

# INTRODUCCIÓN A LA AUTOMATIZACIÓN. AUTÓMATAS PROGRAMABLES.



**Carlos Tutosaus Gómez.**  
**5º Ingeniería Industrial.**

**ÍNDICE**

	<b>página</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN A LA AUTOMATIZACIÓN</b>	
1.1 Introducción.....	3
1.2 Tipos de automatización de los sistemas de producción.....	4
1.3 Razones para automatizar.....	6
1.4 Principios y estrategias para la automatización.....	7
<b>2. AUTÓMATAS PROGRAMABLES</b>	
2.1 Sistemas de control.....	8
2.2 Elementos básicos de los sistemas de control por computador.....	10
2.3 Sensores, actuadores y conversores.....	10
2.4 Introducción al control discreto de procesos.....	18
2.5 Lenguaje relé (LADDER).....	19
2.6 Controladores lógicos programables.....	21
2.7 Sistemas de cableado.....	27

## 1. INTRODUCCIÓN A LA AUTOMATIZACIÓN

### 1.1 Introducción

El objetivo de la automatización es minimizar la intervención de operadores aplicando tecnologías tele-informáticas a las actividades de control de la producción en los sistemas en los cuales se pueda cerrar un lazo de información, lo que implica medir el proceso, determinar su estado, tomar una decisión en base a un objetivo pautado y actuar sobre el proceso para llevarlo a su objetivo.

#### Operaciones básicas de los sistemas de producción

- **Procesado.** Transformación de productos. Materia prima a producto terminado. Petroquímicas.



- **Ensamblaje.** Unión de dos o más piezas para formar un todo. Industria del automóvil.



- **Inspección y prueba.** Comprobación de las especificaciones de diseño y funcionamiento.

- **Almacén y movimiento.** Optimización del espacio y del tiempo.



- **Control.** Necesario a todos los niveles.

### Elementos necesarios para automatizar

- Máquinas y herramientas automatizadas. (Válvula -> Electroválvula).



- Robots industriales



- Sistemas de movimiento y almacenamiento automáticos
- Sistemas realimentados

- Sistemas computadores: Control, planificación y toma de decisiones



## 1.2 Tipos de automatización de los sistemas de producción

Clasificación atendiendo al nivel de especialización.

- **Fija**

Utiliza equipos específicamente diseñados para resolver un proceso determinado. El objetivo es obtener la máxima eficiencia. Los procesos en los que se emplea tienen las siguientes características:

- Producción alta
- Poca diversidad de productos. Poca flexible para variar producción.
- Etapas fijas
- Gran inversión inicial en equipos a medida
- El alto coste se reparte en la gran cantidad de unidades fabricadas.

Ejemplos: Líneas de mecanizado, máquinas de ensamblaje automático.

- **Programable**

Utiliza los mismos equipos para diferentes sistemas de producción con el objetivo de abaratar costes y proporcionar mayor flexibilidad en el tipo de producción. Los procesos en los que se emplea tienen las siguientes características:

- El equipo tiene la capacidad de cambiar la secuencia de operación mediante programa para adaptarse a variaciones del producto.
- Equipos de propósito general
- Producción baja media
- Posibilidad de gran variedad de productos.
- Inversión en equipos de propósito general.

En el caso en el que sea necesario realizar pequeñas modificaciones en la cadena de producción hay que tener en cuenta (realizados al finalizar la fabricación del lote actual):

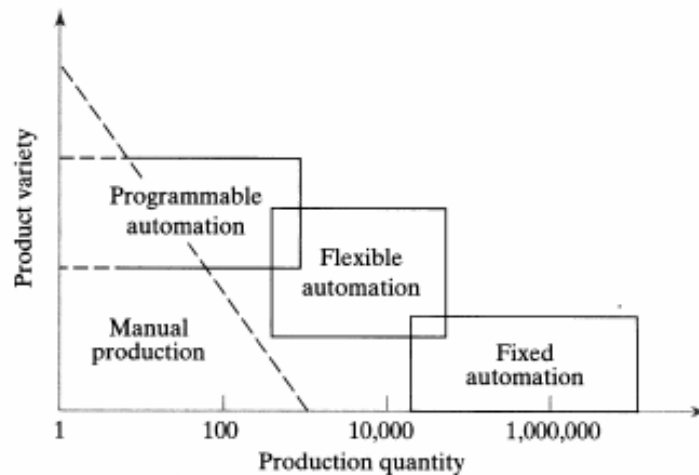
- Reprogramación de robots, máquinas de control numérico, autómatas programables, etc.
- Modificación física de las herramientas.

Ejemplos: Robots industriales, Control numérico, PLCs, relés programables.

- **Flexible**

Término medio entre las anteriores. Permite reconfiguraciones para variar la producción. Cierta nivel de parametrización. Los procesos en los que se emplea tienen las siguientes características:

- Equipos de propósito general más específicos o sofisticados que la anterior
- Producciones medias
- Alta inversión en equipos a medida.
- Producción continua de mezclas variables de productos.
- Flexibilidad para acomodar variaciones en el diseño del producto.



### 1.3 Razones para automatizar

- Mejorar la productividad
- Disminuir costes
- Eliminar labores rutinarias
- Aumentar la seguridad de los trabajadores que pasan a labores de supervisión.

- Aumentar la calidad de los productos
- Disminuir el tiempo de espera en la producción
- Realizar operaciones de alta precisión. Miniturización, complejidad geométrica, temperaturas, sensibilidad componentes. (Circuitos integrados)

### **Procesos con necesidad de mano de obra.**

Existen procesos para los cuales la automatización es una tarea difícil o incluso imposible, para ello se tiene que mantener la producción manual. Estos procesos tendrán alguna o varias de las siguientes características:

- Tareas tecnológicamente difíciles de automatizar
- Productos con cortos periodos de vida
- Productos a medida
- Productos con grandes variaciones en la demanda
- Reducir pérdidas ante el fracaso de un producto

Además, existen tareas que los sistemas automatizados no pueden atender y que serán realizadas por un operador cualificado. Estas tareas son por ejemplo:

- Mantenimiento de equipos
- Programación de sistemas
- Equipos de ingeniería
- Dirección y supervisión de plantas

### 1.4 Principios y estrategias para la automatización

De una forma esquematizada se puede afrontar el diseño de un sistema automatizado siguiendo el principio USA.

#### **Principio USA**

- “Entender, simplificar y Automatizar”
  - Entender los detalles del proceso
    - Entradas y salidas
    - Función en el proceso
    - Orden de las operaciones y justificación
    - Modelo matemático del proceso
  - Simplificar
    - Eliminar pasos innecesarios
    - Emplear tecnología adecuada
  - Automatizar

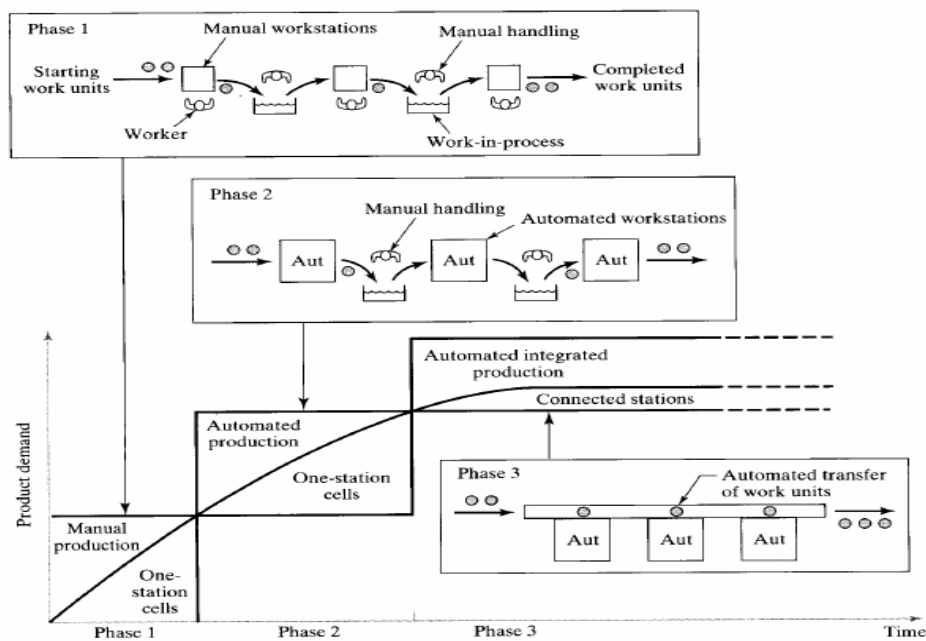
Ejemplo de estrategia a seguir para la automatización de un sistema de producción manual.

En un primer momento, necesitamos introducir un nuevo producto en el mercado a corto plazo. Por ello, inicialmente emplearemos un sistema de producción manual que tiene un coste mas bajo de implantación. Si necesitamos aumentar la tasa de producción se duplican las líneas de trabajo y se agrupan en celdas de trabajo.

A continuación, si el producto tiene éxito en el mercado procedemos a la implantación del sistema automatizado.

Por lo tanto las fases a seguir han sido:

- FASE 1: Producción manual en celdas de 1 sola línea.
- FASE 2: Producción automatizada en celdas de 1 sola estación operando independientemente. (Tras observar un aumento en la demanda).
- FASE 3: Producción automática integrada, si la demanda está garantizada para varios años. Se automatiza la transferencia entre estaciones (integración)



## 2. AUTÓMATAS PROGRAMABLES

### 2.1 Sistemas de control

- Sistema: Combinación de componentes que actúan juntos y realizan objetivo determinado. Un sistema se comunica con el exterior mediante sus entradas y salidas. Internamente puede estar compuesto de varios subsistemas
- Variable controlada: Es la cantidad o condición perteneciente al sistema cuyo comportamiento se pretende controlar. Normalmente corresponden a la salida del sistema.



- Variable manipulada: Es la cantidad o condición del sistema sobre la que se puede actuar, influenciando la variable controlada. Normalmente corresponden a las entradas.
- Control: Llevar el sistema a un régimen deseado actuando sobre las variables manipuladas.
- Controlador: Sujeto externo al sistema cuya misión es controlar dicho sistema. El controlador es automático si consigue controlar el sistema sin intervención humana.
- Órdenes: Normalmente definen un objetivo respecto las variables controladas.
- Controlador en bucle cerrado: Controlador que define el valor de las variables manipuladas en función de las órdenes y el valor de las variables controladas.

### **Clasificación de los controladores en función del tipo de industria destino (de procesos o de fabricación discreta): Continuos o Discretos.**

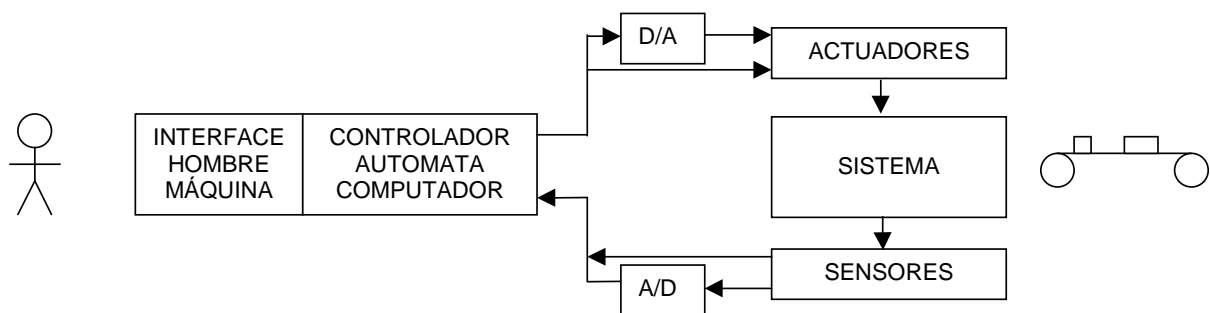
- Variables de los parámetros del proceso toman valores:
  - Continuos (infinitos valores en un rango)
  - Discretos (binarios o un conjunto de valores finito)
- Sistemas de **control continuo**. Utilizado con variables continuas en la industria de procesos.
  - Control por realimentación (Feedback). Reguladores y servosistemas.
  - Control por adelanto (feedforward)
  - Control adaptativo. Modifica parámetros del modelo.
- Sistemas de **control discreto**. Utilizado con variables discretas en industrias de fabricación discretas.
  - Dirigidos por evento. El controlador responde a cambios en las variables del proceso. (Lógica de control combinacional)
  - Dirigidos por tiempo. El controlador responde a cambios en las variables del proceso en función del tiempo. (Lógica de control secuencial).
- Requisitos de un buen controlador:
  - Responder ante señales que provienen del sistema a controlar (EVENTOS).
  - Realizar ciertas acciones en ciertos puntos temporales (TEMPORIZACIÓN).

### **Control por computador.**

- Desde los años 50 se ha venido utilizando sistemas basados en computadora como elementos de control en la industria.
- Capacidades del control por computador que responden a los requisitos del buen controlador:
  - Capacidad de leer periódicamente un conjunto de variables del sistema (Encuesta o polling).

- Capacidad de reaccionar ante cambios en las variables del sistema (Interrupciones).
- Manejo de excepciones o eventos fuera de la operación normal o deseada.
- Capacidad de realizar tareas de computación.
- Capacidad de definir valores en variables del sistema
- Ejemplos de formas de control de procesos por computador:
  - Control numérico. Se utiliza un computador para dirigir las acciones de una máquina a través de una secuencia de pasos definida por un programa de instrucciones. Por ejemplo máquinas taladradoras.
  - Robótica industrial. El manipulador electromecánico es controlado por un computador para moverse a través de una secuencia de posiciones durante el ciclo de trabajo
  - Autómatas Programables (PLC). Dispositivo controlador basado en microprocesador que utiliza instrucciones guardadas en memoria para implementar las funciones de control (lógicas, aritméticas, cuenta, temporización, secuenciación).
  - PCs y control distribuido

## 2.2 Elementos básicos de los sistemas de control por computador



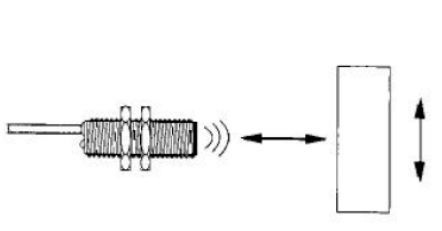
- Interface hombre/máquina: Teclados, ratones, pantallas táctiles, monitores, etc.
- Controlador: Computador. Autómatas programables (PLC).
- Conversores A/D y D/A: Convierten señales analógicas en digital y viceversa.
- Sensores: Convierten variables físicas (Temperatura, presión, etc) en variables eléctricas medibles.
- Actuadores: Convierten variables eléctricas en físicas.

## 2.3 Sensores, actuadores y conversores

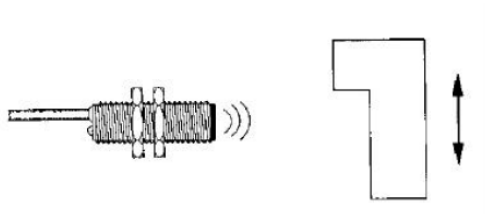
Sensores:

- Cualquier dispositivo que permita medir variables físicas.
- Componentes:
  - Sensor: Detecta la variables física a medir.
  - Transductor: Convierte la variables física a una forma alternativa (Señal eléctrica).
- Clasificación en función tipo de variable a medir:

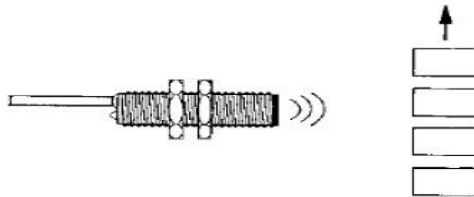
- Contínuos: Proporcionan una señal analógica función de la variable física medida.
- Discretos:
  - Binarios: Proporcionan dos estado diferentes, on-off.
  - Discretos: La medida viene codificada en una conjunto de bits que se transmiten en paralelo o serie. Sólo pueden proporcionar un número discreto de medidas.
- Características deseables de los sensores:
  - Alta precisión. Las medidas deben contener poco error y ser robustas ante posibles ruidos.
  - Gran rango de operación. Permitir medir valores muy diferentes de la variable física.
  - Alta velocidad de respuesta. El dispositivo responde rápidamente a cambios en la variable.
  - Fácil calibración.
  - Poca pérdida de precisión a lo largo del tiempo.
  - Poco coste
- Sensores de movimiento o presencia.
  - Variables a medir: Aceleración, velocidad y desplazamiento (Posición, distancia, proximidad, tamaño).
  - Finales de carrera. Interruptores electromecánicos de conmutación electromecánica.
  - Potenciómetros. Posiciones lineales o angulares.
  - Inductivos. Basados en las influencias de piezas metálicas en campos magnéticos. Detectan cambios en el campo electromagnético.
    - Conmutan sin esfuerzo mecánico.
    - No sufren desgaste.
    - Tiene larga duración.
    - Gran precisión en punto de conmutación
    - Existen detectores inductivos con salidas analógicas indicando distancias.
  - Capacitivos. Detección de materiales conductores (metales) y no conductores (madera, vidrio, cartón, plástico, cerámica, ...). Basados en la variación de la capacidad de los condensadores ante la presencia de piezas.
- Fotoeléctricos (láser). Basado en emisión y recepción de un haz de luz dirigido.
- Ultrasonidos. Detección de objetos a cierta distancia y transparentes
- Sensores de movimiento o presencia.
  - Detectar posición de un objeto.



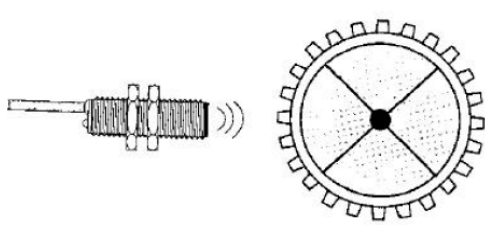
- Posicionamiento de objeto.



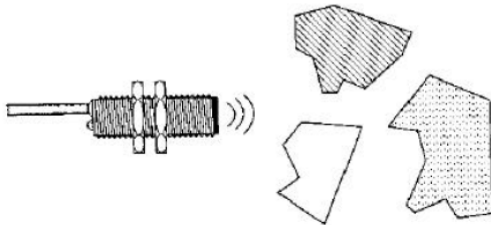
- Conteo de piezas.



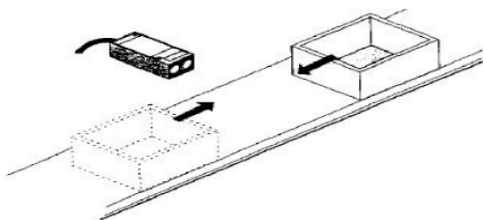
- Medición de velocidad de rotación.



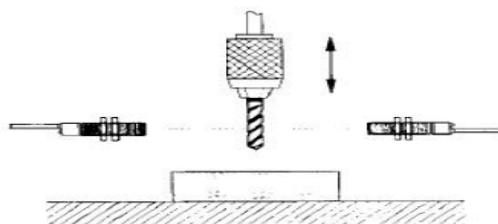
- Discriminación de piezas.



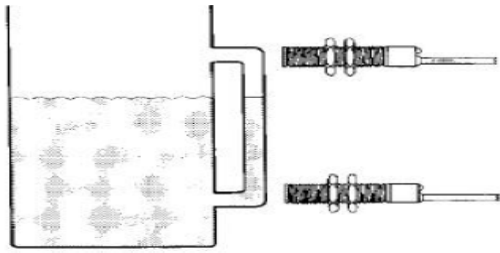
- Sentido del movimiento.



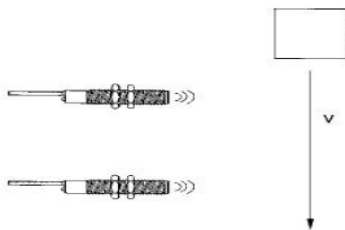
- Supervisión de herramientas.  
Rotura de una broca.



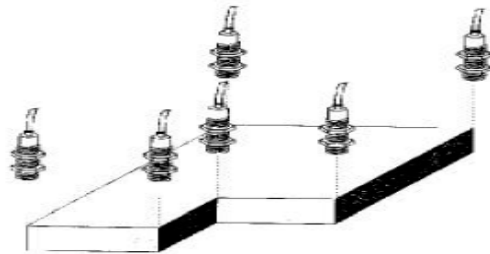
- Medición de niveles



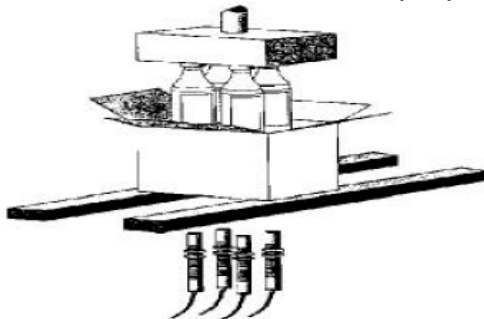
– Medición de velocidad.



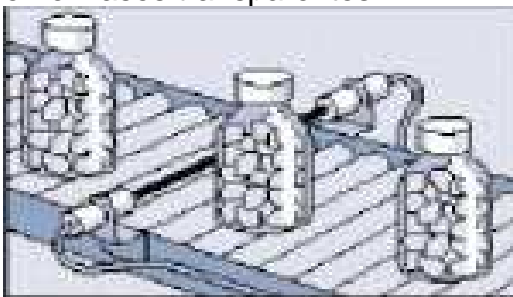
– Detección forma objetos.



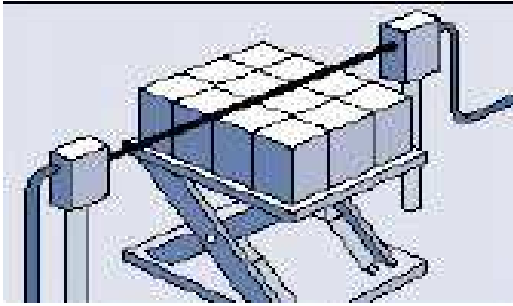
– Verificación contenido paquetes



– Verificación existencia objetos  
en envases transparentes.



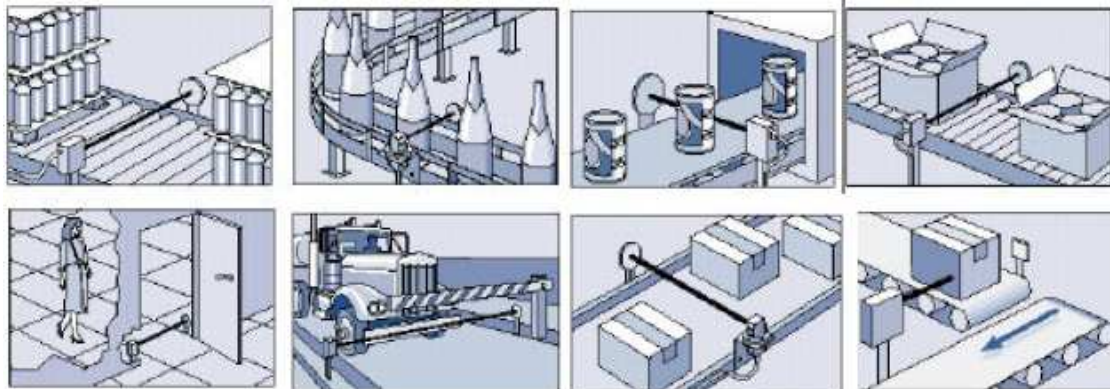
– Altura.



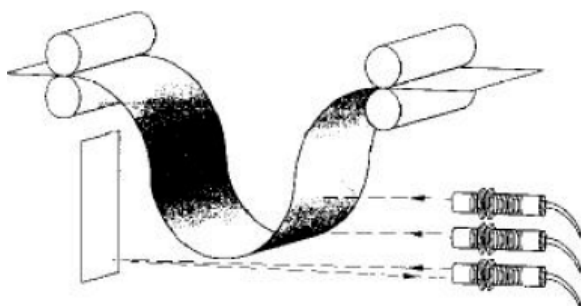
– Lavado de coches



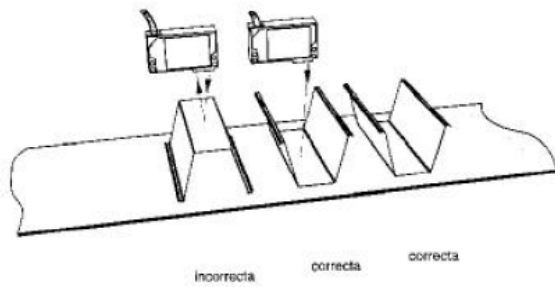
Flujo de palets, contador botellas, botes, cajas, detectar personas, parking,...



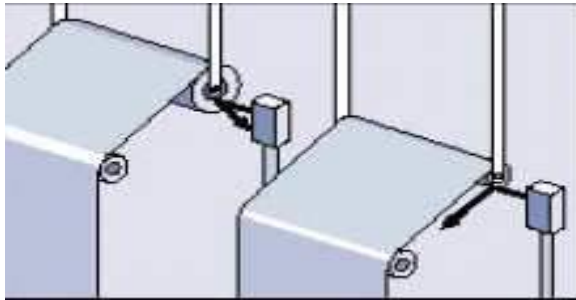
– Control de bucle compensador.



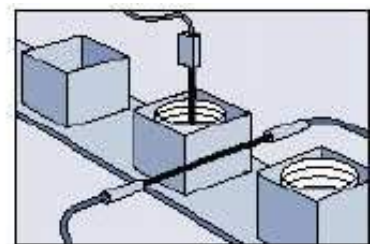
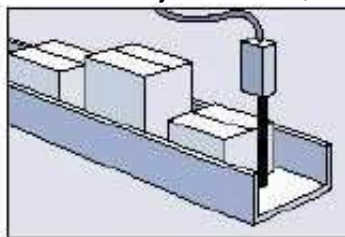
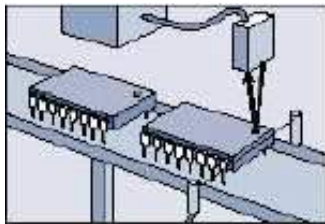
– Verificación posición pieza.



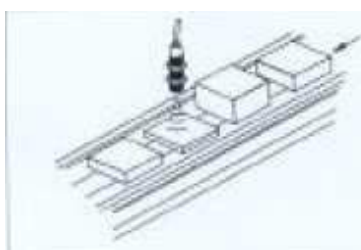
– Final rollo material



– Determinar orientación circuito integrado, detectar cajas de distinta altura, detectar cajas vacías,...



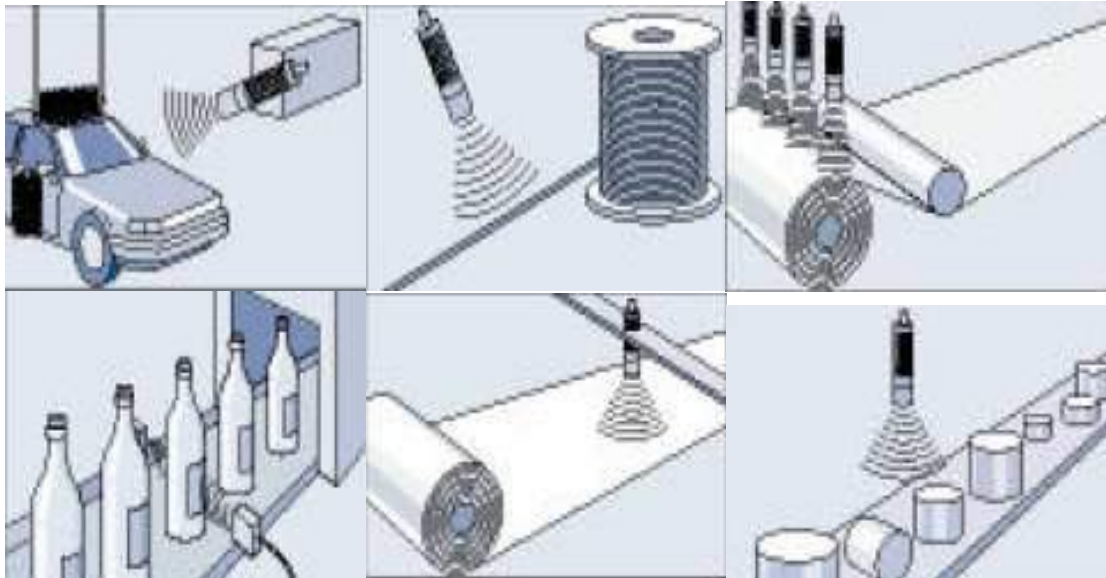
– Determinar altura, grosor y control de bucle.



– Control de nivel y anticolisión.



– Control de calidad (roturas y posiciones), presencia, reconocimiento de contorno,



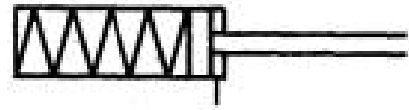
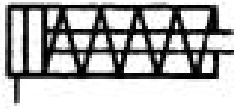
- Sensores de fuerza o presión.
  - Galgas. Materiales que varían su resistencia eléctrica al deformarse.
  - Materiales piezoeléctricos. Producen diferencias de potencial al deformarse
- Sensores de temperatura
  - Detectores de temperatura resistivos (RTD). Materiales que cambian su resistencia eléctrica en función de la temperatura (Platino Pt-100).
  - Termistores. Materiales semiconductores con impurezas que generan una diferencia de potencial debido a la temperatura (AD590).
  - Termopar. Corriente inducida entre dos metales debido a la diferencia de temperatura.
- Sensores de caudal/flujo
  - Basados en diferencias de presión
  - Basados en turbinas
  - Basados en flujo magnético

### ACTUADORES

- Dispositivo que convierte una señal de control en un cambio en una variable física. La señal de control suele ser de bajo nivel energético, por lo que el actuador necesita de una fuente de energía.
- Actuadores neumáticos. Dispositivos que utilizan como fuente de energía el aire comprimido. Necesitan por tanto de una máquina compresora que genere el aire comprimido.
  - Se utilizan principalmente para operaciones que impliquen desplazamientos rectilíneos.
  - Se accionan mediante electroválvulas.
- Actuadores neumáticos.



- Elementos neumáticos de movimiento rectilíneo.
  - Cilindros de simple efecto. El vástago retorna por efecto de muelle o fuerza externa.



- Cilindros de doble efecto. La fuerza ejercida por el aire comprimido permite al émbolo realizar un movimiento de traslación en los dos sentidos



- Doble vástago



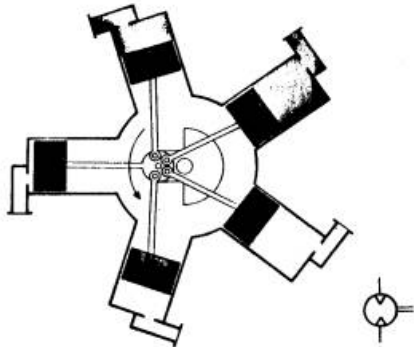
- Doble tándem



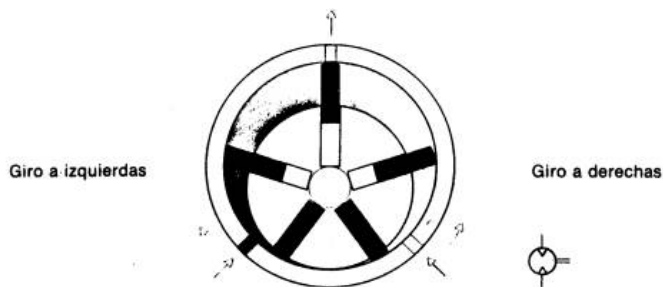
- Cilindro de impacto, Cilindro de giro.

- Elementos neumáticos de movimiento giratorio. Motores neumáticos.

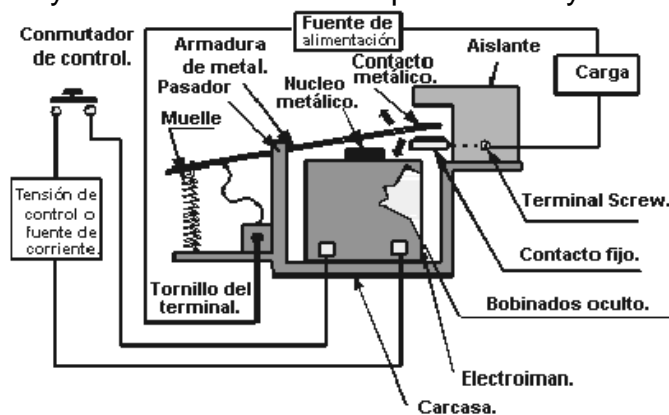
- Motores de émbolo
- Motores de aletas



- Motores de engranajes- Turbomotores



- Actuadores hidráulicos. Sustituyen el aire comprimido por un fluido, generalmente aceite o agua.
- Motores eléctricos. Motores que utilizan como energía la corriente eléctrica.
  - Motor de corriente continua. Motor electromagnético rotacional. Se alimenta de corriente continua. El movimiento rotacional se puede convertir en lineal mediante el uso de ruedas dentadas.
  - Motor de corriente alterna. Motor electromagnético rotacional. Se alimenta con corriente alterna. Tiene un menor coste, facilidad de construcción y alimentación.
  - Motor paso a paso. Motor electromagnético rotacional. La rotación se produce como respuesta a un tren de impulsos. Control en bucle abierto.
- Relés. Sistema mediante el cuál se puede controlar una potencia mucho mayor con un consumo en potencia muy reducido



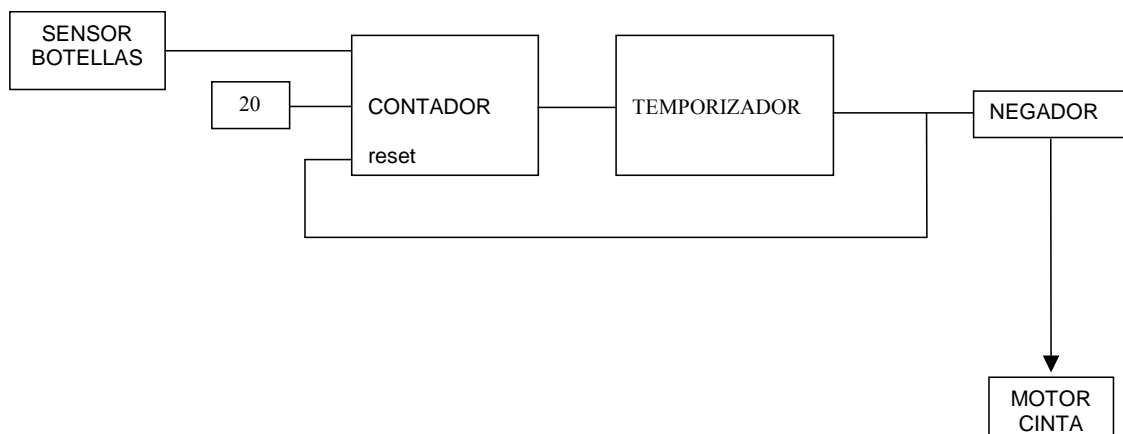
### Conversores A/D D/A

- Conversor Analógico/Digital. Dispositivo que convierte señales analógicas en señales digitales compatibles con los sistemas computadores.
- Pasos en la conversión:
  - Sensor convierte variable física en señal eléctrica.
  - Se acondiciona la señal mediante filtrados y conversiones corriente/voltaje.
  - Se realiza un multiplexado.
  - Se escala la señal mediante un amplificador.
  - Se produce la conversión.
- Características relevantes de un conversos A/D:
  - Tiempo de muestreo.
  - Tiempo de conversión.
  - Resolución
  - Método de conversión

### 2.4 Introducción al control discreto de procesos

- Utilizado en procesos donde los parámetros o variables cambian sus valores en momentos discretos o sólo admiten valores discretos

- Se pueden considerar dos categorías:
  - Control lógico. Control dirigido a evento.
  - Control secuencial. Control dirigido a tiempo.
- Control lógico combinacional.
  - Denominado control lógico combinacional.
  - Las salidas del controlador son determinadas exclusivamente por las entradas.
  - No incluye memoria ni se tiene conocimiento del valor previo de las entradas
  - Elementos: Puertas lógicas + Álgebra de Boole (Ejemplo Montacargas-Grúa Automática)
- Control secuencial.
  - Extensión del control lógico combinacional.
  - Las salidas del controlador son función de las entradas y el tiempo.
  - Elementos: Control lógico + Temporizadores + Contadores + Elementos de memoria (Ejemplo de cinta embotelladora).

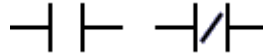


### 2.5 Lenguaje relé (LADDER)

- **Lenguaje gráfico** que expresa la lógica, temporalidad y secuencialidad de un sistema.
- Es familiar al personal encargado de construir, testear y mantener sistemas de control discreto.

- Elementos:

- Contactos: Entradas.



- Cargas: Salidas



- Elementos:

- Temporizadores: Elementos

- Se puede definir el tiempo de retraso.
- Dispone de una entrada que indica comienzo temporización.
- Cuando una señal activa la entrada, el temporizador espera el tiempo de retraso y a continuación activa la señal de salida.



- Contadores: Elementos contadores de eventos.

- Entrada de reset de cuenta.
- Entrada de incremento de cuenta



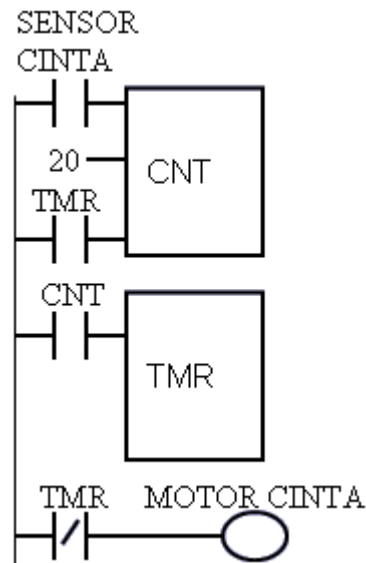
- Elementos:

- Operaciones lógicas con las entradas

- AND:
- 

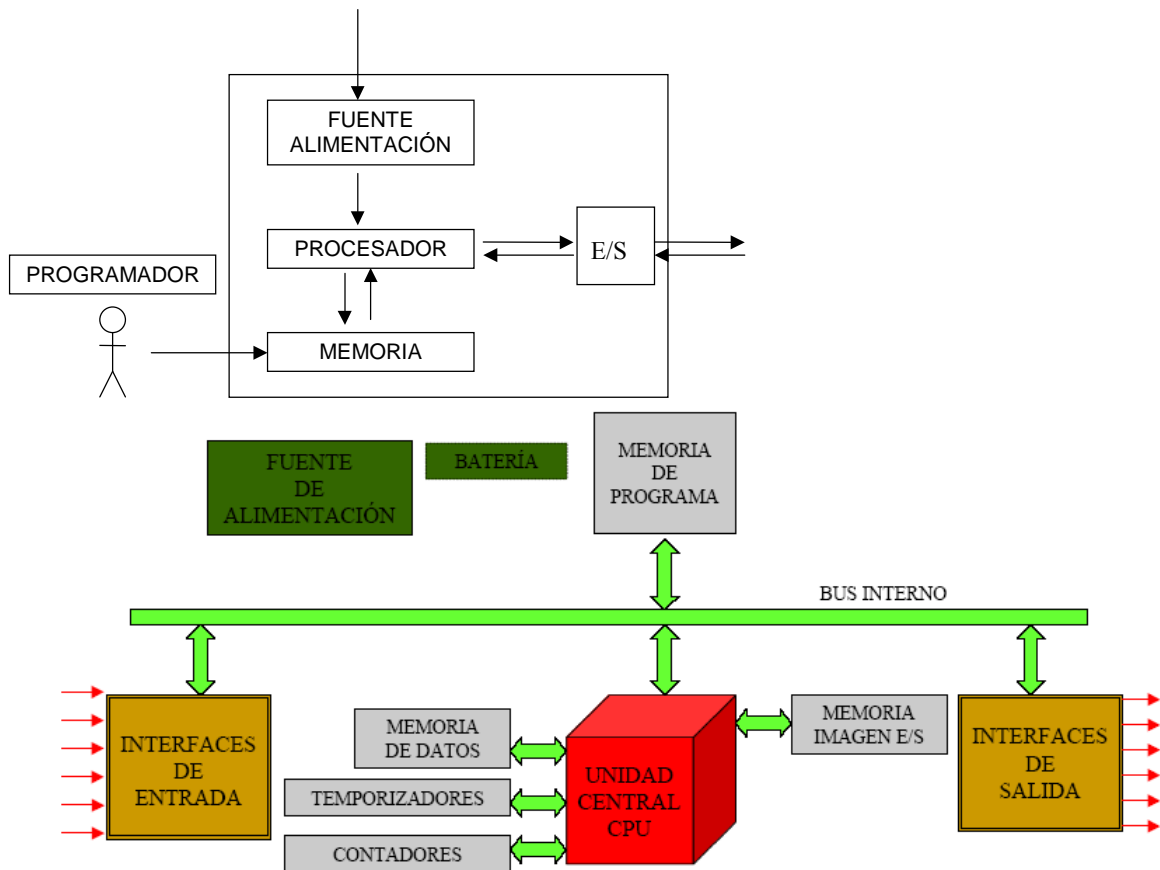
- OR:

- NOT:



## 2.6 Controladores lógicos programables

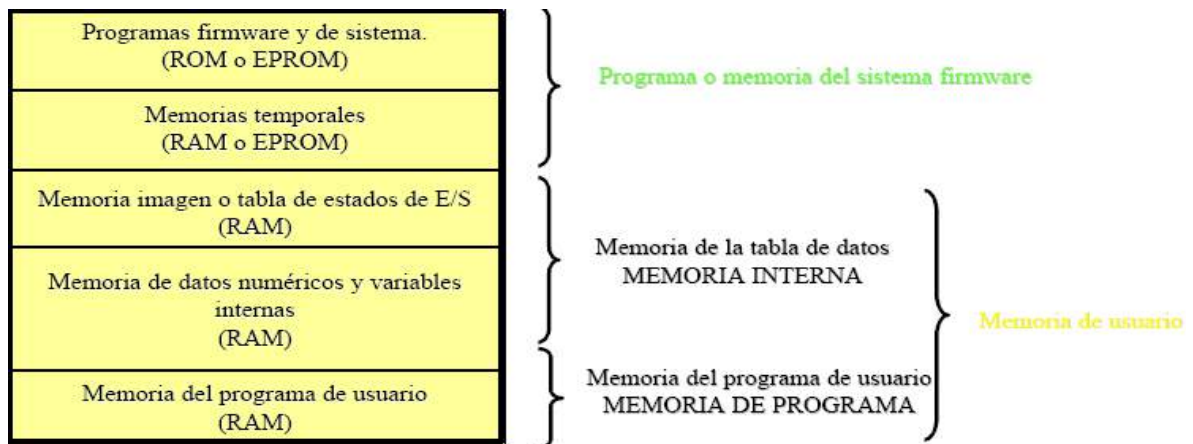
- Introducción.
  - Controlador basado en microprocesador que usa instrucciones guardadas en memoria programable para implementar lógica, secuencia, temporización, cuenta y funciones aritméticas a través de E/S digitales y analógicas para controlar máquinas y procesos.
  - Con anterioridad a los PLCs, se utilizaban controladores basados en relés electromecánicos, contadores, temporizadores, etc.
  - Hacia 1960 Richard Morley desarrolla una compañía que sustituye el control relé por microcomputadores.
  - En 1968 se formalizan las primeras especificaciones del primer PLC. El objetivo es superar las limitaciones de los computadores convencionales:
    - Procesamiento en tiempo real.
    - Composición modular.
    - Programación basada en LADDER.
- Ventajas de los PLCs sobre control-relé.
  - Facilidad de programación del PLC.
  - Capacidad para cambiar el programa.
  - Ahorro de espacio físico.
  - Conectividad sencilla con computadores.
  - Proporciona mayor variedad de funciones de control.
- Componentes internos de un PLC:
  - Procesador
  - Unidad de memoria
  - Módulos de E/S
  - Alimentación



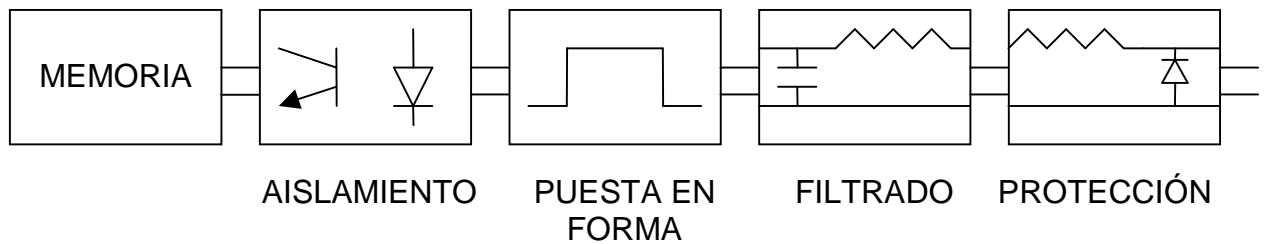
- Procesador
  - Es la unidad central de proceso del controlador lógico programable.
  - Lee las entradas del autómata, ejecuta las instrucciones guardadas en memoria y programa las salidas.
  - El procesador está compuesto por uno o más microprocesadores diseñados para facilitar operaciones de E/S. Son similares a los utilizados en computadores.
- Unidad de memoria
  - Tipos de memorias basadas en semiconductores:
    - RAM. Memoria de lectura y escritura. Volátil al faltar la alimentación.
    - ROM. Memoria sólo lectura. Su contenido se define en el momento de su fabricación y no se pierde por falta de alimentación.
    - EPROM. Memoria de sólo lectura, reprogramables, con borrado mediante luz ultravioleta.
    - EEPROM. Memoria de sólo lectura, reprogramables mediante métodos eléctricos.

MEMORIA	LECTURA/ESCRITURA	SÓLO LECTURA	APLICACIONES
VOLÁTIL	RAM		Datos internos Memoria Imagen E/S
NO VOLÁTIL		ROM	Monitor Intérprete
		EPROM	Programa de usuario (Lo Guarda una vez depurado)
	RAM + BATERIA RAM + EEPROM		Programa de usuario (RAM + Batería) Datos internos mantenidos Parámetros Más RAM + EPROM respalda a la RAM
	EEPROM		Programa usuario Parámetros

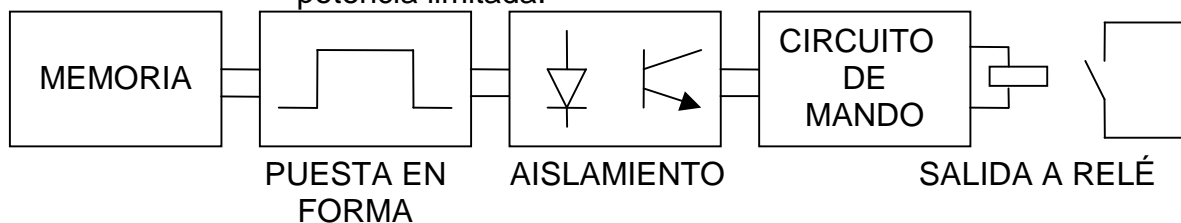
- Encargada de guardar las instrucciones y datos.
- Memoria no programable.
  - Constituye la memoria de sistema. Dirige la ejecución del programa de usuario y coordina las operaciones de E/S.
- Memoria programable por usuario.
  - Área de datos.
    - Variables o marcas de un bit.
    - Imagen del estado de los bits de E/S.
    - Palabras de n bits asociadas a bloques: contadores, temporizadores, registros de uso especial, etc.
  - Área de programa de usuario. (RAM+Batería, EPROM - EEPROM)
    - Código ejecutable y comentarios.



- Módulos de E/S
  - Proporcionan conexión a equipo industrial o proceso.
  - Entradas digitales.
    - Se utilizan para conectar los sensores digitales.
    - Cada ciclo máquina se leen los bits de entrada y se vuelcan a memoria.
    - Tensiones estándar : 24V (CC), 110V (CA) y 220V (CA).



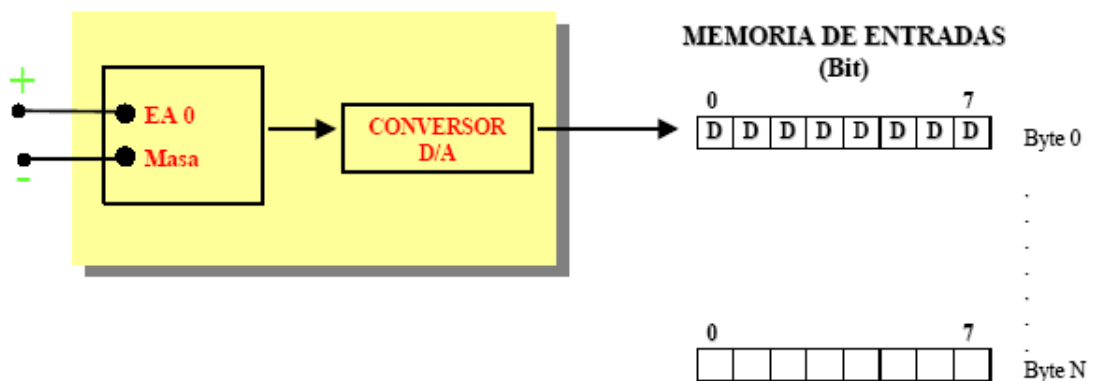
- Entradas digitales.
  - Etapas:
    - Protección ante sobretensiones. Rectificación de la C.A.
    - Filtrado para eliminación de ruidos. Posiblemente programable. Para cuentas rápidas entradas especiales
    - Adecuación a una forma de onda digital.
    - Aislamiento del sistema de memoria y el sistema de E/S.
- Salidas digitales.
  - Usadas por el PLC para definir el comportamiento de los actuadores binarios.
  - SALIDAS A RELÉ: Los valores binarios se convierten en apertura o cierre de un relé. Soportan cierta intensidad máxima de paso.
  - SALIDAS ESTÁTICAS: Los valores binarios se convierten en presencia o no de voltaje 0-24V. Proporcionan una potencia limitada.



- Salidas digitales.
  - Sistemas de seguridad:
    - Cuando el programa falla, el PLC pasa a estado STOP. Las salidas se pueden programar para mantenerse en estado no perjudicial para la aplicación.
    - En caso de cortocircuito, las salidas se pueden desactivar. La reactivación puede ser automática, repitiéndose cada cierto periodo de tiempo, o programada.



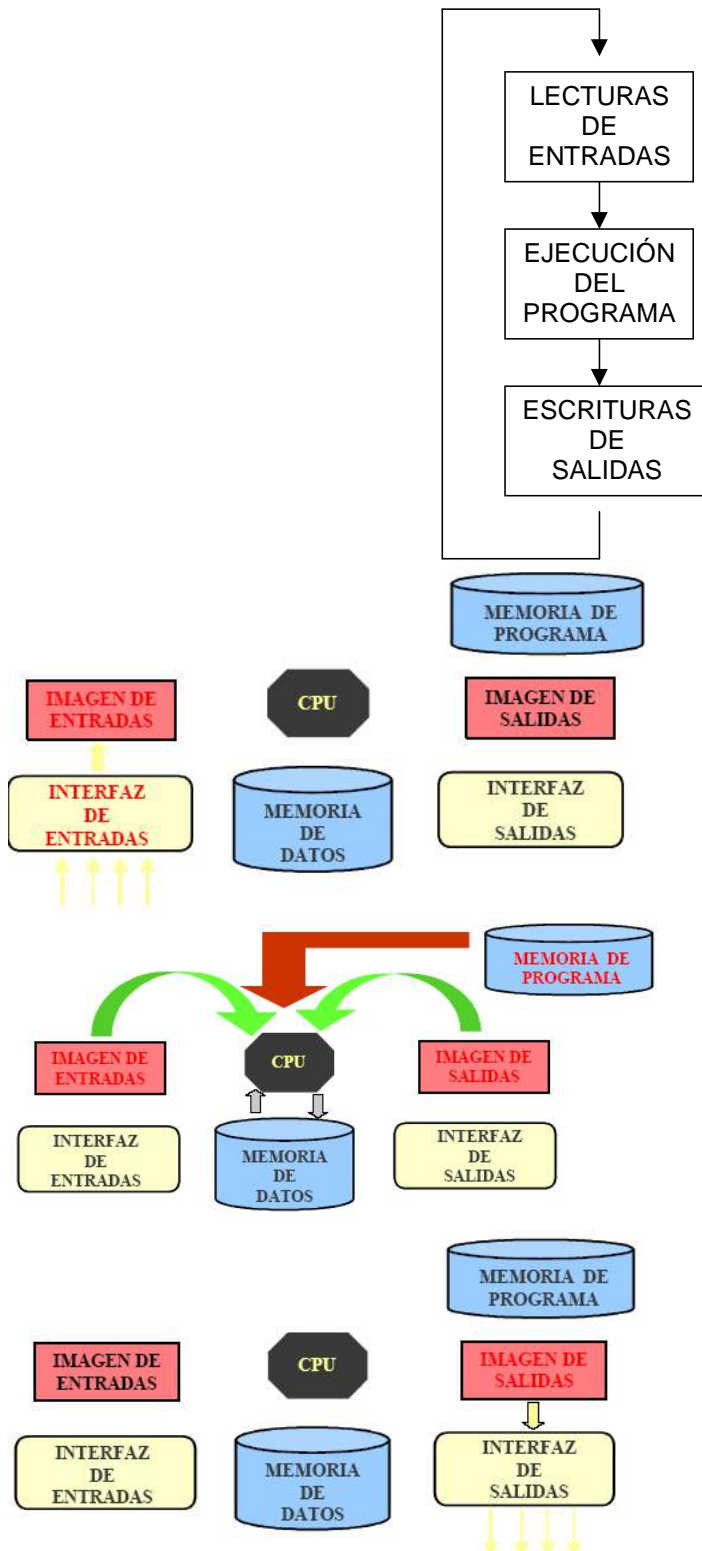
- Entradas analógicas.
  - Convierten cierta magnitud analógica (Tensión o corriente) en un número digital que se guarda en una variable de memoria.
  - La precisión viene dada por la longitud de la variable, 12-16-24 bits.
  - Distintos rangos de velocidad de muestreo: 25ms - 30s.
  - Rangos en las entradas: -10..10V, 0..10V, 0..20mA, 4..20mA



- Salidas analógicas.
  - Convierten una variable de memoria en cierta magnitud física (Tensión o corriente).
  - Cumplen funciones de regulación y control de procesos continuos.
  - La precisión viene dada por la longitud de la variable, 12-16-24 bits.
  - Rangos en las salidas: -10..10V, 0..10V, 0..20mA, 4..20mA.
  - Disponen de sistemas de protección ante fallos.

#### Ciclo de operación de un PLC

- Lectura de entradas. EL PLC lee los valor actuales de las entradas y los guarda en la memoria para que puedan ser consultados por el programa.
- Ejecución del programa. El procesador ejecuta el programa de usuario. Dicho programa calcula el valor que han de tener las salidas del PLC en función de las entradas y otras variables de memoria. El nuevo valor de las salidas se guarda también en memoria.
- Escritura de las salidas. El PLC traspasa a las salidas los valores guardados en memoria.

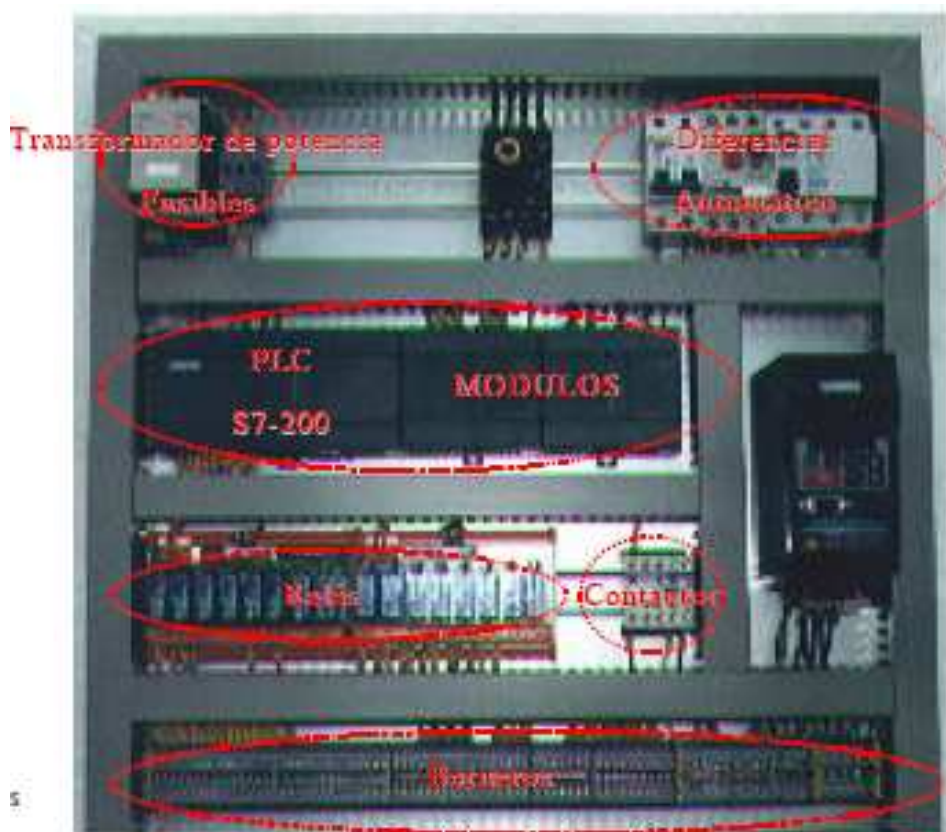
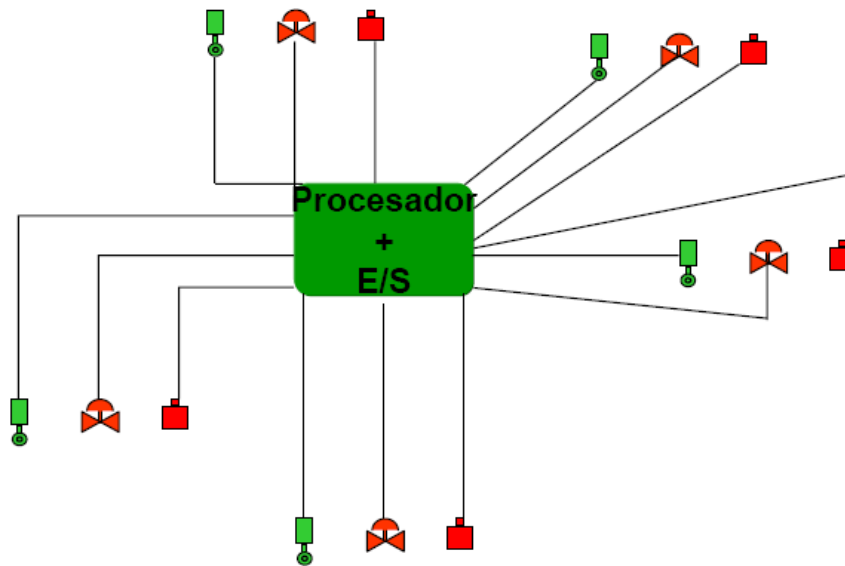


- Capacidades adicionales de los PLCs
  - Control analógico. Control PID integrado en PLC.
  - Las funciones aritméticas (+, -, \*, %) permiten implementar algoritmos de control más complejos.
  - Procesado de datos. Funciones asociadas a negocio.
  - Distancia entre PCs y PLCs es cada vez más pequeña.

- Programando PLCs. Lenguajes especificados en el estándar IEC 1131-3.
  - Diagrama lógico LADDER. Es un lenguaje gráfico muy extendido y familiar entre el personal dedicado al diseño de controladores discretos. No requiere aprendizaje de un nuevo lenguaje de programación. Requiere teclado y monitor con posibilidades gráfica.
  - Diagrama de bloques funcionales. Es un lenguaje gráfico. Las instrucciones son bloques funcionales que desempeñan funciones concretas: Temporizadores, contadores, controladores PIDs, manipuladores de datos, etc.
  - GRAFCET. Lenguaje gráfico. Representa la automatización como una serie de pasos y transiciones de una estado del sistema a otro. Facilita la representación de la secuenciación.
  
  - Lista de instrucciones. Lenguaje textual. Compuesto por instrucciones de computador de bajo nivel: IN, OUT, AND, OR, NOT, TMR, CTR, ...
  - Programación estructurada. Lenguaje de texto. Lenguajes de programación de computador de alto nivel. Facilita la representación de lógica y computación complejas y el procesamiento de datos.

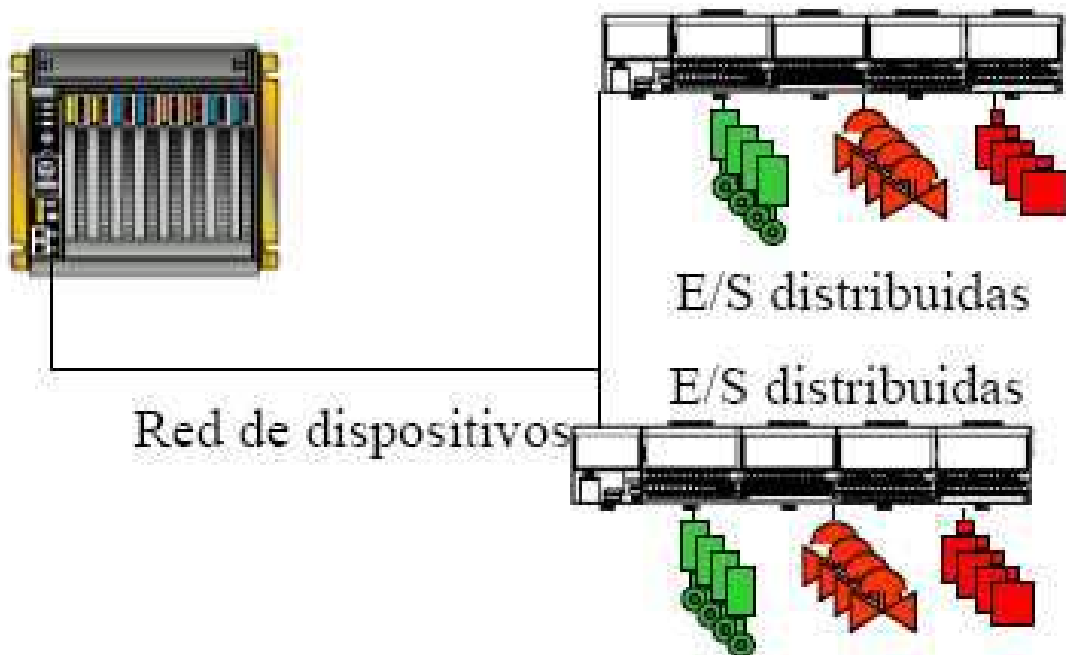
## 2.7 Sistemas de cableado

- Cableado clásico
  - Se realiza un cableado directo entre:
    - Los sensores y los autómatas.
    - Los autómatas y los preactuadores. Desde el mismo armario salen los cables de potencia a los actuadores.
    - Se utilizan mangueras de cables entre el armario de autómatas hasta las cajas de campo.
  - Problemas:
    - Excesiva longitud de los cables.
    - Caídas de tensión en los cables de potencia hacia los actuadores.
    - Los cables de potencia podían inducir ruidos en los cables de los sensores.



- Cableado mediante bases de precableado
  - Existen autómatas de pequeñas dimensiones que admiten gran cantidad de E/S, con el consiguiente problema en el bornero de tornillos.
  - Una solución consiste en incluir bases de precableado que se conectan al autómata mediante mangueras de cables y conectores apropiados.
  - Ventajas: Posible conexión de gran cantidad de E/S a un solo autómata.

- Problemas: La conexión desde las bases de precableado hasta los elementos finales (sensores y preactuadores) sigue siendo la misma.
- E/S Distribuidas
  - Se incluyen entre las E/S y el autómata un conjunto de Módulos de E/S.
  - Los Módulos de E/S se colocan en armarios cercanos a campo, de los cuales salen los cables de interconexión con los elementos finales (sensores y actuadores).
  - La comunicación entre el autómata y los Módulos de E/S se realiza mediante una red de comunicación simplificada.
  - Ventajas: Se simplifica el cableado facilitando las pruebas de fallas.
  - Problemas: El conexionado fuera de los Módulos de E/S sigue siendo complejo.



- Buses de campo
  - Se empezaron a utilizar a finales de los años 80.
  - Un solo enlace de comunicaciones (BUS) conecta los autómatas, los sensores, los actuadores y otros dispositivos inteligentes como PIDs, arrancadores, controladores, robots, computadores, etc.
  - Al estar compartido el mismo bus de comunicaciones por muchos actores, es necesario un PROTOCOLO de COMUNICACIONES.
  - El bus debe garantizar la adecuada comunicación entre el autómata y los sensores/actuadores. Se deben cumplir las restricciones temporales impuestas por el sistema a controlar.
  - Información transmitida por el bus:
    - Datos de proceso (E/S)

- Son pocos bytes.
- La generan y reciben gran cantidad de dispositivos.
- Tienen un carácter cíclico y necesitan de una continua actualización.
- Necesidad de una dirección del dispositivo.
  
- Información transmitida por el bus:
  - Parámetros o mensajes.
    - Ajustan/Monitorizan/Programan dispositivos inteligentes.
    - Es una información transmitida bajo demanda (no cíclica)
    - Mayor volumen de información de los datos de E/S.
    - No está sujeta a fuertes restricciones temporales.
  
- Comunicación en el BUS:
  - Muestreo o polling. El dispositivo maestro interroga a los dispositivos.
  - Cambio de estado. El dispositivo envía información cuando se ha producido algún cambio en algún parámetros o variable. No espera la petición de un dispositivo maestro.
  - Cíclica. Cada cierto tiempo se envía información del estado actual.

