

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

**ESCUELA DE FORMACION DE TECNOLOGOS**

## **CONSTRUCCIÓN DE UN MODULO MECATRÓNICO PARA LA SIMULACIÓN DE UN SISTEMA INDUSTRIAL PARA EL ENVASADO DE LÍQUIDOS LIVIANOS**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
TECNOLOGO EN PROCESOS DE PRODUCCIÓN MECÁNICA**

**JUAN CARLOS SALCEDO QUISHPE**

juanca-salcedo@hotmail.com

**MARCO VINICIO LUCERO PASTAS**

vinilope@hotmail.com

**DIRECTOR: MARIO GRANJA**

mario.granja@epn.edu.ec

QUITO, JULIO 2008

## DECLARACIÓN

Nosotros Juan Salcedo y Marco Lucero, declaramos que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; Que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y que hemos investigado las referencias bibliograficas que se incluyen en este documento.

Por tal razón La Escuela Politécnica Nacional, puede hacer uso del documento escrito, y los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la ley, reglamento de propiedad intelectual y por la normativa institucional vigente pertenecen a la Corporación "Tecnha", ya que el proyecto es financiado por el ellos.

---

Alumno 1

---

Alumno 2

## **AGRADECIMIENTOS.**

Al Ing. Mario Granja por aceptar la dirección en la realización de este proyecto de tesis.

Al Ing. Javier Mendieta Gerente de la Corporación “Tecnha”, por haber aportado con el financiamiento para la construcción de este modulo mecatrónico.

Y un agradecimiento muy especial para Sr. William Lema, Jefe de Taller de la Corporación “Tecnha”, por el aporte de ideas y compartir parte de su experiencia para el desarrollo de este tema.

**JUAN SALCEDO  
MARCO LUCERO**

## **CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente trabajo fue elaborado por los Srs. Juan Salcedo y Marco Lucero bajo mi supervisión.

---

**Ing. Mario Granja**  
**Director del Proyecto.**

## **DEDICATORIA**

A mis padres por los fundamentos éticos, por su apoyo en el transcurso de mi vida hasta este momento, por el esfuerzo y dedicación que me han brindado día a día en la superación académica y personal.

A mi hermana que es mi aliento de superación y fortaleza.

A mis familiares y maestros que contribuyeron a mi formación personal y profesional, a mis amigos por haber estado conmigo en las buenas y en las malas, porque en este momento voy a cumplir mi meta tan anhelada.

Mil Gracias.

**MARCO LUCERO**

## **DEDICATORIA**

A Dios por haberme dado la oportunidad de llegar al mundo en medio de un hogar bien formado, así como también darles la vida y la salud a mis padres y hermanos.

A mis padres por apoyado hasta el día de hoy con todo su cariño, sacrificio, esfuerzo y dedicación para sacarme adelante, las mismas que al estar complementados con unos sólidos valores me han ayudado a desarrollarme personal, intelectual y profesionalmente.

A la EPN por abrirme sus puertas y acogerme en sus aulas por más de tres años, tiempo en el cual los profesores me han preparado para serle frente a las dificultades en el campo laboral.

Les estaré eternamente agradecido.

**JUAN SALCEDO**

# INDICE

## CAPITULO I

Introducción.....	1
-------------------	---

## CAPITULO II MECATRÓNICA

<b>2. Introducción.....</b>	<b>3</b>
2.1. Estructura de un Sistema Mecatrónico.....	4
2.1.2. Funcionamiento de un Sistema Mecatrónico.....	5
2.1.3. Aplicaciones de la Mecatrónica.....	6
<b>2.2. Automatización.....</b>	<b>8</b>
2.2.1. La automatización en la Industria.....	8
2.2.2. Principales puntos a considerar en el Control Automático.....	8
2.2.3. Variable controlada.....	8
2.2.4. Procesos.....	9
2.2.5. Sistemas.....	9
2.2.6. Perturbaciones.....	9
2.2.7. Control de retroalimentación.....	9
2.2.8. Sistemas de Control Retroalimentados.....	9
2.2.9. Sistemas de ciclo cerrado y ciclo abierto.....	10
2.2.9.1. Sistemas de ciclo cerrado.....	10
2.2.9.2. Sistemas de ciclo abierto.....	11
2.2.10. Concepto de programa.....	11
<b>2.3. Control Industrial.....</b>	<b>12</b>
2.3.1. Importancia del Control.....	12
2.3.2. Equipo de Control Industrial.....	14
2.3.3. Tipos de dispositivos.....	15
2.3.3.1. Tableros de control industrial.....	15
2.3.3.2. Equipo de conversión de energía.....	15
2.3.3.3. Equipos de control de procesos.....	15
2.3.3.4. Controladores lógicos programables.....	16
2.3.3.5. Relevadores, contactores, interruptores y controladores.....	
de motores.....	16
<b>2.4. Neumática.....</b>	<b>18</b>
2.4.1. Elementos neumáticos de trabajo.....	18
2.4.2. Elementos neumáticos de movimiento rectilíneo.....	18
2.4.2.1. Cilindros de simple efecto.....	18
2.4.2.2. Cilindro de émbolo.....	19
2.4.2.3. Cilindros de doble efecto.....	19
2.4.2.4. Cilindros con amortiguación interna.....	20
2.4.3. Cilindros de doble efecto en ejecución especial.....	21
2.4.3.1. Cilindros de doble vástago.....	21
2.4.3.2. Cilindro tándem.....	21

2.4.3.3. Cilindro multiposicional.....	22
2.4.4. Ejecuciones especiales de los cilindros.....	23
2.4.5. Fijaciones mas comunes de cilindros.....	24
2.4.5.1. Tipos de fijación.....	24
2.4.6. Constitución de los cilindros.....	25
2.4.7. Tipos de juntas.....	27
2.4.8. Calculo de los cilindros.....	29
2.4.8.1. Fuerza del émbolo.....	29
2.4.8.2. Longitud de carrera.....	35
2.4.8.3. Velocidad del émbolo.....	35
2.4.8.4. Consumo de aire.....	35
<b>2.5. Electrovalvulas.....</b>	<b>36</b>
2.5.1. Funcionamiento.....	37
2.5.2. Tipos.....	38
2.5.3. Clasificación.....	38
2.5.3.1. Válvula distribuidora 3/2, accionamiento neumático.....	38
2.5.3.2. Válvulas electromagnéticas.....	40
<b>2.6. Sensores.....</b>	<b>42</b>
2.6.1. Concepto.....	42
2.6.2. Clasificación de los sensores en función de la energía.....	43
2.6.3. Típicas señales de los sensores.....	43
2.6.4. Sensores de contacto.....	45
2.6.5. Sensores de proximidad.....	45
2.6.5.1. Ventajas.....	46
2.6.5.2. Tensiones de funcionamiento.....	46
2.6.5.3. Campos de Aplicación.....	47
2.6.6. Encoder.....	48
2.6.6.1. Encoders incrementales.....	48
2.6.6.2. Encoders absolutos.....	49
2.6.7. Sensores sin contacto.....	50
2.6.8. Microrruptores o interruptores de posición electromecánicos.....	50
2.6.8.1. Características técnicas.....	51
2.6.8.2. Notas sobre la instalación.....	52
2.6.9. Sensores de proximidad inductivos.....	54
2.6.9.1. Características técnicas.....	57
2.6.9.2. Observaciones sobre la aplicación.....	58
2.6.10. Sensores de proximidad capacitivos.....	61
2.6.11. Sensores fotoeléctricos.....	61
2.6.12. Sensores ultrasónicos.....	64
2.6.13. Sensores de proximidad magnéticos.....	64
2.6.13.1. Transformadores lineales variables.....	64
2.6.13.2. Sensores tipo "reed".....	65



2.6.13.3. Observaciones sobre la disposición.....	66
2.6.13.4. Aplicación.....	68
2.6.14. Sensores de proximidad magnético – inductivos.....	68
2.6.14.1. Datos técnicos.....	69
2.6.14.2. Observaciones sobre la aplicación.....	69
2.6.15. Sensores de proximidad magnetorresistivos.....	71
2.6.16. Sensores de proximidad de efecto hall.....	71
2.6.17. Sensores de proximidad wiegand.....	72
2.6.18. Sensores de presión.....	72
2.6.19. Sensores de nivel.....	72
2.6.20. Sensores de temperatura.....	73
2.6.21. Temporales.....	73
2.6.22. RTD.....	73
2.6.23. Termistores.....	74
2.6.24. Sensores de flujo.....	74
<b>2.7. PLC's.....</b>	<b>75</b>
2.7.1. Conceptos básicos.....	75
2.7.2. Hardware.....	76
2.7.3. Software.....	78
2.7.4. Funcionamiento de los PLC's.....	78
2.7.5. Programación de un PLC.....	79
2.7.5.1. Tipos de señal.....	80
2.7.5.2. Señales discretas.....	80
2.7.5.3. Señales análogas.....	82
2.7.5.4. Señales digitales o binarias.....	83
2.7.6. Introducción a la programación.....	86
2.7.6.1. Elementos gráficos.....	88
2.7.7. Estructura del programa de aplicación.....	92
2.7.7.1. Programa lineal.....	92
2.7.7.2. Programación estructurada.....	95
2.7.8. Tipos de lenguajes de programación.....	99
2.7.8.1. Lenguajes gráficos.....	99
2.7.8.2. Lenguajes textuales.....	101
2.7.8.3. Lenguaje de bloques.....	104

### **CAPITULO III**

<b>3. Dimensionamiento y Construcción.....</b>	<b>111</b>
3.1. Banda transportadora.....	112
3.2. Sistema de sellado.....	113
3.3. Sistema de envasado.....	114
3.4. Dossier de Envases.....	114
3.5. Sistema de Control.....	116

## **CAPITULO IV**

4. Pruebas del montaje, recomendaciones y puesta a punto.....	117
4.1. Pruebas.....	117
4.2. Montaje y puesta a punto.....	118
4.2.1. Montaje.....	118
4.2.2. Instalaciones y ensamblaje.....	118
4.2.2.1. Montaje de la instalación.....	119
4.2.2.2. Ensamblaje de la instalación.....	119
4.2.3. Puesta a punto.....	119
4.2.3.1. Documentación sobre el ensamblado y puesta a punto.....	120
4.2.3.2. Cambio de los parámetros de operación.....	120
4.3. Detección y eliminación de fallas.....	120
4.3.1. Fallas deliberadas.....	121
4.3.2. Tiempos de falla.....	122
4.3.3. Número de fallas.....	122

## **CAPITULO V**

### **Recomendaciones y Conclusiones**

5. Recomendaciones.....	123
5.1. Conclusiones.....	126

<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>127</b>
--------------------------	------------

## **ANEXOS.**

## **CAPITULO VI**

ANEXO 1.- Planos arquitectónicos.

ANEXO 2.- Simbología eléctrica

ANEXO 3.- Ejemplos de Programación de un PLC

ANEXO 4.- Detección de fallas "Norma Internacional"

ANEXO 5.- Tecnología de Manipulación

ANEXO 6.- Simbología de la Tecnología de Manipulación

## **1. INTRODUCCION.**

Actualmente en nuestro país, falta la explotación del campo tecnológico en la elaboración de máquinas autómatas construidas para la ejecución de actividades específicas en los diferentes campos de la industrial ecuatoriana, por lo que nos ha inducido a un estudio profundizado en el nuevo campo de la Mecatrónica, el cual es utilizado en el nuevo mundo.

Con nuestro proyecto se ha buscado alternativas de desarrollo tecnológico dentro del país para el cual nos hemos enfocado en el envasado de líquidos livianos, ya que es una parte del sector industrial muy vulnerable a las pérdidas económicas y pérdidas de la calidad del producto por que el volumen del líquido contenido en los diferentes envases es irregular causado por la deficiencia que ofrecen los antiguos procesos.

Para la construcción de este prototipo se ha buscado las mejores alternativas en dispositivos encontrados en el mercado nacional de acuerdo a nuestras necesidades, como; perfiles de aluminio cuadrados huecos, elementos eléctricos, electrónicos y neumáticos, que al trabajar en conjunto desempeña eficazmente el trabajo para el cual fue fabricado.

El módulo Mecatrónico consta de diferentes sensores tales como, capacitivos, magnéticos, ópticos, de nivel con bulbos de mercurio que envían señales, al ser receptadas por un PLC estas son convertidas en trabajos específicos de mayor precisión por parte de los distintos actuadores tales como son; electroválvulas para el control de bombas, cilindros neumáticos de simple y doble efecto, motores eléctricos, luces piloto, reles y contactores.

El lenguaje de programación utilizado es por contactos (LADER), ya que es de uso universal para la elaboración de programas de este tipo, de fácil comprensión para cualquier técnico, cómodo de seguir y en caso de fallas nos brinda una rapidez de solución.

El objetivo principal con el que se construyó este proyecto es proponer a la industria nacional una máquina de última generación explotando al máximo nuestros recursos técnicos e intelectuales, la misma que fue creada por Ecuatorianos con elementos y dispositivos disponibles en nuestro mercado local, a fin de que cualquier problema o daño de los distintos mecanismos pueda ser reparado a un bajo costo y de inmediato, evitando un paro en la producción sabiendo que el tiempo hoy en día equivale a dinero, impulsando a nuestro país a una revolución tecnológica para el desarrollo de nuevas tecnologías y convertirnos a futuro en un mundo primer mundista con recursos nacionales y lograr estar a la par con países desarrollados.

## 2. Introducción a la Mecatrónica

La Mecatrónica se ha convertido en la clave para muchos procesos y productos. Los sistemas modernos han alcanzado un nivel de sofisticación, que hubiera sido difícil imaginar utilizando los métodos tradicionales. La Mecatrónica integra los clásicos campos de la ingeniería mecánica, ingeniería eléctrica, ingeniería de ordenadores e informática [véase Fig. 1] para establecer los principios básicos para una metodología contemporánea de diseño de ingeniería. Un área de concentración de Mecatrónica en el plan de estudios soporta la integración sinérgica de la ingeniería mecánica de precisión, el control electrónico y sistemas pensando en el diseño, la puesta a punto, el funcionamiento, el mantenimiento y la reparación de procesos y productos "inteligentes".

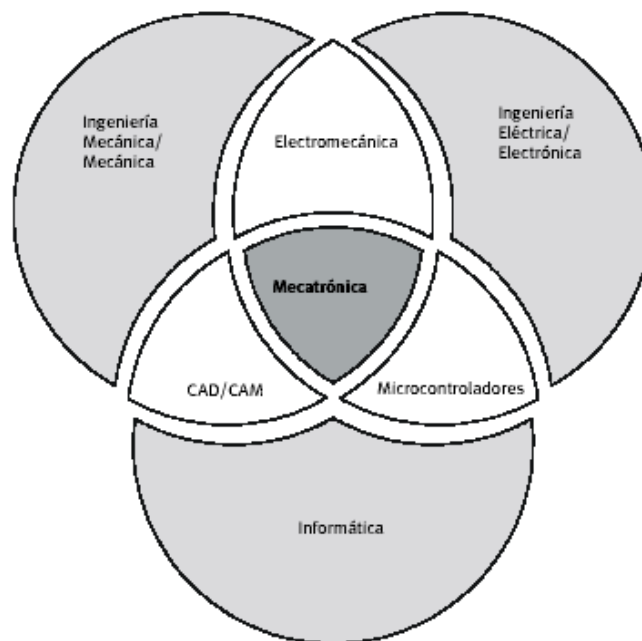


Fig. 1.- Sinergia entre Electrónica, Informática, Mecánica<sup>1</sup>

<sup>1</sup> FESTO Didactic, (2006), "Modulo de Estudio de Mecatrónica"

## 2.1. ESTRUCTURA DE UN SISTEMA MECATRÓNICO

Es importante destacar que un sistema Mecatrónico es cerrado e “inteligente”. Por ello, necesita sensores para medir los valores físicos y actuadores para intervenir en las cantidades físicas de un proceso físico/técnico. La pregunta decisiva es cómo intervenir – y cómo realizar esta tarea en un ordenador por medio de un programa. La estructura general de un sistema Mecatrónico se da en la Fig. 2.

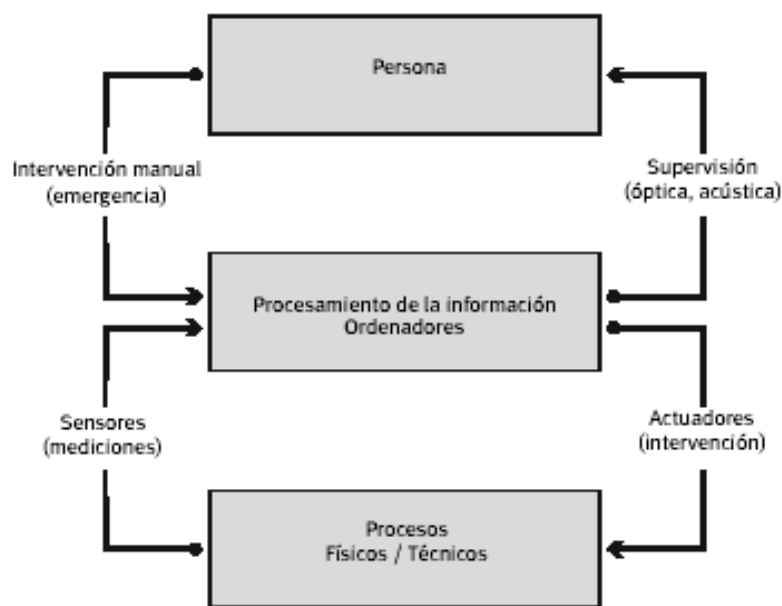


Fig. 2: Estructura principal de un Sistema Mecatrónico<sup>2</sup>

Dependiendo del entorno industrial, se definen consecuentemente los procesos físicos/técnicos. Estos pueden ser procesos químicos, eléctricos, biológicos, etc. En el caso presente estos son procesos mecánicos, que son dominantes en la vida cotidiana. Ejemplos de ello son los robots, máquinas herramienta, equipamientos de automóviles, dispositivos médicos y ópticos, instalaciones de fabricación, máquinas de envasado, máquinas de insertar componentes, electrónica de consumo, etc.

Los sensores miden valores físicos, como temperatura, presión, tensión, distancias, etc. que son procesados electrónicamente. Los actuadores

---

<sup>2</sup> Op. Cit. Pag 04

mantienen o cambian los estados de los procesos e intervienen con dispositivos tales como accionamientos eléctricos, semiconductores, contactores, válvulas hidráulicas o neumáticas, etc. Los ordenadores son dispositivos independientes o microprocesadores de un sólo chip y sistemas microcontroladores respectivamente que actúan por medio de sofisticados programas creados para ellos. Pero al final queda la persona. La persona constituye el mayor factor de riesgo en una estructura como la que muestra la Fig. 2. Pero es indispensable, ya que es la única que puede tomar las decisiones correctas en un estado excepcional del proceso.

### **2.1.2. FUNCIONAMIENTO DE UN SISTEMA MECATRÓNICO.**

En este tipo de productos y sistemas por lo general se emplean microprocesadores para el control y sensores electrónicos que obtienen información de las entradas y salidas mecánicas, que a través de actuadores llegan a los sistemas mecánicos. Los productos así fabricados poseen mecanismos de alta precisión; son controlados por dispositivos electrónicos reprogramables, para que funcionen en diferentes condiciones de acuerdo a las necesidades de cada uno; hacen un uso óptimo de los materiales y energía que consumen; son más estéticos y ergonómicos, tienen lo que se podría llamar una relación inteligente con el medio ambiente.

Según la pagina Web, [www.Cedim.uni.edu](http://www.Cedim.uni.edu) “la lógica aplicada, a un producto mecatrónico no es simplemente la unión de sistemas electrónicos y mecánicos, es más, supera a un simple sistema de control computarizado: *que es una integración completa de todo lo anterior.*”<sup>3</sup>

La mecatrónica adopta un enfoque concurrente y participativo de entre estos tres sistemas en vez del enfoque tradicional clásico de: primero la parte mecánica, luego la parte electrónica y después el control. Así al fusionar estos tres sistemas, el mecánico, el electrónico, y de control informático, se alcanzan

---

<sup>3</sup> <http://www.cedim.uni.edu.pe/documents/mechatronics/mechatronics.php>

diseños de menor costo, más confiables, flexibles y compatibles con el medio ambiente.

### **2.1.3. APLICACIONES DE LA MECATRONICA**

La introducción de la meca trónica ha facilitado la técnica de organización y división del trabajo, sobre todo en la producción en masa, basadas en la mayor especialización, simplificación y repetitividad de las tareas productivas, lo que ha facilitado el diseño y programación e introducción de la meca trónica.

Entre las principales aplicaciones no industriales de la mecatrónica. Es necesario mencionar su utilización en plantas de energía nuclear, en la exploración submarina, la minería, construcciones, agricultura, medicina etc.

Las principales aplicaciones industriales son las siguientes:

- a) Fundición en molde (die-casting). Esta fue la primera aplicación industrial.
- b) Soldadura de Punto. Actualmente es la principal área la presente generación de la meca trónica. Ampliamente utilizada en la industria automotriz. En promedio, este reduce a la mitad la fuerza laboral necesaria.
- c) Soldaduras de Arco. No requiere de modificaciones sustanciales en el equipo de soldadura y aumenta la flexibilidad y la velocidad.
- d) Moldeado por Extrusión. De gran Importancia por creciente demanda de partes especializadas de gran complejidad y precisión.
- e) Forjado. La principal aplicación es la manipulación de partes metálicas calientes.
- f) Aplicaciones de Prensado. Partes y, panales de vehículos y estructuras de aviones, electrodomésticos y otros productos metalmecánicos. Esta es un área de rápido desarrollo de nuevos tipos de meca trónica.
- g) Pinturas y Tratamiento de Superficies. El mejoramiento de las condiciones de trabajo y la flexibilidad han sido las principales razones para el desarrollo de estas aplicaciones.
- h) Moldeado Plástico. Descarga de máquinas de inyección de moldes, carga de moldes, paletización y empaque de moldes, etc. Alta contribución al



mejoramiento de las condiciones de trabajo, al ahorro de mano obra, a la reducción del tiempo de producción, y al aumento de la productividad.

- i) Aplicaciones en la Fundición. Carga y descarga de máquinas, manejo de materiales calientes, manejo de moldes, etc. Las difíciles condiciones de trabajo hace necesario que se creen equipos mecatrónicos, aunque ha sido muy difícil su diseño y eficacia.
- j) Carga y Descarga de Máquina Herramientas. Este tipo de maquinaria aumentan la flexibilidad y versatilidad de las máquinas herramientas y permiten su articulación entre si. Contribuyen ala reducción de stocks, minimizan costos del trabajo directo e indirecto, aumentan la calidad de la producción y maximizar la utilización del equipo.
- k) En aparatos y maquinaria eléctrica y electrónica, juguetes, ingeniería mecánica, industrial automotriz, etc.

Según la pagina Web [www.peocites.com](http://www.peocites.com) “las diversas aplicaciones industriales implican la clasificación de las maquinas mecatrónicas en cinco tipos de operaciones efectuadas”:<sup>4</sup>

- A. De manejo de materiales: carga y descarga de máquinas herramienta, moldeado de plástico.
- B. De tratamiento de superficie: pintura, la pieza,
- C. De en ensamblaje y transferencia.
- D. De soldadura, y
- E. De procesamiento por calor; moldeado, prensado, etc.

---

<sup>4</sup> [www.peocities.com/automatizacion industrial](http://www.peocities.com/automatizacion%20industrial) y [www.mamma.com](http://www.mamma.com) (automatización)

## **2.2. AUTOMATIZACION**

**Definición.-** El término automatización también se ha utilizado para describir sistemas no destinados a la fabricación en los que dispositivos programados o automáticos pueden funcionar de forma independiente o semi-independiente del control humano.

En comunicaciones y aviación dispositivos como los equipos automáticos de conmutación telefónica, los pilotos automáticos y los sistemas automatizados de guía y control se utilizan para efectuar diversas tareas con más rapidez o mejor de lo que podría hacerlo un ser humano en el mismo tiempo.

### **2.2.1. La automatización en la industria**

Muchas industrias están muy automatizadas, o bien utilizan tecnología de automatización en alguna etapa de sus actividades. En las comunicaciones, y sobre todo en el sector telefónico, la marcación, la transmisión y la facturación se realizan automáticamente.

### **2.2.2. Principales puntos ha considerar en el control automático**

Los principales puntos a considerar son los más frecuentes y utilizados para establecer el correcto funcionamiento y puesta a punto de la maquinaria. A continuación se detallara cada uno de estos.

**2.2.3. Variable controlada** es la variable que se debe mantener o controlar dentro de algún valor deseado; esta variable es la cantidad o condición modificada por el controlador, al fin de apretar la variable controlada. Normalmente esta variable es la salida del sistema. Control significara medir el valor de la variable controlada y aplicar al sistema la variable manipulada, para corregir o limitar la desviación del valor del medio respecto al valor deseado; en nuestro caso las variables controladas son las de volumen y velocidad de envasado.

**2.2.4. Procesos** es una operación o desarrollo natural que se caracteriza por una serie de cambios graduales, progresivamente continuos que suceden uno a otro de un modo relativamente fijo y que tiende a un determinado resultado.

**2.2.5. Sistemas** es un conjunto de entidades, atributos, propiedades y relaciones que pertenecen a un objeto de estudio definido, para el cual está también definido su medio ambiente. El sistema concluye un todo, y como tal tiene propiedades que no se podrán reducir a la suma de las propiedades de sus entidades.

**2.2.6. Perturbaciones** es una señal que tiende a afectar inversamente el valor de una salida de un sistema. Si la perturbación se genera dentro del sistema se la denomina interna, caso contrario es una perturbación externa. Cada sistema de control de procesos tiene uno o más perturbaciones.

**2.2.7. Control de retroalimentación** es una operación que en presencia de las perturbaciones, tiende a reducir la diferencia entre la salida de un sistema y alguna entrada de referencia, únicamente se especifican las perturbaciones no previsible, ya que las previsible siempre pueden pensarse dentro del sistema.

**2.2.8. Sistemas de control retroalimentados** El sistema de control o retroalimentación, también se lo llama circuito de control por retroalimentación. Esta técnica se aplicó por primera vez hace 200 años, para controlar un proceso industrial; consistía en mantener constante la velocidad de una máquina a vapor con carga variable, en este procedimiento se toma la variable controlada y se retroalimenta al controlador para que este pueda tomar una decisión.

Si la temperatura de entrada al proceso aumenta y en consecuencia crea una perturbación, su efecto se puede propagar a todo el invernadero antes de cambiar la temperatura de salida. Una vez que cambia la temperatura de salida también cambia la señal del PLC al computador, en ese momento el computador detecta que debe compensar la perturbación mediante disminución de temperatura, el computador señala a los elementos finales de

control su activación o desactivación, y de este modo decrece el valor de la temperatura.

Podemos notar que la temperatura de salida aumenta a causa del incremento de la temperatura de entrada, pero luego desciende incluso por debajo del punto de control y oscila alrededor de este hasta que finalmente se estabilice esta respuesta oscilatoria demuestra que la operación del sistema de control por retroalimentación es esencialmente una operación de ensayo y error, es decir, cuando el PLC detecta que la temperatura de salida aumento por arriba del punto de control indica al PLC que cumpla una orden en consecuencia el controlador señala al PLC que emita nuevamente una señal.

La ventaja de control por retroalimentación consiste en que es una técnica muy simple que compensa todas las perturbaciones. Cualquier perturbación puede afectar a la variable controlada, cuando está se desvía del punto de control. El circuito de control no detecta que tipo de perturbación entra al proceso.

Únicamente trata de mantener la variable controlada en el punto de control y de esta manera compensar la perturbación.

La desventaja del control por retroalimentación esta en que únicamente puede compensar la perturbación hasta que la variable controlada se ha desviado del punto de control, esto es, la perturbación se debe propagar por todo el proceso antes de que la pueda compensar el control por retroalimentación.

### **2.2.9. Sistemas de ciclo cerrado y ciclo abierto**

Este tipo de sistemas funcionan en un ciclo repetitivo, diferenciando el tipo de acción de control que se necesita, estos sistemas se clasifican en los siguientes:

**2.2.9.1. Sistemas de ciclo cerrado** no son más que los sistemas de control retroalimentados, constituyéndose muchas veces en un sinónimo estos dos sistemas. El termino ciclo cerrado implica siempre el uso de la acción de control

de control retroalimentando para reducir el error del sistema (el error es la diferencia entre la señal de entrada y la retroalimentada).

**2.2.9.2. Sistemas de ciclo abierto** estos sistemas implican una predicción de cuanta acción es necesaria para llevar a cabo un determinado proceso, es decir que no se realiza ninguna comprobación intermedia antes de obtener los resultados. Además las salidas no tienen efecto sobre la acción de control. En resumen, en estos sistemas, la salida no se compara en ningún momento con la entrada.

### **2.2.10. Concepto de programa.**

¿Cuál es la principal diferencia entre implementación de un sistema de control de la forma tradicional (cuadro de relés, hardware especial, etc.) y la implementación con PLC?

La diferencia es la misma que en cuando una tarea relativamente compleja es realizada por varias personas trabajando a la vez, pasa a ser realizada por una sola persona. Si cada persona se encargaba de una parte pequeña de la tarea total (por ejemplo: “Encienda el quemador si la temperatura es menor que 60°C y apáguelo si sube de 65°C”) es posible considerar que no será necesario entrenamiento ni instrucciones especiales para ejecutar esta parte del trabajo.

Por el contrario, cuando una sola persona se encarga de todo el trabajo que requiera una lista de actividades a realizar, como hacerlas, y que hacer en caso que sea imposible incumplir con ellas. En el primer caso tenemos un equipo de personas trabajando simultáneamente o “en paralelo”, en el segundo caso, tenemos una sola persona atendiendo secuencial mente las distintas subtareas que forman la tarea total. Esta única persona representa al PLC, y la lista de instrucciones que usa como recordatorio es el programa del PLC. De esta analogía se puede decir que si la dinámica del proceso es tan rápida que cada una de las personas que lo atiende apenas logra controlarlo, entonces no hay posibilidad de que una sola persona pueda hacer el trabajo de todas. Dicho de esta forma, el pasar de operación “en paralelo” o simultánea a operaciones en serie o secuencial, impone condiciones a la velocidad de procesamiento del PLC.

## **2.3. CONTROL INDUSTRIAL**

A continuación se detallara la importancia, principios básicos, procesos del control industrial.

### **2.3.1. Importancia del Control**

Hablar de controles automáticos significa que en la mayoría de las plantas de proceso existen cientos de variables, las mismas que deben mantenerse en algún valor determinado, siendo necesario llevar acabo algún procedimiento para dirigir cualquier desviación. Esto supone trabajar con gran cantidad de operarios por lo que es preferible realizar el control de manera automática, es decir, contar con instrumentos que controlen las variables sin necesidad que intervenga un operador.

Todos los procesos son por lo general de naturaleza dinámica en los cuales siempre ocurren cambios y si no se comienzan las acciones pertinentes, las variables importantes del proceso, es decir aquellas que se desarrollan con la calidad del producto y los índices de producción no cumplirán con las condiciones de diseño. Para lograr este objetivo se debe analizar, diseñar, e implementar un sistema de control. Este sistema puede contener los siguientes componentes.

**Sensor.-** Que se conoce como el elemento primario.

**Trasmisor.-** Que se conoce como elemento secundario.

**Controlador.-** Que es el cerebro del sistema de control.

**Elemento final de Control.-** Se trata de una válvula de control, o de otros electos finales como bombas de velocidad variable, transportadores, motores eléctricos.

La importancia de estos componentes está en que realizan las tres operaciones básicas que se deben tener presentes en todo sistema, como son:

**1.- Medición.-** La medición es la variable que se controla se hace generalmente mediante la combinación de sensor y trasmisor.

**2.- Decisión.-** Con la base en la medición, el controlador decide que hacer para mantener la variable en el valor que se estime necesaria.

**3.- Acción.-** Es el resultado de la decisión del controlador se debe efectuar una acción en el sistema, generalmente está es realizada por el elemento final de control.

Estas tres operaciones son obligatorias para todo sistema de control. En el caso concreto de sistema de control establecido en el invernadero, el primer paso es medir la temperatura de salida de la corriente del proceso, esto se hace mediante un sensor (Termo par, dispositivo de resistencia térmica, termómetro de sistema lleno, termistóres, etc.) El sensor se conecta físicamente al PLC, el cual capta la salida del sensor y la convierte en una señal suficientemente intensa como para trasmitirla al computador. El controlador recibe la señal que está en relación con la temperatura, la compara con el valor previamente establecido en un rango y según el resultado de la comparación decide que hacer para mantener la temperatura en el valor deseado. Con base en la decisión, el PLC envía otra señal al elemento final de control (ventilador, ventoleras, válvulas de riego, lámparas, etc.)

Es importante definir algunos términos que se usan en el campo de control automático de procesos. El primer término es:

- Variable Controlada
- Punto de Control
- Variables Manipuladas

Lo importante radica en comprender que en la industria de procesos estas perturbaciones son la causa más común de que se requiera el control automático; si no hubiera alteraciones prevalecerían las condiciones de operación del diseño y no se necesitaría supervisar cotidianamente el proceso.

El objetivo del sistema de control de procesos es utilizar la variable manipulada para mantener a la variable controlada en el punto de control a pesar de las perturbaciones.

Las razones por las cuales es importante mantener la variable controlada son las siguientes.

1. Evitar lesiones al personal de la planta o daño al equipo. La seguridad debe estar siempre en la mente de todos.
2. Mantener la calidad del producto (composición, pureza, exactitud, etc.) en un nivel continuo y lo más importante mantener un coste mínimo.
3. Mantener la tasa de producción de la planta al coste mínimo.

Por tanto se puede decir que las razones de la automatización son proporcionar un entorno seguro y a la vez mantener la calidad deseada del producto y alta eficiencia en la producción.

### **2.3.2. Equipo de Control Industrial**

El término "Equipo de Control Industrial" comprende más de 100 dispositivos diferentes. Saber en dónde encajan, qué requisitos específicos se aplican y cómo interpretar tales requisitos puede ser un proceso complicado.

Para eso hemos creado ciertos pasos básicos para facilitar este proceso.

- Entender el alcance de los servicios o equipo que se quiera desarrollar.
- Identificar las normas de control de calidad que son necesarias para su producto.
- Identificar los requisitos regionales que deben cumplirse para poder ingresar a un determinado mercado
- Responder las preguntas de diseño con respecto equipo de control industrial, proporcionándole orientación en línea sobre la aplicación práctica de estos requisitos.
- encontrar fuentes adecuadas para responder a sus preguntas técnicas



### **2.3.3. Tipos de dispositivos**

- Tableros de control
- Equipo de conversión de energía
- Control de proceso
- Controladores programables
- Relevadores, contactores, interruptores y controladores de motores
- Automatización de plantas y maquinaria industrial

#### **2.3.3.1. Tableros de control industrial**

Los tableros de control industrial son conjuntos de dispositivos e instrumentos cableados en planta, tales como controladores, interruptores, relevadores y dispositivos auxiliares. Los tableros pueden incluir dispositivos de desconexión así como dispositivos de protección de los circuitos que alimentan a los motores. Los tableros de control pueden también incluir gabinetes para alojar tableros de control industrial de tipo abierto o equipos individuales de control industrial.

#### **2.3.3.2. Equipo de conversión de energía**

Equipo que suministra energía para controlar un motor o motores funcionando a frecuencias o voltajes diferentes de los valores de alimentación. Esta categoría también incluye módulos de suministro de energía, módulos de entrada y salida, módulos de salida con SCR (Rectificadores Controlados de Silicio) o transistores, módulos de frenado dinámico y paquetes de accesorios de entrada / salida para equipo de conversión de energía. Los equipos de conversión de energía pueden ser abiertos o confinados en un tablero o gabinete. Estos equipos están diseñados para uso en área general.

#### **2.3.3.3. Equipos de Control de Proceso**

Se define a los equipos de control de proceso, como aquellos instrumentos para medir, registrar y/o controlar variables de proceso (como temperatura, presión, caudal, etc.) y dispositivos auxiliares, como sensores, transductores y

válvulas de control. La investigación de los equipos de control de proceso no incluye la investigación de la función del equipo que es controlado. El equipo de control de proceso puede ser diseñado para ser enviado, ensamblado totalmente, o en forma de módulos. Los equipos modulares están diseñados para ser armados en campo o en la planta con el propósito de formar un sistema completo de acuerdo con las instrucciones de instalación proporcionadas.

Finalmente, se puede definir a un equipo del “tipo abierto” como un equipo que no cuenta con un gabinete completo. Este tipo de equipo debe ser instalado en un tablero de control o en algún gabinete similar.

#### **2.3.3.4. Controladores Lógicos Programables**

Los sistemas de control industrial programables utilizan una memoria programable para el almacenamiento interno de instrucciones orientadas al usuario para funciones específicas, tales como lógica, secuencia y conteo.

Otra función es controlar diversos equipos industriales a través de entradas o salidas analógicas o digitales. Entre otros productos se incluyen fuentes de alimentación, unidades de procesamiento central, accesorios de entrada y salida, interfaces de computadora y unidades de programación o de diagnósticos de programas asociadas con sistemas de control programables.

La investigación de estos controladores no incluye la investigación del equipo que es controlado. Finalmente, se puede definir al equipo de “tipo abierto” como un aparato que no posee un gabinete completo. Se debe instalar en un tablero de control o gabinete similar.

#### **2.3.3.5. Relevadores, contactores, interruptores y controladores de motores**

En esta sección se incluyen los siguientes dispositivos:

- Interruptores operados mecánicamente, interruptores de control operados magnéticamente, diversos interruptores operados manualmente, bancos de interruptores (incluyendo partes como luces

piloto y llaves selectoras), relevadores de sobrecarga térmicos y magnéticos, y relevadores temporizadores.

- Controladores combinados de motores, los cuales proporcionan al circuito del motor las funciones de control, desconexión y protección contra sobrecargas, cortocircuito y falla de tierra. Las funciones pueden ser provistas por componentes discretos individuales o estar combinadas en una unidad controladora única.
- Interruptores operados por nivel de flotación, presión, peso y vacío. Estos dispositivos han sido diseñados para control directo de motores; para uso en circuitos de control de motores magnéticos y similares, así como también para control de otros tipos de carga. Salvo que esté especialmente indicado, estos dispositivos son para uso con aire, agua y otros fluidos no peligrosos.
- Arrancadores de línea (across-the-line) y arrancadores de línea con interruptor para el circuito del motor; arrancadores a voltaje reducido como los de tipo auto-transformador, arrancadores delta-estrella con base en reactancias y elementos resistivos; reguladores de velocidad y arrancadores y reguladores de velocidad combinados.
- Arrancadores magnéticos manuales y combinados; interruptores de proximidad; arrancadores semimagnéticos; arrancadores a voltaje reducido de estado sólido e interruptores contra sobrecarga térmica. Estos dispositivos son para el control directo de motores.
- Interruptores operados magnéticamente, interruptores operados manualmente, interruptores para medidores, interruptores fotoeléctricos e interruptores de estado sólido.

## **2.4. Neumática**

En neumática se utiliza como herramienta de trabajo lo que es referente a cilindros neumáticos y al principio de aire comprimido a presión.

### **2.4.1. Elementos neumáticos de trabajo**

La energía del aire comprimido se transforma por medio de cilindros en un movimiento lineal de vaivén, y mediante motores neumáticos, en movimiento de giro.

### **2.4.2. Elementos neumáticos de movimiento rectilíneo (*cilindros neumáticos*)**

A menudo, la generación de un movimiento rectilíneo con elementos mecánicos combinados con accionamientos eléctricos supone un gasto considerable

#### **2.4.2.1. Cilindros de simple efecto**

Estos cilindros tienen una sola conexión de aire comprimido. No pueden realizar trabajos más que en un sentido. Se necesita aire sólo para un movimiento de traslación. El vástago retorna por el efecto de un muelle incorporado o de una fuerza externa.

El resorte incorporado se calcula de modo que haga regresar el émbolo a su posición inicial a una velocidad suficientemente grande.

En los cilindros de simple efecto con muelle incorporado, la longitud de éste limita la carrera. Por eso, estos cilindros no sobrepasan una carrera de unos 100 mm.

Se utilizan principalmente para sujetar, expulsar, apretar, levantar, alimentar, etc.<sup>5</sup>

---

<sup>5</sup> <http://www.festo.com/argentina/104.htm>

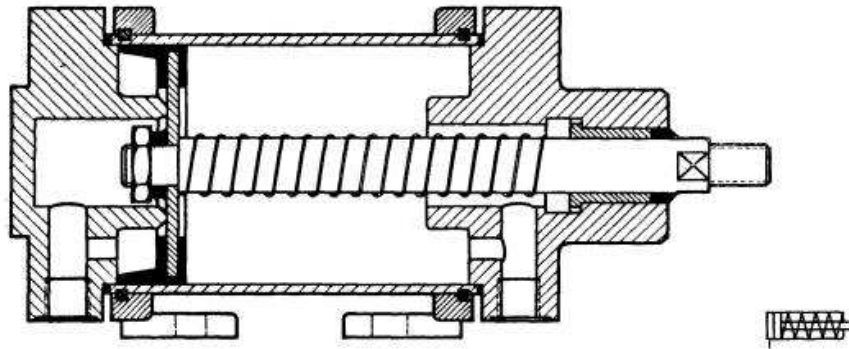


Fig. 3: Cilindro de Simple Efecto

#### 2.4.2.2. Cilindro de émbolo

La estanqueidad se logra con un material flexible (perbunano), que recubre el pistón metálico o de material plástico. Durante el movimiento del émbolo *fig. 4*, los labios de junta se deslizan sobre la pared interna del cilindro.

En la segunda ejecución aquí mostrada *fig. 5*, el muelle realiza la carrera de trabajo; el aire comprimido hace retornar el vástago a su posición inicial.

Aplicaciones: Frenos de camiones y trenes.

Ventaja: frenado instantáneo en cuanto falla la energía.<sup>6</sup>

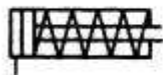


Fig. 4: Posición Inicial



Fig. 5: Desplazamiento del Embolo

#### 24.2.3. Cilindros de doble efecto

La fuerza ejercida por el aire comprimido anima al émbolo, en cilindros de doble efecto *Fig. 6*, a realizar un movimiento de traslación en los dos sentidos.

Se dispone de una fuerza útil tanto en la ida como en el retorno

Los cilindros de doble efecto se emplean especialmente en los casos en que el émbolo tiene que realizar una misión también al retornar a su posición inicial.

En principio, la carrera de los cilindros no está limitada, pero hay que tener en cuenta el pandeo y doblado que puede sufrir el vástago salido. También en este caso, sirven de empaquetadura los labios y émbolos de las membranas.<sup>7</sup>

<sup>6</sup> Op. Cit. <http://www.festo.com/argentina/104.htm>

<sup>7</sup> Op. Cit. WEB

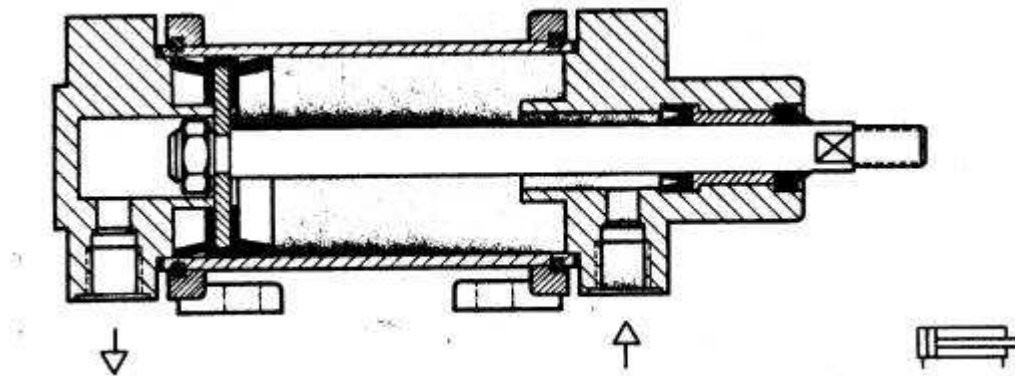


Fig. 6: Cilindro de doble efecto.

#### 2.4.2.4. Cilindros con amortiguación Interna

Cuando las masas que traslada un cilindro son grandes, al objeto de evitar un choque brusco y daños, se utiliza un sistema de amortiguación que entra en acción momentos antes de alcanzar el final de la carrera. Antes de alcanzar la posición final, un émbolo amortiguador corta la salida directa del aire al exterior. En cambio, dispone de una sección de escape muy pequeña, a menudo ajustable.

El aire comprimido se comprime más en la última parte de la cámara del cilindro. La sobre presión producida disminuye con el escape de aire a través de las válvulas antirretorno de estrangulaciones montadas (sección de escape pequeña). El émbolo se desliza lentamente hasta su posición final. En el cambio de dirección del émbolo, el aire entra sin obstáculos en la cámara del cilindro por la válvula antirretorno. Tipos de amortiguación Fig. 8

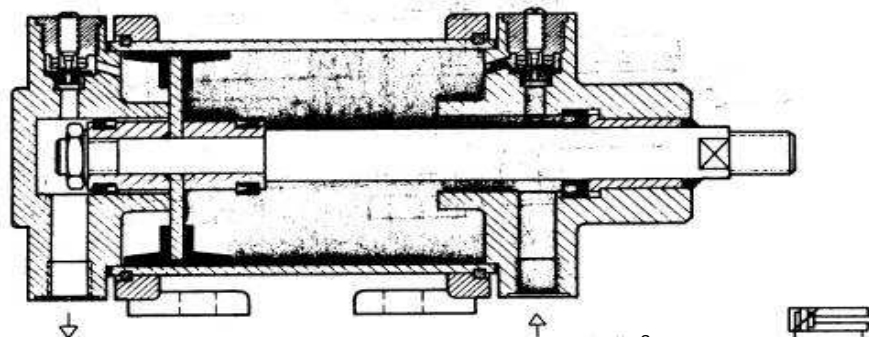
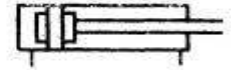


Fig. 7: Cilindro con amortiguación interna.<sup>8</sup>

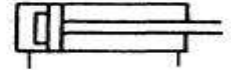
<sup>8</sup> Op.Cit.WEB

**Otros tipos de amortiguación:**

Amortiguación en los dos lados, no regulable.



Amortiguación en el lado del émbolo, no regulable.



Amortiguación en el lado del émbolo, regulable.

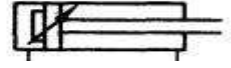


Fig. 8: Tipos de Amortiguación.<sup>9</sup>

### 2.4.3. Cilindros de doble efecto, en ejecución especial

#### 2.4.3.1. Cilindros de doble vástago

Este tipo de cilindros tiene un vástago corrido hacia ambos lados. La guía del vástago es mejor, porque dispone de dos cojinetes y la distancia entre éstos permanece constante. Por eso, este cilindro puede absorber también cargas pequeñas laterales. Los elementos señalizadores pueden disponerse en el lado libre M vástago. La fuerza es igual en los dos sentidos (los superficies del embolo son iguales).

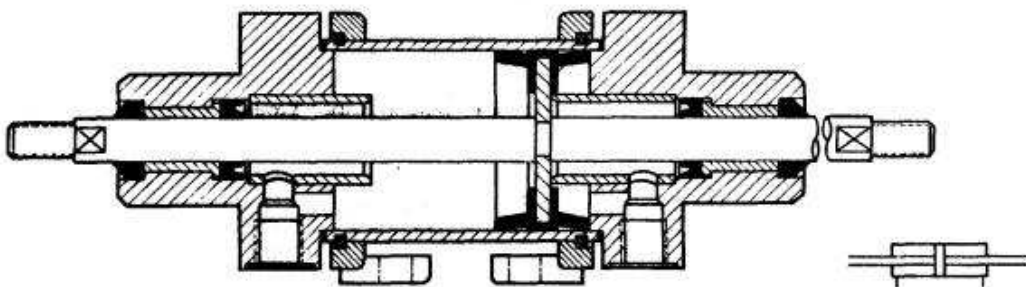


Fig.9: Cilindro de doble vástago<sup>10</sup>

#### 2.4.3.2. Cilindro tándem

Está constituido por dos cilindros de doble efecto que forman una unidad. Gracias a esta disposición, al aplicar simultáneamente presión sobre los dos émbolos se obtiene en el vástago una fuerza de casi el doble de la de un

<sup>9</sup> Op. Cit. WEB

<sup>10</sup> Op. Cit. WEB

cilindro normal M mismo diámetro. Se utiliza cuando se necesitan fuerzas considerables y se dispone de un espacio determinado, no siendo posible utilizar cilindros de un diámetro mayor.

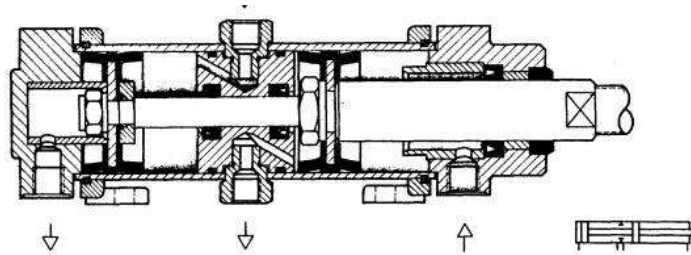


Fig. 10: Cilindro tándem<sup>11</sup>

#### 2.4.3.3. Cilindro multiposicional

Este cilindro está constituido por dos o más cilindros de doble efecto. Estos elementos están acoplados como muestra el esquema. Según el émbolo al que se aplique presión, actúa uno u otro cilindro. En el caso de dos cilindros de carreras distintas, pueden obtenerse cuatro posiciones.

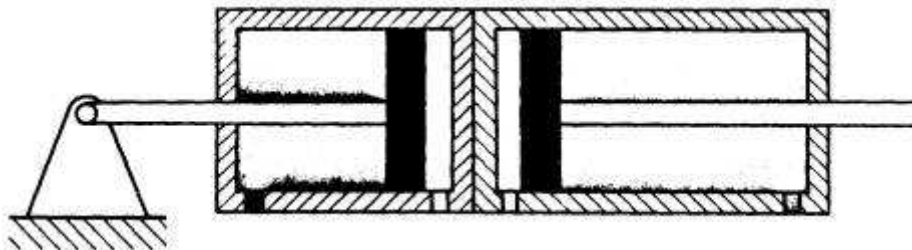


Fig. 11. Cilindro multiposicional<sup>12</sup>

#### Aplicación:

Colocación de piezas en estantes, por medio de cintas de transporte

Mando de palancas

Dispositivos de clasificación (piezas buenas, malas y a ser rectificadas)

---

<sup>11</sup> Op. Cit. WEB

<sup>12</sup> Op. Cit. WEB (Nota: Las figuras de ejecuciones especiales fueron extraídas de la misma Pág. WEB)



#### 2.4.4. Ejecuciones especiales de cilindros



Fig. 12. Cilindros de vástago reforzado.

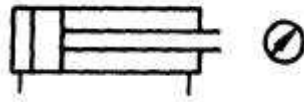


Fig. 13. Juntas de émbolo, para presiones elevadas



Fig. 14. Cilindros de juntas resistentes a altas temperaturas

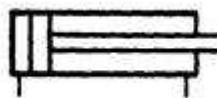


Fig. 15. Camisa de cilindro, de latón

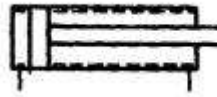


Fig. 16. Superficies de deslizamiento, de cromo

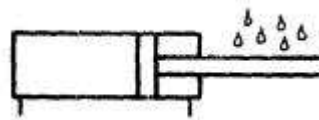


Fig. 17. Vástago de acero anticorrosivo

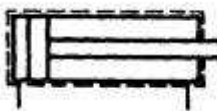
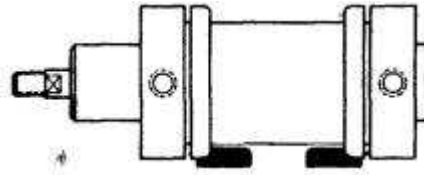


Fig. 18. Cuerpo recubierto de plástico y vástago de acero anticorrosivo

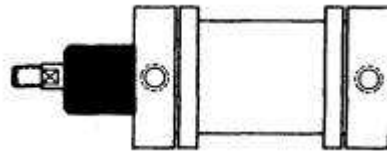
### 2.4.5. Fijaciones más comunes de cilindros

El tipo de fijación depende del modo en que los cilindros se coloquen en dispositivos y máquinas. Si el tipo de fijación es definitivo, el cilindro puede ir equipado de los accesorios de montaje necesarios. De lo contrario, como dichos accesorios se construyen según el sistema de piezas estandarizadas, también puede efectuarse la transformación de un tipo de fijación a otro. Este sistema de montaje facilita el almacenamiento en empresas que utilizan a menudo el aire comprimido, puesto que basta combinar el cilindro básico con las correspondientes piezas de fijación.

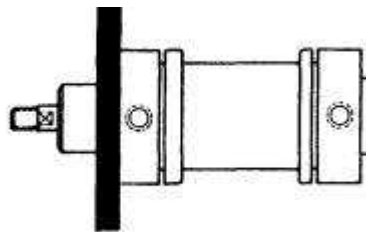
#### 2.4.5.1. Tipos de fijación (*Tabla 1*)<sup>13</sup>



*Fig. 19. Fijación por pies*



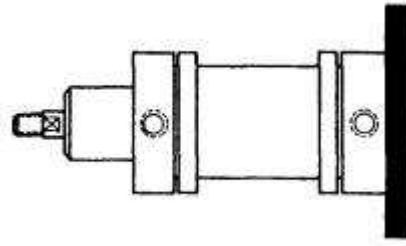
*Fig. 20. Fijación por rosca*



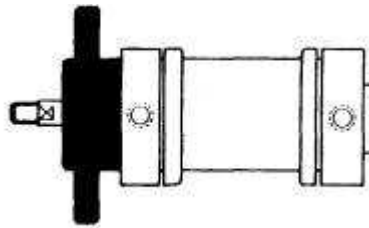
*Fig. 21. Brida anterior*

---

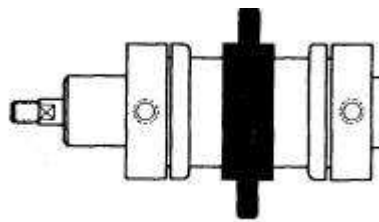
<sup>13</sup> Op. Cit. WEB (Nota: Todos los gráficos fueron extraídos de la misma Pág. Web)



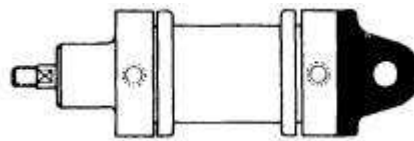
*Fig. 22. Brida posterior*



*Fig. 23. Brida anterior oscilante*



*Fig. 24. Brida central oscilante*



*Fig. 25. Brida posterior oscilante*

#### **2.4.6. Constitución de los cilindros**

El cilindro de émbolo se compone de: tubo, tapa posterior (fondo) y tapa anterior con cojinete (manguito doble de copa), vástago, casquillo de cojinete y aro rascador; además, de piezas de unión y juntas.

El tubo cilíndrico (1) se fabrica en la mayoría de los casos de tubo de acero embutido sin costura. Para prolongar la duración de las juntas, la superficie interior del tubo debe someterse a un mecanizado de precisión (bruñido).

Para aplicaciones especiales, el tubo se construye de aluminio, latón o de tubo de acero con superficie de rodadura cromada. Estas ejecuciones especiales se emplean cuando los cilindros no se accionan con frecuencia o para protegerlos de influencias corrosivas.

Para las tapas posterior fondo (2) y anterior (3) se emplea preferentemente material de fundición (de aluminio o maleable). La fijación de ambas tapas en el tubo puede realizarse mediante tirantes, roscas o bridas.

El vástago (4) se fabrica preferentemente de acero bonificado, Este acero contiene un determinado porcentaje de cromo que lo protege de la corrosión. A deseo, el émbolo se somete a un tratamiento de temple. Su superficie se comprime en un proceso de rodado entre discos planos. La profundidad de asperezas del vástago es de 1 mm En general, las roscas se laminan al objeto de prevenir el riesgo de roturas.

En cilindros hidráulicos debe emplearse un vástago cromado (con cromo duro) o templado.

Para normalizar el vástago se monta en la tapa anterior un collarín obturador (5). De la guía de vástago se hace cargo un casquillo de cojinete (6), que puede ser de bronce sinterizado o un casquillo metálico con revestimiento de plástico.

Delante del casquillo de cojinete se encuentra un aro rascador (7). Este impide que entren partículas de polvo y suciedad en el interior del cilindro. Por eso, no se necesita emplear un fuelle.

El manguito doble de copa (8) hermetiza la cámara del cilindro.

<b>Material:</b>	
<b>Perbunano</b>	para temperaturas entre $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $+80\text{ }^{\circ}\text{C}$
<b>Vitón</b>	para temperaturas entre $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $+190\text{ }^{\circ}\text{C}$
<b>Teflón</b>	para temperaturas entre $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $+200\text{ }^{\circ}\text{C}$

Las juntas tóricas o anillos toroidales (9) se emplean para la obturación estática, porque deben pretensarse, y esto causa pérdidas elevadas por fricción en aplicaciones dinámicas. Véase la Fig. 26

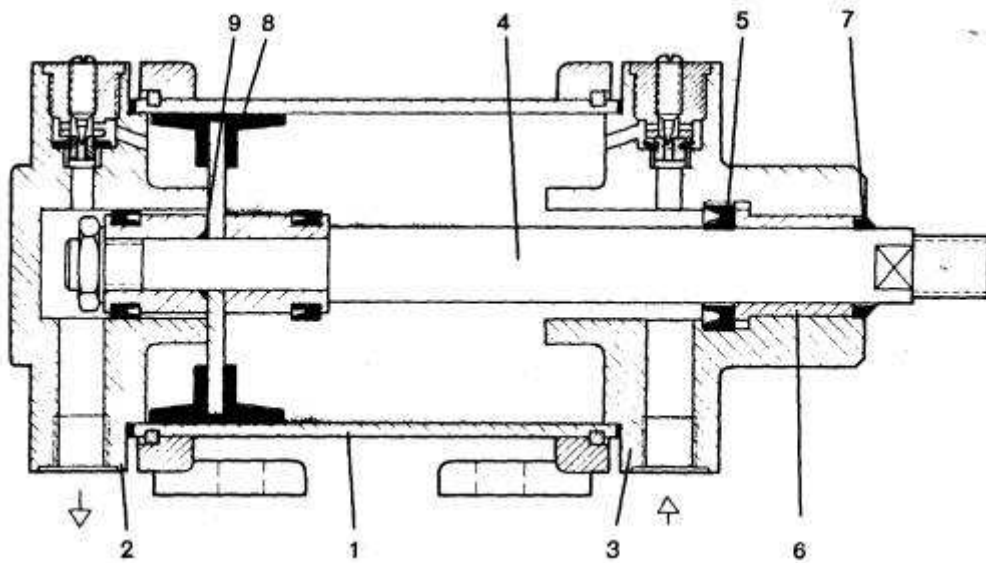


Fig. 26: Estructura de un cilindro neumático con amortiguación de fin de carrera.<sup>14</sup>

#### 2.4.7. Tipos de juntas

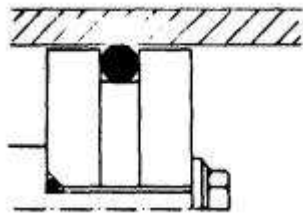


Fig. 27. Junta teórica (anillo toroidal)

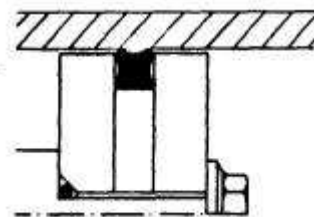
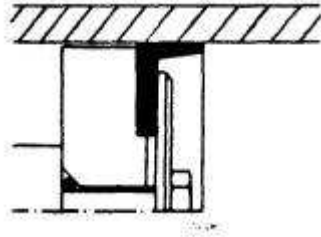
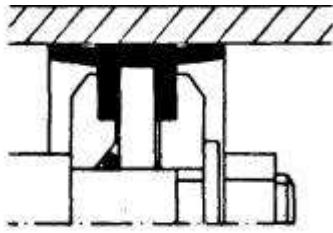


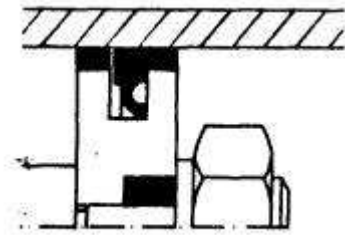
Fig. 28. Junta cuadrada



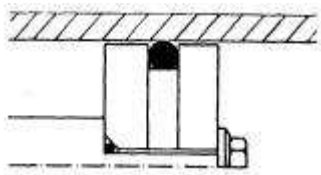
*Fig. 29. Manguito de copa*



*Fig. 30. Manguito doble de copa*



*Fig. 31. Junto en L*



*Fig. 32. Junta preformada*

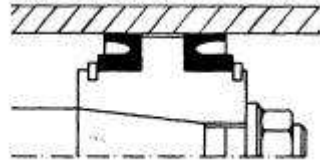


Fig. 33. Collarines obturadores en ambos lados

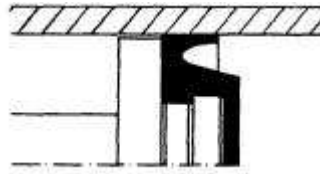


Fig. 34. Collarín reforzado

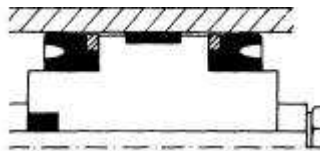


Fig. 35. Collarines obturadores con apoyo y anillo de deslizamiento

## 2.4.8. Cálculos de cilindros

### 2.4.8.1. Fuerza del émbolo

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

$$F_{\text{teór.}} = A \cdot p$$

$F_{\text{teór.}}$  = Fuerza teórica del émbolo

(N)

$A$  = Superficie útil del émbolo

(cm<sup>2</sup>)

$p$  = Presión de trabajo

(kPa, 10<sup>5</sup> N/m<sup>2</sup>, bar)

En la práctica es necesario conocer la fuerza real. Para determinarla hay que tener en cuenta los rozamientos.

En condiciones normales de servicio (presiones de 400 a 800 kPa/4 a 8 bar) se puede suponer que las fuerzas de rozamiento representan de un 3 a un 20% de la fuerza calculada.”<sup>15</sup>

<sup>15</sup> <http://www.festo.com/argentina/104.htm>

## Cilindro Simple Efecto

$$F_n = A \cdot p - (F_R + F_F)$$

Cilindro de doble efecto (en el avance)

$$F_n = A \cdot p - F_R$$

$F_n$  = Fuerza efectiva o real del émbolo (N)

$A$  = Superficie útil del émbolo (cm<sup>2</sup>)

$$= \left( \frac{D^2 \cdot \pi}{4} \right)$$

$A'$  = Superficie útil del anillo de émbolo (cm<sup>2</sup>)

$$= (D^2 - d^2) \cdot \frac{\pi}{4}$$

$p$  = Presión de trabajo (kPa, 10<sup>5</sup> N/m<sup>2</sup>, bar)

$F_R$  = Fuerza de rozamiento (3–20%) (N)

$F_F$  = Fuerza del muelle de recuperación (N)

$D$  = Diámetro del émbolo (mm)

$d$  = Diámetro de vástago (mm)

Cilindro de doble efecto (en el retorno)

$$F_n = A' \cdot p - F_R$$

(N)

(cm<sup>2</sup>)

(cm<sup>2</sup>)

### Ejemplo de calculo:

$$D = 50 \text{ mm}$$

$$d = 12 \text{ mm}$$

$$A = 19,625 \text{ cm}^2$$

$$A' = 18,5 \text{ cm}^2$$

$$F_R = 10\% \text{ (valor medio)}$$

$$F_n = ?$$

### Superficie del émbolo

$$A = D^2 \cdot \frac{\pi}{4} = 5 \text{ cm} \cdot 5 \text{ cm} \cdot \frac{\pi}{4} = 19,625 \text{ cm}^2$$

### Superficie anular del émbolo

$$A' = (D^2 - d^2) \cdot \frac{\pi}{4} = (25 \text{ cm}^2 - 1,44 \text{ cm}^2) \cdot \frac{\pi}{4} = 18,5 \text{ cm}^2$$



**Fuerza teórica de empuje en el avance**

$$F_{teór.} = A \cdot p = 19,625 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot 6 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2 = 1.177,5 \text{ N}$$

Resistencia de rozamiento  $F_R = 117,75 \text{ N}$

**Fuerza real de empuje del embolo en el avance**

$$F_n = A \cdot p - F_R = 19,625 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot 6 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2 - 117,75 = 1.060 \text{ N}$$

**Fuerza teórica de tracción del émbolo en el retorno**

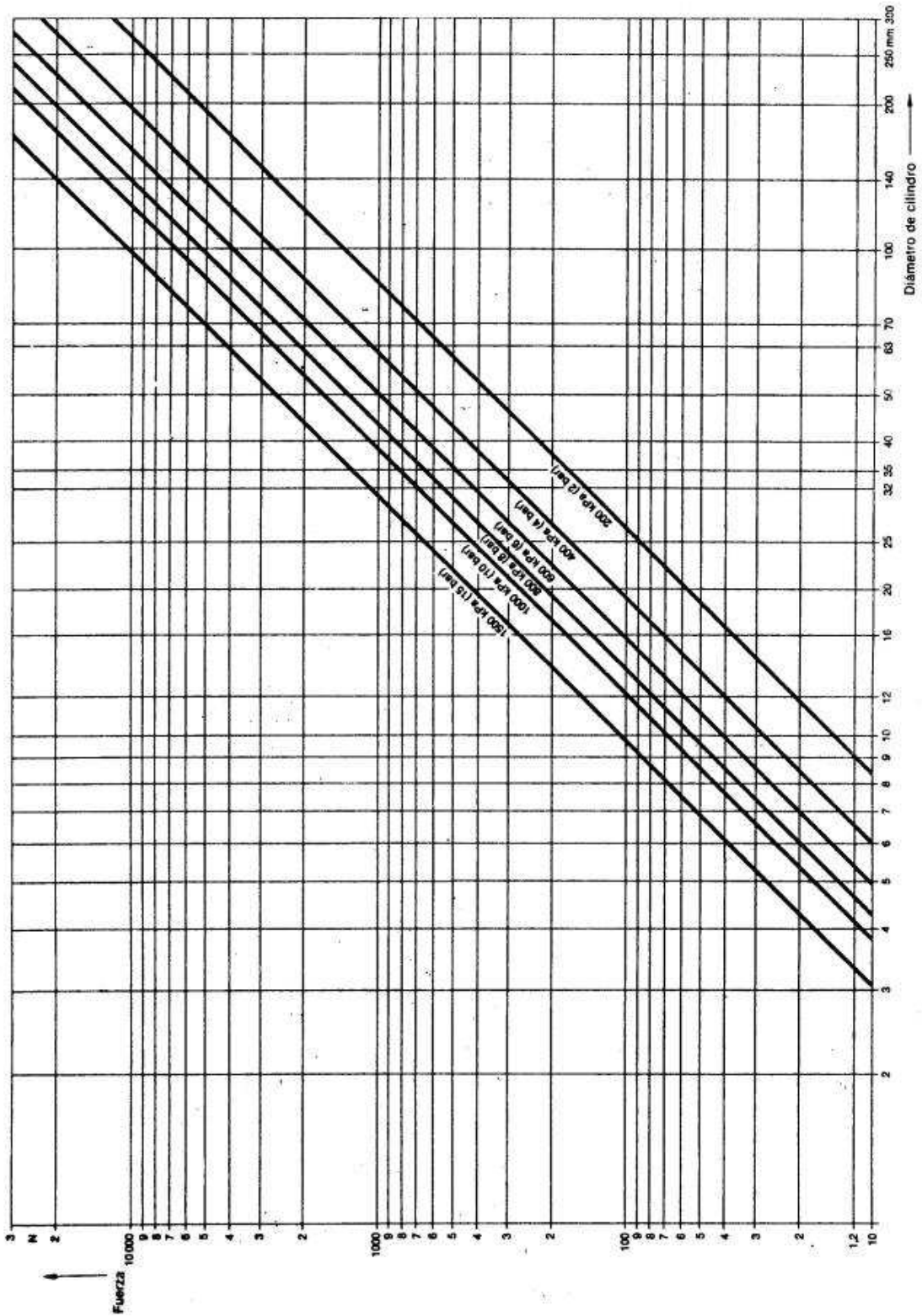
$$F_{teór.} = A' \cdot p = 18,5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot 6 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2 = 1.110 \text{ N}$$

Resistencia de rozamiento  $F_R = 111 \text{ N}$

**Fuerza real de tracción del émbolo en el retorno**

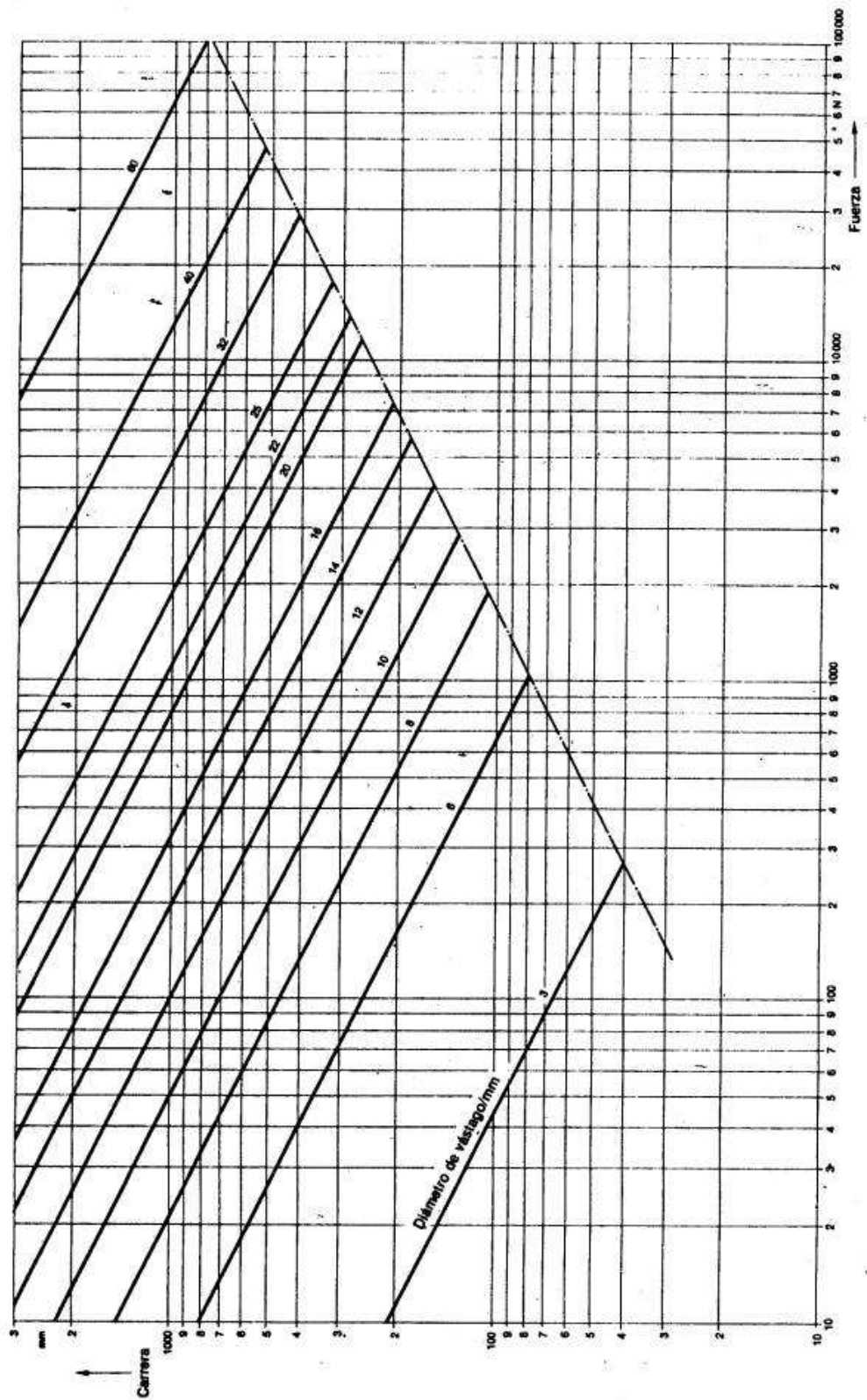
$$F_n = A' \cdot p - F_R = 18,5 \cdot 10^{-4} \cdot 6 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2 - 111 \text{ n} = 999 \text{ N}$$

Fig. Fig. 36.- Diagrama Presión - Fuerza<sup>16</sup>



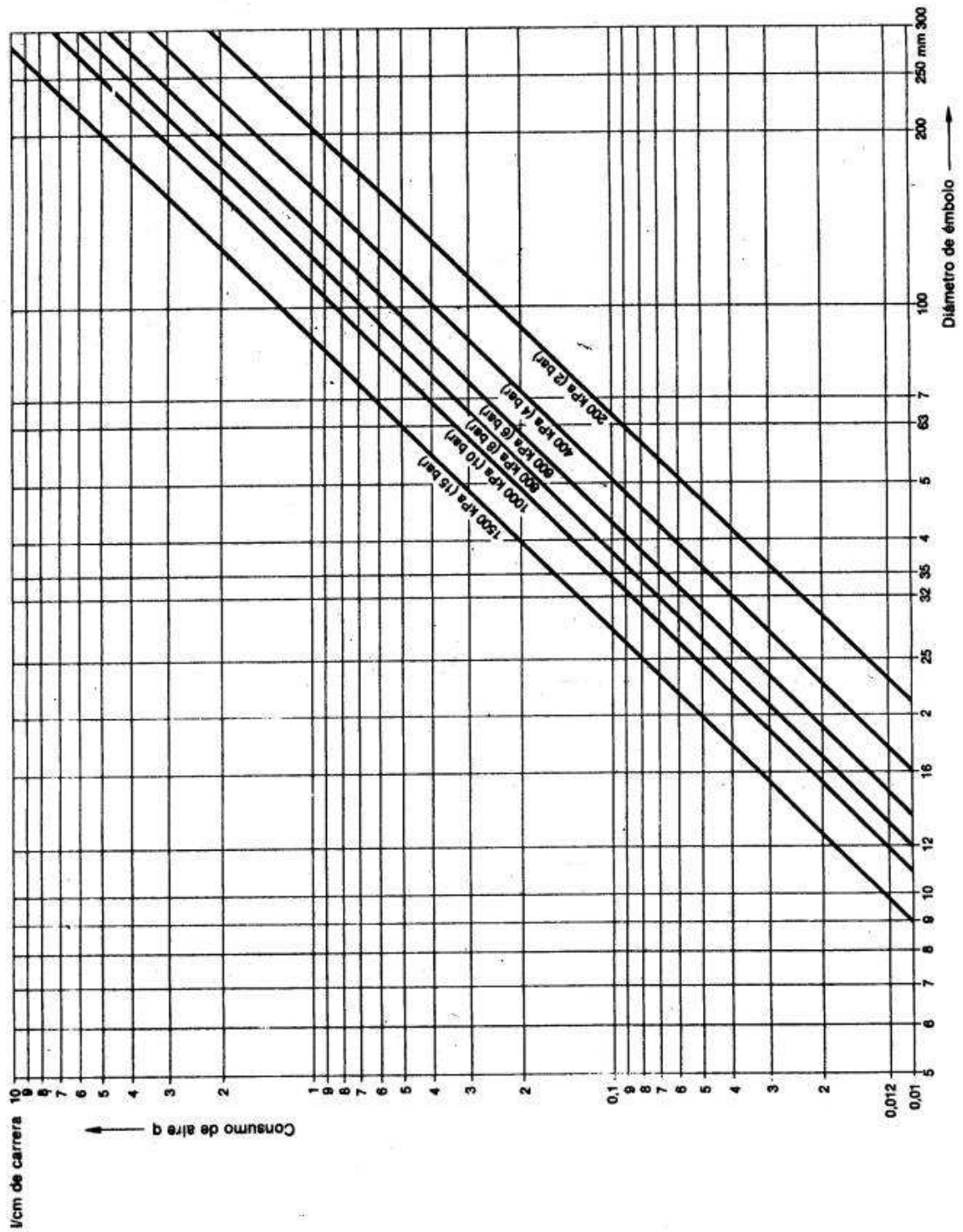
<sup>16</sup> <http://www.sapiens.itgo.com/neumatica/neumatica19.htm>

Fig. 37: Diagrama de Pandeo<sup>17</sup>



<sup>17</sup> Op.Cit. Web

Fig38: Diagrama de Consumo de Aire<sup>18</sup>



<sup>18</sup> Op. Cit. Web

#### **2.4.8.2. Longitud de carrera**

“La longitud de carrera en cilindros *neumáticos no debe exceder de 2000 mm*. Con émbolos de gran tamaño y carrera larga, el sistema neumático no resulta económico por el elevado consumo de aire.

Cuando la carrera es muy larga, el esfuerzo mecánico del vástago y de los cojinetes de guía es demasiado grande. Para evitar el riesgo de pandeo, si las carreras son grandes deben adoptarse vástagos de diámetro superior a lo normal. Además, al prolongar la carrera la distancia entre cojinetes aumenta y, con ello, mejora la guía del vástago.”<sup>19</sup>

#### **2.4.8.3. Velocidad del émbolo**

La velocidad del émbolo en cilindros neumáticos depende de la fuerza antagonista de la presión del aire, de la longitud de la tubería, de la sección entre los elementos de mando y trabajo y del caudal que circula por el elemento de mando. Además, influye en la velocidad la amortiguación final de carrera.

Cuando el émbolo abandona la zona de amortiguación, el aire entra por una válvula antirretorno y de estrangulación y produce una reducción de la velocidad.

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

La velocidad del émbolo puede regularse con válvulas especiales. Las válvulas de estrangulación, antirretorno y de escape rápido proporcionan velocidades mayores o menores (véase el diagrama en la figura 37).

#### **2.4.8.4. Consumo de aire**

Para disponer de aire y conocer el gasto de energía, es importante conocer el consumo de la instalación.

Para una presión de trabajo, un diámetro y una carrera de émbolo determinado,

---

<sup>19</sup> <http://www.sapiens.itgo.com/neumatica/neumatica19.htm>

el consumo de aire se calcula como sigue:

**Relación de compresión · Superficie del émbolo · Carrera**

La relación de compresión  $p_{e2} : p_{e1}$  se calcula de la forma siguiente:

$$\frac{101,3 + \text{Presión de trabajo}}{101,3} \text{ en kPa (referida al nivel del mar)}$$

Con ayuda de la tabla de la figura 38, se pueden establecer los datos del consumo de aire de una manera más sencilla y rápida. Los valores están expresados por cm. de carrera para los diámetros más corrientes de cilindros y para presiones de 200 a 1.500 kPa (215 bar).

El consumo se expresa en los cálculos en litros (aire aspirado) por minuto.

Fórmulas para calcular el consumo de aire

#### Cilindro de simple efecto

$$\dot{V} = s \cdot n \cdot \frac{d^2 \cdot \pi}{4} \cdot \text{Relación de compresión (l/min)}$$

#### Cilindro de doble efecto

$$\dot{V} = \left[ s \cdot \frac{D^2 \cdot \pi}{4} + s \cdot \frac{(D^2 - d^2) \cdot \pi}{4} \right] \cdot n \cdot \text{Relación de compresión (l/min)}$$

$\dot{V}$  = Cantidad de aire (l/min)  
 $s$  = Longitud de carrera (cm)  
 $n$  = Ciclos por minuto

Formula del consumo de aire <sup>20</sup>

## 2.5. ELECTROVALVULAS

“Estas válvulas se utilizan cuando la señal proviene de un temporizador eléctrico, un final de carrera eléctrico, presostatos o mandos electrónicos (PLC's). En general, se elige el accionamiento eléctrico para mandos con distancias extremadamente largas y cortos tiempos de conexión.” <sup>21</sup>

<sup>20</sup> <http://www.sapiensman.com/neumatica/neumatica7.htm>

<sup>21</sup> <http://www.sapiens.itgo.com/neumatica/neumatica19.htm>

Una **electroválvula** es un dispositivo diseñado para controlar el caudal de un fluido a través de un conducto como puede ser una tubería, manguera, etc.

No se debe confundir la electroválvula con válvulas motorizadas, que son aquellas en las que un motor acciona el cuerpo de la válvula.

### 2.5.1. FUNCIONAMIENTO

Una electroválvula tiene dos partes fundamentales: *el solenoide y la válvula*.

“El **solenoide** convierte energía eléctrica en energía mecánica para actuar la válvula. En algunas electroválvulas el solenoide actúa directamente sobre la válvula proporcionando toda la energía necesaria para su movimiento. Es normal que la válvula se mantenga cerrada por la acción de un muelle y que el solenoide la abra venciendo la fuerza del muelle. Esto quiere decir que el solenoide debe estar activado y consumiendo potencia mientras la válvula esta abierta. También es posible construir electroválvulas biestables que usan un solenoide para abrir la válvula y otro para cerrar o bien, un solo solenoide que abre con un impulso y cierra con el siguiente.”<sup>22</sup>

En la Fig. 39, se muestra las partes de una electroválvula.

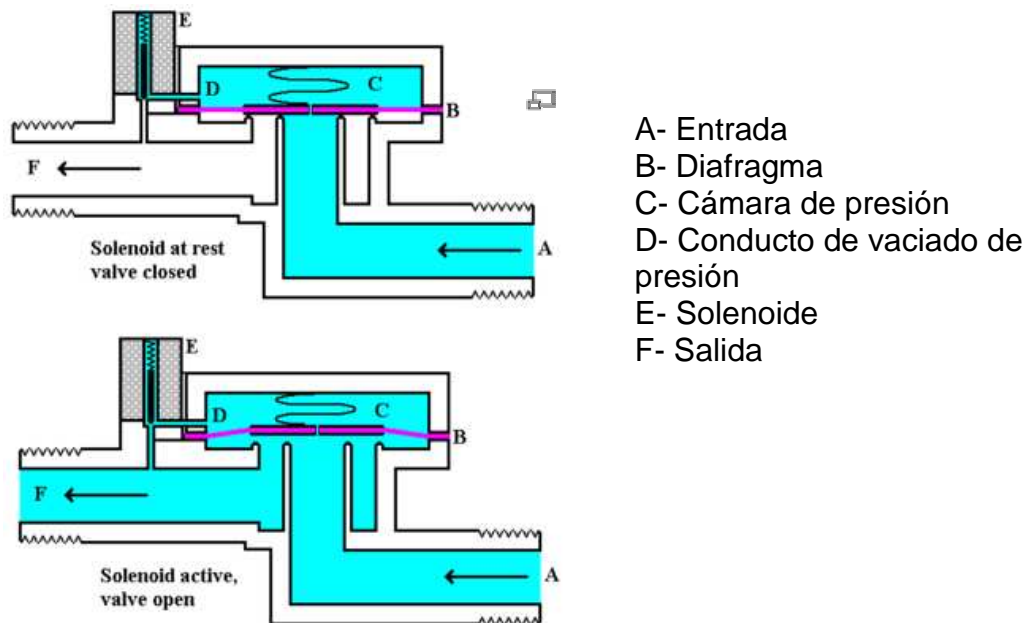


Fig. 39.- Estructura de una electroválvula<sup>23</sup>

<sup>22</sup> Op Cit.

<sup>23</sup> <http://www.monografias.com/trabajos12/electil/electil.shtml>

## 2.5.2. TIPOS.

Las electroválvulas pueden ser *cerradas en reposo* o *normalmente cerradas* lo cual quiere decir que cuando falla la alimentación eléctrica quedan cerradas o bien pueden ser del tipo *abiertas en reposo* o *normalmente abiertas* que quedan abiertas cuando no hay alimentación.

Hay electroválvulas que en lugar de abrir y cerrar lo que hacen es conmutar la entrada entre dos salidas. Este tipo de electroválvulas a menudo se usan en los sistemas de calefacción por zonas lo que permite calentar varias zonas de forma independiente utilizando una sola bomba de circulación.

## 2.5.3. CLASIFICACION

### 2.5.3.1. Válvula distribuidora 3/2, de accionamiento neumático.

Al aplicar aire comprimido al émbolo de mando a través del empalme Z se desplaza el solenoide de la válvula venciendo la fuerza del muelle de reposicionamiento. Se unen los conductos P y A. Cuando se pone a escape el conducto de mando Z, el embolo de mando regresa a su posición inicial por el efecto del muelle montado. El disco cierra el paso de P hacia A, El aire de salida del conducto de trabajo A puede escapar por R.

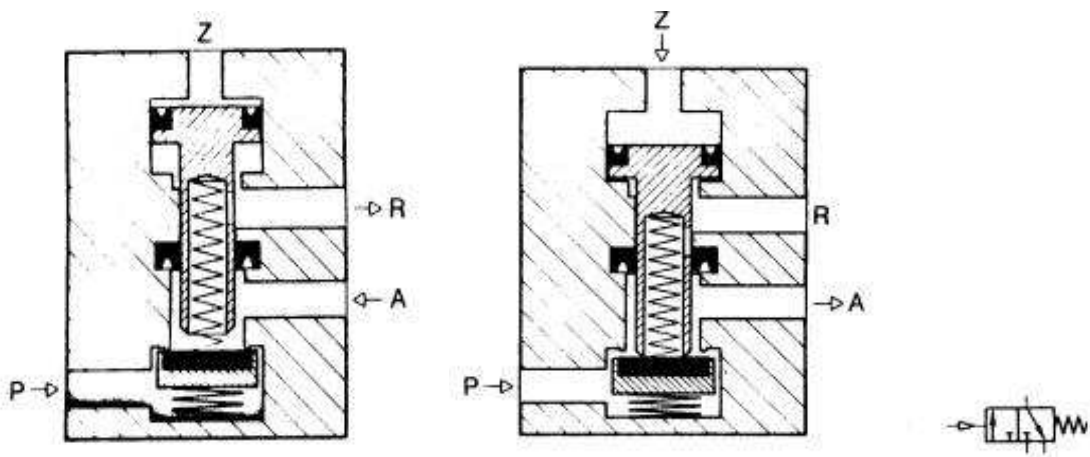


Fig. 40: Válvula distribuidora 3/2 (de accionamiento neumático)<sup>24</sup>

<sup>24</sup> [www.festo.com.mx](http://www.festo.com.mx)



La figura 41 muestra una válvula distribuidora 5/2 que trabaja según el principio de las válvulas de disco flotante. Se invierte alternativamente por aire comprimido y permanece en la posición correspondiente hasta que recibe un impulso inverso. Al recibir presión, el émbolo de mando - como en una corredera longitudinal - se desplaza. En el centro de dicho émbolo se encuentra un disco con una junta anular, que une los conductos de trabajo A o B con empalme de presión P o los separa de este. El escape se realiza a través de R ó S.

Una placa de montaje universal, sobre la cual se fijan las válvulas, garantiza una intercambiabilidad rápida de las diversas válvulas.

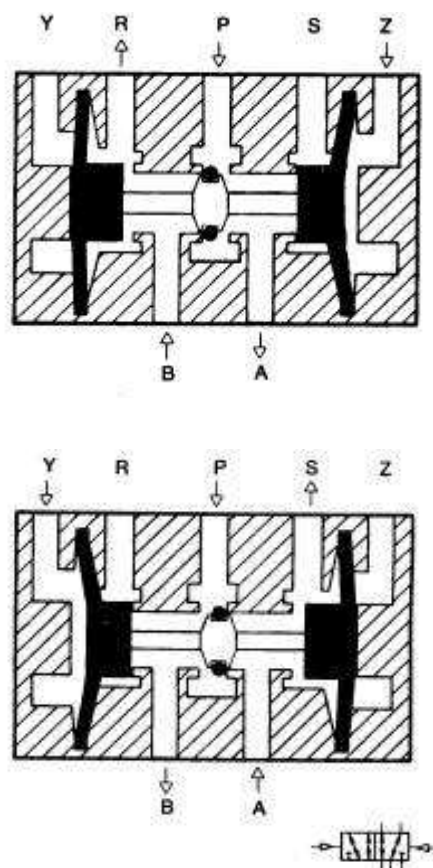


Fig. 41: Válvula distribuidora 5/2 (principio de disco flotante)<sup>25</sup>

<sup>25</sup> Op. Cit.

### 2.5.3.2. Válvulas Electromagnéticas

Estas válvulas se utilizan cuando la señal proviene de un temporizador eléctrico, un final de carrera eléctrico, presostatos o mandos electrónicos. En general, se elige el accionamiento eléctrico para mandos con distancias extremadamente largas y cortos tiempos de conexión.

Las electroválvulas o válvulas electromagnéticas se dividen en válvulas de mando directo o indirecto. Las de mando directo solamente se utilizan para un diámetro luz pequeña, puesto que para diámetros mayores los electroimanes necesarios resultarían demasiado grandes.

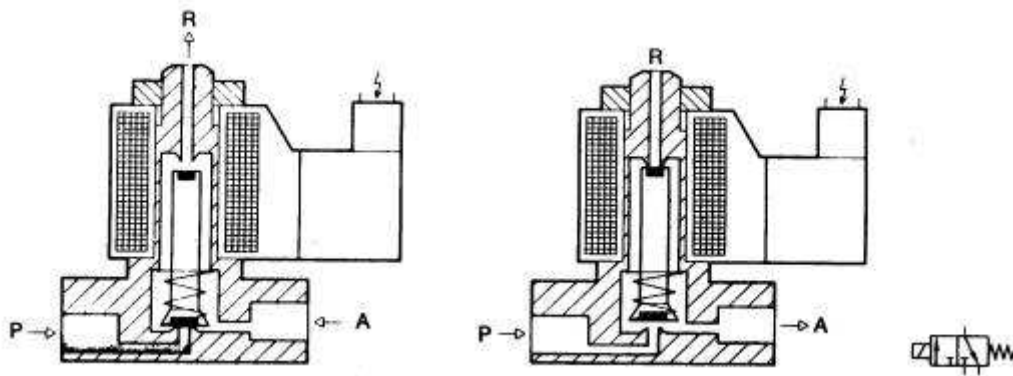


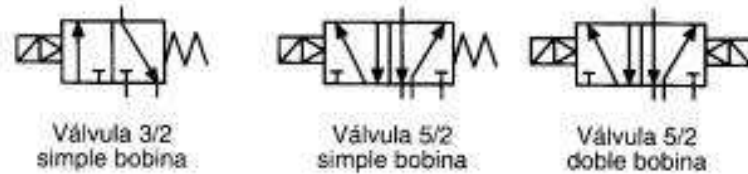
Fig. 42: Válvula distribuidora 3/2 (de mando electromagnético)<sup>26</sup>

Las válvulas de control neumático son sistemas que bloquean, liberan o desvían el flujo de aire de un sistema neumático por medio de una señal que generalmente es de tipo eléctrico, razón por la cual también son denominadas electroválvulas, ver figura 42.

Las válvulas eléctricas se clasifican según la cantidad de puertos (entradas o salidas de aire) y la cantidad de posiciones de control que poseen. Por ejemplo, **una válvula 3/2 tiene 3 orificios o puertos y permite dos posiciones diferentes.**

- 3 = Número de Puertos
- 2 = Número de Posiciones

<sup>26</sup> <http://www.monografias.com/trabajos12/atomo/atomo.shtml>



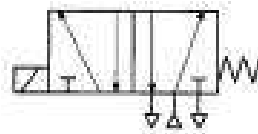
*Figura 43 a - Símbolos de válvulas eléctricas<sup>27</sup>*

En la figura 43a podemos apreciar la simbología utilizada para representar los diferentes tipos de válvulas eléctricas. Veamos el significado de las letras utilizadas en los esquemas, figura:

- P (Presión). Puerto de alimentación de aire
- R, S, etc. Puertos para evacuación del aire
- A, B, C, etc. Puertos de trabajo
- Z, X, Y, etc. Puertos de monitoreo y control

En la figura 43b aparece la ruta que sigue el aire a presión con una válvula 5/2 y un cilindro de doble efecto. La mayoría de las electroválvulas tienen un sistema de accionamiento manual con el cual se pueden activar sin necesidad de utilizar señales eléctricas.

Esto se hace solamente en labores de mantenimiento, o simplemente para corroborar el buen funcionamiento de la válvula y del cilindro, así como para verificar la existencia del aire a presión.



*Figura 43b - Válvulas proporcionales. Permiten regular el caudal que pasa a través de ellas.<sup>28</sup>*

---

<sup>27</sup> Op. Cit.

<sup>28</sup> Op. Cit.

## 2.6. SENSORES

En el transcurso de la industrialización, los procesos de fabricación fueron racionalizándose paulatinamente. De esta manera también surgió la necesidad de dotar a las maquinas de las facultades sensoriales del ser humano.

En la actualidad para medir cualquier variable física tenemos diversos tipos de sensores, con sus ventajas y desventajas.

**2.6.1. Concepto.-** “Los sensores son dispositivos que se utilizan para medir magnitudes físicas o electroquímicas y transformarlas en señales eléctricas inconfundibles.”<sup>29</sup>

También, es capaz de medir una cantidad como un cambio de distancia, tamaño o color (detección analógica). Esta información, o salida del sensor, es la base del proceso de monitoreo y control de un proceso de fabricación.

“El concepto “sensor” proviene del latín “**sensus**” que significa sentir o percibir y señalar una condición de cambio, es decir, la presencia o ausencia de un objeto o material (detección discreta).”<sup>30</sup>

Sin sensores, los sistemas automáticos no pueden reaccionar, las maquinas sin sensores son ciegas, sordas y carecen de relación con su entorno.

Esta necesidad explica el auge que la técnica de los sensores experimento en el transcurso de los últimos 20 años y el éxito que seguirá teniendo en el futuro. La subsistencia de las sociedades industriales modernas depende de la automatización.

La figura muestra un esquema que explica el funcionamiento general de un sensor. Se puede apreciar que, por regla general, es necesario procesar de alguna manera las señales (procesamiento previo) antes de que la información llegue a un sistema ejecutor constituido por actuadores. La función del sensor se aprovecha para la primera conversión de señales recurriendo a diversos principios físicos.

---

<sup>29</sup> WWW. WIKIPEDIA.COM.SENSORES

<sup>30</sup> FESTO DIDACTIC (2004), GMBH & Co, KG, edicion 01

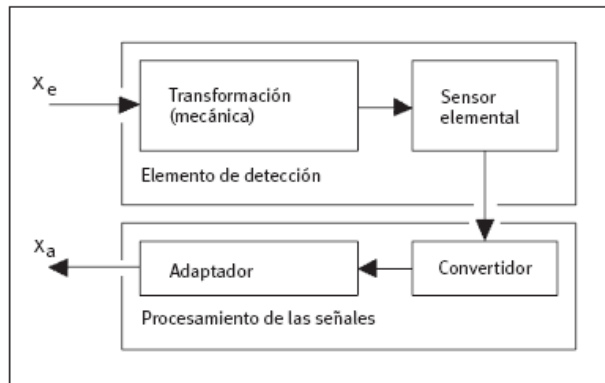


Fig. 44: Esquema de funcionamiento general de un sensor.<sup>31</sup>

Si el procesamiento de las señales es más complejo, el sensor se conecta a un microprocesador.

### 2.6.2. Clasificación de los sensores en función de la energía

Energía	Tipo de sensor
mecánica	táctil, acústico, fluido
electromagnética	eléctrico, magnético, inductivo, capacitivo, dieléctrico, de arco voltaico
térmica	térmico, de imagen de radiación térmica
óptica	geométrico-óptico, de generación de imágenes
radiactiva	de absorción de radiación, de difusión de radiación

Tabla 2: Clasificación de los sensores según su funcionamiento.<sup>32</sup>

### 2.6.3. Típicas señales de salida de los sensores

Cuando se utilizan sensores es importante conocer los diferentes tipos de señales de salida.

#### Tipo A:

Sensores con señal de salida por interrupción (señal de salida binaria).

#### **Ejemplos:**

- Sensores de proximidad
- Presostatos
- Sensores de nivel
- Sensores bimetálicos

<sup>31</sup> Op. Cit WEB

<sup>32</sup> Op. Cit WEB

Por norma, estos pueden conectarse directamente a los controles lógicos programables (PLC).

### **Tipo B:**

Sensores con salida por trenes de pulsos.

**Ejemplos:** Sensores incrementales de longitud y rotativos.

Generalmente se dispone de interfases compatibles para PLC. Requerimientos del PLC: que dispongan de contadores de hardware y software con posibilidad de una mayor longitud de palabra.

### **Tipo C:**

Componentes de sensores con salida analógica y sin amplificador integrado ni conversión electrónica, que proporcionan un a señal de salida analógica muy débil, no apta para una evaluación inmediata (por ejemplo en la gama de los milivoltios) o de una señal que solamente pueda ser evaluada utilizando circuitería adicional.

### **Ejemplo:**

- Componentes de sensores piezo-resistivos o piezoeléctricos
- Células termoeléctricas o Pt-100tes
- Magnetoresistores y componentes de sensores de efecto Hall
- Sondas de medida de conductividad y PH
- Potenciómetros lineales.

A menudo hay aplicaciones donde, en el caso de producciones elevadas el usuario elige sus propias elecciones electrónicas.

### **Tipo D:**

Sensores con salida analógica, amplificador y conversión electrónica integrados, que proporcionan señales de salida que pueden evaluarse inmediatamente.

**Ejemplos** típicos de señales de salida:

0.....10 V  
-5V.....+5V  
1.....5V  
0.....20 mA  
-10.....+10 mA  
4.....20 mA

### **Tipo E:**

Sensores y sistema de sensores con señales de salida estandarizada, por ejemplo, RS 232-C, RS 422-A, RS 485 o con interfaces a buses de datos tales como bus de campo (profibus, bus- sensor- actuador).

### **2.6.4. SENSORES DE CONTACTO**

Los sensores más comunes y conocidos son los de proximidad física. En ciertas aplicaciones peligrosas, los microinterruptores que eran a prueba de explosión han sido reemplazados con gran éxito con los sensores electrónicos de seguridad intrínseca.

Los sensores de contacto son dispositivos electromecánicos o sensores electrónicos de seguridad intrínseca que detectan cambios a través del contacto físico directo con el objeto en cuestión, esto es:

- Generalmente no requieren de energía eléctrica.
- Pueden soportar más corriente y tolerar mejor las alteraciones de la línea eléctrica y que no puede iniciar un incendio, debido a la calidad de Seguro Intrínsecamente.
- Generalmente son más fáciles de entender y diagnosticar.

### **2.6.5. SENSORES DE PROXIMIDAD**

Se trata principalmente de los sensores con “posiciones discretas”, es decir sensores que detectan si un objeto se halla o no en una determinada posición. Estos sensores se conocen como sensores de proximidad.

Estos sensores pueden estar basados en algo simple como en la operación mecánica de un actuador o, tan complejo como en la operación de un sensor de proximidad fotoeléctrico con discriminación de color.

Los sensores de este tipo proporcionan un a información de “Sí” o “No” dependiendo de que si el objeto a alcanzado o no la posición definida. Estos sensores que indican solamente dos estados, se conocen también como sensores binarios o menos comúnmente como iniciadores.

#### **2.6.5.1. Ventajas de los sensores de proximidad**

- Detección precisa y automática de posiciones geométricas.
- Detección sin contacto de objetos y procesos; utilizando sensores electrónicos de proximidad, no es preciso el contacto entre el sensor y la pieza.
- Características de conmutación rápidas; dado que la señal de salida se genera electrónicamente, los sensores están libres de rebotes y no crean errores en las señales emitidas.
- Resistencia al desgaste; los sensores electrónicos no contienen partes móviles que puedan desgastarse.
- Número ilimitado de ciclos de conmutación.
- Versiones disponibles incluso para utilización en ambientes peligrosos (por ejemplo, en ambientes con riesgo de explosión).

Actualmente, los sensores se utilizan para el control de secuencias en instalaciones técnicas y como tales para supervisión y salvaguarda de procesos. En este texto, los sensores se utilizan para la detección anticipada, segura y rápida de fallos en los procesos de producción. La prevención de daños a las personas y máquinas es otro factor importante de considerar.

#### **2.6.5.2. Tensiones de funcionamiento**

En los países Europeos, los sensores de proximidad funcionan generalmente con una tensión nominal de 24 V DC (corriente continua), por lo cual los sensores están generalmente diseñados para trabajar en un rango entre 10 y 30 V o entre 10 y 55 V.



En el Sudeste Asiático, Norte y Sudamérica, así como en Australia Y Sudáfrica, se estima que el 30% de los sensores de proximidad ópticos e inductivos funcionan con AC.

Los sensores de proximidad inductivos, capacitivos y ópticos a menudo están disponibles no solamente para corriente continua sino también para alterna, cuyas tensiones usuales son 24 V, 110 V, 120 V o 220 V., también están disponibles en tensiones universales, lo cuales pueden conectarse tanto a corriente continua como alterna, por ejemplo, en el rango de los 12 V a 240 V DC ó 24 V a 240 V AC.

### **2.6.5.3. Campos de Aplicación.**

Los campos de aplicación típicos son las áreas de:

- Industria del automóvil
- Ingeniería mecánica
- Industria del embalaje
- Industria de la madera
- Industria de la impresión y papeleras
- Industria de la alimentación
- Industria cerámica y de construcción.

Las posibilidades de aplicación de los sensores de proximidad en la técnica de automatización son tan diversas y amplias que es posible abarcar una descripción completa.

Los encoders, los interruptores de final de carrera y los interruptores de seguridad son sensores de contacto.

### **2.6.6. ENCODER**

“Un tipo especial de sensor de proximidad es el “encoder” o codificador, este transforman el movimiento de la máquina en señales y datos, ya que con él se puede obtener la distancia exacta de proximidad.”<sup>33</sup> Para la medición angular

---

<sup>33</sup> [www.unicrom.com/tut\\_PIC6.asp](http://www.unicrom.com/tut_PIC6.asp)

se utiliza un disco codificado montado en un eje. La transformación de la codificación mecánica en una señal eléctrica proporcional se consigue por la

posición del disco utilizando sensores electromagnéticos (tipo Inductosyn), inductivos o acopladores ópticos. En el caso de posicionado inductivo, el código del disco tiene la forma de segmentos de cobre en serie.

Con este método, el transductor consiste en un sensor tipo herradura, cuyo consumo eléctrico varía de acuerdo con el grado de interferencia de su campo magnético. Esta señal es empleada a continuación por el equipo de control.

El posicionamiento óptico de un disco segmentado es el método más usual, donde la codificación consiste en sectores transparentes y opacos. Cuando el disco gira, el recorrido de la luz al sensor óptico se abre y se bloquea alternativamente, produciendo así una salida digital en proporción con el movimiento y la posición.

Existen dos tipos de “Encoders”:

#### **2.6.6.1. ENCODERS INCREMENTALES**

“Los “encoders” incrementales suministran un número específico de impulsos por cada revolución completa del eje. Esta cuenta de impulsos está determinada por el número de divisiones o segmentos del disco de codificación.”<sup>34</sup> Ej. El disco de codificación consta de 360 segmentos, por lo tanto por revolución del eje, se obtendrán 360 impulsos. Es decir, un impulso por grado angular.

Hay disponibles tres versiones del generador de impulsos rotativo: canal simple, doble y triple.

El tipo de canal simple (Señal A) es empleado donde el sentido del movimiento no cambia, ni se tienen vibraciones. En el caso contrario, son mejores los de doble canal (Señales A y B), también llamados de señales en cuadratura porque una señal está desfasada en 90 grados de la otra, lo cual sirve para detectar el sentido del giro. El tercer canal (Señal Z) es una señal de posición que aparece una vez por revolución, y es empleado para regresar a ceros contadores en sistemas controlados digitalmente (CNC, PLCs, etc.).

---

<sup>34</sup> Op. Cit. WEB

Los problemas más frecuentes con los codificadores son causados por un blindaje del conductor o, por la distancia tan larga y la frecuencia tan alta con la que trabaja el aparato. Un buen cable aterrizado únicamente en el contador y, un codificador de señales complementarias (A, noA, B, noB y Z) resuelven en su mayor parte estos problemas.

#### **2.6.6.2. ENCODERS ABSOLUTOS**

“A diferencia de los “encoders” incrementales, los del tipo absoluto proporcionan una combinación única de señales para cada posición física. Esto resulta una ventaja importante, ya que no es necesario un contador para la determinación de la posición.”<sup>35</sup>

La combinación de señales se establece mediante un patrón de código de sectores transparentes y opacos en varias pistas de un disco rotativo. El número de pistas de código disponibles determina la resolución máxima del codificador en la totalidad de los 360 grados. En el caso de las pistas codificadas en binario, la resolución máxima es de  $2^n$  siendo “n” el número de pistas. Por consiguiente, para 10 pistas, la resolución es de  $2^{10} = 1024$ .

Una característica importante de la lectura de modo paralelo es que la posición real se registra inmediatamente cuando se conecta inicialmente la alimentación eléctrica, o después de un cambio de posición sin potencia aplicada o si se excede del número de revoluciones por minuto permitidas electrónicamente (desventajas del tipo incremental).

El código de Gray es el sistema de codificación más usado. Este método de codificación tiene la ventaja de producir un cambio de código de un sólo dígito binario en el desplazamiento de una posición a la siguiente.

Aunque se ha mencionado únicamente el funcionamiento de los “encoders” rotativos, los lineales trabajan de la misma manera.

---

<sup>35</sup> FESTO Didactic, (2006), “Modulo de Estudio de Mecatrónica”

Los interruptores de final de carrera se utilizan cuando es posible un contacto físico con el objeto.

Los interruptores de seguridad ofrecen resistencia a posibles interpolaciones y contactos de apertura directa, lo cual permite utilizarlos como protectores de máquinas y paradas de emergencia.

### **2.6.7. SENSORES SIN CONTACTO**

“Son dispositivos electrónicos de estado sólido que crean un campo de energía o haz y reaccionan ante una alteración en ese campo.”<sup>36</sup> Algunas características de los sensores sin contacto son:

- No se requiere contacto físico.
- No tienen componentes móviles que puedan atascarse, desgastarse o romperse (por lo tanto, necesitan menos mantenimiento).
- Generalmente operan más rápido.
- Son más flexibles en cuanto a su aplicación.

Los sensores fotoeléctricos, inductivos, capacitivos, magnéticos corresponden a sensores sin contacto. Al no haber contacto físico, se elimina la posibilidad de desgaste; sin embargo, en raras ocasiones podría haber una interacción entre el sensor y el objeto. Los sensores sin contacto también son susceptibles a la energía emitida por otros dispositivos o procesos.

### **2.6.8. MICRORUPTORES O INTERRUPTORES DE POSICIÓN ELECTROMECAÑICOS (FINALES DE CARRERA)**

Los microinterruptores son de muy diversas formas pero todos se basan en la operación por medio de un actuador mecánico. Este actuador mecánico mueve a su vez una lengüeta metálica en donde están colocados los contactos

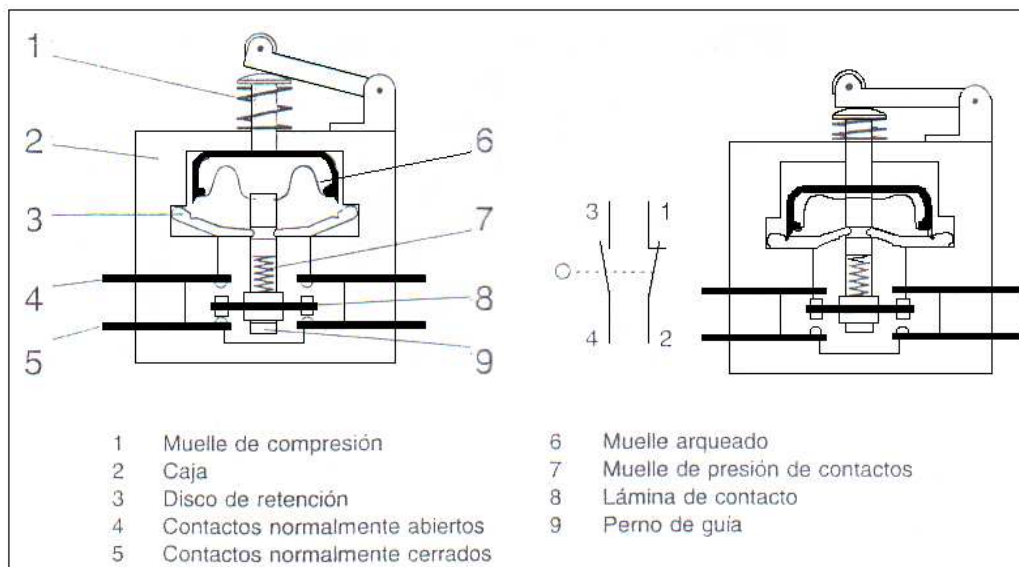
---

<sup>36</sup> Op. Cit. Pag. 105

eléctricos, y los abre o cierra de acuerdo con la disposición física de estos contactos.

Con los finales de carrera mecánicos, se establece o se interrumpe un contacto eléctrico por medio de una fuerza externa. La vida útil del contacto es de un máximo de 10 millones de ciclos de interrupción. Dependiendo del diseño, pueden transmitirse tenciones e intensidades relativamente elevadas. En el caso de un final de carrera mecánico, el espacio que separa dos contactos abiertos de diferentes polaridades se conoce como el intervalo entre contactos. Desde el punto de vista eléctrico son extremadamente simples, ya que consisten en uno o varios juegos de contactos con cierta capacidad de conducción a cierto voltaje. Estos contactos pueden ser de apertura instantánea ("snap") o lenta, y de contactos de operación traslapada o de abre y cierra.

Los tiempos de conmutación de los finales de carrera mecánicos son entre 1 y 10 ms. Cuando se utilizan interruptores electromecánicos para operaciones de conteo, debe tenerse en cuenta los posibles rebotes de los contactos.



*Diagrama final de carrera (accionado y sin accionar)<sup>37</sup>*

### 2.6.8.1. Características técnicas

Pueden diferenciarse los siguientes tipos de finales de carrera electromecánicos:

- Interruptores miniatura de posición, microrruptores miniatura y

<sup>37</sup> Op. Cit. Pag. 120

subminiatura

- Interruptores de control, finales de carrera
- Interruptores de ruptura brusca o de contacto progresivo
- Interruptores de posición al aire
- Interruptores de posición sumergidos en plástico
- Interruptores de posición sumergidos en metal
- Interruptores de posición de seguridad
- Interruptores de posición de precisión.

Los contactos más importantes de un final de carrera o microrruptor mecánico son sus contactos. Los materiales más ampliamente utilizados para los contactos son: níquel – oro, oro fino, plata, óxido de plata – cadmio, plata - paladio y níquel – plata.

Haciendo una correcta elección de los materiales del contacto, es posible alcanzar unas condiciones favorables de funcionamiento en cualquier campo de aplicación de los finales de carrera.

Capacidad de ruptura (carga resistiva) p. ej.	24 V DC, 6 A 250 V AC, 6 A
Precisión del punto de conmutación interruptor	de 0.01 a 0.1 mm (Precisión del hasta 0.001 mm)
Frecuencia de conmutación operaciones	aprox. 60...400 de conmutación / min
Vida útil ruptura	10 Mill. De ciclos de
Clase de protección (IEC 529, DIN 40050)	de IP00 a IP67

#### **2.6.8.2. Notas sobre la instalación**

Puesto que los finales de carrera son componentes de precisión mecánica, debe observarse lo siguiente para su instalación:

- Precisión en relación con el montaje (holgura precisa entre el componente que actúa el microrruptor y el objeto o leva).
- Rigidez de la conexión del interruptor / soporte de montaje.
- Cuidadosa observancia de los dispositivos de actuación (aproximación frontal o lateral).

Debe tenerse cuidado cuando se realizan las conexiones eléctricas. En el caso de conexiones a presión o atornilladas, debe tenerse cuidado de no recalentar los contactos durante la soldadura.

Si el final de carrera debe accionarse directamente. Hay que tener en cuenta que no puede utilizarse como tope mecánico (salvo que esté previsto para este fin).

Hay aplicaciones, en las que las desventajas de los finales de carrera mecánicos, tales como la actuación con contacto, rebotes o desgastes, no son importantes. En tales casos, es posible aprovechar ventajosamente estos componentes de precio relativamente moderado.

Las áreas típicas de aplicación de los finales de carrera mecánicos incluyen, por ejemplo, lugares donde hay un ambiente elevado con elevado ruido eléctrico como resultado de campos electromagnéticos, tal como es el caso de las instalaciones de soldadura, donde los sensores electromecánicos de proximidad podrían funcionar incorrectamente.

Hay interruptores de fin de carrera serrados con punto de conmutación de muy elevada precisión, hasta 0,001 mm, que se utilizan para tareas donde se requieren estas elevadas precisiones.

Con interruptores de posición electromecánicos, debe restringirse la máxima intensidad, ya que esta puede conducir a la formación de arcos de descarga durante la conmutación y por lo tanto a la destrucción de los contactos. Una resistencia en serie sirve como limitador de corriente, prolongando así la vida útil de los contactos.

Cuando se interrumpe cargas inductivas, se crea un pico de alta tensión en el momento de la interrupción. Por esta razón debe preverse un circuito de protección para los contactos del final de carrera.

Si se activa un relé o un contactor, es esencial que se respeten los datos técnicos del interruptor y del relé de o del contactor.

### 2.6.9. SENSORES DE PROXIMIDAD INDUCTIVOS

Tanto estos sensores como los de efecto capacitivo y ultrasónico presentan las ventajas siguientes:

Conmutación:

- Sin desgaste y de gran longevidad.
- Libre de rebotes y sin errores de impulsos.
- Libres de Mantenimiento.
- De Precisión Electrónica.
- Soporta ambientes Hostiles.

Los componentes más importantes de un sensor de proximidad inductivos son un (circuito resonante), un rectificador demodular, un amplificador biestable y una etapa de salida.

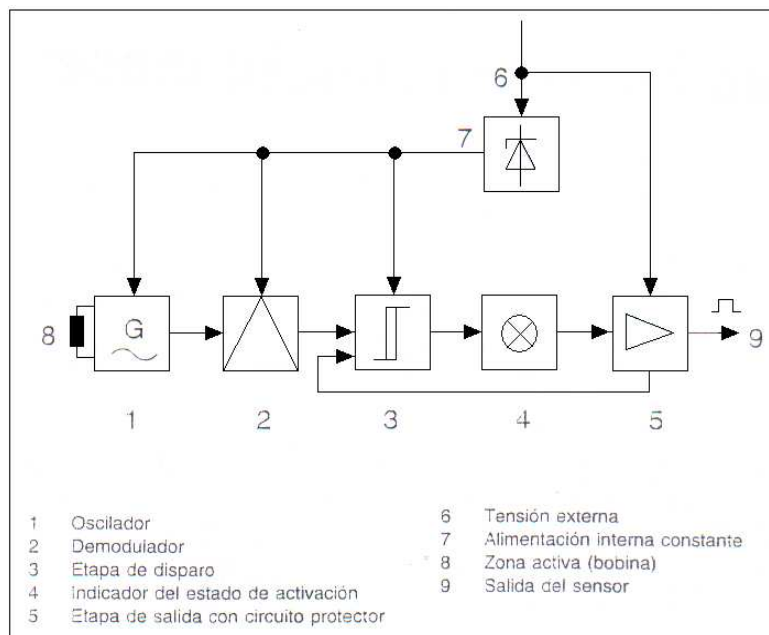


Diagrama de bloques de un sensor de proximidad inductivo

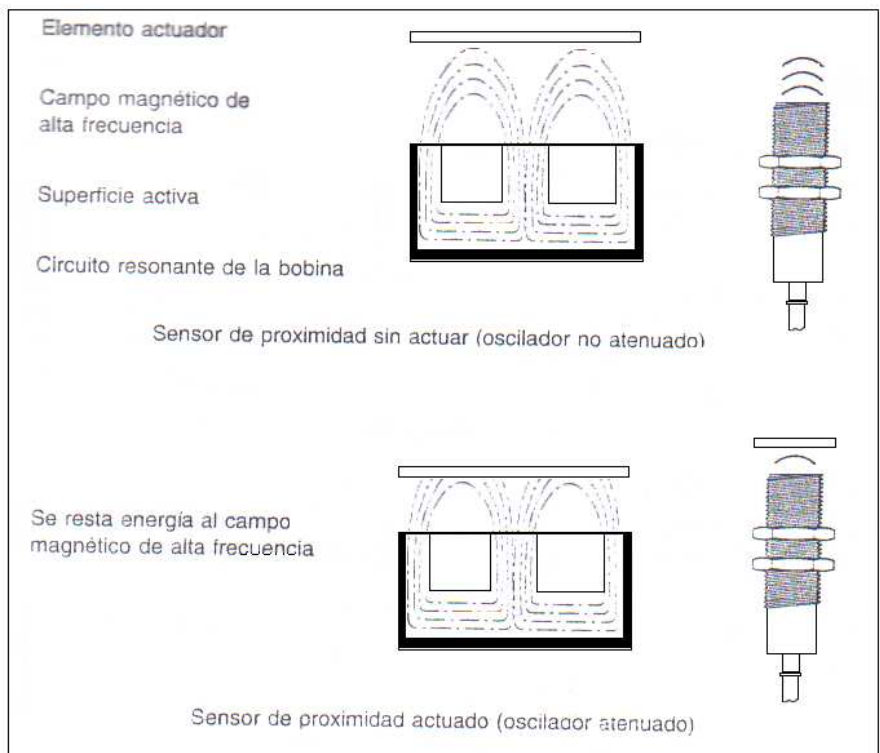


El campo magnético, que es dirigido hacia el exterior, es generado por medio del núcleo de ferrita semiabierto de una bobina osciladora y de un apantallado adicional. Esto crea un área limitada a lo largo de la superficie activa del sensor de proximidad inductivo, la cual se conoce como zona activa de conmutación.

Los sensores inductivos consisten en una bobina cuya frecuencia de oscilación cambia al ser aproximado un objeto metálico a su superficie axial.

Esta frecuencia es empleada en un circuito electrónico para conectar o desconectar un tiristor y con ello, lo que esté conectado al mismo, de forma digital (ON-OFF) o, analógicamente. Si el objeto metálico se aparta de la bobina, la oscilación vuelve a empezar y el mecanismo recupera su estado original.

Cuando se aplica una tensión al sensor, el oscilador se activa y fluye una corriente de reposo definida. Si un objeto conductor de electricidad se introduce en la zona activa de conmutación se crean unas corrientes parásitas que restan energía al oscilador. La oscilación se atenúa y esto produce un cambio en la consumo de corriente del sensor. Los dos estados – oscilación atenuada y oscilación sin atenuar se evalúan electrónicamente.



*Método de funcionamiento de un sensor de proximidad inductivo.*<sup>38</sup>

<sup>38</sup> Op. Cit. Pag. 65

Por medio de los sensores de proximidad inductivos, solo pueden detectarse mediante materiales conductores de electricidad.

Dependiendo del tipo de conmutación (normalmente cerrado o normalmente abierto), la etapa es conectada o interrumpida sin se presenta un objeto metálico en la zona activa de conmutación. la distancia del área activa, donde se produce un cambio en la señal de salida, se conoce como distancia de conmutación. Por ello, un criterio importante para los sensores de proximidad inductivos es el tamaño de la bobina incorporada en la cabeza del sensor cuando más grande sea la bobina, mayor será la distancia de conmutación activa. Pueden alcanzarse distancias de hasta 250 mm.

Para determinar la distancia de conmutación de los sensores de proximidad inductivos, se utiliza una placa de calibración estandarizada. Solamente así pueden hacerse comparaciones válidas de las distancias de conmutación de diferentes sensores de proximidad inductivos. La placa de medición estándar está hecha de acero dulce (Fe 360 según los Eurostanderes 25 y 27 o ISO 630), de 1 mm de grueso. Tiene forma cuadrada y la longitud del lado es igual a:

- El diámetro de la superficie activa del sensor o bien
- Tres veces la distancia de conmutación nominal.

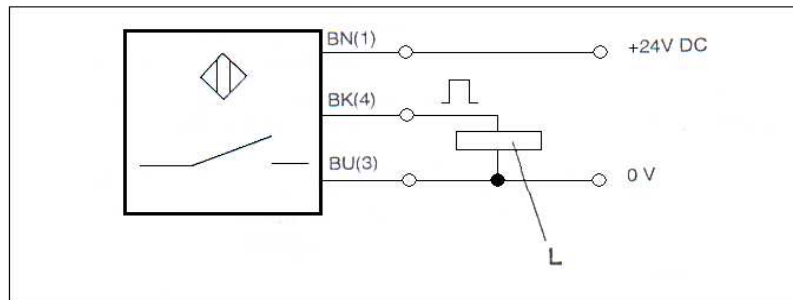
Se utilizará el mayor de ambos valores como longitud del lado de la placa de calibración estándar. La utilización de placas con superficies mayores no conduce a cambios significativos en la distancia de conmutación medida. Sin embargo si se utilizan placas menores, se obtiene una disminución de la distancia de detección.

Asimismo, la utilización de diferentes materiales conduce a una reducción de la distancia de conmutación efectiva.

A continuación se indican los factores de reducción para diferentes materiales

<b>MATERIAL</b>	<b>FACTOR DE REDUCCIÓN</b>
Acero dulce	1,0
Níquel cromo	0,70 - 0,90
Latón	0,35 - 0,50
Aluminio	0,35 - 0,50
Cobre	0,25 - 0,40

La tabla indica que las mayores distancias de detección se alcanzan con materiales magnéticos. Las distancias alcanzables con materiales no magnéticos (latón, aluminio, cobre) son mutuamente inferiores.



Simbología de la conexión de un sensor de proximidad inductivo en corriente continua, ejecución de tres hilos (L=carga)

La designación de las conexiones de los sensores de proximidad inductivos está estandarizada.

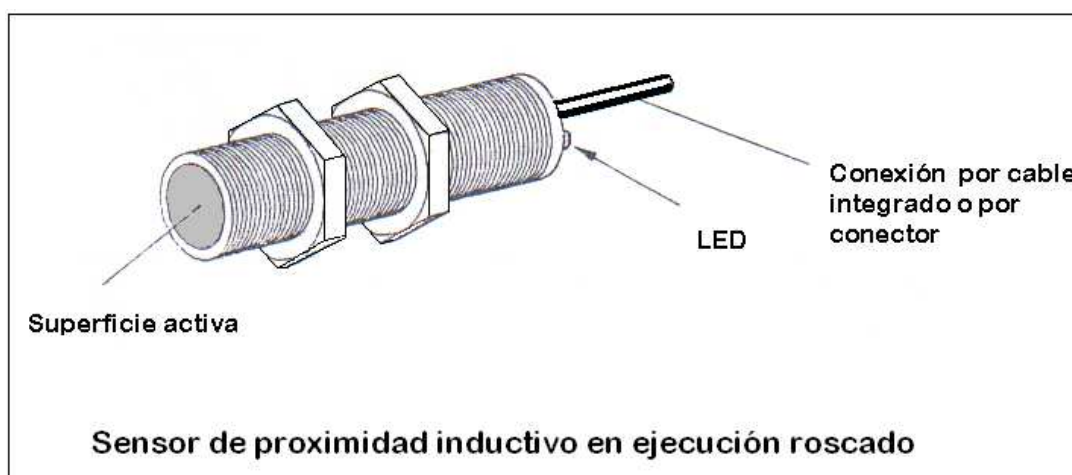
### 2.6.9.1. Características técnicas

Material del objeto	Metales
Tensión de funcionamiento V.....30 V	típica 10
Distancia de conmutación nominal	típica 0,8.....10 mm Max. Aprox. 250 mm
Intensidad máxima	75 mA.....400mA
Temperatura de funcionamiento	-25° C.....+ 70° C
Vibración	10.....50 Hz, 1 mm amplitud
Sensibilidad a la suciedad	insensible
Vida útil	muy larga
Frecuencia de conmutación	típica 10 .....5000 Hz Max. Aprox. 20 kHz
Ejecución	cilíndrica, rectangular
Tamaño (ejemplos)	M8 x 1, M12 x , M18 x 1 ∅ 4 mm ... ∅ 30 mm 25 mm x 40 mm x 80 mm
Clase de protección IEC 529, DIN 40 050	hasta IP 67

Estos sensores de proximidad también trabajan por el tipo de circuito en el que trabajan (dos hilos, PNP, NPN, 4 hilos, etc.).

“Muchos de los sensores de proximidad inductivos que se ofrecen actualmente en el mercado tienen las siguientes características de protección para garantizar un manejo sencillo y un funcionamiento seguro:

- Protección contra polaridad inversa (Contra daños causados como resultado de invertir las conexiones)
- Protección contra cortocircuito (protege el cortocircuito de la salida contra el tierra)
- Protección contra picos de tensión (contra sobretensiones transitorias)
- Protección contra rotura de cable (la salida se bloquea si la línea de Alimentación se desconecta).<sup>39</sup>

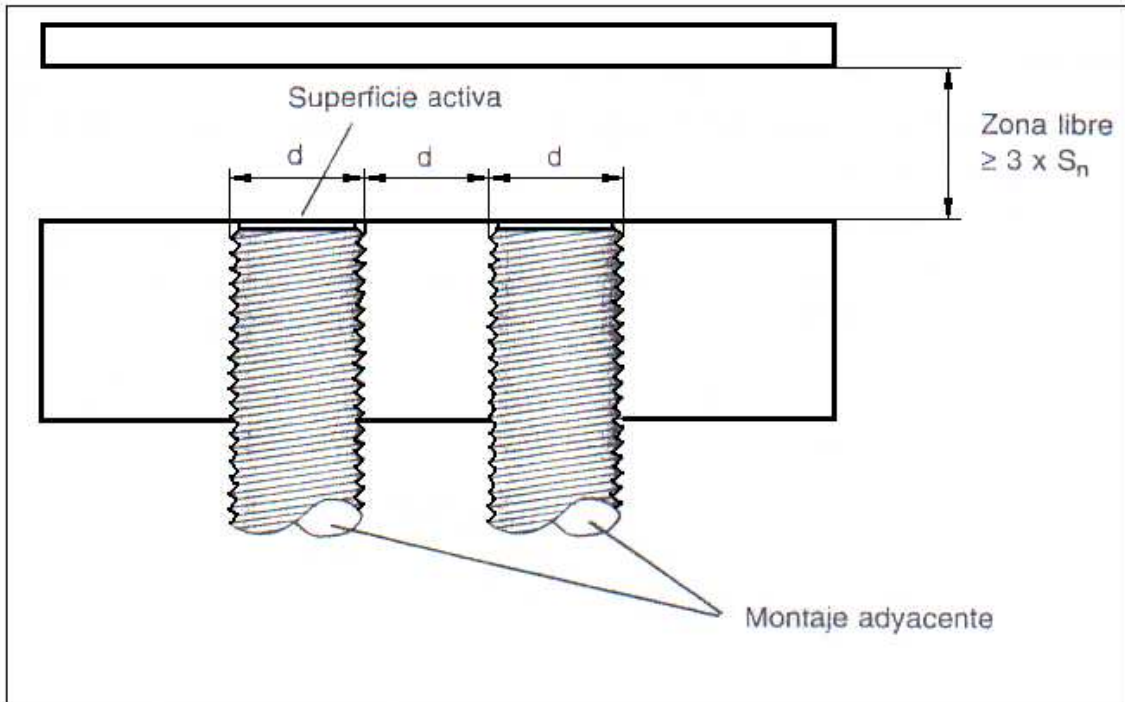


### 2.6.9.2. Observaciones sobre la aplicación

Estos sensores pueden ser de construcción metálica para su mayor protección o, de caja de plástico. Y pueden tener formas anular, de tornillo, cuadrada, tamaño interruptor de límite, etc.

Si los sensores de proximidad inductivos se montan en alojamientos metálicos debe tenerse en cuidado de no alterar las características del sensor. Debe distinguirse entre dos tipos de sensores de proximidad: los de montaje enrasado y los de montaje no – enrasado.

<sup>39</sup> Op. Cit. Pag. 69

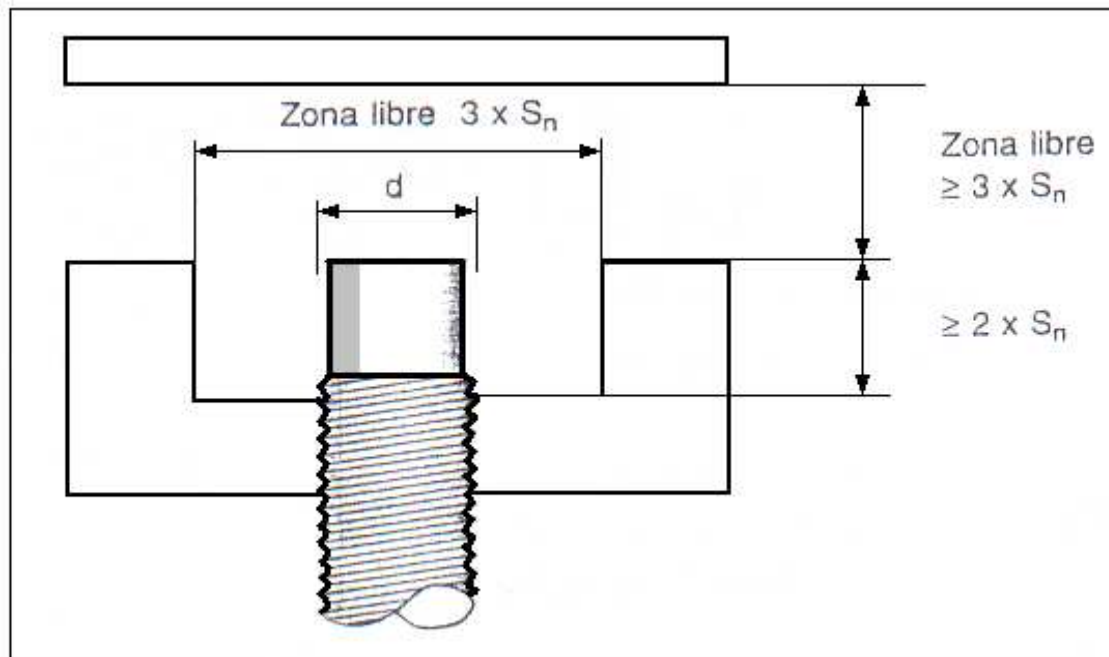


*Diagrama del sensor de proximidad inductivo de montaje enrasado.<sup>40</sup>*

Allí donde los sensores deban montarse completamente enrasados en metal, deberán instalarse de forma que el campo de electromagnetismo esté dirigido desde la zona activa hacia adelante. De esta forma, las características del sensor de proximidad no serán influidas por el método de montaje. En el caso de montaje adyacente de sensores de proximidad debe respetarse una distancia mínima entre ellos en relación con su diámetro. Esto es esencial para evitar que los sensores de proximidad influyan unos con otros. La zona libre frente al sensor de proximidad debe ser por lo menos de tres veces la distancia de conmutación nominal del sensor utilizado. La zona libre es la distancia entre el sensor de proximidad y un objeto situado enfrente.

La ventaja de los sensores de proximidad de montaje enrasado es que son muy sencillos de instalar y ahorran espacio. La desventaja en comparación con los de montaje no-enrasado es que aunque el diámetro exterior del cuerpo del sensor sea idéntico, la distancia de detección es inferior.

<sup>40</sup> Op. Cit. Pag. 71



*Sensores de Proximidad, no enrasado.*<sup>41</sup>

Los sensores de proximidad no-enrasables que se montan sobre materiales que influyen en sus características (metales), requieren una zona libre que circunden toda el área activa. Sin embargo, estos sensores de proximidad pueden montarse embebidos en plásticos, madera u otros materiales no metálicos sin que se vean afectadas las características del sensor. Este tipo de sensores pueden reconocerse a menudo por la cabeza de la bobina que forma una protuberancia en el cuerpo del sensor de proximidad.

La técnica actual permite tener un alcance de hasta unos 100 mm en acero. El alcance real debe tomarse en cuenta, cuando se emplea el mismo sensor en otros materiales. Ej.: Para el Acero Inoxidable debe considerarse un 80% de factor de corrección, para el Aluminio un 30 % y para el cobre un 25%.

Ciertas marcas fabrican estos sensores en dos partes, una parte es el sensor propiamente dicho y el otro es el amplificador de la señal de frecuencia mencionada arriba, con el fin de usarlos en zonas peligrosas. A estos sensores se les conoce como de "Seguridad Intrínseca".

<sup>41</sup> Op. Cit. Pag. 72

### **2.6.10. SENSORES DE PROXIMIDAD CAPACITIVOS**

Existen muchas aplicaciones que requieren el sensor a distancia materiales no metálicos y, para ello se emplea este tipo de sensor que usa el efecto capacitivo a tierra de los objetos a sensor. Ejemplos: Presencia de agua en un tubo o el cereal dentro de una caja de cartón.

El elemento funcional primario del sensor capacitivo de proximidad es un oscilador de alta frecuencia con un electrodo flotante en el circuito de base de un transistor. En el estado de inactividad hay un campo ruidoso en la región de base, que representa el área activa del sensor de proximidad. Cuando un objeto aparece dentro del área activa, empiezan las oscilaciones. La etapa de conmutación rectifica las oscilaciones de alta frecuencia y la señal continua resultante se aplica a la etapa de salida. La etapa de conmutación incluye un sistema de señal de retroalimentación, el nivel del cual puede ajustarse en algunos modelos, a través de un potenciómetro; esto capacita el sensor de proximidad de variar su sensibilidad de respuesta.

Principalmente se emplean para líquidos y sólidos no metálicos y, externamente son muy parecidos a los sensores inductivos (Ver arriba).

Tanto los sensores inductivos como los capacitivos tienen una distancia máxima de accionamiento, que depende en gran medida del área de la cabeza sensora (bobina o electrodo), por ello a mayor diámetro, mayor distancia máxima.

Además, la distancia de sensado siempre se especifica para agua en estado líquido pero, para otros materiales es diferente. Para el vidrio se tiene que considerar un factor de corrección del 65%, mientras que para el agua congelada del 30%.

Además de los voltajes y circuitos mencionados en los inductivos, existe también en los sensores capacitivos un tipo con salida analógica (4-20 mA).

### **2.6.11. SENSORES FOTOELÉCTRICOS**

Estos sensores son muy usados en algunas industrias para contar piezas, detectar colores, etc., ya que reemplazan una palanca mecánica por un rayo de luz que puede ser usado en distancias de menos de 20 mm hasta de varias centenas de metros, de acuerdo con los lentes ópticos empleados.

Funcionan con una fuente de luz que va desde el tipo incandescente de los controles de elevadores a la de estado sólido modulada (LED) de los detectores de colores. Y operan al detectar un cambio en la luz recibida por el fotodetector.

Los fotodetectores son típicamente fotodiodos o fototransistores, inclinándose los fabricantes por los primeros por su insensibilidad a campos de radiofrecuencia, que podrían causar interferencia.

Algunos modelos de estos sensores son fabricados con inmunidad a la luz solar incidente o reflejada. Para ello emplean haces de luz modulada que únicamente pueden ser detectados por receptores sintonizados a la frecuencia de modulación.

Los diferentes tipos de sensores se agrupan por el tipo de detección:

a) Sensores de Transmisión Directa. Cuando existe un receptor y un emisor apuntados uno al otro. Tiene este método el más alto rango de detección (hasta unos 60 m).

b) Sensores Reflex. Cuando la luz es reflejada por un reflector especial cuya particularidad es que devuelve la luz en el mismo ángulo que la recibe (9 m de alcance).

c) Sensores Reflex Polarizados. Son prácticamente iguales a los del tipo anterior, excepto que, el emisor tiene un lente que polariza la luz en un sentido y el receptor otro que la recibe mediante un lente con polarización a  $90^\circ$  del primero.

Con esto, el control no responde a objetos muy brillosos que pueden reflejar la señal emitida (5m de alcance).

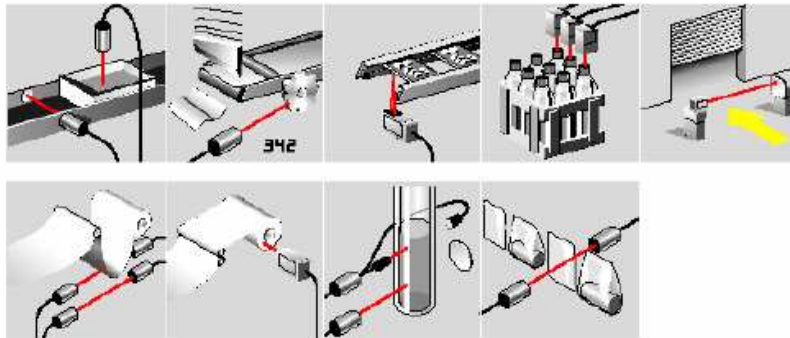
d) Sensores de Foco Fijo. Cuando la luz es reflejada difusamente por el objeto y es detectado por el hecho de que el transmisor y el receptor están estereoscópicamente acoplados, evitando con ello interferencia del fondo (3.5 m de alcance).

e) Sensores de detección difusa. Iguales a los anteriores pero los lentes son divergentes, y se usan para detectar objetos muy próximos (1.5 m de alcance).



f) Sensores de Fibra Óptica. En este tipo, el emisor y receptor están interconstruïdos en una caja que puede estar a varios metros del objeto a sensar.

Para la detección emplean los cables de fibra óptica por donde circulan los haces de luz emitido y recibido. La mayor ventaja de estos sensores es el pequeño volumen o espacio ocupado en el área de detección.



*Modelos de sensores fotoeléctricos.<sup>42</sup>*

<sup>42</sup> [www.festo.com.mx](http://www.festo.com.mx)

## **2.6.12. SENSORES ULTRASÓNICOS**

Los sensores ultrasónicos son empleados en las industrias químicas como sensores de nivel por su mayor exactitud en presencia de burbujas en los reactores.<sup>43</sup>

Funcionan al igual que el sistema de sonar usado por los submarinos. Emiten un pulso ultrasónico contra el objeto a sensor y, al detectar el pulso reflejado, se para un contador de tiempo que inició su conteo al emitir el pulso. Este tiempo es referido a distancia y de acuerdo con los parámetros elegidos de respuesta ("Set Point") con ello manda una señal eléctrica digital o analógica. La técnica actual permite la fabricación de estos sensores con un rango de detección desde 100 mm hasta unos 6000 mm con una exactitud de 0.05%.

Estos sensores son empleados con gran éxito sobre otros tipos de sensores para detectar objetos a cierta distancia que son transparentes o extremadamente brillosos y no metálicos.

## **2.6.13. SENSORES DE PROXIMIDAD MAGNÉTICOS**

Estos sensores de proximidad, reaccionan ante los campos magnéticos de imágenes de imágenes permanentes y de electroimanes.

De los sensores magnéticos tenemos los siguientes tipos: los mecánicos o tipo "reed", los de tipo electrónico o de efecto Hall y, los transformadores lineales variables (LVDT).

**2.6.13.1. Los transformadores lineales variables (LVDT).**- Proporcionan una lectura de posición, usando la inductancia mutua entre dos embobinados. Un núcleo magnético móvil acopla el voltaje de excitación en corriente alterna a los dos secundarios. La fase y la amplitud del voltaje del secundario varía de acuerdo con la posición del núcleo.

Cuando el núcleo está en medio de los embobinados, los voltajes de ambos están 180 grados desfasados y son de igual magnitud, por lo que el voltaje neto es cero. Cuando el núcleo se mueve hacia la escala positiva, la señal en

---

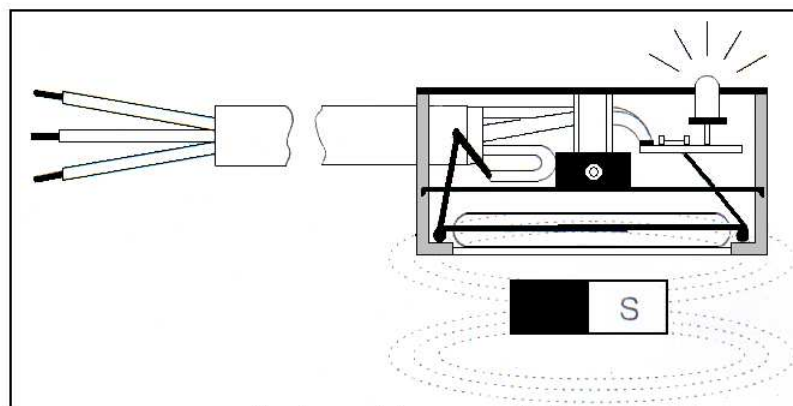
<sup>43</sup> FESTO Didactic, (2006), "Modulo de Estudio de Mecatrónica"

fase con la onda de entrada crece y viceversa cuando el núcleo se mueve hacia la escala negativa.

**2.6.13.2. Los sensores de tipo "reed"** tienen gran difusión al emplearse en muy bajos voltajes, con lo que sirven de indicador de posición a PLCs y, además, por emplearse como indicador de posición de los cilindros neumáticos de émbolo magnético de las marcas que tienen mayor difusión<sup>44</sup>.

En el caso de un sensor reed, las láminas de contacto están hechas de materiales ferromagnéticos (Fe-Ni aleado. Fe=Hierro, Ni= Níquel) y están selladas dentro de un pequeño tubo de vidrio.

El tubo se llena con un gas inerte, por ejemplo, Nitrógeno (gas inerte significa un gas no activo ni combustible).



*Sensores magnéticos de proximidad reed*

Si se acerca un campo magnético al sensor de proximidad, las láminas se unen por magnetismo y se produce un contacto eléctrico.

La siguiente tabla muestra algunos datos técnicos más importantes relacionados con los contactos de estos sensores de proximidad.

Tensión de conmutación	12V...27 V DC o AC
Presición de conmutación	$\pm 0.1 \text{ mm}$
Potencia máxima de interrupción	40W
Max. Interferencia magnética	0.16 mT
Max. De corriente de ruptura	2 A
Frecuencia máxima de conmutación	500Hz

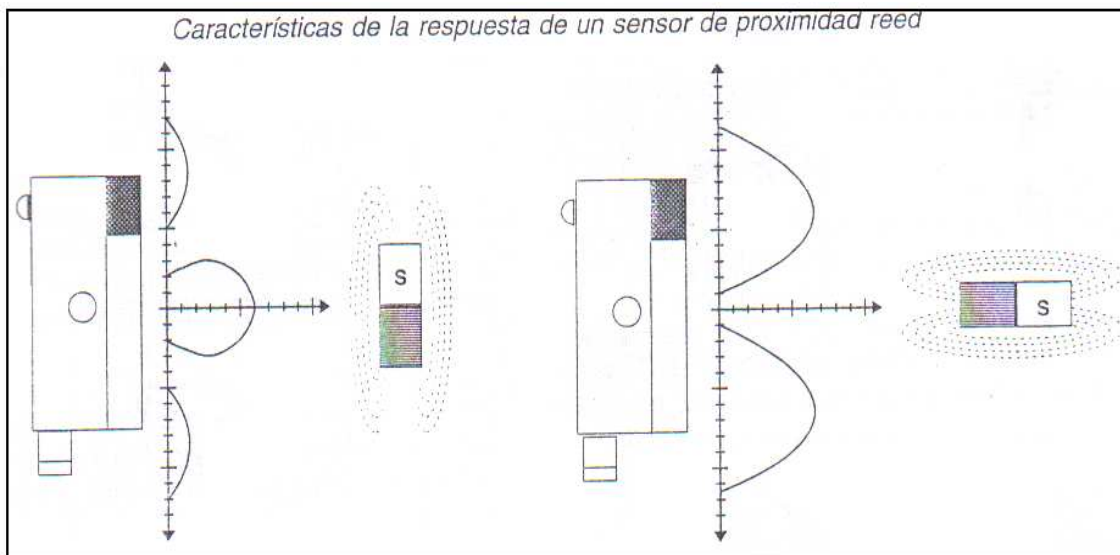
<sup>44</sup> Op. Cit. Pag. 44

Tiempo de conmutación	$\pm 2 \text{ ms}$
Conductancia	$0.1 \Omega$
Vida útil del contacto (con circuito de protección)	$5 \cdot 10^6$ ciclos de conmutación
Temperatura de funcionamiento	$-20^\circ\text{C} \dots\dots 60^\circ\text{C}$

Los sensores de proximidad reed a menudo poseen un diodo emisor de luz incorporado, para indicar su estado.

Cuando se desplaza un imán permanente ante un sensor de proximidad reed son posibles diferentes acciones.

El rango de conmutación depende de la orientación del eje polar del imán.<sup>45</sup>



### 2.6.13.3. Observaciones sobre la disposición

Cuando se utilizan sensores de proximidad reed, es importante asegurarse de que no haya interferencias cerca del sensor cuyo campo magnético exceda de  $0,16 \text{ mT}$  – Si este fuese el caso, el sensor debería apantallarse correspondientemente.

Si se montan varios cilindros neumáticos con sensores de proximidad, se requiere una distancia mínima de  $60 \text{ mm}$  entre los sensores de proximidad y

<sup>45</sup> Op. Cit. Pag. 47

las paredes externas de los cilindros adyacentes. Si se reduce esta distancia puede presentarse puntos de conmutación no deseados.

Con sensores reed, debe reducirse al máximo el flujo de corriente. De lo contrario esto puede provocar un arco de descarga durante la conexión y ello ocasionaría que se quemen las láminas de contacto. Una resistencia en serie hace de limitadora de corriente y prolonga la vida de los contactos.

Cuando se interrumpen cargas inductivas, se crea un elevado pico de tensión en el momento de la desconexión. Por esta razón debe preverse un circuito de protección para el sensor de proximidad, a no ser que ya lleve uno incorporado. El circuito de protección puede ser tanto un elemento RC adecuado, como un diodo o un varistor. Los valores eléctricos de estos componentes dependen de la potencia del elemento que activa el contacto (por ejemplo un relé o un contactor, etc.)

Si se activa un relé o un contactor, es esencial que se respeten los datos técnicos del interruptor y del relé o del contactor.

La potencia de llamada de un relé o de un contactor es varias veces mayor (8 o 10 veces) que la potencia de mantenimiento. Por ello es importante utilizar la potencia de llamada como valor de referencia principal.

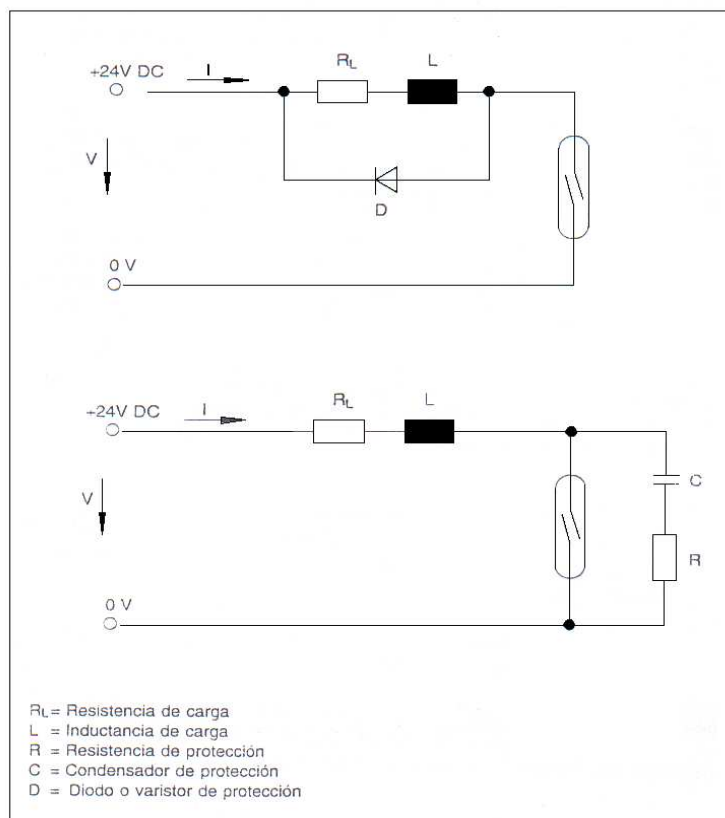


Fig: Circuitos de protección para contactos reed

#### **2.6.13.4. Aplicación**

-La aplicación más ampliamente conocida y utilizada es la de detectores de posición de cilindros.

- Con la utilización de sensores de proximidad magnéticos pueden solventarse muchos otros problemas de detección si al objeto a detectar se le aplica un imán, por ejemplo:

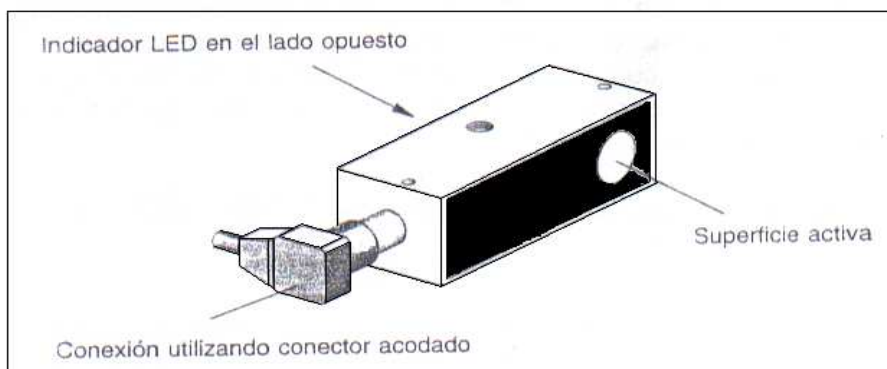
- Medición de la velocidad de rotación de piezas de cualquier material.
- Detección selectiva de piezas individuales de series similares.
- Sistemas de codificación por desplazamiento incremental.
- Dispositivos de conteo
- Interruptores de puertas
- Posicionamiento de material.

#### **2.6.14. SENSORES DE PROXIMIDAD MAGNÉTICO – INDUCTIVOS (sin contacto)**

Estos sensores de proximidad, similares a los sensores inductivos, tienen un oscilador incorporado.

Sin embargo, en contraste con los sensores de proximidad inductivos, la bobina osciladora no es del tipo con núcleo de media capa, que crea un campo magnético directamente hacia afuera, sino una bobina con núcleo de capa cerrada, es decir, una bobina con un núcleo de ferrita apantallado.

Al acercarse un imán permanente, el material del núcleo del oscilador se satura causando con ello una variación en la corriente del oscilador del sensor de proximidad. Una etapa de disparo evalúa el cambio y lo convierte en una señal de salida definida. El rango de conmutación de este tipo de sensores de proximidad depende de la orientación del eje polar del imán. Estos sensores de proximidad solamente reaccionan ante un campo magnético, y no ante cualquier objeto metálico.



*Sensor de proximidad magneto – inductivo.<sup>46</sup>*

### 2.6.14.1. Datos técnicos

Tensión de funcionamiento	10....30 V
Intensidad máxima de ruptura	200 mA
Inducción mínima de respuesta	2...35 mT
Máxima interferencia magnética	1 mT
Recorrido de respuesta (depende de la fuerza del campo y del cilindro)	7....17 mm
Histéresis	0,1 ..... 1,5 mm
Presición del punto de ruptura	± 0,1 mm
Caída de tensión (a la intensidad máxima)	3 V
Consumo de corriente (en vacío)	6.5 mA max
Temperatura de funcionamiento	- 20°C.....70°C
Frecuencia de conmutación	1000 Hz
Protección IEC 529, DIN 40 050	IP 67
Protección para cargas inductivas	integrada

### 2.6.14.2. Observaciones sobre la aplicación

Debe tenerse en cuenta en la utilización de sensores de proximidad, que estos pueden presentar un comportamiento asimétrico de conexión. Por lo tanto debe verificarse que el sensor conmute de forma fiable en condiciones reales.

<sup>46</sup> Op. Cit. Pag. 53

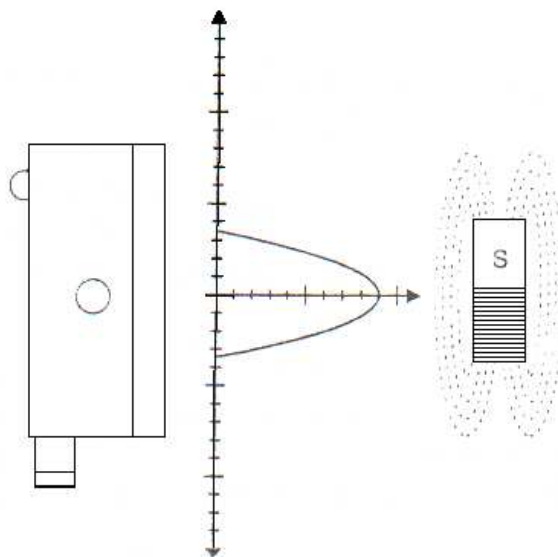
Los materiales ferromagnéticos cerca de un sensor de proximidad, pueden hacer cambiar su respuesta o puedan producir interferencias al igual que cuando estos sensores se utilizan bajo la influencia de fuertes campos magnéticos como sucede, por ejemplo, en los equipos de soldadura o en las fundiciones del aluminio con hornos eléctricos.

Si se montan varios cilindros neumáticos con sensores de proximidad magnéticos, se requiere una distancia de 60 mm entre los sensores de proximidad y las paredes externas de los cilindros adyacentes.

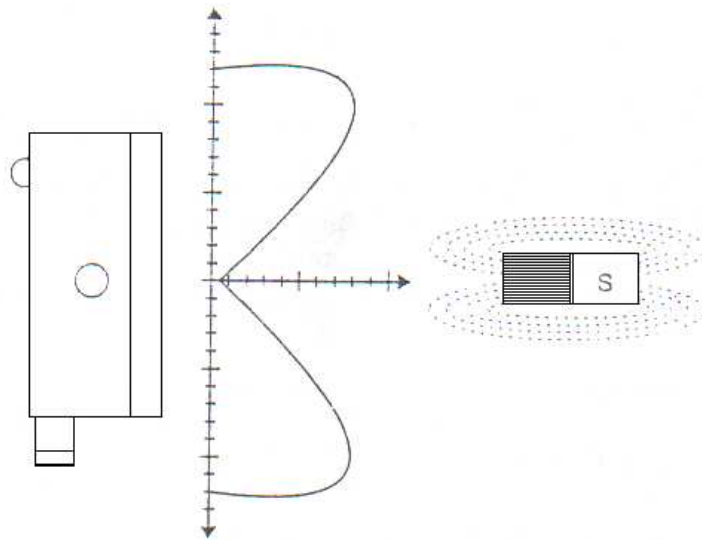
Los sensores de proximidad magneto-inductivos, generalmente llevan un circuito de protección incorporado para poder interrumpir cargas inductivas, así como para protegerle de los picos de tensión. En este caso está de más un circuito de protección adicional.

Los sensores de proximidad magneto-inductivos, tienen las siguientes ventajas básicas en comparación con los sensores de proximidad con contactos reed.

- No hay problemas con los rebotes de los contactos
- No tienen desgaste al no haber partes móviles
- Se crea solamente un área de conmutación, si el eje polar magnético se alinea adecuadamente.







*Características de respuestas un sensor magnético inductivo*<sup>47</sup>

### **2.6.15. SENSORES DE PROXIMIDAD MAGNETORRESISTIVOS**

“Las cintas resistivas (Por ejemplo  $W_i$ =Bismuto o  $InSb$ ;  $In$ =Indio,  $Sb$ =Antimonio) cambian su resistencia eléctrica ante campos magnéticos. Este efecto es decir, la magnetorresistencia, puede utilizarse para varios tipos de sensores.”<sup>48</sup>

### **2.6.16. SENSORES DE PROXIMIDAD DE EFECTO HALL**

“Si un semiconductor (por ejemplo,  $InSb$ ) se expone a un campo magnético, se crea una tensión perpendicular a la dirección de la corriente, es decir, la llamada tensión de Hall. Se aplican ciertas dimensiones físicas en este caso particular, es decir el grueso de la placa debe ser pequeño en comparación con el largo y el ancho. Pueden generarse tensiones de hasta 1,5 V.”<sup>49</sup>

El efecto físico subyacente se conoce como el efecto Hall, por el nombre del físico americano que lo descubrió, E. Hall.

Los sensores de efecto Hall, son semiconductores y por su costo no están muy difundidos pero en codificadores ("encoders") de servomecanismos se emplean mucho.

---

<sup>47</sup> Op. Cit. Pag. 57

<sup>48</sup> Op. Cit. Pag. 60

<sup>49</sup> Op. Cit. Pag. 63

### **2.6.17. LOS SENSORES DE PROXIMIDAD WIEGAND**

“Los sensores Wiegand consisten en un hilo hecho de una aleación ferromagnética de vanadio, cobalto y hierro. La dirección de la magnetización de este hilo cambia espontáneamente cuando un campo magnético que se acerque exceda de cierto valor.”<sup>50</sup>

Si se arrolla una bobina alrededor de este hilo Wiegand, se induce una tensión de hasta 3 V.

En principio, los sensores Wiegand no requieren alimentación externa de corriente.

### **2.6.18. SENSORES DE PRESIÓN**

“Los sensores de presión sofisticados funcionan a base de celdas de carga y de sus respectivos amplificadores electrónicos, y se basan en el conocido puente de Wheatstone, donde una de sus piernas está ocupada por el sensor. Este sensor es básicamente una resistencia variable en un sustrato que puede ser deformado, y lo cual ocasiona el cambio en el valor de la mencionada resistencia.”<sup>51</sup>

Los sensores comunes de presión son interruptores eléctricos movidos por una membrana o, un tubo Bourdón. El tubo Bourdón se abre hacia afuera con el aumento de presión y este movimiento es transmitido a un interruptor, el cual es accionado cuando la posición del tubo corresponde con un ajuste preseleccionado.

En el caso de los interruptores de presión por diafragma, la fuerza provocada por la presión sensada actúa sobre un resorte, el cual al ser vencido actúa sobre un microinterruptor. Es obvio que el resorte determina el rango de presión de operación.

### **2.6.19. SENSORES DE NIVEL**

Los sensores de nivel en su mayoría trabajan indirectamente sensando la posición de un flotador mediante un sensor inductivo o un interruptor del tipo de canilla ("reed") y un imán permanente.

---

<sup>50</sup> Op. Cit. Pag. 64

<sup>51</sup> Op. Cit. Pag. 66

### **2.6.20. SENSORES DE TEMPERATURA**

“Los sensores de temperatura más sencillos son los que actúan sobre un interruptor miniatura y en general, éstos son de dos tipos: Sistemas de Dilatación de un fluido y Bimetálicos. Los primeros actúan al dilatarse el líquido o el gas contenido dentro de un capilar y, los segundos actúan directamente el interruptor mediante el efecto de diferencia de dilataciones de tiras de dos metales diferentes. En general, se usan para interrumpir hasta corrientes de 30 Amperes en 120 volts.”<sup>52</sup>

Otros sensores de temperatura son los termopares, detectores de temperatura por resistencia (RTD) y, los termistores.

### **2.6.21. TERMOPARES**

Los termopares están hechos de dos alambres de metales diferentes unidos precisamente en el punto de medición, también conocido como "unión caliente". Un pequeño voltaje llamado Seebeck, en honor a su descubridor, aparece entre los dos alambres en función de la temperatura de esa unión y, ese voltaje es la señal que actúa sobre el controlador de temperatura.

Los termopares son en general de los sensores los más baratos y los más robustos, aunque para evitar errores de materiales disímiles, los cables de extensión deben ser del mismo material del termopar.

Existen termopares apropiados para diferentes rangos de temperatura y diferentes ambientes industriales. Ejemplos:

TIPO ALEACIONES RANGO (°C)

J Hierro/Constantan 0 a 760

K Chromel / Alumel 0 a 1260

E Chromel / Constantan -184 a 871

T Cobre / Constantan -184 a 371

R Platino 13% / Rodio Platino 0 a 1482

### **2.6.22. RTD**

Los RTDs son principalmente hechos de alambre de platino enrollado en una base cerámica cubiertos de vidrio o de material cerámico. Además pueden encontrarse como película en un sustrato.

---

<sup>52</sup> Op. Cit. Pag. 75

Con la temperatura el platino cambia de resistencia y, con un circuito similar al conocido Puente de Wheatston este cambio puede ser utilizado en un indicador o controlador de temperatura.

Este tipo de sensor se fabrica también de Níquel en lugar de Platino pero son más usuales los de este último material, en sus variantes de norma alemana o japonesa.

Es sencilla la conexión de estos elementos y su prueba, ya que a 0° C, la resistencia del RTD de Platino es de 100 ohms y varía a razón de 0.385 ohms por grado Celsius.

### **2.6.23. TERMISTORES**

Los termistores están fabricados de un material semiconductor que cambia su resistencia eléctrica abruptamente en un pequeño rango de temperatura, por lo que son empleados en sistemas de adquisición de datos y en equipos delicados.

Ejemplo: Control de Temperatura de Osciladores Electrónicos.

Su desventaja es que requieren de potencia para funcionar por lo que se autocalientan, y eso debe ser compensado en el circuito de medición.

### **2.6.24. SENSORES DE FLUJO**

“Los sensores de flujo más usuales comprenden de una pequeña turbina que gira dentro del fluido a censar, y, de un sensor del tipo inductivo que sensa el número de revoluciones de los alabes de la turbina, o, en otro tipo, la señal es tomada de un tacogenerador acoplado directamente a la turbina.”<sup>53</sup>

También los hay del tipo de estado sólido, los cuales tienen en la cabeza sensora dos resistencias calibradas. Con una de ellas se calienta un poco el fluido que rodea la cabeza y con el otro se sensa la temperatura del fluido.

Comparando la temperatura electrónicamente, la cual se ajusta manualmente, es posible detectar movimientos de fluidos muy lentos como los de lubricantes de baleros, o flujos muy rápidos como los de una bomba de agua.

---

<sup>53</sup> Op. Cit. Pag. 85

## 2.7. PLC's

En este capítulo vamos a explicar el funcionamiento de los Autómatas o también llamados PLC's (Controladores Lógicos Programables) y su programación; aunque nos referimos a un autómata en concreto de la marca Siemens (LOGO).

Las generalidades pueden resultarnos interesantes a todos aquellos que quieran iniciarse en este apasionante mundo de la automatización porque son comunes a todos los autómatas sin importar la marca o la casa de fabricación con la diferencia en el tipo de lenguaje de programación que elijamos.

Tomando en cuenta de que un PLC tiene un juego amplísimo de instrucciones o funciones de trabajo muy variadas e interesantes nos vamos a limitar a conocer las más básicas y utilizadas como el encendido o el apagado de un bobina utilizando señales digitales ( "1" o "0"), así como también funciones demasiado complejas como el control de la una bobina utilizando señales analógicas (sean estas señales de variación de voltaje, resistencia o de corriente) no vamos a profundizar en las segundas ya que requerimos de conocimientos previos en Electrónica digital e instrumentación avanzada.

### 2.7.1. Conceptos Básicos

“El **autómata** (también llamado PLC o Dispositivo lógico Programable) podemos definirlo como un ordenador especializado en la automatización de procesos ya sean estos industriales, domésticos, militares,...

Como los ordenadores, el PLC, van a constar de dos partes fundamentales como en la Fig. 44.

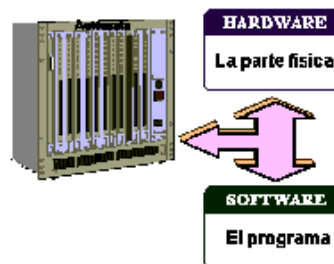


Fig. 44: Constitución de un PLC

- El **hardware** que es la parte física o tangible del ordenador y del autómeta.
- El **software** es la parte que no es tangible: es el programa o programas que hacen que el ordenador o el autómeta hagan un trabajo determinado”.<sup>54</sup>

### 2.7.2 El Hardware

El hardware del autómeta, al ser básicamente un ordenador, podemos dividirlo de la siguiente forma:

- **La Fuente de alimentación**, provee a suministrar las distintas c.c. que necesitan los circuitos electrónicos del autómeta para poder funcionar.
- **La CPU**, o Unidad de Control de Proceso, en la que va alojado el microprocesador (que es el cerebro del sistema) junto con los dispositivos necesarios para que éste realice su función: las tarjetas de memoria, el reloj, las VIAS (integrados que ayudan al microprocesador en sus tareas de comunicación con otros dispositivos), etc.
- **La tarjeta de entradas/salidas**, o tarjetas I/O, en las que otros circuitos integrados se encargan de que el microprocesador sea capaz de comunicarse con otros dispositivos, ya sean estos otros microprocesadores, un teclado, una pantalla, etc.

Debajo del bastidor central, justo en la parte inferior, existen unos ventiladores que tienen por misión refrigerar todos los elementos que componen el PLC, ya que tanto la F.A. como la CPU pueden alcanzar temperaturas peligrosas para la circuitería de uno y otro componente; un fallo en dichos ventiladores provocará una alarma que nos saldrá por pantalla e impresora (“Avería ventiladores PLC”).

Pero si peligrosa es la temperatura, no es menos peligroso el polvo y las partículas en suspensión que hay en el aire, como, con los ventiladores, estamos provocando una corriente de aire forzada que recorre las distintas tarjetas, para evitar la entrada de partículas en suspensión en dichos elementos, entre los ventiladores y el PLC, se han instalado unos filtros que

---

<sup>54</sup> [http://www.unicrom.com/tut\\_PIC6.asp](http://www.unicrom.com/tut_PIC6.asp)

es conveniente revisar y cambiar de vez en cuando. Tengamos en cuenta que un filtro tupido impide, también, el paso del aire por lo que los ventiladores no cumplirán perfectamente su misión y podemos provocar sobretemperatura, sobre todo en la F.A. o en la CPU.



Fig 45: PLC Logo Simenes<sup>55</sup>

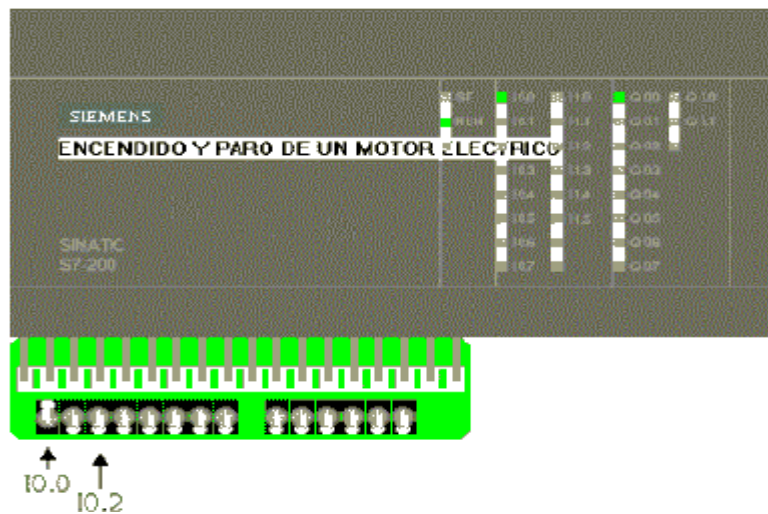


Fig 46: PLC Simatic S7 – 200<sup>56</sup>

<sup>55</sup> Manual de LOGO (2006) "6ED1050-1AA00-0DE6", edición 07

<sup>56</sup> Manual del PLC Simatic S7-200 de Siemens (2005) edición 02 Numberg – Alemania.

### 2.7.3. Software

Es la parte no tangible: este es el programa o programas que hacen que el ordenador o el autómata hagan un trabajo determinado.

Hay que tomar en cuenta que cada PLC sea este de cualquier marca tiene su propio Software de trabajo el cual no es compatible con otras marcas excepto en ciertos casos que sea de la misma marca pero en otra versión.

En nuestro caso vamos a utilizar el programa **LOGO! Soft Confort V5.0** el cual es la última versión de la marca Siemens.

### 2.7.4. FUNCIONAMIENTO DE LOS PLC's

El autómata está siempre repitiendo un ciclo, llamado ciclo de SCAN, que consiste en lo siguiente:

- 1) En primer lugar lee todas las entradas (I1,I2.....I21) y almacena el estado de cada una de ellas.
- 2) En segundo lugar ejecuta las operaciones del programa siguiendo el orden en que se han grabado (ejecuta el segmento 1 del módulo PB 0, a continuación el segmento 2 del mismo módulo, y así hasta terminar con todos los segmentos del módulo PB 0, a continuación hace lo mismo con el módulo PB 1, el PB2,...).

Todo esto si el programador en otro tipo de módulos (los OB) no le ha fijado otro orden distinto.

- 3) En tercer lugar escribe el resultado de las operaciones internas del software en las salidas.
- 4) Una vez escritas todas las salidas (activando o desactivando las que el resultado de las operaciones así lo requieran) vuelve al paso 1 simultáneamente.



Este ciclo de Scan se realiza indefinidamente hasta que pasemos el conmutador de la CPU a la posición STOP.

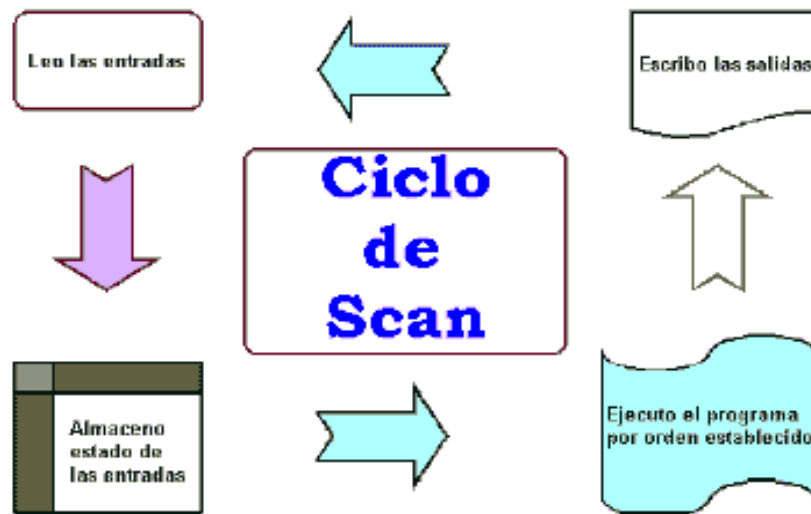


Fig. 47: Ciclo de Scan<sup>57</sup>

### 2.7.5. PROGRAMACIÓN DEL PLC

La programación de un PLC se realiza mediante periféricos del autómatas, como pueden ser un PC, una consola de programación, un grabador EPROM, etc. El programa que más se ha utilizado hasta ahora ha sido el SISWIN por lo que existe una alta demanda en Ecuador el WIN 32 en sus diferentes versiones de la marca Siemens, pero se están empezando a utilizar nuevos programas de acuerdo a la marca del PLC o a las disponibilidades económicas del programador.

Para efectuar la programación del PLC debemos escoger el lenguaje de programación los cuales pueden ser estos: el lenguaje universal KOP (ladder), el FUP (lenguaje de bloques) y el lenguaje de alto nivel (lenguaje de programación parecido al de los PC), los cuales detallaremos más adelante.

---

<sup>57</sup> [www.siemens/automa7.com](http://www.siemens/automa7.com)

Antes de empezar con la programación propiamente dicha, es necesario definir algunos conceptos que proporcionen las bases suficientes para comprender de la manera más clara, el desarrollo de los temas que se tocarán más adelante en lo referente a la programación básica y avanzada, así por ejemplo, se deberá estar en condiciones de diferenciar una señal discreta de una análoga, representar las cantidades binarias, estructurar una instrucción de mando, tener presente las reglas básicas para las diferentes representaciones de los lenguajes de programación, etc.

#### **2.7.5.1. Tipos de señales**

Existen dos tipos de señales bien definidas que un PLC puede procesar, estos son:

#### **2.7.5.2. Señal discreta**

Este tipo de señal es conocido también con los siguientes nombres

- señal binaria
- señal digital
- señal lógica
- señal todo o nada (TON)

Se caracteriza porque sólo pueden adoptar uno de dos posibles estados o niveles. A estos dos estados posibles se le asocia para efectos del procesamiento el estado de señal "0 " y el estado de señal "1". Así mismo, estos estados cuando se relaciona de acuerdo a su condición eléctrica se dice: no existe tensión y, existe tensión, la magnitud de la tensión no interesa ya que dependerá del diseño del componente electrónico que pueda asumir esta tensión nominal.

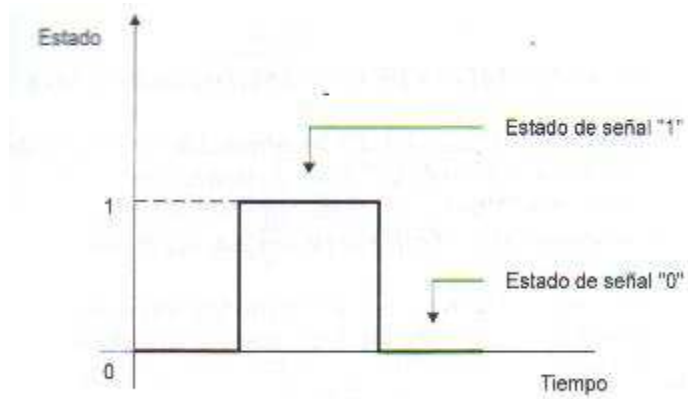


Fig. 48: Gráfica de una señal Discreta <sup>58</sup>

Como ejemplo se pueden citar aquellos dispositivos de campo de entrada y salida de donde provienen o se asigna una señal discreta con respecto a un PLC.

### Entrada

- pulsador
- interruptor deposición
- interruptor fotoeléctrico, etc.

### Salida

- contactor
- lámpara indicadora, etc.

---

<sup>58</sup> [www.electronica2000.com](http://www.electronica2000.com)

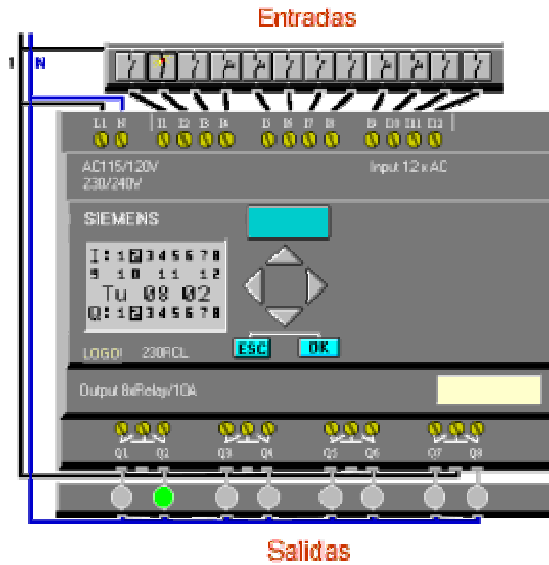


Fig. 49: Grafica del ingreso y salida de señal<sup>59</sup>

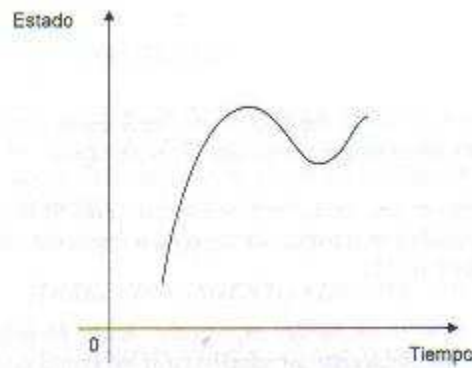
### 2.7.5.3. Señal análoga

Se conoce como señal análoga, aquella cuyo valor varía con el tiempo y en forma continua, pudiendo asumir un número infinito de valores entre sus límites mínimos y máximos.

A continuación se citan algunos parámetros físicos muy utilizados en los procesos industriales, tal que, en forma de señal análoga pueden ser controlados y medidos.

- temperatura
- velocidad
- presión
- flujo,
- nivel, etc.

<sup>59</sup> Manual de LOGO (2006), edición 07



*Fig. 50: Grafica de una señal análoga* <sup>60</sup>

#### **2.7.5.4. Señales Digitales o Binarias.**

Dado que el PLC recepta información proveniente del proceso ya sea en forma discreta o análoga, donde la información se almacena en forma de una agrupación binaria, es preciso, disponer de un medio de representación que facilite su manejo y mejore la capacidad de procesamiento.

Para ello se emplean con mayor frecuencia tres tipos de representación para la información, éstos son: bit, byte y palabra, en algunos casos se utilizan la doble palabra.

#### **BIT**

El bit es la unidad elemental de información donde sólo puede tomar dos valores un "1" ó un "0", es decir, un bit es suficiente para representar una señal binaria.

#### **BYTE**

El byte es una unidad compuesta por una agrupación ordenada de 8 bits, es decir, ocho dígitos binarios. Los bits se agrupan de derecha a izquierda tomando como número de bit del 0 al 7.

---

<sup>60</sup> <http://www.electronica2000.com>

En un byte se puede representar el estado de hasta ocho señales binarias, puede usarse para almacenar un número cuya magnitud como máximo sería:

$$\text{Número máximo de un byte} = 2^8 - 1 = 255$$

## PALABRA

Para obtener mayor capacidad de procesamiento a veces se agrupan los bytes formando lo que se denomina las palabras.

La palabra es una unidad mayor compuesta de 16 bits = 2 bytes. Los bits de una palabra se agrupan de derecha a izquierda tomando como número de bit del 0 al 15.

En una palabra se pueden representar hasta 16 señales binarias, puede usarse para almacenar un número cuya magnitud como máximo sería

$$\text{Número máximo en una Palabra} = 2^{16} - 1 = 65535$$

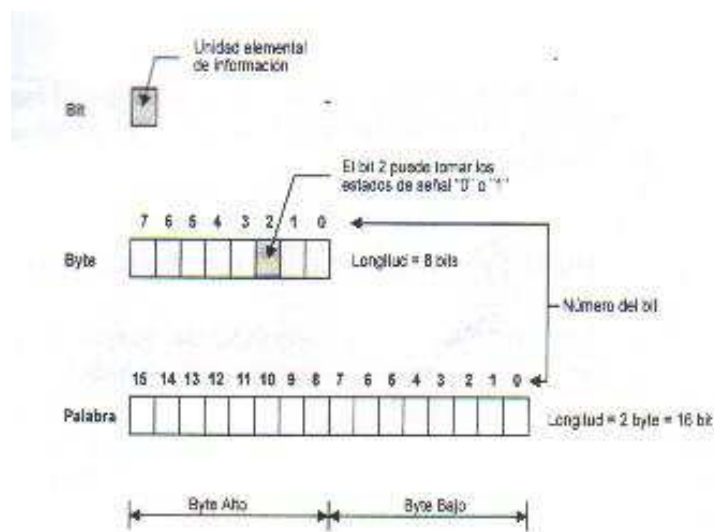


Fig. 51: representación de cantidades Binarias<sup>61</sup>

<sup>61</sup> [www.electronica2000.com](http://www.electronica2000.com)

## **Direccionamiento de bits**

Cuando se elabora un programa de control, se van indicando las diferentes instrucciones de mando en donde cada instrucción se indica que operación se debe ejecutar, también figura, dirección exacta del módulo y canal o terminal de conexión de las señales de E/S involucradas en el proceso.

El direccionamiento puede realizarse de dos formas

- Direccionamiento Fijo
- Direccionamiento Variable

### **Direccionamiento fijo**

Cuando la dirección de las señales de E/S queda determinada por la posición o puesto de enchufe en que están ubicados los módulos de E/S respecto al CPU, se dice que el direccionamiento es fijo. Además, un direccionamiento fijo puede ser del tipo Octal (byte) o hexadecimal

#### **Direccionamiento fijo del tipo octal (byte)**

Un direccionamiento del tipo octal queda determinado cuando a cada módulo de E/S se le agrupa los terminales por bytes, es decir, en grupos de 8 bits del (0 al 7).

En este caso, en la dirección se especificará el byte correspondiente al terminal seleccionado y que pertenece al puesto de enchufe según la posición que ocupa.

#### **Direccionamiento fijo del tipo hexadecimal**

Este direccionamiento se diferencia del anterior en el agrupamiento de los terminales, siendo para este caso del tipo hexadecimal, ósea en grupos de 16 bits del (0 al F).

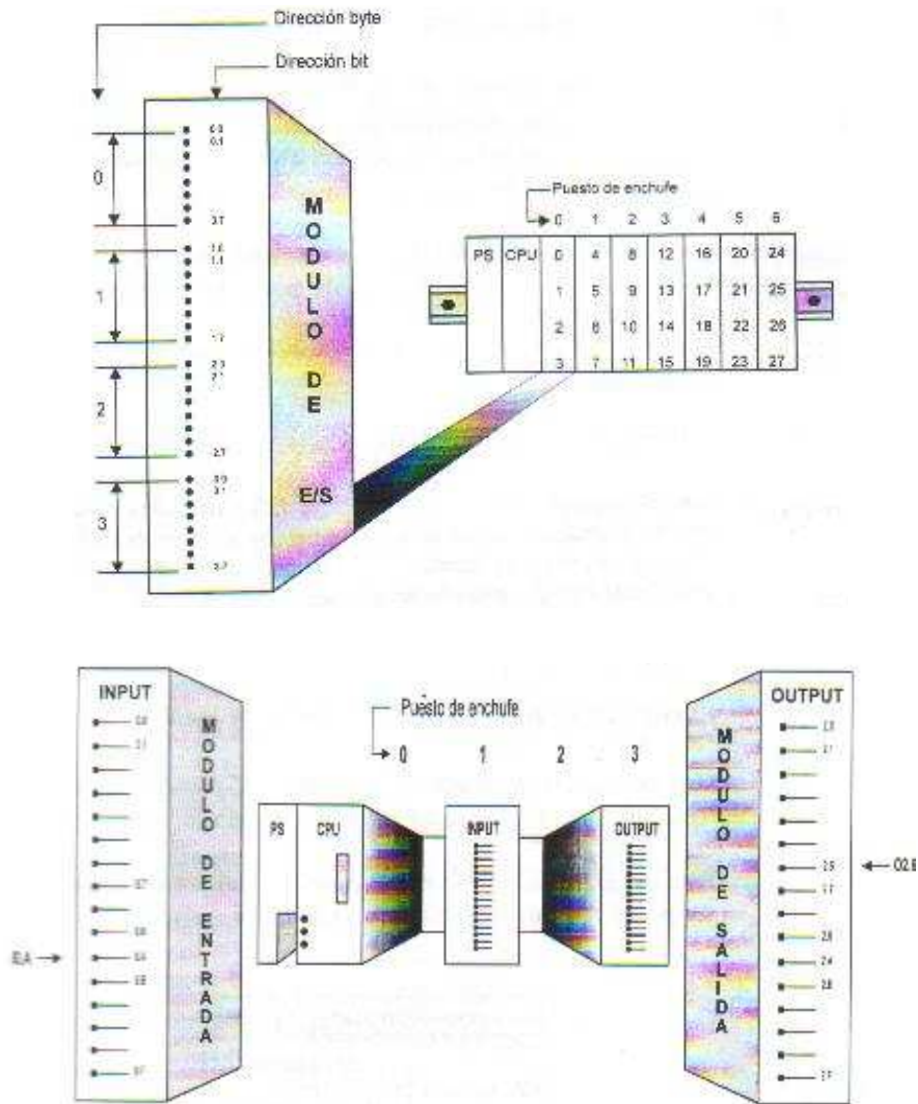


Fig. 52: Grafica de Direccionamiento de Bit <sup>62</sup>

### 2.7.6. Introducción a la programación

La programación de un autómat comienza con la ejecución de un GRAFCET ó DIAGRAMA DE MANDO del proceso a controlar y basándonos en este GRAFCET realizaremos el DIAGRAMA DE RELES o ESQUEMA DE CONTACTOS, que permite una representación lógica de control similar a los sistemas electromecánicos.

<sup>62</sup> <http://www.electronica2000.com>



**El GRAFCET** surge en Francia a mediados de los años 70, debido a la colaboración de algunos fabricantes de autómatas, como Telemecanique y Aper con dos organismos oficiales: AFCET (Asociación francesa para la cibernética, economía y técnica) y ADEPA (Agencia nacional para el desarrollo de la producción automatizada).

Actualmente es una herramienta imprescindible cuando se trata de automatizar procesos secuenciales de cierta complejidad con autómatas programables.

El GRAFCET es un diagrama funcional que describe la evolución del proceso que se quiere automatizar. Está definido por unos elementos gráficos y unas reglas de evolución que reflejan la dinámica del comportamiento del sistema.

Todo automatismo secuencial o concurrente se puede estructurar en una serie de etapas que representan estados o subestados del sistema en los cuales se realiza una o más acciones, así como transiciones, que son las condiciones que deben darse para pasar de una etapa a otra.

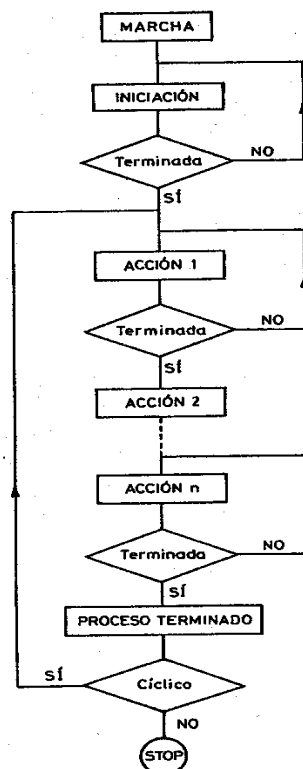


Fig. 53: Diagrama funcional de GRAFCET <sup>63</sup>

<sup>63</sup> [http://www.unicrom.com/tut\\_PIC6.asp](http://www.unicrom.com/tut_PIC6.asp)

### 2.7.6.1. Elementos Gráficos

#### Las etapas

Las etapas representan cada uno de los estados del sistema. El símbolo empleado para representar una etapa es un cuadrado con un número o símbolo en su interior que la identifica. Las etapas iniciales se representan por un cuadrado de doble línea. Cuando se recorre el gráfico de evolución por cualquier camino posible, deben alternarse siempre una etapa y una transición. Las acciones que llevan asociadas las etapas se representan con un rectángulo donde se indica el tipo de acción a realizar. Una etapa puede llevar asociadas varias acciones.

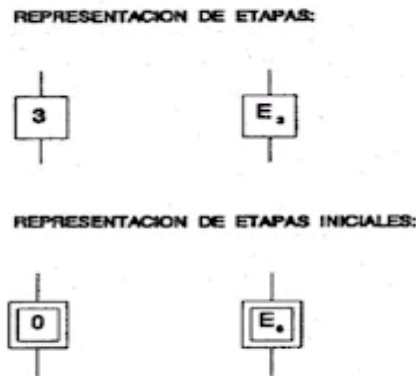


Fig. 54: Símbolos de representación de las etapas <sup>64</sup>

#### Las líneas de evolución

Las líneas de evolución unen entre sí las etapas que representan acciones consecutivas. Las líneas se entenderán siempre orientadas de arriba abajo, a menos que se represente una flecha en sentido contrario. Dos líneas de evolución que se crucen debe de interpretarse que no están unidas.

---

<sup>64</sup> Op. Cit. WEB

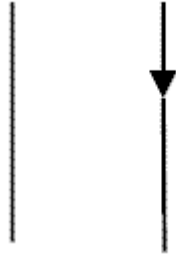


Fig. 55: Líneas de evolución.<sup>65</sup>

### Las transiciones

Las transiciones representan las condiciones lógicas necesarias para que finalice la acción o acciones asociadas a una etapa y se inicien las de la etapa o etapas inmediatamente consecutivas. Gráficamente se representan por una línea cruzada sobre las líneas de evolución.

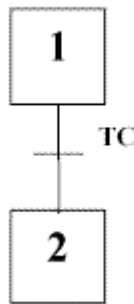


Fig. 56: Representación gráfica de Transiciones<sup>66</sup>

### Reglas de evolución

- El proceso se descompone en etapas, que serán activadas de forma secuencial.
- Una o varias acciones se asocian a cada etapa. Estas acciones sólo estarán activas cuando la etapa esté activa.
- Una etapa se hace activa cuando la precedente lo está y la condición de transición entre ambas etapas ha sido activada.
- La activación de una condición de transición implica la activación de la etapa siguiente y la desactivación de la etapa precedente.

---

<sup>65</sup> Op. Cit. Web

<sup>66</sup> Op. Cit. Web

- La etapa inicial tiene que ser activada antes de que se inicie el ciclo del GRAFCET. Un ciclo está formado por todas las etapas posteriores a la etapa inicial.

## **Estructuras del Grafcet**

Existen procesos que requieren estructuras más complejas en las que se representan bucles, tomas de decisiones o tareas simultáneas que deben sincronizarse. Para estos casos el GRAFCET dispone de otras estructuras básicas a partir de las cuales pueden generarse los diagramas de dichos procesos.

### **Secuencia lineal**

La secuencia lineal es la estructura más simple posible y consiste en una sucesión de etapas unidas consecutivamente por las líneas de evolución y condiciones de transición.

Dentro de un tramo de secuencia lineal solamente una etapa debe estar activa en un instante determinado.

Se activa una etapa cuando se encuentra activada la anterior y se cumplan las condiciones de transición entre ambas.

La activación de una etapa implica la desactivación de la anterior.

Una secuencia lineal puede formar parte de una estructura más compleja.

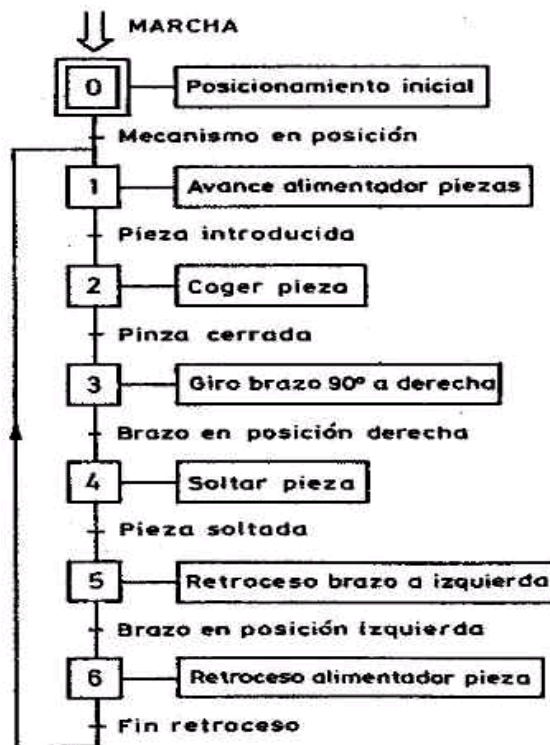


Fig. 57: Representación gráfica de una Secuencia Lineal<sup>67</sup>

### Divergencia y convergencia en “o”

La divergencia y convergencia en “o”, a las que llamaremos conjuntamente bifurcación en “o”, forman una estructura en la que existen los siguientes elementos:

- Una divergencia en “o” en la que se inician varios caminos o subprocesos alternativos posibles.
- Una serie de caminos alternativos con una macroestructura lineal, aunque pueden tener otras estructuras más complejas.
- Una o mas convergencias en “o” de dichos caminos alternativos, de tal forma que la macroestructura debe ser globalmente cerrada.

Las propiedades básicas que cumple la estructura de bifurcación en “o” son las siguientes:

<sup>67</sup> Op. Cit. WEB

- A partir del punto de divergencia el proceso podrá evolucionar por distintos caminos alternativos, cada uno de ellos con su propia condición de transición.
- Las condiciones de transición de los diversos caminos de divergencia han de ser excluyentes entre sí, de forma que el proceso sólo podrá progresar por uno de ellos.
- A nivel de gráfico global, los distintos caminos iniciados como divergencia en “o” deben confluir en uno o más puntos de convergencia en “o”. Dicho de otra forma, la estructura debe ser totalmente cerrada y no pueden existir caminos abiertos, ya que esto provocaría situaciones sin posible salida.

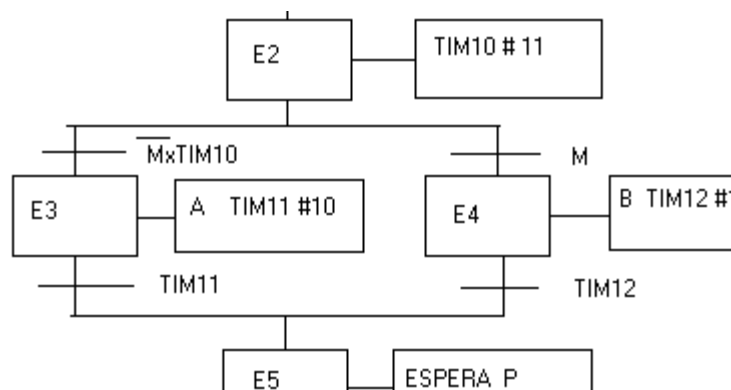


Fig. 58: Grafica de convergencia en “O” <sup>68</sup>

### 2.7.7. ESTRUCTURA DEL PROGRAMA DE APLICACION

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

#### 2.7.7.1. PROGRAMACION LINEAL

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

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

<sup>68</sup> Op. Cit. WEB

programado, salvo las instrucciones de salto. Para ejecutar las instrucciones se utilizan informaciones procedentes de la imagen de proceso de entradas (IPE), memorias internas, memorias intermedias, así como los datos actuales de los temporizadores y contadores. Los resultados se escriben en la imagen de proceso de salidas (IPS).<sup>69</sup>

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

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

Estos tipos de PLC's son denominados también PLC's secuenciales, con capacidad además de ejecutar tareas de regulación, de comunicación, tal como es el caso de los PLC's encontrados en el mercado nacional de la marca **Siemens** (el microprocesador LOGO! y los PLC's de la serie Simatic S7), **Telemecanic** (el microprocesador Sello y los PLC's Thuido). Estos PLC's son bastante utilizados en el campo industrial Ecuatoriano por su bajo costo y flexibilidad de uso.

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

- Incremento del tiempo de barrido, que es proporcional a la complejidad del programa.

---

<sup>69</sup>

[http://www.siemens.com.ar/sites/internet/legacy/siepe/pe/automatizacion\\_plcsimatic\\_s7\\_200\\_s7\\_300\\_y\\_s7\\_400.htm](http://www.siemens.com.ar/sites/internet/legacy/siepe/pe/automatizacion_plcsimatic_s7_200_s7_300_y_s7_400.htm)

- En extensos programas es muy tedioso su diagnóstico. Modificación y puesta a punto.
- Dificultad para la concepción del programa, resultando complejo y difícil interpretarlo y actualizarlo.
- En muchos casos es indispensable el cumplimiento en tiempo real defunciones avanzadas tales como:
  - \* Medición analógica y regulación
  - \* Servoposicionamiento
  - \* Comunicación para el diálogo operador y control
  - \* Funciones de monitoreo, etc.

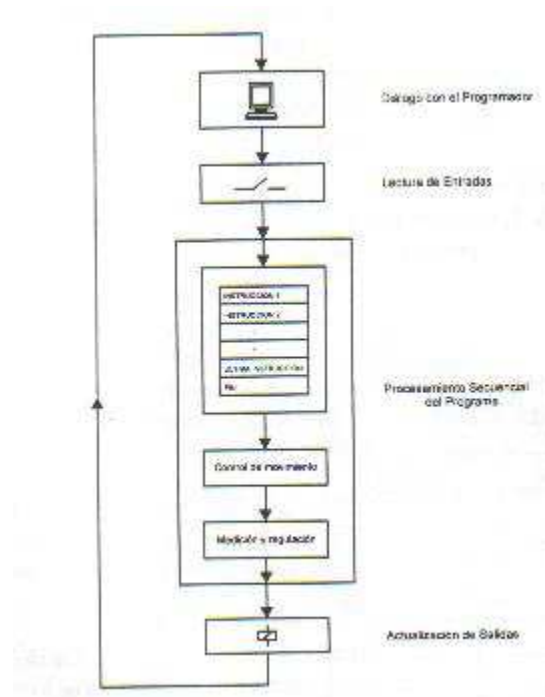


Fig. 59: Secuencia lógica de programación de un PLC<sup>70</sup>

<sup>70</sup> Op. Cit. Web



### **2.7.7.2. PROGRAMACION ESTRUCTURADA**

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

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

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

Las ventajas que se obtienen programando en forma estructurada son

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

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

Los programas parciales pueden ejecutarse independientemente por equipos de programadores, cada grupo elaborando bloques individuales; además se pueden usar reiteradamente durante el escaneo del programa, o formar parte de otro programa de aplicación.

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

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

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

A continuación se puede ver un ejemplo de una programación estructurada cuya distancia medida por el número de bloques a los que "salta", se le conoce como Profundidad de Encadenamiento o Anidado. Con este tipo de microprocesador no se puede realizar en forma simultánea otras tareas como diálogo hombre-máquina, procesamiento analógico, etc.

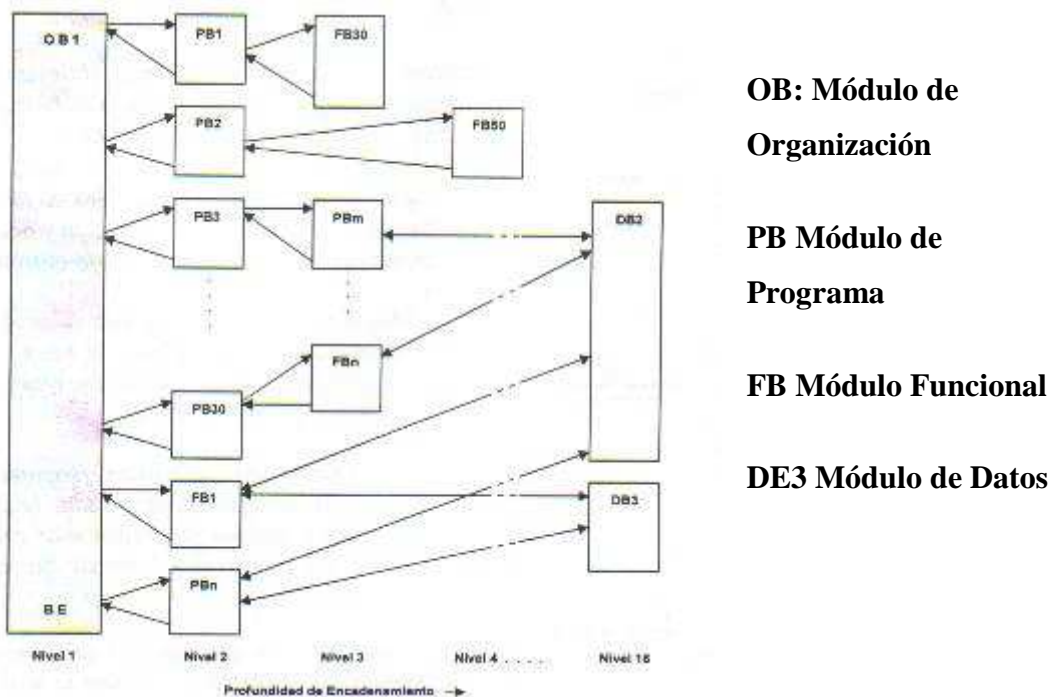


Fig. 60: Gráfica de una Estructura Programada<sup>71</sup>

<sup>71</sup> [http://www.siemens.com.ar/sites/internet/legacy/siepe/pe/automatizacion\\_plc.htm](http://www.siemens.com.ar/sites/internet/legacy/siepe/pe/automatizacion_plc.htm)

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

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

En la figura 61 se muestra la estructura de la multitarea, donde el conjunto de programas o tareas son totalmente independientes, un supervisor gobierna la ejecución de las diferentes tareas.

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

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

Programación estructurada con procesador multifunción (diagrama de bloques según lenguaje de programación PL7-3 de Telemecanique)”<sup>72</sup>

---

<sup>72</sup> [http://www.siemens.com.ar/sites/internet/legacy/sie-pe/pe/automatizacion\\_plc.htm](http://www.siemens.com.ar/sites/internet/legacy/sie-pe/pe/automatizacion_plc.htm)

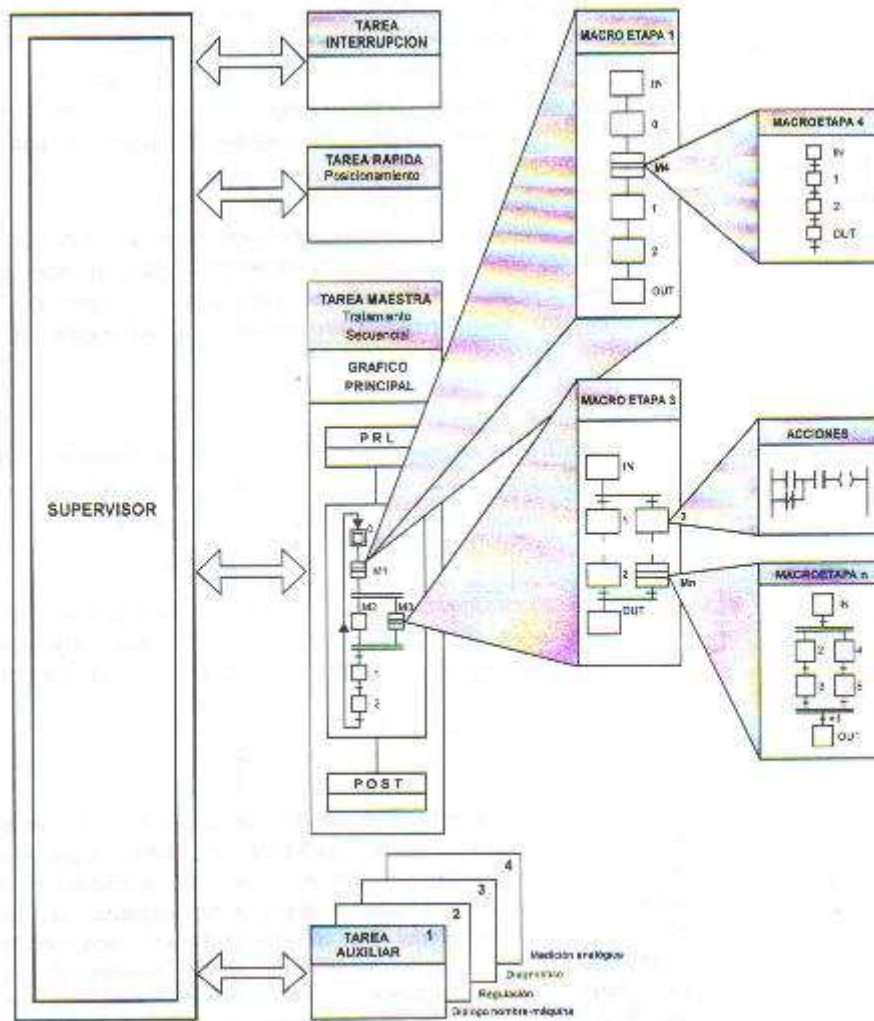


Fig. 61: Estructura de Multi Tarea<sup>73</sup>

En la figura 62: se muestra los bloques de programas en tratamiento secuencial y en Grafcet.

<sup>73</sup> Op. Cit. WEB

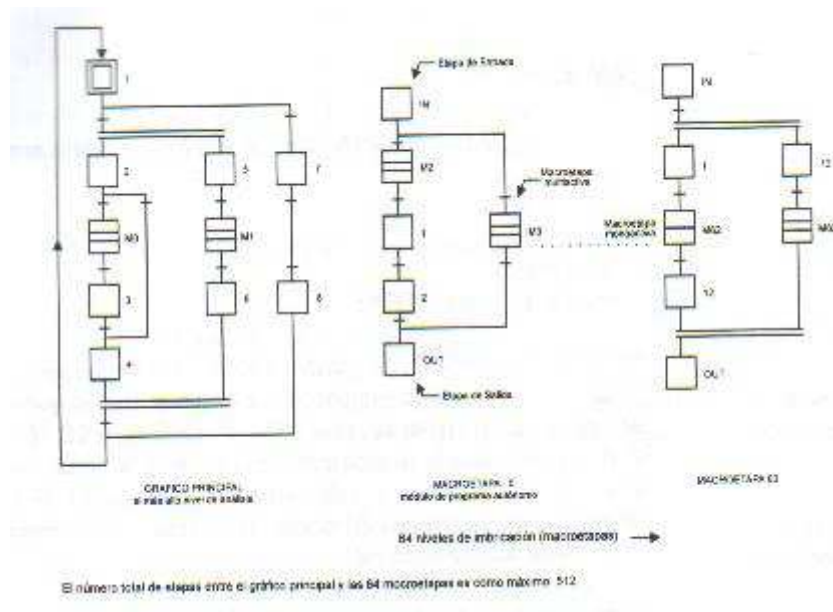


Fig. 62: Bloques de Programas en Tratamiento secuencial<sup>74</sup>

### 2.7.8. Tipos de Lenguajes de programación

Para programar un PLC tenemos tres tipos de Lenguajes que son:

- Lenguaje Gráfico o Lenguaje universal (FUT)
- Lenguaje de Menor Nivel o Lenguaje textual y ,
- Lenguaje de Bloque o Lenguaje de Compuertas lógicas (KOP)

#### 2.7.8.1. LENGUAJES GRAFICOS

Se denomina lenguaje gráfico a la representación basada en símbolos gráficos al que habitualmente estamos relacionados por la similitud de los Diagramas de Control Industrial, de tal forma que según la disposición en que se encuentran cada uno de estos símbolos y en conformidad a su sintaxis que lo gobierna, expresa una lógica de mando y control.

Dentro de ellos tenemos:

<sup>74</sup> Op. Cit. WEB

## El Grafcet

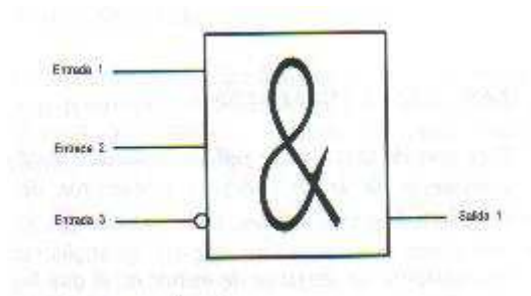
El Grafcet que anteriormente ya lo habíamos estudiado, es una representación de análisis gráfico donde se establecen las funciones de un sistema secuencial.

Este lenguaje consiste en una secuencia de etapas y transiciones, asociadas respectivamente con acciones y condiciones.

Las etapas representan las acciones a realizar y las transiciones las condiciones que deben cumplirse para ir desarrollando acciones. La Etapa - Transición es un conjunto indisociable.

## Plano de Funciones

Es una representación gráfica orientada a las puertas lógicas AND, OR y sus combinaciones. Las funciones individuales se representan con un símbolo, donde su lado izquierdo se ubica las entradas y en el derecho las salidas. Los símbolos usados son iguales o semejantes a los que se utilizan en los esquemas de bloques en electrónica digital.



*Fig. 63: Grafica de un plano de Funciones*<sup>75</sup>

## Diagrama de Contactos o Plano de Funciones

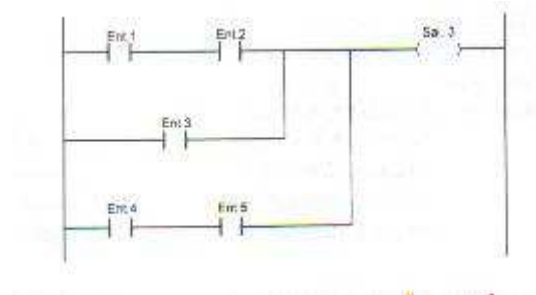
Es la representación gráfica que tiene cierta analogía a los esquemas de contactos según la norma Nema (USA).

---

<sup>75</sup> [http://www.unicrom.com/tut\\_PIC6.asp](http://www.unicrom.com/tut_PIC6.asp)

Su estructura obedece a la semejanza que existe con los circuitos de control con lógica cableada, es decir, utiliza la misma representación de los contactos normalmente abiertos y normalmente cerrados, con la diferencia que su interpretación es totalmente diferente.

Además de los simples contactos que dispone, existen otros elementos que permiten realizar cálculos aritméticos, operaciones de comparación, implementar algoritmos de regulación, etc. Su gran difusión se debe por facilitar el trabajo a los usuarios.



*Fig. 64: Diagrama de Contacto o Planos de Funciones.<sup>76</sup>*

### **2.7.8.2. LENGUAJES TEXTUALES**

Este tipo de lenguaje se refiere básicamente al conjunto de instrucciones compuesto de letras, códigos y números de acuerdo a una sintaxis establecida es similar al lenguaje utilizado por los ingenieros de sistemas para fabricación de software.

Se considera un lenguaje de menor nivel que los gráficos y por lo general se utilizan para programar pequeños PLCs cuyos programas no son muy complejos, o para programar instrucciones no programables en modo gráfico

Existen dos lenguajes diferentes en nivel y tipo de aplicación, ellos son:

---

<sup>76</sup> Op. Cit. WEB

## Lista de Instrucciones

Son instrucciones del tipo Booleanas, utilizando para su representación letras y números.

Dado que se usan abreviaturas nemotécnicas, no se requiere gran memoria para tareas de automatización.

La desventaja radica en la magnitud del trabajo que es necesario para su programación, especialmente si el programa consta de unos cientos de instrucciones.

Representación de un programa en lista de instrucciones para diferentes marcas de PLCs

### **Siemens (Simatic) Telemecanique General Electric**

U E0.1	L I0.01	LD %I0001
U E0.2	A I0.02	AND %I0002
O E0.3	O I0.03	OR %I0003
= A3.1	= O3.01	OUT %Q0031

*Fig. 65: Instrucciones para los diferentes PLC<sup>77</sup>*

## Texto Estructurado

Es un lenguaje del tipo booleano de alto nivel y estructurado, incluye las típicas sentencias de selección (IF-THEN-ELSE) y de interacción (FOR, WHILE Y REPEAT), además de otras funciones específicas para aplicaciones de control.

Su uso es ideal para aplicaciones en las que se requiere realizar cálculos matemáticos, comparaciones, emular protocolos, etc.

---

<sup>77</sup> Op. Cit. WEB



## Programa en texto estructurado para un PLC marca Telemecanique TSX-07

LD [%MW10>100]

ST %Q0.3

AND [%MW20<%MW35]

ST %Q0.2

LD %I0.2

OR [%MW30>=%MW40]

ST %Q0.4

## DENOMINACION DE LOS LENGUAJES DE PROGRAMACION DE DIFERENTES PLCS

Cada fabricante ha nombrado mediante siglas o palabras compuestas a su lenguaje de programación o software de programación que lo identifica del resto de PLCs. A continuación se presenta una tabla donde se indican estos nombres.

LENGUAJE  <i>MARCA</i>	GRAFICO			TEXTUAL	
	PLANO DE FUNCIONES	PLANOS DE CONTACTOS	GRAFNET	LISTA DE INSTRUCCIONES	TEXTO ESTRUCTURADO
SIEMENS (Simatic)	STEP 3	STEP 3, STEP 7	GRAPH 5, S7-GRAPH	STEP 3, STEP 7	STEP 7
SIEMENS (T)	TISOFT (PLL)		TISOFT (Machine-stage)	-	-
AEG (Modicon)	MODSOFT		-	MODSOFT	-
KLÖCKNER MOELLER (Sunt PS30 - Serie)	-	SUCOSOFT S 30	-	SUCOSOFT S 30	-
TELEMECANIQUE	-	PL7 - 2	PL7 - 2	PL7 - 1	PL7 - 0
ALLEN BRADLEY	-	APS	-	-	-
GENERAL ELECTRIC (Fouac)	-	LOGICMASTER 90	-	-	LOGICMASTER 90

Fig. 66: Denominación de los diferentes Lenguajes de PLC. <sup>78</sup>

### 2.7.8.3. LENGUAJE DE BLOQUES

Este tipo de lenguaje es el de más fácil uso para cualquier técnico o programador por la forma de cómo se escriben las órdenes para que trabaje el PLC ya que estas ordenes se dan en la manera de condiciones utilizando las ya conocidas compuertas lógicas (AND – OR – NOT – NAND, etc.).

Este tipo de lenguaje es el que hemos escogido para programar nuestro proyecto por la disponibilidad del PLC LOGO! de Siemens.

Para realizar la programación en este lenguaje utilizamos herramientas como:

**Operadores:** son las funciones (operaciones) que el PLC puede realizar y que nosotros podemos utilizar en el programa. Entre los muchos operadores que incorpora SIEMENS en sus autómatas, destacamos, a continuación, las funciones que se utilizan en los programas de nuestras instalaciones.

#### **Compuertas AND Y OR**

Estas dos compuertas son las más utilizadas en el lenguaje de bloque ya que representan a las principales conexiones eléctricas: La compuerta AND (conexión en Serie) y la compuerta lógica OR (conexión en paralelo); las otras compuertas lógicas no son menos importantes pero se necesita de mayor práctica para dominar su uso.

A continuación damos una explicación de estas compuertas:

- **Puerta Y:** Realiza la función lógica denominada “AND”, o producto lógico; esta función activa su salida cuando todas sus entradas están activadas; equivale pues, a tantos contactos en serie como entradas tenemos. Su símbolo, y circuito equivalente, son los siguientes:

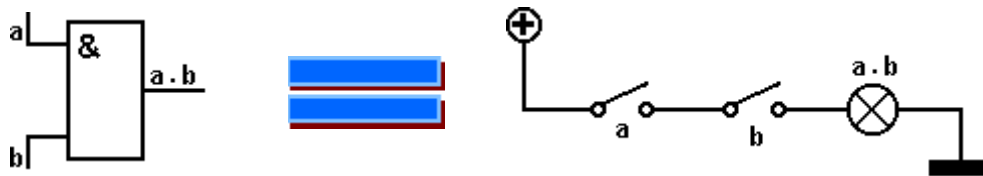


Fig. 67: Grafica de la Puerta "Y"<sup>79</sup>

- **Puerta O:** Realiza la suma lógica o función "OR"; en esta función basta que una de las entradas esté activada para que la salida esté activada. Equivale a tantos contactos en paralelo como entradas dispone la función. Su símbolo, y circuito equivalente, es:

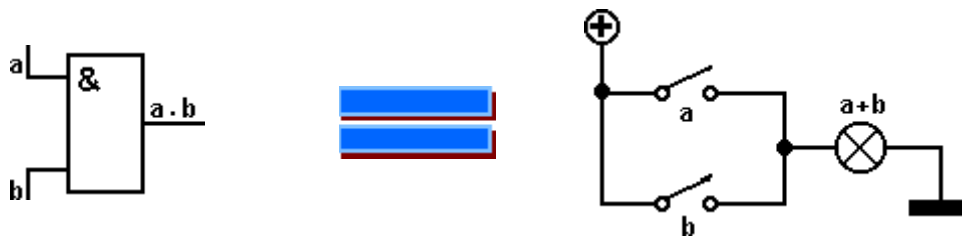


Fig. 68: Grafica de la Puerta "O"<sup>80</sup>

A continuación damos un vistazo a las operaciones combinacionales más comunes utilizadas en Microprocesadores o PLC que utilicen este tipo de lenguaje, estas **funciones básicas**, son conexión serie, paralelo, negación, etc.

Todas las funciones AND, OR, XOR, NAND y NOR tienen tres entradas y una salida.

Si deseamos realizar operaciones con más de tres entradas, se conectan varios bloques en cascada: La función inversora, NOT, tiene una entrada y una salida.

---

<sup>79</sup> Manual de LOGO (2006), 6ED1050-1AA00-0DE6, edición 07

<sup>80</sup> Op. Cit. Manual de LOGO

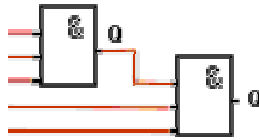


Fig. 69: Grafica de Funciones en cascada <sup>81</sup>

Y la función OR exclusiva (XOR) posee dos entradas y una salida como vemos a continuación:

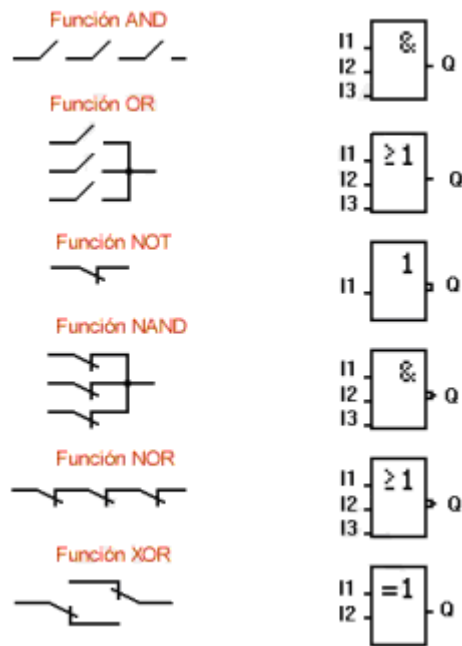


Fig. 70: Funciones OR exclusivas <sup>82</sup>

<sup>81</sup> <http://www.siemens.com.ar/sites/internet/legacy/siepe/pe/automatizacion.htm>

<sup>82</sup> Op. Cit. WEB

## Funciones Especiales

La marca Siemens en su producto LOGO! nos proporciona herramientas especiales demasiado útiles para efectuar trabajos de precisión como son:

### Temporizador con retardo a la conexión

Activa la salida Q una vez que ha transcurrido el tiempo programado.



Fig. 71: Temporizador con retardo <sup>83</sup>

### Temporizador con retardo a la desconexión

Desactiva la salida una vez transcurrido el tiempo programado.

El temporizador se pone en marcha en flanco descendente

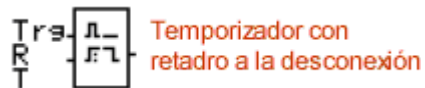


Fig. 72: Temporizador con retardo a la desconexión. <sup>84</sup>

---

<sup>83</sup> [www.siemens.com/simatic-et200s](http://www.siemens.com/simatic-et200s)

<sup>84</sup> Op.Cit. WEB

## Relé de impulsos

Tiene el mismo funcionamiento que un telerruptor. La salida cambia de estado, de 0 a 1, cada vez que cambia la señal en la entrada Trg.



Fig. 73: Relé de Impulsos <sup>85</sup>

## Reloj

Permite controlar los instantes de activación y desactivación de la salida en un día de la semana y a una hora determinada con la precisión de un minuto.



Fig. 74: Reloj <sup>86</sup>

## Relé de autoenclavamiento

Función biestable R-S. Permite realizar la función paro-marcha típica de los automatismos a contactores. La situación no permitida R=1 S=1 se soluciona dando preferencia a R.

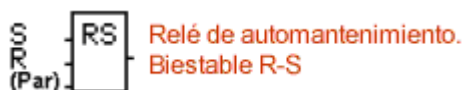


Fig. 75: Rele de auto enclavamiento <sup>87</sup>

## Generador de pulsos

Genera pulsos de reloj a intervalos iguales. Funcionamiento similar a un intermitente.

---

<sup>85</sup> Op. Cit. WEB

<sup>86</sup> Op. Cit. WEB

<sup>87</sup> Op. Cit. WEB



Fig. 76: generador de Pulsos <sup>88</sup>

### Temporizador a la conexión con memoria

De funcionamiento similar al temporizador a la conexión, pero con la característica que no es necesario mantener la señal en Trg para que el

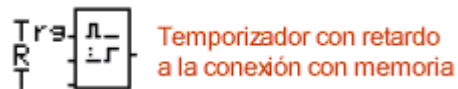


Fig. 77: temporizador a la conexión con memoria <sup>89</sup>

### Contador progresivo/regresivo

Permite contar y descontar los pulso aplicados a su entrada CNT.



Fig. 78: Contador progresivo / regresivo. <sup>90</sup>

### Contador de horas de servicio

Permite medir el tiempo que está activada la entrada En. *Esta función solamente se puede utilizar como bloque inicial.*

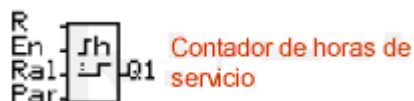


Fig. 79: Contador de horas de servicio <sup>91</sup>

<sup>88</sup> Op. Cit. WEB

<sup>89</sup> Op. Cit. WEB

<sup>90</sup> Op. Cit. WEB

<sup>91</sup> Op. Cit. WEB

## Relé de supresión

Activa la salida hasta que haya transcurrido el tiempo de T. Si éste no ha terminado y Trg se pone a 0 la salida también lo hace. *Esta función solamente se puede utilizar como bloque inicial.*



Fig. 80: Rele de supresión<sup>92</sup>

## Conmutador de valor de umbral para frecuencias

Permite contar los impulsos aplicados a su entrada y dependiendo de éstos conmutar la salida.

En el Logo! L con entrada a 24v, la entrada I12 esta preparada para procesos de cómputo rápidos: máx. 150 Hz *Esta función solamente se puede utilizar como bloque inicial.*

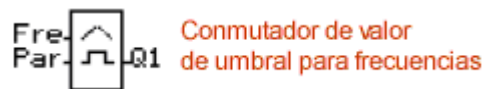


Fig. 81: conmutador de valor umbral por frecuencias<sup>93</sup>

## Ejemplos de programación “ ANEXO 2”

---

<sup>92</sup> Op. Cit. WEB

<sup>93</sup> Op. Cit. WEB



## DIMENSIONAMIENTO Y CONTRUCCION

Para la elaboración de este sistema mecatrónico de simulación de envasado de líquidos, no se requiere una mayor profundidad en el cálculo de esfuerzos, deformaciones de materiales y resistencias del mismo, ya que este es un modelo a escala y las fuerzas existentes alrededor de la estructura son mínimas, no afectan a la estructura en si y tampoco a su adecuado funcionamiento, continuación se muestran las 2 vistas principales de la estructura del proyecto.



*Fig. 83: Vista Superior*



*Fig. 84: Vista Lateral*

Las medidas que utilizamos para dimensionar nuestro proyecto las hemos escogido de una manera adecuada a nuestras necesidades de uso ya que el proyecto es diseñado y construido por nosotros, dichas medidas van de acuerdo a la distribución de espacio para la colocación de todos los elementos seleccionados.

A este diseño se lo puede reproducir a un tamaño industrial escogiendo una escala adecuada y utilizando los equipos ideales para el trabajo a realizarse.

El material utilizado en nuestro proyecto es de fácil manipulación, nos ofrece un excelente acabado estético, ya que hoy en la actualidad, el acabado del mismo ofrece mayores beneficios y una reducción en costos de producción para la elaboración de diferentes tipos de equipos metálicos, como los utilizados en la industria farmacéutica, alimenticia entre otras.

Todos los equipos contruidos con este tipo de materiales están sujetas a ciertas normas internacionales de control de calidad dependiendo de la industria a la que baya ser destinado el equipo.

Para una mayor comprensión, hemos dividido a nuestro modulo en cuatro sistemas diferentes que son:

1. Sistema de transporte.
2. Sistema de sellado
3. Sistema de llenado
4. Sistema de control

A cada uno de estos sistemas se los analizara con cada uno de los elementos utilizados, sus dimensiones y característica de funcionamiento.

### 3.1. Banda Transportadora

Durante la creación de la banda transportadora se procedió a modificar, la longitud de la misma ya que por efectos de espacio y de material no se pudo construirla en una escala mayor.

A medida que se realizo la construcción de la banda se realizo una serie se cambios menores como, perforaciones de mayor diámetro, pequeños cortes en las longitudes de los perfiles dependiendo de la necesidad hasta llegar a la medida adecuada para el buen funcionamiento del equipo.



Uno de los principales problemas fue el ruido producido por la banda transportadora (plástica) al momento de ser accionada,

por lo que se pretende disminuir la contaminación auditiva colocando una cinta de caucho por debajo de la banda, previendo que sea de mayor eficacia, justificando su selección.

El templado de la banda no era el suficiente por lo que en la parte inferior de la estructura la banda plástica tendía a una línea curva (pandeadada) por lo que para remediar el problema se coloco una guía con un rodillo, así obteniendo un mejor temple en la banda.

*Fig. 85: Banda transportadora*

### 3.2. Sistema de Sellado

Para el dossier de tapas y envases se creo sistemas diferentes, por la complementación de cada uno de los componentes.

Al realizar la primera prueba de sellado en los envases, se pudo constatar que el coeficiente de rozamiento entre la tapa y los rodillos del sistema de sellado, no era el suficiente para el propósito requerido. Por lo que se procedió a seleccionar un material (Caucho) que tenga un mayor coeficiente de rozamiento con el plástico o polímero, realizado el cambio, el mecanismo rinde eficientemente a nuestras expectativas.



*Fig. 86. Sistema de Sellado*

El sistema de sellado cuenta con los siguientes componentes y materiales.

- Dos perfiles cuadrados huecos de aluminio
- Placas de aluminio  $e = 5\text{mm}$  y con una longitud  $5 \times 125 \times 50 \times 125$  con dos dobleces en sus alas con un ángulo de  $75^\circ$  cada uno.
- Motor de 12V, 360 rpm
- Cilindro de doble efecto, longitud de embolo 100mm.
- Dos rodillos de caucho.
- Dos ejes de acero
- Placa de aluminio de  $e = 1\text{mm}$ , dimensiones  $10 \times 10$
- Cuatro apoyos deslizantes de duralon
- Sensores magnéticos que funcionan como fines de carrera

### 3.3. Sistema de Envasado

Existe una parte fundamental que es el sistema de bombeo, este sistema proporciona el líquido para poder hacer efectivo el llenado de los envases. En las tolvas de almacenaje de líquido y en conexión con la tolva de distribución, se creó un problema, ya que al llegar el líquido a la tolva principal, el diámetro del agujero de la eliminación de gases previamente hecho era pequeño, el oxígeno que se encuentra en el interior de la tolva ejercía presión sobre la tapa a medida que ingresaba el líquido, consecuencia de esto la tapa era

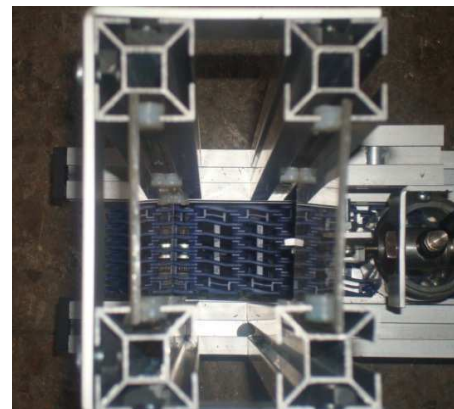


*Fig. 87: Tolvas de líquido*

desprendida de su lugar establecido. Para solucionar este pequeño inconveniente se decidió realizar un agujero de mayor diámetro para la eliminación del gas.

Debido a que la bomba eléctrica no funcionó correctamente se procedió a colocar una bomba dosificadora adicional para que funcione como sistema de dosificación de líquido para el llenado de los envases, con un implemento adicional que simule la embocadura de una llave de agua en forma de cono.

En la colocación de los sensores de nivel, se utilizaron pequeños perfiles cuadrados de aluminio y se elaboraron pequeñas bases roscadas en durarón (polímero industrial), para la sujeción del eje y del sensor.



*Fig. 88: Torre de Envases*

### 3.4. Dossier de Envases

Para el dossier de envases se empleó una torre de cuatro perfiles a disposición de la cobertura de los mismos con una capacidad de cuatro envases como máximo, recubierta en sus dos extremos en un principio con vidrio, por fragilidad del material se procedió a cambiarlo por placas de mica lo que facilitó realizar un trabajo más rápido y sin pérdida de material por

efectos de rotura véase la Fig. 88 Por la flexibilidad de los cuatro perfiles de la tolva se procedió a colocar una correa estabilizadora en el rueda para tener una mayor estabilidad de sujeción.

Además se incorporo un sistema de pinzas para la sujeción y liberación de los envases de acuerdo a la necesidad del proceso de envasado.



Fig. 89: Torre de dossier de envases Pinzas



Fig. 99: Sistema de Pinzas

El sistema de dosificador cuenta con los siguientes componentes y materiales.

- Cuatro perfiles cuadrados huecos de aluminio
- Placas de mica transparente para direccionar los envases en una misma vía.
- Sistema de pinza para la sujeción y liberación de envases, material aluminio.
- Cilindro de doble efecto, longitud de embolo 20mm.
- Sensores Magnéticos que funcionan como fines de carrera

Todos los componentes anteriores nombrados son en si un conjunto para el buen desempeño del dossier de envases.



### 3.5. Sistema de Control

Este sistema funciona como su nombre lo indica como control de todo el proceso de envasado, la parte fundamental de todo este sistema es el cableado y la programación del PLC, utilizando todos los parámetros y funciones que se vio en el capítulo IV.

A continuación se muestra las dos vistas principales de lo que ahora llamaremos tablero de control.



*Fig. 100: Sistema de Control*

## 4.1. PRUEBAS

Para poner en marcha el funcionamiento de cualquier prototipo o proyecto Mecatrónico en general, la o las personas que estén a cargo del funcionamiento tienen que tomar en cuenta las siguientes instrucciones en el momento de realizar las pruebas pre-funcionales de las instalaciones del sistema para un seguro y un adecuado trabajo del proyecto.

Los pasos a seguir son:

Las instrucciones para el comisionando neumático/eléctrico de la instalación del sistema son:

- Asegúrese que el aire comprimido y el suministro de voltaje estén apagados.
- Ponga todo el actuadores en la posición inicial de acuerdo con el diagrama desplazamiento-paso.
- Mueva el mando manual de las válvulas a la posición neutra. En la medida de lo posible regule las válvulas unidireccionales de flujo para reducir la velocidad de la salida de los cilindros de simple o de doble efecto.
- Cierre la válvula reguladora de presión de la unidad de mantenimiento.
- Conecte el aire comprimido y aumente gradualmente la presión hasta la presión de operación.
- Prepare el comisionando del PLC de acuerdo con el manual del usuario del fabricante.
- Encienda el suministro de voltaje.
- Chequee que funcionen los inputs/outputs, ya sea vía el despliegue de -LEDs o en el software de la programación.
- Ajuste manualmente (calibrar) la posición de los actuadores y sensores.
- Pruebe los programas del PLC en el software y en el dispositivo electrónico en sí comprobando la respuesta de las entradas y salidas, el módulo de programa de PARO DE EMERGENCIA, estado y respuesta de pulsadores, luces piloto, comunicación entre módulos y actuadores

en general con la ayuda de un multímetro. Después que todas las partes del programa se han probado y la instalación ha sido ajustado mecánicamente, seleccione el modo de paso a paso y empiece la instalación del sistema. Proceda a ejecutar el instalación/sistema paso a paso sin la pieza de trabajo. El sensor de la pieza de trabajo debe desviarse para este propósito. Haga correr el programa del sistema varias veces y pruebe todas las funciones de la consola de mando para asegurarse que no ocurra ninguna colisión dentro del sistema.

- Ahora cargue las piezas de trabajo y pruebe el funcionamiento del sistema en el modo de paso simple.
- Ajuste el tiempo de ciclo especificado, y opere bajo las condiciones de producción.
- Verifique todos los modos de funcionamiento del sistema incluso la reacción a los errores potenciales.
- Perfeccione la instalación del sistema para alcanzar todos los parámetros de operación especificados.
- Chequee que el sistema alcanza todos los valores requeridos.
- Documente el procedimiento seguido durante el comisionado. Grabe todos los valores y parámetros del installation/system. Éstos pueden usarse de valores de REFERENCIA para evaluaciones y mejoras en una fase posterior y como una base para las estadísticas de errores.

## **4.2. MONTAJE Y PUESTA A PUNTO**

### **4.2.1. MONTAJE**

Para lograr la modularidad del sistema todos los componentes del mismo se fijan a un sistema perfilado con un sistema de guías T que facilita el montaje y desmontaje.

### **4.2.2 INSTALACIONES Y ENSAMBLAJE**

El diseño de la instalación y ensamblaje está orientado a:

Ensamblaje, revisión y realización de componentes mecánicos, eléctricos y neumáticos.

Colocación y remoción de componentes eléctricos.



Cableado de componentes eléctricos de acuerdo a los diagramas de circuitos y entubado de componentes neumático

Conectando en conjunto a varios otros módulos y estaciones, se pueda construirse instalaciones que son capaces de realizar varios procesos de manufactura.

#### **4.2.2.1. Montaje de la instalación**

Para lograr la modularidad del sistema todos los componentes del mismo se fijan a un sistema perfilado con un sistema de guías T que facilita el montaje y desmontaje.

#### **4.2.2.2. Ensamblaje de la instalación.**

El diseño de la instalación y ensamblaje está orientado a:

Ensamblaje, revisión y realización de componentes mecánicos, eléctricos y neumáticos.

Colocación y remoción de componentes eléctricos.

Cableado de componentes eléctricos de acuerdo a los diagramas de circuitos y entubado de componentes neumático

Conectando en conjunto a varios otros módulos y estaciones, se pueda construirse instalaciones que son capaces de realizar varios procesos de manufactura.

#### **4.2.3. Puesta a punto**

El diseño de la puesta a punto toma en cuenta los siguientes objetivos:

- Verificación y realización para funciones individuales.
- Verificación y realización de la interacción de funciones conectadas en módulos entrelazados.
- Comprobación de la continuidad de las conexiones eléctricas.
- Medición de corriente, voltaje y resistencia mediante dispositivos de medición.
- Documentación de los hechos técnicos en forma de registros.

#### **4.2.3.1. Documentación sobre ensamblado y puesta a punto**

Nos ayuda a desarrollar notas para el instructor, y el estudiante a través de hojas de trabajo para realizar el ensamblaje y puesta a punto de la instalación (Anexo 3). Se pone énfasis principalmente en preguntas que puedan surgir de problemas mecánico, neumáticos y eléctricos, al igual que en la operación de la instalación.

La elaboración de las hojas de trabajo permiten:

- Ayudar en el diseño, ensamblaje y puesta a punto de la instalación.
- Proveer una metodología de trabajar los problemas de control específicos.
- Representa una fuente de información de la que el instructor puede reunir su propio programa individual dependiendo de las condiciones de entrenamiento al momento.

#### **4.2.3.2. Cambio de los parámetros de operación**

El sistema permita realizar cambios en los parámetros de operación observando las siguientes posibilidades.

Variación de los parámetros de operación como son velocidad, inversión de giro variación del ángulo de giro, adición de componentes neumáticos o electro-neumáticos y la inserción de un subprograma en programas de secuencias.

### **4.3. DETECCIÓN Y ELIMINACIÓN DE FALLAS**

Acorde a la realidad de las máquinas y sistemas reales se toma en cuenta la posibilidad de introducir y simular fallas de acuerdo a los siguientes parámetros:

- Detección de fallas en la maquinaria y en las unidades de producción.
- Idealización del las fallas mediante percepción con sensores o dispositivos de diagnostico.
- Localización de fallas tomando en consideración las interfases entre los

módulos mecánicos, neumáticos y eléctricos.

- Examinación de las posibles causas de cualquier interferencia o falla.
- Eliminación de la interferencia y fallas mediante reparación o cambio de partes.

Esta documentación de entrenamiento trata con los dos conceptos didácticos independientes enlistados a continuación:

- El concepto que el sistema puede ser investigado usando la instalación totalmente instalada
- El concepto de paso de diseño paso-a-paso, instalando el equipo practicando el desarrollo de programas y por ultimo poniendo a punto la estación una vez que el programa ha sido completado.

El proceso global de la estación se desarrolla por medio de subprocesos que incrementan su complejidad de manera progresiva.

En el concepto paso -a - paso la descripción de un problema puede ser transformado en un ejercicio práctico de generación de programa usando tanto la documentación de circuito como el procedimiento de planificación, el cableado y entubado puede realizarse en base a una documentación de circuito y la programación de un PLC. En la puesta a punto se verifica que las unidades y la programación estén correctas luego de que cada subproceso ha sido completado.

#### **4.3.1. FALLAS DELIBERADAS**

Fallas en la parte neumática de la instalación

Las conexiones de tubería son bloqueadas. En la práctica, las fallas que son simuladas mediante el bloqueo de la tubería generalmente resultan de una tubería rota.

Fallas en la parte eléctrica de la instalación:

La conexión de la señal eléctrica con interrumpida en el terminal. Las fallas simuladas de esta manera ocurren en la práctica mas comúnmente en forma de un cable roto.

#### **4.3.2. TIEMPOS DE FALLA**

La situación de falla ocurre siempre después de la puesta a punto. Esto significa que la instalación ya ha sido arrancada correctamente. Por lo tanto se pueden excluir fallas.

#### **4.3.3. NUMERO DE FALLAS**

Normalmente, solo una falla debe incorporarse en un circuito. Si se introduce varias fallas estas deben tener una conexión lógica, ya que es raro aun en la práctica el que varias fallas diferentes ocurran simultáneamente en una instalación.

## 5. RECOMENDACIONES

### Función PARO DE EMERGENCIA –General

Para operar una instalación técnicamente segura, es esencial observar varias recomendaciones de seguridad.

La norma DIN EN 60 204, Parta 1 contiene los requisitos y recomendaciones para el equipo eléctrico de maquinaria para promover

- · la seguridad de personal y objetos
- · mantener la funcionalidad de la maquinaria
- · facilitar el mantenimiento de maquinaria

La función de PARO DE EMERGENCIA es una facilidad diseñada para la protección de hombre y máquina.

La actuación del dispositivo de PARO DE EMERGENCIA debe provocar un estado que es indemne para hombre y máquina. Debe ser posible apagar inmediatamente cualquier actuador o motor que pueden crear situaciones peligrosas. por otro lado, los actuadores y motores que, en caso de apagarlos, puedan representar un peligro a operadores o maquinaria, deben continuar incluso operando en una emergencia. La posibilidad de actuar el PARO DE EMERGENCIA debe estar disponible en una máquina en cualquier fase.

Una vez que el PARO DE EMERGENCIA se ha soltado, no debe ser posible para la maquinaria reiniciar automáticamente.

Los siguientes requisitos se aplican para el PARO DE EMERGENCIA adicionalmente de aquéllos para la función de PARO:

- Precedencia sobre cualquier otra función o actuación en cualquier modo de funcionamiento
- El suministro de poder a la máquina que podría causar situaciones peligrosas debe apagarse tan rápidamente como posible sin crear cualquier peligro adicional (vía dispositivos mecánicos de paro que no

requieren suministro de poder externo, vía frenos de marcha atrás en el caso de parada categoría 1).

- El reseteo no debe comenzar un re-start

Un PARO DE EMERGENCIA debe actuar como una categoría 0 o categoría 1. La categoría es dependiente del tipo de maquinaria.

La función de PARO DE EMERGENCIA de una categoría 0 debe ejecutarse independiente del PLC. El circuito de PARO DE EMERGENCIA debe ejecutarse independientemente del PLC vía, los componentes electromecánicos robustos. Sólo de esta manera se garantiza la efectividad del PARO DE EMERGENCIA, aun cuando el PLC se dañe. El Comportamiento del PARO DE EMERGENCIA debe estar grabado en el programa de mando del PLC para que las señales apropiadas sean aplicadas, por ejemplo, a las salidas del PLC si la máquina se re-iniciada. Hay dos posibilidades para empezar:

- Continúe desde el mismo punto
- Retornar la máquina y re-inicio a la posición inicial

En el último caso, es necesario cambiar a operación manual.

De igual forma, la categoría 1 de PARO DE EMERGENCIA debe efectuar el cambio final fuera del suministro de poder a la máquina por medio de los componentes electromecánicos.

Si se requieren precauciones de seguridad extensas con el PARO DE EMERGENCIA, se debe usar como por ejemplo relés intrínsecos adicionales o controles neumáticos. También es posible usar sistemas de PLC con seguridades especiales. Los sistemas de PLC de este tipo están provistos con unidades del mando centrales múltiples, módulos de input/output especiales, programas redundantes auto supervisados doblemente o unidades suplementarias similares.

### **Función de arranque**

No debe ser posible arrancar una máquina hasta que todos los dispositivos de protección se hayan ajustado y estén totalmente operativos. Este estado inicial es generalmente conocido como la posición inicial de la máquina.

## **Función del reset**

Hay varias razones para dar reset a una máquina para lo que la norma define tres categorías de función de parada:

- Categoría 0

El PARO de una máquina da como resultado de desconectar el suministro de poder a la máquina (PARO no controlado).

- Categoría 1

PARO controlado, cuando el suministro de poder a la máquina se mantiene para provocar el PARO de la maquinaria. Una vez que la maquinaria se ha detenido, el suministro de poder se interrumpe.

- Categoría 2

PARO Controlado, cuando el suministro de poder a la máquina maneja mantiene.

Cada máquina debe equiparse con una Función de RESET de categoría 0. Esta función frecuentemente se utiliza para alistar y preparar al sistema antes de ponerlo en marcha e iniciar el proceso por medio del START.

Las Categoría 1 y 2 deben proporcionarse en casos donde éstos se requieren por razones de seguridad o de funcionamiento de la máquina. La categoría 2 puede usarse para detener un proceso de producción. La actuación del botón de START produce el arranque del proceso interrumpido. Si un proceso no debe detenerse abruptamente, sino gradualmente, esto puede efectuarse vía una categoría 1.

Las Categorías 1 y 2 generalmente se ejecutan vía el programa de mando del PLC.

Una categoría 0 o 1 debe ser independiente del modo funcional de funcionamiento y una categoría 0 debe tener anterioridad. Es más, la función PARO siempre tienen preferencia sobre cualquiera otra funciones incluso en caso de simultaneidad.

El restablecimiento de una función de PARO no debe activar un estado potencialmente peligroso.

## **5.1. CONCLUSIONES**

El diseño y la construcción de cualquier proyecto de estar basado principalmente en el conocimiento y observación de las recomendaciones de seguridad, a fin de prevenir el que ocurran situaciones potencialmente peligrosas para los operarios como para la máquina.

Antes de empezar el diseño algún proyecto se debe investigar a fondo el campo en el que se lo va a utilizar para tener una idea clara de como tiene que funcionar y con que tipo de materiales se lo va a construir para no contaminar ni dañar la materia prima con la que va a trabajar el proyecto.

Realizar los cálculos necesarios de esfuerzos, torques, entre otras fuerzas que intervienen y que afecten en la estructura del proyecto para poder seleccionar el tipo de material adecuado.

Ela una adecuada planificación del tiempo que se va a emplear en la construcción de los diferentes sistemas y en lo posible tratar de optimizar el tiempo para terminar lo más rápido posible el trabajo y poder proponerlo a la industria.

Elaborar y llevar a la mano una documentación adecuada para proveer de una fuente de información a la persona que este a cargo del funcionamiento del módulo con el fin de ayudar en el ensamblaje, puesta a punto de los diferentes sistemas, resolución de problemas de control específicos y para que el proyecto tenga un correcto funcionamiento.





Al efectuar la programación del equipo en el PLC es fundamental colocar condiciones de seguridad para proteger a todo el sistema en caso de falla fortuita.

Realizar una minuciosa calibración de todos los sensores y actuadores existentes antes de poner en marcha el funcionamiento del proyecto, con el objetivo proteger al equipo y tener un óptimo funcionamiento del mismo.





## BIBLIOGRAFIA

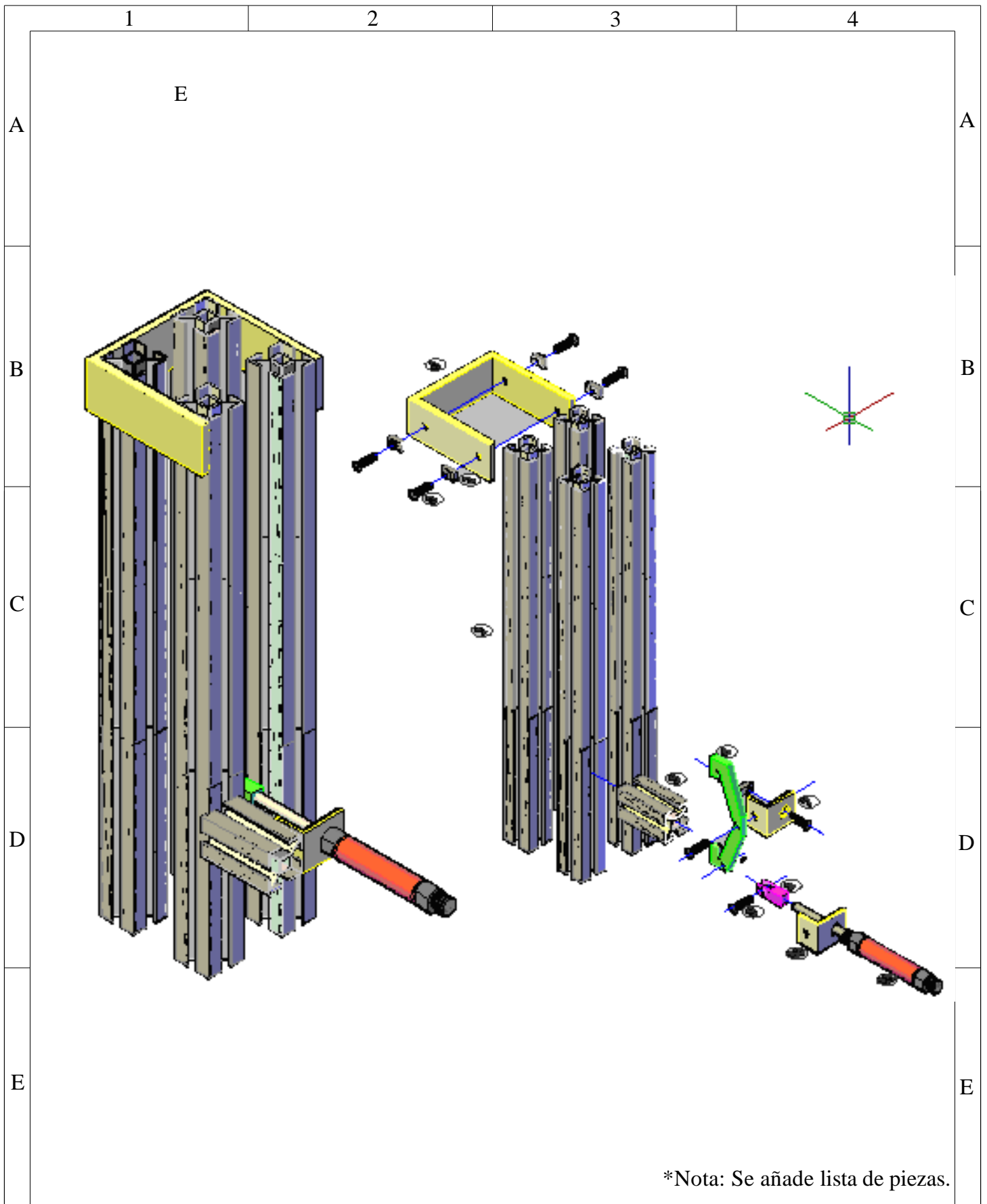
### TEXTOS.

-  FESTO DIDACTIC (2004), GMBH & Co, KG, edicion 01
-  FESTO Didactic, (2006), "Modulo de Estudio de Mecatrónica"
-  MANUAL de LOGO (2006) "6ED1050-1AA00-0DE6", edición 07
-  MANUAL del PLC Simatic S7-200 de Siemens (2005) edición 02  
Nurnberg – Alemania.

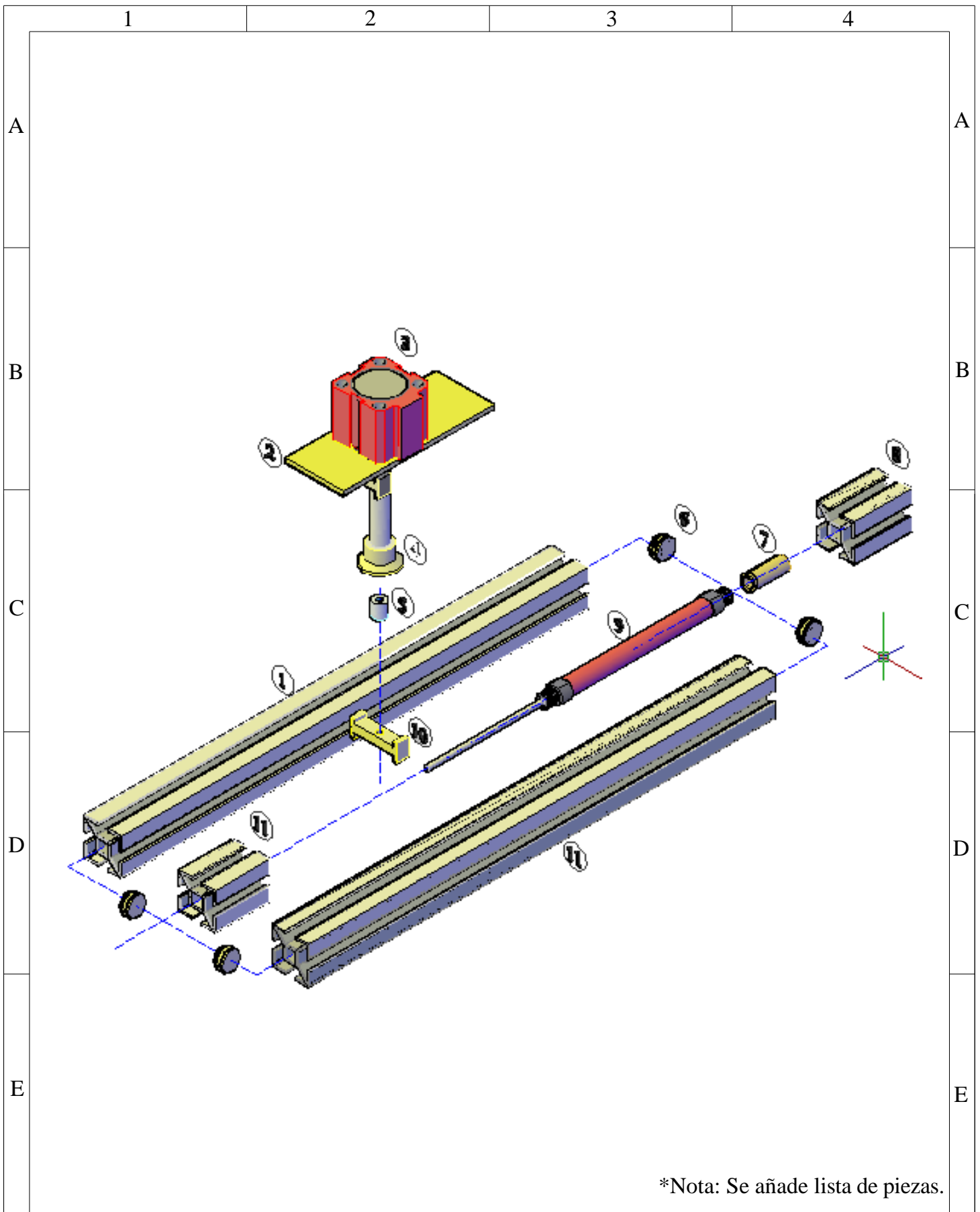
### PAGINAS WEB.

-  [www.cedim.uni.edu.pe/documents/mechatronics/mechatronics.php](http://www.cedim.uni.edu.pe/documents/mechatronics/mechatronics.php)
-  [www.electronica2000.com](http://www.electronica2000.com)
-  [www.festo.com.mx](http://www.festo.com.mx)
-  [www.festo.com/argentina/104.htm](http://www.festo.com/argentina/104.htm)
-  [www.monografias/neumatica.com](http://www.monografias/neumatica.com)
-  [www.monografias.com/trabajos12/electil/electil.shtml](http://www.monografias.com/trabajos12/electil/electil.shtml)
-  [www.peocitíes.com/automatizacion](http://www.peocitíes.com/automatizacion) industrial y [www.mamma.com](http://www.mamma.com)
-  [www.sapiens.itgo.com/neumatica/neumatica19.htm](http://www.sapiens.itgo.com/neumatica/neumatica19.htm)
-  [www.sapiensman.com/neumatica/neumatica7.htm](http://www.sapiensman.com/neumatica/neumatica7.htm)
-  [www.siemens/automa7.com](http://www.siemens/automa7.com)
-  [www.siemens.com/simatic-et200s](http://www.siemens.com/simatic-et200s)
-  [www.siemens.com.ar/sites/internet/legacy/siepe/pe/automatizacion\\_plc\\_simatic\\_s7\\_200\\_s7\\_300\\_y\\_s7\\_400.htm](http://www.siemens.com.ar/sites/internet/legacy/siepe/pe/automatizacion_plc_simatic_s7_200_s7_300_y_s7_400.htm)
-  [www.siemens.com.ar/sites/internet/legacy/siepe/pe/automatizacion\\_plc.htm](http://www.siemens.com.ar/sites/internet/legacy/siepe/pe/automatizacion_plc.htm)
-  [www.unicrom.com/tut\\_PIC6.asp](http://www.unicrom.com/tut_PIC6.asp)
-  [WWW.WIKIPEDIA.COM.SENSORES](http://WWW.WIKIPEDIA.COM.SENSORES)

# **ANEXOS**

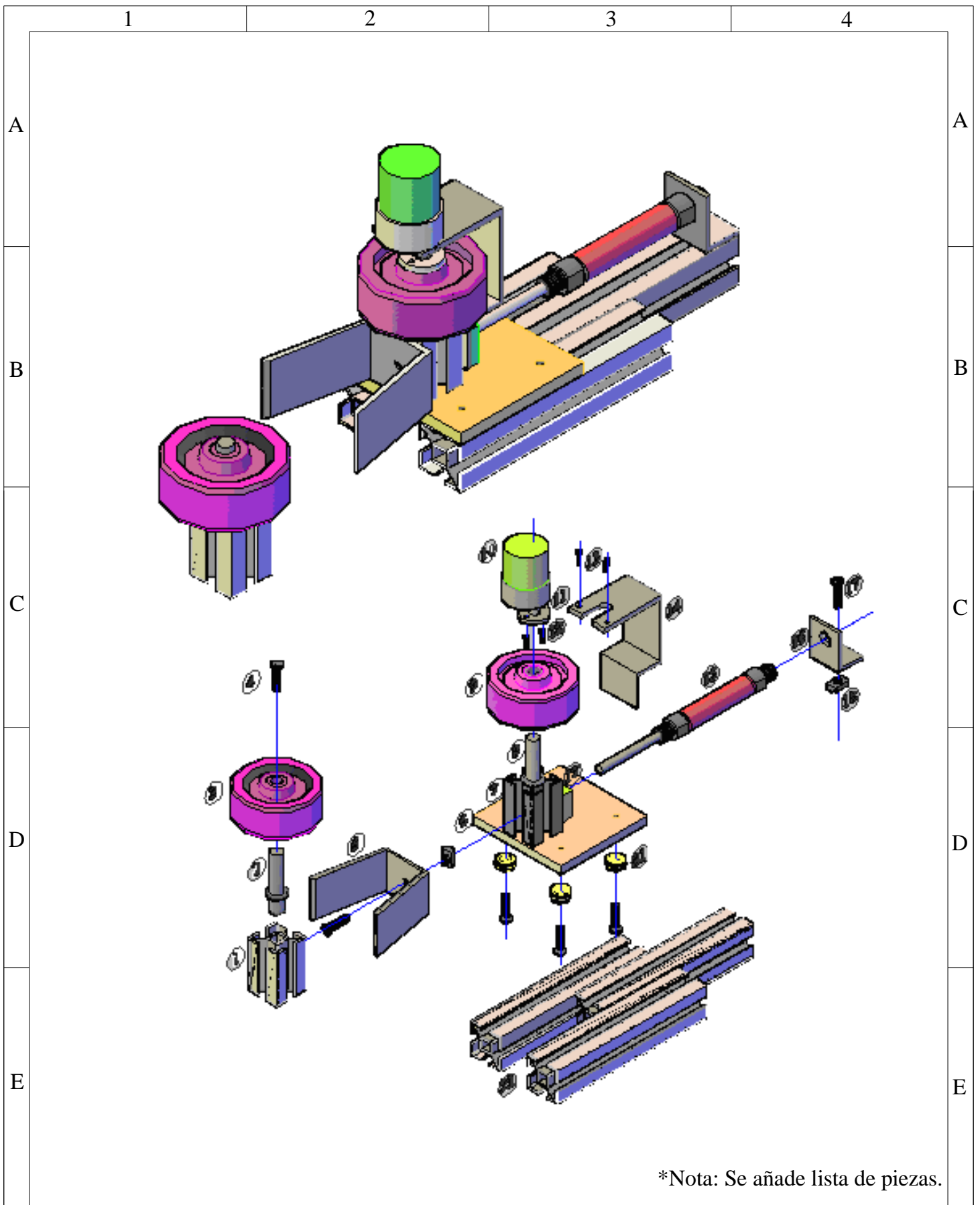


Trat.Termico	Ninguno		EPN	ESFOT- PPM	
Recubrimiento	Ninguno				
Material:	PERFIL DE ALUMINIO PLATINAS DE ALUMINIO DURALON EJES DE ACERO Y BRONCE	Tol. Gnral. <b>0.5</b>	Escala <b>1:2.5</b>	Dib:	Juan Carlos Salcedo Marco Vinicio Lucero
				Dis	Juan Salcedo / Marco Lucero
				Reb	Ing. Mario Granja
<b>SISTEMA DE ALMACENAMIENTO</b>			<b>Nº 1</b>	Fecha: 30-06-2008	



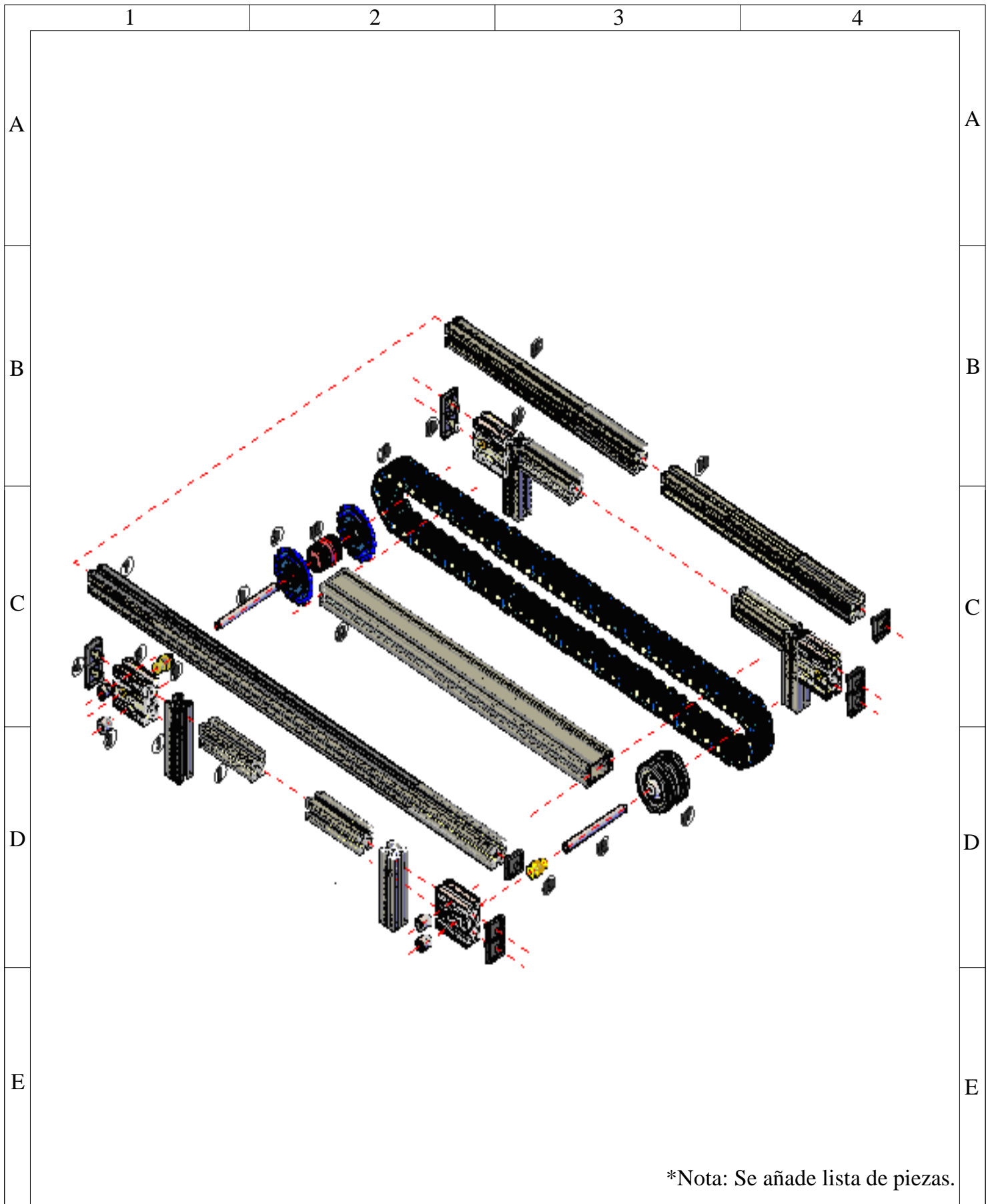
\*Nota: Se añade lista de piezas.

Trat.Termico	Ninguno	EPN	ESFOT- PPM
Recubrimiento	Ninguno		
Material:	PERFIL DE ALUMINIO PLATINAS DE ALUMINIO DURALON EJES DE ACERO Y BRONCE	Tol. Gnral. <b>0.5</b>	Escala <b>1:2.5</b>
<b>SISTEMA DE TRANSPORTE DE TAPAS</b>		<b>Nº 3</b>	Dib: Juan Carlos Salcedo Marco Vinicio Lucero
			Dis: Juan Salcedo / Marco Lucero
			Reb: Ing. Mario Granja
			Fecha: 30-06-2008



\*Nota: Se añade lista de piezas.

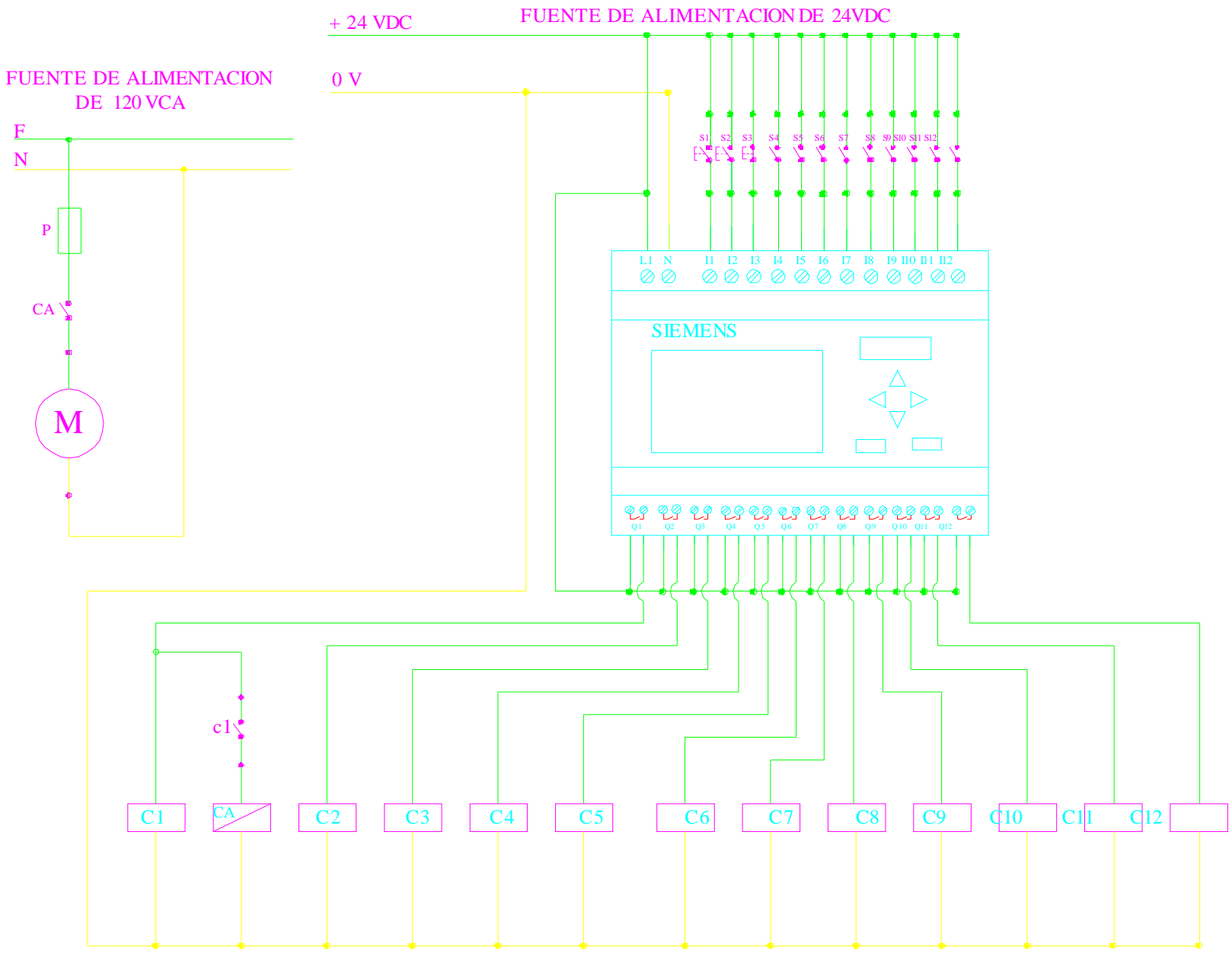
Trat.Termico	Ninguno	EPN	ESFOT- PPM						
Recubrimiento	Ninguno								
Material:	PERFIL DE ALUMINIO PLATINAS DE ALUMINIO DURALON EJES DE ACERO Y BRONCE	Tol. Gnal. <b>0.5</b>	<table border="1"> <tr> <td>Dib:</td> <td>Juan Carlos Salcedo Marco Vinicio Lucero</td> </tr> <tr> <td>Dis</td> <td>Juan Salcedo / Marco Lucero</td> </tr> <tr> <td>Reb</td> <td>Ing. Mario Granja</td> </tr> </table>	Dib:	Juan Carlos Salcedo Marco Vinicio Lucero	Dis	Juan Salcedo / Marco Lucero	Reb	Ing. Mario Granja
Dib:	Juan Carlos Salcedo Marco Vinicio Lucero								
Dis	Juan Salcedo / Marco Lucero								
Reb	Ing. Mario Granja								
<b>SISTEMA DE SELLADO DE TAPAS</b>		<b>Nº 5</b>	Fecha: 30-06-2008						



\*Nota: Se añade lista de piezas.

Trat.Termico	Ninguno	EPN	ESFOT- PPM	
Recubrimiento	Ninguno			
Material:	PERFIL DE ALUMINIO PLATINAS DE ALUMINIO DURALON EJES DE ACERO Y BRONCE	Tol. Gnral. <b>0.5</b>	Escala <b>1:2.5</b>	Dib: Juan Carlos Salcedo Marco Vinicio Lucero
DESPIECE DE BANDA TRANSPORTADORA			N° 7	Dis: Juan Salcedo / Marco Lucero
				Reb: Ing. Mario Granja
			Fecha: 30- 06 - 2008	

Trat. Técnico		EPN		ESFOT	
Recubrimiento		Escala		Dib:	
Material:		1:1		Juan Carlos Salcedo	
To1. Gmral.		Reb		Marco Vinicio Lucreo	
<b>ANEXOS II</b>		Dis		Ing. Mario Granja	
ESQUEMA ELECTRICO DEL SISTEMA		Nº 4		Fecha:	
				18-06-2008	



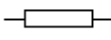
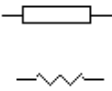
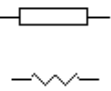
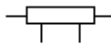
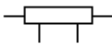
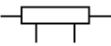

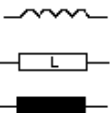

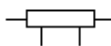
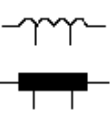


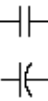





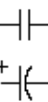










# SIMBOLOGÍA ELÉCTRICA

## NATURALEZA DE LAS CORRIENTES CONDUCTORES CONEXIONES

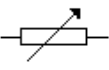
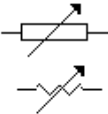
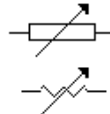
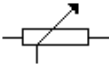
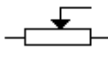
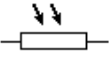
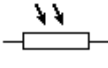
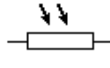





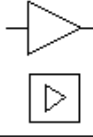
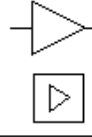


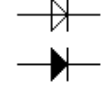

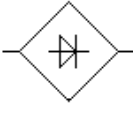
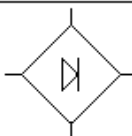
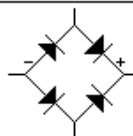




DESCRIPCION	DIN	IEC	ANSI/CSA
CORRIENTE ALTERNA			
CORRIENTE CONTINUA			
CORRIENTE ALTERNA O CONTINUA			
CORRIENTE ONDULADA O RECTIFICADA			
AUDIO FRECUENCIA			
PULSO DE ONDA CUADRADA			
SISTEMA MONOFASICO (Ejemplo)	1~60Hz	1~60Hz 1~60 c/s	1 PH 60 c/s 1 PH 60 ~
SISTEMA TRIFASICO (Ejemplo)	3~60Hz 220V	3~60Hz 220V	220V 3PH 60c/s 220V 3Ø 60~
SISTEMA TRIFASICO CON NEUTRO	3/N~50Hz 380V	3/N ~ 50Hz 380V 3/N ~ 50c/s 380V	380V 4Ø 3PH 50c/s 380V 4Ø 50 ~
SISTEMA TRIFASICO CON NEUTRO Y FUNCION DE PROTECCION	3/PEN~50Hz 380V	3 PEN~ 50Hz 380V	380V 4Ø 3PH 50c/s (Neutro a tierra)
SISTEMA TRIFASICO CON NEUTRO Y PROTECCION DE TIERRA	3/N/PE~50Hz 380V	3NPE~ 50Hz 380V	380V 5Ø 3PH 50c/s (Con neutro y tierra de protección)
SISTEMA D.C. (2 CONDUCTORES)	2-220V	2-220V	220V DC 2Ø
SISTEMA D.C. (2 Conductores con neutro)	2/N-220V	2N-220V	220V DC 3Ø
CONDUCTOR (Símbolo General)			
(A) Conductor circuito de mando (B) Conductor circuito de potencia	(A) (B)	(A) (B)	(A) (B)
CONDUCTOR DE PROTECCION			
CONDUCTOR NEUTRO			
PAR COAXIAL			
(A) PUNTO DE CONEXION (B) BORNE DE CONEXION	(A) (B)	(A) (B)	(A) (B)
HAZ DE TRES CONDUCTORES Y REPRESENTACION UNIFILAR			



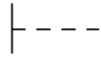
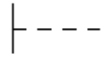
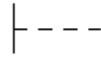
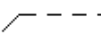
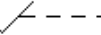

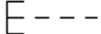
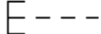
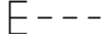
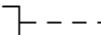
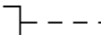
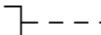
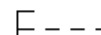
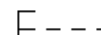
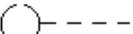
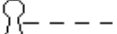
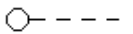
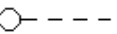


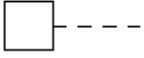
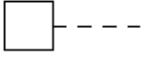
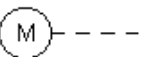
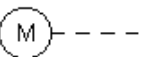
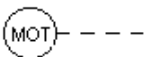
## ELEMENTOS GENERALES DE CIRCUITO

DESCRIPCION	DIN	IEC	ANSI/CSA
RESISTOR RESISTENCIA EN GENERAL			
RESISTOR CON DERIVACION			
INDUCTOR INDUCTANCIA EN GENERAL			
INDUCTOR CON DERIVACION			
CONDENSADOR CAPACITANCIA EN GENERAL			
CONDENSADOR CON DERIVACION			
CONDENSADOR ELECTROLITICO POLARIZADO			
CELDA ACUMULADORA (BATERIA)			
CONEXION A TIERRA			
CONEXION A CHASIS			



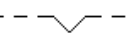
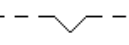
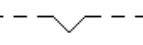
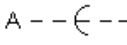
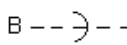
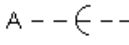
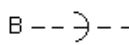
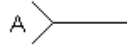


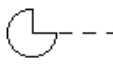










## ELEMENTOS GENERALES DE CIRCUITO (Continuación)

DESCRIPCION	DIN	IEC	ANSI/CSA
RESISTENCIA VARIABLE			
POTENCIOMETRO			
FOTORESISTENCIA			
VARISTOR			
TERMOCUPLA			
AMPLIFICADOR SIMBOLO GENERAL			
DIODO RECTIFICADOR			
PUENTE RECTIFICADOR MONOFASICO			
TIRISTOR			
CONVERTIDOR, TRANSMISOR			



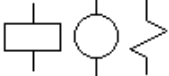


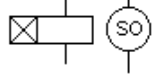


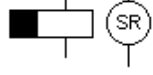














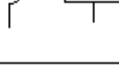


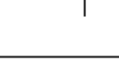
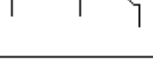
## ACCIONAMIENTOS

DESCRIPCION	DIN	IEC	ANSI/CSA
ACCIONAMIENTO MANUAL EN GENERAL			
ACCIONAMIENTO POR PEDAL			
ACCIONAMIENTO MANUAL POR PRESION			
ACCIONAMIENTO MANUAL POR TRACCION			
ACCIONAMIENTO MANUAL POR GIRO			
ACCIONAMIENTO MANUAL POR LLAVE			
ACCIONAMIENTO MECANICO POR RODILLO			
ACCIONAMIENTO DE EMERGENCIA (ZETA)			
ACCIONAMIENTO POR ACUMULACIÓN DE ENERGIA MECANICA EN GENERAL			
ACCIONAMIENTO POR MOTOR			



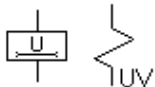


## ACIONAMIENTOS (Continuación)

DESCRIPCION	DIN	IEC	ANSI/CSA
RETORNO AUTOMATICO			
FIJACION, RETORNO NO AUTOMATICO			
ACCIONAMIENTO RETARDADO (A) HACIA LA DERECHA (B) HACIA LA IZQUIERDA	A ---  B --- 	A ---  B --- 	A  B 
ACCIONAMIENTO POR LEVA			
ACCIONAMIENTO POR TEMPERATURA			
ACCIONAMIENTO POR PRESION EN UN MEDIO			
ACCIONAMIENTO POR NIVEL DE FLUIDO			





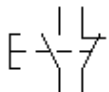
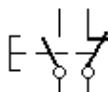






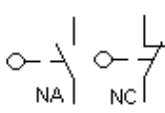
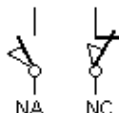
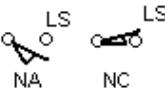
## ACCIONAMIENTOS ELECTROMECA'NICOS, ELECTROMAGNETICOS

DESCRIPCION	DIN	IEC	ANSI/CSA
ACCIONAMIENTO EN GENERAL POR EJEMPLO: RELES, CONTACTORES			
ACCIONAMIENTO CON RETARDO A LA EXCITACION			
ACCIONAMIENTO CON RETARDO A LA DESEXCITACION			
ACCIONAMIENTO CON RETARDO A LA CONEXION Y DESCONEXION			
ACCIONAMIENTO CICLICO, RELE INTERMITENTE			
RELE DE IMPULSO			
ACCIONAMIENTO CON PARTICULARIDADES ESPECIALES EN GENERAL			
BOBINA DE RELE POLARIZADO CON IMAN PERMANENTE			
DISPARADOR MAGNETICO DE SOBRECORRIENTE (DISPARO POR CORTOCIRCUITOS)			
DISPARO TERMICO DE SOBRECORRIENTE (DISPARO POR SOBRECARGAS)			

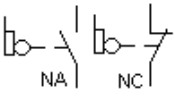
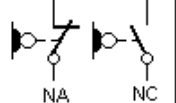
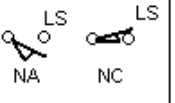
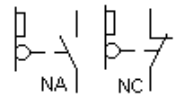
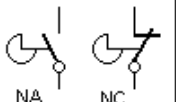
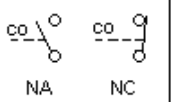


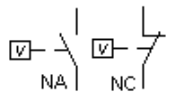
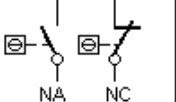
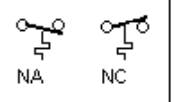
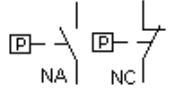
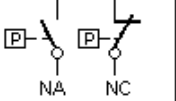
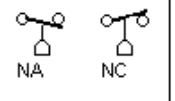
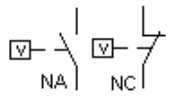
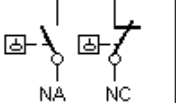
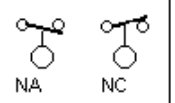
(Continuación)

DESCRIPCION	DIN	IEC	ANSI/CSA
RELE DE BAJO VOLTAJE			
ELECTROVALVULA			

### APARATOS DE MANIOBRA

DESCRIPCION	DIN	IEC	ANSI/CSA
PULSADOR NORMALMENTE ABIERTO EN REPOSO			
PULSADOR NORMALMENTE CERRADO EN REPOSO			
PULSADOR CON CONTACTOS ABIERTO Y CERRADO			
INTERRUPTOR DE PEDAL NORMALMENTE ABIERTO			
INTERRUPTOR CON POSICION DE ENCLAVAMIENTO NORMALMENTE ABIERTO			
INTERRUPTOR DE ACCIONAMIENTO MECANICO EN REPOSO (NA Y NC)			

## APARATOS DE MANIOBRA (Continuación)

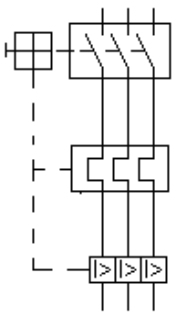
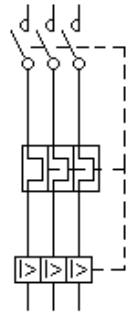
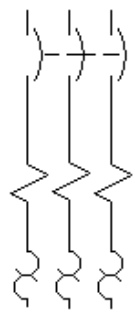
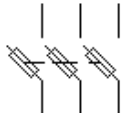
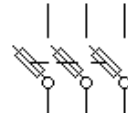
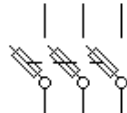
DESCRIPCION	DIN	IEC	ANSI/CSA
INTERRUPTOR DE ACCIONAMIENTO MECANICO ACTIVADO - NORMALMENTE ABIERTO - NORMALMENTE CERRADO		NO NORMALIZADO 	
INTERRUPTOR DE ACCIONAMIENTO POR LEVA - NORMALMENTE ABIERTO - NORMALMENTE CERRADO			
DETECTORES DE PROXIMIDAD SIMBOLO GENERAL			
INTERRUPTOR ACCIONADO POR TEMPERATURA (TERMOSTATO) - NORMALMENTE ABIERTO - NORMALMENTE CERRADO			
INTERRUPTOR ACCIONADO POR PRESION (PRESOSTATO) - NORMALMENTE ABIERTO - NORMALMENTE CERRADO			
INTERRUPTOR ACCIONADO POR NIVEL DE FLUIDO (BOYA) - NORMALMENTE ABIERTO - NORMALMENTE CERRADO			

## APARATOS DE MANIOBRA DE CIRCUITOS PRINCIPALES

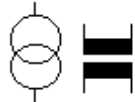
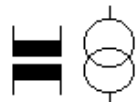

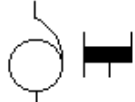
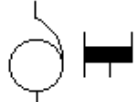
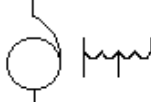
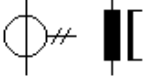
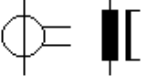

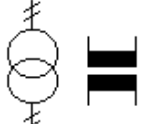
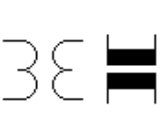

DESCRIPCION	DIN	IEC	ANSI/CSA
CONTACTOR TRIPOLAR			
CONTACTOR TRIPOLAR CON RELE TERMICO			
INTERRUPTOR SECCIONADOR TRIPOLAR			
INTERRUPTOR SECCIONADOR TRIPOLAR, DE APERTURA BAJO CARGA			
INTERRUPTOR AUTOMÁTICO (DISYUNTOR)			
FUSIBLE (SIMBOLO GENERAL)			
INTERRUPTOR AUTOMÁTICO TRIPOLAR CON DISPARADORES DE SOBRECORRIENTE TERMICO Y MAGNETICO (GUARDAMOTOR)			








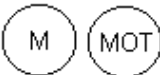




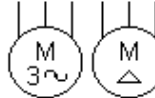

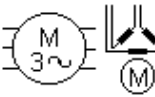
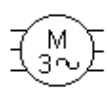
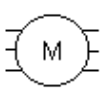
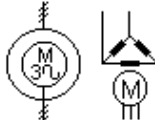




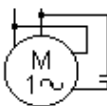
**(Continuación)**

DESCRIPCION	DIN	IEC	ANSI/CSA
INTERRUPTOR PROTECTOR TRIPOLAR CON DISPARADORES DE SOBRECORRIENTE TERMICO Y MAGNETICO (GUARDAMOTOR)			
SECCIONADOR FUSIBLE TRIPOLAR			


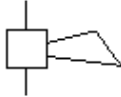



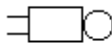




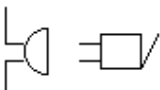



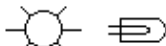
**TRANSFORMADORES**

DESCRIPCION	DIN	IEC	ANSI/CSA
TRANSFORMADOR CON DOS DEVANADOS SEPARADOS			
AUTOTRANSFORMADOR			
TRANSFORMADOR DE CORRIENTE			
TRANSFORMADOR DE VOLTAJE (POTENCIAL)			

## MAQUINAS ELECTRICAS

DESCRIPCION	DIN	IEC	ANSI/CSA
GENERADOR SIMBOLO GENERAL			
MOTOR SIMBOLO GENERAL			
MOTOR DE CORRIENTE CONTINUA EN GENERAL			
MOTOR DE CORRIENTE ALTERNA, TRIFASICO JAULA DE ARDILLA			
MOTOR DE CORRIENTE ALTERNA, TRIFASICO JAULA DE ARDILLA 6 TERMINALES ACCESIBLES			
MOTOR DE CORRIENTE ALTERNA TRIFASICO DE ROTOR DEVANADO			
MOTOR DE CORRIENTE ALTERNA TRIFASICA JAULA DE ARDILLA DE POLOS CONMUTABLES			
MOTOR DE CORRIENTE ALTERNA MONOFASICO CON CAPACITOR			

## DISPOSITIVOS DE SEÑALIZACION VISUAL Y ACUSTICA

DESCRIPCION	DIN	IEC	ANSI/CSA
BOCINA			
CAMPANA			
SIRENA			
ZUMBADOR			
LUZ PILOTO			

## APARATOS DE MEDICION

DESCRIPCION	DIN	IEC	ANSI/CSA
APARATO INDICADOR (SIMBOLO GENERAL)			
AMPERIMETRO			
VOLTIMETRO			
VATIHORIMETRO MONOFASICO (CONTADOR DE ENERGIA)			
SHUNT PARA INSTRUMENTOS DE MEDIDA			
CONTADOR DE IMPULSOS			

## ANEXO III

### EJEMPLOS DE PROGRAMACIÓN.

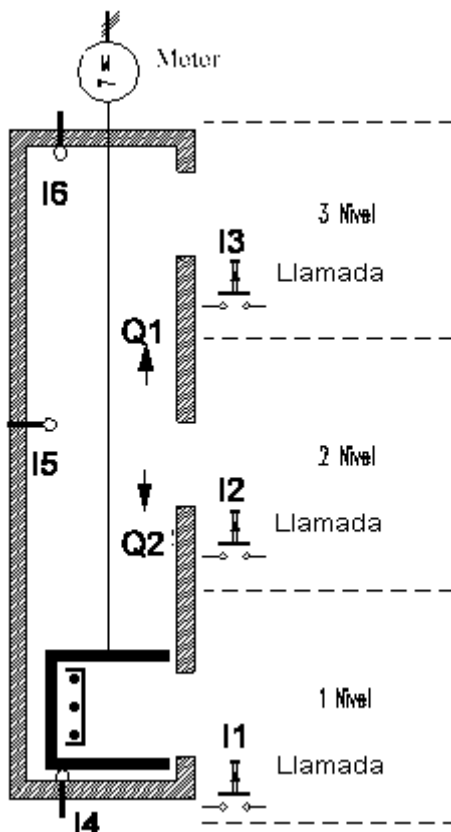
#### Ejemplo 1:

#### Control de los movimientos de subida y bajada de un ascensor

##### Descripción:

Cada planta tiene un pulsador de llamada, que cuando es accionado, la cabina se posiciona en dicha planta.

Los pulsadores del interior de la cabina, son los mismos que los que se encuentran en el exterior, por lo tanto no necesitan programación, ya que se conectarán en paralelo de forma cableada.



##### Leyenda:

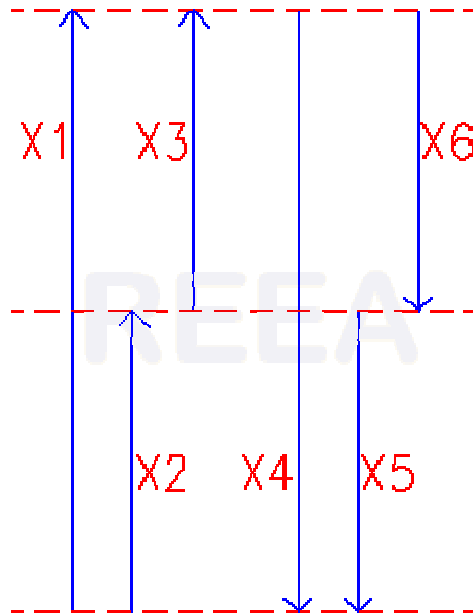
- I1:** Pulsador de llamada de la 1ª planta.
- I2:** Pulsador de llamada de la 2ª planta.
- I3:** Pulsador de llamada de la 3ª planta.
- I4:** Final de carrera de la 1ª planta.
- I5:** Final de carrera de la 2ª planta.
- I6:** Final de carrera de la 3ª planta.
- Q1:** Salida gobierno del contactor de subida.
- Q2:** Salida gobierno del contactor de bajada.

**Movimientos:**

Cada uno de los movimientos está controlado por un biestable. En la entrada Set se establecen las condiciones de funcionamiento y en el Reset las parada. Por ejemplo: para que el ascensor suba desde la primera planta a la tercera, movimiento X1, será necesario que el final de carrera I4 esté accionado y se pulse I3 ( $S=I4 \cdot I3$ ). Cuando la cabina llega arriba, el pulsador I6 es accionado deteniendo el movimiento.

Todos lo movimientos de subida (X1, X2 y X3) activarán Q1 y todos lo movimientos de bajada (X3, X4 y X5) activarán Q2.

En las ecuaciones de las salidas, se realizará el producto negado de la variable de salida contraria, para evitar cortocircuitos en el circuito de fuerza. Hay que tener en cuenta, que se gobernará un motor trifásico a 220v o 380.



**Ecuaciones Lógicas:**

**Movimientos:**

**X1:**

$$S = 14 * I3$$

$$R = 16$$

**X2:**

$$S = 14 * I2$$

$$R = 15$$

**X3:**

$$S = 15 * I3$$

$$R = 16$$

**X4:**

$$S = 16 * I1$$

$$R = 14$$

**X5:**

$$S = 15 * I1$$

$$R = 14$$

**X6:**

$$S = 16 * I2$$

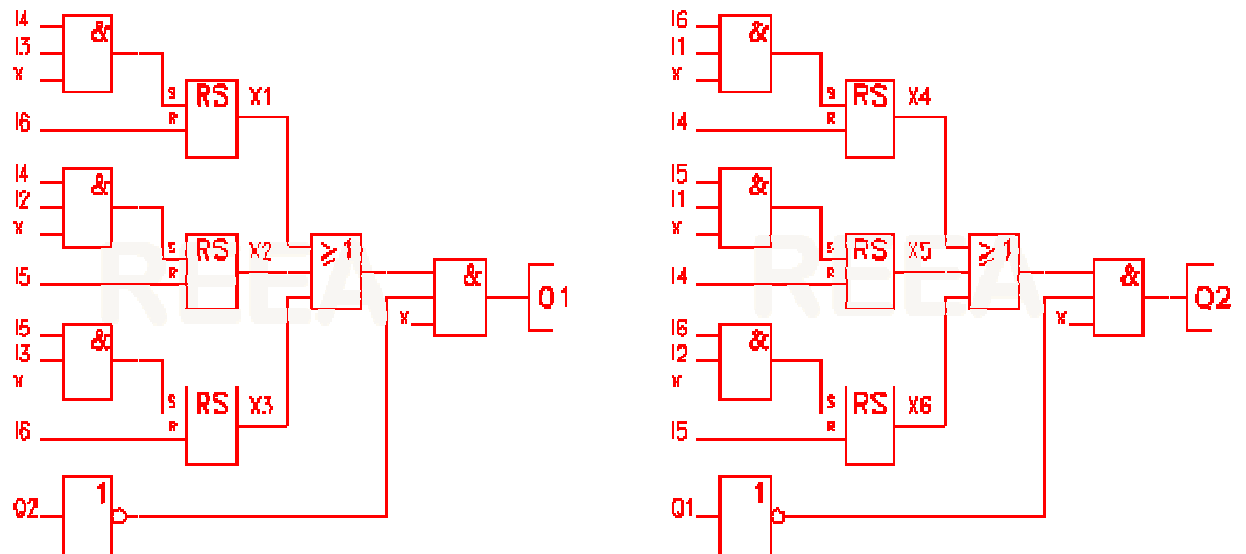
$$R = 15$$

**Resultados en las salidas:**

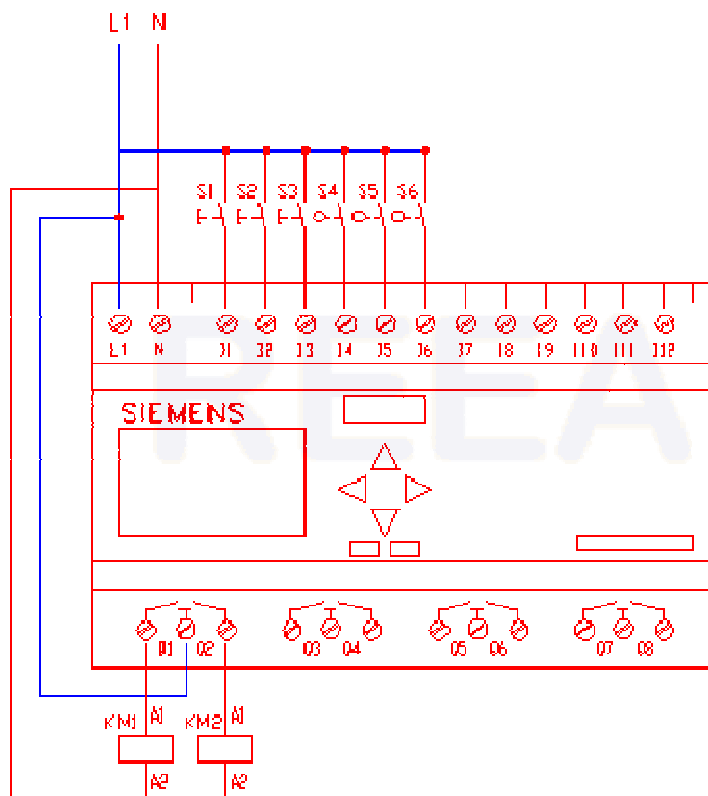
$$Q1 = (X1 + X2 + X3) \overline{Q2}$$

$$Q2 = (X4 + X5 + X6) \overline{Q1}$$

## Circuito lógico:



## Conexiones:





## **Ejemplo 2:**

### **Taladro Semiautomático**

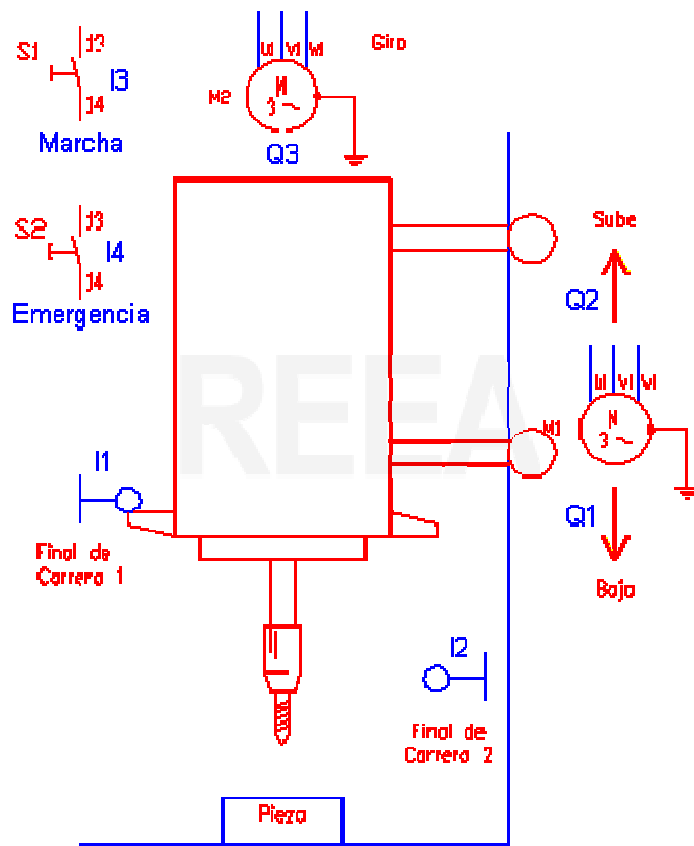
#### **Descripción:**

Al accionar el pulsador S1 se activa la salida Q1 bajando el taladro. Un vez que la pieza es perforada, la salida Q2 se pone activa subiendo el taladro hasta la posición de reposo.

El motor M2, que permite el giro del protabrocas, estará activo cuando el motor suba o baje en condiciones normales de funcionamiento.

El pulsador de emergencia S2 tiene como función, detener la bajada del taladro, poner en marcha el contactor de subida para situar la máquina en posición de reposo, y detener el motor de giro M2.

Se tendrá en cuenta que el inversor que controla los movimientos de subida y bajada, gobierna un motor trifásico de 220v o 380v, por lo tanto es absolutamente necesario prever que las dos salidas que controlan estos movimientos, nunca puedan activarse a la vez. Si esto no se hace así, puede producirse un peligroso cortocircuito en el circuito de fuerza que controla el motor.



**Ecuaciones Lógicas**

**Movimientos:**

**Bajada del taladro:**

**Q1:**  
 $S = I1 * I3 * \overline{Q2}$   
 $R = I2 + I4$

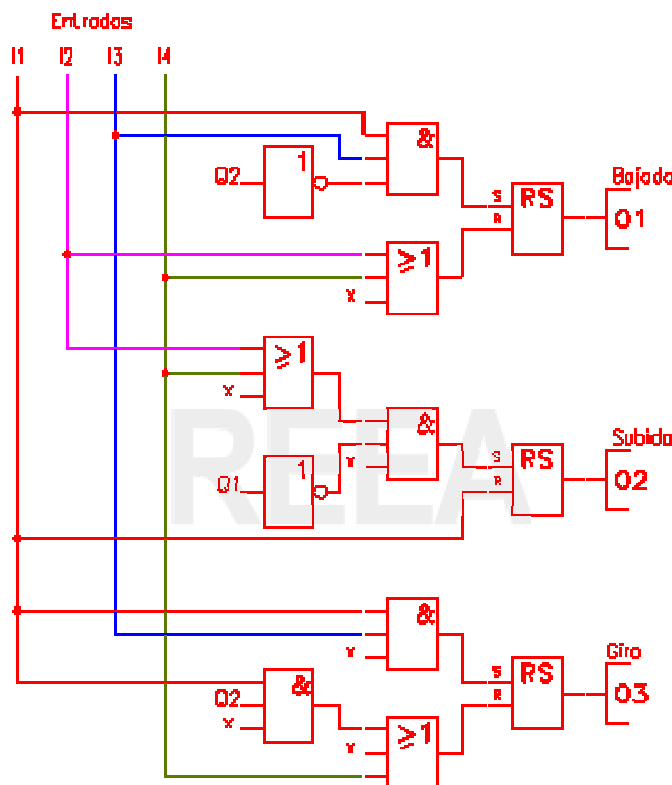
**Subida del taladro:**

**Q2:**  
 $S = (I2 + I4) \overline{Q1}$   
 $R = I1$

**Giro de la broca:**

**Q3:**  
 $S = I1 * I3$   
 $R = (Q2 * I1) + I4$

**Circuito lógico:**



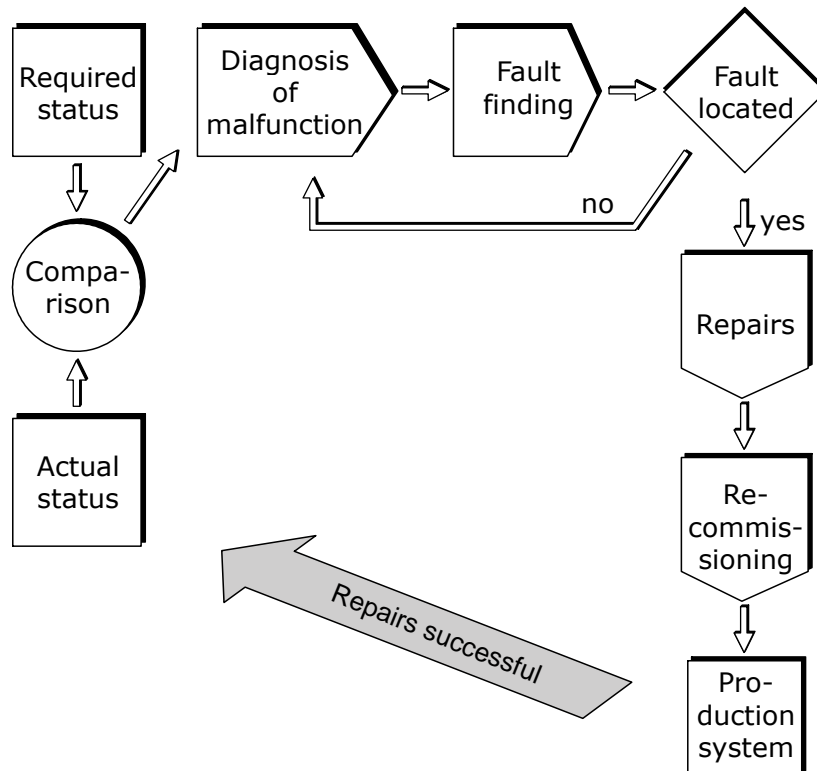


## ANEXO IV

### Detección de fallas

#### Reparaciones sistemáticas en caso del funcionamiento defectuoso

En caso de una interrupción inadvertida, las reparaciones serán llevadas a cabo según el plan siguiente.



- Figura 1: Reparaciones sistemáticas

## Pre-requisito previo para las reparaciones sistemáticas

- El requisito previo básico para las reparaciones sistemáticas y la localización de fallas es el conocimiento del sistema. Esto significa que solo cuando usted se ha familiarizado con el sistema y conoce su estructura, entonces pueda llevar a cabo reparaciones sistemáticas.

### Familiarización con el sistema :

- observando detenidamente la instalación.
- haciendo disponible toda la documentación del sistema.
- sabiendo el producto y procesando tecnología.
- intercambiando información con el usuario, operador.

## Procedimiento

La primera cosa que debe hacerse en caso de una señal de error es establecer el estado real. Las opciones siguientes están disponibles para esto:

Discutiendo la fallas con el usuario

(Operar el sistema incorrectamente?)

- Donde Empieza la falla
- Paso de proceso en el que se detiene
- Proceso defectuoso
- Práctica de funcionamiento incorrecta

## Detección de fallas

La detección real de fallas se da una vez que el estado real se ha establecido y se ha comparado con el estado requerido. Esta comparación frecuentemente lleva al descubrimiento de la fuente del error, si la falta es visible (ej. el daño mecánico a un generador señalado), audible (goteo del ej. en una válvula), perceptible a través de olor (quemado de cable de ej. fuera) Si éste no es el caso, la falta sólo puede encontrarse y puede eliminarse por medio de un procedimiento sistemático.

## Detección sistemáticas de la fallas

De nuevo, la comparación de estado de required/actual es la base para el la detección sistemática de fallas



Esta lista puede ser útil para descubrir fallas frecuentes y repetitivas y sus causas. El índice de fallas lo hace más fácil de establecer la naturaleza del error.

A = la práctica del funcionamiento Incorrecta

(ej. un tornillo reteniendo no se aprieta propiamente en una parte del ensamble)

M = la falla Mecánica

(ej los sensores son mal ajustados)

E = la falla Eléctrica

(ej los reles no son energizados o la solenoide no conmuta)

S = el error del Controlador

(ej el programa o una parte del programa no se activa)

L = la falla de fugas

(ej el aire escapa por las conexiones)

B = el error del Operador

(ej. Válvulas de cierre no conmutan )

W = error de Servicio

(ej filtros de aire no están limpios)

### Example

Mach. No.	Date Time	Fault	Cause	Fault index	Rectified by
1303	31.01.99	Distribution station; Gravity feed magazine does not operate correctly	Microswitch 1S1 maladjusted	M	del

### Análisis de fallas

Con la ayuda de la lista de fallas , es posible establecer si una falla o daño ocurrieron y así determinar los puntos débiles en el sistema. Una vez que éstos se han identificado, es aconsejable introducir mejoras técnicas. Si el daño ha ocurrido, el procedimiento siguiente debe adoptarse.

## Análisis final

La detección de Fallas y la eliminación no implica solamente dejar el sistema de nuevo operacional , también se debe identificar y mejorar áreas débiles en el sistema. El requisito previo básico para esto es un conocimiento de todos los aspectos de tecnología de mando y entendiendo de la función y interacción de sistemas híbridos

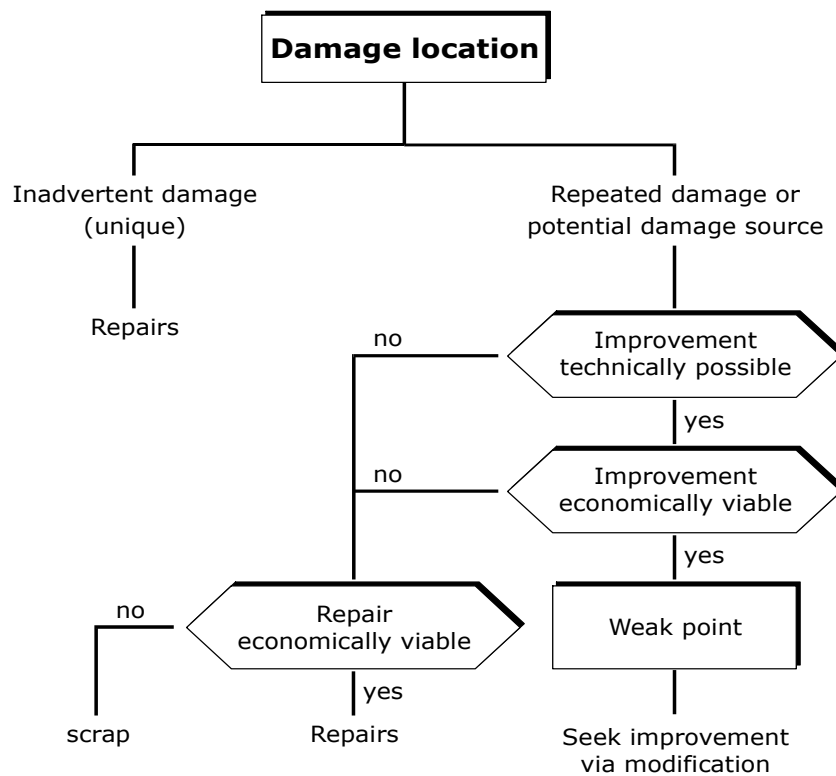


Figure 4: Fault análisis



# ANEXO V

## Tecnología de Manipulación

### Overview of handling technology

Como resultado del incremento de los costos de mano de obra, mejoras en las condiciones de trabajo y reducciones en las horas de trabajo la industria a tenido que incrementar su productividad hacia la racionalización y automatización en orden para poder sobrevivir en un entorno tan competitivo como el actual

Hasta ahora , la automatización de los procesos actuales de producción han procurado mantener un alto nivel de desarrollo, procurando reducir considerablemente los tiempos muertos de las máquinas

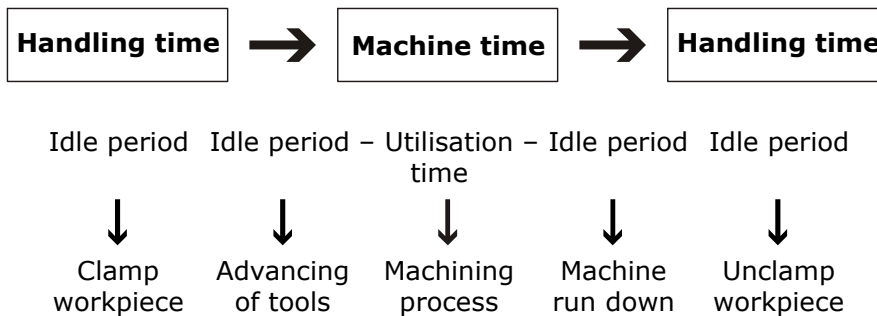


Figure 1: Alocaciones de tiempos durante un proceso de producción .

La automatización de los procesos de manipulación, los procesos mediante los cuales las piezas de trabajo son alimentadas a las máquinas en el número adecuado, la posición y dirección correcta, en el tiempo exacto y la forma correcta en que es retirada fue rechazada por mucho tiempo

Debido a la complejidad y a los frecuentes cambios en estas areas de manipulación , no fue sino hasta mediados de los setenta donde se comenzo a reducir los tiempos de manipulación en terminos de automatización , de tal forma que aun existe un gran campo para mas automatizaciones en esta área.

Definición : Tecnología de manipulación de acuerdo VDI 2860 La manipulación es una subfunción del flujote materiales .Funciones adicionales son transporte y almasenamiento.

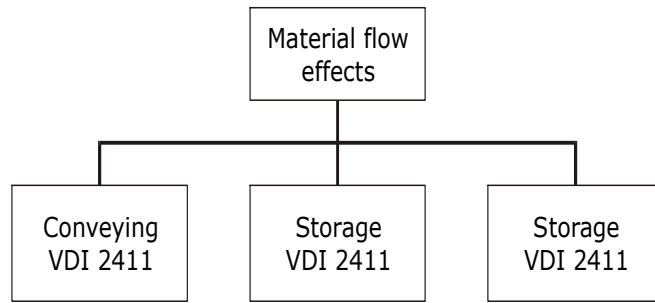


Figure 2: Manipulación como una subfunción del flujo de materiales

## Funciones de Manipulación

### Subfunciones

La manipulación se divide en cinco subfunciones. Estas subfunciones a su vez se subdividen en funciones elementales y funciones combinadas

### Funciones elementales

Funciones elementales son claseadas comolas las más pequeñas, pero no son lo suficientemente importante como ser subdivididas en funciones .Las funciones combinadas consisten en varias funciones elementales.

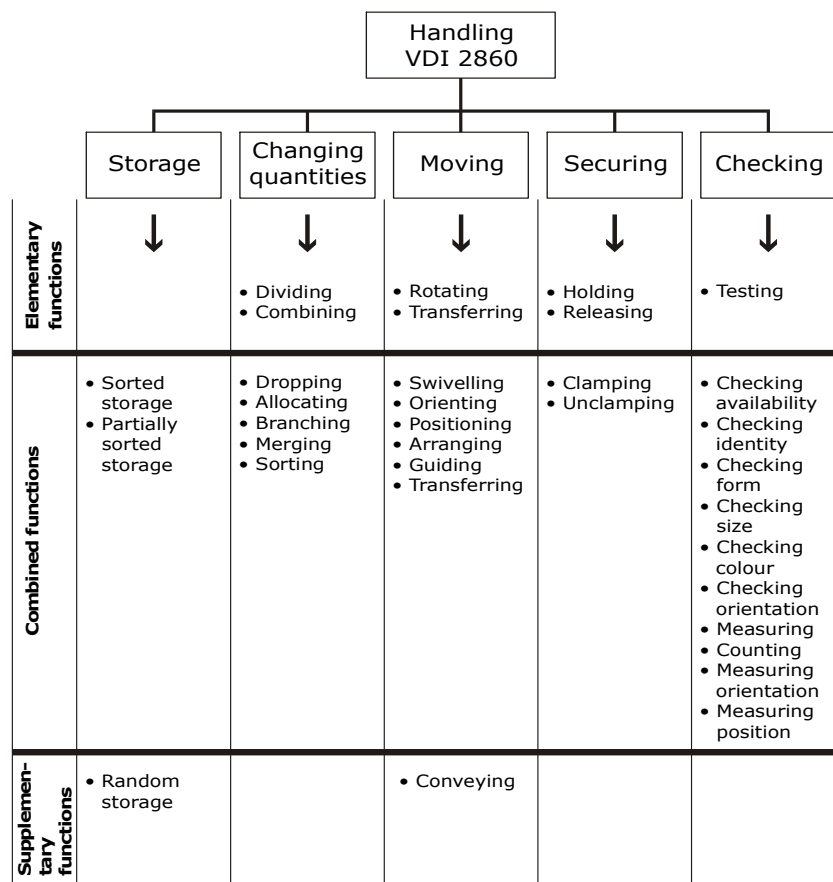





Figure 4: Structuring of handling functions to VDI 2860

## ANEXO VI

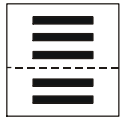

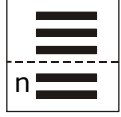
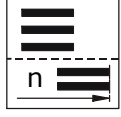
### Símbolos de la tecnología de manipulación

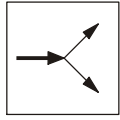
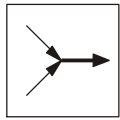
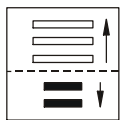
Las funciones de manipulación son denotadas por ciertos símbolos. Un proceso de manipulación puede ser representado gráficamente en la forma de una secuencia de símbolos

#### Almacenamiento

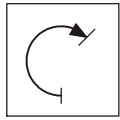
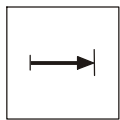
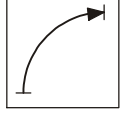
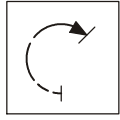
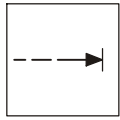


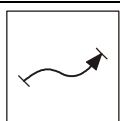
Función de manipulación	Símbolo	Descripción
Almacenamiento clasificado		Almacenamiento de objetos geoméricamente definidos con $OZ = 3/3$
Almacenamiento parcialmente clasificado		Almacenamiento de objetos geoméricamente definidos con $0/0 < OZ < 3/3$
Almacenamiento al azar		Almacenamiento de objetos geoméricamente definidos con $OZ = 0/0$ De acuerdo a VDI 2860 no es una función de manipulación, listada por razones informativas


#### Alteramiento de Cantidades Altering quantities

Función de manipulación	Símbolo	Descripción
Separación		Formar un subconjunto de una cantidad total
Combinación		Formar cantidades a partir de subconjuntos
División		Formar subconjuntos de un tamaño definido a partir una cantidad total
Allocación		Formar subconjuntos de un tamaño a cantidad definidos y la movilización de estos subconjuntos a un destino definido

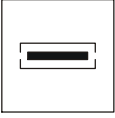
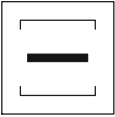
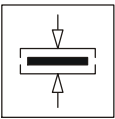
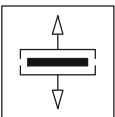
Branching		Rompimiento de un flujo de masa en conjuntos parciales de flujos
Merging		Formar un flujo de masa a partir de subconjuntos de flujos ?
Clasificación		Alocación y división de cantidades de diferentes objetos de acuerdo a categorías de características definidas

## Movilización

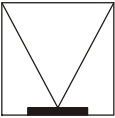
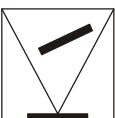

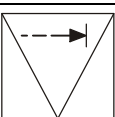
Función de manipulación	Símbolo	Descripción
Rotación		Movimiento de un objeto desde una orientación específica a una orientación diferente alrededor de un eje envolviendolo como objetivo específico un punto de referencia La posición permanece sin cambio.
Desplazamiento		Movimiento de un objeto desde una posición definida a otra posición en terminus de traslación en línea recta. La orientación permanece sin cambio.
Swivelling		Movimiento de un objeto desde una orientación específica a otra orientación y posición en terminus de rotación de un objeto alrededor de un eje remoto.
Orientación		Movimiento de un objeto desde una orientación indefinida hasta una orientación definida.
Posicionamiento		Movimiento de un objeto desde una orientación indefinida hasta una orientación específica
Clasificación		Movimiento de un objeto desde una orientación indefinida hasta una orientación y posición o dirección de movimiento.
Guiado		Movimiento de objetos desde una a otra posición específica a través de un camino o ruta definido . La orientación es definida en cada punto.
Transferencia		Movimiento de objetos desde una a otra posición especificada a través de una ruta no definida . El grado de orientación permanece sin cambio

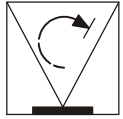
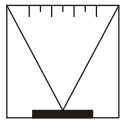
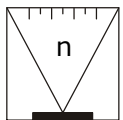
Conveying		Movimiento de un objeto desde una posición a cualquier otra posición . El grado de orientación y ruta de movimiento no están definidos. De acuerdo a la definición no constituye una función de manipulación , sin esta permite la descripción de la secuencia completa de la función (nombrada para el efecto de complementariedad).
-----------	---	--

## Securing

Función de manipulación	Simbolo	Descripción
Holding		Temporary securing of an object in a defined orientation and position.
Releasing		The reverse of holding.
Clamping		Temporary securing of an object in a defined orientation and position via friction-locking.
Unclamping		The reverse of clamping.

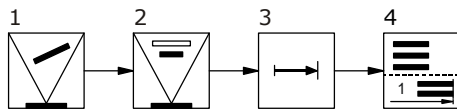
## Checking

Handling function	Symbol	Description
Checking		Establishing, whether objects fulfil specified conditions (see. DIN1319; VDI/VDE2600), e.g. the following are checked: Availability, identity, form, position, orientation . . .
Checking availability		Establishing, whether an object is available within a defined area.
Checking identity		Establishing, whether an object fulfils specified characteristics.
Checking position		Establishing, whether an object is located at a specified point within the coordinate system.

Checking orientation		Establishing, whether an object has a specified orientation in relation to a reference coordinate system.
Measuring		Establishing of a value as a multiple of a reference variable (see. DIN1319; VDI/VDE2600).
Counting		Determining of a quantity of objects.

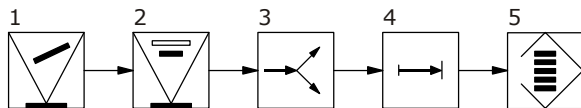
## MPS stations – Material flow

### *Buffer station*



1: checking availability, 2: checking identity, 3: displacing, 4: allocating

### **Sorting station**



1: checking availability, 2: checking identity, 3: branching, 4: displacing, 5: sorted storage