que eran los únicos materiales utilizados en esos tiempos para su fabricación. En 1913, Henry Ford introdujo la cadena de montaje basada en cintas transportadoras en las fábricas de producción de la Ford Motor Company.

Durante la Segunda Guerra Mundial, los componentes naturales de los transportadores se volvieron muy escasos, permitiendo que la industria de goma se volcara en crear materiales sintéticos que reemplazaran a los naturales. Desde entonces se han desarrollado muchos materiales para aplicaciones muy concretas dentro de la industria,

como las bandas con aditivos antimicrobianos para la industria de la alimentación o las bandas con características resistentes para altas temperaturas.

2.1.4.2. TIPOS DE TRANSPORTADORES

Por la forma en que están contruidos, su principio de operación o su accionamiento podemos dividirlos en varios tipos, siendo los principales:

- **Por gravedad**

Como su nombre lo indica, este dispositivo funciona por la fuerza de gravedad del objeto para que se deslice sobre los rodillos.



Figura II.XXI. Banda transportadora accionada por gravedad.

- **De rodillos por banda**

En este tipo de transportadores los rodillos son accionados o movidos por medio de una banda que los motoriza y transmite movimiento.



Figura II.XXII. Banda transportadora de rodillos.

- **De rodillos accionados por cadena**

En este tipo de transportadores, los rodillos son accionados por medio de una cadena que transmite el movimiento de rodillo a rodillo, este tipo de transportadores es ideal para el manejo de objetos pesados, como pueden ser tarimas, tambos, motores, transmisiones, ejes, turbinas, válvulas, computadoras, muebles, electrodomesticos, transformadores y una variedad infinita de componentes, ensambles y sub-ensambles de cualquier tipo de industria.

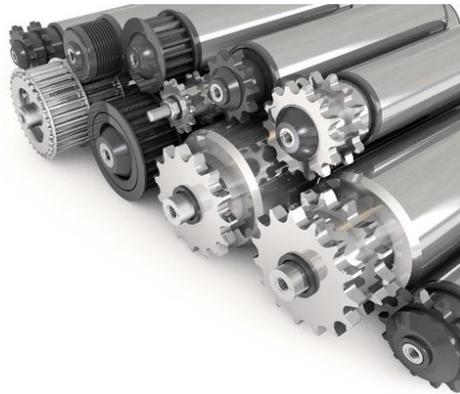


Figura II.XXIII. Banda transportadora de rodillos accionados por cadena.

- **De rodillos triples (para manejo de material a granel).**

Este tipo de transportadores es el más utilizado para el transporte de mineral, granos, agrgados, gravas, semillas, polvos, talcos, etc. comparado con la capacidad de trenes y camiones de carga son de gran capacidad de más de 200 ton de carga, además son los de menor costo para su mantenimiento. El material en este caso en transportado o desplazado por una cinta o banda motorizada por una o mas poleas motrices.



Figura II.XXIV. Banda transportadora de rodillos triples.

Los rodillos que se emplean en este tipo de transportadores se pueden clasificar en tres tipos:

- **Rodillos de carga**

Son los que soportan la carga del traslado del material a lo largo de la banda transportadora, generalmente son de tubo de acero y pueden ser de configuración de carga normal triple (consta de un bastidor y 3 rodillos, uno en posición horizontal al centro y los dos de los extremos colocados en ángulo) que son los más usados, existe una variante llamada de carga en "offset" donde el rodillo central está desplazado ligeramente del centro para ciertas aplicaciones especiales. También los hay de un solo rodillo que se denomina de carga simple.

- **Rodillos de impacto**

Estos rodillos son los que reciben la carga en la cinta transportadora; están ubicados bajo de los chutes o tolvas por donde ingresa la carga, generalmente son hechos de caucho debido a que absorben mejor el impacto.

- **Rodillos de retorno**

Estos rodillos van ubicados en la parte inferior de la estructura de la banda transportadora, y es en ellos donde la cinta se apoya cuando empieza la secuencia de retorno hacia la zona donde va a recibir nuevamente la carga. Dependiendo de la longitud de la cinta transportadora también se colocan rodillos de carga triple autoalineable, que sirven para evitar que la cinta se desalinee a lo largo de su tramo debido al trabajo realizado; así también se pueden colocar en la zona de retorno rodillos autoalineantes para el mismo propósito.

Los diámetros más usados para estos rodillos son de 4", 5", 6" o 7"; estas medidas están relacionadas con la carga que transporta la banda transportadora y la velocidad de la misma.

Los transportadores son utilizados como componentes importantes y en ocasiones necesarios en los procesos de distribución automatizada y almacenamiento. En combinación con equipos computarizados y automatizados permiten que se realice eficientemente el almacenamiento, manufactura, distribución y embarque de materiales

en la industria. Son considerados además, como sistemas que minimizan el trabajo y permiten que grandes volúmenes de materiales o productos sean movidos o desplazados rápidamente a través del los procesos, permitiendo a las empresas embarcar o recibir volúmenes más altos con espacios de almacenamiento mínimos y con un menor costo operación.

Hoy en día el eficiente manejo de materiales es de suma importancia para que las empresas logren mantener bajos sus costos de operación, producción y distribución, es por eso que lo invitamos a introducir o mejorar este tipo de sistemas en sus procesos productivos.

2.1.4.3. VENTAJAS

Las ventajas que tiene la cinta transportadora son:

- Permiten el transporte de materiales a gran distancia
- Se adaptan al terreno
- Tienen una gran capacidad de transporte
- Permiten transportar un variedad grande de materiales
- Es posible la carga y la descarga en cualquier punto del trazado
- Se puede desplazar
- No altera el producto transportado

2.2. MÉTODOS DE TRANSFERENCIA LINEAL.

2.2.1. TIPOS DE TRANSFERENCIA

Existen varios tipos de mecanismos de transferencia:

- **Transferencia lineal.** En estos sistemas, se utilizan cintas transportadoras o rieles con rodillos. Habitualmente, cuando se utilizan rieles con rodillos, las piezas se montan sobre palés o jaulas interconectadas mediante los cuales se empujan unas piezas a otras para avanzar.

- **Por mesas giratorias.** Estos sistemas son utilizados cuando la cantidad de máquinas a alimentar es limitada, disponiéndose cada una para trabajar sobre un sector circular determinado de una mesa giratoria. Al girar la mesa las piezas avanzan de una máquina a la siguiente. La alimentación y retirada de piezas se realiza en el mismo sector circular o en sectores diferentes.
- **Por carriles de suspensión.** Las piezas van colgadas de un transportador que se desplaza por unos rieles.

Control de movimiento y de calidad

El avance de las piezas habitualmente tiene un movimiento discontinuo, alternando entre periodos en movimiento y periodos en reposo.

Existen diversos sistemas para controlar el avance de las piezas, utilizando sensores u otros mecanismos y mediante comunicaciones máquina a máquina.

Entre las operaciones de elaboración realizadas se intercalan operaciones de inspección para controlar la calidad de fabricación.

2.2.2. MECANISMOS

Un mecanismo es un dispositivo que transforma el movimiento producido por un elemento motriz (fuerza de entrada) en un movimiento deseado de salida (fuerza de salida) llamado elemento conducido.

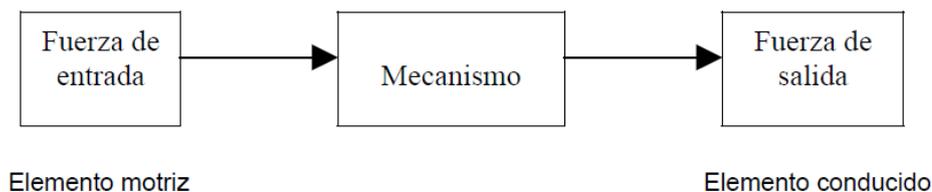


Figura II.XXV. Elementos de un Mecanismo.

Estos elementos mecánicos suelen ir montados sobre los ejes de transmisión, que son piezas cilíndricas sobre las cuales se colocan los mecanismos.

Existen dos grupos de mecanismos:

1. Mecanismos de transmisión del movimiento.
2. Mecanismos de transformación del movimiento.

En estos mecanismos podemos distinguir tres tipos de movimiento.

1. Movimiento circular o rotatorio, como el que tiene una rueda.
2. Movimiento lineal, es decir, en línea recta y de forma continua.
3. Movimiento alternativo: Es un movimiento de ida y vuelta, de vaivén. Como el de un péndulo.

Los mecanismos de transmisión son aquellos en los que el elemento motriz (o de entrada) y el elemento conducido (o de salida) tienen el mismo tipo de movimiento.

Los mecanismos de transformación son aquellos en los que el elemento motriz y el conducido tienen distinto tipo de movimiento.

2.2.2.1. MECANISMOS DE TRANSMISIÓN DEL MOVIMIENTO

Como su nombre indica, transmiten el movimiento desde un punto hasta otro distinto, siendo en ambos casos el mismo tipo de movimiento. Tenemos, a su vez, dos tipos:

1. Mecanismos de transmisión lineal: en este caso, el elemento de entrada y el de salida tienen movimiento lineal.

2. Mecanismos de transmisión circular: en este caso, el elemento de entrada y el de salida tienen movimiento circular.

Tipos:

- a) Palanca: Mecanismo de transmisión lineal.
- b) Sistema de poleas: Mecanismo de transmisión lineal.

- c) Sistema de poleas con correa. Mecanismo de transmisión circular.
- d) Sistema de ruedas de fricción: Mecanismo de transmisión circular.
- e) Sistema de engranajes: Mecanismo de transmisión circular.

Palanca

Es un sistema de transmisión lineal. La palanca es una barra rígida que gira en torno a un punto de apoyo o articulación. En un punto de la barra se aplica una fuerza **F** con el fin de vencer una resistencia **R**.

La ley de la palanca dice: Una palanca está en equilibrio cuando el producto de la fuerza **F**, por su distancia **d**, al punto de apoyo es igual al producto de la resistencia **R** por su distancia **r**, al punto de apoyo.

$$F \cdot d = R \cdot r$$

Hay tres tipos de palanca según donde se encuentre el punto de apoyo, la fuerza **F** y la resistencia **R**.

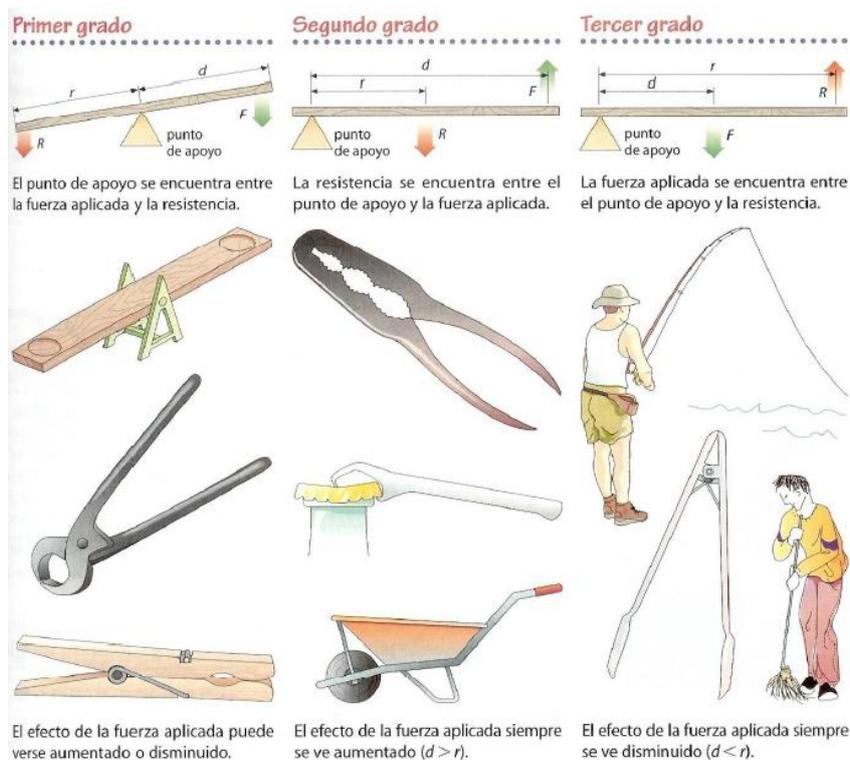


Figura II.XXVI. Tipos de Palanca.

Sistemas de poleas

Una polea es una rueda con una ranura que gira alrededor de un eje por la que se hace pasar una cuerda que permite vencer una resistencia R de forma cómoda aplicando una fuerza F . De este modo podemos elevar pesos hasta cierta altura. Es un sistema de transmisión lineal, pues el movimiento de entrada y salida es lineal.

Tenemos tres casos:

a) Polea fija:

La polea fija, como su nombre indica consta de una sola polea fija a algún lugar. La fuerza F que debo aplicar para vencer una resistencia R es tal que:

Fuerza = Resistencia

Así, si quiero levantar 40 kg de peso, debo hacer una fuerza de 40 kg.

No gano nada, pero es más cómodo.

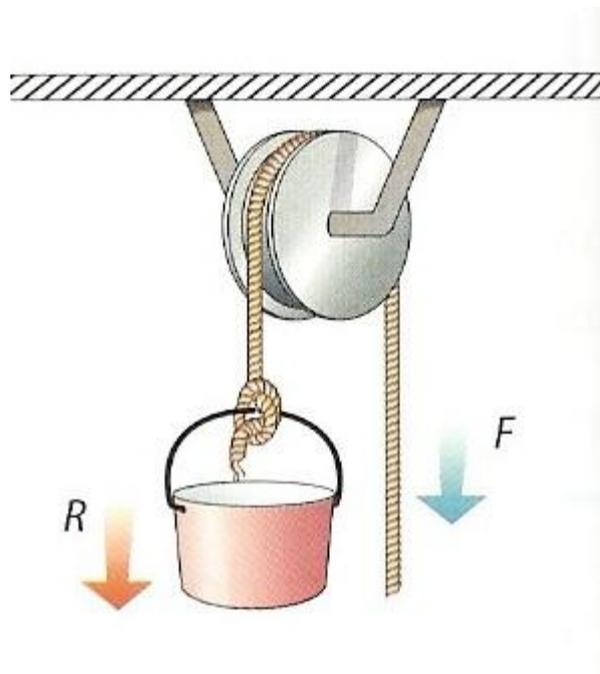


Figura II.XXVII. Polea Fija.

b) Polea móvil

Es un conjunto de dos poleas, una de las cuales es fija y la otra móvil. En una polea móvil la fuerza F que debo hacer para vencer una resistencia R se reduce a la mitad. Por ello, este tipo de poleas permite elevar más peso con menos esfuerzo.

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

c) Polipasto

Es un tipo de polea móvil con un número par de poleas, la mitad son fijas y la otra mitad son móviles. En un polipasto, si quiero vencer una resistencia R debo hacer una fuerza mucho menor, de modo que

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

d) Sistema de ruedas de fricción

Consisten en dos ruedas que se encuentran en contacto. Es un sistema de transmisión circular. Pues la rueda de entrada (motriz) transmite el movimiento circular a una rueda de salida (conducida). El sentido de giro de la rueda conducida es contrario al de la rueda motriz y, siempre, la rueda mayor gira a menor velocidad que la otra. No están muy extendidas porque son incapaces de transmitir mucha potencia, pues se corre el riesgo de que patinen las ruedas.

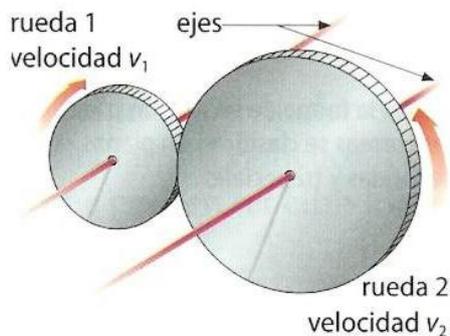


Figura II.XXVIII. Sistema de Ruedas de Fricción.

e) Sistemas de poleas con correa.

Se trata de dos ruedas situadas a cierta distancia, que giran a la vez por efecto de una correa. Las correas suelen ser cintas de cuero flexibles y resistentes.

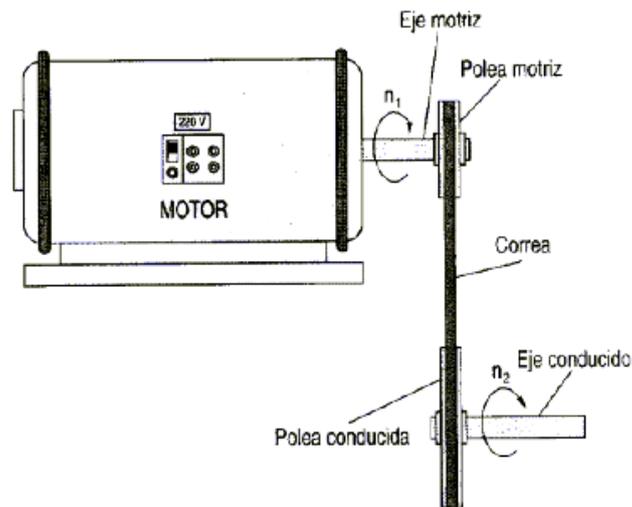


Figura II.XXIX. Poleas con Correa.

Según el tamaño de las poleas tenemos dos tipos:

1. Sistema reductor de velocidad: En este caso, la velocidad de la polea conducida (o de salida) es menor que la velocidad de la polea motriz (o de salida). Esto se debe a que la polea conducida es mayor que la polea motriz.

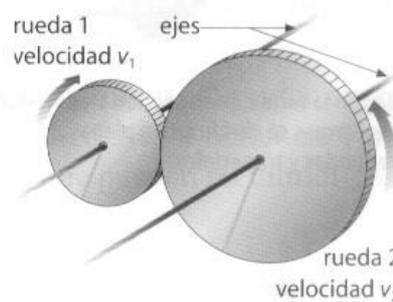


Figura II.XXX. Reductor de Velocidad.

2. Sistema multiplicador de velocidad: En este caso, la velocidad de la polea conducida es mayor que la velocidad de la polea motriz. Esto se debe a que la polea conducida es menor que la polea motriz.

La velocidad de las ruedas se mide normalmente en revoluciones por minuto (rpm) o vueltas por minuto.

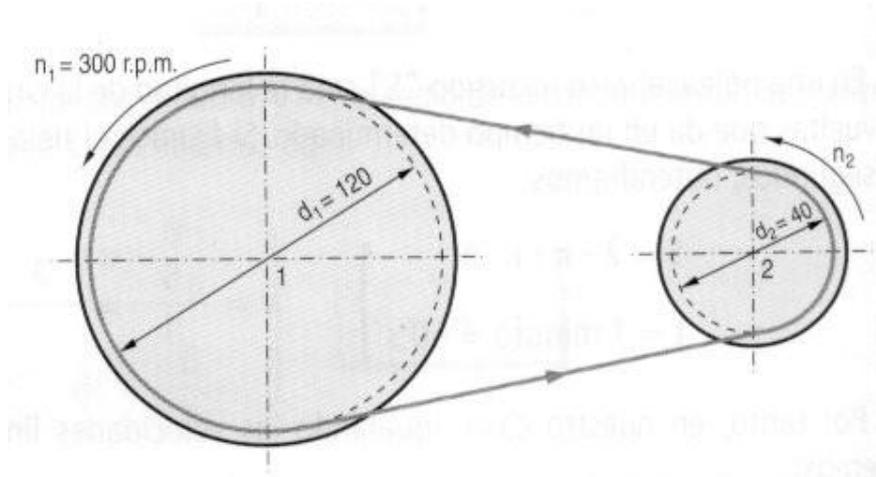


Figura II.XXXI. Multiplicador de Velocidad.

Definición: Definimos la relación de transmisión (i) como la relación que existe entre la velocidad de la polea salida (n_2) y la velocidad de la polea de entrada (n_1).

$$i = n_2 / n_1$$

La relación de transmisión, como su nombre indica, es una relación de dos cifras, no una división.

Ejemplo 1: Supongamos un sistema reductor de modo que

n_1 = velocidad de la polea motriz (entrada) es de 400 rpm.

n_2 = velocidad de la polea motriz (entrada) es de 100 rpm.

En este caso, la relación de transmisión es:

$$i = n_2 / n_1 = 100 / 400 = \frac{1}{4} \text{ (tras simplificar)}$$

Una relación de transmisión 1:4 significa que la velocidad de la rueda de salida es cuatro veces menor que la de entrada.

Transmisión por engranajes

Los engranajes son ruedas dentadas que encajan entre sí, de modo que, unas ruedas transmiten el movimiento circular a las siguientes.

El tamaño de los dientes de todos los engranajes debe ser igual.

Los engranajes giran de modo que, los más pequeños giran a mayor velocidad, de modo similar al caso del sistema de poleas con correa. En este caso, en lugar de tener en cuenta el diámetro de la polea, se tienen en cuenta el número de dientes de cada rueda.

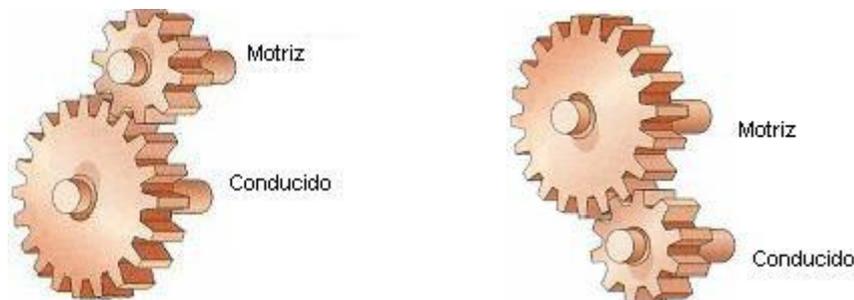


Figura II.XXXII. Transmisión por engranajes.

Fíjate en el dibujo de la izquierda: Supongamos que, en este caso, la rueda mayor es la rueda motriz (entrada) y la rueda conducida es la menor. En este caso:

- La rueda de entrada tiene 20 dientes. ($Z_1 = 20$).
- La rueda de salida tiene 10 dientes. ($Z_2 = 10$)

Se puede intuir que la rueda conducida, que tiene la mitad de dientes que la motriz, girará al doble de velocidad.

Se puede calcular las velocidades de los engranajes a partir de los tamaños de las mismas

$$n_1 \cdot Z_1 = n_2 \cdot Z_2$$

Siendo:

n_1 = velocidad del engranaje de entrada

n_2 = velocidad del engranaje de salida

Z_1 = número de dientes del engranaje de entrada

Z_2 = número de dientes del engranaje de salida

Los engranajes tienen la ventaja de que transmiten movimiento circular entre ejes muy próximos y además transmiten mucha fuerza (porque los dientes no deslizan entre sí), al contrario que con el sistema de poleas con correa.

La relación de transmisión (i) en un sistema de engranajes se puede calcular del siguiente modo:

$$i = Z_1 / Z_2$$

O también como...

$$i = n_2 / n_1$$

Normalmente al engranaje mayor se le llama rueda y al menor piñón.

Al igual que con el sistema de poleas con correa, hay dos tipos de sistemas de transmisión por engranajes.

a) Reductor: El piñón es el engranaje motriz y la rueda es el engranaje conducido. En este caso, la velocidad de salida (rueda) es menor que la velocidad de entrada (piñón).

b) Multiplicador: El piñón es el engranaje conducido y la rueda es el engranaje motriz. En este caso, la velocidad de salida (piñón) es mayor que la velocidad de entrada (rueda).

Tren de sistema de poleas y engranajes

Un tren de un sistema de poleas con correa consiste en la combinación de más de dos poleas.

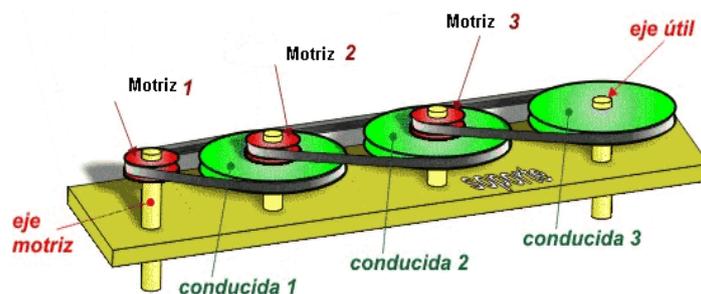


Figura II.XXXIII. Tren de Poleas y Engranajes.

La rueda de entrada del sistema de poleas es la motriz 1 y la rueda de salida es la conducida 3.

En este caso hay cuatro ejes de transmisión. El movimiento circular del eje motriz se transmite al eje 2 a través de la polea motriz 1 y la conducida 1. Las poleas motriz 2 y conducida 1 está acopladas al mismo eje, giran a igual velocidad. La polea motriz 2 transmite el movimiento a la conducida 2 gracias a la acción de otra correa. Las poleas motriz 3 y conducida 2 giran a igual velocidad porque comparten el mismo eje. Por último y gracias a una tercera correa el movimiento circular se transmite desde la motriz 3 a la conducida 3.

Se puede observar el movimiento circular se va reduciendo más a medida que añadimos más poleas y más correas, pues el tren de poleas lo constituyen en realidad tres reductores.

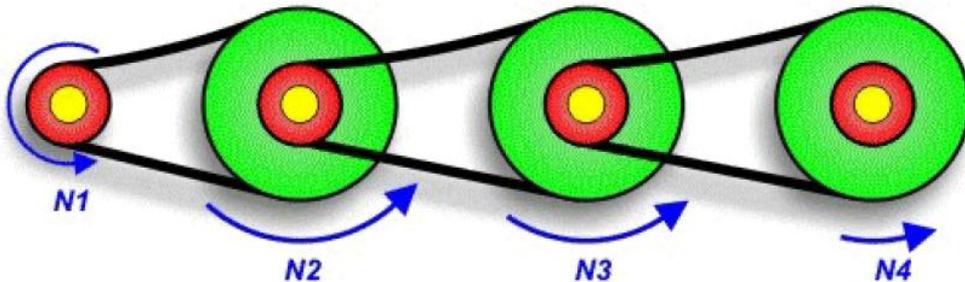


Figura II.XXXIV. Movimiento de un tren de Poleas con Correas.

n_1 = velocidad de la polea motriz 1

n_2 = velocidad de la polea conducida 1 = velocidad de la polea motriz 2

n_3 = velocidad de la polea conducida 2 = velocidad de la polea motriz 3

n_4 = velocidad de la polea conducida 3

La relación de transmisión del sistema es...

$$i = n_4 / n_1$$

Se puede hallar esta relación de transmisión a partir de la relación de transmisión de cada par de poleas

$$i = i_1 \cdot i_2 \cdot i_3$$

Engranajes con cadena

Este sistema de transmisión consiste en dos ruedas dentadas de ejes paralelos, situadas a cierta distancia la una de la otra, y que giran a la vez por efecto de una cadena que engrana a ambas. Es el mecanismo que emplean las bicicletas. La relación de transmisión se calcula como en el caso de los engranajes.

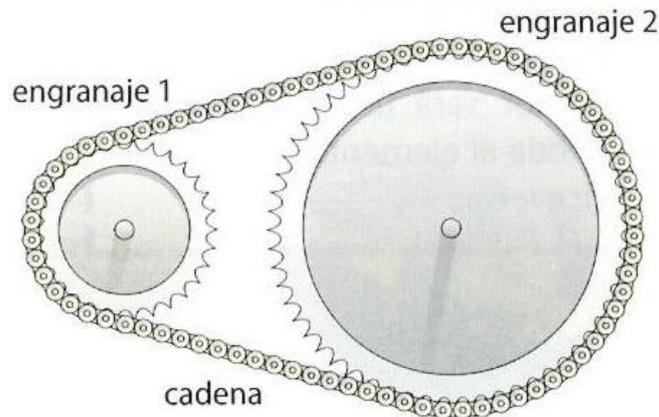


Figura II.XXXV. Engranajes con Cadenas.

Tornillo sinfín

Se trata de un tornillo que se engrana a una rueda dentada, cuyo eje es perpendicular al eje del tornillo. Por cada vuelta del tornillo sinfín acoplado al eje motriz, la rueda dentada acoplada al eje de arrastre gira un diente.

Este sistema tiene una relación de transmisión muy baja, es decir, es un excelente reductor de velocidad. Se emplea, por ejemplo, en las clavijas que tensan las guitarras.

El elemento motriz es el tornillo y el elemento conducido es la rueda dentada. Nunca a la inversa.

Si la rueda de salida tiene **Z** dientes, la relación de transmisión de este sistema se calcula como...

$$i = 1/Z$$

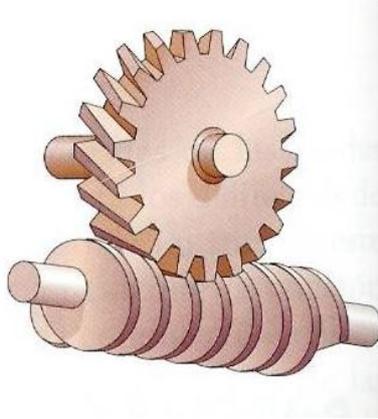


Figura II.XXXVI. Tornillo sinfín.

En este ejemplo de tornillo sinfín, la rueda dentada tiene 20 dientes: Así pues, la relación de transmisión es...

$i = 1/20$, es decir, por cada 20 vueltas que gire el tornillo, la rueda sólo gira una vuelta.

2.2.3. APLICACIONES.

Los mecanismos de transferencia se utilizan cuando es técnica y económicamente viable. Un sistema de transferencia tiene un alto coste de adquisición y de mantenimiento, pero requieren menos mano de obra durante en las operaciones de carga y descarga de las máquinas una a una y de transporte. Sólo son utilizadas cuando se fabrican lotes numerosos de productos similares con volúmenes altos de producción.

La aplicación de mecanismos de transferencia abarca diversos sectores industriales. Algunos ejemplos son:

- Industria del automóvil: tanto en la fabricación de componentes, como bloques de motor, válvulas, etc., como en el montaje de piezas.
- Industria de la alimentación: envasado de productos líquidos, fabricación de alimentos precocinados, bollería industrial, etc.
- Otros: industrias tabacaleras.

2.2.4. CONTROL.

En muchos procesos industriales la función de control es realizada por un operario (ser humano), este operario es el que decide cuando y como manipular las variables de modo tal que se obtenga una cadena productiva continua y eficiente.

La eficiencia productiva implica el constante aumento de los niveles de producción de la maquinaria instalada, el mejoramiento de la calidad del producto final, la disminución de los costos de producción, y la seguridad tanto para el personal como para los equipos. Para lograr esto es necesario que los procesos productivos se realicen a la mayor velocidad posible y que las variables a controlar estén dentro de valores constantes.

Debido a estas exigencias, la industria ha necesitado de la utilización de nuevos y más complejos procesos, que muchas veces el operario no puede controlar debido a la velocidad y exactitud requerida, además muchas veces las condiciones del espacio donde se lleva a cabo la tarea no son las más adecuadas para el desempeño del ser humano.

Frente a este panorama, surge la automatización y los sistemas de control como una solución que va a permitir llevar a la producción a estándares de calidad mucho mejores.

Actualmente en el mundo, se ve una introducción de las computadoras y de la microelectrónica en la industria y en la sociedad, esto trae consigo una extensión del campo de la automatización industrial ya que permite a través del manejo de la información (señales, datos, mediciones, etc.) transformar los mecanismos de producción y procesos productivos de algunas industrias.

Se continúa y extiende a sí el proceso de automatización electromecánica que se inicia a principios del siglo, la nueva era de la automatización se basa en la fusión de la electrónica con los antiguos mecanismos automáticos que funcionaban utilizando diferentes medios mecánicos neumáticos, etc. Dando origen a los robots, a las máquinas y herramientas computarizadas, a los sistemas flexibles de producción. Para el diseño y control de la producción se desarrollaron programas de computación para el dibujo (CAD), para asistir el diseño (CADICAE), para la manufactura (CAM), para asistir el manejo de proyectos, para asistir la planeación de requerimientos, para la programación de la producción, para el control de calidad, etc.

Definiciones Básicas

- **CONTROL:** Acción ejercida con el fin de poder mantener una variable dentro de un rango de valores predeterminados.
- **SISTEMA DE CONTROL:** Conjunto de equipos y componentes, que van a permitir llevar a cabo las operaciones de control.
- **OPERACIONES DE CONTROL:** Conjunto de acciones que buscan mantener una variable dentro de patrones de funcionamiento deseados.
- **CONTROL AUTOMÁTICO:** Es el desarrollo de la acción de control, sin la participación directa de un ser humano (operario).
- **AUTOMÁTICO:** Es todo aquello que se mueve, regula, y opera, por sí solo, independiente del medio que lo rodea.
- **AUTOMATIZACIÓN:** Consiste de un sistema de control automático, por el cual el sistema verifica su propio funcionamiento, efectuando mediciones y correcciones sin la interferencia del ser humano.
- **SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN:** Conjunto de equipos, sistemas de información, y procedimientos que van a permitir asegurar un desempeño independiente del proceso, a través de operaciones de control y supervisión.
- **SUPERVISIÓN Y MONITOREO:** Es el proceso de lectura de valores de las diversas variables del proceso, con el objetivo de identificar el estado en el que se viene desarrollando el proceso en un tiempo actual.

2.2.4.1. ELEMENTOS DE UN SISTEMAS DE CONTROL

Elementos de Control en Procesos Industriales

Dependiendo del tipo de proceso industrial y la función de control requerida, los sistemas de control van desde los más simples como mantener el nivel de agua o de temperatura en un tanque, hasta los más complicados en los cuales se hace uso de equipos sofisticados y conjuntos de algoritmos de control optimal, control robusto, inteligencia artificial, etc.

Se realiza el control de un proceso, cuando es posible regular el valor de la variable de salida, variando el valor de la señal de control.

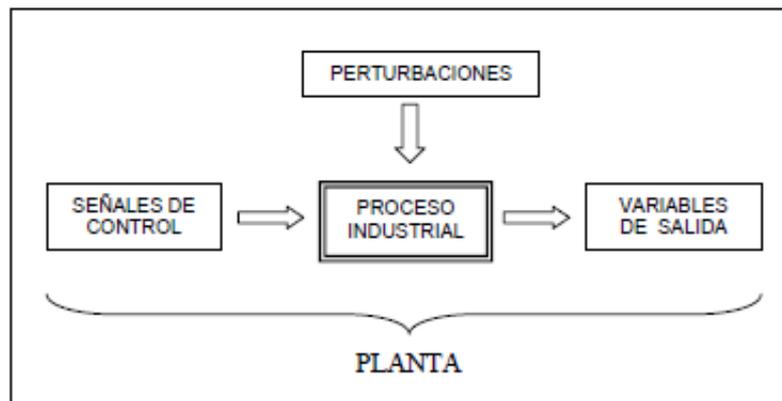


Figura II.XXXVII. Elementos de un Proceso Industrial.

Planta: Es el ambiente donde se encuentran los equipos y donde se lleva a cabo el proceso. Se puede decir que es el conjunto de objetos físicos, en los cuales es necesario desarrollar acciones especialmente organizadas con el fin de lograr los resultados de funcionamiento y performance deseados; estos objetos van a ser controlados por medio de "acciones".

Señales de control: Son aquellas acciones elaboradas por el sistema de control, o dadas por un operario, a través de las variables manipuladas (por ejemplo si se desea mantener un tanque a una temperatura constante, se deberá manipular el nivel de voltaje que recibe la resistencia que brinda calor al tanque).

Perturbaciones: Son aquellas acciones que no dependen del sistema de control ni del operario, pero intervienen positiva o negativamente en el proceso (por ejemplo para el caso anterior si se desea mantener una temperatura constante en un tanque, la temperatura ambiental actuará e interferirá con el calor del tanque)

Variables de salida: Son aquellas que caracterizan el estado de los procesos dentro de la planta, estas variables son guiadas por variables controladas. Por ejemplo, si se cuenta con un recipiente de agua en el cual la variable de salida será el nivel, entonces la variable controlada será el flujo de líquido que ingresa al recipiente.

Proceso industrial: Es la sucesión de cambios graduales (en el tiempo) de materia y energía, todo proceso implica una transformación; generalizando se puede decir que es

todo fenómeno físico que se puede medir y controlar. Pueden ser procesos continuos (siderúrgicos, petroquímicos), procesos de manufactura (embotelladoras, confección de textiles), procesos de servicio (distribución de agua), y procesos híbridos (reciclaje de vidrio).

2.2.4.2. ELEMENTOS DE UN SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO.

Adicionalmente a los componentes anteriores, se encuentran aquellos que le van a dar la particularidad de ser automático, es decir, el sistema de control va a actuar independiente del operario y va a determinar por sí mismo los mejores valores para las señales de control.

Para ello se contará con una referencia, que es un valor dado por el operario, este valor es fijo y depende del tipo de proceso y de las exigencias que este amerite; es conocido como "set-point", este valor es el que se desea alcanzar y mantener.

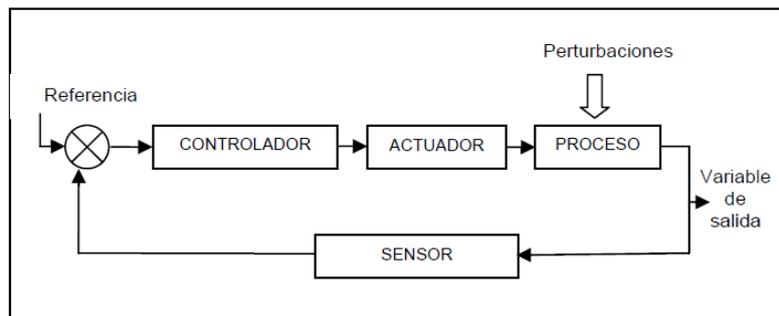


Figura II.XXXVIII. Elementos de un Sistema de Control Automático.

CONTROLADOR: Es aquel instrumento que compara el valor medido con el valor deseado, en base a esta comparación calcula un error (diferencia entre valor medido y deseado), para luego actuar a fin de corregir este error. Tiene por objetivo elaborar la señal de control que permita que la variable controlada corresponda a la señal de referencia.

Los controladores pueden ser de tipo manual, neumático, electrónico; los controladores electrónicos más usados son: computadoras con tarjetas de adquisición de datos, PLC (controladores lógicos programables), microcontroladores (PIC).

El tipo de controlador más común es el PLC, el cual es un equipo electrónico basado en microprocesadores, hace uso de memorias programables y regrabables (RAM), en donde se almacenan instrucciones a manera de algoritmos que van a permitir seguir una lógica de control. Contiene interfaces que le permiten manejar gran número de entradas y salidas tanto analógicas como digitales.

ACTUADOR: Es aquel equipo que sirve para regular la variable de control y ejecutar la acción de control, es conocido como elemento final de control, estos pueden ser de 3 tipos :

- **Actuadores eléctricos:** Son usados para posicionar dispositivos de movimientos lineales o rotacionales. Ej. motor, relé, switch, electroválvulas.
- **Actuadores neumáticos:** Trabajan con señales de presión, estas señales son convertidas a movimientos mecánicos. Ej. Pistones neumáticos, válvulas.
- **Actuadores hidráulicos:** Operan igual a los neumáticos, son usados en tareas que requieren mayor fuerza por ejemplo levantar compuertas, mover grúas, elevadores, etc. Ej. pistones hidráulicos.

PROCESO: Esta referido al equipo que va a ser automatizado, por ejemplo puede ser una bomba, tolva, tanque, compresor, molino, intercambiador de calor, horno, secador, chancadora, caldera, etc.

Características dinámicas de las variables de proceso:

- **Inercia:** Propiedad de los cuerpos que les permite no variar su estado estacionario sin la intervención de una fuerza extraña; por ejemplo algunos sistemas de flujo de fluidos en los cuales la masa puede ser acelerada.
- **Resistencia y Capacidad:** Se denomina resistencia a aquellas partes con cualidades de resistir la transferencia de energía o masa, y se denomina capacidad a aquellas partes del proceso con tendencia a almacenar masa o energía.
- **Atraso de transporte:** Es el movimiento de masas entre dos puntos que ocasiona un tiempo muerto.

Respuesta de los procesos frente a una perturbación:

- Las respuestas están casi siempre caracterizadas por dos constantes: una constante de tiempo (τ) y una ganancia estática. La ganancia es la amplificación o atenuación de la perturbación en el interior del proceso y no tiene interferencia con las características de tiempo de respuesta. La constante de tiempo es la medida necesaria para ajustar una perturbación en la entrada y puede ser expresada como $\tau = (\text{resistencia}) \times (\text{capacidad})$.

Tipos de Variables

Se define como variables a todo aquel parámetro físico cuyo valor puede ser medido. Puede ser:

- **Variable Controlada:** Es aquella que se busca mantener constante o con cambios mínimos. Su valor debe seguir al set-point.
- **Variable Manipulada:** A través de esta se debe corregir el efecto de las perturbaciones. Sobre esta se colocará el actuador
- **Variable Perturbadora:** Esta dado por los cambios repentinos que sufre el sistema y que provocan inestabilidad.
- **Variable Medida:** Es toda variable adicional, cuyo valor es necesario registrar y monitorear, pero que no es necesario controlar.

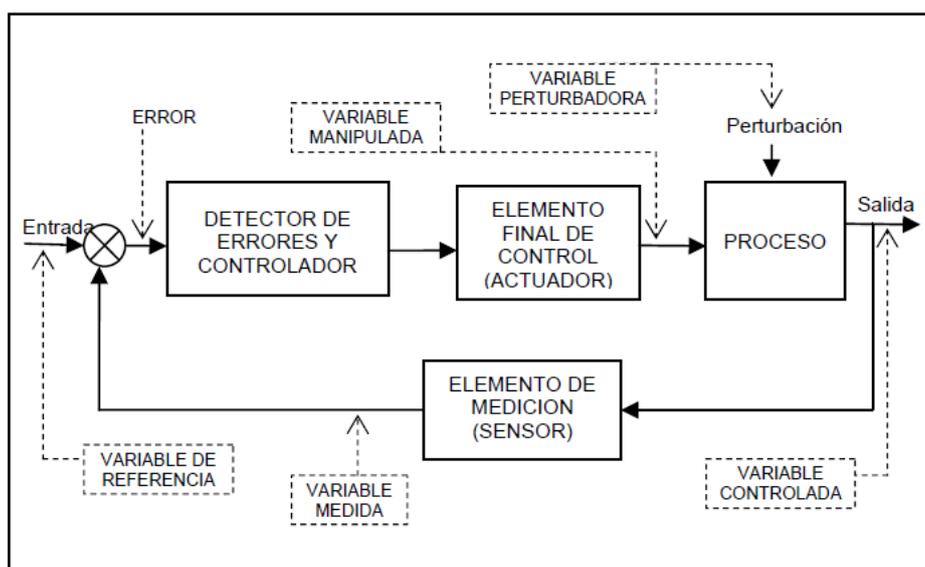


Figura II.XXXIX. Intercambiador de Calor.

Var. Controlada	Si ingresa agua fría y sale agua caliente, entonces se busca controlar la temperatura del agua que sale, cuya temperatura estará dado por un set-point
Var. Manipulada	El calor dentro del intercambiador depende del suministro de valor caliente, por tanto será el flujo de vapor caliente, cuyo actuador es la válvula de vapor
Var. Perturbadora	No se conoce la temperatura ni la presión del agua que ingresa, por tanto, estos pueden afectar a la salida
Var. Medida	Se puede medir por ejemplo la temperatura del vapor caliente

Tabla II.I. Tipos de Variables de los Sistemas de Control.

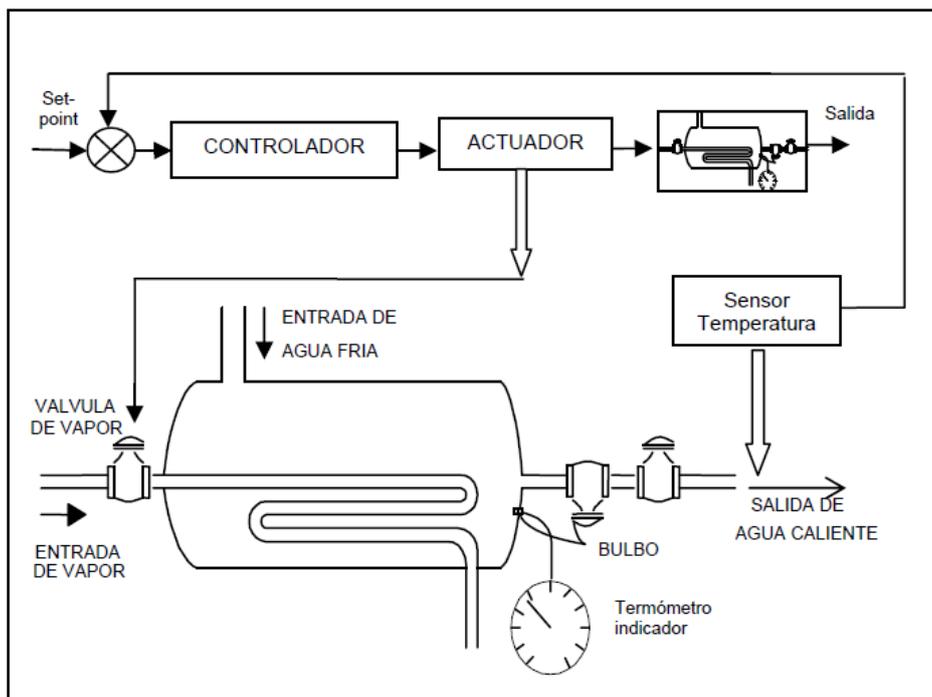


Figura II.XL. Intercambiador de calor automatizado.

2.2.4.3. TIPOS DE SISTEMAS DE CONTROL

En base a su principio de funcionamiento los sistemas de control pueden emplear o no, información acerca de la planta, a fin de elaborar o no, estrategias de supervisión y control, se cuenta con dos tipos de sistemas de control: de lazo abierto y de lazo cerrado.

Sistemas de Control de Lazo Abierto (Open loop)

Un sistema de control de lazo abierto es aquel en el cual no existe realimentación, del proceso al controlador.

Algunos ejemplos de este tipo de control están dados en los hornos, lavadoras, licuadoras, batidoras, etc.

Su principal ventaja consiste en su facilidad para implementar, además son económicos, simples, y de fácil mantenimiento.

Sus desventajas consisten en que no son exactos, no corrigen los errores que se presentan, su desempeño depende de la calibración inicial.

Se representa a través del siguiente diagrama de bloques:

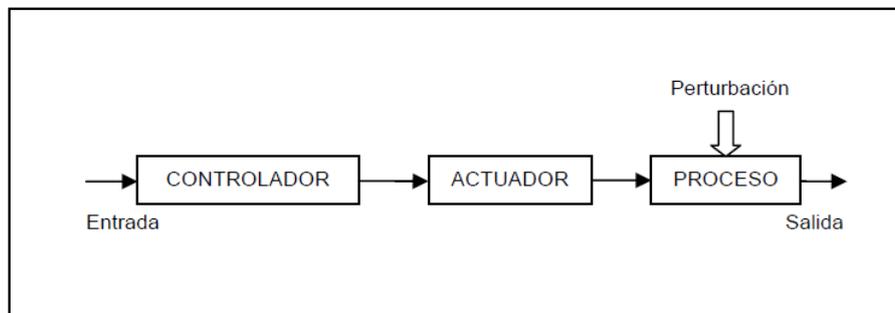


Figura II.XLI. Sistema de Control de Lazo Abierto.

Sistemas de Control de Lazo Cerrado

Un sistema de control de lazo cerrado, es aquel en donde la señal de salida o parte de la señal de salida es realimentada y tomada como una señal de entrada al controlador.

Existen dos tipos: de realimentación positiva, y de realimentación negativa.

Realimentación Positiva: Es aquella en donde la señal realimentada se suma a la señal de entrada. Se conoce también como regenerativa, no se aplica en el campo de control de procesos industriales. Un ejemplo es el caso de los osciladores.

Se representa a través del siguiente

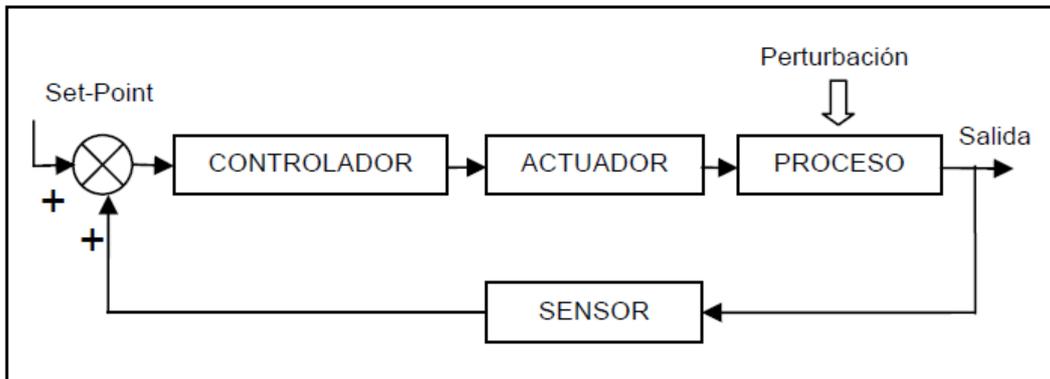


Figura II.XLII. Sistema de Control de Lazo Cerrado con Realimentación Positiva.

Realimentación Negativa: Es aquella en donde la señal realimentada, se resta de la señal de entrada, generando un error, el cual debe ser corregido. Este es el caso común utilizado en el campo del control de procesos industriales.

Se representa a través del siguiente diagrama de bloques:

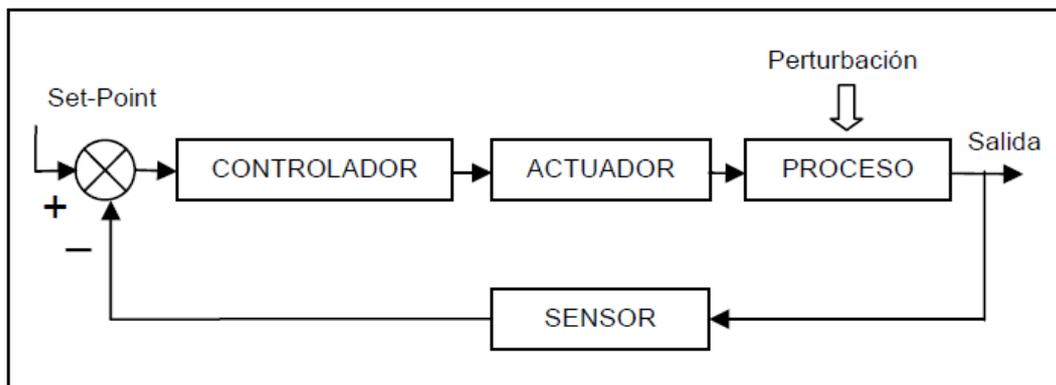


Figura II.XLIII. Sistema de Control de Lazo Cerrado con Realimentación Negativa.

Sistemas en Tiempo Continuo y Tiempo Discreto

Los sistemas en tiempo continuo, son aquellos cuyo campo de evaluación se realiza en un lapso de tiempo permanente y sin pausas, en cambio un sistema en tiempo discreto es aquel que es evaluado durante pequeños lapsos de tiempo intermitentes denominados períodos de muestreo.

El análisis matemático en sistemas continuos se lleva a cabo en el dominio de Laplace, y para sistemas discretos se emplea la Transformada Z

2.2.4.4. CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE CONTROL.

Los sistemas de control pueden ser clasificados, basándose en varios criterios, así pues, podemos tener las siguientes clasificaciones:

Según su dimensión.

- **Sistemas de parámetros concentrados:** Son aquellos que pueden ser descritos por ecuaciones diferenciales ordinarias. También son conocidos como sistemas de dimensión finita.
- **Sistemas de parámetros distribuidos:** Son aquellos que requieren ecuaciones en diferencia (ecuaciones diferenciales con derivadas parciales). También son conocidos como sistemas de dimensión infinita.

Según el conocimiento de sus parámetros.

- **Sistemas determinísticos:** En estos sistemas se conocen exactamente el valor que corresponde a los parámetros. Por ejemplo un circuito RLC encargado de suministrar tensión a un equipo.
- **Sistemas estocásticos:** En este caso, la forma de conocer algunos o todos los valores de los parámetros, es por medio de métodos probabilísticas. Por ejemplo un horno o caldero que ha acumulado sarro y otras impurezas (las cuales no tienen una función matemática conocida).

Según el carácter de transmisión en el tiempo.

- **Sistemas continuos:** Son aquellos descritos mediante ecuaciones diferenciales, donde las variables poseen un valor para todo tiempo posible dentro de un intervalo de tiempo finito. Está referido a las señales analógicas, y su comportamiento matemático es similar a una onda continua. Por ejemplo un proceso de llenado de balones de gas.

- **Sistemas discretos:** Son aquellos descritos mediante ecuaciones en diferencia, y solo poseen valores para determinados instantes de tiempo, separados por intervalos dados por un período constante. Está referido a las señales digitales, y su comportamiento matemático es similar a un tren de pulsos . Por ejemplo el encendido y apagado de un switch que acciona una alarma.

Según la presencia de linealidad

- **Sistemas lineales:** Son aquellos cuyo comportamiento está definido por medio de ecuaciones diferenciales lineales, es decir, los coeficientes son constantes o funciones de la variable independiente. Deben cumplir con el principio de superposición. Por ejemplo un amplificador de señales.
- **Sistemas no lineales:** En caso de que una o más de las ecuaciones diferenciales no sea lineal, todo el sistema será no lineal. También se considerará como sistema no lineal a aquellos para los cuales el principio de superposición no sea válido. Por ejemplo el calentamiento de un horno.

Según el comportamiento en el tiempo

- **Sistemas invariantes en el tiempo:** Ocurre cuando todos sus parámetros son constantes, y por tanto se mantiene en un estado estacionario permanentemente. Se define por ecuaciones diferenciales cuyos coeficientes son constantes. Por ejemplo la mezcla de sustancias dentro de un tanque que siempre contiene la misma cantidad y tipo de elementos.
- **Sistemas variantes en el tiempo:** Ocurre cuando uno o más de sus parámetros varía en el tiempo, y por lo tanto no se mantiene en estado estacionario. Se define por ecuaciones diferenciales cuyos coeficientes son funciones del tiempo. Por ejemplo para un motor de un vehículo de carrera, la masa del vehículo va a variar por acción del consumo de combustible.

Según sus aplicaciones

- **Sistemas servomecanismos:** Son aquellos en donde la variable controlada es la posición o el incremento de la posición con respecto al tiempo. Por ejemplo un mecanismo de control de velocidad, un brazo robótico, etc.
- **Sistemas secuenciales:** Son aquellos en donde un conjunto de operaciones preestablecidas es ejecutada en un orden dado. Por ejemplo el arranque y parada de un motor, la conmutación delta-estrella de un motor, etc.
- **Sistemas numéricos:** Esta referido a sistemas de control que almacenan información numérica, la cual incluye algunas variables del proceso codificadas por medio de instrucciones. Por ejemplo tornos, taladros, esmeriles, los cuales almacenan información referente a posición, dirección, velocidad, etc.

2.2.4.5. CARACTERÍSTICAS DEL CONTROL

Existe formas y métodos a través de los cuales los sistemas de control pueden ser representados por medio de funciones matemáticas, esta representación recibe el nombre de Modelamiento Matemático, este modelo describirá las características dinámicas del sistema a través de ecuaciones diferenciales. El modelamiento puede ser:

- **Analítico:** Cuando se aplica las leyes físicas correspondientes a cada componente del sistema, que en conjunto forman una estructura o función matemática.
- **Experimental :** Consiste en la identificación de los parámetros, mediante el análisis de datos de entrada y salida, estimando valores posibles que se ajusten al sistema

A partir del modelamiento matemático, aplicando formulas matemáticas, teoremas, y transformadas, se puede llegar a una función que represente la relación entre la salida y entrada del sistema, esta función se denomina Función de Transferencia.

El proceso experimental es denominado "Identificación de Sistemas", y corresponde a la planta o proceso que se desea analizar, consiste en recoger datos de la variable de salida con su correspondiente dato de entrada que provocó dicha salida, para luego mediante algoritmos matemáticos aproximar una función de transferencia, la cual debe general

una salida (estimada) similar a la salida sensada, y dependiendo de la diferencia entre ambas (error) se dará validez a la función obtenida, o se tendrá que recalcular con nuevos valores en los algoritmos matemáticos de análisis.

El análisis de un sistema que se desea controlar, significa analizar su comportamiento dinámico en el tiempo, partiendo de sus características matemáticas se puede llegar a conclusiones respecto al funcionamiento del sistema, tanto aislado como dentro de un lazo cerrado, afectado por ruido y gobernado por un controlador. Para conocer dicho funcionamiento se debe llegar a conclusiones puntuales respecto a las siguientes características.

ESTABILIDAD: Se dice que un sistema es estable cuando después de transcurrido un tiempo "t", su valor de respuesta (salida) permanece constante. A este tiempo se le denomina "tiempo de establecimiento (time setting)", y al valor alcanzado se le denomina "valor en estado estable (steady state value)", el cual puede ser un valor oscilante dentro de un margen porcentual mínimo, definido a criterio del programador. Un sistema se considera inestable cuando su respuesta luego de transcurrido un tiempo "t" se mantiene oscilando, variando entre un rango de valores periódicos o simplemente se obtiene cualquier valor aleatorio. El siguiente gráfico muestra dos curvas, una de un sistema estable, y la otra de un sistema inestable, logradas luego de aplicar una entrada escalón unitario.

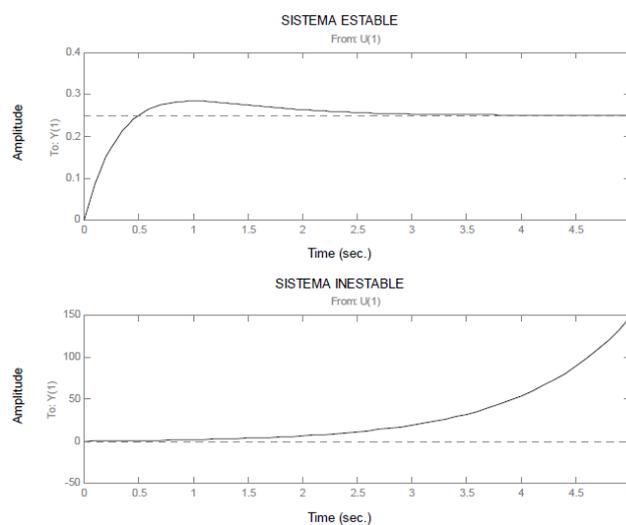


Figura II.XLIV. Sistemas Estables e Inestables.

EXACTITUD: La exactitud del sistema se mide en base a la desviación existente entre el valor deseado (referencia) y el valor real obtenido en la respuesta del sistema (valor en estado estable), a esta diferencia se le denomina "error en estado estable".

VELOCIDAD DE RESPUESTA: Esta característica indica que tan rápidamente es capaz de llegar el sistema, a su valor en estado estable o estacionario. La gráfica siguiente muestra los tipos de respuesta que se puede obtener en función de la velocidad de respuesta.

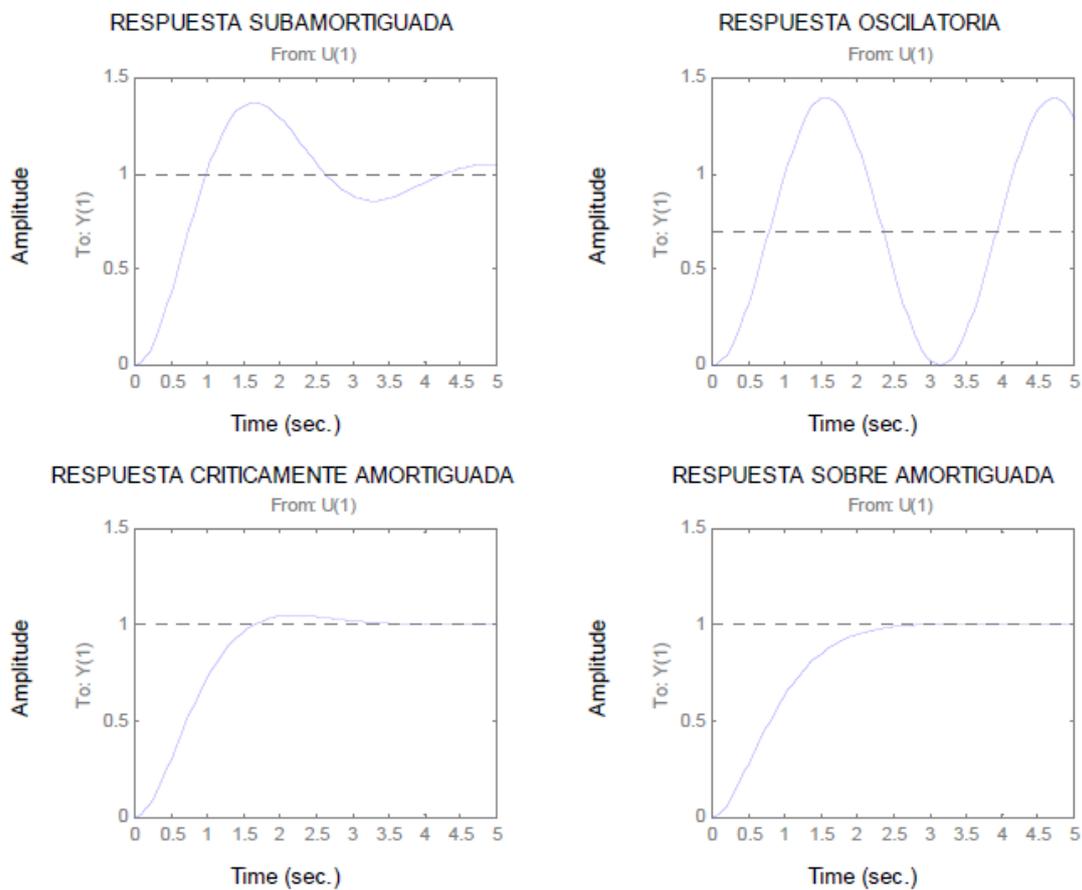


Figura II.XLV. Tipos de Velocidad de Respuesta.

- **SENSIBILIDAD:** Este concepto explica la dependencia de unas variables con respecto a otras, puesto que en un sistema habrá algunas variables manipuladas, otras controladas, y otras perturbadoras, es inevitable que la acción de una repercuta sobre las otras, por ello la necesidad de conocer e identificar cada variable a fin de conocer su naturaleza antes mencionada.

- **ALCANZABILIDAD:** Cuando un sistema cuenta con esta característica, entonces mediante un controlador se puede llevar este sistema desde un estado inicial hasta otro estado cualquiera, en un tiempo finito
- **CONTROLABILIDAD:** Un sistema es controlable cuando es posible llevar al sistema a una posición de equilibrio, al aplicarle una entrada y transcurrido un período de tiempo finito.
- **OBSERVABILIDAD:** Se dice que un sistema es de rango completo observable, si mediante la observación de la salida "y" es posible determinar cualquier estado $x(t)$, en un tiempo finito.

Características Dinámicas

Las características dinámicas de una planta están dadas por el comportamiento que esta presenta ante una entrada (escalón, senoidal, rampa, onda cuadrada, pseudo aleatorio, etc.). Cuando las entradas no son fijas sino que varían en el tiempo, entonces también la respuesta del sistema tendrá que variar en el tiempo.

Existen diversas técnicas para analizar y caracterizar el comportamiento dinámico de una planta, los métodos más conocidos son los siguientes:

- Ecuaciones diferenciales
- Análisis de respuesta en frecuencia
- Caracterización frente a entradas típicas
- Variables de estado
- Ubicación geométrica de polos y ceros

Muchos sistemas presentan un retardo o tiempo muerto, definido como el lapso de tiempo en que el sistema siendo sometido a una entrada, no ofrece ninguna salida. Por tanto se considera que a ciertos sistemas les toma cierto tiempo responder a los estímulos.

Los retardos son propios de procesos lentos como: procesos de transporte, de temperatura, etc., y también se presenta en sistemas controlados a distancia.

La siguiente gráfica muestra la respuesta de un sistema ante una entrada, en donde se aprecia una zona en la cual no se produce respuesta alguna por parte del sistema.

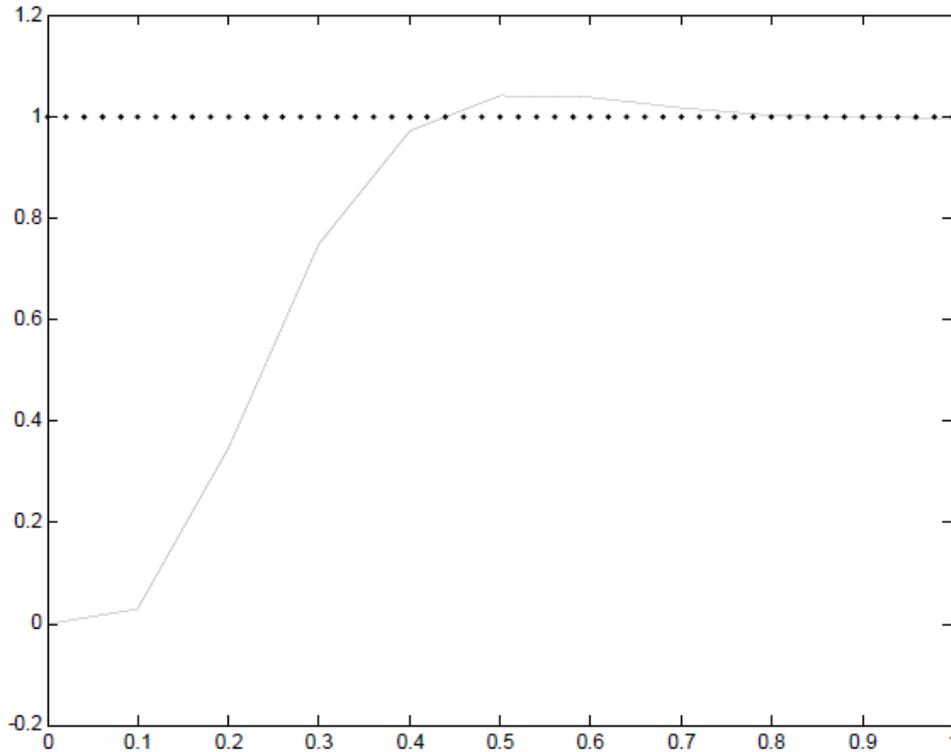


Figura II.XLVI. Respuesta con retardo a la entrada Escalón.

2.2.4.6. MÉTODOS DE CONTROL

Existen métodos y estrategias para realizar la acción de control, los métodos de control (clásico y moderno) permiten al controlador reaccionar mandando una señal correctiva del error, mientras que las estrategias de control hacen más eficiente a la labor de control, ahorrando recursos y tiempo.

Métodos de Control Clásico

Los métodos de control clásico son aquellos que esperan a que se produzca un error para luego realizar una acción correctiva. El error se presenta a causa de la diferencia de lectura entre la variable de salida sensada y la señal de referencia, este error está presente en todo momento, y la finalidad es minimizarlo. En algunos casos suele generarse un comportamiento oscilatorio alrededor del valor de referencia.

Los métodos de control clásico pueden ser:

- **CONTROL ON-OFF:** Este método solo acepta dos posiciones para el actuador: encendido (100%) y apagado (0%). La lógica de funcionamiento es tener un punto de referencia, si la variable es mayor el actuador asume una posición, y si la variable es

menor el actuador asume la otra posición. Por ejemplo tenemos los sistemas de seguridad contra robos, las refrigeradoras domésticas, sistemas de aire acondicionado, etc. A continuación se muestra su función en el tiempo:

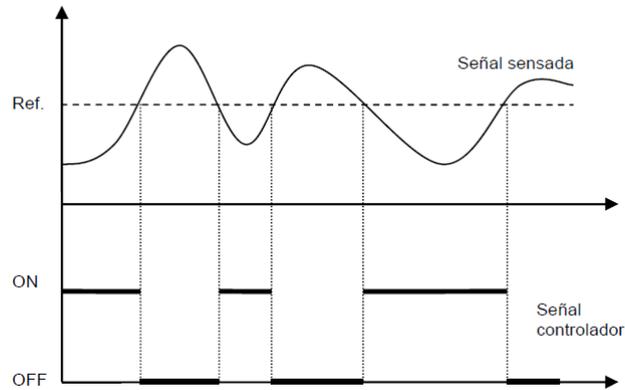


Figura II.XLVII. Control ON-OFF.

- **CONTROLADOR PROPORCIONAL (P):** Es un control que se basa en la ganancia aplicada al sistema, se basa en el principio de que la respuesta del controlador deber ser proporcional a la magnitud del error. No corrige ni elimina perturbaciones, puede atenuar o aumentar la señal de error. Se representa a través del parámetro K_p y define la fuerza o potencia con que el controlador reacciona frente a un error.

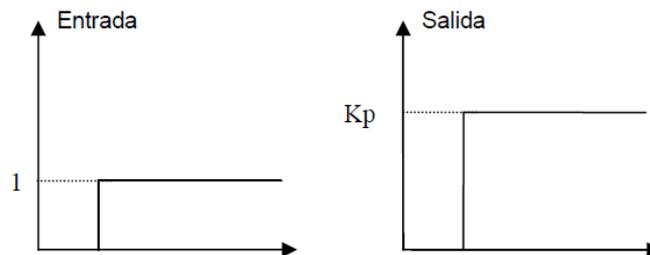


Figura II.XLVIII. Controlador Proporcional.

- **CONTROLADOR INTEGRAL (I):** Conocido como RESET. Este tipo de controlador anula errores y corrige perturbaciones, mediante la búsqueda de la señal de referencia, necesita de un tiempo T_i para localizar dicha señal. Se representa mediante el término K_i que es el coeficiente de acción integral y es igual a $1/T_i$

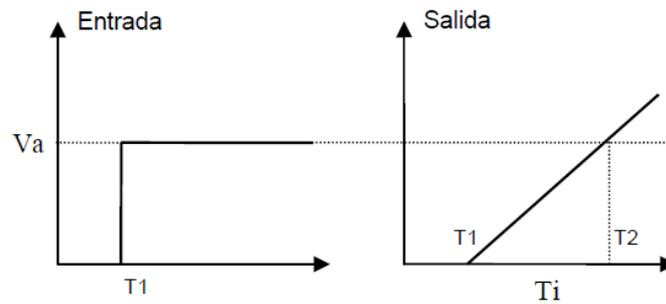


Figura II.XLIX. Controlador Integral.

- **CONTROLADOR DERIVATIVO (D):** Conocido como RATE. Este controlador por sí solo no es utilizado, necesita estar junto al proporcional y al integral. Sirve para darle rapidez o aceleración a la acción de control. Necesita de una diferencial de tiempo T_d para alcanzar la señal de referencia, se representa mediante el término K_d que es el coeficiente de acción derivativa y es igual a $1/T_d$.

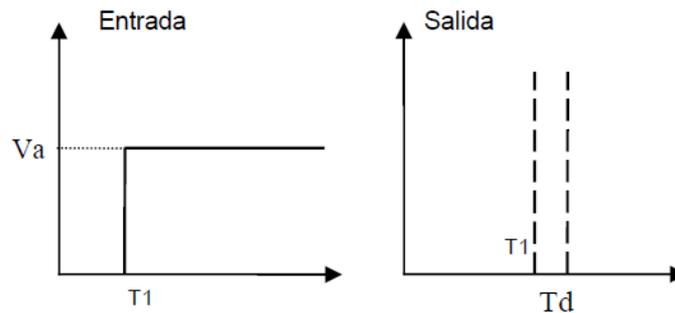


Figura II.L. Controlador Derivativo.

- **CONTROLADOR PROPORCIONAL-INTEGRAL (PI):** Actúa en forma rápida, tiene una ganancia y corrige el error, no experimenta un offset en estado estacionario. La aplicación típica es en el control de temperatura.

$$\text{Función de Transferencia : } K_p + \frac{1}{sT_i}$$

- **CONTROLADOR PROPORCIONAL-DERIVATIVO (PD):** Es estable, y reduce los retardos, es decir es más rápido. Es usado típicamente para el control de flujo de minerales.

Función de Transferencia : $Kp + sTd$

• **CONTROLADOR PROPORCIONAL-INTEGRAL-DERIVATIVO (PID):**

Este controlador es el más completo y complejo, tiene una respuesta más rápida y estable siempre que este bien sintonizado. Resumiendo se puede decir que:

- El control proporcional actúa sobre el tamaño del error.
- El control integral rige el tiempo para corregir el error
- El control derivativo le brinda la rapidez a la actuación.

Función de Transferencia : $Kp + \frac{1}{sTi} + sTd$

MÉTODOS DE CONTROL MODERNO

Los métodos de control moderno brindan nuevas técnicas que permiten ya sea compensar el error y/o eliminarlo, las más comunes son las siguientes:

CONTROL ANTICIPATORIO (Feedforward): Este método permite al controlador analizar los datos de entrada y de salida y mediante algoritmos matemáticos calculará la próxima salida probable, de modo tal que auto ajusta sus parámetros con la finalidad de adecuarse al cambio, y minimizar la diferencia de medidas. Se recomienda para procesos lentos. Su desventaja radica en que es necesario medir todas las variables perturbadoras, ya que no corrige las perturbaciones no medidas

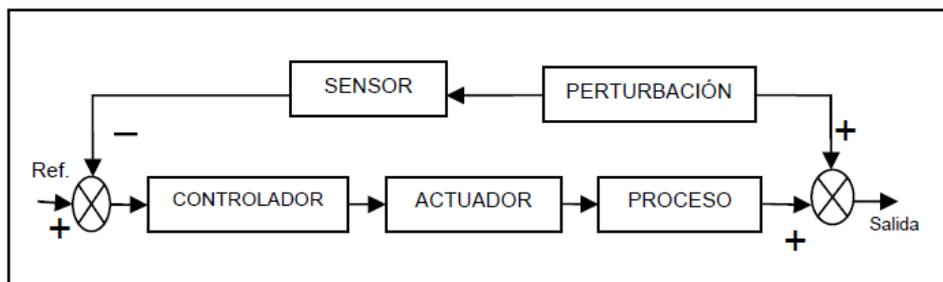


Figura II.LI. Control Anticipatorio.

Se puede mejorar este método agregando una retroalimentación a la salida, de modo tal que se deje que se produzca un error mínimo, el cual será detectado y corregido en la siguiente medición.

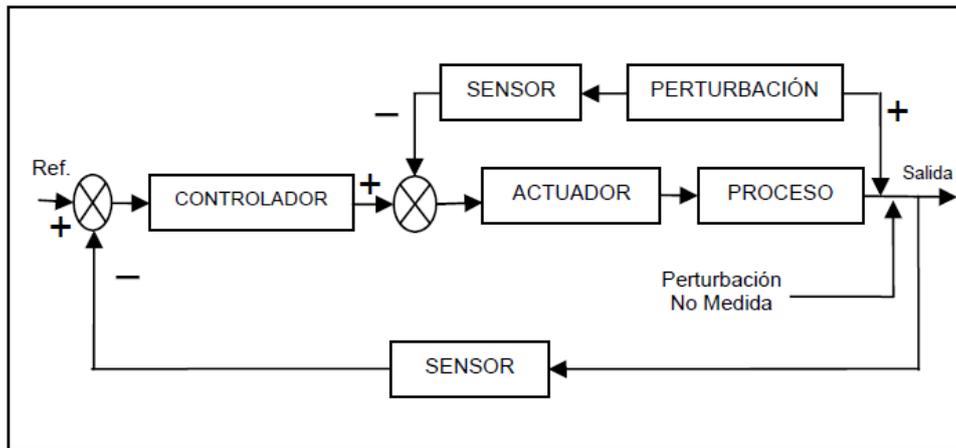


Figura II.LII. Control Anticipatorio Realimentado.

COMPENSADORES ADELANTO - ATRASO: Este método permite realizar un control en el dominio de la frecuencia, en el cual se busca compensar la fase del sistema, agregando (adelanto) o quitando (atraso) fase, para lo cual se agrega nuevos componentes o nuevas funciones matemáticas al sistema. Se puede poner cuantos compensadores sea necesario a fin de llevar la respuesta del sistema a un valor deseado.

Compensador en Adelanto:

$$G_{adelanto} = \frac{1 + \alpha \cdot T \cdot s}{1 + T \cdot s}$$

Compensador en Atraso:

$$G_{adelanto} = \frac{1}{\alpha} * \frac{1 + \alpha \cdot T \cdot s}{1 + T \cdot s}$$

Donde “ α ” condiciona la fase máxima, $\text{seno}(\text{Fase}) = (\alpha - 1) / (\alpha + 1)$, “T” indica la frecuencia de trabajo, $\text{Frec. Central} = 1 / (T * \alpha^{\frac{1}{2}})$

REALIMENTACIÓN DE ESTADOS: Este método permite ejercer una acción de control mediante el sensado de cada uno de los estados (del modelo en espacio estado del sistema), atribuyéndole una ganancia a cada uno de los valores leídos, de este modo el lazo de control es cerrado por medio del compensador o controlador de estados y no por el sensor. La Ley de control esta dada por la expresión $u = -K \times X$, donde: "u" es la señal de control, "K" es el vector de ganancia de estados, y "X" es el vector de estados medidos del sistema.

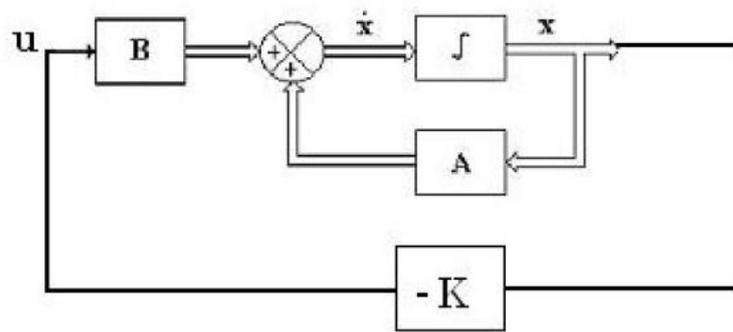


Figura II.LIII. Realimentación en Estados.

SISTEMAS DE SEGUIMIENTO: Este método también es conocido como tracking, es un complemento del método anterior, puesto que mediante el control por realimentación de estados se puede llevar la variable controlada a un valor de cero (porque no se cuenta con una referencia), con este método se podrá llevar a la variable dada a un valor deseado, puesto que se incorpora una referencia en el sistema. La señal de control estará dada por: $u = -K x + K_i \cdot \text{ref}$. Donde "K_i" es la ganancia correspondiente al estado o estados que se quiere seguir, y "ref" es la referencia o set point que se desea alcanzar.

FEEDBACK LINEALIZATION: Debido a que los procesos reales no cuentan con modelos lineales que los representan, es necesario el uso de controladores no lineales. Este método es conocido como control con modelo de referencia, utiliza la Teoría de Lyapunov para determinar la estabilidad del sistema, y el modelo matemático está dado en la forma espacio estado.

2.2.5. SEGURIDADES EN LOS SISTEMAS ELÉCTRICOS.

Los riesgos eléctricos están asociados con los efectos de la electricidad y en su mayor parte están relacionados con el empleo de las instalaciones eléctricas. Las citadas instalaciones están integradas por elementos que se utilizan para la generación, transporte y uso de la energía eléctrica. Sin embargo también existen riesgos por la aparición de fenómenos eléctricos relativamente fortuitos como pueden ser las descargas atmosféricas o las descargas electrostáticas.

Los riesgos eléctricos afectan tanto a las personas como a las infraestructuras (ingeniería civil, edificaciones e instalaciones).

Los riesgos debidos a las instalaciones eléctricas pueden reducirse si se actúa correctamente en las diferentes fases del proceso que transcurre desde la creación hasta la destrucción de las mismas.

- Diseño
- Ejecución (montaje)
- Mantenimiento
- Uso
- Desmantelamiento (desmontaje)

2.2.5.1. DAÑOS CAUSABLES POR LA ELECTRICIDAD.

Daños a las personas

Los accidentes eléctricos representan un porcentaje bajo respecto a los debidos a otras causas, aunque la electricidad está presente en todo tipo de actividades humanas.

Algunos accidentes podrían evitarse si se utilizan los equipos de protección individual (EPI) y las herramientas adecuadas.

La gravedad de los accidentes es mayor en alta tensión.

Los daños que puede causar la electricidad pueden clasificarse de la siguiente forma: Causados por el paso de la corriente a través del cuerpo humano. Causados por la presencia de campos electromagnéticos. Por otras causas.

Daños causados por el paso de la corriente a través del cuerpo humano

La causa fundamental de daños producidos por la electricidad es el paso de la corriente eléctrica a través del cuerpo humano. Para que circule intensidad a través del cuerpo humano es necesario que entre dos partes del mismo exista una tensión (o diferencia de potencial). Por el hecho de que el cuerpo humano en su conjunto esté a una tensión diferente de otra existente en algún objeto de su entorno, del que se encuentre eléctricamente aislado, no hay riesgo de daños causados por el paso de la corriente, aparece un riesgo debido a los efectos del campo eléctrico correspondiente.

Inmediatos

Contracción muscular, que puede provocar caídas, que a su vez pueden causar:

- Impacto, cortes, quemaduras (por contacto con zonas calientes), etc
- Incremento de la corriente (por la invasión de una zona más peligrosa)
- Dificultad de respiración, que puede provocar asfixia.
- Perturbaciones en el corazón, que pueden ser:
- Fibrilación ventricular. Produce un movimiento anormal del corazón que provoca la pérdida de presión sanguínea.
- Fibrilación auricular.
- Parada cardíaca.
- Como consecuencia de la falta de circulación de la sangre se produce la muerte de las células cerebrales por falta de oxígeno (anoxia).
- Aumento de la presión sanguínea.
- Quemaduras en las zonas de paso de la corriente.

La causa principal de muerte se considera la fibrilación ventricular. En algunos casos aparecen también como causas la parada cardíaca y la asfixia.

Secundarios

- Cerebrales
- Circulatorios
- Renales

Causados por la presencia de campos electromagnéticos

Los efectos de los campos electromagnéticos sobre el cuerpo humano han sido objeto de preocupación y alarma social creciente en las últimas décadas. Los campos electromagnéticos y sus efectos están relacionados con su frecuencia. Entre 0 y 10 kHz los campos eléctricos y magnéticos deben considerarse por separado. Existen efectos a corto plazo bien establecidos, dependientes de la frecuencia como:

- La estimulación de células nerviosas y musculares
- El calentamiento.

Efectos directos.

Un campo eléctrico induce una carga en la superficie de un cuerpo expuesto, que puede provocar cosquilleo de la piel, vibración del vello y pequeñas descargas electrostáticas.

Los campos magnéticos variables inducen en el interior del cuerpo tensiones que a su vez dan lugar a corrientes. La corriente inducida puede estimular los nervios o el tejido muscular.

Los campos electromagnéticos pulsados pueden producir otro tipo de efectos como percepción auditiva de pulsos de microondas además de aquellos asociados a la radiación de la onda. Pueden tener también efectos indirectos como quemaduras por tocar objetos calentados por efectos de los campo electromagnéticos. La Norma experimental ENV 50166 establece restricciones básicas para evitar las consecuencias nocivas de los efectos de los campos. No es frecuente que aparezcan campos con la magnitud y frecuencia necesaria para que induzcan tensiones en el interior del cuerpo humano que provoquen intensidades inducidas peligrosas. En la tabla siguiente se indican los efectos en función de las densidades de corriente inducidas.

Densidad de corriente inducida (mA/m²)	Efectos
<1	Ausencia de efectos establecidos
1-10	Efectos biológicos menores
10-100	Efectos bien establecidos, visuales (magnetofosfenos) y posibles efectos sobre el sistema nervioso, informes de mejora en la consolidación de fracturas óseas
100-1000	Cambios comprobados en la excitabilidad del sistema nervioso, central; umbrales de estimulación; posibles peligros para la salud
>1000	Estrasistoles, posibilidad de fibrilación ventricular, peligros para la salud comprobados

Tabla II.III. Efectos de los Campos Eléctricos.

En el caso de campos magnéticos débiles no se disponen hasta el momento de resultados concluyentes que permitan cuantificar sus efectos sobre la salud humana en

función de la frecuencia, la intensidad y el tiempo de exposición. Es decir, no está por el momento demostrado que la exposición a campos magnéticos que no den lugar a corrientes inducidas peligrosas presenten riesgo para la salud.

Efectos indirectos

Resultan del acoplamiento de un campo eléctrico o magnético con un objeto como una estructura metálica, que por las tensiones inducidas, puede provocar efectos directos sobre el cuerpo humano como consecuencia de descargas y quemaduras.

Por otras causas

Por arcos. Se pueden producir quemaduras en la cara, manos y vista (constituyen el porcentaje mas alto de lesiones).

Por aumento de la temperatura. Se pueden producir quemaduras (en las manos principalmente).

Por accionamientos imprevistos de maquinas accionadas o controladas por energía eléctrica. Se pueden producir contusiones, heridas, roturas de huesos, etc.

Daños de otros tipos

Los incendios, provocados por cortocircuitos (motivados generalmente por un funcionamiento incorrecto de las instalaciones) son uno de los daños mas frecuentes. En numerosas ocasiones se atribuye el origen de un incendio a un cortocircuito, pero habitualmente el cortocircuito no es sino un paso más (el mas llamativo) en el proceso que desencadena el incendio. Es normal que el cortocircuito se produzca por un calentamiento excesivo previo de elementos aislantes hasta alcanzar su punto de fusión, produciéndose a continuación el cortocircuito. Los motivos del calentamiento pueden ser muy diversos; la obstrucción de la ventilación, el fallo de los sistemas de protección, o bien pudieran en algunos casos deberse a errores de mantenimiento, ejecución o hasta de diseño.

Otros daños típicos son las averías de equipos, motivadas por sobretensiones atmosféricas o de maniobra.

También se producen incendios o explosiones motivadas por la presencia de atmósferas inflamables o explosivas ante elementos con temperatura elevada (producida por la electricidad) o arcos eléctricos.

2.2.5.2. CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS Y APLICACIONES ELÉCTRICAS SEGÚN SUS CARACTERÍSTICAS INTRÍNSECAS

Pueden establecerse varias clasificaciones de los sistemas y aplicaciones eléctricas. A continuación establecemos una clasificación basada en los siguientes criterios:

- Por el riesgo de electrocución.
 - ✓ Alta Tensión.
 - ✓ Baja Tensión.
 - ✓ Muy Baja Tensión de Seguridad.
- Por el riesgo de arcos eléctricos.
- Por el riesgo de campos electromagnéticos.
- Por el riesgo del emplazamiento o de los fines.

Por el riesgo de electrocución

Para que se produzca el paso de corriente a través del cuerpo humano es necesario que se cierre un circuito como el de la figura siguiente:

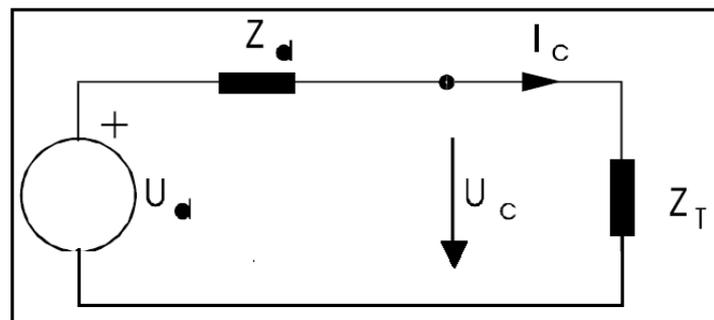


Figura II.LIV. Circuito de Riesgo de Electrocución.

En el circuito, Z_T representa la impedancia del cuerpo humano. La intensidad I_C se calcula como

Una característica de los materiales aislantes es su resistividad y otra su rigidez dieléctrica o máxima tensión (kV/cm) que pueden soportar manteniendo sus

características (entre ellas su alta resistividad). Por lo tanto el empleo de tensiones altas presenta mayor riesgo por varios motivos:

- En primer lugar cuando se tiene un circuito como el de la figura anterior, cuanto mayor sea la tensión mayor será la intensidad.
- En segundo lugar cuanto mayor es la tensión mayor será la probabilidad de que se produzca un circuito como el de la figura, por superar la rigidez dieléctrica de los aislantes.

Al aproximarse a una instalación con conductores no aislados se producen efectos capacitivos (separación de dos conductores por un dieléctrico), estos efectos, aunque presentan impedancias altas, pueden provocar intensidades peligrosas si la tensión aumenta. Por este motivo es necesario mantener unas distancias mínimas (en función de la tensión) a los elementos no aislados.

Las normas internacionales establecen una clasificación de los sistemas eléctricos por el nivel de tensión. Como resultado de esta clasificación tenemos tres grandes grupos: sistemas de Alta tensión, de Baja Tensión, y de Muy Baja Tensión de Seguridad.

Sistemas eléctricos de Alta tensión

Son sistemas de alta tensión aquellos en los que se utilizan tensiones alternas de valor eficaz superior a 1000 V o tensiones continuas superiores a 1500 V.

Normalmente las instalaciones de alta tensión son de corriente alterna trifásicas y la tensión de las mismas se refiere al valor de su tensión de línea (tensión eficaz entre cada dos de los tres conductores de fase). Existen algunas excepciones como las instalaciones de tracción eléctrica, que son de corriente continua a 3000 V (entre catenaria y raíl) en los trazados con ancho de vía español, y de corriente alterna monofásica a 25 kV (entre catenaria y raíl) en el tramo Madrid-Sevilla. En el futuro tramo Madrid-Barcelona serán de corriente alterna monofásica con 25kV entre catenaria y raíl, 25kV entre raíl y conductor auxiliar y 50 kV entre catenaria y conductor auxiliar.

Los sistemas eléctricos de alta tensión se utilizan fundamentalmente cuando se manejan potencias elevadas, con el objeto de que se reduzcan las intensidades. Por esta razón encontraremos sistemas de alta tensión en la generación de energía eléctrica (salvo excepciones como pequeños generadores), el transporte a distancias de centenas de km (líneas de 400 kV, 220 kV, 132 kV.), la distribución a distancias de decenas de km

(líneas de 66 kV, 45 kV, 15 kV) y en los sistemas de alimentación de algunos (habitualmente cuando la potencia supera los 500 kW).

Hay por lo tanto instalaciones de alta tensión en:

- Las centrales eléctricas
- Las líneas eléctricas de transporte y distribución en alta tensión.
- Las subestaciones eléctricas (instalaciones destinadas a maniobras de conexión y desconexión así como a transformación de la tensión)
- Los centros de transformación.
- Algunas instalaciones industriales cuando utilizan motores de gran potencia. (Habituales en sectores como la siderurgia, la fabricación de cemento, etc)

Las instalaciones de alta tensión presentan características especiales con relación al riesgo eléctrico.

Por las graves consecuencias que tienen los accidentes en alta tensión (cuando provocan la circulación de corriente a través del cuerpo humano) es preciso establecer todas las medidas de prevención necesarias para evitar este riesgo, tanto manteniendo las instalaciones en condiciones seguras, como organizando las actuaciones humanas que puedan suponer riesgo para las personas

Sistemas eléctricos de Baja tensión

Son sistemas a baja tensión aquellos en los que se utilizan tensiones alternas de valor eficaz entre 50 V y 1000 V o tensiones continuas entre 75 V y 1500 V.

Los sistemas eléctricos de baja tensión se utilizan fundamentalmente para la conversión de la energía eléctrica en otra forma de energía, porque la gran mayoría de receptores eléctricos están diseñados para el funcionamiento a baja tensión.

Todas las instalaciones de baja tensión se alimentan con corriente alterna, habitualmente a tensiones eficaces de 220 V las monofásicas y de 380 V (tensión de línea) las trifásicas. Sin embargo, hay partes de las instalaciones, que utilizan corriente continua o corrientes con formas de onda especiales, para fines específicos como el control de motores u otros receptores. Por esta razón, son de baja tensión las instalaciones receptoras de los consumidores de energía eléctrica (salvo excepciones como motores

de más de 500 kW). Normalmente, son trifásicas las instalaciones cuya potencia supera los 15 kW o cuando siendo menor existen receptores trifásicos. Suelen ser monofásicas las instalaciones domésticas siempre que no tengan algún receptor trifásico (como equipos de aire acondicionado de cierta potencia).

Muy Baja Tensión de Seguridad o Pequeña Tensión de Seguridad

Se considera Muy Baja Tensión de Seguridad a las menores de 24 V en lugares húmedos y de 50 V en lugares secos no conductores.

Se utilizan estas instalaciones en los casos de uso de aparatos con aislamiento funcional solamente, que deban ser utilizados en emplazamientos muy conductores (como depósitos metálicos, calderas, hornos, etc). La potencia de estos sistemas suele ser baja (inferior a 10 kW).

Por el riesgo de arcos eléctricos

Un arco eléctrico es una corriente eléctrica entre dos conductores a través del aire. El aire en condiciones normales es aislante siempre que no se supere su rigidez dieléctrica. Un arco puede producirse por modificar las condiciones de manera que se supere la rigidez dieléctrica del aire, o como consecuencia de la maniobra de apertura o cierre de un elemento de interrupción de la corriente eléctrica. Cuando se establece un arco en el aire suele convertirse en un cortocircuito y trata de propagarse en dirección a la fuente de alimentación, ya que como consecuencia de la energía de mismo el aire se ioniza y se vuelve conductor (hasta que se enfríe de nuevo). Si un interruptor se abre cuando circula a través de él una intensidad superior a la asignada como poder de corte, puede deteriorarse y ser incapaz de extinguir el arco y por lo tanto de interrumpir el paso de corriente. También pueden producirse arcos eléctricos por otros motivos.

Existe riesgo de arcos eléctricos tanto en instalaciones de alta tensión como de baja tensión. Los arcos eléctricos peligrosos se deben habitualmente a circunstancias fortuitas motivadas por fallos de las instalaciones o fallos en actuaciones humanas. Los efectos de los arcos eléctricos dependen de la intensidad de la corriente del arco, y de la tensión. Las intensidades de cortocircuito son especialmente altas en las proximidades de los centros de transformación en instalaciones de baja tensión y en todos los puntos

de las instalaciones de alta tensión. Las causas que provocan arcos eléctricos pueden ser:

- Fallos en dispositivos de maniobra o protección.
- Cortocircuitos fortuitos provocados por:
 - ✓ Desprendimiento de elementos conductores
 - ✓ Deterioro de aislantes
 - ✓ Aproximación excesiva a elementos conductores con herramientas o elementos de medida.
 - ✓ Actuaciones de animales.
 - ✓ Humedad, Etc.

Por el riesgo de campos electromagnéticos

Todos los elementos de una instalación que se encuentren a una cierta tensión producen campos eléctricos y todas las instalaciones por las que circule intensidad producen campos magnéticos. Sin embargo debido a su carácter vectorial el campo resultante en un punto a cierta distancia puede resultar nulo o muy bajo.

El mayor riesgo de presencia de campo eléctrico se produce como es lógico en las instalaciones de alta tensión ya que es proporcional a la misma.

El mayor riesgo de presencia de campo magnético se produce alrededor de conductores por los que circulen intensidades elevadas ya sean de alta o de baja tensión y el riesgo será mayor cuanto mas cerca y mayor grado de desequilibrio tengan las intensidades respecto al punto considerado. En una vía pública a un metro del suelo, puede ser mas intenso el campo magnético producido por una línea de baja tensión, enterrada a una profundidad de 1 m, con los conductores separados entre si 20 cm, que el campo magnético producido por una línea aérea de alta tensión a 10 m de altura (que produce un fuerte impacto visual).

Los casos citados anteriormente se refieren a objetos que producen campos eléctricos y magnéticos a frecuencia industrial (50Hz en Europa y 60Hz en América). Existen instalaciones y equipos industriales que utilizan frecuencias mas elevadas como hornos de inducción, hornos de microondas, etc. También producen campos electromagnéticos de frecuencias altas las antenas de telecomunicación por radio y telefonía móvil.

Por el riesgo del emplazamientos o de los fines

Existen emplazamientos o aplicaciones en los que las instalaciones deben cumplir unos requisitos especiales por los riesgos específicos que existen, estos son:

- Locales de pública concurrencia
- Locales con riesgo de incendio o explosión
- Locales húmedos
- Locales mojados
- Locales con riesgo de corrosión
- Locales polvorientos sin riesgo de incendio o explosión
- Locales a temperatura elevada
- Locales a temperatura muy baja
- Locales con baterías
- Locales afectos a un servicio eléctrico

2.2.5.3. PRINCIPIOS FÍSICOS DE PROTECCIÓN

Los accidentes provocados por los riesgos eléctricos tienen como origen fallos en las instalaciones o actuaciones incorrectas de las personas. La forma de evitarlos será actuando sobre el origen de los mismos, es decir logrando que las instalaciones estén en las adecuadas condiciones de seguridad y que las personas actúen de forma segura con relación a los riesgos que existan. El principio básico generalizado de la protección en este campo es el aislamiento.

El aislamiento es el conjunto de las materias aislantes empleadas en la construcción de un aparato o instalación y destinados a impedir cualquier contacto con las partes activas. Las envolventes de los receptores y equipos proporcionan un grado de protección que se identifica por las siglas IPXX

2.2.5.4. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA MAGNITUD DE LA CORRIENTE A TRAVÉS DEL CUERPO.

La corriente eléctrica que circulará por el cuerpo humano depende de:

- La tensión eléctrica que tenga que soportar (depende del tipo de defecto y del sistema de protección empleado).
- La impedancia que presente. Esta resulta de la conexión en serie de la impedancia interna con las impedancias de la piel en los puntos de contacto.

La impedancia de la piel (Z_p) puede considerarse un conjunto de resistencias y capacidades y depende de la tensión, la superficie de contacto, la presión del contacto, la humedad de la piel y de la temperatura.

La impedancia interna del cuerpo humano (Z_i) es principalmente resistiva y depende fundamentalmente del trayecto y de la superficie de contacto.

La impedancia total del cuerpo humano depende por tanto de los factores enumerados anteriormente. En la tabla siguiente aparecen valores validos para un trayecto mano a mano y mano a pie con dos superficies de contacto importante (50 a 100 cm^2) y en condiciones secas. La resistencia inicial para el mismo trayecto y superficie de contacto puede tomarse igual a 500 w . Las medidas se han efectuado sobre seres vivos y sobre cadáveres.

Tensión de contacto (V)	Valores de impedancia total (Ω .) del cuerpo humano que no son sobrepasados por		
	5%	50%	95%
	de la población		
25	1750	3250	6100
50	1450	2625	4375
75	1250	2200	3500
100	1200	1875	3200
125	1125	1625	2875
220	1000	1350	2125
700	750	1100	1550
1000	700	1050	1500
valor asintótico	650	750	850

Tabla II.IV Voltaje e Impedancia en Humanos.

Para prevenir los efectos del paso de la corriente eléctrica a través del cuerpo humano se pueden aplicar medidas:

- Evitando que se cierre un circuito eléctrico con la tensión y la impedancia tal que provoque corrientes peligrosas a través del cuerpo humano. Estas medidas a su vez se pueden dividir en dos tipos:

Evitando que la tensión sea peligrosa.

Aumentando la impedancia mediante el aislamiento adecuado para que la intensidad no sea peligrosa.

- Instalando algún dispositivo que abra el circuito en un tiempo suficiente para evitar daños irreversibles, cuando circulen corrientes peligrosas a través del cuerpo humano. No siempre es posible aplicar esta medida.

2.2.5.5. DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN

En alta tensión

En alta tensión se producen accidentes que podríamos clasificar de la siguiente forma:

- Por fallo de aislamiento con relación a la tensión. Puede ser motivado por
 - ✓ Deterioro de materiales aislantes.
 - ✓ Aproximación excesiva a partes en tensión.
- Por tensiones de paso peligrosas
- Por realizar trabajos sin mantener las debidas medidas de seguridad.

Los métodos de protección para evitar accidentes están establecidos en la reglamentación correspondiente a este tipo de instalaciones y resumidamente consisten en:

- Seleccionar el nivel de aislamiento de forma coordinada para la tensión.
- Realizar las conexiones equipotenciales y a tierra establecidas por la legislación para evitar tensiones de contacto indirecto peligrosas.
- Seleccionar, ajustar y verificar las protecciones según las características de la instalación.
- Impedir la aproximación a las partes activas no aisladas mediante:
 - Alejamiento.
 - Interposición de obstáculos.

Envolventes.

Enclavamientos.

- Realizar inspecciones periódicas de las instalaciones.
- Reducir las tensiones de paso.
- Exigir el cumplimiento de las medidas de seguridad necesarias en la realización de los trabajos:

Realizar las maniobras utilizando las medidas de seguridad establecidas en la legislación.

En baja tensión

Protección contra los contactos directos y los contactos indirectos.

Se puede conseguir una protección simultánea contra ambos tipos de contactos mediante los siguientes procedimientos:

Utilizando muy baja tensión de seguridad (MBTS). Está basado en la limitación de la intensidad máxima que circula a través del cuerpo aún en el caso más desfavorable. La reducción de la tensión actúa de forma redundante sobre la intensidad, ya que aumenta la impedancia del cuerpo. Las tensiones usadas son de 24 V de valor eficaz en locales o emplazamientos húmedos y de 50 V en c.a. ó 75 V en c.c., en locales o emplazamientos secos. Se requiere el cumplimiento de unas condiciones adicionales citadas en la normativa vigente para mantener la seguridad. Este método, por su sencillez y la confianza que proporciona, ha sido y sigue siendo ampliamente utilizado, por ejemplo en trabajos de producción y mantenimiento con elevado riesgo eléctrico.

Aunque no se logre una protección completa si no se utilizan las tensiones indicadas en el párrafo anterior, el empleo de tensiones menores disminuye el riesgo, tanto respecto a los contactos directos como indirectos. En U.S.A. la normativa impone que la tensión no supere los 120 V, en determinados circuitos de las instalaciones de viviendas, hoteles, moteles y residencias. Para otros usos se permiten y se usan tensiones más elevadas.

Limitando la energía de descarga. Consiste en la asociación de elementos o dispositivos para tal fin y está en estudio.

Protección contra los contactos directos.

La protección contra los contactos directos se consigue empleando los siguientes procedimientos (de forma alternativa o simultánea según el caso).

Aislamiento de las partes activas.

- **Aislamiento funcional (ó principal)** es el necesario para asegurar el funcionamiento correcto y la protección fundamental contra el choque eléctrico.

- **Aislamiento suplementario (ó de protección)** es un aislamiento independiente previsto además del aislamiento funcional, con objeto de evitar el choque eléctrico en caso de defecto del aislamiento funcional.

Doble aislamiento es el que comprende a la vez un aislamiento funcional y un aislamiento suplementario.

Aislamiento reforzado es un aislamiento funcional mejorado con propiedades eléctricas y mecánicas tales que proporciona el mismo grado de protección que el doble aislamiento.

2.3. SISTEMA MECÁNICO.

2.3.1. TORNILLO SIN FIN.

El engranaje de tornillo sin fin se utiliza para transmitir la potencia entre ejes que se cruzan, casi siempre perpendicularmente entre sí. En un pequeño espacio se pueden obtener satisfactoriamente relaciones de velocidad comparativamente altas, aunque quizá a costa del rendimiento en equiparación con otros tipos de engranajes. El contacto de impacto en el engrane de los engranajes rectos y de otros tipos no existe en los de tornillo sin fin. En vez de esto, los filetes deslizan en contacto permanente con los dientes de la rueda, lo que da por resultado un funcionamiento silencioso si el diseño, la



Figura II.LV. Tornillo sin Fin y Rueda Dentada.

fabricación y el funcionamiento son correctos. Como el deslizamiento es mayor, a veces se originan dificultades por el calor debido al rozamiento. En condiciones extremas de carga la caja o cárter de engranajes se puede calentar.

La sección de una guía o filete de tornillo sin fin en un plano diametral axial es generalmente de flancos rectos, ya que es la sección de un diente de cremallera envolvente. Si el tornillo sin fin se moviese sin girar en dirección de una línea recta perpendicular al eje de la rueda, la acción de los dientes en un plano que contuviese al eje del tornillo y normal al eje de la rueda sería análoga a la acción del diente de una cremallera sobre una rueda. Los lados rectos de las guías del tornillo facilitan la producción en cuanto a cantidad y exactitud. Las guías o roscas del tornillo pueden ser talladas en un torno o con matrices de estampar, o pueden ser fresadas con fresa de disco, talladas por generación o por fresa madre, cepilladas o modeladas.

2.3.2. PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO.

Paso y Avance

Suele haber una ligera confusión de términos puesto que en el tornillo sin fin el paso es el paso axial P_a , que cuando los ejes son perpendiculares entre sí es el mismo que el paso circular P_c en la rueda dentada de tornillo sin fin; para este caso $P_a = P_c$. Lo mismo que en los engranajes helicoidales, los de tornillo sin fin tienen un paso normal P_{cn} , (fig. 2) pero el ángulo de avance del tornillo λ , que es el formado por una tangente a la hélice primitiva y el plano de rotación es de uso más cómodo que el ángulo de la hélice ψ_w del tornillo.

$$P_{cn} = P_a \cos \lambda = P_c \cos \lambda \quad (1)$$

La distancia axial que avanza la hélice en una revolución es el avance L (paso de hélice). Tanto en el cilindro primitivo cuyo diámetro es D_w , como en los cilindros de addendum, de base, etc., todas las hélices que forman la guía tienen el mismo avance L, pero el ángulo de avance varía. Si imaginamos una espira de una hélice primitiva desarrollada desde la figura 2 en un plano, obtenemos el diagrama de la figura 3, donde se ve que:

$$\tan \lambda = \frac{\text{Avance}}{\pi D_w} = \frac{L}{\pi D_w} = \frac{v_{pg}}{v_{pw}} \quad (2)$$

donde v_{pg} es la velocidad en la línea de paso del engrane y v_{pw} es la velocidad en la línea de paso del tornillo, $L = \text{avance de la rosca o hélice del tornillo } (N_{tw} \times p_{aw})$. Se tiene que $\lambda_w + \psi_w = 90^\circ$. La hélice primitiva del tornillo y la hélice primitiva de la rueda tienen sus respectivos ángulo de hélice y ángulo de avance, $\lambda_g = \text{ángulo de avance de la rueda}$, $\psi = \text{ángulo de hélice de la rueda}$ y $\lambda_g + \psi = 90^\circ$. Si el ángulo entre ejes es 90° , el ángulo de avance en el tornillo es $\lambda = \psi$, que es el ángulo de hélice de la rueda, además $\psi_w = \lambda_g$.

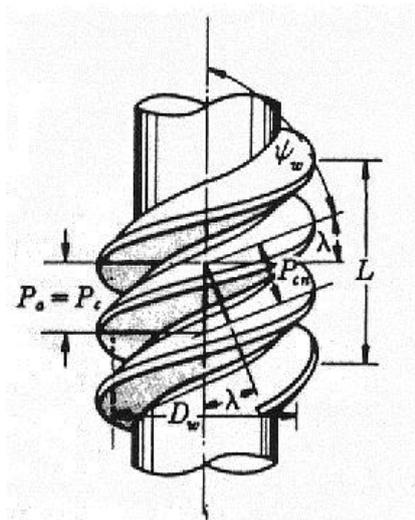


Figura II.LVI. Distancias y Ángulos más importantes del Tornillo sin Fin.

Mientras los tornillos de fuerza son generalmente de rosca simple, los tornillos sinfín tienen usualmente roscas múltiples, a no ser que otra ventaja mecánica sea más importante que el rendimiento. Cuando un tornillo sinfín gira una revolución completa,

un punto de la circunferencia primitiva de la rueda dentada recorre un arco igual al avance, $L = N_w P_a$, pero para calcular la relación de velocidad es más fácil hacer uso del número de guías N_w (o entradas) del tornillo y el número de dientes de la rueda N_g ; $RV = N_g / N_w$.

$$RV = \frac{\omega_w}{\omega_g} = \frac{N_g}{N_w} = \frac{n_w}{n_g} \quad (3)$$

donde $N_t = 1$ para un tornillo de guía simple, $N_t = 2$ para uno de doble guía, etc. si se pretende obtener una transmisión de potencia de alto rendimiento se pueden disponer en el tornillo 4, 6 o más guías.

Resistencia de los dientes de la rueda de tornillo sinfín.

Los dientes de la rueda de tornillo sinfín son más débiles que las guías de tornillo. Para

$$F_s = \frac{sYb}{P_{dn}} = \frac{sYbP_{cn}}{\pi} [lbs] \quad (4)$$

esto se suele aplicar la ecuación de Lewis; para unidades inglesas:

El paso circular normal P_{cn} se introduce en la ecuación anterior debido a que el paso circular P_c suele ser más utilizado para engranes de tornillo sinfín. Cuando $s = s_n$, la fuerza F_s obtenida por esta fórmula representa moderadamente la resistencia a la fatiga a flexión del diente de la rueda; b es el ancho efectivo de la cara de la rueda. Si la suma de los números de dientes de tornillo sinfín y de la rueda de éste es mayor a 40, se pueden utilizar con seguridad los siguientes valores generales de Y :

Para:

$$\phi_n = 14 \frac{1}{2}^\circ, \quad Y = 0.314$$

$$\phi_n = 25^\circ, \quad Y = 0.470$$

$$\phi_n = 20^\circ, \quad Y = 0.392$$

$$\phi_n = 30^\circ, \quad Y = 0.550$$

Carga dinámica de los engranes de tornillo sinfín

La carga dinámica de estos engranes se suele calcular mediante:

$$F_d = \left(\frac{1200 + v_{pg}}{1200} \right) F_t \text{ [lbs]} \quad (5)$$

Donde F_t es la carga transmitida calculada por la ecuación de potencia aplicada a la rueda dentada; $F_t = 33000 \text{ HP}/v_{mg}$, con v_{mg} en ft/min, siendo v_{mg} la velocidad en la circunferencia primitiva de la rueda, siendo estrictamente la potencia la de salida.

Carga de desgaste para engranes de tornillo sinfín

$$F_w = D_g b K \quad (6)$$

Buckingham da una relación aproximada para la carga límite de desgaste F_w en libras donde D_g es el diámetro de la rueda, b es el ancho de la cara del diente y K es un factor que depende de los materiales utilizados, del ángulo de presión y del ángulo de avance.

Si el servicio es continuo, F_w debe ser mayor o igual que F_d .

Para determinar K se tiene:

Gusano	Engrane	K
Acero, 500 BHN	Bronce	80
Acero, 250 BHN	Bronce	60
Acero, 500 BHN	Bronce templado sup.	115
Acero, 500 BHN	Hierro vaciado	50

Tabla II.V. Constante K en metales.

Capacidad térmica

Si la caja de engranes se calienta con exceso, la película lubricante se puede adelgazar demasiado y cortarse dando lugar a que se establezca el contacto directo entre las superficies. Cuando esto ocurre, el rozamiento aumenta, se genera más calor y, finalmente, se produce una seria abrasión y escoración. Los lubricantes de presión extrema (EP) reducen estas dificultades cuando los elementos motriz y conducido son de acero.

En muchas circunstancias la capacidad de transmisión de potencia esta determinada por la capacidad radiante de la caja o cárter, capacidad que a su vez depende de las condiciones ambientales.

El calor Q que debe ser disipado en una caja de engranes es igual a la pérdida debida al rozamiento, la cual se toma a su vez igual a la potencia de entrada HP_i multiplicada por $(1 - e)$, siendo e el rendimiento de la transmisión expresado en fracción; así:

$$Q = (1 - e)(HP_i) HP \quad \text{o} \quad = (1 - e)(HP_i)(33000) [ft - lbs/ min] \quad (7)$$

La cantidad de calor que disipa la caja por convección y radiación depende de los factores siguientes: el área de la caja, la diferencia de temperatura entre la caja y el ambiente y la transmitancia o coeficiente de transmisión de calor h_{cr} , la cual es a su vez función de la temperatura, de la velocidad del aire que incide en la caja y de otras variables. Como las temperaturas ambientales que ordinariamente intervienen varían poco, h_{cr} varía con las dimensiones de la caja y la velocidad del aire. La capacidad de disipación del calor de la caja den engranes, se expresa por

$$Q_c = h_{cr} A \Delta t [ft - lbs/ min] \quad (8)$$

Donde A es el área radiante de la caja de paredes lisas en pulgadas cuadradas, Δt es el aumento de temperatura del lubricante con respecto a la temperatura ambiente. La máxima temperatura del lubricante no debe exceder, a ser posible, de 88°C (196°F).

$$A_{min} = 43.2C^{1.7} [in^2] \quad (9)$$

Para reductores de velocidad de engranes do tornillo sinfín de servicio pesado, la

Donde C es la distancia entre los centros en pulgadas.

Relación entre los ángulos de presión normal y diametral

El estudio de las fuerzas de contacto conducirá a una expresión del rendimiento que es teóricamente correcta para cualquier tipo de tornillo de fijación, tornillos de fuerza o roscas de tornillo sinfín. La reacción plana total entre el tornillo sinfín y la rueda dentada es la resultante de la fuerza N normal al diente y la fuerza de rozamiento $F_t = fN$. Como, hasta cierto punto por lo menos, la fuerza de rozamiento es independiente del área, podemos imaginar que el sistema de fuerzas actúa en un punto O (fig. 4); siendo N normal a la superficie de este punto y separándose del eje z en la dirección del eje y (la causa del ángulo de presión) y en la dirección del eje x (a causa del ángulo λ de la hélice). El plano del rectángulo abcd es perpendicular al eje z; el ángulo dOc es ϕ ; aOb es el ángulo de presión normal ϕ_n (este plano es normal a la rosca en O). Si $\tan \phi_n = ab/bO$, y $ab = cd$; multiplicando y dividiendo por cO obtenemos

$$\tan \phi_n = \frac{ab}{bO} \frac{cO}{cO} = \frac{cd}{cO} \frac{cO}{bO} = \tan \phi \cos \lambda \tag{10}$$

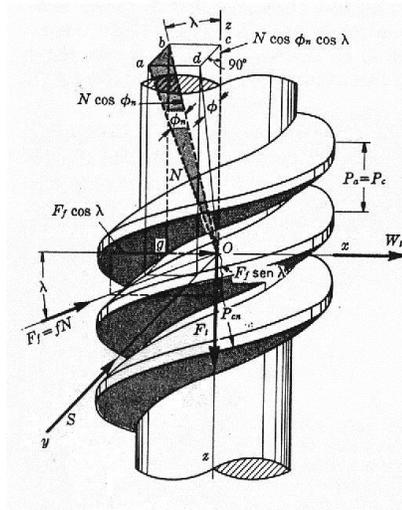


Figura II.LVII. Fuerzas actuantes en un engrane de tornillo sinfín.

Rendimiento del engrane de tornillo sinfín

Como anteriormente se explica, las fuerzas N y F_t son componentes de la reacción total en el plano representado actuando sobre el tornillo. La fuerza de rozamiento F_t es tangente a la hélice en O y está contenida en el plano xz . Sin embargo, son más útiles las componentes rectangulares en las direcciones x , y y

z ; éstas son W_t , que es la fuerza tangencial (al cilindro primitivo) transmitida sobre el tornillo; F_t , la fuerza transmitida sobre la rueda dentada, y S , la fuerza separadora que tiende a empujar ambos elementos en sentidos contrarios. Como estas fuerzas son respectivamente las componentes sobre los ejes x , z , y y de la resultante de N y F_t (F_t no tiene componentes en el eje y), igualaremos F_t a la suma de las componentes sobre el eje z de N y F_t y W_t a la suma de las componentes sobre el eje x . La componente de n en la dirección Ob es $N \cos \phi_n$ en la dirección del eje z es $N \cos \phi_n \cos \lambda$, actuando hacia abajo. La componente sobre el eje z de F_t es $F_t \sin \lambda = fN \sin \lambda$; así

$$F_t = N \cos \phi_n \cos \lambda - fN \sin \lambda \quad (11)$$

actuando hacia abajo en la fig. 4, donde F_t es la fuerza impulsora sobre la rueda dentada de tornillo sinfín, obtenible por la ecuación de potencia aplicada a la rueda dentada.

La componente horizontal de la reacción plana total (N y fN) es

$$W_t = N \cos \phi_n \sin \lambda + fN \cos \lambda \quad (12)$$

Donde W_t es la fuerza impulsora aplicada sobre el tornillo sinfín, obtenida por la ecuación de potencia aplicada al sinfín (W_t es una fuerza axial que actúa sobre la rueda). Eliminando N en las dos ecuaciones anteriores, hallamos la relación entre W_t y F_t ,

$$W_t = F_t \left[\frac{\cos \phi_n \operatorname{sen} \lambda + f \cos \lambda}{\cos \phi_n \cos \lambda - f \operatorname{sen} \lambda} \right] \quad (13)$$

Considerando el rendimiento de acuerdo con el concepto fundamental de “potencia de salida/potencia de entrada”, tenemos la potencia de entrada igual a $W_t v_w$ en ft-lbs/min, donde v_w es la velocidad en la circunferencia primitiva del tornillo en ft/min. La fuerza de rozamiento F_t actúa en toda la longitud del filete; ahora con $v_w = \pi D_w n_w$ como velocidad en la circunferencia primitiva, la velocidad de rozamiento $v_r = v_w / \cos \lambda$, es aquí la distancia correspondiente a un minuto de actuación de F_t . Por tanto, la potencia de F_t es $F_t v_r = f N v_w / \cos \lambda$. Empleando el valor de W_t deducido de su ecuación, tenemos

$$e = \frac{(N \cos \phi_n \operatorname{sen} \lambda + f N \cos \lambda) v_w - f N v_w / \cos \lambda}{(N \cos \phi_n \operatorname{sen} \lambda + f N \cos \lambda) v_w} \quad (14)$$

Eliminando N y v_w y operando con el resto tenemos

$$e = \tan \lambda \left[\frac{\cos \phi_n \cos \lambda - f \operatorname{sen} \lambda}{\cos \phi_n \operatorname{sen} \lambda + f \cos \lambda} \right] = \tan \lambda \left[\frac{\cos \phi_n - f \tan \lambda}{\cos \phi_n \tan \lambda + f} \right] \quad (15)$$

Las ecuaciones anteriores se aplican a los engranes helicoidales cruzados de ejes perpendiculares; tornillo sinfín impulsor, $\psi_1 = \psi_w$, $\psi_2 = \psi_w = \lambda$. Para obtener los mayores rendimientos, el ángulo de avance λ debe ser mayor a 30° . Para un paso dado, cuanto menor es el diámetro del tornillo, mayor es λ , pero para obtener los rendimientos más altos es necesario utilizar tornillos de guías múltiples, pudiendo llegar a ser el número de guías hasta de 24.

Coefficiente de rozamiento en engranes de tornillo sinfín

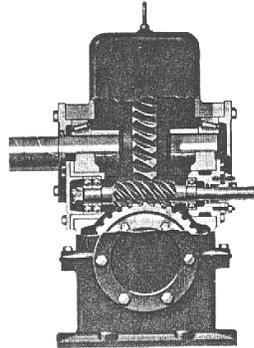


Figura II.LVIII. Vista de extremo de una transmisión de tornillos sinfín de doble reducción..

El rendimiento, como se deduce de la ecuación anterior, varía con el coeficiente de rozamiento así como con ϕ_n y λ . Como de ordinario, el coeficiente de rozamiento varía, ampliamente algunas veces y aparentemente de modo caprichoso; está ciertamente afectado por el estado de las superficies y por los materiales, por el empleo de lubricante adecuado y por la temperatura de éste. Las ecuaciones siguientes representan transacciones o arreglos y darán valores conservadores para tornillos sinfines cementados y rectificadas impulsando una rueda dentada de bronce fosforoso, cuando el diseño y la fabricación son buenos:

$$f = \frac{0.155}{v_r^{0.2}} [3 < v_r < 70ft/min] \quad \text{o} \quad f = \frac{0.32}{v_r^{0.36}} [70 < v_r < 3000ft/min] \quad (16)$$

Ecuaciones para rueda de bronce

Donde la velocidad de rozamiento es $v_r = \pi D_w n_w / 12 \cos \lambda$ [ft/min] con D_w en pulgadas. Para otros metales se aumentan estos valores en un 25%, y en este caso son también adecuados para engranes helicoidales cruzados que funcionen bien.

El rendimiento tiende a disminuir con el aumento de la relación de velocidad, por lo que con relaciones altas puede ser favorable el uso de una doble reducción. Cuando no es posible que la rueda impulse al tornillo, se dice que la transmisión es autoblocante o

irreversible. Existe esta condición cuando el coeficiente de rozamiento es mayor que $\tan \lambda$ aproximadamente (realmente depende también de ϕ). Esto puede implicar un ángulo de avance de 6° o menos; si se requiere el enclavamiento, se toma $\lambda < 5^\circ$.

Fuerza de separación entre tornillo sinfín y la rueda dentada

Las fuerzas impulsoras W_t y F_t que actúan respectivamente sobre el tornillo y sobre la rueda están indicadas en la fig. 6. La fuerza de separación S es la componente de N en la dirección del eje y , radial al tornillo (F_t no tiene componentes en la dirección y). Así $S = N \sin \phi_n$. Utilizando en esta ecuación los valores de N deducidos en las ecuaciones (11) y (12), obtenemos

$$S = \frac{F_t \sin \phi_n}{\cos \phi_n \cos \lambda - f \sin \lambda} = \frac{W_t \sin \phi_n}{\cos \phi_n \sin \lambda + f \cos \lambda} \quad (17)$$

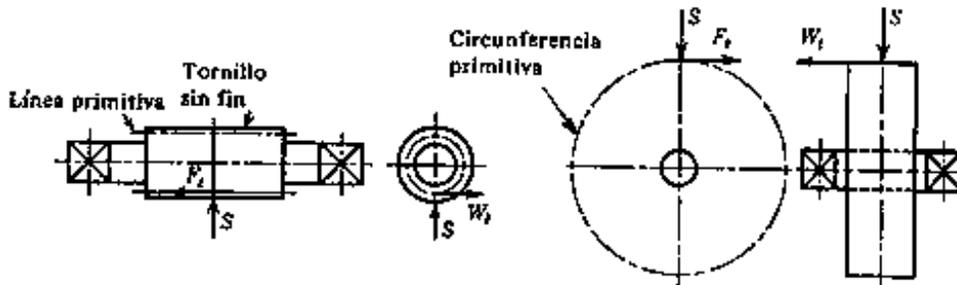


Figura II.LIX. Vista de extremo de una transmisión de tornillos sinfín de doble reducción..

Esta disposición representada es la más sencilla para hallar las reacciones en los cojinetes y los momentos de flexión.

A. FUERZAS SOBRE EL TORNILLO SINFIN. F_t ES EL EMPUJE AXIAL; LA FUERZA TRANSMITIDA W_t PRODUCE TORSIÓN Y FLEXIÓN SOBRE EL EJE; S PRODUCE FLEXIÓN; F_t , QUE ES EXENTRICA, PRODUCE TAMBIÉN UNA FLEXIÓN QUE NO DEBE SER DESPRECIADA.

B. FUERZAS SOBRE LA RUEDA DENTADA, W_t PRODUCE EMPUJE AXIAL Y FLEXIÓN. LA FUERZA TRANSMITIDA F_t PRODUCE TORSIÓN Y FLEXIÓN; LA FUERZA DE SEPARACIÓN S PRODUCE FLEXIÓN.

Proporciones para los engranes de tornillo sinfín

Los significados de ciertas dimensiones están indicados en las figuras 7 y 8; estas dimensiones incluyen entre otras el diámetro primitivo D_g de la rueda (fig. 8), el diámetro exterior del tornillo D_{wo} y el diámetro exterior de la rueda D_{go} . La elección del ángulo de presión que se debe emplear requiere conocer más o menos aproximadamente el valor del ángulo de avance, ya que si éste es mucho mayor que el ángulo de presión, el rebaje del diente de la rueda en el flanco de salida será excesivo. Se recomienda los límites siguientes:

Para $\phi_n = 14 \frac{1}{2}^\circ$, $\lambda_{max} = 16^\circ$;	para $\phi_n = 20^\circ$, $\lambda_{max} = 25^\circ$;
Para $\phi_n = 25^\circ$, $\lambda_{max} = 35^\circ$;	para $\phi_n = 30^\circ$, $\lambda_{max} = 45^\circ$;

pero esto no significa que se prohíba el uso de un ángulo de presión de 20° con un ángulo de avance de 15° , por ejemplo. No hay proporciones normalizadas del diente que se empleen para todas las transmisiones de tornillo sinfín. Se ha sugerido un valor razonable de 6° por cada hélice del gusano para el ángulo de avance del gusano. Por lo tanto un gusano de cuatro hélices podrá tener un ángulo de avance de 24° .

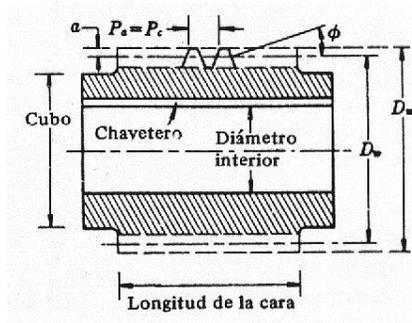


Figura II.LX. Tornillo sinfín de manguito

Existen dos tipos de construcción del tornillo, el de manguito o cuerpo cilíndrico (fig. 7) proyectado para ser enchavetado o fijado mediante ranurados o estrías en su eje, y el integral o macizo (fig. 5) que esta formando parte del eje. Debe elegirse un diámetro

$$D_w = \frac{C^{0.875}}{2.2} = 3p_g \quad [in] \quad (18)$$

correcto del tornillo sinfín; para el de tipo de manguito $D_w \approx 2.4 P_c + 1.1$ in, se puede tomar como orientación para un número de guías de hasta cinco o más; para tornillos sinfín integrales, se prueba $D_w = 2.35 P_c + 0.4$ in, o si se conoce la distancia entre centros C:

Se recomienda dejar aproximadamente un ángulo de avance de 6° por entrada o guía. La anchura de cara de los dientes de la rueda es en parte una cuestión que afecta a la adopción correcta de proporciones, pero como la carga nunca se distribuye uniformemente en toda la cara, el valor de la carga máxima interviene en la decisión. Cuanto más ancha sea la cara, mayor es la diferencia entre la carga máxima y la carga media; teniendo esto en cuenta, Buckingham recomienda $b_{max} = 0.5D_{w0}$. Un atributo importante de la rueda dentada del engranaje de tornillo sinfín debe ser una buena rigidez lateral y de llanta; la llanta puede ser de espesor igual a $0.6P_c$ aproximadamente. Buckingham recomienda un alma del núcleo de forma cóncava y propone el diseño de cubo de la figura 9. Los orificios A y B deben ser completamente concéntricos, con ajustes de presión sobre el eje que contribuyen a la estabilidad lateral; estos agujeros son necesarios porque las ranuras no son adecuadas para un buen centrado.

El factor fundamental para determinar las dimensiones del tornillo sinfín es que el eje tenga el diámetro apropiado para soportar la carga, tanto desde el punto de vista de resistencia como el de deformación; según esto, en un tornillo sinfín integral el diámetro de raíz debe ser algo mayor que el del eje. En un tornillo sinfín de manguito un diámetro exterior de cubo 1.8 veces el diámetro interior será adecuado, con un diámetro de raíz algo mayor

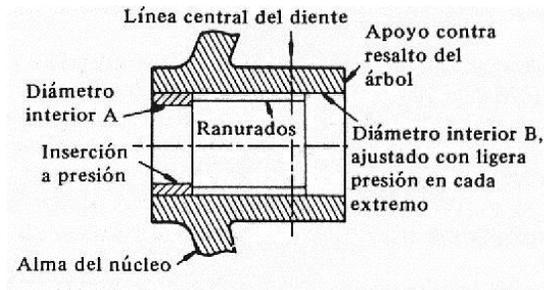


Figura II.LXI. Diseño de cubo para rueda dentada de gran diámetro.

2.3.3. ESTRUCTURA METÁLICA CONSTRUIDA EN ALUMINIO.

2.3.3.1. PROPIEDADES DEL ALUMINIO

El aluminio, de símbolo Al, es el elemento metálico más abundante en la corteza terrestre. No se halla puro, sino formando parte de otros compuestos y minerales. El químico danés H. C. Oersted aisló el aluminio por primera vez en 1825. El aluminio es un metal que reúne una serie de propiedades mecánicas excelentes dentro del grupo de los metales no férreos, de ahí su elevado uso en la industria y en la vida cotidiana pero rara vez se emplea solo, sino formando parte de aleaciones que mejoran sus propiedades mecánicas.

El aluminio es blanco o blanco grisáceo y puede tener un acabado superficial desde mate hasta brillante y pulido, además su superficie es fácilmente coloreable. Su masa atómica es de 26,9815, su número atómico es 13 y se encuentra en el grupo 13 de la tabla periódica. Es un metal ligero, cuya densidad es de 2700 kg/m^3 a $20 \text{ }^\circ\text{C}$ esto es aproximadamente la tercera parte de la del acero, lo que lo hace especialmente ventajoso cuando se pretende reducir el peso propio de las construcciones, y la resistencia mecánica no es esencial; y facilita los procesos de transporte y montaje de piezas. Tiene un punto de fusión de 660°C y un punto de ebullición de $2519 \text{ }^\circ\text{C}$, al ser su temperatura de fusión tan baja y su temperatura de ebullición tan elevada el aluminio es idóneo para la fundición, pero su uso no es recomendable en lugares con peligro de incendio. Es un material no

magnético. El aluminio es un buen reflector tanto de la luz como del calor, por este motivo impide la absorción de la mayor parte de la radiación solar incidente, lo que propicia la colocación del aluminio como material de cubierta en tejados. Por otra parte este material es un buen conductor del calor y de la electricidad, su buena conductividad eléctrica le hace adecuado para muchas aplicaciones dentro de industria eléctrica ya que es la mejor después del cobre. Es un metal impermeable al agua y a los olores, y además, no desprende ni olor ni sabor.

Debido a su elevado estado de oxidación se forma rápidamente al aire una fina capa superficial de óxido de aluminio (alúmina Al_2O_3) impermeable y adherente que detiene el proceso de oxidación, lo que le proporciona resistencia a la corrosión y durabilidad. La capa de alúmina, de color gris mate, puede ser ampliada por electrólisis en presencia de oxalatos (en el proceso conocido como anodizado). Esta protección natural es susceptible de degradarse estéticamente en ambientes agresivos y bajo acciones mecánicas.

El aluminio tiene un gran poder reductor ya que reduce muchos compuestos metálicos a sus metales básicos. Es inatacable por la mayor parte de compuestos, excepto por los ácidos orgánicos, álcalis y por el ácido clorhídrico. Los yesos, cales y cementos atacan al aluminio durante su fraguado manchándolo irreversiblemente. El aluminio tiene características anfóteras. Esto significa que se disuelve tanto en ácidos (formando sales de aluminio) como en bases fuertes (formando aluminatos con el anión $[Al(OH)_4]^-$ liberando hidrógeno). Por otra parte el aluminio sufre corrosión galvánica al juntarse con un metal noble.

El aluminio cristaliza en la red FCC (ó CCC) y no sufre cambios alotrópicos, lo que le confiere una alta plasticidad. El aluminio es blando (escala de Mohs 2-3) y con baja resistencia a al tracción por lo que se debe evitar su uso en estructuras. Su gran ductilidad permite que los productos de aluminio se fabriquen en una fase muy próxima al diseño final. Es un metal de fácil mecanizado muy maleable lo que permite fabricarlo en casi cualquier forma. Es un material soldable. Permite la fabricación de piezas por fundición y moldeo. La máxima resistencia a tracción del aluminio es de 160-200 N/mm^2 en estado puro, y de 1400-6000 N/mm^2 en estado aleado. El aluminio colado no es tan fuerte como

el aluminio forjado. Tiene bajo módulo elástico 70 GPa (la tercera parte que el del acero), en consecuencia su resistencia a la fatiga es baja. El alargamiento oscila entre el 5 y el 35 % según se trate de aluminio de dureza natural o agrio y su carga de rotura oscila entre los 8 y los 25 kg/mm² en función de los metales de aleación.

El aluminio puede llegar a ser tóxico cuando una persona inhala en el aire o almacena en su cuerpo altos niveles de este material. El aluminio puede producir debilidad muscular, dolor en los huesos, estado mental alterado, etc. Algunos estudios lo vinculan incluso con enfermedades como el Mal de Alzheimer.

Es un material fácil y barato de reciclar; de hecho, el aluminio se recicla desde su fabricación y es una actividad normal, técnicamente resuelta y rentable que conlleva beneficios tanto económicos como medioambientales.

Se pueden fabricar materiales compuestos con el aluminio. Además este, es un material que forma aleaciones con otros metales para mejorar las propiedades mecánicas, al combinarlo con otros metales puede dar lugar a infinidad de aleaciones, algunas de ellas con propiedades mecánicas comparables a las del acero pero con la tercera parte de densidad. Este material se alea con casi todos los elementos químicos, pero destacan las aleaciones con Cu, Mg, Mn, Si y Zn. El cobre confiere al aluminio resistencia mecánica, dureza y facilita su mecanizado. El magnesio mejora la ductilidad y la resistencia del aluminio. El manganeso eleva su dureza y su resistencia. El silicio sirve para rebajar el punto de fusión y mejorar la colabilidad del aluminio. El zinc refuerza su dureza y su resistencia. Las aleaciones de aluminio se pueden clasificar en tratables térmicamente (Al-Mn, Al-Si, Al-Mg) y no tratables térmicamente (Al-Cu, Al-Mg-Si, Al-Zn, Al-Li).

Resumen de algunas propiedades del aluminio:

Símbolo	Al
Número atómico	13
Valencia	3

Número de protones/electrones	13
Número de neutrones (Isótopo 27-Al)	14
Estado de oxidación	+3
Electronegatividad	1,61
Radio covalente (Å)	1,18
Radio iónico (Å)	0,50
Radio atómico (Å)	1,43
Configuración electrónica	[Ne]3s ² 3p ¹
Primer potencial de ionización (eV)	6,00
Estructura cristalina	Cúbica centrada en las caras
Masa atómica (g/mol)	26,9815
Densidad (g/ml)	2,70
Punto de ebullición (°C)	2519
Punto de fusión (°C)	660

Tabla II.VI. Propiedades del aluminio.

2.3.3.2. VENTAJAS DEL ALUMINIO.

En el mercado existen multitud de materiales de construcción, de modo que si va a construir o rehabilitar un edificio tendrá que elegir entre las distintas posibilidades que se le ofrecen. Con el aluminio sabe exactamente lo que está eligiendo: un material excepcional y de enorme resistencia, perfecto para todo tipo de edificios.

El aluminio ofrece innumerables ventajas, tanto en obra nueva como en trabajos de rehabilitación.

A continuación le presentamos esas ventajas una por una.

1. El aluminio posee una vida útil muy larga, soporta la radiación ultravioleta y la humedad, no se oxida, no se estropea ni se deforma.
2. El aluminio presenta un mantenimiento sencillo, gracias a su acabado liso y pulido, el aluminio no atrae el polvo ni la suciedad
3. El aluminio es seguro y no inflamable, gracias a su solidez, es resistente a la rotura.
4. El aluminio es un material respetuoso con el medio ambiente y ecológico.
5. El aluminio es un material ligero, fácil de incorporar en cualquier construcción
6. El aluminio posee una excelente relación calidad/precio
7. El aluminio garantiza una total estanqueidad al aire, al agua y al viento
8. El aluminio ofrece un factor de aislamiento térmico excepcional. Una ventana de aluminio garantiza un aislamiento óptimo frente al frío y el calor, y cumple todos los requisitos legales sobre eficiencia energética y el CTE.
9. El aluminio ofrece un aislamiento acústico óptimo. Un perfil de aluminio puede incorporar sin dificultad cristales de gran espesor, elemento esencial para lograr una buena protección contra el ruido.
10. El aluminio está disponible en una gran variedad de colores
11. El aluminio puede adaptarse a una gran variedad de estilos

El uso del aluminio en la construcción no deja de crecer. Esta tendencia se debe a las numerosas e importantes ventajas que ofrece:

- **Diseño flexible y estético.** . Los perfiles de aluminio pueden adoptar cualquier forma y presentar cualquier color y acabado.

- **Aislamiento térmico y acústico óptimo.** La perfilería de aluminio está inmersa en un proceso de mejora constante en cuanto a prestaciones, y cumple toda la normativa aplicable, incluso la más exigente y actual como el CTE.

- **Excelente relación resistencia/peso.** . El aluminio cumple todas las exigencias de rendimiento y reduce al mínimo las cargas en la estructura de soporte. Eso lo convierte en un material perfecto para los trabajos de rehabilitación de edificios.

- **Larga vida útil y totalmente reciclable.** Las aplicaciones de aluminio presentan una vida útil muy prolongada, requieren menos mantenimiento y son totalmente reciclables.

2.3.4. SEGURIDADES EN LOS SISTEMAS MECÁNICOS.

Normas de seguridad e higiene industrial

Seguridad e Higiene Industrial

La seguridad industrial es una labor de convencimiento entre patronos y trabajadores. Es obligación de la empresa brindar un ambiente de trabajo seguro y saludable para todos los trabajadores y estimular la prevención de accidentes.

Higiene Industrial.

Se puede definir como aquella ciencia y arte dedicada a la participación, reconocimiento, evaluación y control de aquellos factores o elementos en el ambiente de trabajo, los cuales pueden causar enfermedad, deterioro de la salud, incomodidad e ineficiencia de importancia en los trabajadores.

Es de gran importancia pues muchos procesos y operaciones industriales producen y utilizan compuestos perjudiciales para la salud de los trabajadores.

Es necesario que el encargado del área industrial tenga conocimientos de los compuestos tóxicos más comunes de uso en la industria, así como de los principios para su uso. Se debe ofrecer protección contra exposición a sustancias tóxicas, polvos, fumos que vayan en deterioro de la salud respiratoria de los empleados.

Seguridad e Higiene

El objetivo principal de la seguridad e higiene industrial es prevenir accidentes laborales consecuencia de las actividades de producción. Una buena producción debe satisfacer las condiciones necesarias, tomando en consideración los 4 elementos indispensables: SEGURIDAD, HIGIENE, PRODUCTIVIDAD Y CALIDAD DE LOS PRODUCTOS.

Por lo tanto, la seguridad e higiene industrial busca proteger la integridad del trabajador, así como mantener la salud en óptimas condiciones.

Accidentes

Es toda lesión corporal que un trabajador sufre por consecuencia del trabajo que realiza. Para que se considere accidente de trabajo se requiere que las características siguientes se cumplan: el acontecimiento o suceso inesperado se produzca al realizar un trabajo, se sufra una lesión, que sea súbito y que no sea deseable. El accidente de trabajo puede presentar pérdidas de tres tipos:

Personales: Toda pérdida en la integridad anatómica, fisiológica y psicológica del trabajador.

Sobre la propiedad: Pérdidas materiales o en las instalaciones.

Sobre los procesos: Es decir interrupciones en el flujo continuo de la producción.

Normas

Son reglas o lineamientos para proteger la seguridad física y psicológica del trabajador, se

dividen en 4 grupos que pueden ser de carácter general, particular, voluntario o de emergencia.

Un ejemplo de las normas generales puede ser que todos los trabajadores usen la herramienta adecuada en el trabajo. Un ejemplo de las normas particulares es que los trabajadores del área de soldadura usen el equipo de protección personal adecuado. Un ejemplo de las normas voluntarias, es que el operario de la caldera beba suficientes líquidos. Las normas de emergencia están comprendidas en los planes para las situaciones inesperadas o de emergencia.

Objetivos de la Higiene Industrial

Las enfermedades profesionales son todos los estados patológicos que sobrevienen como consecuencia obligada de la clase de trabajo que desempeña el trabajador o del medio en que ha trabajado y es determinado por agentes físicos, químicos o biológicos.

Entre los objetivos de la higiene industrial está prevenir enfermedades profesionales, prevenir el empeoramiento de enfermedades o lesiones, mantener la salud de los trabajadores y aumentar la productividad por el control del medio de trabajo

Los objetivos de la higiene industrial se pueden obtener por la educación de operarios y jefes que se enseñe a evitarlos, por el estado de alerta a las situaciones de peligro y por los estudios y observaciones de los nuevos procesos y materiales a utilizar.

Condiciones Inseguras y Peligrosas: Representan toda acción efectuada por cualquier trabajador por no hacer caso de las normas de seguridad, por ejemplo, no usar equipo de seguridad.

Señalización:

Las señales en seguridad más utilizadas son ópticas que no es más que la aplicación de luz y color, y acústica usando sonidos. El objetivo del color no es más que dar a conocer la presencia o ausencia de peligro. Con la señalización y la simbología del color podemos verificar los puntos de peligro y zonas de seguridad.

Señalización Luminosa:

Su objetivo principal es conseguir del trabajador interpretaciones rápidas y seguras evitando la fatiga. Cuando los colores son bien empleados, se puede disminuir la fatiga visual, mejorando así el estado de ánimo del trabajador reduciendo el índice de los accidente. Cuando los colores no son bien utilizados producen fatiga y reducen la eficiencia de los empleados.

Efectos del color sobre el individuo:

Color	Característica	Efecto
Rojo	Cálido	Estimula el efecto nervioso produciendo pereza, calor.
Azul	Frío	Produce una sensación de suavidad y frío
Verde	Frío	Produce sensación de suavidad y esperanza
Naranja	Cálido	Sensación de fuerza, dureza y alerta.
Morado	Frío	Suavidad y Calma
Amarillo	Caliente	Calor, esplendor, radiación
Blanco	Frío	Limpieza, orden
Negro	Caliente	Deprimir, absorber calor.

Código de Colores

A fin de estimular una conciencia constante de la presencia de riesgos y de establecer procedimientos de prevención de incendios y otros tipos de emergencias se utiliza el código e colores para señalar dónde existen riesgos físicos.

Empleo del Color en la Industria

A fin de estimular una conciencia constante para la prevención de riesgos se utilizan los códigos de colores para evitar los mismos. En este ramo se aplica el OSHA 29CFR 1910.144 tiene los colores indicadores de riesgos siguientes.

Rojo

Prevención de incendios, alto peligro, prohibido. Es simbolizado por un cuadro y se aplica en depósitos de líquidos inflamables, avisos de peligros específicos como alto voltaje, explosivos o altamente tóxicos, además en luces y banderas para indicar detención inmediata, como lo es en excavaciones y construcciones. Además en recipientes para transportar materiales peligrosos y productos inflamables o corrosivos.

Azul

Su símbolo es un disco, color preventivo de acción obligada. Se utiliza como auxiliar preventivo en equipos como hornos, elevadores, tanques, controles eléctricos, secadores, válvulas, sótanos, calderas, andamios, escaleras, etc. Se usará en avisos con barreras, banderas y señales para indicar que la máquina o equipo no debe accionarse.

Violeta

Su símbolo es una hélice púrpura sobre fondo amarillo. Indica la presencia de radiación, se utiliza en rótulos, etiquetas, señales y marcas de piso, que se elaboran con una combinación de colores violeta y amarillo, se debe señalar en áreas de almacenamiento o manipulación de material radiactivo, en lugares para enterrar materiales contaminados, así como depósitos de desechos radiactivos, recipientes conteniendo sustancias radiactivas, así como equipo contaminado, también en luces y señales para equipo de protección de radiaciones.

Naranja

Indica puntos peligrosos de maquinaria que pueden cortar, apretar, causar choque o en su defecto causar lesión. Se simboliza por un triángulo y se puede utilizar para identificar el interior de cajas de conmutadores y fusibles, así como inferior o guardas de máquinas y equipos, botones de arranque, partes expuestas de máquinas, como poleas, engranajes, puntos de corte y rodillos.

Amarillo

Señal universal de precaución, peligro y sirve para llamar la atención con más énfasis, se usa con mayor frecuencia para marcar áreas con riesgo de tropezar o caer. El color amarillo combinado con negro se ve mejor a distancia. Podemos señalar equipo en movimiento, maquinaria pesada de construcción y transporte de materiales, como grúas, plumas, transportes aéreos y montacargas. Se usa para letreros de precaución, para prevenir condiciones y actos inseguros. Se usará amarillo con franjas negras para lugares como barreras, bordes de zanjas y pozos sin proteger, bordes de plataformas de carga y descarga, así como partes salientes.

Blanco, negro y gris.

Son los colores básicos para las marcas de señales de tráfico, depósitos y zonas de desechos. Se deben señalar los letreros de guías direccionales hacia las salidas de emergencia, depósitos de basura, y los extremos de pasillos sin salida. Para la protección de fluidos.

Análisis de Higiene

La higiene se refiere a los riesgos que en general, no pueden ser observados a simple vista y son los causantes de las lesiones orgánicas que al producirse en el trabajo o fuera de este, se denominan enfermedades ocupacionales, la mayoría de ellas se presentan con relativa lentitud.

La exposición a un contaminante perjudicial a la salud puede ser de muchos años antes de una alteración patológica. Estas exposiciones a largo plazo pueden conducir a una enfermedad crónica y que por lo general es irreversible.

La asociación de higiene industrial de EEUU define la higiene industrial como la ciencia y arte dedicados a la anticipación, reconocimiento, evaluación y control de todos aquellos factores o elementos estresantes del ambiente que surgen en el lugar de trabajo, los cuales pueden causar enfermedad, deterioro de la salud y el bienestar o incomodidad e ineficiencia de importancia entre los trabajadores o ciudadanos de una comunidad.

Toxicología Industrial

La toxicología es la ciencia que se encarga del estudio de las propiedades venenosas o tóxicas de sustancias, un efecto tóxico se define como cualquier efecto nocivo en el organismo, sea reversible o irreversible, cualquier tumor químicamente inducido, sea benigno o teratogénico, o la muerte como resultado de la exposición a una sustancia a través del tracto respiratorio, gastrointestinal, la boca, la piel o cualquier vía de acceso.

La toxicidad es una propiedad fisiológica que define la capacidad de un producto químico para causar daño o producir lesión a un organismo vivo por medios que pueden ser mecánicos y se refieren a una cantidad definida por lo que la toxicidad de un producto químico depende del grado de exposición. Los productos químicos ejercen sus efectos en forma sistemática o en el lugar de contacto, o en un sistema de órganos, puede ser que estos no dañen el órgano a través del cual ingresan, pero pueden producir una respuesta inmediata o años más tarde. Una dosis pequeña de los venenos industriales más comunes, pueden resultar más peligrosos al ser inhalados que tragados, por lo que una consideración primordial en el control de la salud industrial se centra en el aire del lugar de trabajo. El envenenamiento industrial, se produce bajo 2 formas, aguda y crónica.

La aguda resulta de una exposición única a una concentración densa de la sustancia tóxica.

La crónica es resultado de una exposición repetida a concentraciones menores. Las posibilidades de recuperación en el caso de envenenamiento agudo, si la dosis no es tan mortal, son mayores que en el caso de un envenenamiento crónico. Si las dosis de este último son mucho más importantes por no ser evidentes de forma inmediata, lo que da lugar que sus resultados insidiosos lleguen a ser más perjudiciales.

Formas de Contaminación Atmosférica

La contaminación atmosférica puede resumirse como el resultado de mezclar una sustancia nociva en el aire libre, por lo tanto, cualquier gas inaceptable en la atmósfera será un contaminador, sea perjudicial o simplemente desagradable.

Entre las sustancias nocivas están:

Polvos: Partículas sólidas, generadas por el manejo, aplastado, molido, impacto rápido o detonación o incineración de materias orgánicas o inorgánicas.

Emanaciones: Partículas sólidas generadas por condensación del estado gaseosos y se dan generalmente después de la volatilización de materiales fundidos (METALES), son acompañadas en su mayoría por una reacción química como la oxidación.

Gases: Fluidos sin forma que ocupan el espacio en un lugar cerrado y pueden ser cambiados al estado líquido o sólidos mediante el efecto combinado de alta presión y baja temperatura.

Neblinas: Son gotitas minúsculas de líquidos ocasionadas por la condensación al pasar de gas a líquido o al desintegrarse un líquido a un estado disperso mediante rociadores, formación de espuma o atomización.

Humos: Partículas de carbón u hollín de menos de 0.1 micrones e tamaño y es el resultado de la combustión incompleta de una sustancia carbonada tal como el carbón, petróleo, alquitrán o tabaco.

Vapores: Forma gaseosa de sustancias normalmente líquidas o sólidas y que permiten el cambio de estado.

Procedimientos a Considerar para Evitar Inhalaciones

1. Sustitución en el caso de compuestos peligrosos con otros materiales menos tóxicos.
2. Revisión del proceso u operación.
3. Segregación de los procesos peligrosos.
4. Efectuar operaciones peligrosas en lugares cerrados.
5. Ventilación del local mediante extractores.
6. Diseño, alteración, mantenimiento o bien la limpieza de edificios y equipos.

7. Ventilación general.
8. Uso de métodos específicos (humedecimiento para control de polvos).
9. Equipo de protección personal.
10. Educación.

Ventilación

Tiene aplicación en el control del ambiente para proteger contra riesgos físicos que se producen al diluir concentraciones peligrosas de vapores inflamables. La ventilación puede ser considerada como una exigencia importante donde se realizan trabajos calientes y húmedos, dónde será necesario para mantener la comodidad de los trabajadores.

Iluminación

Una iluminación correcta debe ser adecuada a las necesidades del trabajo y debidamente instalada tiene las siguientes ventajas.

1. Más precisión, lo que da mejor calidad al producto, menor desperdicio y menores repeticiones.
2. Aumento de la producción y disminución de costos.
3. Mejor aprovechamiento de la superficie de pisos .
4. Mejor visión, lo que da mayor eficiencia.
5. Limpieza e higiene de la planta
6. Menos cansancio de la vista de los empleados
7. Moral más alta entre los empleados por lo que se reduce la sustitución de los trabajadores.
8. Mejor supervisión.
9. Mayor seguridad.

La cantidad de luz necesaria depende del trabajo realizado, por ejemplo delicadeza del trabajo, tiempo de observación necesario cantidad de contraste entre materiales observados, cantidad de luz que se absorbe por los materiales.

La iluminación e plantas industriales por lo general, es de uno de los cuatro tipos

- **General:** Formada por fuentes de luz distribuidas a 3 m o más sobre el nivel del suelo. La luz producida debe ser tan uniforme como resulte práctico de manera que cualquier lugar del cuarto esté bien iluminado.
- **General Localizada:** Cuando se trate de operaciones especializadas y colocadas en lugar en que la distribución uniforme resulta poco práctica o innecesaria es común dirigir la luz a la máquina o banco en cuestión, esto tiene efecto de suministrar una cantidad de luz relativamente intensa en tales lugares e iluminar los lugares adyacentes
- **Iluminación suplementaria:** Se usa en tareas donde es difícil ver con detalle tales como operaciones de precisión o tareas finas de banco.
- **Iluminación de emergencia:** Aunque no es necesaria para ayudar en la producción debe ser una fase importante de la instalación de la iluminación como requisito desde el punto de vista de la seguridad, además provee iluminación en escaleras y salidas de emergencia. Debe obtener su energía de un sistema independiente y distinto del que utiliza toda la planta.

Ruido Industrial: Puede causar daños a la audición y o cambio en la conducta humana, algunas variables que complican el caso son el envejecimiento que parece estar asociado con una pérdida auditiva, las pérdidas son asociadas con ambientes ruidosos y pueden reducirse al eliminar fuentes de ruido.

Los efectos relacionados con la frecuencia e intensidad del ruido. Debe reconocerse que no es difícil de identificar la presencia de la sordera, es difícil determinar sus orígenes, el problema del ruido se divide en:

- Orígenes y fuente del ruido.
- Rutas recorridas por el sonido.
- El y los individuos expuestos.

Vibración: Está íntimamente relacionada con el ruido y no es más que la transmisión de energía al cuerpo humano a través del contacto de una superficie o sistema que se encuentra en movimiento oscilatorio, este movimiento puede ser armónica o en extremo compleja y la oscilación puede ser periódica o completamente aleatoria, de estado estable o transitorio y continuo o intermitente.

Equipo de Protección Personal

Están designados para la protección del cuerpo de cualquier posible accidente en las acciones laborales.

Protección de Cabeza: Se recomienda el uso de un sombrero o casco duro en el área de trabajo de la planta. El casco evita heridas y golpes a la cabeza del impacto de un objeto que cae. La concha del sombrero está compuesta de un plástico de alto impacto diseñado para soportar un golpe sin rajarse ni quebrarse un borde a lo largo de la parte de arriba, además ayuda a desviar objetos al caer para reducir su impacto.

Protectores Auriculares: Toda máquina giratoria, como ejes de turbinas, bombas, bandas, compresores, presentan riesgo de seguridad cuando existen ruidos excesivos deben protegerse los oídos ya que el ruido es un irritante y oscila entre 90 y 140 decibeles. Es en estas áreas donde se requiere protección para los oídos y es dependiendo del lugar y de su intensidad para utilizar o escoger la protección necesaria dentro de una gran gama de artículos existentes entre los que tenemos tapones, tapa oídos, etc.

Caperuzas o capuchas: Sirven únicamente para la protección de la cabeza y dependen de la operación a efectuar para que así sea el material de fabricación.

Protección para ojos: La protección de los ojos se recomienda siempre para cualquier planta de trabajo. Hay varios tipos de protección y están disponibles para uso general. Los lentes pueden ser de vidrio de seguridad o plástico, por ejemplo, los googles. Los de plástico son más ligeros pero los de vidrio muestran mayor seguridad y resistencia a los rasguños, además tienen una vida más prolongada. Los bouglies se encuentran disponibles en plástico suave que cabe sobre un par de lentes de prescripción médica regulares.

Caretas: Algunos trabajos requieren protección contra partículas volátiles, por ejemplo, en el taller de cortes, pulido, esmerilado, taladrado, torneado. Pues el aire del lugar se llena inmediatamente con partículas de metal que podrían causar daño a la cara y la vista. Por eso se recomienda para esta situación protegerse con caretas de plástico transparente.

Caretas de protección en soldadura: Este equipo es usado en operaciones de soldadura eléctrica o con oxiacetileno, la cual proporciona una protección a la cara y ojos del calor producido en esa operación, la salpicadura producida y la protección de los ojos debe ser con filtro especial para evitar los daños causados por la luz intensa y la radiación ultravioleta.

Protección Respiratoria: Para esta es muy recomendable los respiradores de fieltro y caucho, esta es una nueva generación de respiradores, los cuales están diseñados para brindar una máxima comodidad y protección a la persona que los usa. Los de filtro tienen un diseño ergonómicamente balanceado que evita la presión en ciertas áreas del rostro y del cuello, este tipo de respiradores es necesario utilizarlo en áreas de pintura con pistola o en áreas donde se manejan vapores orgánicos y otros.

Respiradores Simples: Todos los respiradores faciales para partículas nocivas que no requieren mantenimiento ofrecen la ventaja de estar constituidos íntegramente por material filtrante, logrando protección efectiva y comodidad al usarlo..

Protección de Manos Guantes: La protección de manos y brazos es muy importante, esta varía según la operación a efectuar. Los guantes deben ser lo suficientemente sueltos para poder jalarlos rápidamente en caso de accidentes por atoramiento, quemaduras, etc.

Zapatos de seguridad: El calzado apropiado es muy importante para las áreas de trabajo por dos razones.

1. Presencia de superficies resbalosas.
2. Por el peligro de golpes en los dedos de los pies por algún objeto pesado.

Protectores de pies y piernas: Al igual que los zapatos de seguridad, existen accesorios para la protección de los pies los cuales están diseñados bajo criterios ergonómicos que permiten una mayor comodidad al usuario.

Ropa Protectora Delantales y mangas: Este tipo, se utiliza en trabajos de soldadura por varias razones entre las cuales están la protección del calor y radiaciones al cuerpo y brazos.

CAPITULO III

CONTROL DE PROGRAMACIÓN.

3.1. PLC

3.1.1. INTRODUCCIÓN.

Un autómata programable industrial (API) o Programmable logic controller (PLC), es un equipo electrónico, programable en lenguaje no informático, diseñado para controlar en tiempo real y en ambiente de tipo industrial, procesos secuenciales.

Un PLC trabaja en base a la información recibida por los captadores y el programa lógico interno, actuando sobre los accionadores de la instalación.



Figura III.1. Controlador Lógico Programable.

Los autómatas programables son máquinas secuenciales que ejecutan correlativamente las instrucciones indicadas en el programa de usuario almacenado en su memoria, generando unas órdenes o señales de mando a partir de las señales de entrada leídas de la planta (aplicación): al detectarse cambios en las señales, el autómata reacciona según el programa hasta obtener las órdenes de salida necesarias. Esta secuencia se ejecuta continuamente para conseguir el control actualizado del proceso.

La secuencia básica de operación del autómata se puede dividir en tres fases principales:

1. Lectura de señales desde la interfaz de entradas.
2. Procesado del programa para obtención de las señales de control.
3. Escritura de señales en la interfaz de salidas.

A fin de optimizar el tiempo, la lectura y escritura de las señales se realiza a la vez para todas las entradas y salidas; Entonces, las entradas leídas de los módulos de entrada se guardan en una memoria temporal (Imagen entradas). A esta acude la CPU en la ejecución del programa, y según se va obteniendo las salidas, se guardan en otra memoria temporal (imagen de salida). Una vez ejecutado el programa completo, estas imágenes de salida se transfieren todas a la vez al módulo de salida.

El autómata realiza también otra serie de acciones que se van repitiendo periódicamente, definiendo un ciclo de operación.

Para que un PLC logre cumplir con su función de controlar, es necesario programarlo con cierta información acerca de los procesos que se quiere secuenciar. Esta información es recibida por captadores, que gracias al programa lógico interno, logran implementarla a través de los accionadores de la instalación. Es decir, a través de los dispositivos de entradas, formados por los sensores (transductores de entradas) se logran captar los estímulos del exterior que son procesados por la lógica digital programada para tal secuencia de proceso que a su vez envía respuestas a través de los dispositivos de salidas (transductores de salidas, llamados actuadores).

Un PLC es un equipo comúnmente utilizado en maquinarias industriales de fabricación de plástico, en máquinas de embalajes, en automóviles, entre otras; en fin, son posibles de encontrar en todas aquellas maquinarias que necesitan controlar procesos secuenciales, así como también, en aquellas que realizan maniobras de instalación, señalización y control.

Dentro de las funciones que un PLC puede cumplir se encuentran operaciones como las de detección y de mando, en las que se elaboran y envían datos de acción a los preaccionadores y accionadores. Además cumplen la importante función de programación, pudiendo introducir, crear y modificar las aplicaciones del programa.

Ciclo de funcionamiento

El funcionamiento del autómatas es, salvo el proceso inicial que sigue a un Reset, de tipo secuencial y cíclico, es decir, las operaciones tienen lugar una tras otra, y se van repitiendo continuamente mientras el autómatas esté bajo tensión.

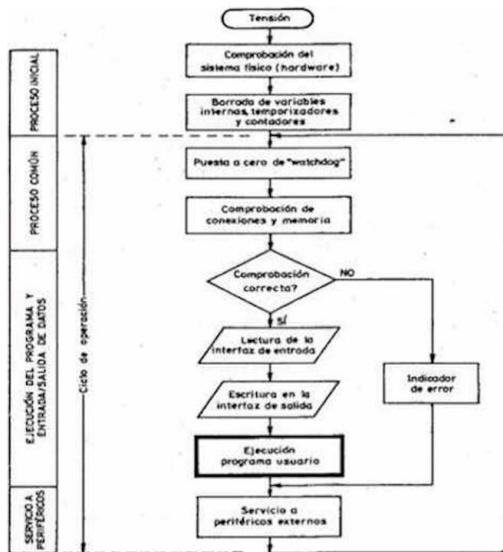


Figura *Figura III.II. Ciclo de Funcionamiento de un PLC.*

La Figura muestra esquemáticamente la secuencia de operaciones que ejecuta el autómata, siendo las operaciones del ciclo de operación las que se repiten indefinidamente.

El ciclo de funcionamiento se divide en dos partes como se puede observar en el esquema de diagrama de la figura llamados Proceso Inicial y Ciclo de Operación.

Proceso inicial

Como se muestra en la figura, antes de entrar en el ciclo de operación el autómata realiza una serie de acciones comunes, que tratan fundamentalmente de inicializar los estados del mismo y chequear el hardware. Estas rutinas de chequeo, incluidas en el programa monitor ROM, comprueban:

- El bus de conexiones de las unidades de E/S.
- El nivel de la batería, si esta existe.
- La conexión de las memorias internas del sistema.

Si se encontrara algún error en el chequeo, se activaría el LED de error y quedaría registrado el código del error. Comprobadas las conexiones, se inicializan las variables internas:

- Se ponen a OFF las posiciones de memoria interna (excepto las mantenidas o protegidas contra pérdidas de tensión)
- Se borran todas las posiciones de memoria imagen E/S.
- Se borran todos los contadores y temporizadores (excepto los mantenidos o protegidos contra pérdidas de tensión).

Transcurrido el Proceso Inicial y si no han aparecido errores el autómata entra en el Ciclo de Operación.

Ciclo de operación

Este ciclo puede considerarse dividido en tres bloques tal y como se puede observar en la figura, dichos bloques son:

- Proceso Común
- Ejecución del programa
- Servicio a periféricos

Proceso común:

En este primer bloque se realizan los chequeos cíclicos de conexiones y de memoria de programa, protegiendo el sistema contra:

- Errores de hardware (conexiones E/S, ausencia de memoria de programa, etc).
- Errores de sintaxis (programa imposible de ejecutar).

El chequeo cíclico de conexiones comprueba los siguientes puntos:

- Niveles de tensión de alimentación.
- Estado de la batería si existe.

El chequeo de la memoria de programa comprueba la integridad de la misma y los posibles errores de sintaxis y gramática:

- Mantenimiento de los datos, comprobados en el "checksum".
- Existencia de la instrucción END de fin de programa.
- Estructura de saltos y anidamiento de bloque correctas.
- Códigos de instrucciones correctas.

Ejecución del programa:

En este segundo bloque se consultan los estados de las entradas y de las salidas y se elaboran las órdenes de mando o de salida a partir de ellos.

El tiempo de ejecución de este bloque de operaciones es la suma del:

- Tiempo de acceso a interfaces de E/S.
- Tiempo de escrutación de programa.

Y a su vez esto depende, respectivamente de:

- Número y ubicación de las interfaces de E/S.
- Longitud del programa y tipo de CPU que lo procesa.

SERVICIO A PERIFÉRICOS:

Este tercer y último bloque es únicamente atendido si hay pendiente algún intercambio con el exterior. En caso de haberlo, la CPU le dedica un tiempo limitado, de 1 a 2ms, en atender el intercambio de datos. Si este tiempo no fuera suficiente, el servicio queda interrumpido hasta el siguiente ciclo.

Tiempo de ejecución y control en tiempo real

El tiempo total que el autómata emplea para realizar un ciclo de operación se llama tiempo de ejecución de ciclo de operación o más sencillamente tiempo de ciclo "Scan time".

Dicho tiempo depende de:

- El número de E/S involucradas.
- La longitud del programa usuario.
- El número y tipo de periféricos conectados al autómata

Los tiempos totales de ciclos son entonces la suma de tiempos empleados en realizar las distintas operaciones del ciclo como se puede ver en la figura:

1	GESTION DE PROCESOS COMUNES	$T1 = 1.26$ [ms] FIJO
2	GESTION DE PERIFERICOS	$T2 = (T1 + T3 + T4) * 0.05$ [ms] si $T2 < 1$ ms, $T2 = 1$ [ms] si $T2 > 1$ ms, $T2$ va redondeado por defecto al 0.5 ms
3	EJECUCION DE INSTRUCCIONES	$T3 =$ Suma de los tiempos de ejecucion de las diversas instrucciones del programa
4	ACTUALIZACION DE E/S	$T4 = 0.29 + (0.07 * N)$ [ms] donde: N = número de GATE ARRAY - 1

Tabla III.1. Tiempos de Ejecución.

- Autodiagnóstico (Proceso común)
- Actualización de E/S (Ejecución del programa)
- Ejecución de programa.(Ejecución del programa)
- Servicio a periféricos.(Servicio a periféricos)

Los tiempos de ejecución de instrucciones se miden en unidades de microsegundos, resultando un tiempo de escrutación del programa variable en función del número e instrucciones contenidas. Precisamente el tiempo de escrutación es uno de los parámetros que caracterizan a un autómatas expresado normalmente en milisegundos por cada mil instrucciones ms/k.

Campos de aplicación

El PLC por sus especiales características de diseño tiene un campo de aplicación muy extenso. La constante evolución del hardware y software amplía constantemente este campo para poder satisfacer las necesidades que se detectan en el espectro de sus posibilidades reales.

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

Sus reducidas dimensiones, la extremada facilidad de su montaje, la posibilidad de almacenar los programas para su posterior y rápida utilización, la modificación o alteración de los mismos, etc., hace que su eficacia se aprecie fundamentalmente en procesos en que se producen necesidades tales como:

- Espacio reducido.
- Procesos de producción periódicamente cambiantes.
- Procesos secuenciales.
- Maquinaria de procesos variables.
- Instalaciones de procesos complejos y amplios.
- Chequeo de programación centralizada de las partes del proceso
- Ofrecen las mismas ventajas sobre la lógica cableada, principalmente por su variedad de modelos existentes.
- Menor tiempo empleado en su elaboración.
- Podrás realizar modificaciones sin cambiar cableado.
- La lista de materiales es muy reducida.
- Mínimo espacio de aplicación.
- Menor costo.
- Mantenimiento económico por tiempos de paro reducidos.

Funciones básicas de un PLC

- **Detección:** Lectura de la señal de los captadores distribuidos por el sistema de fabricación.

- **Mando:** Elaborar y enviar las acciones al sistema mediante los accionadores y preaccionadores.
- **Dialogo hombre maquina:** Mantener un diálogo con los operarios de producción, obedeciendo sus consignas e informando del estado del proceso.
- **Programación:** Para introducir, elaborar y cambiar el programa de aplicación del autómatas. El dialogo de programación debe permitir modificar el programa incluso con el autómatas controlando la maquina.

Nuevas Funciones

- **Redes de comunicación:** Permiten establecer comunicación con otras partes de control. Las redes industriales permiten la comunicación y el intercambio de datos entre autómatas a tiempo real. En unos cuantos milisegundos pueden enviarse telegramas e intercambiar tablas de memoria compartida.
- **Sistemas de supervisión:** También los autómatas permiten comunicarse con ordenadores provistos de programas de supervisión industrial. Esta comunicación se realiza por una red industrial o por medio de una simple conexión por el puerto serie del ordenador.
- **Control de procesos continuos:** Además de dedicarse al control de sistemas de eventos discretos los autómatas llevan incorporadas funciones que permiten el control de procesos continuos. Disponen de módulos de entrada y salida analógicas y la posibilidad de ejecutar reguladores PID que están programados en el autómatas.
- **Entradas- Salidas distribuidas:** Los módulos de entrada salida no tienen porqué estar en el armario del autómatas. Pueden estar distribuidos por la instalación, se comunican con la unidad central del autómatas mediante un cable de red.
- **Buses de campo:** Mediante un solo cable de comunicación se pueden conectar al bus captadores y accionadores, reemplazando al cableado tradicional. El autómatas consulta cíclicamente el estado de los captadores y actualiza el estado de los accionadores.

Ventajas e inconvenientes

No todos los autómatas ofrecen las mismas ventajas sobre la lógica cableada, ello es debido, principalmente, a la variedad de modelos existentes en el mercado y las innovaciones técnicas que surgen constantemente. Tales consideraciones me obligan a referirme a las ventajas que proporciona un autómata de tipo medio.

Ventajas

- Menor tiempo empleado en la elaboración de proyectos debido a que:
- No es necesario dibujar el esquema de contactos
- No es necesario simplificar las ecuaciones lógicas, ya que, por lo general la capacidad de almacenamiento del módulo de memoria es lo suficientemente grande.
- La lista de materiales queda sensiblemente reducida, y al elaborar el presupuesto correspondiente eliminaremos parte del problema que supone el contar con diferentes proveedores, distintos plazos de entrega.
- Posibilidad de introducir modificaciones sin cambiar el cableado ni añadir aparatos.
- Mínimo espacio de ocupación.
- Menor coste de mano de obra de la instalación.
- Economía de mantenimiento. Además de aumentar la fiabilidad del sistema, al eliminar contactos móviles, los mismos autómatas pueden indicar y detectar averías.
- Posibilidad de gobernar varias máquinas con un mismo autómata.
- Menor tiempo para la puesta en funcionamiento del proceso al quedar reducido el tiempo cableado.
- Si por alguna razón la máquina queda fuera de servicio, el autómata sigue siendo útil para otra máquina o sistema de producción.

Inconvenientes

- Como inconvenientes podríamos hablar, en primer lugar, de que hace falta un programador, lo que obliga a adiestrar a uno de los técnicos en tal sentido, pero hoy en día

ese inconveniente esta solucionado porque las universidades ya se encargan de dicho adiestramiento. El coste inicial también puede ser un inconveniente.

3.2. LENGUAJES.

3.2.1. LENGUAJE LADDER

El 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. De este modo, con los conocimientos que todo técnico eléctrico posee, es muy fácil adaptarse a la programación en este tipo de lenguaje.

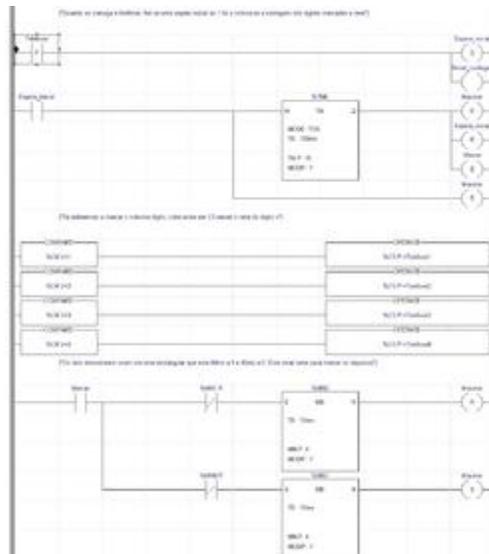


Figura III.III. Ejemplo de Programación en LADDER.

Elementos de Programación.

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.

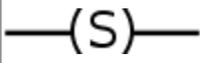
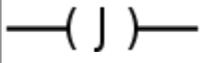
Elementos básicos en LADDER		
Símbolo	Nombre	Descripción
	Contacto NA	Se activa cuando hay un uno lógico en el elemento que representa, esto es, una entrada (para captar información del proceso a controlar), una variable interna o un bit de sistema.
	Bobina NC	Se activa cuando la combinación que hay 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.
	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.
	Bobina JUMP	Permite saltarse instrucciones del programa e ir directamente a la etiqueta que se desee. Sirve para realizar subprogramas.

Figura III.II. Elementos Básicos de LADDER.

Se suele indicar mediante los caracteres B ó M y tienen tanto bobinas como contactos asociados a las mismas de los tipos vistos en el punto anterior. Su número de identificación suele oscilar, en general, entre 0 y 255. Su utilidad fundamental es la de almacenar información intermedia para simplificar esquemas y programación.

Los bits de sistema son contactos que el propio autómatas activa cuando conviene o cuando se dan unas circunstancias determinadas. 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 autómata 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 autómata a otro, pero siempre podemos encontrar una serie de señales fundamentales, aunque, eso sí, con nomenclaturas totalmente distintas.

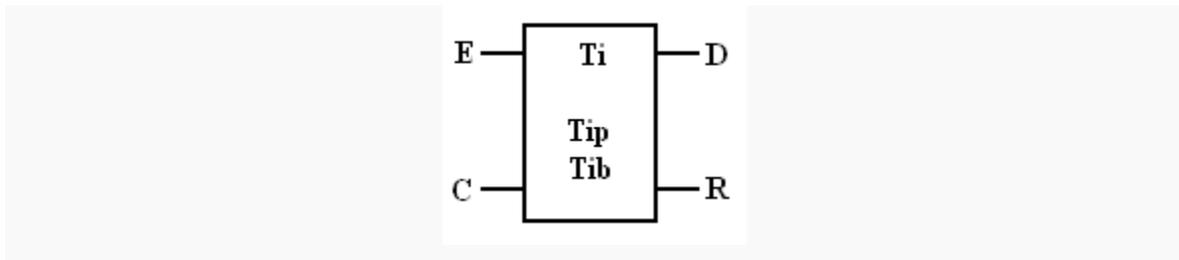


Figura III.IV. Temporizador.

Podemos observar, en la figura de la derecha, el esquema de un temporizador, **Tii**, con dos entradas (E y C a la izquierda) y dos salidas (D y R a la derecha) con las siguientes características:

- **Entrada Enable (E):** Tiene que estar activa (a 1 lógico) en todo momento durante el intervalo de tiempo, ya que si se desactiva (puesta a cero lógico) se interrumpiría la cuenta de tibia (puesta a cero temporal).
- **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.

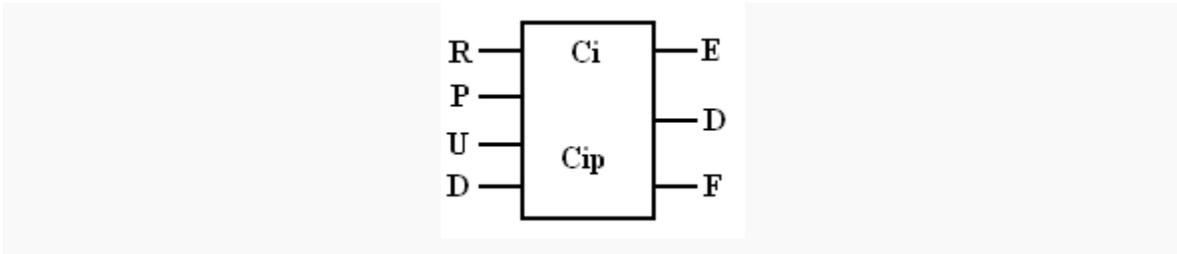


Figura III.V. Contador.

- **Entrada RESET (R):** Permite poner a cero el contador cada vez que se activa. Se suele utilizar al principio de la ejecución asignándole los bits de arranque, de modo que quede a cero cada vez que se arranca el sistema.
- **Entrada PRESET (P).** Permite poner la cuenta del contador a un valor determinado distinto de cero, que previamente se ha programado en Cip.
- **Entrada UP (U):** Cada vez que se activa produce un incremento en una unidad de la cuenta que posea en ese momento el contador.
- **Entrada DOWN (D):** Cada vez que se activa produce un decremento en una unidad de la cuenta que posea en ese momento el contador.
- **Salida FULL (F):** Se activa al producirse un desbordamiento del valor del contador contando en sentido ascendente.
- **Salida DONE (D):** Se activa cuando el valor del contador se iguala al valor preestablecido Cip.
- **Salida EMPTY (E):** Se activa al producirse un desbordamiento del valor del contador contando en sentido descendente.

Monoestables

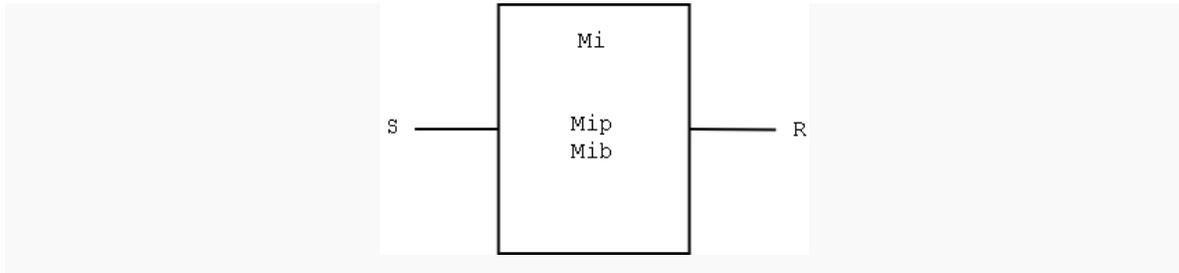


Figura III.VI. Monoestable.

El monoestable es un elemento capaz de mantener activada una salida durante el tiempo con el que se haya programado, desactivándola automáticamente una vez concluido dicho tiempo. Una de sus principales ventajas es su sencillez ya que sólo posee una entrada y una salida como podemos observar en la siguiente figura.

- **Entrada START (S):** Cuando se activa o se le proporciona un impulso comienza la cuenta que tiene programada.
- **Salida RUNNING (R):** Se mantiene activada mientras dura la cuenta y se desactiva al finalizarla. Al igual que con el temporizador, para programar la cuenta hay que introducir los valores de Mip y Mib.

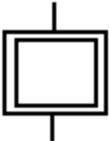
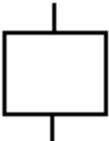
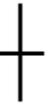
3.2.2. GRAFCET

El **GRAFCET** (**GRAF**ica de **Control** de **Etapas** de **Transición**) es un grafo o diagrama funcional normalizado, que permite hacer un modelo del proceso a automatizar, contemplando entradas, acciones a realizar, y los procesos intermedios que provocan estas acciones. Inicialmente fue propuesto para documentar la etapa secuencial de los sistemas de control de procesos a eventos discretos. No fue concebido como un lenguaje de programación de autómatas, sino un tipo de Grafo para elaborar el modelo pensando en la ejecución directa del automatismo o programa de autómatas. Varios fabricantes en sus autómatas de gama alta hacen este paso directo, lo que lo ha convertido en un potente

lenguaje gráfico de programación para autómatas, adaptado a la resolución de sistemas secuenciales. En la actualidad no tiene una amplia difusión como lenguaje, puesto que la mayoría de los autómatas no pueden programarse directamente en este lenguaje, a diferencia del Lenguaje Ladder. Pero se ha universalizado como herramienta de modelado que permite el paso directo a programación, también con Ladder.

Elementos de Programación.

Para programar un autómata en GRAFCET es necesario conocer cada uno de los elementos propios de que consta. En la siguiente tabla se muestran los comunes.

Elementos GRAFCET de programación		
Símbolo	Nombre	Descripción
	Etapa inicial	Indica el comienzo del esquema GRAFCET y se activa al poner en RUN el autómata. Por lo general suele haber una sola etapa de este tipo.
	Etapa	Su activación lleva consigo una acción o una espera.
	Unión	Las uniones se utilizan para unir entre sí varias etapas.
	Transición	Condición para desactivarse la etapa en curso y activarse la siguiente etapa, Se indica con un trazo perpendicular a una unión.

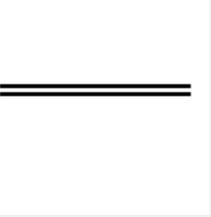
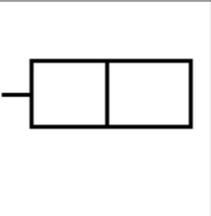
	Direccionamiento	Indica la activación de una y/u otra etapa en función de la condición que se cumpla/n. Es importante ver que la diferencia entre la "o" y la "y" en el graficet es lo que pasa cuando se cierran (ver mas adelante).
	Proceso simultáneo	Muestra la activación o desactivación de varias etapas a la vez.
	Acciones asociadas	Acciones que se realizan al activarse la etapa a la que pertenecen.

Figura III.III. Elementos GRAFCET

Principios Básicos

Para realizar el programa correspondiente a un ciclo de trabajo en lenguaje GRAFCET, se deberán tener en cuenta los siguientes principios básicos:

- Se descompone el proceso en etapas que serán activadas una tras otra.
- A cada etapa se le asocia una o varias acciones que sólo serán efectivas cuando la etapa esté activa.
- Una etapa se activa cuando se cumple la condición de transición y está activa la etapa anterior.
- El cumplimiento de una condición de transición implica la activación de la etapa siguiente y la desactivación de la etapa precedente.
- Nunca puede haber dos etapas o condiciones consecutivas, siempre deben ir colocadas de forma alterna.

Clasificación de las Secuencias

En un GRAFCET podemos encontrarnos con tres tipos de secuencias:

- Lineales
- Con direccionamientos o alternativa
- Simultáneas

Lineales

En las secuencias lineales el ciclo lo componen una sucesión lineal de etapas como se refleja en el siguiente GRAFCET de ejemplo:

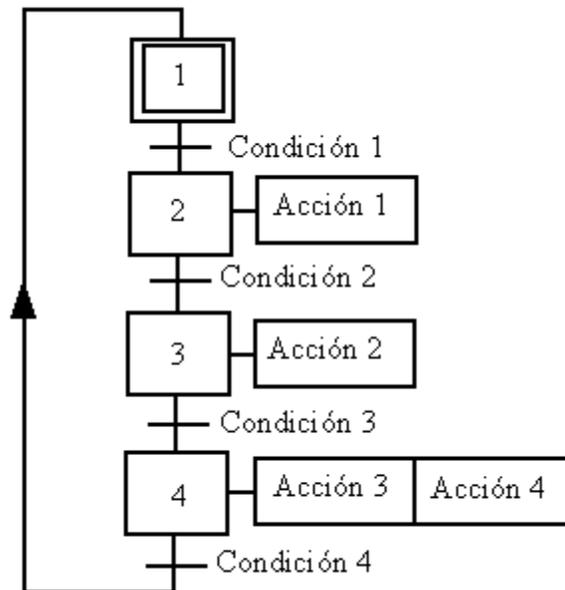


Figura III.VII. Programación Lineal.

El programa irá activando cada una de las etapas y desactivando la anterior conforme se vayan cumpliendo cada una de las condiciones. Las acciones se realizarán en función de la etapa activa a la que están asociadas. Por ejemplo, con la etapa 1 activa tras arrancar el programa, al cumplirse la "Condición 1", se activará la etapa 2, se desactivará la 1, y se realizará la "Acción 1".

Con direccionamiento

En un GRAFCET con direccionamiento el ciclo puede variar en función de las condiciones que se cumplan. En el siguiente ejemplo a partir de la etapa inicial se pueden seguir tres ciclos diferentes dependiendo de que condiciones (1, 2 y/ó 3) se cumplan, (normalmente sólo una de ellas podrá cumplirse mientras la etapa 1 esté activa, aunque pueden cumplirse varias):

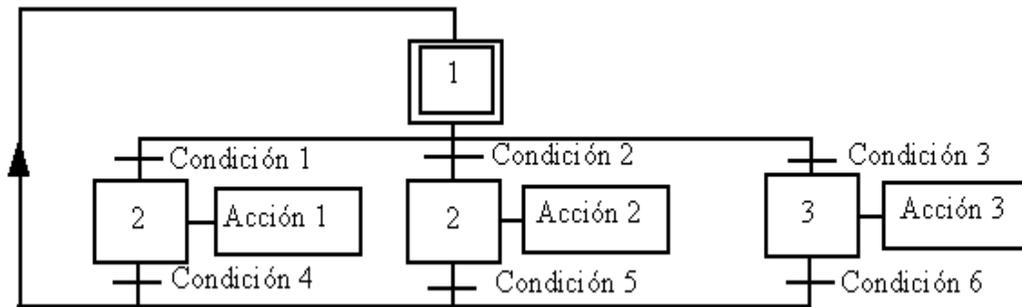


Figura III.VIII. Programación con Direccionamiento.

La diferencia significativa del direccionamiento (arbol abierto con una linea sencilla horizontal) con respecto a la simultánea es que esta pasara a la siguiente etapa cuando haya terminado una de las tareas paralelas independientemente de las que se iniciaron.

Simultáneas

En las secuencias simultáneas varios ciclos pueden estar funcionando a la vez por activación simultánea de etapas. En el siguiente ejemplo, cuando se cumple la condición 1 las etapas 2, 3 y 4 se activan simultáneamente:

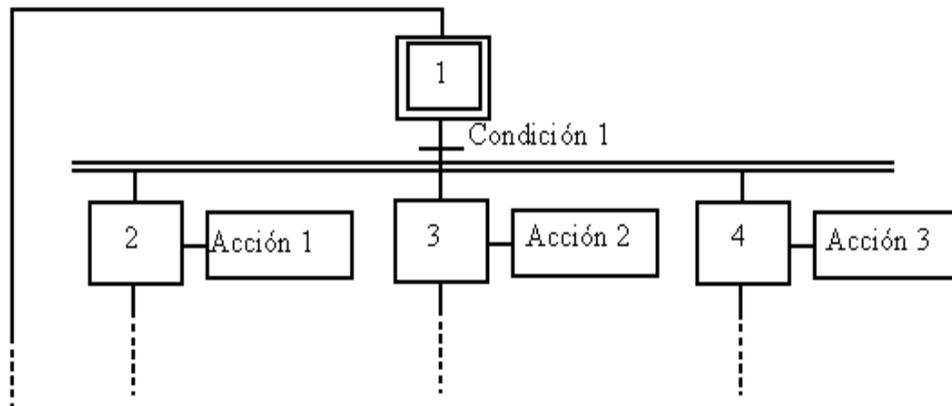


Figura III.IX. Programación Simultánea.

En los casos de tareas simultaneas (arbol abierto por doble linea horizontal) la etapa siguiente al cierre solo podra iniciarse cuando TODAS las etapas paralelas hayan terminado.

Clasificación de las acciones

En un GRAFCET nos podemos encontrar con alguna o varias de las acciones asociadas a una etapa que se describen seguidamente.

Acciones asociadas a varias etapas

Una misma acción puede estar asociada a etapas distintas. Así en el siguiente ejemplo la acción A se realiza cuando está activa la etapa 21 ó la 23 (función O):

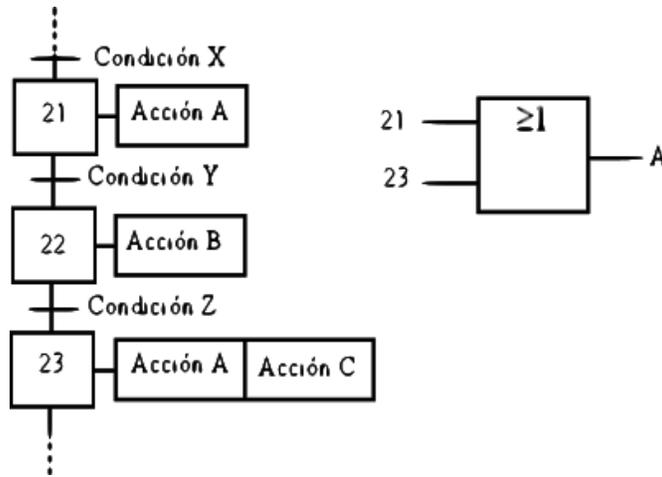


Figura III.X. Acción Asociada.

Acciones condicionadas

La ejecución de la acción se produce cuando además de encontrarse activa la etapa a la que está asociada, se debe verificar una condición lógica suplementaria (función Y):

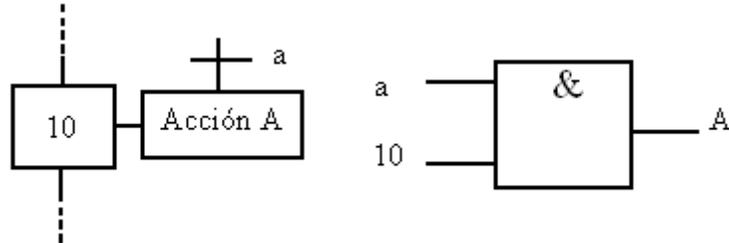


Figura III.XI. Acción Condicionada.

Acciones temporizadas o retardadas

Es un caso particular de las acciones condicionadas que se encuentran en multitud de aplicaciones. En este caso, el tiempo interviene como una condición lógica más. En el siguiente ejemplo la acción A se realizará durante 10 segundos:

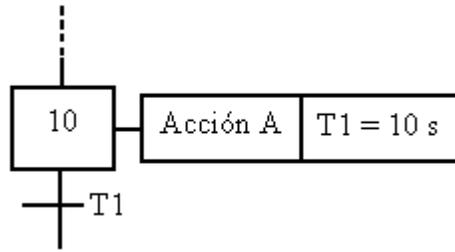


Figura III.XII. Acción Temporizada.

CAPÍTULO IV

DESARROLLO DEL SISTEMA.

4.1. Introducción.

En el presente capítulo se va especificar todo lo referente a nuestro proyecto, el cual conlleva las diferentes etapas del proceso, entre las cuales se pueden nombrar la planificación, diseño, desarrollo e implementación de la tesis **“Implementación De Un Sistema De Transferencia Lineal De Palet De La Línea Mecatronica De Producción Del L.A.I.”**, mismo que fue realizado paso a paso y detalle tras detalle, lo cual ha permitido que el proyecto se lo realice de forma rápida, sencilla, sin complicaciones y con resultados excelentes.

Cada parte del diseño e implementación mecánica, eléctrica, e informática es fundamental para lograr cada uno de los objetivos. Donde se encuentran una banda inicial, de acceso del palet que se une al carro giratorio del sistema de transferencia lineal, que posee sensores inductivos que le indicaran el momento de traslado del palet hacia y extremo derecho, y depositar el mismo en la siguiente banda del proceso, recordamos que la orientación del palet a la salida es la misma que poseía a la entrada del proceso.

4.2 Componentes del Sistema.

Para el diseño se utilizó los siguientes materiales listados a continuación:

- Estructura de aluminio perfilado
- 3 Sensores de Precencia Inductivos Reed CS1-B1.
- 2 Motor DC con caja de reducción.
- PLC SIEMENS S7-1200
- Manguera Corrugada.
- 1 Sensor Óptico Ibest PES D18 POC 300
- 1 Relés Industriales con sus respectivos zocalos.
- 1 Mini relé
- 1 Palet.
- 1 Portafusibles Camsco RT 18-32.
- 1 Rodamiento Circular.
- 2 Carbones.
- 1 Tornillo sin fin.
- 1 Telefast Modicon ABE7

4.2.1 Relé Industrial Finder 55.33.9.0



Figura IV.1 Relé Industrial Finder 55.33.9.0

Características

- Relé para aplicaciones generales con 2, 3 o 4 contactos
- Enchufable en zócalo
- 3 contactos 10 A
- Pulsador de prueba enclavable e indicador mecánico en todos los tipos de 2 y 4 contactos conmutados.
- Bobina AC o DC
- UL Listing (combinaciones relé/zócalo)
- Contactos sin Cadmio (ejecución preferente)
- Módulos de señalización y protección CEM

Características de los contactos	
Configuración de contactos	3 contactos conmutados 4 contactos conmutados
Corriente nominal/Máx. corriente instantánea A	(10/20) A
Tensión nominal/Máx. tensión de conmutación V AC	250/400
Carga nominal en AC1 VA	2500
Carga nominal en AC15 (230 V AC) VA	500
Motor monofásico (230 V AC) kW	0.37
Capacidad de ruptura en DC1: 30/110/220 V A	10/0.25/0.12
Carga mínima conmutable mW (V/mA)	300 (5/5)
Material estándar de los contactos	AgNi

Tabla IV.I Características de los Contactos del Relé Finder 55.33.9.0

Características de la bobina	
Tensión nominal V AC (50/60 Hz)	6 - 12 - 24 - 48 - 60 - 110 - 120 - 230 - 240
de alimentación (UN) V DC	6 - 12 - 24 - 48 - 60 - 110 - 125 - 220
Potencia nominal AC/DC VA (50 Hz)/W	1.5/1
Campo de funcionamiento AC	(0.8...1.1)UN
DC	(0.8...1.1)UN
Tensión de mantenimiento AC/DC	0.8 UN/0.5
Tensión de desconexión AC/DC	0.2 UN/0.1 UN

Tabla IV.II Características de la Bobina del Relé Finder 55.33.9.0

4.2.2 Mini-relé para circuito impreso enchufable 8 - 10 - 16 A



Figura IV.II Minirelé para circuito enchufable.

Características

- Un contacto 10 A (pas 3.5 mm)
- Montaje en circuito impreso directo o en zócalo
- Montaje en carril de 35 mm (EN 60715) en zócalos con bornes a pletina o de conexión rápida
- Bobina DC (estándar o sensible) y bobina AC
- Contactos sin Cadmio
- 8 mm, 6 kV (1.2/50 μ s) entre bobina y contactos
- UL Listing (combinaciones relé/zócalo)

Características de los contactos	
Configuración de contactos	1 contacto conmutado
Corriente nominal/Máx. corriente instantánea A	(10/20)
Tensión nominal/Máx. tensión de conmutación V AC	250/400
Carga nominal en AC1 VA	2500
Carga nominal en AC15 (230 V AC) VA	500
Motor monofásico (230 V AC) kW	0.37
Capacidad de ruptura en DC1: 30/110/220 VA	10/0.3/0.12
Carga mínima conmutable mW (V/mA)	300 (5/5)
Material estándar de los contactos	AgNi

Tabla IV.III Características de los Contactos del Minirelé.

Características de la bobina	
Tensión nominal V AC (50/60 Hz)	6 - 12 - 24 - 48 - 60 - 110 - 120 - 230 - 240
de alimentación (UN) V DC	5 - 6 - 7 - 9 - 12 - 14 - 18 - 21 - 24 - 28 - 36 - 48 - 60 - 90 - 110 - 125
Potencia nominal en AC/DC/DC sens. VA (50 Hz)/W/W	1.2/0.65/0.5
Campo de funcionamiento AC	(0.8...1.1)UN
DC/DC sensible	(0.73...1.5)UN/(0.73...1.75)UN
Tensión de mantenimiento AC/DC	0.8 UN /0.4 UN
Tensión de desconexión AC/DC	0.2 UN /0.1 UN

Tabla IV.IV Características de la Bobina del Minirelé

4.2.3 PORTAFUSIBLES CAMSCO RT 18-32

Un elemento imprescindible para evitar el daño de los equipos que usan alimentación de 110V AC.

Características técnicas:

- Para fusibles que trabajen en los siguientes rangos:
- 0-500 V.
 - Hasta 32 A.



Figura IV.III Portafusibles Camsco RT 18-32.

4.2.4 Modicon Telefast ABE7 precableados Interfaces

Equipado con conectores HE10, Modicon Telefast™ ABE7 permite la conectividad de las tarjetas de PLC de punto a punto, eliminando prácticamente los errores de cableado.

Características

- 8, 12 y 16 canales modulados
- LED indicador de estado
- Polaridades de distribución común
- Salidas por relé de estado sólido.
- La conectividad de señal analógica
- Conectividad de las principales marcas de PLC



Figura IV.IV Telefast Modicon ABE7.

4.2.5 Motor DC con caja reductora.

Motor que gracias a su tamaño, peso y fuerza es ideal para el accionar el movimiento del carro que transporta el palet.

Características

- Funciona a 24VCD
- Hasta 5A.



Figura IV.V Motor DC con caja reductora

4.2.6 Relación de zócalos para relés



Figura IV. VI Zócalo Finder 95.85.3.

Zócalos	Relé	Descripción	Montaje	Accesorios
95.85.33	44.52	Zócalo con bornes de jaula	En panel o carril 35 mm (EN 60715)	Modulos de señalización y protección CEM Palanca de retención y extracción de plástico

Tabla IV.V Descripción del Zócalo

4.2.7 Sensor Reed CS1-B1

Este sensor detecta las diferentes posiciones en las que se encuentra el palet los largo del tornillo sin fin, asi como también el giro del carro transportador.



Figura IV. VII Sensor Reed CS1-B1

■ Especificación

Artículo/Modelo	CS1-B□	CS1-B□X	CS1-B□N	CS1-B□P
Cambiar la lógica	Tipo de STSP normalmente abierto		Transistor sin contacto, tipo normalmente abierto	
Tipo de sensor	Interruptor de lengüeta sin contacto		Tipo de NPN	Tipo de PNP
Voltaje de funcionamiento (V)	5-240V AC/DC		5 - 30V DC	
Max. Conmutación de corriente (mA)	100		200	
Cambio de clasificación (W)	Máx. 10		Máx. 6	
Consumo de corriente	NO		15mA Max. @24V	
Caída de voltaje de	2.5V Max. @100mA DC		0.5V Max. @200mA DC	
Cable	φ 4.0, 2C, el petróleo resistente de gris PVC (llama retardada)		φ 4.0, 3C, PVC petróleo resistente Negro PVC (llama retardada)	
Indicador	LED rojo	NO	LED rojo	
Fuga de corriente	NO		0.01mA Max.	
Sensibilidad (Gauss)	60-75		60-75	
Max. Frecuencia (Hz)	200		1000	
Shock (m/s ²)	300		500	
Vibración (m/s ²)	90		90	
Rango de temperatura °C (1)	-10-70		-10-70	
Caja de clasificación	IP67(NEMA6)		IP67(NEMA6)	
Circuito de protección	NO		Protección reversa de polaridad de alimentación, protección de absorción de onda, protección de circuito corto de salida	

Tabla IV.VI Especificaciones del Sensor Reed CS1-B1

4.2.3 SENSOR ÓPTICOS IBEST

Los sensores ópticos basan su funcionamiento en la emisión de un haz de luz que es interrumpido o reflejado por el objeto a detectar. Tiene muchas aplicaciones en el ámbito industrial y son ampliamente utilizados.

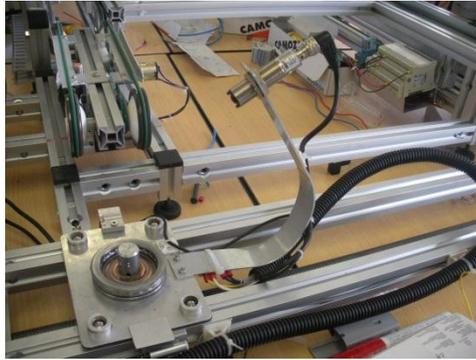


Figura IV. VII Sensor Optico Ibest

4.3 Descripción del módulo didáctico

4.3.1 Sistema Eléctrico

En el sistema eléctrico se encuentran borneras las cuales esta instaladas junto a su respectivo modulo como son PLC, los cables utilizados para conexión son los adecuados respecto a voltaje y corriente del sistemas.

El diseño está marcado por las entradas y salidas con las que cuenta el PLC S7-1200, el cual tiene 4 Entradas Digitales y 4 Salidas Digitales

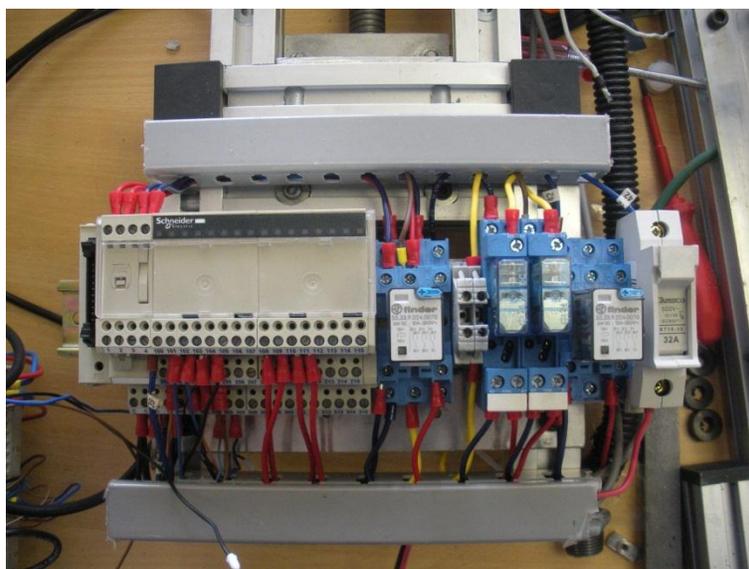


Figura IV.VIII Conexiones hacia el PLC.

4.3.2 Sistema Mecánico

El Sistema de transferencia lineal está equipado con un armazón de Aluminio perfilado, en las dos siguientes figuras se puede observar que los espacios se encuentran bien distribuidos con respecto a las bandas de acceso y salida, además de la parte eléctrica del sistema.

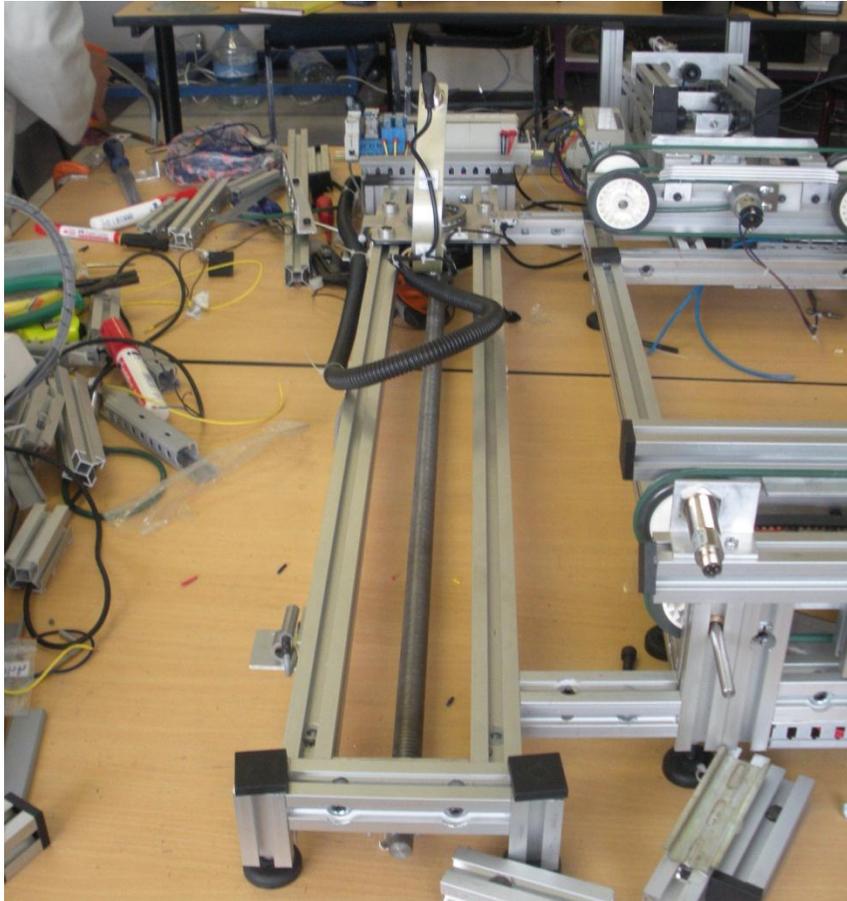


Figura IV.IX Vista Lateral del Sistema de Transferencia Lineal

4.3.3 Sistema Informático.

Para el Diseño Informático se debe cumplir todos los requerimientos previos para el funcionamiento adecuado del programa Totally Integrated Automtilly donde se desarrolla, donde como se pueden observar en las figuras se Designan las variables que van intervenir en el programa.

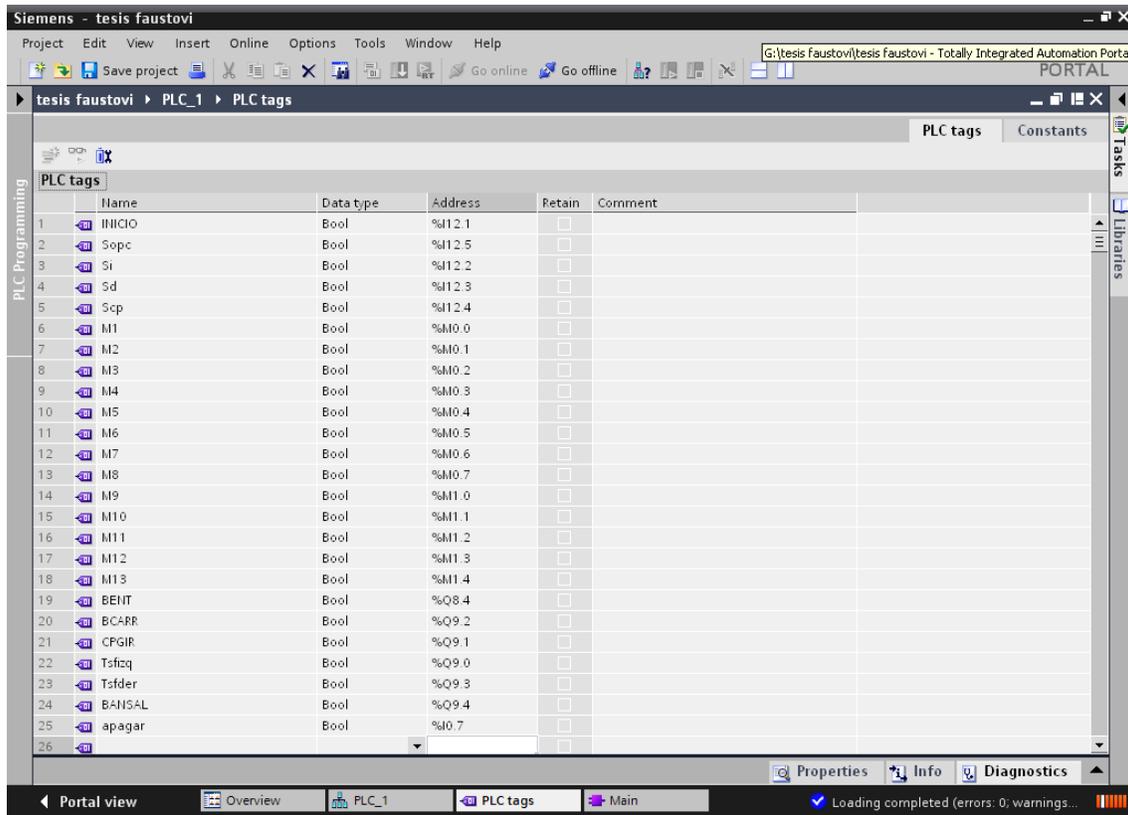


Figura IV X. Variables Utilizadas en Diseño Informático

4.4 DETECCIÓN DE FALLAS

En la elaboración del proyecto de tesis surgieron problemas en distintos aspectos que los describimos a continuación:

- Fallo de motor dc en la banda del carro del palet.

Debido a la configuración del sistema es indispensable que los actuadores del sistema trabajen en el voltaje y corriente especificados (24V y hasta 5A), además de tratarse de un modulo didáctico debe ser agradable incluso en el ámbito estético, es por ello que detectamos fallas en el modulo.

Utilizamos un motor de un taladro recargable, el cual necesitaba de una fuente que afectaba estéticamente y presento problemas en su funcionamiento, ya que su torque no era el suficiente para transportar el palet, por lo cual optamos por eliminar la fuente y adquirir un motor de mayor torque y acoplarlo a la caja de reducción que teníamos, esto trajo más problemas debido a que en la ciudad de Riobamba lamentablemente en trabajos de

precisión mecánica se encuentra muy retrasado, esto nos consumió demasiado tiempo y con malos resultados porque al final no se pudo solucionar el problema de este modo.

- Falla en detección de sensores.

Al utilizar sensores se debe tener en cuenta varios factores que influyen en su desempeño:

- Principio de funcionamiento
- Conexiones
- Dimensiones físicas
- Medio en el que se va a utilizar
- Tarea que va a realizar, entre otras

Nuestro problema surgió en un ensayo, tomábamos lectura de los sensores, los cuales según construcción fueron ubicados para poder moverlos de tal manera que fuese mas fácil su adaptación al sistema de paletizado, aquí fue donde tuvimos la ausencia de detección de 3 de ellos (2 sensores inductivos y un óptico), el problema se encontraba en la ubicación de los mismos.

En los sensores inductivos ubicamos imanes en los puntos de detección los cuales están adheridos mediante cinta doble faz, al ajustar la ubicación de los sensores se desviaron una pequeña distancia provocando la ausencia de detección del dispositivo.

Lo mismo ocurrió con el sensor óptico, este está sujeto a una barra metálica que es muy flexible, este se desvió unos milímetros y ocasiono medidas erróneas.

- Fallo en cableado

Al concluir con el cableado y realizar las pruebas pertinentes surgió un nuevo problema, teníamos la señal eléctrica en el sensor óptico y al medir esta señal en el telefast se perdía, ocasionando un nuevo problema en el desarrollo del proyecto.

4.5 CORRECCIÓN DE FALLAS ENCONTRADAS

- **Fallo de motor dc en la banda del carro del palet.**

Recurrimos a adquirir un motor de 24V y una caja reductora en la ciudad de Quito.

Aquí surgió un nuevo problema, al encontrar estos elementos teníamos que adaptarlos, físicamente es muy complicado modificar cualquier parte mecánica del proyecto debido a

su funcionamiento preciso, un pequeño peso adicional o una medida incorrecta afecta de manera drástica su buen desempeño.

Con la ayuda de nuestro director de tesis logramos acoplar de la mejor manera estos nuevos elementos obteniendo el resultado esperado.

- **Falla en detección de sensores**

La solución inmediata fue:

En los sensores inductivos, ubicar los imanes de los puntos de referencia mas cerca del sensor, esto fue posible gracias a la flexibilidad del sistema para poder ajustar la ubicación de los sensores y de los imanes.

En el sensor óptico de igual manera se corrigió la posición de la barra y así solucionamos esta pequeña falla.

- **Fallo en cableado**

El problema tenía que ver con los terminales que estábamos utilizando, estos terminales eran demasiado grandes, lo cual no permitía que ingrese completamente en la bornera y por lo tanto no existía contacto, la solución fue cambiar todos los terminales por unos más pequeños.

4.6 EJECUCIÓN DEL PROTOTIPO FINAL.

Después de realizada la planificación, desarrollo e implementación del proyecto nos encontramos ya con el modulo terminado y puesto a punto.

A continuación describiremos el funcionamiento del sistema de paletizado, este sistema consta de 2 circuitos aislados con varias etapas cada uno, lo importante para poder cerrar estos 2 circuitos es conocerlos y acoplarse a su requerimiento.

El palet que circulara a través de todo el sistema tiene un imán en un costado del mismo, que sirve para ubicarlo con sensores en las etapas, es por ello la importancia de nuestro

proyecto, este debe ser capaz de trasladar el palet de un circuito a otro, pero además debe girar el palet por los requerimientos antes mencionados.

Hemos programado el plc y conseguimos el objetivo deseado, nuestro modulo recoge el palet lo invierte y lo entrega al siguiente circuito, al regresar se ubica nuevamente en su posición original realizando un giro de 360 grados, y nuevamente está listo para automáticamente seguir con su ejecución.

Al describirlo así parece ser un trabajo muy fácil pero al ir a la práctica nos encontramos con varios problemas que fuimos superando poco a poco.

Lo principal es el tamaño, es necesario que nuestro modulo tuviera una altura máxima de 25cm debido a que el modulo anterior tiene esa altura y debemos tomar el palet de él, fue necesario obtener actuadores idóneos para este trabajo,

El palet se mueve de izquierda a derecha mediante un tornillo sin fin como podemos observar en la figura.

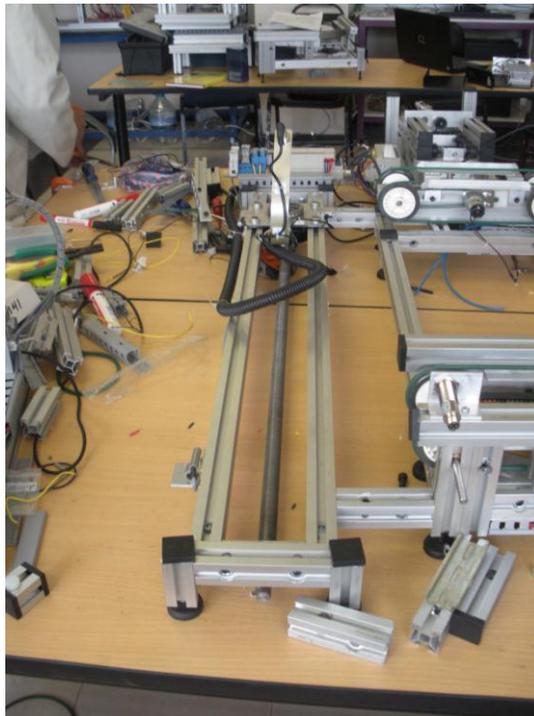


Figura IV XI. Sistema de Transferencia Lineal.

El tornillo sin fin es impulsado por un motor de 24V CD.

En la parte inferior del carro transportador se encuentra un motor de 24V CD que se encarga de girarlo, en la figura apreciamos el rotor del mismo.



Figura IV XII. Motor de para el movimiento del carro transportador.

Ahora bien, en el carro transportador tenemos una banda que se encarga de coger el palet y entregarlo, esta parte fue la mas complicada ya que necesitábamos alimentar el motor que impulsa la banda y era imposible mandar cables directos de los relees ya que, el carro al girar 360 grados se enredaría el cable imposibilitando que se realice el objetivo deseado, es por ello que se instalo dos pistas de cobre sobre las cuales rodarían carbones, y mediante rodamientos facilitarían el trabajo.

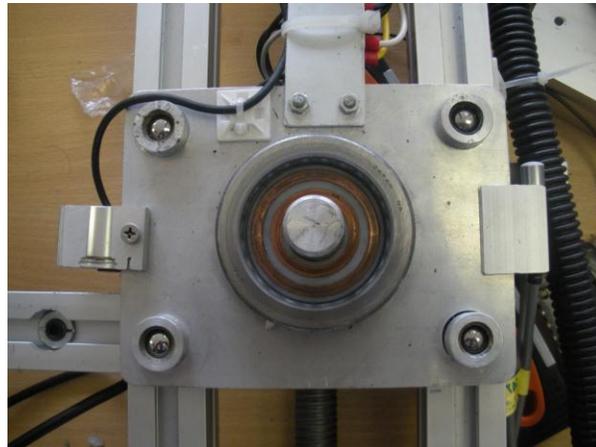


Figura IV XIII. Pistas de Cobre.



Figura IV XIV. Carbones de Contacto

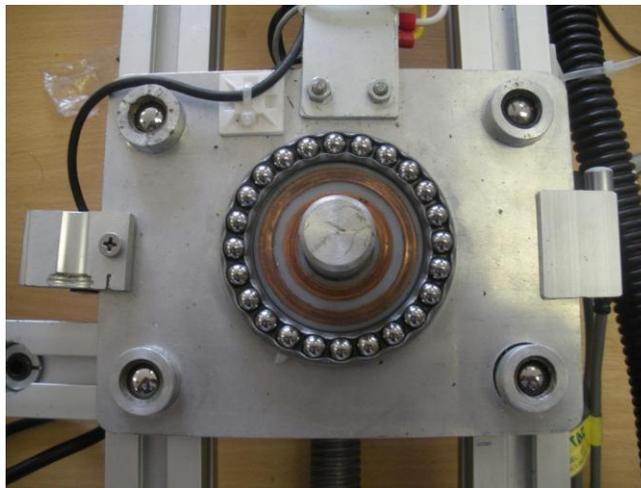


Figura IV XV. Rodamientos.

Realizado este trabajo nos encontramos con el modulo finalmente terminado en la parte eléctrica, mecánica y de programación.

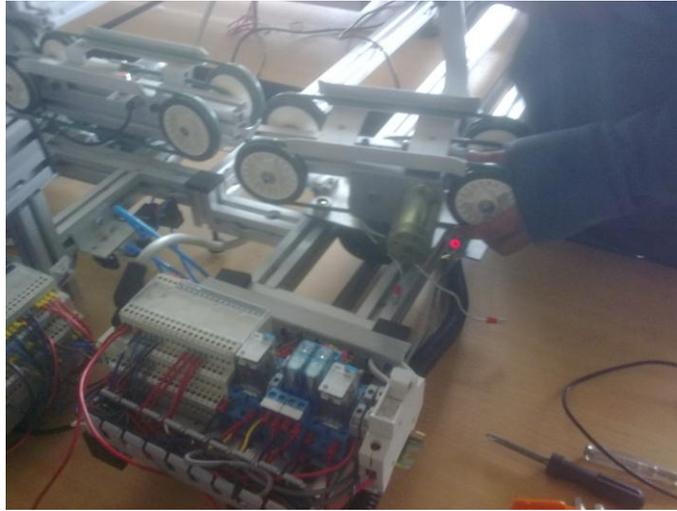


Figura IV XVI. Sistema de transferencia Implementado.

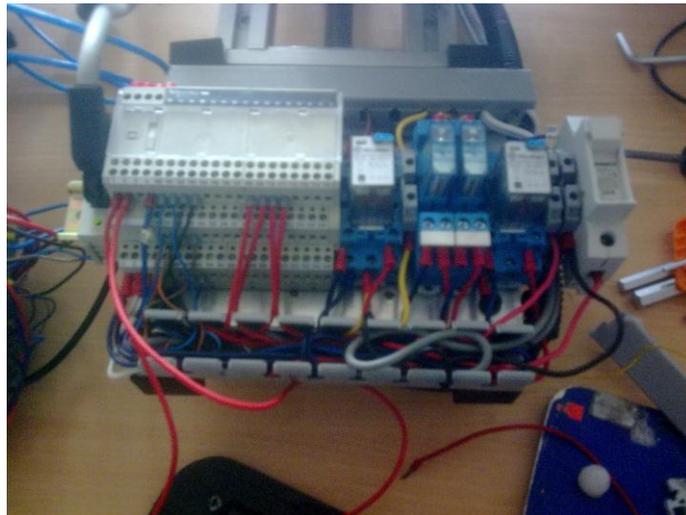


Figura IV XVII. CableadoFinal.

CAPITULO V

PRUEBAS Y RESULTADOS

5.1. DEFINICIÓN DEL ÁMBITO

En la escuela de ingeniería electrónica en control y redes industriales existe el laboratorio de automatización industrial, en el cual se encuentran varios módulos que simulan de manera muy real sistemas de producción que son de gran utilidad para el aprendizaje de los estudiantes, es por ello que decidimos aportar con un modulo que se utilizara para cerrar un circuito de paletizacion, a lo largo del trabajo fuimos recogiendo información que a continuación discutiremos en el análisis de los mismos y sus respectivos resultados.

5.2. PRUEBAS MECÁNICAS

La estructura metálica fue construida en aluminio perfilado esperando que con sus prestaciones obtengamos la eficiencia requerida en este proyecto, en solidez, flexibilidad y estabilidad.

Realizamos varias pruebas a lo largo del proyecto que a continuación las relatamos:

1. Prueba de soporte de peso de la estructura

En esta prueba sometimos a la estructura a un peso estimado de lo que sería a futuro el peso total máximo que debería soportar.

Como resultado de la misma obtuvimos que el aluminio es un metal solido que es capaz de soportar una gran cantidad de peso ideal para este trabajo.

2. Prueba de flexibilidad y fácil manipulación

Nuestra estructura debe ser capaz de soportar vibraciones y por el mismo hecho de que va a formar parte de un sistema ya creado, debe ser flexible y de fácil manipulación para ajustarlo a los requerimientos que sean necesarios.

Sometimos a la estructura a la vibración generada por el tornillo sin fin del modulo obteniendo como resultado la estabilidad necesaria.

Además modificamos la ubicación de sensores con una gran facilidad gracias a los acoples existentes para trabajar con aluminio.

Como resultado final obtuvimos que el aluminio a mas de ser muy liviano es resistente y brinda mucha facilidad para trabajar con él, siendo idóneo para nuestro proyecto.

5.3. PRUEBAS ELÉCTRICAS

Se realizaron varias pruebas eléctricas, a continuación las describimos:

3. Pruebas de continuidad.

Al realizar el conexionado recurrimos a la facilidad que nos ofrecía utilizar un telefast, realizamos las conexiones pertinentes y antes de conectar a la fuente de alimentación realizamos pruebas de continuidad para asegurarnos que no existían corto circuitos y que las conexiones estaban perfectamente realizadas, con ello evitamos daños en lo posterior a los equipos.

Con ello obtuvimos varias fallas y pudimos corregirlas oportunamente.

4. Pruebas en las protecciones

En nuestro proyecto de tesis como lo indicamos anteriormente trabajamos con un PLC Siemes S7-1200 que está protegido mediante un fusible, además también el telefast posee un fusible de protección.

Realizamos pruebas en estos puntos para verificar si los fusibles se encontraban en buen estado.

También realizamos pruebas a los porta fusibles para comprobar que no exista paso de flujo eléctrico en la ausencia de fusible.

Como resultado obtenemos que el quipo no sufra danos futuros además de dejar como enseñanza para los estudiantes que siempre se debe colocar las debidas protecciones a los circuitos eléctricos y electrónicos.

5. Prueba de contactos en las borneras

Para conectar los cables en las borneras utilizamos terminales tipo pin y tipo punta.

Una prueba muy común y tal vez un poco rustica es que al conectar un cable a una bornera después de ajustarlos se tira del cable, con ello verificamos que si existe algún movimiento en el cableado este no se va a desconectar.

Como resultado de esto obtuvimos que varios contactos estaban mal sujetos, los corregimos y probamos nuevamente hasta su correcta ubicación.

6. Prueba de sensores y actuadores

En el sistema de transferencia lineal de palet existen 4 sensores: 3 inductivos y 1 optico. También tenemos 3 actuadores que son 3 motores de 24V, después del conexionado realizamos pruebas manuales enviando las señales necesarias a cada uno de los actuadores para observar su comportamiento, también alimentamos los sensores y realizamos una inspección visual de su correcto funcionamiento.

Como resultado obtuvimos algunas fallas, nuevamente debido a la mala conexión de los mismos, después de solucionar estas fallas obtuvimos un correcto funcionamiento de cada uno de los elementos que intervienen en la banda.

5.4. PRUEBAS DE CONTROL CON EL PLC

En el proceso de programación para el control del modulo realizamos el correspondiente diagrama de GRAFCET y de este modo obtuvimos las memorias que posteriormente utilizaríamos.

Aquí realizamos pruebas del proceso que debería cumplir el equipo paso a paso, anteponiéndonos a las dificultades que podrían presentarse.

Posteriormente procedemos con la programación en el step 7 el cual nos da el diagrama de contactos.

Aquí realizamos varias pruebas para obtener un rendimiento optimo del equipo, se realizan pruebas de las entradas, tiempos de espera, salidas, tiempos de respuesta.

Después de un arduo trabajo de puesta a punto de la programación y control del equipo obtuvimos el resultado esperado, un modulo automático capaz de conectar 2 sistemas que se encontraban aislados y formar un escenario real de un proceso industrial.

5.5. ANÁLISIS DE ACEPTACIÓN DEL MÓDULO.

Existen varias técnicas para realizar el análisis y la comprobación de las hipótesis pero la que vamos a utilizar es: Encuestas a los estudiantes de la ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRONICA EN CONTROL Y REDES INDUSTRIALES.

Para comprobar la hipótesis se hizo una encuesta para verificar la aceptación de los alumnos de la Escuela de Ingeniería Electrónica en Control y Redes Industriales sobre la “IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE TRANSFERENCIA LINEAL DE PALET DE LA LÍNEA MECATRONICA DE PRODUCCION DEL L.A.I.”

Procedimos a encuestar a 50 estudiantes de Séptimo, Octavo, Noveno y Décimo semestres, ya que en estos niveles se dictan cátedras que tienen que ver con la automatización, entre las que se puede mencionar: Control Hidráulico Neumático, Control Automático, Automatización Industrial, Mecatrónica Control de Procesos Industriales, Sistemas de Control entre otras obteniendo los siguientes resultados:

5.5.1. TABULACIÓN DE DATOS GENERALES

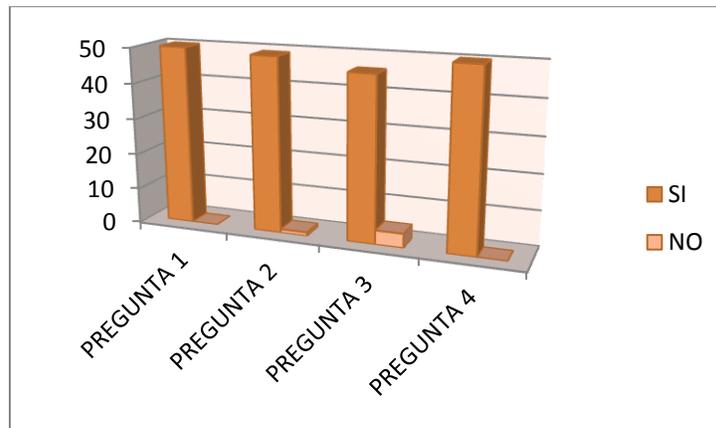


Figura V.I Tabulación de Datos Generales.

5.5.2. TABULACIÓN DE DATOS DE CANA UNA DE LAS PREGUNTAS REALIZADAS EN LA ENCUESTA

Primera pregunta

1. ¿Cree usted que en el laboratorio de automatización industrial sea necesario contar con procesos reales de producción para el mejor aprendizaje de los estudiantes?

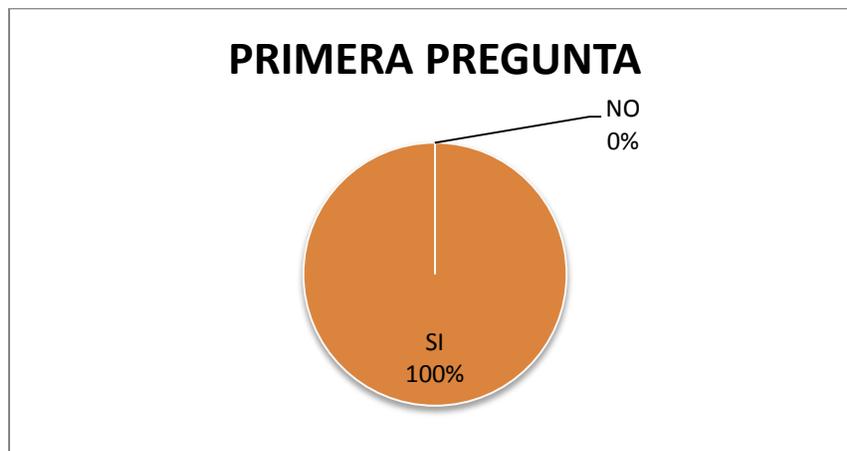


Figura V.II Tabulación de la Primera Pregunta.

Segunda pregunta

2. Cree usted que se podría mejorar el sistema de transferencia de palet del laboratorio de automatización industrial ubicando un modulo para conectar las 2 etapas de este sistema?



Figura V.III Tabulación de la Segunda Pregunta.

Tercera pregunta

3. ¿Cree usted que este modulo aportaría de mejor manera al estudio de la automatización?



Figura V.IV Tabulación de la Tercera Pregunta.

Cuarta pregunta

4. ¿Cree usted que mediante la instalación de este modulo el proceso de paletizado seria más completo y se asemejaría mas a un proceso de producción real?

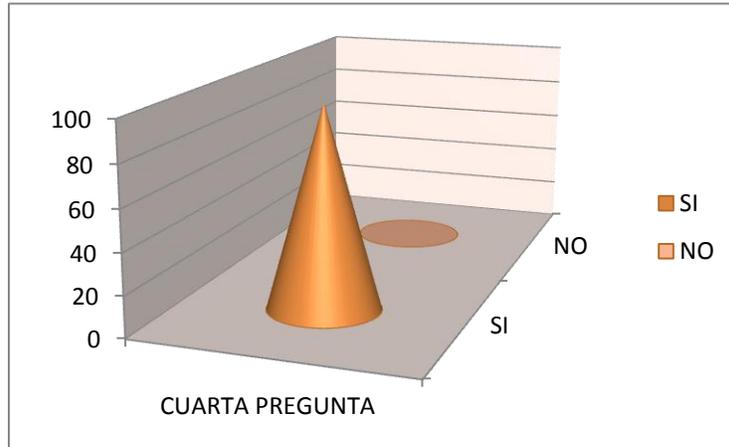


Figura V.V Tabulación de la Cuarta Pregunta.

CONCLUSIONES

1. Se construyó el carro (banda pequeña giratoria), posee un sistema de bandas reversible que es capaz de girar 360 grados, que según las necesidades del sistema de paletizado, toma el palet de una banda lo gira y lo entrega en la banda de salida.
2. Se implementó el sistema de transferencia lineal, capaz de tomar el palet de un extremo libre, girarlo y entregarlo al otro extremo, mediante un tornillo sin fin de potencia impulsado por un motor de corriente continua de baja velocidad, que se montó sobre la estructura de aluminio perfilado capaz de soportar el peso de los elementos actuadores y sensores, además de acoplarse a los 2 extremos de las bandas libres.
3. Se acopló el carro giratorio a la plataforma del sistema de transferencia lineal.
4. Se montó y acopló en el sistema los elementos sensoriales y de control necesarios para el funcionamiento correcto del módulo.
5. Se programó y controló el sistema mediante el PLC Siemens S7 1200, se realizaron varios programas de acuerdo a sus posibilidades de control en sus variantes.

RECOMENDACIONES

- Al trabajar con aluminio perfilado asegurarse que posee todos los acoples y herramientas necesarios para un desempeño fluido y sin demoras.
- Cuando se realizan los cableados debe asegurarse en varios aspectos:
 - Al ponchar los terminales a los cables asegurarse de usar la herramienta dedicada ya que si lo hacemos improvisándola es seguro que se sujetara mal y a futuro nos traerá muchos problemas
 - Al ajustar el cable a la bornera asegurarse que este bien sujeto, los errores mas comunes son que se introdujo demasiado el terminal y el tornillo de la bornera ajusto al aislante provocando que no exista conexión, o en caso contrario no se ajusto bien el tornillo de la bornera y el cable esta suelto, provocando la ausencia de conexión.
 - Al conectar los cables en las borneras del PLC, es sumamente importante reconocer bien las salidas y las entradas utilizando el manual correspondiente, podemos conectar mal los cables ocasionando en el peor caso corto circuitos que afectan de muy mala manera a un equipo muy costoso.
 - Estar siempre consciente de lo que se hace sin distraerse.
 - Para mayor facilidad etiquetar los cables para no hacer un doble trabajo.
- Los sensores son parte fundamental de cada proyecto, son los ojos del sistema, es por ello que su ubicación es fundamental, por ello una recomendación es estudiar claramente el sistema y su posterior funcionamiento, para no equivocarnos gravemente forzando un reinicio del proyecto. Por ello es mejor ubicar los sensores en partes que puedan ser móviles para ajustarlos después en la posición deseada.
- Tomar en cuenta el peso de los elementos, esto puede afectar fuertemente al desempeño del proyecto.
- Realizar varias pruebas a sensores, actuadores y partes mecánicas antes de realizar la programación, esto evitara que pase demasiado tiempo en esta etapa.

- Realizar el GRAFCET respectivo, esto facilitara el trabajo de programación y nos ayuda a tener una mejor idea del funcionamiento del modulo.

RESUMEN

Se diseñó e implementó un sistema de transferencia lineal de palet, mismo que servirá para equipar el laboratorio de Automatización Industrial de la Escuela de Ingeniería Electrónica Control y Redes Industriales de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

El método que se utilizó en la implementación fue el Analítico, a través del cual reunimos la información necesaria para el diseño del sistema, pues el mismo debe ubicarse en un espacio predeterminado dentro del laboratorio de automatización industrial.

El proceso consta de una banda que se traslada hacia los extremos del sistema, mismo que posee sensores que indican cuando debe detenerse; para el acceso del palet se cuenta con una banda pequeña a modo de carro, que se acciona al iniciar el proceso y se detiene cuando un sensor óptico ubicado en la zona más alta del sistema se percata de su presencia, seguidamente, la banda se traslada hacia el otro extremo y gira 180°, de esta manera el palet ingresa en la siguiente etapa con la misma orientación. Este proceso puede realizarse las 24 horas del día ininterrumpidamente.

El módulo tiene longitud estándar, su altura es de 450mm, un largo de 1300mm, y con un ancho de 200mm. El cuerpo o bastidor del módulo está construido en perfil de aluminio. Todo el mecanismo está diseñado para una operación directa con un PLC utilizando el software STEP 7.

Un sistema de transferencia lineal es de vital importancia en industrias donde se usan bandas transportadoras, puesto que, minimiza el área de trabajo, aumenta la velocidad de producción y su costo de implementación es bajo.

Se logró obtener un prototipo sencillo que permite desarmar, armar, entender y manejar la aplicación a través del software STEP 7, así también se logra mayor rapidez de producción.

Para finalizar recomendamos dar el uso y manipulación adecuada al sistema de transferencia lineal, para que este a su vez no sufra deterioro excesivo.

GLOSARIO

SENSOR

Un sensor es un dispositivo capaz de detectar magnitudes físicas o químicas, llamadas variables de instrumentación, y transformarlas en variables eléctricas. Las variables de instrumentación pueden ser por ejemplo: temperatura, intensidad lumínica, distancia, aceleración, inclinación, desplazamiento, presión, fuerza, torsión, humedad, pH, etc. Una magnitud eléctrica puede ser una resistencia eléctrica (como en una RTD), una capacidad eléctrica (como en un sensor de humedad), una Tensión eléctrica (como en un termopar), una corriente eléctrica (como en un fototransistor), etc.

TRANSDUCTOR

Un transductor es un dispositivo capaz de transformar o convertir un determinado tipo de energía de entrada, en otra diferente a la salida.

El nombre del transductor ya nos indica cual es la transformación que realiza (por ejemplo electromecánica, transforma una señal eléctrica en mecánica o viceversa), aunque no necesariamente en esa dirección. Es un dispositivo usado principalmente en la industria, en la medicina, en la agricultura, en robótica, en aeronáutica, etc. para obtener la información de entornos físicos y químicos y conseguir (a partir de esta información) señales o impulsos eléctricos o viceversa. Los transductores siempre consumen algo de energía por lo que la señal medida resulta debilitada.

PLC

Controlador lógico programable

TERMINAL

Se refiere a una patilla o pin de un componente, también a un elemento conductor con parte aislante que sirve para facilitar la conexión de cables flexibles.

CONECTOR ELÉCTRICO

Un conector eléctrico es un dispositivo para unir circuitos eléctricos. En informática, son conocidos también como interfaces físicas.

Están compuestos generalmente de un enchufe (macho) y una base (hembra)

MATERIAL AISLANTE

El aislamiento eléctrico se produce cuando se cubre un elemento de una instalación eléctrica con un material que no es conductor de la electricidad, es decir, un material que resiste el paso de la corriente a través del elemento que recubre y lo mantiene en su trayectoria a lo largo del conductor. Dicho material se denomina aislante eléctrico.

CONTACTOR

Un contactor es un componente electromecánico que tiene por objetivo establecer o interrumpir el paso de corriente, ya sea en el circuito de potencia o en el circuito de mando, tan pronto se energice la bobina (en el caso de ser contactores instantáneos). Un contactor es un dispositivo con capacidad de cortar la corriente eléctrica de un receptor o instalación, con la posibilidad de ser accionado a distancia, que tiene dos posiciones de funcionamiento: una estable o de reposo, cuando no recibe acción alguna por parte del circuito de mando, y otra inestable, cuando actúa dicha acción. Este tipo de funcionamiento se llama de "todo o nada". En los esquemas eléctricos, su simbología se establece con las letras KM seguidas de un número de orden.

RELE

El relé o relevador es un dispositivo electromecánico. Funciona como un interruptor controlado por un circuito eléctrico en el que, por medio de una bobina y un electroimán, se acciona un juego de uno o varios contactos que permiten abrir o cerrar otros circuitos eléctricos independientes. Fue inventado por Joseph Henry en 1835.

Dado que el relé es capaz de controlar un circuito de salida de mayor potencia que el de entrada, puede considerarse, en un amplio sentido, como un amplificador eléctrico. Como tal se emplearon en telegrafía, haciendo la función de repetidores que generaban una nueva señal con corriente procedente de pilas locales a partir de la señal débil recibida por la línea. Se les llamaba "relevadores"

SISTEMA

Un sistema (del latín *systēma*, proveniente del griego *σύστημα*) es un objeto compuesto cuyos componentes se relacionan con al menos algún otro componente; puede ser material o conceptual.

MODULO

Un módulo es una parte repetitiva, autónoma e intercambiable de un diseño modular

POLEA

Una polea, es una máquina simple que sirve para transmitir una fuerza. Se trata de una rueda, generalmente maciza y acanalada en su borde, que, con el curso de una cuerda o cable que se hace pasar por el canal ("garganta"), se usa como elemento de transmisión para cambiar la dirección del movimiento en máquinas y mecanismos.

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 el menor 'piñón'. Un engranaje sirve para transmitir movimiento circular mediante contacto de ruedas dentadas.

PALLET

Un palé (único término reconocido por la Real Academia Española),¹ pallet (México) (donde también se usa el término tarima), o paleta es un armazón de madera, plástico u

otros materiales empleado en el movimiento de carga ya que facilita el levantamiento y manejo con pequeñas grúas hidráulicas, llamadas carretillas elevadoras.

BIBLIOGRAFÍA

- 1.- ALCIATORE. D.,** Sistema Mecánico: Introducción a la Mecatrónica y Sistemas de Medición., 2a.ed., D.F México-México., Interamericana de México., 2008., Pp., 50-93.
- 2.- BOLTON. W.,** Mecatrónica Sistema de Control Eléctrico en la Ingeniería Mecánica y Eléctrica., 3a ed., Bogotá-Colombia., Alfa-Omega., Pp., 56-103.
- 3.- CASTAÑO. A.,** Libro de Diseño de Máquinas., 2a ed., Bogotá-Colombia., Marcombo., 2004., Pp., 115-146.
- 4.- KUO. B.,** Sistemas de Control Automático., 7a ed., D.F México-México., México., Alfa-Omega., 1996., Pp., 78-150.
- 5.- MOTT. V. y OTROS.,** Diseño de elementos de Máquinas, 3a ed., Pearson Educación., Medellín-Colombia., 2006., Pp., 178-227.
- 6.- GÓMEZ. L.,** Automatización Industrial Principios y Aplicaciones., La Paz-Bolivia., Jugrey., 2008., 15-28.

BIBLIOGRAFIA DE INTERNET

7.- SISTEMAS DE CONTROL

<http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/3330/5/34059-5.pdf>

12/05/2012.

http://www.isa.cie.uva.es/~felipe/docencia/ra12itielec/tema1_trasp.pdf

12/05/2012.

8.- CONTROLADORES LOGICOS PROGRAMABLES

<http://www.monografias.com/trabajos-pdf3/sistemas-automaticos/sistemas-automaticos.pdf>

17/05/2012.

<http://isa.uniovi.es/docencia/IngdeAutom/Sistemas%20Automatizados.pdf>

17/05/2012.

http://www.juntadeandalucia.es/averroes/ies_sierra_magina/.pdf

23/05/2012.

http://www.juntadeandalucia.es/averroes/ies_sierra_magina/.pdf

03/05/2012.

ANEXOS



ENCUESTA DE ACEPTACION PARA EL SISTEMA DE TRANSFERENCIA LINEAL DE PALET DE LA LÍNEA MECATRONICA DE PRODUCCION DEL L.A.I.

ENCUESTA

Con el fin de conocer la percepción que los estudiantes tienen acerca de la instalación del modulo de transferencia lineal de palet de la línea mecatrónica de producción del Laboratorio de Automatización Industrial, les solicitamos comedidamente diligenciar de manera objetiva la siguiente encuesta.

1. ¿Cree usted que en el laboratorio de automatización industrial sea necesario contar con procesos reales de producción para el mejor aprendizaje de los estudiantes?

1.1 SI	<input type="checkbox"/>
1.2 NO	<input type="checkbox"/>

2. ¿Cree usted que se podría mejorar el sistema de transferencia de palet del laboratorio de automatización industrial ubicando un modulo para conectar las 2 etapas de este sistema?

2.1 SI	<input type="checkbox"/>
2.2 NO	<input type="checkbox"/>

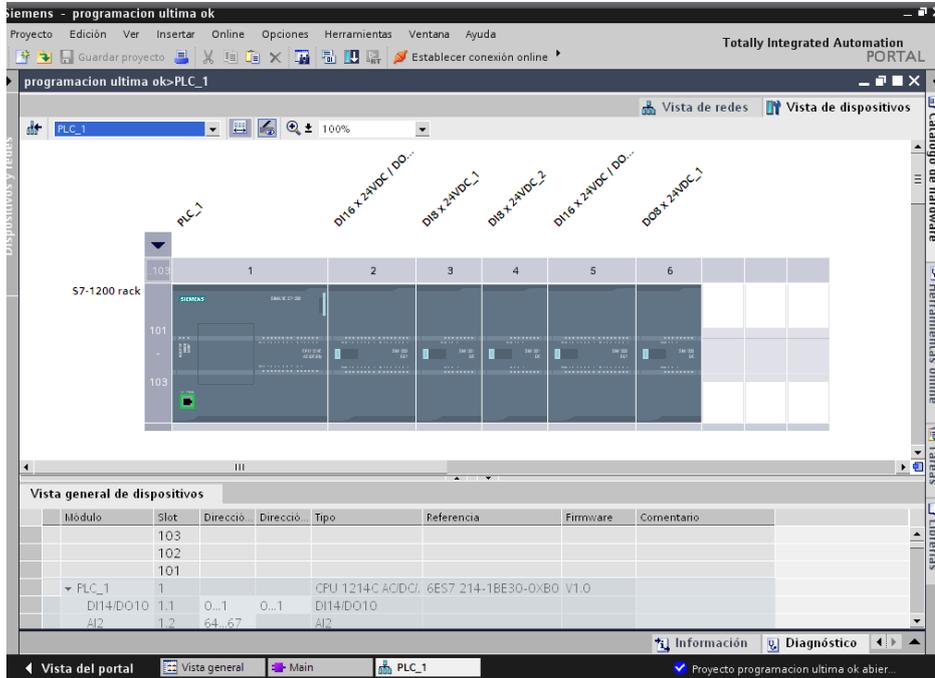
3. ¿Cree usted que este modulo aportaría de mejor manera al estudio de la automatización?

3.1 SI	<input type="checkbox"/>
3.2 NO	<input type="checkbox"/>

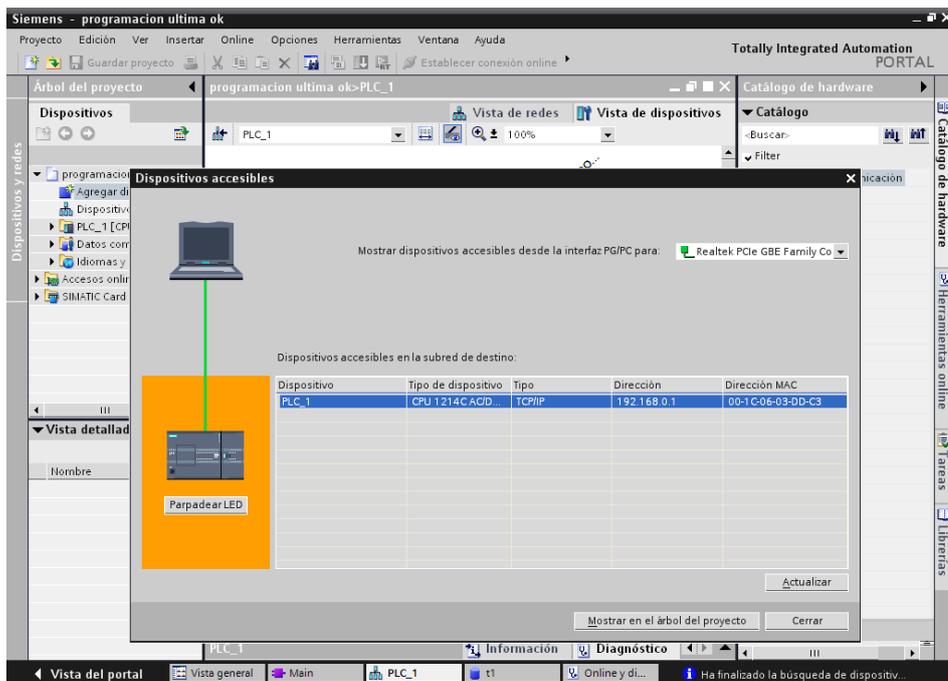
4. ¿Cree usted que mediante la instalación de este modulo el proceso de paletizado seria mas completo y se asemejaría mas a un proceso de producción real?

4.1 SI	<input type="checkbox"/>
4.2 NO	<input type="checkbox"/>

ANEXO 1. PLC SIEMENS S7-1200 Y MÓDULOS DE E/S



ANEXO 2. COMPROBACIÓN Y DIAGNOSTICO DEL PLC Y MÓDULOS DE E/S



ANEXO 3. PROGRAMACIÓN LADDER

Siemens - programación ultima ok

Proyecto Edición Ver Insertar Online Opciones Herramientas Ventana Ayuda

Totally Integrated Automation PORTAL

programacion ultima ok > PLC_1 > Bloques de programa > Main

Interfaz

Nombre	Tipo de datos	Comentario
1	Temp	
2		

Título del bloque:

Comentario

Segmento 1:

Comentario

Main

Propiedades Información

Vista del portal Vista general Main

Proyecto programación ultima ok abier...

Siemens - programación ultima ok

Proyecto Edición Ver Insertar Online Opciones Herramientas Ventana Ayuda

Totally Integrated Automation PORTAL

programacion ultima ok > PLC_1 > Bloques de programa > Main

Interfaz

Nombre	Tipo de datos	Comentario
1	Temp	
2		

Título del bloque:

Comentario

Segmento 1:

Comentario

Main

Propiedades Información

Vista del portal Vista general Main

Proyecto programación ultima ok abier...

Siemens - programación ultima ok

Proyecto Edición Ver Insertar Online Opciones Herramientas Ventana Ayuda

Totally Integrated Automation PORTAL

programación ultima ok > PLC_1 > Bloques de programa > Main

Interfaz

Nombre	Tipo de datos	Comentario
1	Temp	
2		

Main

Vista del portal Vista general Main

Proyecto programación ultima ok abier...

Siemens - programación ultima ok

Proyecto Edición Ver Insertar Online Opciones Herramientas Ventana Ayuda

Totally Integrated Automation PORTAL

programación ultima ok > PLC_1 > Bloques de programa > Main

Interfaz

Nombre	Tipo de datos	Comentario
1	Temp	
2		

Main

Vista del portal Vista general Main

Proyecto programación ultima ok abier...

Siemens - programacion ultima ok

Proyecto Edición Ver Insertar Online Opciones Herramientas Ventana Ayuda

Totally Integrated Automation PORTAL

programacion ultima ok > PLC_1 > Bloques de programa > Main

Interfaz

Nombre	Tipo de datos	Comentario
1	Temp	
2		

Main

Propiedades Información

Vista del portal Vista general Main

Proyecto programacion ultima ok abier...

Instrucciones

- Favoritos
- Instrucciones
 - General
 - Operaciones lógicas con bits
 - Temporizadores
 - Contadores
 - Comparadores
 - Funciones matemáticas
 - Desplazamiento
- Instrucciones avanzadas
 - Fecha y hora
 - String + Char
 - Control del programa
 - Comunicación
 - Alarmas
 - PID
 - Motion Control
 - Impulso

Siemens - programacion ultima ok

Proyecto Edición Ver Insertar Online Opciones Herramientas Ventana Ayuda

Totally Integrated Automation PORTAL

programacion ultima ok > PLC_1 > Bloques de programa > Main

Interfaz

Nombre	Tipo de datos	Comentario
1	Temp	
2		

Main

Propiedades Información

Vista del portal Vista general Main

Proyecto programacion ultima ok abier...

Instrucciones

- Favoritos
- Instrucciones
 - General
 - Operaciones lógicas con bits
 - Temporizadores
 - Contadores
 - Comparadores
 - Funciones matemáticas
 - Desplazamiento
- Instrucciones avanzadas
 - Fecha y hora
 - String + Char
 - Control del programa
 - Comunicación
 - Alarmas
 - PID
 - Motion Control
 - Impulso

Siemens - programacion ultima ok

Proyecto Edición Ver Insertar Online Opciones Herramientas Ventana Ayuda

Totally Integrated Automation PORTAL

programacion ultima ok > PLC_1 > Bloques de programa > Main

Interfaz

Nombre	Tipo de datos	Comentario
1	Temp	
2		

Main

Propiedades Información

Vista del portal Vista general Main

Proyecto programacion ultima ok abier...

Instrucciones

- Favoritos
- Instrucciones
 - General
 - Operaciones lógicas con bits
 - Temporizadores
 - Contadores
 - Comparadores
 - Funciones matemáticas
 - Desplazamiento
- Instrucciones avanzadas
 - Fecha y hora
 - String + Char
 - Control del programa
 - Comunicación
 - Alarmas
 - FID
 - Motion Control
 - Impulso

Siemens - programacion ultima ok

Proyecto Edición Ver Insertar Online Opciones Herramientas Ventana Ayuda

Totally Integrated Automation PORTAL

programacion ultima ok > PLC_1 > Bloques de programa > Main

Interfaz

Nombre	Tipo de datos	Comentario
1	Temp	
2		

Main

Propiedades Información

Vista del portal Vista general Main

Proyecto programacion ultima ok abier...

Instrucciones

- Favoritos
- Instrucciones
 - General
 - Operaciones lógicas con bits
 - Temporizadores
 - Contadores
 - Comparadores
 - Funciones matemáticas
 - Desplazamiento
- Instrucciones avanzadas
 - Fecha y hora
 - String + Char
 - Control del programa
 - Comunicación
 - Alarmas
 - FID
 - Motion Control
 - Impulso

Siemens - programación ultima ok

Proyecto Edición Ver Insertar Online Opciones Herramientas Ventana Ayuda

Totally Integrated Automation PORTAL

programación ultima ok > PLC_1 > Bloques de programa > Main

Programación PLC

Panel de control de la CPU

Ninguna conexión online

Jerarquía de llamada

No hay ninguna estructura de llamadas disponible.

Main

Vista del portal Vista general Main

Proyecto programación ultima ok abier...

Siemens - programación ultima ok

Proyecto Edición Ver Insertar Online Opciones Herramientas Ventana Ayuda

Totally Integrated Automation PORTAL

programación ultima ok > PLC_1 > Bloques de programa > Main

Programación PLC

Panel de control de la CPU

Ninguna conexión online

Jerarquía de llamada

No hay ninguna estructura de llamadas disponible.

Segmento 2:

Main

Vista del portal Vista general Main

Proyecto programación ultima ok abier...

ANEXO 4. FICHA TÉCNICA DE LOS SENSORES INDUCTIVOS CS1-B1

Sensor

Serie CS1-B1-B8(N, P, X)



Especificación

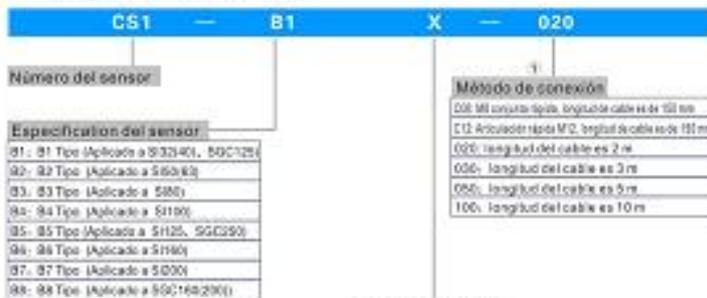
Artículo/Modelo	CS1-B1	CS1-B1X	CS1-B1N	CS1-B1P
Cambiar la lógica	Tipo de STP Previamente abierto		Tipo de STP Normalmente abierto	
Tipo de sensor	Interruptor de lengüeta en contacto		Tipo de NPN	Tipo de PNP
Voltaje de funcionamiento (V)	5-240V AC/DC		5-30V DC	
Max. Corriente de contacto (mA)	100		200	
Cambio de clasificación (W)	Mín. 10		Mín. 6	
Consumo de corriente	ND		10mA Max. @24V	
Caída de voltaje de	2.5V Max. @100mA DC		2.5V Max. @200mA DC	
Cable	φ 4.0, 2C., al petróleo resistente de g/la PVC (lámina reforzada)		φ 4.0, 2C., PVC petróleo resistente Negro PVC (lámina reforzada)	
Indicador	LED rojo	NO	LED rojo	
Fuga de corriente	ND		0.01mA Max.	
Sensibilidad (Gauss)	60-75		60-75	
Max. Frecuencia (Hz)	200		1000	
Shock (m/s)	300		500	
Vibración (m/s)	90		90	
Rango de temperatura (°C)	-10-70		-10-70	
Caja de clasificación	IP67/NEMA6		IP67/NEMA6	
Circuito de protección	ND		Protección térmica de polaridad de alfileres y protección de absorción de onda protección de circuito corto de salida	

Dimensiones

Modelo/Artículo	A	B	C	D
CS1-B1(N, P, X)	16.2	27.8	11	15.5
CS1-B1(N, P, X)	16.2	29.7	4	15.7
CS1-B8(N, P, X)	21.9	31.7	5.6	18.5
CS1-B8(N, P, X)	25.8	34.7	18	15.5
CS1-B8(N, P, X)	21.3	37.5	19	13
CS1-B8(N, P, X)	30.4	44.5	20	13
CS1-B8(N, P, X)	46.4	44.5	20	18
CS1-B8(N, P, X)	25	38.6	15	15.5

1) Nota: Póngase en contacto con nosotros para la resistencia de la temperatura alta (125 - 150 °C), la resistencia a la temperatura baja (-40 - 25 °C) y la prueba de explosiones interruptor del sensor. Número del interruptor de sensor.

Código de ordenamiento



1) Nota: La articulación rápida que se adjunta al extremo del cable es el tipo de hilo de trenido de tres agujas masculina de conjunta lineal giratoria. El enchufe hembra de conjunta tiene que ser ordenado adicionalmente. Por favor, consulte a PVI-44 para los datos específicos.

Montaggio

No accesorios de instalación son necesarios para el interruptor del sensor de CS1-B1(N, P, X) en series. Se puede fijar directamente en el cilindro, cual es conveniente y rápido.



ANEXO 5. FICHA TÉCNICA DEL SENSOR OPTICO

TECHNICAL INSTRUCTIONS



c. Type instructions

	TYPE	SPECIALITY
Through-beam		Detect when an object shutoff the light between the sender and the receiver <ul style="list-style-type: none"> • Detect long distance • Stable detecting status • Strong light beam • Detect different objects(transparent or non-transparent, different appearance/color/materials, etc.)
Retros-reflective		Detect when an object shutoff the light between the sender and the reflector <ul style="list-style-type: none"> • The reflector can be installed in the very limited space • The connection is easy • Can adjust the (light)axis easily • Detecting longer distance than diffused-reflective sensor • Detect different objects(transparent or non-transparent, different appearance/color/materials, etc.)
Diffused-reflective		The diffused-reflective sensor detect the object when the object reflect the light beam sent from the diffused-reflective sensor. <ul style="list-style-type: none"> • Save space (a sensor module needs to be installed only) • No need to adjust (light)axis • Can detect the reflect-light transparent object • Can detect different colors

d. Terms

TERMS	DEFINITION
	The different distance of reflective photoelectric sensor is the difference between detecting distance and reseting distance.
	The angle ranges for the photoelectric sensor detect objects.
	The min. time that the sensor detect light beam exist and output "ON" signal or the min. time that the sensor detect no light beam and output "OFF" signal.
	The max. ambient light for the sensor receiving face to work appropriately

e. Operation instruction

External interference	Solutions
	Use a block to shut out the light reflected from under the object. No space for installing height.
	Heighten the installing position of inducing component. No avoid the installing height.
	Adjust the installing height or change the angle of the inducing component. Use background objects with low reflectivity like black wall to prevent the sensor from detecting the light from background objects.
	Increase the distance. Try to increase the distance between the target object and the background object.
To prevent interference for through-beam photoelectric sensor, the sender and receiver need to be in crossed position as below:	
when install the sender and receiver, please avoid the light beam from one sender received by other sensor/receiver.	