



DIVISIÓN DE EDUCACIÓN  
CONTINUA Y A DISTANCIA

# *AUTOMATIZACION INDUSTRIAL CI 20*

TEMA

*Variables y Principios  
de Medición*

EXPOSITOR: M. en I. BILLY ARTURO FLORES MEDERO NAVARRO  
DEL 01 AL 03 DE JUNIO DE 2009  
PALACIO DE MINERÍA

Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Ingeniería

División de Ingeniería

Mecánica e Industrial



## Variables y Principios de Medición

Departamento de Ingeniería Mecatrónica

Autor: M. en I. Billy Arturo Flores Medero Navarro



---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### Objetivos

- El participante enunciará la importancia de la instrumentación industrial y sus aplicaciones en la industria.
- El participante identificará los elementos constituyentes de un sistema general de medición y aplicará las técnicas del manejo de datos experimentales en la medición de variables físicas.
- El participante conocerá los principios de los transductores de presión, flujo, nivel y temperatura

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### Contenido

- 2. Variables y principios de medición
  - 2.1 Presión
  - 2.2 Flujo
  - 2.3 Nivel
  - 2.4 Temperatura

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



# Medición de Presión

Subtema

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



## Medición de Presión CONCEPTO

Es una de las variables más comunes en los procesos industriales. Es ella quizás la más importante, ya que permite medir y/o controlar otras variables de los procesos industriales.

Se define como la relación entre la fuerza y la superficie donde la misma actúa.

$$P = \frac{F}{A}$$

Los sistemas de Medición más comúnmente utilizados en la industria son:

Sistema Internacional  
kilogramo sobre centímetro cuadrado (Kg/cm<sup>2</sup>)

Sistema Inglés  
libra sobre pulgada cuadrada (Lbs/Pulg<sup>2</sup>)

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



## Medición de Presión EQUIVALENCIAS

PSI	Atm.	1/32" H <sub>2</sub> O Al 20°C	In H <sub>2</sub> O	Kg Cm <sup>2</sup>	Mts H <sub>2</sub> O	In. Hg. Al 20°C	mm Hg	cm Hg	bar	mmHg F	h.p.a
1	0.0680	2,510	27.720	0.0709	0.764	2.041	51.884	51.884	0.0680	28.467	5.985
14.696	1	33,859	407.513	1.0110	10.351	30.019	762.480	76.284	1.0130	10.170	101.325
0.433	0.0050	1	12.000	0.0300	0.305	0.864	22.452	2.245	0.0500	20.317	2.984
0.026	0.0025	0.833	1	0.0025	0.025	0.874	1.871	0.187	0.0025	2.486	0.249
14.233	0.0680	32.867	364.408	1	10.313	29.854	751.939	75.796	0.9610	990.882	88.268
1.422	0.0970	3.287	39.370	0.0990	1	2.903	73.796	7.379	0.0990	99.000	9.807
0.489	0.0330	1.191	13.273	0.0340	0.343	1	21.400	2.140	0.0340	33.723	3.375
0.019	0.0013	0.045	0.514	0.0014	0.015	0.019	1	0.190	0.0010	1.320	0.131
0.193	0.0131	0.445	5.340	0.0140	0.139	0.193	10.000	1	0.0131	13.290	1.328
14.203	0.0670	15.514	402.164	1.0200	10.211	29.823	752.470	75.247	1	1.0000	100.00
0.014	0.0009	0.033	0.402	0.0010	0.0102	0.029	0.732	0.075	0.001	1	0.100
0.145	0.0098	0.315	4.021	0.0100	0.1020	0.296	7.325	0.752	0.010	10.000	1

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



## Medición de Presión TIPOS

La presión se clasifica en

- Atmosférica
- Absoluta
- Manométrica (positiva y negativa)
- Hidrostática
- Diferencial

---

---

---

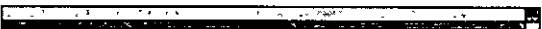
---

---

---

---

---



## Medición de Presión TIPOS

### Atmosférica

Es la presión ejercida por la capa de aire que rodea la tierra bajo la acción de la Gravedad

Esta no es constante, varía según la latitud, altitud y también depende de las condiciones atmosféricas del momento

La presión atmosférica se considera normal cuando tiene un valor de 760 mm de mercurio al nivel del mar y a 60 °F (15.5 °C) equivalente a 14,7 lbf/pulg<sup>2</sup> A. Para medirla se utiliza el Barómetro

---

---

---

---

---

---

---

---



## Medición de Presión TIPOS

### Absoluta

La presión absoluta tiene como origen o referencia el cero absoluto (cuando la ausencia de masa es total), es decir, el valor más bajo de presión

La presión absoluta es igual a presión manométrica / presión atmosférica  
 $P_{abs} = P_m / P_{atm}$

Las unidades de presión en términos absolutos deben ir acompañadas de la letra A o la palabra absoluta en forma abreviada

Ej. 30 PSIA o 30 PSI abs

---

---

---

---

---

---

---

---



## Medición de Presión TIPOS

### Manométrica (positiva y negativa)

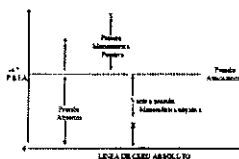
Es la presión medible a partir de la presión atmosférica

Generalmente los manómetros siempre parten de cero, donde está incluida la presión atmosférica (14.7 libras/pulg<sup>2</sup> A) la presión manométrica también se le denomina efectiva o relativa y se calcula

$$\text{Presión Manométrica} = \text{Presión Absoluta} - \text{Presión Atmosférica}$$

$$P_m = P_a - P_{atm}$$

Es positiva cuando su valor es mayor que la presión atmosférica. En caso contrario se conoce como presión manométrica negativa




---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



## Medición de Presión TIPOS

### Hidrostática

Es el peso que ejerce una columna de líquido sobre una unidad de superficie. La presión hidrostática depende de la altura (h) y el peso específico ( $\gamma$ ) del líquido

Cuando se trata de la presión ejercida por un líquido en el fondo de un recipiente se calcula a través de la ecuación siguiente

$$P = \rho gh$$

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



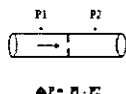
## Medición de Presión TIPOS

### Diferencial

Es la diferencia de dos presiones entre dos espacios

$$P = P_1 - P_2$$

Siendo P1 la presión mayor y P2 la presión menor




---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Medición de Presión

Los elementos más comúnmente utilizados en la medición de presión son:

- Tubo de Bourdon tipo C
- Espiral
- Helicoidal
- Puelles
- Diafragma
- Cápsulas Capacitiva

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Medición de Presión

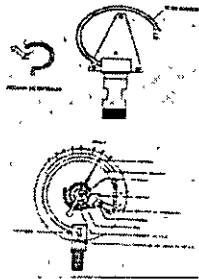
### TUBO DE BOURDON TIPO C

Fue diseñado en 1849 por el técnico francés G Bourdon y se le denomina tubo de Bourdon.

Es el más utilizado en la construcción de manómetros por la simplicidad de su fabricación y mantenimiento.

Consiste en un tubo metálico (sección elíptica) en forma de un anillo casi completo, cerrado en un extremo y abierto por el otro, por donde es aplicada la presión.

El tubo Bourdon simple tiene un campo de medición de (0 - 1200) kg/cm<sup>2</sup>. Las caras aplanadas del tubo forman las superficies exteriores del anillo, el extremo cerrado del tubo tiene libertad de movimiento.




---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Medición de Presión

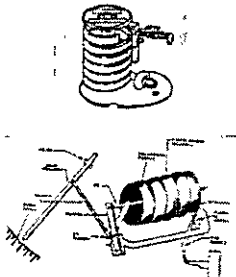
### EL RESORTE HELICOIDAL

El elemento de presión llamado Resorte Helicoidal consta de un tubo Bourdon, mucho más largo.

Permanece doblado hasta formar un resorte de forma helicoidal.

El extremo abierto del tubo está soldado a la platina de montaje y conectado por un tubo de acero flexible al adaptador.

El extremo cerrado tiene libertad de movimiento y está conectado a una tira de metal que transmite el movimiento de Bourdon al eje. Una palanca corta y un elastón conectan el eje al porta-pluma o puntero indicador.




---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

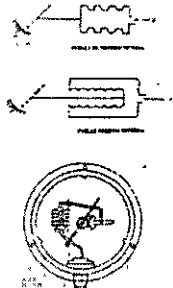
## Medición de Presión

### FUELETS

Son elementos de medición, que al aplicarle presión en su interior o exterior (cerrado herméticamente) tienden a expandirse o contraerse de acuerdo a la presión aplicada.

En algunas instalaciones la presión se aplica al lado interior de fuelle, en otras se aplica al lado exterior. En el primer caso el fuelle tiende a expandirse y en el segundo caso, tiende a contraerse.

El fuelle se utiliza con aire o gases no corrosivos, como elementos de presión, en receptores, o controladores neumáticos para medir presiones absolutas, pero no deben usarse para, presiones mayores que 2 kg/cm<sup>2</sup>.




---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

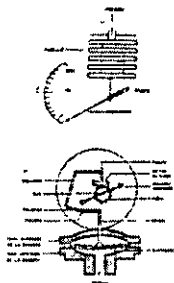
## Medición de Presión

### DIAPHRAGMA

Consiste en un disco corrugado de bronce o de acero, sujetado rigidamente por los bordes, entre etapas de una cámara.

Cuando se aplica presión por el extremo interior del diafragma, éste se desplaza hacia arriba y transmite este movimiento por medio de un brazo al eslabón y a un segmento de rueda dentada que hace girar el péñon donde va montado el puntero.

La medición es de gran exactitud especialmente para presiones pequeñas.




---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

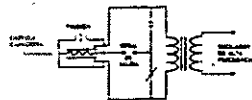
## Medición de Presión

### CÁPSULA CAPACITIVA

Se basa en la variación de capacidad que se produce en un condensador al desplazarse una de sus placas debido a la aplicación de presión.

La placa móvil tiene forma de diafragma y se encuentra situada entre dos placas fijas.

De este modo se tienen dos condensadores uno de capacidad fija o de referencia y el otro de capacidad variable, que pueden compararse con circuitos oscilantes o bien circuitos de Puente de Wheatstone alimentados con corriente alterna (c.a).




---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



# Medición de Flujo

Subtema

---

---

---

---

---

---

---

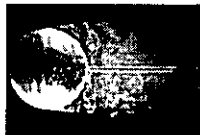
---



# Medición de Flujo

La medición de flujo es un factor de suma importancia en la industria, ya que representa el balance de los procesos

Por definición, el flujo es la cantidad de fluido que pasa a través de una sección dada en un tiempo determinado. Este se clasifica en:



### Flujo Turbulento:

Es el más frecuente en las aplicaciones prácticas de la ingeniería. En esta clase de flujo las partículas del fluido se mueven siguiendo trayectorias aleatorias, originando un intercambio de cantidad de movimiento de una porción de fluido a otra, pero a una escala mucho mayor. En los casos en que el flujo llega a ser turbulento los esfuerzos cortantes producen más pérdidas.



---

---

---

---

---

---

---

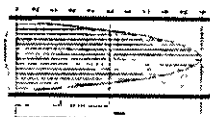
---



# Medición de Flujo

### Flujo Laminar:

Las partículas del fluido se mueven a lo largo de trayectorias lisas en capas o laminas, deslizándose una capa sobre adyacente. En él se cumple la ley de la viscosidad de Newton, que relaciona el esfuerzo cortante con la velocidad angular de deformación, es decir, en este tipo de flujo, la acción de la viscosidad frena la tendencia a la turbulencia. El flujo laminar no es estable cuando la viscosidad es escasa o cuando el caudal o velocidad es grande, rompiéndose y transformándose en turbulento.



$$Re = \frac{\rho v D}{\mu} \quad Re = \frac{\rho v D}{\mu}$$

---

---

---

---

---

---

---

---





## Medición de Flujo

### Metodos de Medicion de Flujo.

Existen varios metodos para la medicion de flujo, entre ellos se encuentran:

- » Por presión diferencial
- » Área variable
- » Desplazamiento positivo
- » Por velocidad
- » Por tensión inducida
- » Por efecto coriolis
- » Torbellino
- » Ultrasonido

---

---

---

---

---

---

---

---



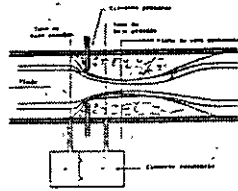
## Medición de Flujo POR PRESION DIFERENCIAL

La presión y velocidad de un fluido que circula por una tubería es casi la misma en cualquier punto del tubo

Cuando en la tubería se coloca una restricción se observa claramente que hay una caída de presión a través de dicha restricción, y un aumento en la velocidad del fluido

Esto es conocido como el teorema de Bernoulli

$$\text{Para líquidos } Q = K\sqrt{\Delta P}$$




---

---

---

---

---

---

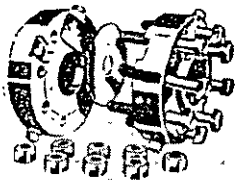
---

---



## Medición de Flujo POR PRESION DIFERENCIAL

### Placas de orificio.




---

---

---

---

---

---

---

---

## Medición de Flujo POR PRESION DIFERENCIAL

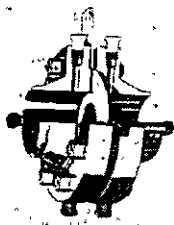
### Placas de orificio

#### Ventajas

1. Bajo costo
2. Se fabrica con facilidad
3. Es fácil de instalar
4. No requiere un mantenimiento excesivo

#### Desventajas

1. Causa permanentemente pérdida de presión.
2. No es muy exacta




---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

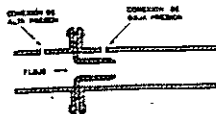
## Medición de Flujo POR PRESION DIFERENCIAL

### Tobera de flujo

Consiste en una entrada de forma cónica y restringida, pero no existe salida cónica.

La conexión de alta presión es hecha sobre la pared de las tuberías aproximadamente un diámetro de la tubería a partir de la entrada.

La toma de baja presión está situada en el punto donde el flujo tiene menor área.




---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Medición de Flujo POR PRESION DIFERENCIAL

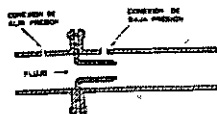
### Tobera de flujo:

#### Ventajas

1. Gran exactitud
2. Mantenimiento que se requiere es mínimo
3. Pérdida de Presión Permanente menor que con una Placa de Orificio
4. Para un mismo diferencial, el flujo que pasa es 1,3 veces mayor que el que pasaría por una placa de orificio del mismo diámetro

#### Desventajas

1. Alto costo De 8 a 16 veces mas que una placa de orificio
2. La instalación de una tobera es mas fácil que la de un Tubo Venturi, pero más complicada que la de una Placa de Orificio




---

---

---

---

---

---

---

---

---

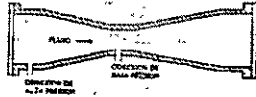
---



## Medición de Flujo POR PRESIÓN DIFERENCIAL

**Tubo venturi:**

Consiste en un conjunto de bridas y tuberías, el cual tiene un cono de entrada convergente, que guía el fluido hacia el estrechamiento central y un cono divergente de salida que guía el fluido hacia la continuación de la tubería.



La unión de los conos se denomina garganta, o sea, la parte más contracta del tubo.

A la primera sección, o cono de entrada, se conecta la toma de alta presión.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



## Medición de Flujo POR PRESIÓN DIFERENCIAL

**Tubo venturi:**

**Ventajas**

1. Alta exactitud
2. El mantenimiento que requiere es mínimo
3. La pérdida de presión es pequeña

**Desventajas**

1. Alto costo
2. Difícil de instalar




---

---

---

---

---

---

---

---

---

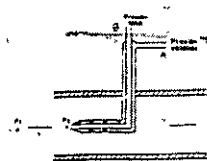
---



## Medición de Flujo POR PRESIÓN DIFERENCIAL

**Tubo de Pitot:**

El tubo de Pitot se utiliza principalmente cuando la medición de caudal se efectúa en tuberías o ductos de gran tamaño en los cuales la instalación de una placa de orificio es poco práctica y demasiado costosa.



En el tubo de Pitot utiliza un principio diferente, puesto que no existe en este caso, reducción del diámetro de la tubería.

Este dispositivo se introduce en la tubería a través de un orificio practicado en la pared.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Medición de Flujo POR PRESIÓN DIFERENCIAL

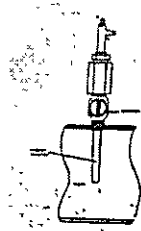
Tubo de Pitot.

Ventajas

1. Bajo costo
2. El mantenimiento que requiere es mínimo
3. Poca pérdida de presión

Desventajas

1. Poca exactitud




---

---

---

---

---

---

---

---

---

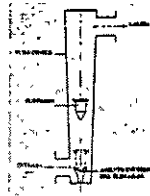
---

## Medición de Flujo METODO DE AREA VARIABLE

En los rotámetros el área de flujo se varía de modo que ocasione una diferencia de presiones constante, por lo que a este instrumento se le llama "Medidor de área Variable".

Esencialmente, un rotámetro consiste en un tubo conico con su extremo de menor diametro hacia abajo y dentro del tubo un flotador que se puede mover libremente. La posición del flotador en el tubo indica la cantidad de flujo que pasa a través del mismo.

Al variar el flujo, el flotador sube o baja, modificando el área del espacio anular entre el flotador y el tubo, de tal manera, que la pérdida o caída de presión a través de este anillo es igual al peso del flotador sumergido en el fluido.




---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

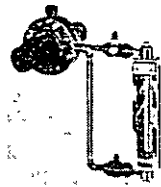
## Medición de Flujo METODO DE AREA VARIABLE

Ventajas

- a. Lecturas visuales directas
- b. Escala lineal
- c. Pérdida de presión permanente (pequeña)
- d. No requieren grandes tramos de tubería
- e. Resistentes a fluidos corrosivos
- f. No son afectados por la temperatura
- g. No son afectados por la viscosidad

Desventajas

- a. Muy sensible a los cambios de peso específico del fluido
- b. El tubo de vidrio es poco resistente
- c. El tubo de vidrio se emplea solo para temperaturas bajas
- d. Alto costo para rotámetro de más de 4"




---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

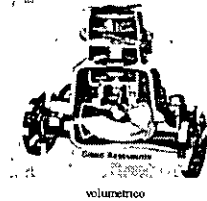
## Medición de Flujo

METODO DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO

Los medidores de desplazamiento positivo miden el flujo, contando o integrando volúmenes separados de líquidos es decir, toman una cantidad o porción definida de flujo y la conducen a través de un medidor, luego procede con la siguiente porción y así sucesivamente.

Contando las porciones pasadas por el medidor se obtiene la cantidad total introducida a través del mismo.

Las partes mecánicas del instrumento se mueven aprovechando la energía del fluido y dan lugar a una pérdida de carga. El eje al girar transmite su movimiento a un tren de engranajes y éste a un contador o un transmisor de pulsos eléctricos.



---

---

---

---

---

---

---

---

---

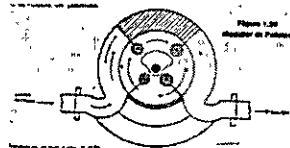
---

## Medición de Flujo

METODO DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO



ruedas ovales y dentadas



medidor de paletas

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

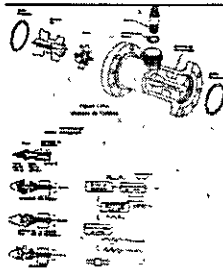
## Medición de Flujo

METODO POR VELOCIDAD

Los medidores de turbinas consisten en un rotor que gira al paso del fluido con una velocidad directamente proporcional al caudal.

La velocidad del fluido ejerce una fuerza de arrastre en el rotor. La diferencia de presiones debida al cambio de área entre el rotor y el cono posterior ejerce una fuerza igual y opuesta.

De este modo el rotor está equilibrado hidrodinámicamente y gira entre los conos anterior y posterior sin necesidad de utilizar rodamientos axiales evitando así un rozamiento que necesariamente se produciría.



---

---

---

---

---

---

---

---

---

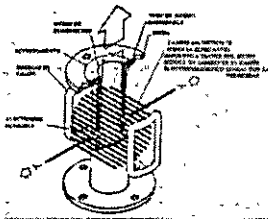
---

## Medición de Flujo

METODO POR TENSION INDUCIDA

El principio de operación del caudalímetro magnético se basa en la ley de Faraday de Inducción Electromagnética, la cual indica que un voltaje será impuesto en un conductor cuando este se mueva a través de un campo magnético.

La magnitud del voltaje impuesto  $E$  es directamente proporcional a la velocidad del conductor  $V$ , su longitud  $L$  y a la fuerza del campo magnético  $B$ .




---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

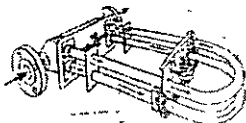
## Medición de Flujo

METODO POR EFECTO CORRIOS

La medición de flujo generalmente se hace en forma diferencial, determinando la velocidad de este a través de un área conocida. Todas estas mediciones son afectadas por diferentes perturbaciones.

Cuando se desea medir flujo masico se utiliza la 2da ley de Newton.

Cuando circula el flujo a través de un conductor este trata de enderezarse produciendo una elongación. Cuando pasa el flujo a través de los tubos como lo indican las flechas se produce un movimiento de oscilación vertical, que es directamente proporcional al flujo masico circulante por los tubos, esta oscilación es detectada por un sensor electrónico que la amplificará.




---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Medición de Flujo

METODO POR TORBELLINO

El medidor de caudal por torbellino se basa en la determinación de la frecuencia del torbellino producido por una hélice estática ubicada dentro de la tubería por donde pasa el fluido (líquido o gas). La frecuencia del torbellino es proporcional al caudal volumétrico.

La detección de la frecuencia se logra con una termistancia de muy baja inercia térmica que sigue los efectos de refrigeración del torbellino generado en el gas, o bien mediante un condensador de capacidad variable, función de la deformación de un diafragma (placa) ante las ondas de presión del torbellino o bien mediante la aplicación de un haz de ultrasonidos perpendicularmente al torbellino, midiendo el tiempo de tránsito del haz desde el transmisor al receptor.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

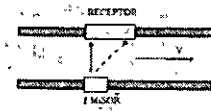
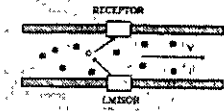
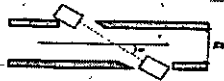


## Medición de Flujo

METODO POR ULTRASONIDO

Miden el caudal por diferencia de velocidades del sonido al propagarse éste en el sentido del flujo del fluido y en el sentido contrario

Los sensores están situados en una tubería de las que se conocen por el área y el perfil de velocidades



---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



## Medición de Nivel

Subtema

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



## Medición de Nivel

Es una de las cuatro mediciones más frecuentemente requeridas en los procesos industriales

Esta medición se efectúa para comprobar la cantidad de productos disponibles o para determinar la cantidad exacta que hay que añadir en un proceso o como una indicación primaria en un sistema de control en el cual hay que mantener cierto nivel en un recipiente que forma parte integrante de un proceso industrial

Se puede definir el nivel de un líquido o sólido, como la altura que alcanza éste dentro del recipiente que lo contiene, considerando un punto de referencia de acuerdo con las necesidades del proceso

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



## Medición de Nivel

MÉTODOS

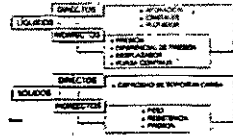
El nivel es la variable que puede ser medida más fácilmente

Existen factores tales como la viscosidad del fluido, tipo de medición deseada, precisión si el recipiente está o no presurizado, etc., que hacen variar los métodos y los tipos de instrumentos medidores de nivel.

Su selección dependerá de nuestras necesidades o de las condiciones de operación.

La medición de nivel puede realizarse en sólidos y líquidos de dos formas

- > Directa
- Indirecta




---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



## Medición de Nivel

MEDICIÓN DIRECTA DE LÍQUIDOS

### SONDA

Consiste en una varilla o regla graduada, a la longitud conveniente para introducirla dentro del depósito.

La determinación del nivel se efectúa por lectura directa de la longitud mojada por el líquido. En el momento de la lectura el tanque debe estar abierto a presión atmosférica.

Otro medidor consiste en una varilla graduada, con un gancho que se sumerge en el seno del líquido y se levanta después hasta que el gancho rompe la superficie del líquido. La distancia desde esa superficie hasta la parte superior representa indirectamente el nivel.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



## Medición de Nivel

MEDICIÓN DIRECTA DE LÍQUIDOS

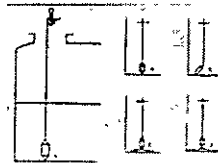
### CINTA MÉTRICA (AFORACIÓN)

Es un equipo compuesto de tres piezas

- El carrete
- La cinta de acero flexible
- La plomada

El plomo de aforo permite que se mantenga la cinta tensa al penetrar en el líquido. Para medir el nivel se deja que la cinta baje totalmente hasta el fondo del recipiente.

Una vez que la plomada toque el fondo se recoge la cinta con el carrete, hasta que aparezca la parte donde el líquido ha dejado la marca que indica su nivel.



A. Método Directo. La plomada está en el fondo.  
 B. Método Directo Incorrecto. La plomada está en el fondo.  
 C. Método Directo Incorrecto. La plomada descansa en el fondo.  
 D. Método Directo Incorrecto. La plomada descansa en el fondo.  
 E. Método Directo Incorrecto. La plomada descansa en el fondo.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



## Medición de Nivel

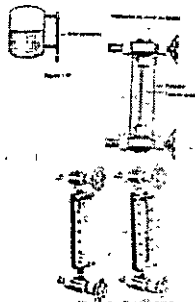
MEDICIÓN DIRECTA DE LÍQUIDOS

### INDICADORES VISUALES DE CRISTAL

El método más simple y más ampliamente usado para la medición de nivel es por medio de los indicadores visuales basados en el principio de los vasos comunicantes.

El indicador de cristal, consiste en tubo montado a un lado del recipiente y conectado a este por medio de tuberías y válvulas, como el nivel de líquido en el recipiente y en el tubo son iguales, se puede observar el nivel en el cristal.

Por lo general se utilizan para medir nivel a bajas presiones y bajas temperaturas, también el nivel entre dos líquidos (inmiscibles), como por ejemplo el agua y el petróleo. Se utilizan para altas temperaturas y altas presiones.




---

---

---

---

---

---

---

---

## Medición de Nivel

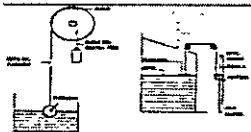
MEDICIÓN DIRECTA DE LÍQUIDOS

### INDICADOR DE NIVEL TIPO FLOTADOR

Consiste en un flotador que actúa como elemento detector y cambia de posición cada vez que el nivel de líquido varía.

Esto origina un movimiento que es transmitido por medio de un cable y una polea al exterior del recipiente. En la extremidad exterior el cable sostiene un contrapeso y un indicador que recorre una escala.

El método de nivel por flotador se usa para tanques de almacenamiento a presión atmosférica.




---

---

---

---

---

---

---

---

## Medición de Nivel

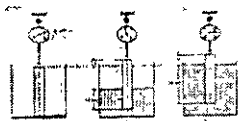
MEDICIÓN INDIRECTA O DIFERENCIAL

### INSTRUMENTO TIPO DESPLAZADOR O DESALOJADOR

Es conveniente establecer la principal diferencia entre el desalojador y el flotador.

El flotador como su nombre lo indica flota sobre el nivel del líquido, mientras el desalojador obedece al método que se basa en el PRINCIPIO DE ARQUIMIDES.

"Cuando un cuerpo se encuentra parcial o totalmente sumergido en cualquier líquido, recibe un empuje de abajo hacia arriba igual al peso del volumen del líquido desalojado."




---

---

---

---

---

---

---

---



### Medición de Nivel

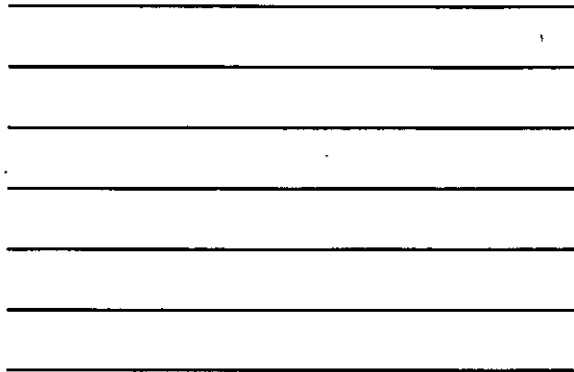
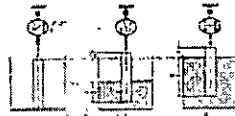
MEDICIÓN INDIRECTA O INFERENCIAL

**INSERIMIENTO TIPO DESPLAZADOR O DESALZADOR**

Es conveniente establecer la principal diferencia entre el desalizador y el flotador

El flotador como su nombre lo indica flota sobre el nivel del líquido, mientras el desalizador obedece al método que se basa en el PRINCIPIO DE ARQUIMIDES

"Cuando un cuerpo se encuentra parcial o totalmente sumergido en cualquier líquido, recibe un empuje de abajo hacia arriba igual al peso del volumen del líquido desalojado"



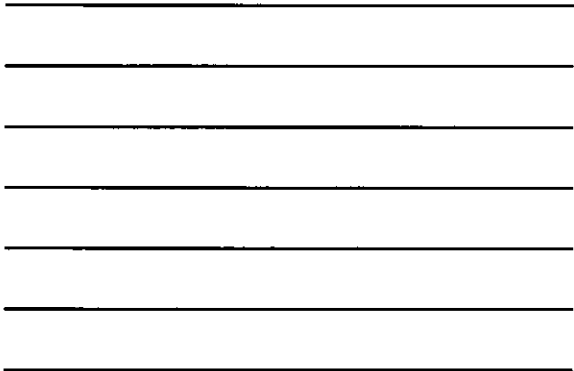
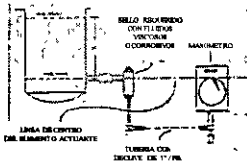
### Medición de Nivel

MEDICIÓN INDIRECTA O INFERENCIAL

**MEDICIÓN DE NIVEL POR PRESIÓN HIDROSTÁTICA**

La medición de nivel por presión hidrostática en un recipiente o tanque se obtiene a través del peso del líquido en el fondo del recipiente, mediante el uso del manómetro

El método para medir el nivel por presión hidrostática es utilizado solamente en tanques abiertos



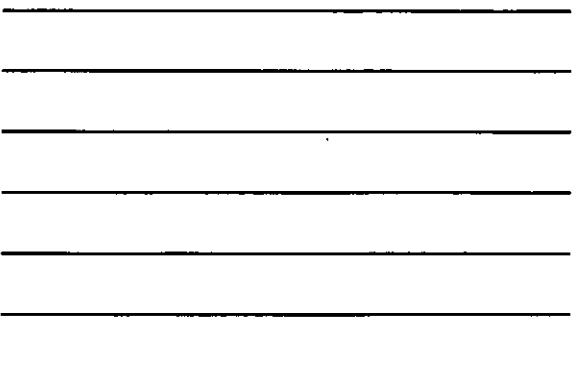
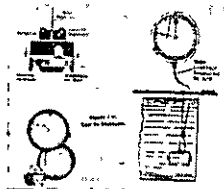
### Medición de Nivel

MEDICIÓN INDIRECTA O INFERENCIAL

**CAJA DE DIAFRAGMA**

En este instrumento, la presión hidrostática es detectada por un diafragma

El instrumento consta básicamente del indicador de nivel y la caja de diafragma. El funcionamiento se puede resumir de la siguiente manera: El sistema se llena de aire a presión atmosférica antes de ser instalado. Cuando el nivel sube, la presión en el fondo del recipiente aumenta, originando como consecuencia un empuje sobre el diafragma el cual comprime el aire del sistema. Este aumento de presión es detectado por el indicador, el cual señalará sobre una escala previamente calibrada, el nivel existente en el recipiente.







## Medición de Temperatura

Subtema

---

---

---

---

---

---

---

---



## Medición de Temperatura

La temperatura es una de las variables de mayor importancia en los procesos industriales, por medio de ella se dan numerosos procesos químicos en los que predomina la energía calorífica como agente catalizador, o simplemente como agente modificador de algunas propiedades físicas de gases y líquidos

La TEMPERATURA es la cantidad de calor expresada en grados que contiene un cuerpo

$$\begin{aligned} \text{a) } ^\circ\text{C} &= \frac{5}{9} \times (^\circ\text{F} - 32) & \text{b) } ^\circ\text{C} &= ^\circ\text{K} - 273 \\ \text{c) } ^\circ\text{F} &= \left( \frac{9}{5} \times ^\circ\text{C} \right) + 32 & \text{d) } ^\circ\text{K} &= ^\circ\text{C} + 273 \\ \text{e) } ^\circ\text{F} &= ^\circ\text{R} - 459.67 & \text{f) } ^\circ\text{R} &= ^\circ\text{F} + 459.67 \end{aligned}$$

Existen varias escalas de temperatura conocida a nivel internacional

- > Celsius
- > Fahrenheit
- > Kelvin
- > Rankine

---

---

---

---

---

---

---

---



## Medición de Temperatura

La temperatura es una de las variables de mayor importancia en los procesos industriales, por medio de ella se dan numerosos procesos químicos en los que predomina la energía calorífica como agente catalizador, o simplemente como agente modificador de algunas propiedades físicas de gases y líquidos

La TEMPERATURA es la cantidad de calor expresada en grados que contiene un cuerpo

$$\begin{aligned} \text{a) } ^\circ\text{C} &= \frac{5}{9} \times (^\circ\text{F} - 32) & \text{b) } ^\circ\text{C} &= ^\circ\text{K} - 273 \\ \text{c) } ^\circ\text{F} &= \left( \frac{9}{5} \times ^\circ\text{C} \right) + 32 & \text{d) } ^\circ\text{K} &= ^\circ\text{C} + 273 \\ \text{e) } ^\circ\text{F} &= ^\circ\text{R} - 459.67 & \text{f) } ^\circ\text{R} &= ^\circ\text{F} + 459.67 \end{aligned}$$

Existen varias escalas de temperatura conocida a nivel internacional

- > Celsius
- > Fahrenheit
- > Kelvin
- > Rankine

---

---

---

---

---

---

---

---

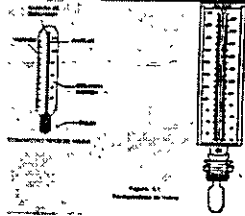
## Medición de Temperatura

TERMOMETROS DE VIDRIO

Los termómetros de vidrio están basados en la propiedad que tienen los líquidos de dilatarse al aumentar la temperatura.

Esto permite medidas de  $-190$  a  $+600^\circ\text{C}$ , empleando líquidos distintos según el campo de medida.

El defecto más serio de los termómetros de mercurio es el cambio del punto cero. Cuando se enfría el bulbo después de haberse calentado, demora mucho en regresar a su dimensión original. Si se calienta un termómetro hasta  $100^\circ\text{C}$  y se enfría rápidamente, se encontrará el punto cero un poco más abajo que antes del calentamiento. Este defecto es conocido como depresión del punto cero.



---

---

---

---

---

---

---

---

---

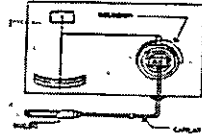
---

## Medición de Temperatura

TERMOMETROS DE SISTEMAS LLENOS

Los termómetros de sistemas llenos están compuestos por un bulbo conectado a un tubo capilar, el cual está acoplado a un elemento de presión, por ejemplo, Tubo de Bourdon Espiral. Internamente, el sistema contiene un determinado fluido.

El principio de operación está basado en la variación de la presión del fluido contenido en el bulbo, cuando existen cambios de temperatura.



---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Medición de Temperatura

TERMOMETROS ACCIONADOS POR LIQUIDOS

El sistema consiste en un bulbo, un capilar y un tubo de Bourdon. El termómetro se vacía y se llena completamente con un líquido bajo la presión inicial.

En teoría y en operación los termómetros llenos por líquidos difieren de los que se llenan con mercurio solamente, en las características de los líquidos usados, los cuales son generalmente, hidrocarburos tales como el xileno o alcoholes.



Clase 1A (tiene compensación completa). Para presiones más altas.



Clase 1B (tiene compensación por cambios arbitrarios de temperatura en la caja).

---

---

---

---

---

---

---

---

---

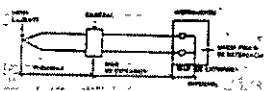
---



# Medición de Temperatura

TIAMPAR

Es un dispositivo compuesto de dos conductores con propiedades diferentes unidos en un extremo y libre en el otro, en donde se genera una fuerza electromotriz que es proporcional a la diferencia de temperatura entre el extremo unido (junta caliente) y el extremo libre (de referencia).



Termopar metal - metal	Símbolo (ANSI)	Color de los Conductores	Ejercicios (°C)	Rango Normal (°C)	Temp. máx. (°C)	Aplic. de los Termopares	Caract. de corrosión
Cobro/Cromoalea	T	+Azul -Rojo	0,2	-200 a 150	600	1A	1B
Níquel/Cromoalea	J	+Rojo -Azul	0,5	200 a 750	1000	2A	2B
Cromo / Alumin.	K	+Azul -Rojo	0,5	200 a 1100	1200	2A	3B
Cromo/Cromoalea	E	+Rojo -Azul	0,5	100 a 1000	1000	2A	4B
Pl-10% paldo - Pt	R	+Rojo -Azul	0,1	0 a 1450	1700	3A	3B
Pl-10% paldo - Pt	S	+Rojo -Azul	0,1	0 a 1450	1700	3A	5B

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



# Medición de Temperatura

TIAMPAR

Aplicaciones de los Termopares Relacionados con la tabla anterior

- 1A) Indicación y control de temperatura en las estufas industriales.
- 2A) Indicación y control de temperatura en hornos industriales.
- 3A) Cuando se requiere de gran exactitud a altas temperaturas se usan como patrones para calibración.

Características de corrosión de los Termopares relacionados con la dicha tabla

- 1B) Sujeto a oxidación y alteración por encima de los 400 °C, debido al cobre, por encima de los 600 °C por acción del cromoalea. La contaminación del cobre afecta la calibración seriamente.
- 2B) Las atmósferas oxidantes y reducidas tienen poco efecto sobre la exactitud. Se recomendará su uso en atmósferas secas.
- 3B) Resistencia a atmósferas oxidantes de buena a muy buena. Resistencia a atmósferas reducidas muy baja. Afectedo por los gases (SO<sub>2</sub>) Y (H<sub>2</sub>S).
- 4B) El cromo es atacado por atmósfera sulfurosa. Resistencia a la oxidación, buena. Resistencia a atmósfera reducida muy baja.
- 5D) Resistencia a atmósfera oxidante muy buena. Resistencia a atmósfera reducida muy baja. El platino se corroe fácilmente por encima de los 1000 °C. Debe usarse protegido con un embudo de cerámica.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

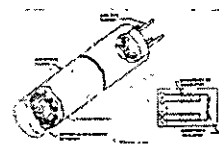


# Medición de Temperatura

TEXAR RESISTENCIA (R.T.T.)

Los termómetros por resistencia están basados en las características inherentes de los metales que incrementan su resistencia eléctrica cuando en ellos se producen aumentos de temperatura, esto significa que tienen un coeficiente de temperatura positivo.

Por lo general, industrialmente, los bulbos de resistencias son fabricados de platino, cobre o níquel. Los termómetros de variación de la resistencia en función de la temperatura son también aplicados a los semiconductores.



La medida de temperatura se efectúa con galvanómetros de bobina cruzada, o con un puente de Wheatstone.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Medición de Temperatura

TERMISTORES

Estos tienen la particularidad de disminuir su resistencia al aumentar la temperatura.

Un Termistor es un elemento eléctrico fabricado de un semiconductor sólido con un alto coeficiente de resistividad por temperatura. La aplicación de termistores se clasifica en dos grandes categorías



En una de ellas se disipan en el Termistor muy pequeñas cantidades de potencia, tales como usos en puentes y métodos potenciométricos de medición de resistencia, usualmente empleados para mediciones de temperaturas y aplicaciones de controles. La otra clasificación importante, está basada en las características no lineales del voltaje-corriente, resultante del aumento de temperatura en el termistor provocado por el mismo, cuando importantes cantidades de potencias son disipadas en él.

---

---

---

---

---

---

---

---

## Medición de Temperatura

TERMIGNAFIA INFRARROJA

Una Termografía Infrarroja es la técnica de producir una imagen visible de luz infrarroja invisible (para nuestros ojos) emitida por objetos de acuerdo a su condición térmica.

Una cámara Termográfica produce una imagen en vivo (visualizada como fotografía de la temperatura de la radiación)

Las cámaras miden la temperatura de cualquier objeto o superficie de la imagen y producen una imagen con colores que interpretan el diseño térmico con facilidad

Una imagen producida por una cámara infrarroja es llamada Termografía o termograma



---

---

---

---

---

---

---

---



DIVISIÓN DE EDUCACIÓN  
CONTINUA Y A DISTANCIA

# ***AUTOMATIZACION INDUSTRIAL CI 20***

TEMA

***Conceptos Básicos  
de Control***

EXPOSITOR: ING. SERAFIN CASTAÑEDA CEDEÑO  
DEL 01 AL 03 DE JUNIO DE 2009  
PALACIO DE MINERÍA



**CONCEPTOS BÁSICOS DE CONTROL**



Presenta: Ing. Serafin Castañeda Cedeño.

UNAM DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA

---

---

---

---

---

---

---

---

**Tipos de control:**

- ⊙ Control manual
- ⊙ Control automático

UNAM DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA

---

---

---

---

---

---

---

---

**Algunas definiciones:**

- ↪ **Variable controlada y variable manipulada** La variable controlada es la cantidad o condición que es medida y controlada. La variable manipulada es la cantidad o condición que es variada por el controlador que afecta el valor de la variable controlada.
- ↪ **Planta:** Una planta puede ser una pieza ó conjunto de piezas de un equipo que realizan una operación particular.
- ↪ **Proceso:** Operación continúa marcado por una serie de cambios graduales que consisten en una serie de acciones controladas, en nuestro caso es cualquier operación a ser controlada.
- ↪ **Sistema:** Combinación de componentes que actúan para cumplir con cierto objetivo.
- ↪ **Disturbio:** Una señal que afecta la operación del sistema.

UNAM DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA

---

---

---

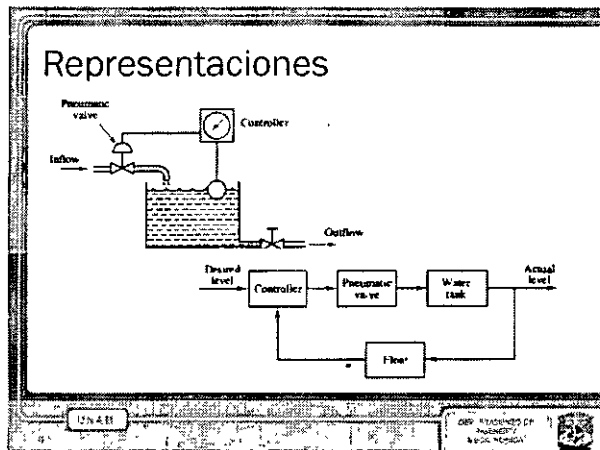
---

---

---

---

---




---

---

---

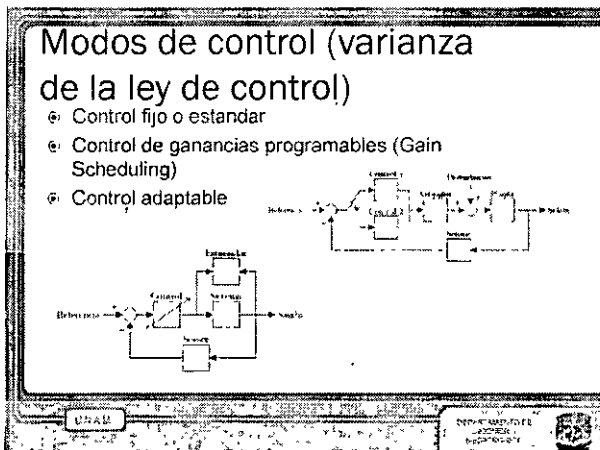
---

---

---

---

---




---

---

---

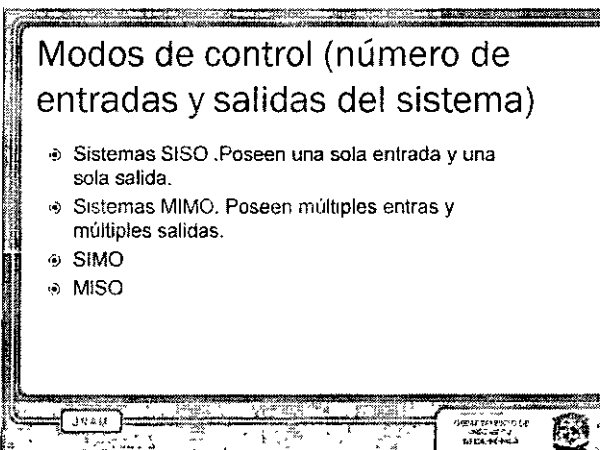
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

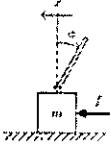
---

---

---

### Modos de control (por la linealidad del sistema)

- Lineales.
- No lineales



UNAM

---

---

---

---

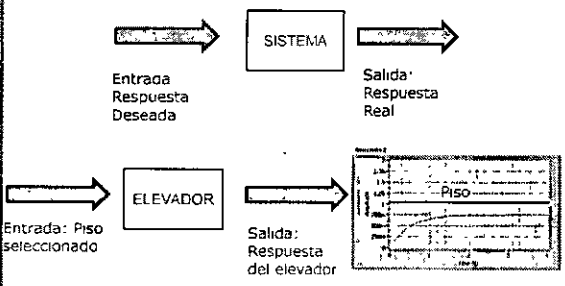
---

---

---

---

### Entrada Salida



UNAM

---

---

---

---

---

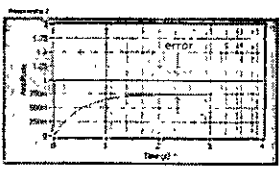
---

---

---

Factores que hacen que la salida sea diferente de la entrada:

1. Hay un cambio gradual de la salida contra un cambio instantáneo de la entrada.
2. Las entidades físicas no pueden cambiar su estado (posición, velocidad, etc.) de manera instantánea.



La diferencia entre la entrada comandada ó deseada y la salida real después de determinado tiempo la llamamos error en estado permanente

El ingeniero de control determina si este error lleva a una degradación importante de las funciones del sistema.

UNAM

---

---

---

---

---

---

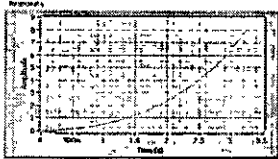
---

---

### Concepto de estabilidad

- Un sistema es estable, si al aplicarle una entrada finita, produce una salida finita.

Ejemplo: en un motor de DC la velocidad es estable, pero la posición no.



UNAM DEPARTAMENTO DE INGENIERIA EN ELECTRONICA

---

---

---

---

---

---

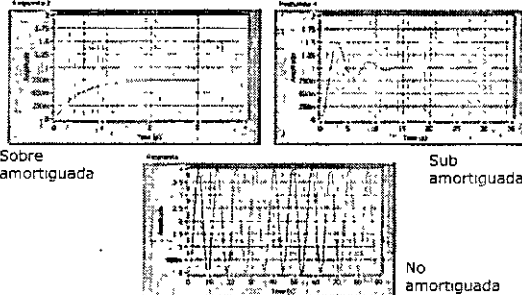
---

---

---

---

### Respuestas de un sistema



Sobre amortiguada      Sub amortiguada  
No amortiguada

UNAM DEPARTAMENTO DE INGENIERIA EN ELECTRONICA

---

---

---

---

---

---

---

---

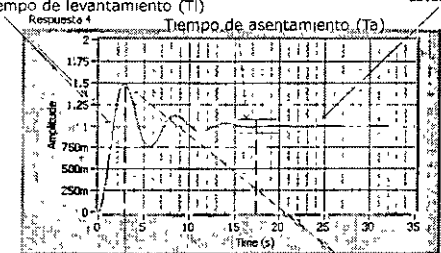
---

---

### Respuesta de un sistema de segundo orden y parámetros de diseño.

Valor en estado estable  $Y_u$

Tiempo de levantamiento ( $T_l$ )      Tiempo de asentamiento ( $T_a$ )



Tiempo de sobrepaso ( $T_{sp}$ )      Porcentaje de sobrepaso  $\%Sp$

UNAM DEPARTAMENTO DE INGENIERIA EN ELECTRONICA

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

# Configuraciones de sistemas de control.

---

---

---

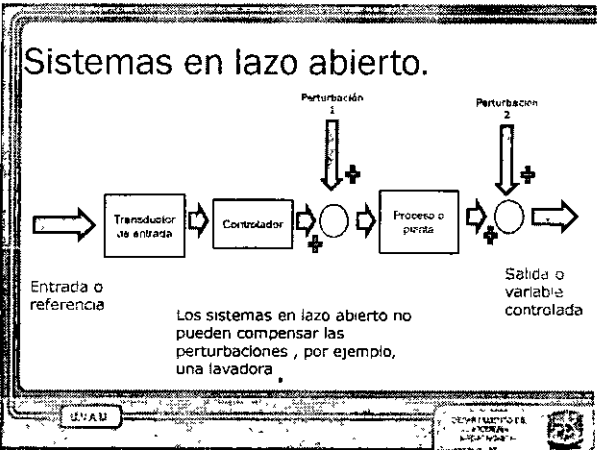
---

---

---

---

---



---

---

---

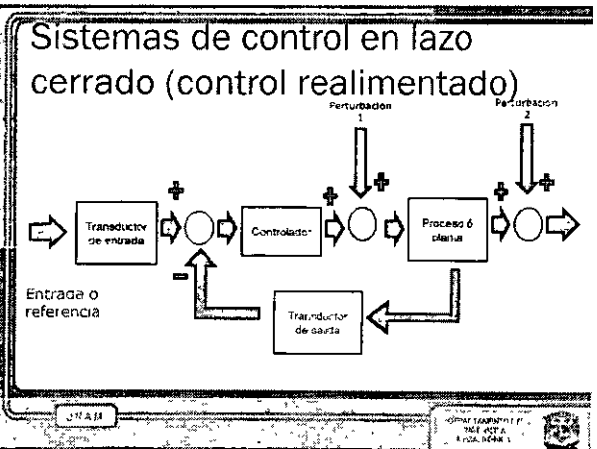
---

---

---

---

---



---

---

---

---

---

---

---

---

### Comparación:

Control en lazo cerrado	Control en lazo abierto
Rechaza perturbaciones	No rechaza perturbaciones
Puede hacerse inestable	No tiene problemas de estabilidad
Puede controlar sistemas inestables	No controla sistemas inestables
No requiere conocer la planta	Requiere conocer la planta
Mayor número de componentes	Menor número de componentes
Suele ser caro	Suele ser más económico

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### Objetivos de un control.

- 1 Mejorar el desempeño de la respuesta del sistema.
- 2 Mantener la estabilidad.
- 3 Regulación  $Y \rightarrow Y_d$ : error  $\rightarrow 0$

---

---

---

---

---

---

---

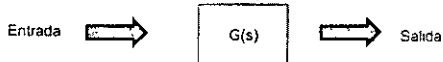
---

---

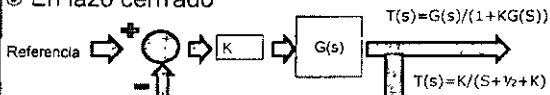
---

### Diseñemos un controlador proporcional para el sistema:

- $G(s) = 1/(s + 1/2)$
- El sistema es estable, polo en  $s = -1/2$



• En lazo cerrado




---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Objetivos de control

- ⊙ 1. Se mejora el desempeño cuando incrementamos K.
- ⊙ 2. Se cumple que el sistema es más estable, Polo en lazo cerrado  $P = -(\frac{1}{2} + K)$ , si  $K < \frac{1}{2}$  el sistema es inestable.
- ⊙ Para el tercer objetivo de control ¿Y-Yd?  
¿Y<sub>α</sub>-Yd?

UNAM

DIRECCION GENERAL DE INGENIERIA Y MECANICA



## Y la salida ¿Y-Yd?

$$T(s) = K / (s + \frac{1}{2} + K) = Y(s) / Y_d(s)$$

$$Y_{\alpha} = T(0) * Y_{d\alpha}$$

$$T(0) = K / (K + \frac{1}{2})$$

$$\text{Si } K=1 \quad T(0) = 2/3$$

$$\text{Si } K=10 \quad T(0) = 20/21$$

T(0), tiende a ser 1, pero no se logra exactamente.

UNAM

DIRECCION GENERAL DE INGENIERIA Y MECANICA



## Conclusiones del controlador

### Proporcional

Si aumentamos K, se mejora tanto el desempeño como estabilidad y el error es menor por lo que deseáramos darle una mayor K, pero la implantación es impráctico.

UNAM

DIRECCION GENERAL DE INGENIERIA Y MECANICA



### Qué sucede si $K=-1/2$

- $T(s)=(-1/2)/s=Y(s)/Y_d(s)$
- $Y(s)=-1/2*(1/s)Y_d(s)$  anti transformando  
 $Y(t)=-1/2\int y_d(t)dt$

Escalon

Rampa, la salida crece constantemente-- inestable

UNAM

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA EN SISTEMAS ELECTRICOS

---

---

---

---

---

---

---

---

### Proponiendo un control integral

Empecemos por el objetivo de control 3,  
 $Y(s) \rightarrow Y_d(s)$   
 $T(s) = Ki / (s^2 + 1/2s + Ki)$   
 $T(0) = 1$  se cumple seguimiento.

UNAM

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA EN SISTEMAS ELECTRICOS

---

---

---

---

---

---

---

---

### Verifiquemos el objetivo de control 1 (desempeño)

- Si  $Ki=1$
- Utilizando la formula general de un sistema de segundo orden  $s^2 + 2\xi\omega_n s + \omega_n^2$   
 $\omega_n=1$   
 $\xi=1/4$   
 $T_s=5/\xi\omega_n=20$
- No mejora el desempeño, al contrario empeora

UNAM

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA EN SISTEMAS ELECTRICOS

---

---

---

---

---

---

---

---





¿Qué pasa si combinamos los efectos de estos dos tipos de controles: Proporcional e Integral (PI)

- ⊙ P:  $u(t)=Ke(t)$        $U(s)=KE(s)$
- ⊙ I:  $u=K\int e(t)dt$        $U(s)=(K/s) E(s)$

Combinando  
 $U(s)=((Ks+K_i)/s)*E(s)$

El objetivo de unir un controlador Proporcional y uno Integral es tomar lo mejor de cada uno.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### Estabilidad de un control PI

- ⊙  $T(S)=(Ks+K_i)/(s^2+(1/2+k)s+k_i)$ , se puede analizar la estabilidad por el criterio de Newton, todos los coeficiente son positivos:
- ⊙  $K_i > 0$
- ⊙  $K > -1/2$

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### Desempeño Y--Yd

- ⊙ El desempeño de la respuesta de la planta, lo podemos modificar proponiendo por ejemplo un  $t_s$  y un %Sp deseado, por ejemplo:  
 $t_s=4$  seg  
 %Sp=10%, se puede calcular  $\xi$  y  $\omega_n$ , posteriormente una ecuación característica "deseada":  $s^2+2\xi\omega_n s+\omega_n^2$ , e igualar coeficientes para encontrar K y  $K_i$  ( $K=2$  y  $K_i=4.45$ )

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Controlador PID

UNAM DEPARTAMENTO DE INGENIERIA MECANICA

---

---

---

---

---

---

---

---

## Ley de control.

- ⊙  $U(t) = K_e(t) + K_i \int e(t) dt + K_d \frac{de(t)}{dt}$
- ⊙  $U(s) = K + K_i/s + K_d s$
- ⊙  $U(S) = (K_d s^2 + K_s + K_i)/s$
- ⊙ El polinomio del numerador es mayor que el del denominador (por el derivador)  
¿Cómo le haría para que por lo menos el denominador tenga el mismo orden del denominador?

UNAM DEPARTAMENTO DE INGENIERIA MECANICA

---

---

---

---

---

---

---

---

## Agregando un polo lo más alejado del origen.

- ⊙ El polo es un integrador por lo que el denominador aumenta el grado.
- ⊙ Entre más alejado este el polo menos afecta la respuesta transitoria del controlador y tenemos los beneficios del control derivativo pero sin el ruido.
- ⊙  $G_{PID} = (K_d s^2 + K_s + K_i) / (s(s + P_E))$

UNAM DEPARTAMENTO DE INGENIERIA MECANICA

---

---

---

---

---

---

---

---

### Agregando un derivador

- ⊗ El control derivativo generalmente se pone para mejorar una respuesta transitoria.
- ⊗ El problema de este controlador es que existe una amplificación del ruido.
- ⊗  $Y = \text{sen } t$
- ⊗ Con ruido  $Y = \text{sen } t + 0.1 \text{ sen } (1000t)$
- ⊗  $dy/dt = \cos t + 100 \cos(1000t)$

UNAB DEPARTAMENTO DE INGENIERIA EN ELECTRONICA

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### Resumen

Términos	Efectos
Proporcional (P)	Decremento del tiempo de levantamiento, Incremento del sobrepaso, Error=constante
Integral (I)	Error=0, Incremento del sobrepaso, incremento del tiempo de asentamiento
Derivativo (D)	Error poco cambio, decremento del sobrepaso y tiempo de asentamiento

UNAB DEPARTAMENTO DE INGENIERIA EN ELECTRONICA

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### Ajuste experimental de las ganancias del control PID

Método de Ziegler- Nichols

UNAB DEPARTAMENTO DE INGENIERIA EN ELECTRONICA

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Método de Ziegler- Nichols

Se propuso en 1942 por John Ziegler y Natalie Nichols para el control en baterías antiáreas empleadas en la Segunda Guerra Mundial.

El ajuste de Ziegler-Nichols propone unos parámetros para el PID de forma que el sistema controlado posea buen rechazo a las perturbaciones. A veces es más importante el rechazo a las perturbaciones que el seguimiento y el transitorio (p.e. el control de la temperatura en una planta de elaboración de objetos plásticos)

UNAM DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA

---

---

---

---

---

---

---

---

## Método

	$K_p$	$T_i$	$T_d$
P	$\frac{1}{0.5}$	$\infty$	0
PI	$\frac{0.9}{0.5}$	3L	0
PID	$\frac{1.2}{0.5}$	2L	0.5L

Entrada escalón

Salida en estado permanente

63.2% de la salida, cte. de tiempo

Por trigonometría:

$$\alpha = \frac{K L}{T}$$

UNAM DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA

---

---

---

---

---

---

---

---

## Otros tipos de control.

- Control Robusto.
- Control Inteligente (Fuzzy Logic, Neural Networks)
- Control No Lineal (Rediseño de Lyapunov)

UNAM DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA

---

---

---

---

---

---

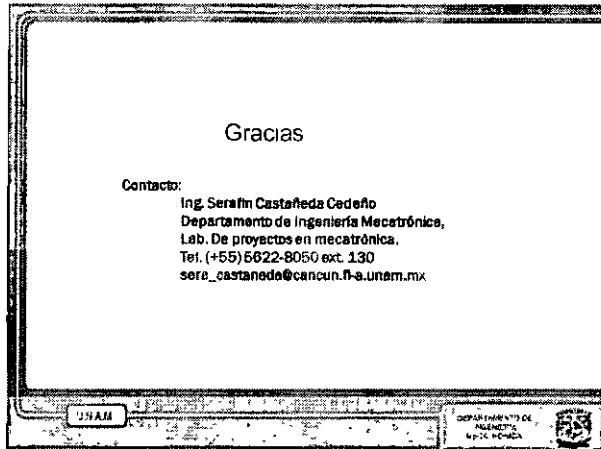
---

---

Gracias

Contacto:

Ing. Serafn Castañeda Cedeño  
Departamento de Ingeniería Mecatrónica,  
Lab. De proyectos en mecatrónica,  
Tel. (+55) 5622-8050 ext. 130  
sera\_castaneda@cancun.fi-a.unam.mx



---

---

---

---

---

---

---

---



DIVISIÓN DE EDUCACIÓN  
CONTINUA Y A DISTANCIA

# *AUTOMATIZACION INDUSTRIAL CI 20*

TEMA

*Robótica*

EXPOSITOR: ING. GABRIEL HURTADO CHONG  
DEL 01 AL 03 DE JUNIO DE 2009  
PALACIO DE MINERÍA

Universidad Nacional Autónoma de México



Facultad de Ingeniería



# Robótica

Departamento de Ingeniería Mecatrónica



Autor: Ing. Gabriel Hurtado Chong



## Objetivos

- > Conocer el concepto y definición de robot.
- > Conocer distintas clasificaciones de los robots
- > Conocer algunas de las principales características que determinan las capacidades y aplicaciones de un robot.
- > Conocer algunos conceptos y criterios que deben considerarse para la selección adecuada de un robot
- > Conocer los diferentes tipos de celdas robóticas
- > Conocer el concepto de interferencia de máquinas
- > Conocer distintos equipos periféricos para robots, incluyendo los sistemas de visión
- > Conocer distintas aplicaciones para los robots

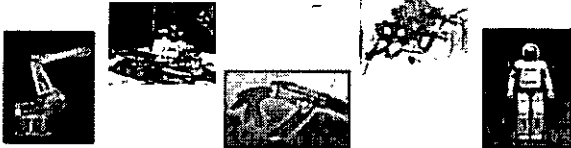
## Fundamentos de robótica



## DEFINICIÓN

Un robot es un dispositivo mecánico, equipado con actuadores y sensores bajo el control de un sistema computacional, el cual opera en un espacio de trabajo realizando tareas mediante movimientos controlados.

Ejemplos: brazo manipulador, mano mecánica, vehículos rodantes o con piernas.



---

---

---

---

---

---

---

---

## DEFINICIÓN

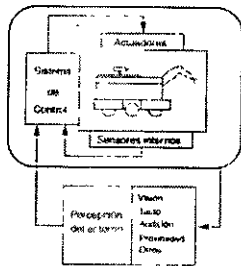


Figura 1.1: Robot y su interacción con el entorno

---

---

---

---

---

---

---

---

## DEFINICIÓN

Una definición de robot usada por *The Robot Institute of America* nos dice que:

“Un robot es un manipulador multifuncional y reprogramable diseñado para mover materiales, partes, herramientas, o dispositivos especiales, a través de movimientos variables programados para la ejecución de una variedad de tareas”.



---

---

---

---

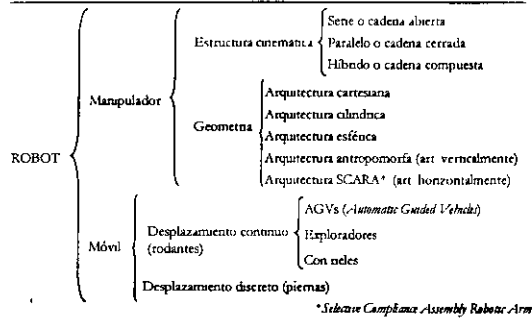
---

---

---

---

## Clasificación de los robots



---

---

---

---

---

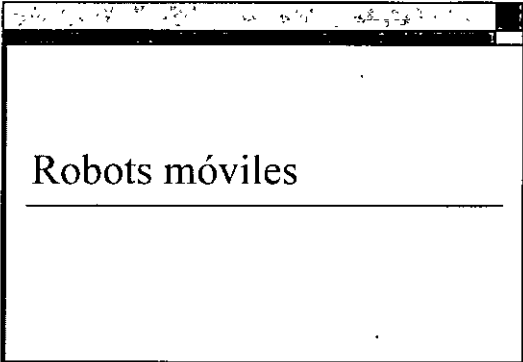
---

---

---

---

---



---

---

---

---

---

---

---

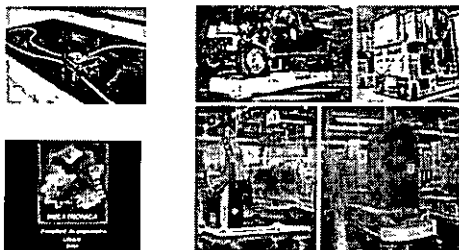
---

---

---

## Robots de desplazamiento continuo

➤ AGVs



---

---

---

---

---

---

---

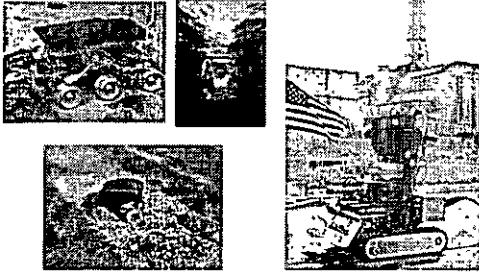
---

---

---

## Robots de desplazamiento continuo

### > Exploradores



---

---

---

---

---

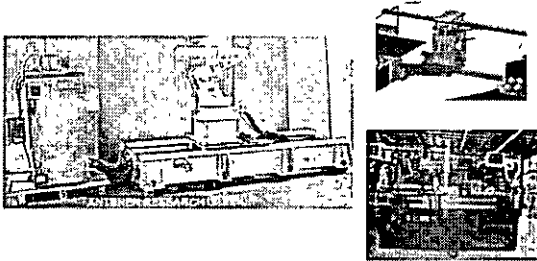
---

---

---

## Robots de desplazamiento continuo

### > Con rieles



---

---

---

---

---

---

---

---

## Robots de desplazamiento discreto

### > Con piernas



---

---

---

---

---

---

---

---

# Robots manipuladores

---

## Características

---

---

---

---

---

---

---

---

## Volumen de trabajo

El espacio dentro del cual el robot puede manipular el extremo de su muñeca se conoce como **volumen de trabajo**, éste comprende entonces todos aquellos puntos que le son accesibles.

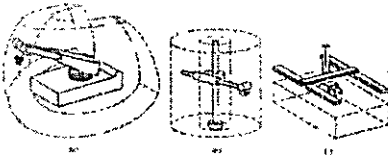


Figura 1.6 Volumen de trabajo de diferentes configuraciones de robots (a) posición de la muñeca y (b) configuración

---

---

---

---

---

---

---

---

## Estructura cinemática

Los robots pueden estar formados por cadenas cinemáticas abiertas, cerradas o compuestas.



Figura 1.7 Cadenas cinemáticas

---

---

---

---

---

---

---

---

## Estructura cinemàtica

> Serie o de cadena abierta



---

---

---

---

---

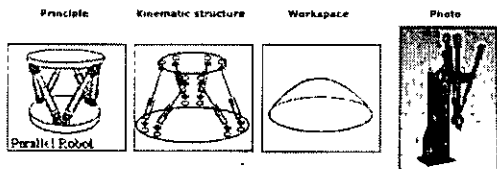
---

---

---

## Estructura cinemàtica

> Paralelo o de cadena cerrada



---

---

---

---

---

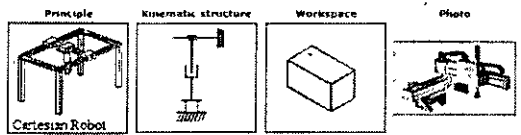
---

---

---

## Arquitectura o Geometría

> Arquitectura cartesiana



---

---

---

---

---

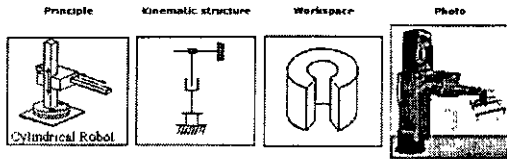
---

---

---

## Arquitectura o Geometría

### > Arquitectura cilíndrica




---

---

---

---

---

---

---

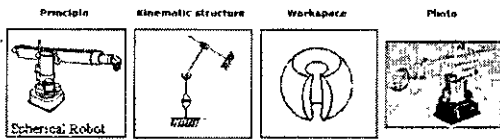
---

---

---

## Arquitectura o Geometría

### > Arquitectura esférica




---

---

---

---

---

---

---

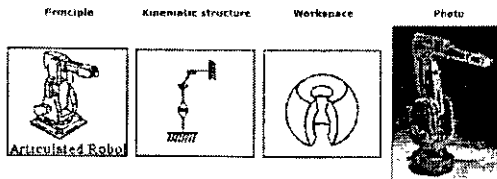
---

---

---

## Arquitectura o Geometría

### > Arquitectura antropomorfa (articulado verticalmente)




---

---

---

---

---

---

---

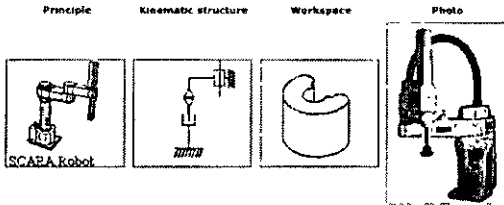
---

---

---

# Arquitectura o Geometría

Arquitectura SCARA (articulado horizontalmente)




---

---

---

---

---

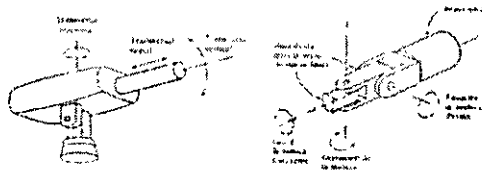
---

---

---

# Grados de libertad

El número de articulaciones que tiene un robot corresponde al número de grados de libertad del mismo. Dichas articulaciones pueden tener movimiento lineal o rotacional.




---

---

---

---

---

---

---

---

# Efecto final

Los robots industriales (brazos manipuladores) están diseñados para realizar un trabajo productivo al desplazar su cuerpo, brazo y muñeca. Unido a la muñeca está el efecto final, que sirve para que el robot realice una tarea específica.




---

---

---

---

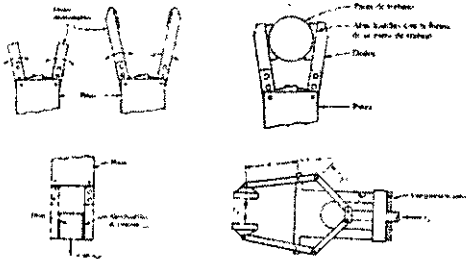
---

---

---

---

## Ejemplos de efectores finales



---

---

---

---

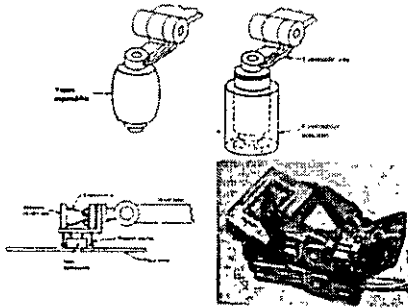
---

---

---

---

## Ejemplos de efectores finales



---

---

---

---

---

---

---

---

## Sistema de impulsión

El **sistema de impulsión** utilizado para accionar el robot le proporciona la capacidad para desplazar su cuerpo, brazo y muñeca; también determina la velocidad de sus movimientos, su resistencia mecánica y su rendimiento dinámico. Así determina, en cierta medida, el tipo de aplicaciones que puede realizar el robot.

---

---

---

---

---

---

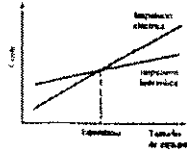
---

---



## Sistema de impulsión

Los sistemas de impulsión utilizados por los robots pueden ser de tres tipos: **hidráulico**, **eléctrico** o **neumático**; siendo los dos primeros los que se emplean principalmente en los robots más sofisticados.



---

---

---

---

---

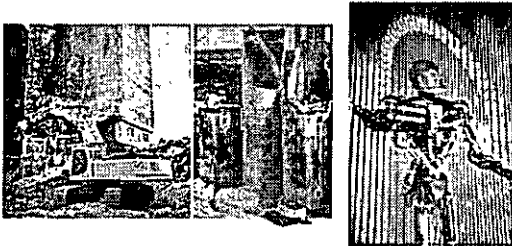
---

---

---

## Sistema de impulsión

> Robots hidráulicos



---

---

---

---

---

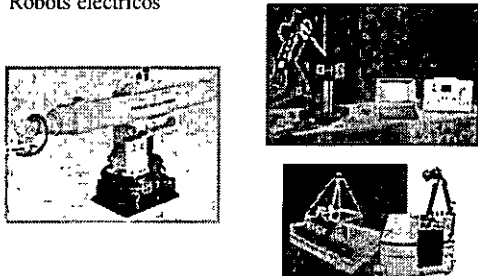
---

---

---

## Sistema de impulsión

> Robots eléctricos



---

---

---

---

---

---

---

---

## Sistema de impulsión

> Robots neumáticos



---

---

---

---

---

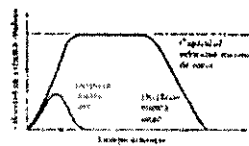
---

---

---

## Velocidad de desplazamiento

La **velocidad** determina la rapidez con la que el robot puede realizar un ciclo de trabajo específico. Casi todos los robots cuentan con medios para realizar ajustes en su velocidad; para establecer la velocidad óptima del robot deben tenerse en cuenta: la exactitud con que debe posicionarse su muñeca, el peso del objeto que se manipula y las distancias a recorrer.



---

---

---

---

---

---

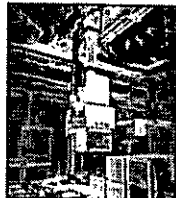
---

---

## Capacidad de transporte de carga

El tamaño, la configuración, la construcción y el sistema de impulsión determinan la **capacidad de transporte de carga** del robot.

La capacidad de carga debe especificarse bajo la condición de que el brazo del robot esté en su posición más débil.



---

---

---

---

---

---

---

---

## Velocidad de respuesta

La **velocidad de respuesta** se refiere a la capacidad del robot para desplazarse a la siguiente posición en un tiempo breve. El tiempo de respuesta dependerá de la velocidad de movimiento del robot y del sistema de control.

---

---

---

---

---

---

---

---

## Estabilidad

La **estabilidad** se define como una medida de las oscilaciones que se producen en el brazo durante el movimiento desde una posición a la siguiente. Un robot con buena estabilidad presentará pocas o ninguna oscilación durante el movimiento o el fin del movimiento del brazo.

---

---

---

---

---

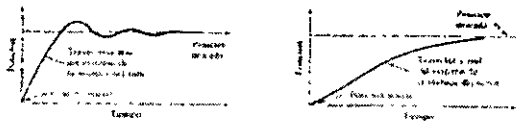
---

---

---

## Amortiguamiento

La estabilidad puede controlarse, en cierta medida, incorporando elementos amortiguadores. Un alto nivel de amortiguación aumentará la estabilidad del robot (reduciendo su tendencia a la oscilación), pero reducirá la velocidad de respuesta.



---

---

---

---

---

---

---

---

## Precisión y resolución

La **precisión de movimiento** estará en función de tres características: la **resolución espacial**, la **exactitud** y la **repetibilidad**.

La **resolución espacial** de un robot es el incremento de movimiento más pequeño en el que el robot puede dividir su volumen de trabajo y depende de dos factores: la resolución del sistema de control y las inexactitudes mecánicas del robot.



---

---

---

---

---

---

---

---

## Exactitud

La **exactitud** se refiere a la capacidad de un robot para situar el extremo de su muñeca en un punto de destino deseado dentro del volumen de trabajo. La exactitud de un robot varía dentro del volumen de trabajo, tendiendo a ser peor cuando el brazo esté en la región exterior de su volumen de trabajo y mejor cuando éste se encuentra más próximo a su base; esto se debe a que las inexactitudes mecánicas aumentan con el brazo del robot completamente extendido.

---

---

---

---

---

---

---

---

## Exactitud y mapa de error

La exactitud mejora si el ciclo de movimiento está restringido a un margen de trabajo limitado, ya que los errores mecánicos tienden a reducirse en tales circunstancias.

Las cargas de trabajo más pesadas producen una mayor desviación de las uniones mecánicas del robot, lo que origina una exactitud menor.

Se utiliza el término **mapa de error** para caracterizar el nivel de exactitud que tiene un robot en función de su posición en el volumen de trabajo.

---

---

---

---

---

---

---

---

## Repetibilidad

La **repetibilidad** se refiere a la capacidad de un robot para volver a un punto, previamente programado, cuando se le ordena que lo haga.



---

---

---

---

---

---

---

---

## Sistemas de control

Según sus sistemas de control, los robots industriales pueden clasificarse en cuatro categorías, del nivel más bajo al más sofisticado estas son:

1. Robots de secuencia limitada
2. Robots de reproducción con control punto a punto
3. Robots de reproducción con control de recorrido continuo
4. Robots inteligentes

---

---

---

---

---

---

---

---

## Sistemas de control

1. **Robots de secuencia limitada.** Se controlan por el posicionamiento de los interruptores de fin de carrera y/o topes mecánicos para establecer los puntos finales de desplazamiento para cada una de sus articulaciones. Con éste método de control, las articulaciones individuales sólo pueden desplazarse a sus límites extremos. La impulsión neumática suele ser la más utilizada para este tipo de control. Las aplicaciones de estos robots suelen implicar movimientos simples, tales como operaciones de “tomar y situar”.

---

---

---

---

---

---

---

---

## Sistemas de control

**2. Robots de reproducción con control punto a punto.** Son capaces de realizar ciclos de movimiento que consisten en una serie de localizaciones de puntos deseados para acciones afines. Al robot se le enseña un punto a la vez y se graba en su unidad de control. Posteriormente se programa para desplazarse de un punto a otro en la secuencia adecuada. No existe control sobre la trayectoria tomada por el robot en sus recorridos. Este tipo de control es bastante apropiado para operaciones de carga y descarga de máquinas, así como para la soldadura por puntos.

---

---

---

---

---

---

---

---

## Sistemas de control

**3. Robots de reproducción con control de recorrido continuo.** Son capaces de realizar ciclos de movimiento en los que se controla la trayectoria seguida por el robot. Esto suele hacerse desplazando el robot a través de una serie de puntos próximos que describen la trayectoria deseada. Los puntos individuales se definen por la unidad de control y no por el programador. Estos robots se utilizan en operaciones de pintado con *spray* y soldadura por arco.

---

---

---

---

---

---

---

---

## Sistemas de control

**4. Robots inteligentes.** Tienen la capacidad no sólo para reproducir un ciclo de movimiento programado, sino también para interactuar con su entorno de una manera que parece inteligente. Pueden modificar su ciclo programado en respuesta a las condiciones particulares que se produzcan en el lugar de trabajo. Pueden tomar decisiones lógicas basadas en los datos de sus sensores. Tienen capacidad para comunicarse, durante su ciclo de trabajo, con los operadores humanos o con sistemas basados en computadora. Aplicaciones típicas de estos robots son las tareas de ensamble y soldadura por arco.

---

---

---

---

---

---

---

---

## Selección de robots

Una vez que se ha definido la aplicación, debe buscarse que el robot posea una combinación adecuada de diversas características técnicas:

- Número de ejes
- Tipos de sistemas de control
- Volumen de trabajo
- Facilidad de programación
- Precisión de los movimientos
- Capacidad para transportar carga

---

---

---

---

---

---

---

---

## Aplicaciones de la robótica

Celdas robóticas

---

---

---

---

---

---

---

---

## Concepto de celda robótica

Los robots industriales generalmente trabajan con otros equipos, por ejemplo: transportadores, máquinas de producción, dispositivos de fijación y herramientas. El robot y el equipo asociado forman una celda de trabajo.

Algunas veces se incluyen operarios humanos dentro de dicha celda para efectuar tareas que no son automatizadas fácilmente (inspección, toma de decisiones, etc.).

---

---

---

---

---

---

---

---

### Clasificación de las celdas robóticas

La organización de la estructura de las celdas de trabajo de robots puede clasificarse en tres tipos básicos:

1. Celda centrada en el robot
2. Celda con el robot en línea
  - a) Transferencia intermitente o síncrona
  - b) Transferencia continua
  - c) Transferencia asíncrona
3. Celda con robot móvil

---

---

---

---

---

---

---

---

### Tipos de celdas

**1. Celda centrada en el robot.** El robot se localiza aproximadamente en el centro de la celda y el equipo se coloca en un círculo parcial a su alrededor. El caso más sencillo es cuando el robot realiza una operación simple, ya sea atendiendo a una sola máquina o efectuando una operación de producción única. Ejemplos: operaciones de carga y descarga de piezas de trabajo, procesos de soldadura por arco, maquinados.

---

---

---

---

---

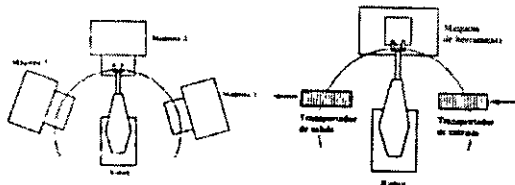
---

---

---

### Tipos de celdas

En este tipo de celdas debe proporcionarse un medio para la entrada y salida de las piezas de trabajo. Para ello pueden utilizarse transportadores, alimentadores de piezas con canales de descarga y palets.




---

---

---

---

---

---

---

---



### Tipos de celdas

**2. Celda con el robot en línea.** En este caso el robot se localiza a lo largo de un transportador móvil u otro sistema de manejo y efectúa una tarea sobre el producto cuando viaja sobre el transportador. Muchas de estas celdas tienen más de un robot colocado a lo largo de la línea móvil. Ejemplo: líneas de ensamble de carrocerías mediante soldadura por puntos.

En estas celdas pueden utilizarse tres sistemas de transferencia.

---

---

---

---

---

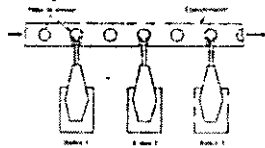
---

---

---

### Tipos de celdas

**a) Transferencia intermitente o sincrónica.** Las piezas se desplazan desde una estación de trabajo a la siguiente con un movimiento de arranque y paro, todas las piezas se mueven simultáneamente. Su ventaja es que la pieza puede colocarse con una posición y orientación específicas con respecto al robot durante su ciclo de trabajo.



---

---

---

---

---

---

---

---

### Tipos de celdas

**b) Transferencia continua.** Las piezas de trabajo se mueven a lo largo de la línea a velocidad constante. Esto significa que la posición y orientación de las piezas cambia continuamente con respecto a cualquier posición fija a lo largo de la línea. El problema puede resolverse con los siguientes métodos:

- Sistema de seguimiento de línea de base móvil
- Sistema de seguimiento de línea de base estacionaria

---

---

---

---

---

---

---

---

## Tipos de celdas

El sistema de seguimiento de línea de base móvil implica el uso de un sistema de transporte para mover el robot paralelamente a la pieza mientras se realiza la operación. Así, la posición relativa de la pieza y el robot permanece constante durante el ciclo de trabajo. Esta es una solución costosa debido a que implica la construcción de un sistema que mantenga una posición precisa entre el robot y la pieza. Además, deben tenerse en cuenta los problemas de interferencia y de colisión potencial entre robots en estaciones adyacentes a lo largo de la línea.

---

---

---

---

---

---

---

---

## Tipos de celdas

En el sistema de seguimiento de línea de base estacionaria el robot está fijo a lo largo de la línea, pero es capaz de mantener las posiciones de los puntos programados, incluyendo la orientación del efector final y las velocidades de movimiento, en relación con la pieza de trabajo. Esto requiere que el robot tenga la capacidad computacional y de control suficientes para efectuar el seguimiento.

---

---

---

---

---

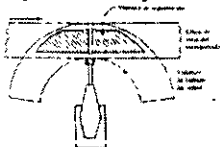
---

---

---

## Tipos de celdas

Además debe contarse con sistemas sensoriales adecuados para la localización e identificación de las piezas de trabajo que ingresan en la ventana de seguimiento del robot. La ventana de seguimiento es la intersección del volumen de trabajo del robot con la línea de viaje de la pieza de trabajo.



---

---

---

---

---

---

---

---

### Tipos de celdas

c) **Transferencia asíncrona.** En este sistema cada pieza se mueve independientemente a lo largo del transportador. Cuando una estación de trabajo particular termina de procesar una pieza, ésta se mueve hacia la siguiente estación de trabajo en la línea. En todo momento habrá algunas piezas en proceso y otras entre estaciones. A cada pieza se le debe proporcionar su propio carro de movimiento independiente. Debido a los tiempos de llegada irregulares, se deben proporcionar sensores al robot que le indiquen cuándo comienza su ciclo de trabajo.

---

---

---

---

---

---

---

---

### Tipos de celdas

**3. Celda con robot móvil.** El robot se monta sobre una base móvil, que puede transportarse sobre un riel, de forma que sea capaz de desplazarse hacia los diversos equipos dentro de la celda. Este tipo de celda es apropiada cuando el robot trabaja con máquinas-herramienta de ciclos de trabajo prolongados, permitiendo esto compartir su tiempo entre las máquinas y reducir tiempos muertos.

---

---

---

---

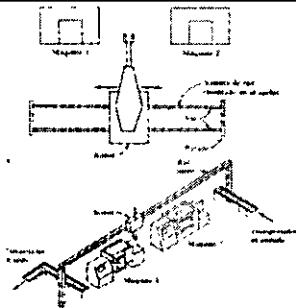
---

---

---

---

### Tipos de celdas



---

---

---

---

---

---

---

---

Eng. Gabriel H. Escobar Chong

## Robots múltiples e interferencias de máquinas

En algunas celdas de robots se necesitará más de uno para realizar el trabajo. La celda de robot en línea es un ejemplo común de esta situación. En otros casos, un robot trabajará con más de una máquina en la celda. Las celdas de robot en el centro y la de robot móvil son ilustrativas de esta posibilidad. En ambas situaciones debe tenerse cuidado para asegurarse de que los diferentes equipos no interfieran entre sí. Esta interferencia puede ocurrir de dos maneras.

---

---

---

---

---

---

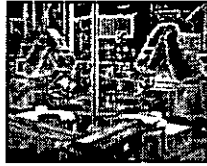
---

---

Eng. Gabriel H. Escobar Chong

## Robots múltiples e interferencias de máquinas

El primer caso es la interferencia física de los robots, cuando sus volúmenes de trabajo en la celda se traslapan entre sí. En tal situación existe el peligro de colisión entre los brazos de robot. Esto puede evitarse separando los robots una distancia adecuada para evitar el problema.



---

---

---

---

---

---

---

---

Eng. Gabriel H. Escobar Chong

## Robots múltiples e interferencias de máquinas

Sin embargo, existen aplicaciones en las que es deseable que los robots compartan el mismo espacio. Un ejemplo sería cuando el robot coloca una pieza de trabajo en una cierta posición y un segundo robot debe recogerla. La posición debe estar en el volumen de trabajo de ambos robots. Por lo tanto, los ciclos de movimiento deben coordinarse de forma que los robots nunca estén suficientemente próximos para tener el riesgo de una colisión.

---

---

---

---

---

---

---

---

Robots múltiples e interferencias de máquinas



---

---

---

---

---

---

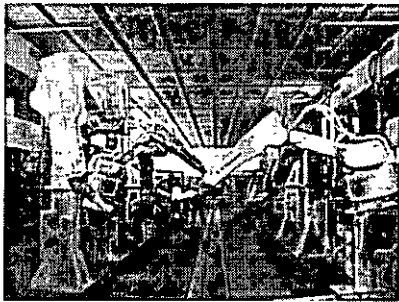
---

---

---

---

Robots múltiples e interferencias de máquinas



---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Robots múltiples e interferencias de máquinas

El segundo tipo de interferencia es cuando hay dos o más máquinas atendidas por un robot y los ciclos de las máquinas se temporizan de tal forma que se experimenta un tiempo muerto por una o más máquinas mientras otra está siendo servida por el robot. Esto se llama interferencia de máquinas y es un problema usual encontrado cuando se asigna un operario humano para servir a múltiples máquinas.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### Robots múltiples e interferencias de máquinas

La interferencia de máquinas se puede medir como el tiempo muerto total de todas las máquinas en la celda comparado con el tiempo de ciclo del operario (o el robot). La medida se expresa en términos porcentuales.

---

---

---

---

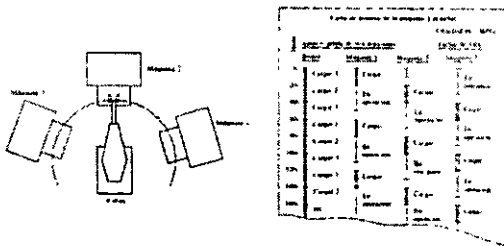
---

---

---

---

### Robots múltiples e interferencias de máquinas



---

---

---

---

---

---

---

---

### Seguridad

En una celda robótica diseñada para trabajar con operarios humanos en el proceso de producción, se deben incluir aspectos de seguridad para protegerlos. Esto se encuentra típicamente cuando se emplean trabajadores para cargar y descargar las piezas de trabajo en la celda y el robot realiza operaciones tales como soldadura o taladrado.



---

---

---

---

---

---

---

---

# Seguridad

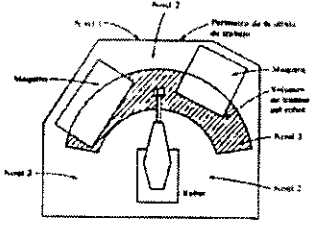


Figura 17-2. Tres niveles de sistemas de seguridad: nivel 1, penetración del parámetro; nivel 2, detección de intrusiones en la celda de trabajo; nivel 3 detección de intrusiones dentro del volumen de trabajo del robot.

Algunos sistemas de seguridad incluyen el uso de alfombras sensibles a la presión y cortinas de luz.

---

---

---

---

---

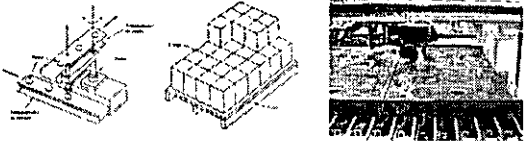
---

---

---

# Aplicaciones en la manufactura

> Transportar o manipular piezas (tomar y situar, carga y descarga de máquinas, paletizar, ensamble)



---

---

---

---

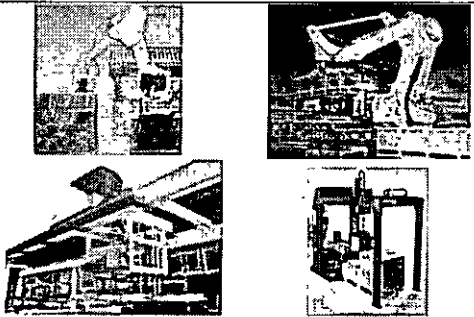
---

---

---

---

# Aplicaciones en la manufactura



---

---

---

---

---

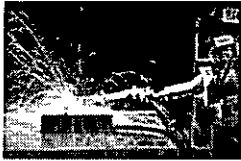
---

---

---

### Aplicaciones en la manufactura

➤ Soldadura (por puntos, por arco)



---

---

---

---

---

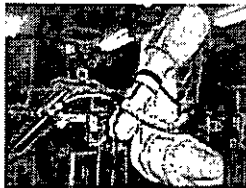
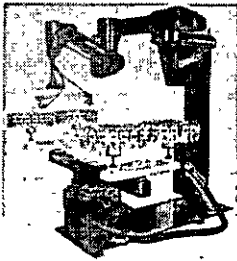
---

---

---

### Aplicaciones en la manufactura

➤ Pintado con *spray*, pegado de partes



---

---

---

---

---

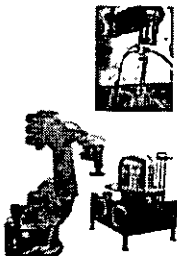
---

---

---

### Aplicaciones en la manufactura

➤ Taladrado, rectificando, pulido, desbaste, remachado



---

---

---

---

---

---

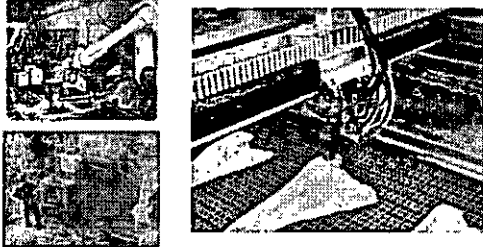
---

---



### Aplicaciones en la manufactura

- > Procesos de corte (por chorro de agua, por láser, con plasma)



---

---

---

---

---

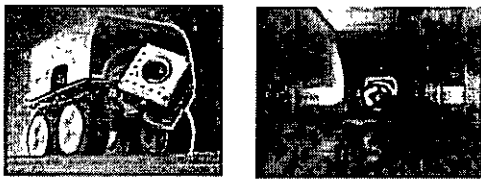
---

---

---

### Aplicaciones en la manufactura

- > Inspección (por visión, por ultrasonido, por contacto)



---

---

---

---

---

---

---

---

### Elementos periféricos

Entre los dispositivos periféricos y sistemas que trabajan con el robot pueden mencionarse los siguientes:

- > Efectores finales
- > Sensores (de velocidad, de fuerza, de contacto)
- > Sistemas de visión
- > Bandas transportadoras
- > Mesas giratorias

---

---

---

---

---

---

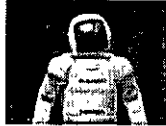
---

---

## Sistemas de visión

Algunas de las aplicaciones en robótica de los sistemas de visión incluyen:

- > Localización de piezas
- > Identificación de piezas
- > Recogida en tolvas
- > Inspección




---

---

---

---

---

---

---

---

## Sistemas de visión

Típicos sistemas de visión en robótica son capaces de analizar sistemas bidimensionales, extrayendo ciertas características de las imágenes.

Ejemplos de tareas de inspección realizadas con estos sistemas incluyen:

- > Verificación de dimensiones
- > Acabado superficial
- > Revisión de ensambles (correctos y completos)

---

---

---

---

---

---

---

---

## Sistemas de visión

El papel del robot en el proceso de inspección puede ser:

- > Presentar las piezas al sistema de visión en la posición y orientación correctas.
- > Manipular el sistema de visión sobre las piezas o ensambles que deben examinarse.

---

---

---

---

---

---

---

---

## Sistemas de visión

Este tipo de sistemas son especialmente útiles en aplicaciones donde la naturaleza del producto hace difícil la inspección por el ojo humano, por ejemplo: para el control de calidad en la producción de tarjetas y circuitos electrónicos.



---

---

---

---

---

---

---

---

## Sistemas de visión

Con el fin de que el sistema opere fiablemente deben tenerse en cuenta factores como:

- > La resolución requerida de la cámara de visión
- > El campo de visión de la cámara relativo al objeto inspeccionado
- > Requisitos especiales de iluminación

---

---

---

---

---

---

---

---



DIVISIÓN DE EDUCACIÓN  
CONTINUA Y A DISTANCIA

***AUTOMATIZACION  
INDUSTRIAL  
CI 20***

TEMA

***Servosistemas***

---

EXPOSITOR: ING. HUMBERTO MANCILLA ALONSO  
DEL 01 AL 03 DE JUNIO DE 2009  
PALACIO DE MINERÍA

Universidad Nacional Autónoma de México  
Facultad de Ingeniería  
Departamento de Ingeniería Mecatrónica

---

# Servosistemas

Por:  
Humberto Mancilla Alonso  
Ingeniero Mecánico

---

Ciudad Universitaria, Junio 2009

---

---

---

---

---

---

---

---

## Agenda

---

- I. Los qué y los por qué de los servosistemas.
- II. La evolución de los servosistemas
- III. Organización de un servosistema.
- IV. Arquitectura de conexión.
- V. Planeación de trayectorias en robots manipuladores.
- VI. Redes industriales de comunicación.
- VII. Programación.
- VIII. Aplicaciones.

---

---

---

---

---

---

---


---

---

### I. Los que y los por qué de los servosistemas

---

#### ¿Qué es un servomecanismo?



Es un sistema mecatrónico con control de lazo cerrado, que actúa para mantener o modificar las particularidades mecánicas de un objeto.

Integrado por dos partes:

- a) Mecanismo
- b) Servosistema

---

---

---

---

---

---

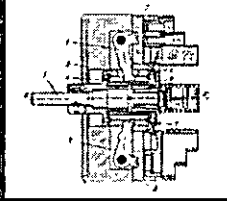
---

---

---

Mecanismo

Es un sistema de elementos mecánicos que tiene la finalidad de transmitir movimiento traslacional y/o rotacional.



---

---

---

---

---

---

---

---

Mecanismo



---

---

---

---

---

---

---

---

Mecanismo



---

---

---

---

---

---

---

---

### I. Los qué y los por qué de los servosistemas.

La retro-alimentación negativa se usa para hacer que un servo trabaje adecuadamente, restándole de la referencia y generando un error. Este error inicia una acción que hará que este error tienda a cero. Un ejemplo perfecto de un sistema con retro-alimentación negativa es un termostato y un horno.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### II. La evolución de los servosistemas.

La palabra servo proviene del latín que significa "esclavo". Los servos tienen su verdadero comienzo en la Segunda Guerra Mundial, muchas de sus aplicaciones fueron en el control de armas. Los servos industriales pueden ser clasificados en cuatro diferentes tipos:

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### II. La evolución de los servosistemas.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### III. Organización de un Servosistema

- ❖ Controlador.
- ❖ Etapa de potencia:
- ❖ Servomotor.



---

---

---

---

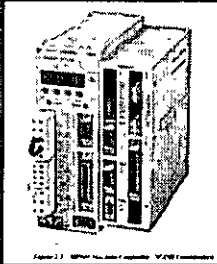
---

---

---

---

### Controlador.



Envía las señales de referencia para manejar el servomotor de acuerdo a la señal de error obtenida, mediante algoritmos de control preestablecidos.

---

---

---

---

---

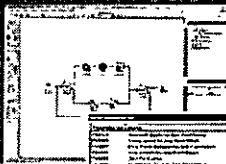
---

---

---

### Programación

La programación de los controladores de un servosistema se realiza:



- a) Paramétricamente
- b) lenguaje de alto nivel.
- c) lenguaje estructurado

---

---

---

---

---

---

---

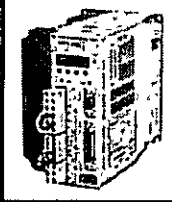
---



### Etapa de potencia

Cambia los niveles de voltaje provenientes del controlador.

Hace los ajustes necesarios para lograr que el movimiento real sea lo más fiel al comando definido.



---

---

---

---

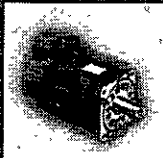
---

---

---

---

### Servomotor



Es un dispositivo electromecánico en el que se puede controlar posición, velocidad y/o torque.



---

---

---

---

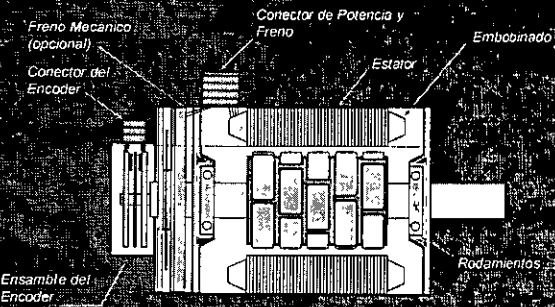
---

---

---

---

### Componentes de un servo motor



---

---

---

---

---

---

---

---

### El embobinado.



En un principio estaba formado por una sola pieza y los motores eran embobinados con una aguja, lo cual requiere un espacio entre bobinas para pasar, resultando un embobinado inexacto.



Actualmente el estator está segmentado, cada segmento del estator es embobinado de manera separada y precisa. Como resultado se obtiene un 70% del espacio aprovechado.

---

---

---

---

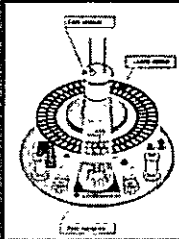
---

---

---

---

### El encoder.



El encoder en los servomotores es un transductor rotativo que transforma un movimiento angular en una serie de pulsos digitales. Estos pulsos generados son utilizados para controlar los desplazamientos de tipo angular o de tipo lineal, si se asocian a cremalleras, usillos o tornillos de bolas. En los encoders la detección del movimiento se ejecuta con base en el principio de exploración fotoeléctrica.

---

---

---

---

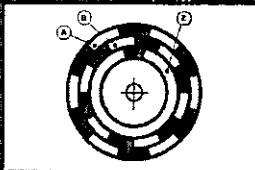
---

---

---

---

### El encoder incremental.



El encoder incremental proporciona normalmente dos formas de ondas cuadradas y desfasadas 180° eléctricas, los cuales por lo general son "canal A" y "canal B". Esta disponible, además, otra señal llamada canal Z o Cero, que proporciona la posición absoluta de cero del eje del encoder.

---

---

---

---

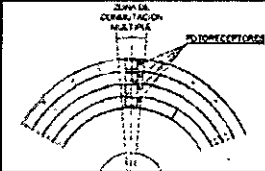
---

---

---

---

### El encoder absoluto.



Mientras en los encoders incrementales la posición está determinada por el cómputo del número de pulsos con respecto a la marca de cero, en los encoders absolutos la posición queda determinada mediante la lectura del código de salida, el cual es único para cada una de las posiciones dentro de la vuelta.

---

---

---

---

---

---

---

---

### Algunos de los beneficios.

1. Corto tiempo de posicionamiento: perfil de trayectoria.
2. Exactitud: Independientemente de las condiciones ambientales, como la temperatura y la humedad.
3. Repetibilidad: Estadísticamente el posicionamiento continuo en uno o varios puntos es consistente.
4. Movimientos coordinados: A través del empleo de interpolaciones, con el control se pueden realizar movimientos coordinados, por ejemplo, en una máquina de control numérico.

---

---

---

---

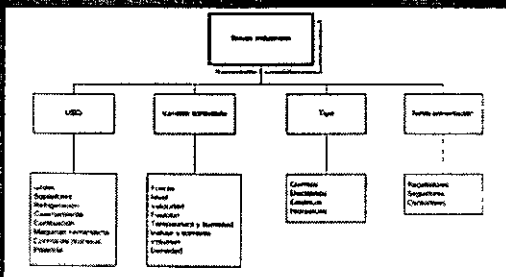
---

---

---

---

### Clasificación.




---

---

---

---

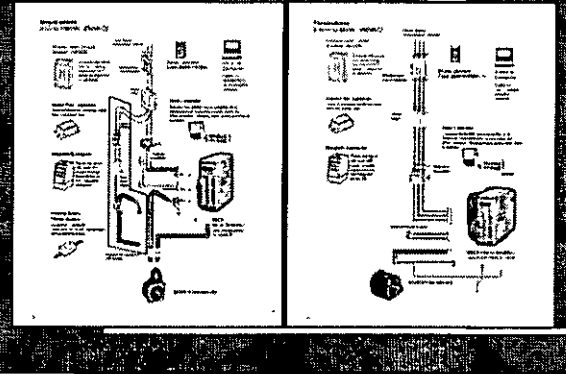
---

---

---

---

#### IV. Arquitectura de Conexión



---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

#### V. Planeación de trayectorias en robots manipuladores.

### Consideraciones

- El estado inicial y final son de reposo.
- Los movimientos se deben realizar en el menor tiempo posible.
- Salvaguardar la integridad del objeto manipulado.
- Evitar generar fuerzas de impacto durante la ejecución de los movimientos.
- Evitar fuerzas que precipiten un movimiento relativo entre el objeto y el mecanismo de sujeción.

---

---

---

---

---

---

---

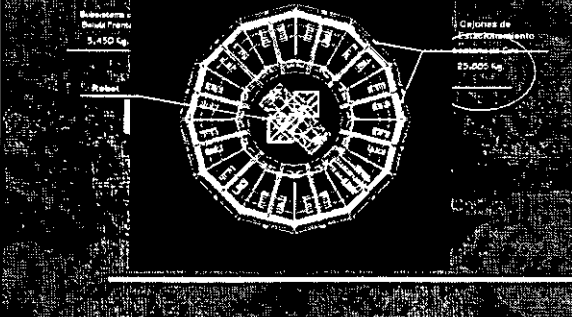
---

---

---

#### Perfiles de velocidad

##### Características del estacionamiento



---

---

---

---

---

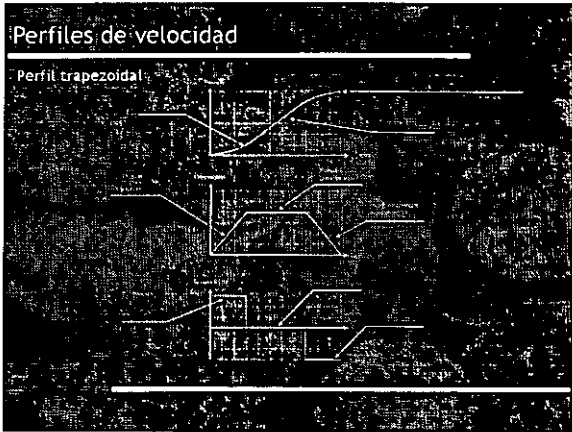
---

---

---

---

---



---

---

---

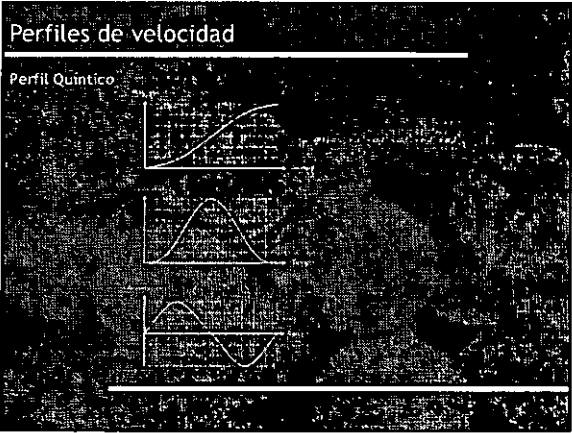
---

---

---

---

---



---

---

---

---

---

---

---

---



---

---

---

---

---

---

---

---

VII. Programación

Parametrización  
NS-MMI

---

---

---

---

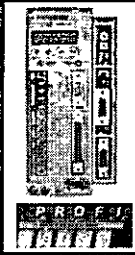
---

---

---

---

Parametrización



NS300/500/600

- Applications:
- Semiconductor fabrication, test, and assembly equipment
  - Food processing and packaging
  - Pharmaceutical packaging and test equipment
  - Automotive assembly and test equipment
  - Material handling, pick and place, linear motor
  - Machine tool (tool changers, sheet feeders, etc.)

---

---

---

---

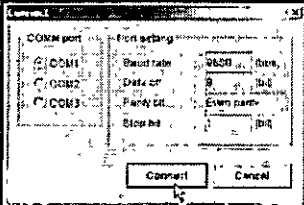
---

---

---

---

Establecer comunicación con el controlador



1. Conectar el cable YS-10
2. Ejecutar el programa NS-MMI
3. Seleccionar el puerto de comunicaciones
4. Click Connect

---

---

---

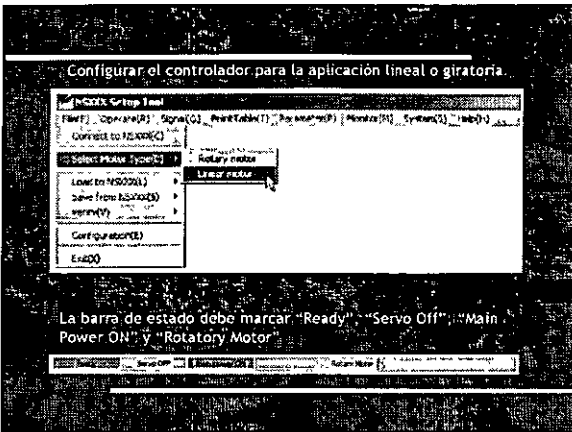
---

---

---

---

---



---

---

---

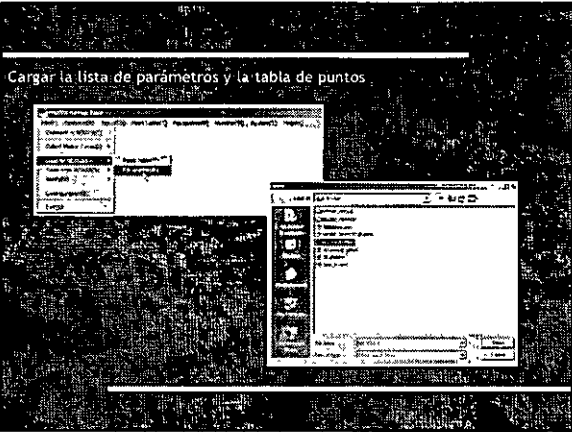
---

---

---

---

---



---

---

---

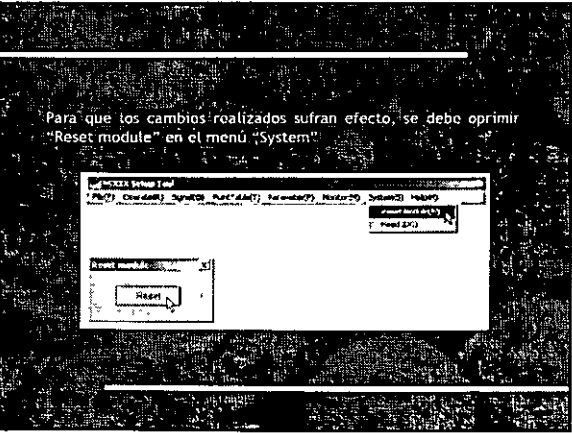
---

---

---

---

---



---

---

---

---

---

---

---

---

Configurar las unidades apropiadas

Seleccione las unidades en grados  
Y una resolución de 0.001 grados

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Configurar las unidades apropiadas

REV = 360 / 0.001  
A(Pn811) = REV \* Relación de reducción

B(Pn810) (PPR Encoder) \* Cuadratura \* Relación de reducción  
(Pn813) = 360000 Unidades Referencia por rotación.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Parametrización

Stepping Operation

**STEP bit:** Refer to the Move Command parameter manual, byte 2, bit 4  
**DIR bit:** Refer to the Move Command parameter manual, byte 3, bit 1

How it works

- When the STEP bit turns ON, the axis moves in the specified direction (DIR bit).
- When the STEP bit turns OFF during movement, step movement is cancelled.
- Additional parameters to help define the stepping operation

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

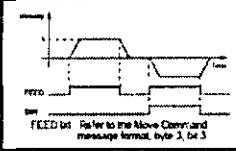
---

---



Parametrización:

Feed Operation



How it works:

- While the FEED bit is ON, the axis moves in the direction specified.
- Use command data during movement to set or override the preset velocity/ feed.

---

---

---

---

---

---

---

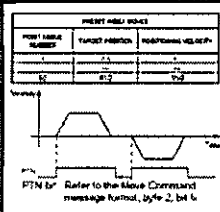
---

---

---

Parametrización:

Point Table Positioning



How it works:

- Use command data to select point table number and then the PTN bit to initiate positioning.
- Fifty positioning points are available.

---

---

---

---

---

---

---

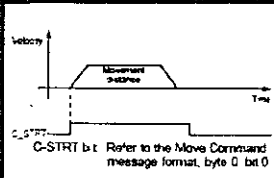
---

---

---

Parametrización:

Simple Positioning



How it works:

- Use simple positioning to receive target position data from a Profibus- master controller's application software.
- When the C-STRT bit turns ON, the system moves from the current position to the target position.
- Communicate target positions with a move command message.
- Velocity, acceleration type, and acceleration rate work the same way as in stepping operation.

---

---

---

---

---

---

---

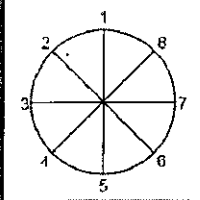
---

---

---

### Parametrización:

#### Station Number Positioning



#### How it works:

- The system will index to the prescribed station number when the STN command bit is turned ON. The target station is defined with command data in the move command message.
- Define up to 32,767 equidistant stations per rotation.

---

---

---

---

---

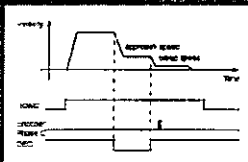
---

---

---

### Parametrización:

#### Homing



#### How it works:

When the HOME bit turns ON, the system returns to the home position at the programmed speed and direction. After reaching home, the position of the Sigma II Profibus resets to zero.

---

---

---

---

---

---

---

---

## Introducción a MotionWorks +

---

---

---

---

---

---

---

---

### Contenido

- > Características del MP940
- > Creando un Proyecto
- > Estructura de MotionWorks
- > Comunicación con el Hardware
- > Propiedades del sistema
- > Funciones básicas
- > Ejercicios

---

---

---

---

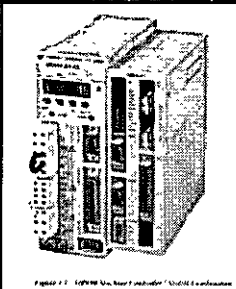
---

---

---

---

### Características del MP940



8 Entradas digitales  
8 Salidas digitales  
1 Entrada analoga  
1 Salida analoga  
Comunicación serial  
Red: DeviceNet ó Mechatrolink  
Alimentación: 24 V

Figura 1.1. MP940 Motion Controller (Modelo 1400000000)

---

---

---

---

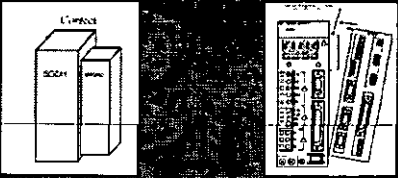
---

---

---

---

### Montaje e instalación



Esta disposición ayuda a la transferencia de calor con el medio ambiente

El acople con el módulo 5GDH se hace de forma sesgada

---

---

---

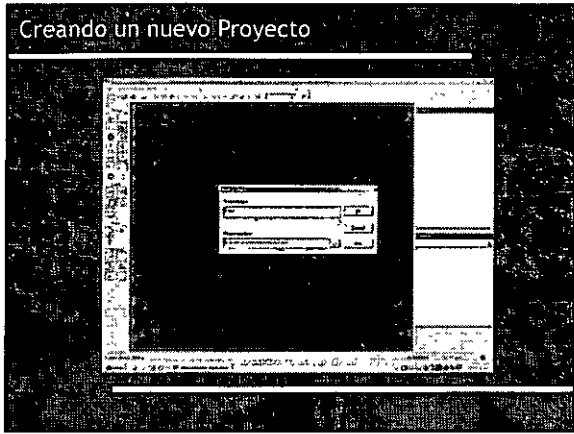
---

---

---

---

---



---

---

---

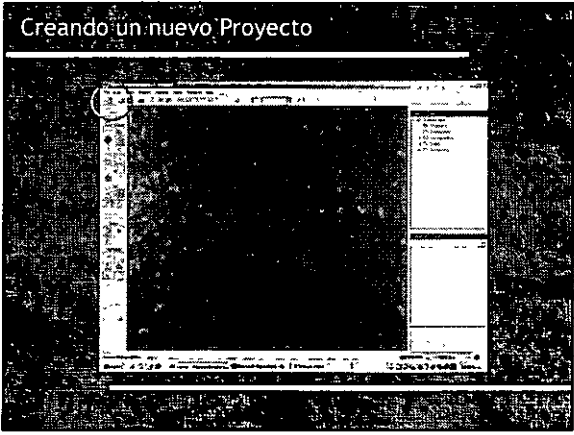
---

---

---

---

---



---

---

---

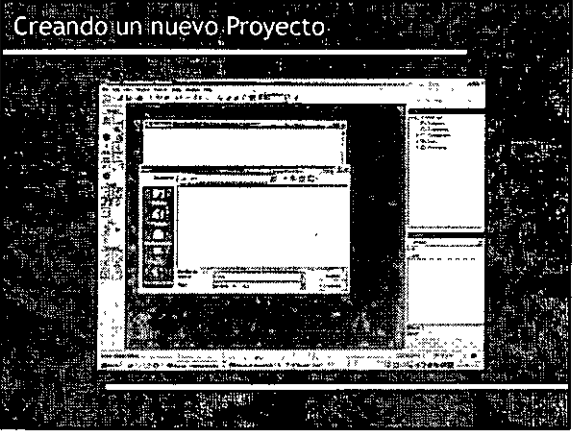
---

---

---

---

---



---

---

---

---

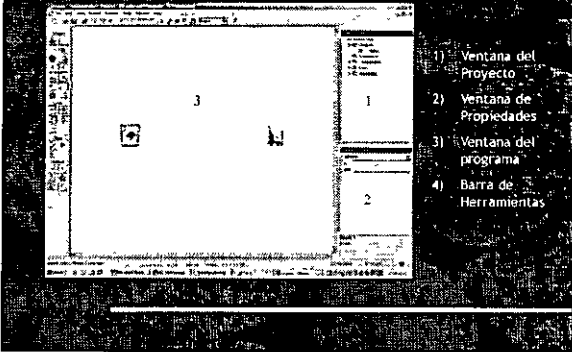
---

---

---

---

### Estructura de MotionWorks



---

---

---

---

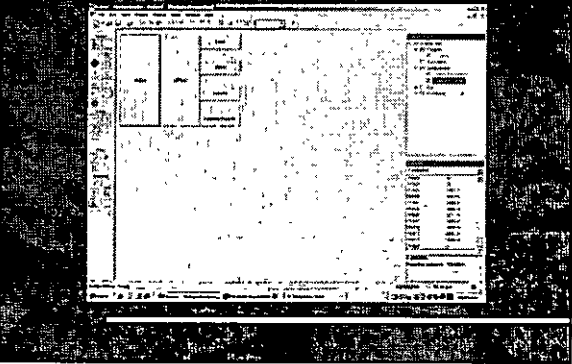
---

---

---

---

### Comunicación con el Hardware



---

---

---

---

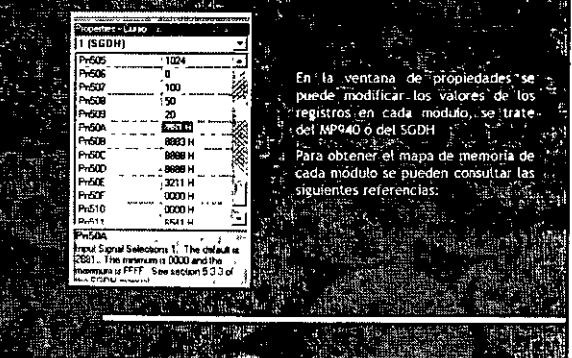
---

---

---

---

### Propiedades del sistema



En la ventana de propiedades se puede modificar los valores de los registros en cada módulo, se trate del MP940 o del SGDH. Para obtener el mapa de memoria de cada módulo se pueden consultar las siguientes referencias.

---

---

---

---

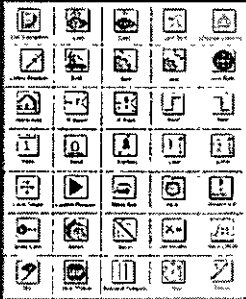
---

---

---

---

Funciones Básicas



---

---

---

---

---

---

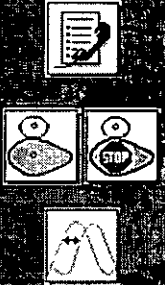
---

---

---

---

Funciones Básicas



**CALL:**  
Este bloque introduce una subrutina en el progreso normal del programa principal. Comienza la subrutina en su primer bloque y regresa cuando encuentra un bloque de END.

**CAM:**  
Este bloque habilita o deshabilita la leva electrónica programada.

**CAM SHIFT:**  
Esta función cambia la relación entre maestro y esclavo provocando un desfase entre ellos.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Funciones Básicas



**CHANGE DYNAMICS:**  
Con esta función se puede cambiar la aceleración, velocidad y la curva S de un motor en movimiento.

**DEFINE POSITION:**  
Cuando el motor se ha detenido se puede definir ese punto en el encoder como una referencia.

**END:**  
Este bloque finaliza definitivamente la ejecución del programa.

---

---

---

---

---

---


---

---


---

---


### Funciones Básicas



**GEAR**  
Se trata de un engranaje electrónico, tomando como referencia un encoder externo.



**GEAR RATIO**  
Cambia la relación del engranaje electrónico cuando el esclavo se halla en movimiento o reposo.



**HOME AXIS**  
Esta función mueve al servomotor hasta hallar una señal que indica la posición de HOME.

---

---

---

---


---

---


---

---

### Funciones Básicas



**IF EVENT**  
Condición que tiene dos salidas, cuando el resultado es verdadero y/o cuando es falso.



**IF FAULT**  
Evalúa el estado de alguna variable del sistema y su resultado depende del estado de la variable en cuestión.

---

---

---

---

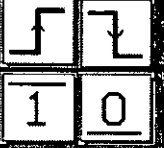
---

---

---

---

### Funciones Básicas



**INPUT**  
Configura la forma en que el programa debe entender una entrada cualquiera:

- A) Flanco ascendente
- B) Flanco Descendente
- C) Como 1 lógico
- D) Como 0 lógico

---

---

---

---

---

---

---

---

Funciones Básicas



JOG AXIS

Modifica la aceleración y la velocidad del servomotor hasta que aparece otro bloque como este



LATCH

Activa o desactiva el registro rápido de alguna marca o referencia.



LATCH TARGET

Sincroniza un movimiento del servomotor con la entrada del bloque LATCH

---

---

---

---

---

---

---

---

Funciones Básicas



LAUNCH PROGRAM

Comienza o reinicia un programa en un bloque determinado



MOVE AXIS

Permite programar un perfil trapezoidal para la velocidad.



PLS

Programa hasta 8 límites de carrera. Se comporta como un indexado.

---

---

---

---

---

---

---

---

Funciones Básicas



RESET FAULT

Reestablece el estado de alguna alarma



SCALE GAIN

Escala la posición del eje de acuerdo al factor declarado como escala.



SERVO

Habilita o deshabilita la energía eléctrica en el servomotor

---

---

---

---

---




---

---

---



**Funciones Básicas**

	<b>SET VARIABLE</b> Se pueden realizar operaciones matemáticas hasta con 10 variables por bloque.
	<b>SLAVE OFFSET</b> Permite cambiar o escalar la relación que guarda un esclavo con el maestro.
	<b>START</b> Indica el inicio del programa.

---

---

---

---




---

---

---

---

**Funciones Básicas**

	<b>STOP</b> Detiene el motor sin cortar la energía eléctrica.
	<b>SUSPEND PROGRAM</b> Mantiene suspendido el programa en este bloque hasta que se declare el inicio.
	<b>TIMER</b> Se trata de un temporizador que apaga o enciende una función después de cierto tiempo.

---

---

---

---


---

---

---

---

**Funciones Básicas**

	<b>TORQUE</b> Define el valor de un torque a ser desarrollado por el servomotor siempre y cuando este dentro de rango.
---	---

---

---

---

---

---

---

---

---



---

---

---

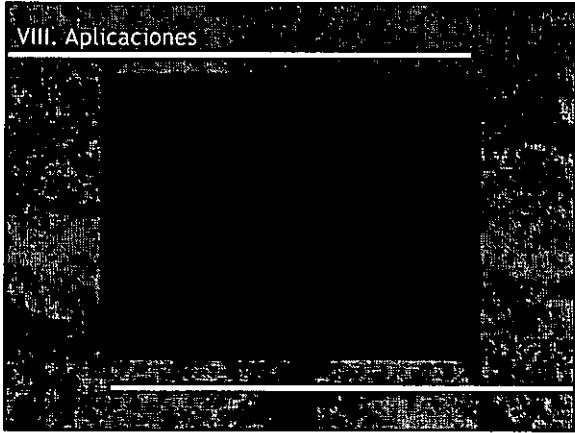
---

---

---

---

---



---

---

---

---

---

---

---

---



---

---

---

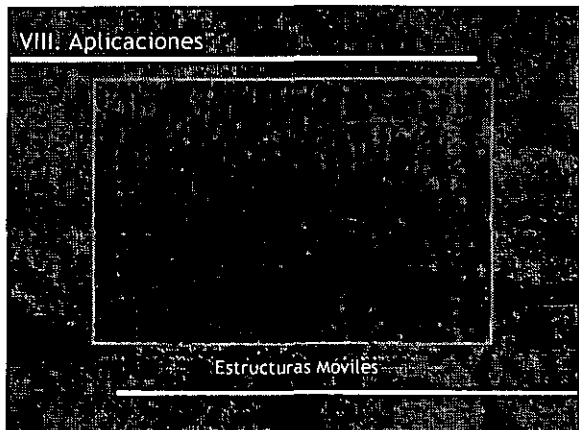
---

---

---

---

---



---

---

---

---

---

---

---

---



DIVISIÓN DE EDUCACIÓN  
CONTINUA Y A DISTANCIA

# *AUTOMATIZACION INDUSTRIAL*

## CI 20

TEMA

*Introducción a la programación  
de PLCs*

EXPOSITOR: ING. GABRIEL HURTADO CHONG  
DEL 01 AL 03 DE JUNIO DE 2009  
PALACIO DE MINERÍA

Universidad Nacional Autónoma de México



Facultad de Ingeniería



## Introducción a la programación de PLCs

Departamento de Ingeniería Mecatrónica



Autor: Ing. Gabriel Hurtado Chong



---

---

---

---

---

---

---

---



### Objetivos

- Conocer la historia y el origen de los Controladores Lógicos Programables (PLCs) y de la Lógica de Escalera
- Entender qué son y para qué sirven los PLCs.
- Aprender cuáles son los componentes de un PLC
- Entender el funcionamiento de los PLCs.
- Conocer las características elementales para seleccionar adecuadamente un PLC.
- Conocer los principales lenguajes de programación para PLCs
- Conocer los fundamentos para la programación de los PLCs en lógica de escalera y en lista de instrucciones

---

---

---

---

---

---

---

---

### Antecedentes

---

---

---

---

---

---

---

---

---

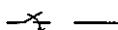
Ing. Gabriel Hernán Chacón

¿Por su estado inicial, qué tipos de contactos existen?

Por su estado inicial, un contacto puede ser de dos tipos:

1) **Normalmente Abierto (NA).** Significa que cuando esté **en reposo no** permitirá el paso de una corriente eléctrica a través de él.

2) **Normalmente Cerrado (NC).** Significa que sólo cuando esté **en reposo** permitirá el paso de una corriente eléctrica a través de él.




---

---

---

---

---

---

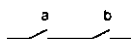
---

---

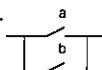
Ing. Gabriel Hernán Chacón

¿De cuántas formas pueden conectarse dos contactos entre sí?

1) **En serie.** Cuando por ambos contactos circula la misma corriente.



2) **En paralelo.** Cuando el voltaje aplicado a ambos contactos es el mismo, o bien la corriente que entra en ambos es igual a la corriente que sale de ambos.




---

---

---

---

---

---

---

---

Ing. Gabriel Hernán Chacón

¿Qué tipos de botones existen, por su construcción o funcionamiento?

1) **Pulsadores.** Tienen retorno por resorte, de tal forma que sólo permanecerán accionados mientras estén sujetos a la acción de una fuerza externa.



2) **Enclavados o con enclavamiento.** Están provistos de un seguro mecánico que les permite conservar su estado de reposo o accionamiento tras la acción de una fuerza externa.

---

---

---

---

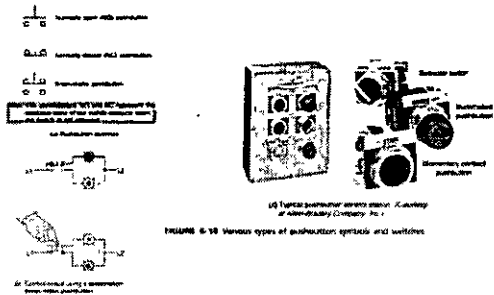
---

---

---

---

### Tipos de contactos y de botones




---

---

---

---

---

---

---

---

### ¿Qué son los transistores?

Son dispositivos electrónicos que pueden utilizarse como interruptores para controlar el encendido y apagado de actuadores que trabajan con corriente directa.

Al recibir una señal de control el transistor cierra un circuito eléctrico y en ausencia de dicha señal lo abre.

---

---

---

---

---

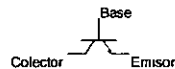
---

---

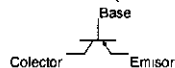
---

### ¿Qué tipos de transistores existen por su modo de conducción?

1) NPN. El flujo de corriente va hacia afuera del transistor, de colector a emisor (*sink*).



2) PNP. El flujo de corriente va hacia adentro del transistor, de emisor a colector (*source*).




---

---

---

---

---

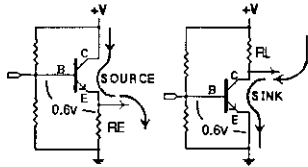
---

---

---

**Transistor como dispositivo de E/S de corriente**

Un transistor puede ser visto como un dispositivo unidireccional para alimentar una resistencia de carga. Puede actuar ya sea de modo que suministre corriente (source) o bien que reciba corriente (sink), pero no ambas.




---

---

---

---

---

---

---

---

**¿Qué son los TRIACs?**

Son dispositivos electrónicos que pueden utilizarse como interruptores para controlar el encendido y apagado de actuadores que trabajan con corriente alterna.

Al recibir una señal de control el TRIAC cierra un circuito eléctrico y en ausencia de dicha señal lo abre.




---

---

---

---

---

---

---

---

**¿Qué son los relevadores electromecánicos?**

- > Un relevador es simplemente un interruptor electromagnético.
- > Está formado por una bobina y al menos un contacto que será accionado por el campo magnético de la bobina cuando ésta se encuentre energizada.
- > Aunque existen varios tipos de relevadores, su principio de operación es el mismo y para explicarlo se empleará uno de los más sencillos.

---

---

---

---

---

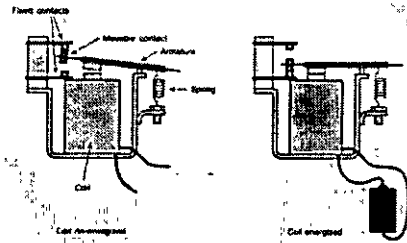
---

---

---



### Componentes de un relevador



---

---

---

---

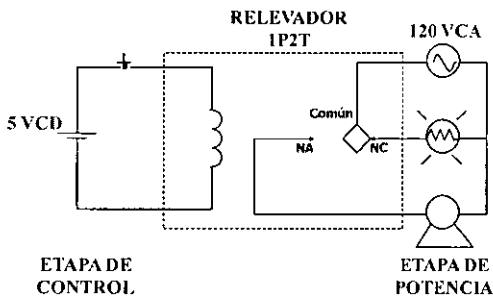
---

---

---

---

### Ejemplo de un relevador



---

---

---

---

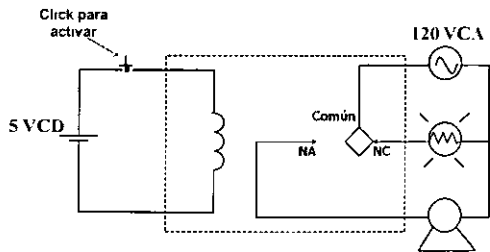
---

---

---

---

### Ejemplo de un relevador



---

---

---

---

---

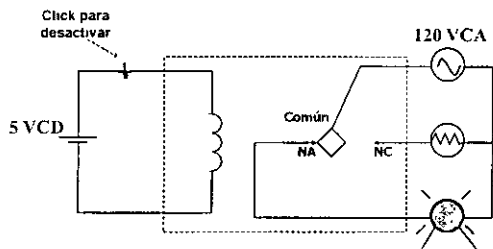
---

---

---



### Ejemplo de un relevador



---

---

---

---

---

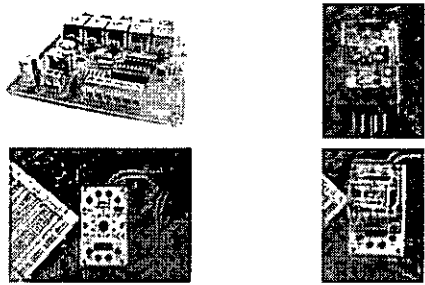
---

---

---



### Relevadores comerciales



---

---

---

---

---

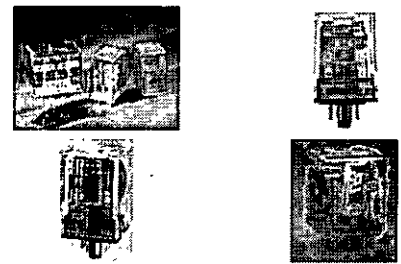
---

---

---



### Relevadores comerciales



---

---

---

---

---

---

---

---

## Historia y origen de los PLCs

---

---

---

---

---

---

---

---

## ¿Cómo se automatizaba antes de que hubiera PLCs?

Antes de la existencia de los PLCs se utilizaban grandes bancos de relevadores electromecánicos para la automatización y control de los diferentes procesos industriales.

Utilizar relevadores para controlar las máquinas y los elementos encargados de realizar los procesos productivos, implicaba que toda la lógica de funcionamiento tenía que estar cableada.

---

---

---

---

---

---

---

---

## ¿Qué inconvenientes tenía el uso de relevadores y una lógica cableada?

Cada vez que se hacían modificaciones en la producción, que alteraban la lógica o la secuencia de operación de las máquinas, era necesario rehacer las conexiones de estos relevadores, lo que generaba elevados costos no sólo de materiales sino también debido al tiempo requerido para realizar, revisar y corregir las conexiones.

---

---

---

---

---

---

---

---



### La alternativa a cablear

Habia casos en que resultaba más económico reemplazar completamente el panel de relevadores que modificar las conexiones; como en la industria automotriz, donde los procesos son muy dinámicos y las secuencias de accionamiento deben modificarse periódicamente en cada una de las estaciones de trabajo.

---

---

---

---

---

---

---

---



### El surgimiento de los PLCs

Fue por todo lo anterior que General Motors, en particular, vio la necesidad de sustituir los sistemas cableados por algo más flexible que facilitara los cambios en los procesos de manufactura y redujera los tiempos de paro de la línea.

La solución la encontraron en el uso de la computadora para controlar la lógica de los procesos, dando lugar al surgimiento de los PLCs a finales de 1968.

---

---

---

---

---

---

---

---



### El primer PLC

Aunque General Motors implementó su diseño de PLC con lógica booleana en una computadora Digital PDP-14, es a la empresa Bedford Associated a quien se le debe el desarrollo del primer PLC, disponible bajo el nombre de Modicom 084; aunado a este desarrollo nació, para su programación, un lenguaje llamado "lógica de escalera".

---

---

---

---

---

---

---

---



## La lógica de escalera

Este lenguaje se basó en la necesidad de que fuera fácilmente entendido por los técnicos electricistas que estaban anteriormente encargados del cableado de los relevadores. De esta forma, la programación en lógica de escalera permite programar secuencias en un PLC utilizando símbolos adaptados de los diagramas eléctricos convencionales.

---

---

---

---

---

---

---

---



## Ventajas del PLC vs. relevadores

- El PLC nos brinda la posibilidad de visualizar las señales de entrada y de salida así como las internas.
- Si el proceso requiere ser modificado simplemente se escribe un nuevo programa de escalera en lugar de rehacer todo el alambrado.
- El sistema puede estar trabajando mientras se realizan los cambios en el programa. Si es necesario detener el proceso, sólo tomará unos cuantos minutos, lo cual no se compara con el tiempo que se perdía para poder rehacer las conexiones de los relevadores.

---

---

---

---

---

---

---

---



## Comparativo entre el uso de relevadores y el uso de PLCs

- Las antiguas máquinas-herramienta de clavijas funcionaban con base en relevadores, con una forma de programación similar a la de las tarjetas perforadas para computadora.
- En cambio, las modernas máquinas de control numérico (CNC) utilizan PLCs y una forma de programación similar a la de lista de instrucciones.

---

---

---

---

---

---

---

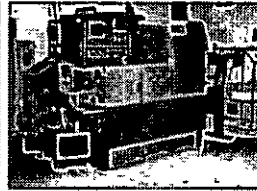
---

Máquinas-herramienta de clavijas vs. CNC

Con relevadores



Con PLC



---

---

---

---

---

---

---

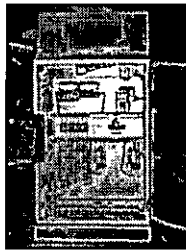
---

---

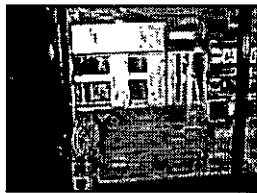
---

Máquinas-herramienta de clavijas vs. CNC

Con relevadores



Con PLC



---

---

---

---

---

---

---

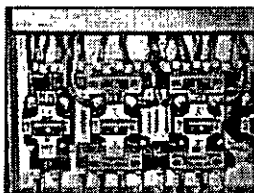
---

---

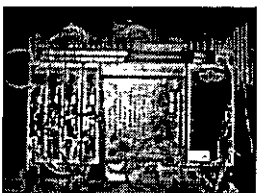
---

Máquinas-herramienta de clavijas vs. CNC

Con relevadores



Con PLC



---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

¿Qué son los PLCs?

---

Definiciones

---

---

---

---

---

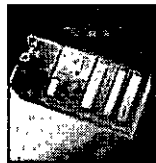
---

---

---

¿Qué significa PLC?

PLC son las siglas en inglés de Controlador Lógico Programable (*Programmable Logic Controller*).



Básicamente, un PLC está compuesto por circuitos electrónicos de estado sólido, diseñados para tomar decisiones y proporcionar señales de salida.




---

---

---

---

---

---

---

---

Definición de PLC



Según la *National Electrical Manufacturers Association* (NEMA), en su norma NEMA ICS3-1978, se define un PLC como:

“Un aparato electrónico operado digitalmente, que usa una memoria programable para el almacenamiento interno de instrucciones para implementar funciones específicas, tales como lógica, secuenciación, registro y control de tiempos, conteo y operaciones aritméticas para controlar, a través de módulos de entrada/salida digitales (ON/OFF) o analógicos (1-5 VCD, 4-20 mA, etc.), varios tipos de máquinas o procesos.”

---

---

---

---

---

---

---

---

### En pocas palabras...

Para entenderlo mejor, podemos pensar sencillamente que los PLCs son computadoras de propósito dedicado que sirven para supervisar, controlar o automatizar procesos industriales, desde una máquina en particular o una línea de producción, hasta una planta industrial completa.



---

---

---

---

---

---

---

---

## Arquitectura de los PLCs

---

### Componentes

---

---

---

---

---

---

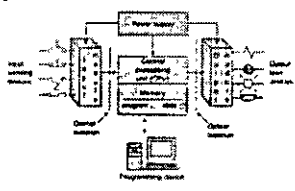
---

---

### Principales componentes de un PLC

Son cuatro:

- 1) La unidad central de proceso (CPU)
- 2) La interfaz de entradas y salidas (E/S)
- 3) La fuente de poder
- 4) El dispositivo de programación



---

---

---

---

---

---

---

---



# Arquitectura de los PLCs

## 1) La Unidad Central de Proceso (CPU)

---

---

---

---

---

---

---

---

---

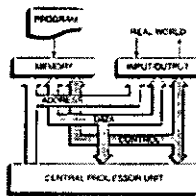
---

Ing. Gabriel Humberto Chorro

### Función de la CPU

Es el "cerebro" del PLC, comúnmente consiste en un microprocesador que se encarga de implementar la lógica de funcionamiento y controlar las comunicaciones entre los módulos

El procesador requiere **memoria** para almacenar los resultados de las operaciones lógicas que realiza el microprocesador. Así mismo, para el programa se requiere una memoria EPROM o EEPROM, además de RAM



The structure of a PLC is based on the same principles as those employed in computer architecture

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Ing. Gabriel Humberto Chorro

### Componentes de una CPU

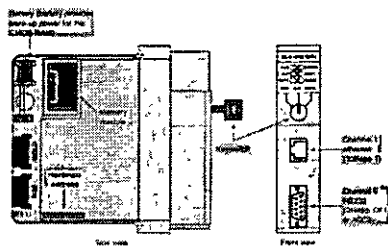


FIGURE 2-13 Typical processor unit

---

---

---

---

---

---

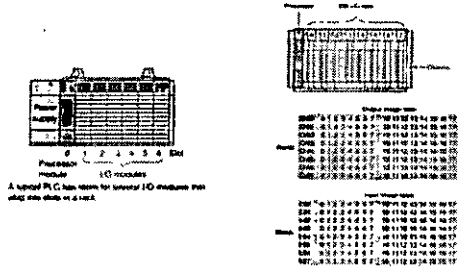
---

---

---

---

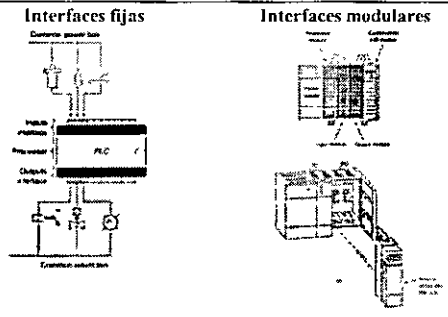
## Mapa de memoria (Tablas de E/S)



## Arquitectura de los PLCs

### 2) La interfaz de entradas y salidas (E/S)

Las interfaces pueden ser de dos tipos...









## Tipos de señales de E/S

Las señales que manejan los módulos de E/S pueden ser de tres tipos.

- > **Discretas**, son las que sólo pueden tener dos estados (abierto o cerrado, conectado o desconectado, etc.), por ejemplo: las que provienen de interruptores, botones y sensores de tipo *on/off*
- > **Digitales**, son las que utilizan un código binario, por ejemplo: *encoders*, *timers* y contadores electrónicos.
- > **Analógicas**, son las que pueden tomar valores continuos dentro de un cierto intervalo, por ejemplo: la velocidad de un motor, la temperatura de un horno, la presión en un tanque, etc

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



## Tipos de salidas discretas

- > El tipo de salida de un PLC debe seleccionarse acorde al tipo de alimentación que requieran los actuadores del sistema.
- > Las salidas discretas pueden ser de tres tipos:
  - 1) Salida a relevador, para corriente directa o alterna.
  - 2) Salida a transistor, para corriente directa.
  - 3) Salida a TRIAC, para corriente alterna

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



## Selección del tipo de salida discreta

- > Básicamente cierran o abren un circuito pero, por tratarse de dispositivos electrónicos de estado sólido, la velocidad de conmutación de las salidas a TRIAC y a transistor es mayor que en el caso de las salidas a relevador
- > No se observan diferencias apreciables en cuanto al tiempo de vida útil ni en el costo.
- > Las salidas a relevador NO suministran potencia. a diferencia de las salidas de estado sólido Para alimentar la carga, siempre se requiere de una fuente de alimentación externa.
- > La corriente que pueden soportar las salidas es variable y se encuentra entre 0.5 y 2 A

---

---

---

---

---

---

---

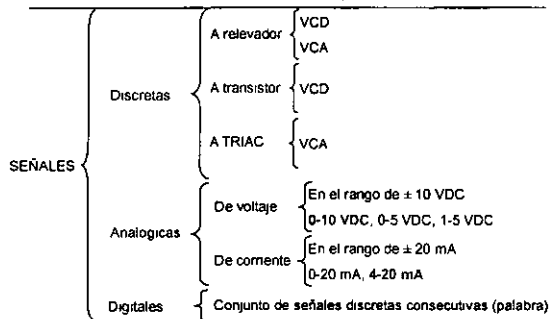
---

---

---



### Clasificación de los tipos de salida




---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### Módulos Especiales de E/S

Han sido diseñados para satisfacer diversas necesidades, algunos ejemplos son:

- > Contadores de alta velocidad
- > Contadores para encoders
- > BASIC o ASCII
- > Control de motores a pasos
- > Salida BCD (*Binary Coded Decimal*)

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### Módulos Inteligentes de E/S

Reciben este nombre debido a que cuentan con sus propios microprocesadores y pueden funcionar en paralelo con el PLC.

- > PID
- > Servomódulos
- > De comunicaciones
- > De lenguaje
- > De voz

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Arquitectura de los PLCs

---

3) La fuente de poder

---

---

---

---

---

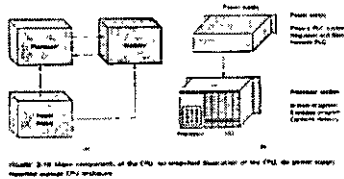
---

---

---

Función de la fuente de poder

- Proporciona la alimentación eléctrica, de corriente directa, que requieren los componentes del PLC, incluyendo el procesador y los distintos módulos que puede tener conectados.
- Puede estar integrada en el PLC y utilizarse también para alimentar a los elementos de entrada (sensores).




---

---

---

---

---

---

---

---

Protecciones de la fuente

- La fuente de poder contiene circuitos de aislamiento entre el voltaje de suministro y los componentes electrónicos del PLC. De esta forma se impide el paso de los picos transitorios de alto voltaje.
- El tamaño de la fuente y su diseño facilitan la disipación de calor, lo que es fundamental para proteger la integridad de sus circuitos y permite a los PLCs operar en ambientes con temperaturas extremas.

---

---

---

---

---

---

---

---



# Arquitectura de los PLCs

## 4) El dispositivo de programación

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### Dispositivo de programación

- Es el medio utilizado para grabar el programa del usuario en la memoria del PLC y también sirve para supervisar la operación de dicho programa.
- Los dispositivos de programación más comunes son los programadores manuales y las computadoras (PCs), estas últimas involucran el uso de un software especial, desarrollado por el propio fabricante del PLC que se vaya a utilizar

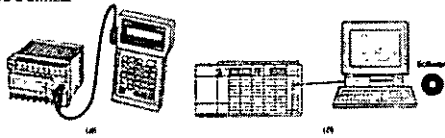


FIGURE 1-7 Programming devices. (a) handheld unit with light-emitting diode (LED) display; (b) personal computer with appropriate software.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### Distintos dispositivos de programación

- Terminal industrial
- Programador manual
- Computadora personal
- Computadora de bolsillo

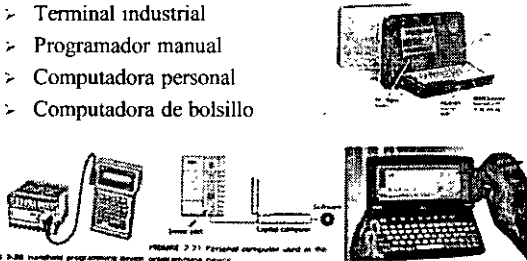


FIGURE 1-8 Handheld programming device programming device.

---

---

---

---

---

---

---

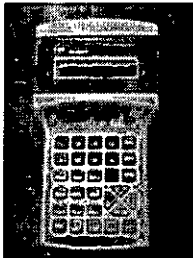
---

---

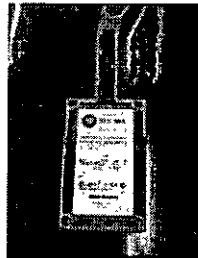
---

## Dispositivos de programación A-B

Programador manual



Interfaz de programación



---

---

---

---

---

---

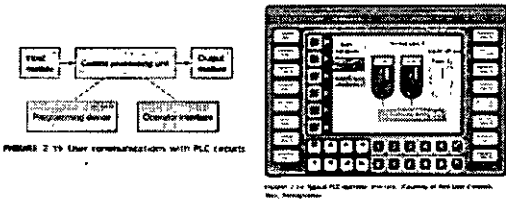
---

---

---

---

## Interfaces de operador



---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Clasificación de los PLCs

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



Según su número de E/S

TAMAÑO DEL PLC	PUNTOS DE E/S	MEMORIA [Kb]
Pequeño (micro)	128	2
Mediano	2,048	32
Grande	16,000	2,048

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



Distintos modelos de PLCs A-B

PLC Type	Memory	I/O Points	Communications Options
MicroLogix 1000	1 K	16 to 20 inputs Up to 16 outputs	Serial, DH-485, DeviceNet
SLC 500	Up to 64 K	Up to 4096 inputs and outputs	Serial, DH-485, ControlNet, Ethernet
ControlLogix	160 K through 2 M	Up to 128,000 inputs and outputs	Serial, DH-485, DH-486, DeviceNet, ControlNet, Ethernet

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## PCs y PLCs

---

Diferencias y sinergia

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### PLCs vs. PCs

- > A diferencia de las PCs, los PLCs están diseñados para trabajar en el ambiente industrial donde pueden verse expuestos a vibraciones y ruido eléctrico.
- > La arquitectura de los PLCs está basada en los mismos principios que las PCs, por lo que no sólo emulan el funcionamiento de los relevadores sino que también son capaces de realizar operaciones de conteo, matemáticas, comparación, temporización y procesamiento de señales analógicas.

---

---

---

---

---

---

---

---

### Aplicaciones de la computadora en el uso de PLCs

- > Programación del PLC
- > Almacenamiento de programas
- > Despliegue y seguimiento de alarmas
- > Control y supervisión (o *monitoreo*) del proceso
- > Localización y resolución de problemas (*troubleshooting*)
- > Interfaz hombre-máquina o humano-máquina (MMI o HMI)

---

---

---

---

---

---

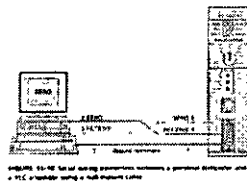
---

---

### Programación del PLC

Dependiendo del modelo de PLC, es posible realizar la programación mediante los siguientes puertos:

- > Serial (RS-232)
- > USB
- > Ethernet




---

---

---

---

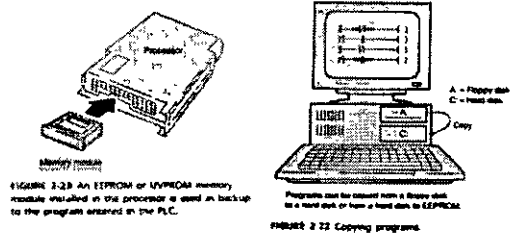
---

---

---

---

## Almacenamiento de programas




---

---

---

---

---

---

---

---

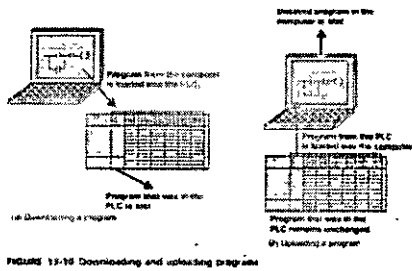
---

---

---

---

## Transferencia de programas




---

---

---

---

---

---

---

---

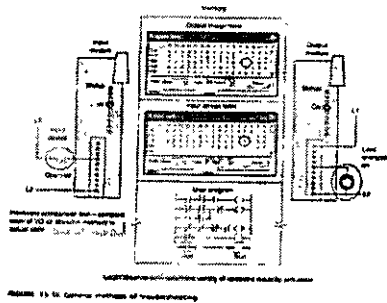
---

---

---

---

## Localización y resolución de problemas




---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Modos de operación de los PLCs

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### Los modos de operación de un PLC

---

Varían en función del modelo y del fabricante, pero los más comunes son:

- **Clear Memory.** Permite borrar el contenido de la memoria RAM.
- **Program.** Permite asignar un programa nuevo o editar el que se encuentra almacenado en la RAM

---

---

---

---

---

---

---

---

### Los modos de operación de un PLC

---

- **Test.** Permite ejecutar un programa o supervisar su funcionamiento pero sin energizar las salidas del PLC.
- **Run.** Permite ejecutar el programa del usuario.
- **Remote.** Permite alternar, desde una computadora, el estado del procesador entre los modos Program y Run.

---

---

---

---

---

---

---

---

# Instalación de los PLCs

---

## Gabinetes

---

---

---

---

---

---

---

---

## Instalación

Los PLCs normalmente se instalan dentro de una máquina o de un gabinete, para protegerlos contra

- > Temperaturas extremas
- > Humedad
- > Polvo
- > Golpes
- > Vibraciones
- > Ambientes corrosivos

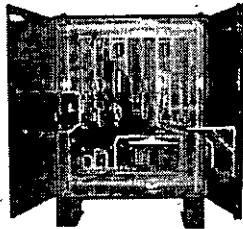


FIGURE 13-1 PLC systems installed within an enclosure. (Courtesy of Industrial Solutions Inc.)

---

---

---

---

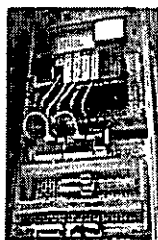
---

---

---

---

## PLCs en el ambiente industrial



---

---

---

---

---

---

---

---

# Funciones lógicas básicas

## Y sus analogías eléctricas

---

---

---

---

---

---

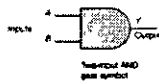
---

---

### ¿Cuáles son las funciones lógicas elementales?

Son tres:

1) AND



2) OR



3) NOT




---

---

---

---

---

---

---

---

### Función AND y su analogía eléctrica

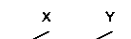
TABLA DE VERDAD DE LA FUNCIÓN

X	Y	S
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

COMPUERTA ELECTRONICA



CONEXIÓN ELÉCTRICA EQUIVALENTE




---

---

---

---

---

---

---

---



## Función OR y su analogía eléctrica

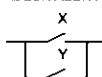
TABLA DE VERDAD DE LA FUNCIÓN

X	Y	S
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

COMPUERTA ELECTRÓNICA



CONEXIÓN ELÉCTRICA EQUIVALENTE




---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

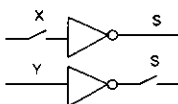
## Función NOT y su analogía eléctrica

TABLA DE VERDAD DE LA FUNCIÓN

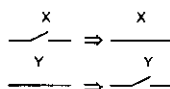
X	S
0	1

Y	S
1	0

COMPUERTA ELECTRÓNICA



CONEXIÓN ELÉCTRICA EQUIVALENTE




---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Lenguajes de programación para PLCs

- Diagrama de escalera
- Lista de instrucciones (mnemónicos)
- Diagrama de bloques (o de funciones)
- Texto estructurado
- GRAFCET

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



### A diferencia de las PCs...

- Las instrucciones de programación pueden cambiar de una marca de PLC a otra o inclusive entre distintos modelos de un mismo fabricante, pero existen lenguajes de programación que son comunes a varios modelos de PLCs.
- El lenguaje de programación más común es, sin duda, el diagrama de escalera y, probablemente, le sigue la lista de instrucciones.

---

---

---

---

---

---

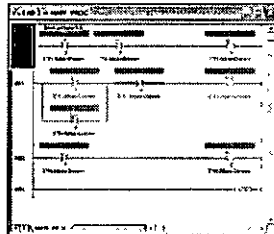
---

---



### Diagrama de escalera

Es un lenguaje gráfico basado en símbolos que asemejan la construcción de circuitos eléctricos.




---

---

---

---

---

---

---

---



### Símbolos básicos de los diagramas de escalera

DESCRIPCIÓN DEL ELEMENTO	SIMBOLO	
	ELÉCTRICO	DIAGRAMA DE ESCALERA
Contacto normalmente abierto		
Contacto normalmente cerrado		
Bobina (señal de salida)		
Funciones especiales		

---

---

---

---

---

---

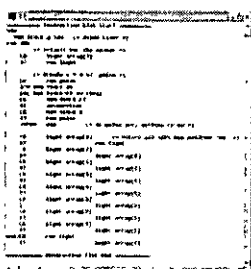
---

---

**Lista de instrucciones (mnemónicos)**

Es un lenguaje textual basado en los comandos básico de la lógica booleana.

Se asimila a la programación en lenguaje ensamblador.



```
1: LD I0
2: AND I1
3: OR I2
4: SET I3
5: RST I4
6: OUT I5
```

---

---

---

---

---

---

---

---

**Mnemónicos**

Micro-1	Allen-Bradley
LOD	LD
LOD NOT	LDI (Load Inverse)
AND	AND
AND NOT	ANI
OR	OR
OR NOT	ORI
AND LOD	ANB (And Block)
OR LOD	ORB
SET	SET
RST	RST
OUT	OUT

---

---

---

---

---

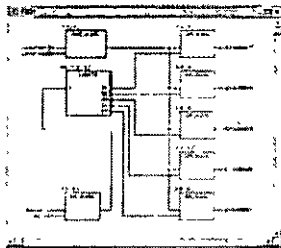
---

---

---

**Diagrama de bloques (o de funciones)**

Este lenguaje gráfico busca representar las instrucciones de programación utilizando bloques funcionales y compuertas lógicas



---

---

---

---

---

---

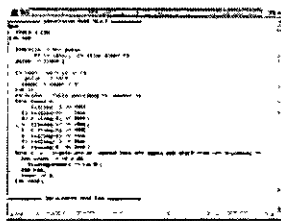
---

---

## Texto estructurado

Algunos modelos de PLCs permiten la programación en lenguajes estructurados de alto nivel, como C o BASIC.

Sin embargo, hay fabricantes que han desarrollado sus propios lenguajes estructurados, parecidos a los ya mencionados.



---

---

---

---

---

---

---

---

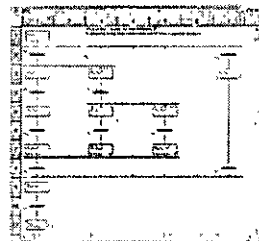
---

---

## GRAFSET (Gráfica de Control de Etapas de Transición)

Es un grafo o diagrama funcional normalizado, que permite hacer un modelo del proceso a automatizar, contemplando entradas, acciones a realizar, y los procesos intermedios que provocan estas acciones.

No fue concebido como un lenguaje de programación, sino un tipo de Grafo para elaborar el modelo del programa.



---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Funcionamiento de los PLCs

El ciclo de trabajo (*scan process*) y el orden de ejecución del programa

---

---

---

---

---

---

---

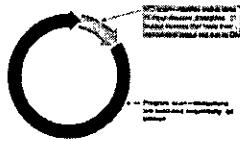
---

---

---

### Etapas del ciclo de trabajo de un PLC (scan process)

1. Leer las señales de entrada, provenientes generalmente de sensores
2. Ejecutar el programa del usuario, almacenado en la memoria.
3. Enviar las órdenes de salida apropiadas hacia los dispositivos de control.
4. Volver a empezar.



---

---

---

---

---

---

---

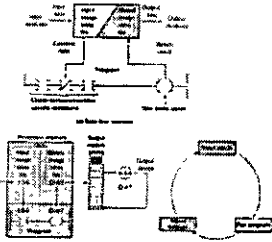
---

---

---

### El ciclo de trabajo (scan process)

NOTA: El PLC interpretará como una señal de entrada el hecho de que existe continuidad en la terminal correspondiente lo cual depende del estado ACTUAL del dispositivo de campo y NO de su estado normal o atípico.



---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### El ciclo de trabajo (scan process)

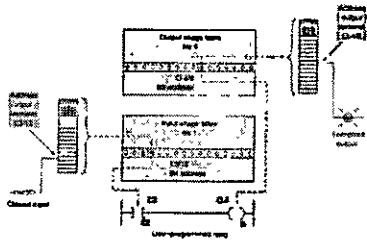


FIGURE 3-16 The address identifies a location in the processor's data files at which the OUTPUT state of the bit is reverse

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

# La programación en escalera

---

---

---

---

---

---

---

---

## Reglas para construir diagramas de escalera

1. En un peldaño, la salida es siempre lo ÚLTIMO que se pone. O bien, después de una salida no puede colocarse NADA más.
2. En un programa, las salidas NO deben repetirse. Es decir, sólo deben escribirse UNA vez.
3. Para determinar cada tipo de contacto requerido se debe considerar no sólo si la señal proviene de un dispositivo de campo NA o NC, sino TAMBIÉN cuál será su función (encender o apagar algo)

---

---

---

---

---

---

---

---

## Orden de ejecución del programa

Un diagrama de escalera siempre se procesa de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo.

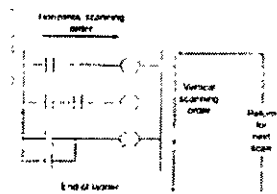


FIGURE 5-9 Scanning can be vertical or horizontal.

---

---

---

---

---

---

---

---

# Límites de un diagrama de escalera

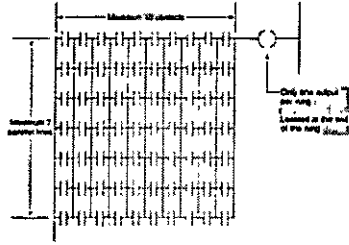


FIGURE 9-24 Typical PLC network diagram. The exact limitations are dependent on the particular type of PLC used. Programming more than the allowable series elements, parallel branches, or outputs will result in an error message being displayed.

---

---

---

---

---

---

---

---



DIVISIÓN DE EDUCACIÓN  
CONTINUA Y A DISTANCIA

***AUTOMATIZACION  
INDUSTRIAL  
CI 20***


TEMA

***PAC'S  
Controladores Programables  
Para Automatización***

EXPOSITOR: ING. SERAFIN CASTAÑEDA CEDEÑO  
DEL 01 AL 03 DE JUNIO DE 2009  
PALACIO DE MINERÍA



**PAC'S**  
**CONTROLADORES PROGRAMABLES**  
**PARA AUTOMATIZACIÓN**



Presenta: Ing. Serafin Castañeda Cedeno.

USAB DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DE SISTEMAS

---

---

---

---

---

---

---

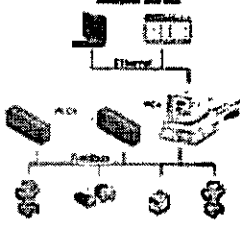
---

### Diferencias entre un PLC y un PAC

**PLC's Controladores Lógicos Programables**

- Gran numero de I/O locales, la mayoría digitales
- Programación en lenguaje de escalera

**PC's HMI, adquisición de datos, algoritmos de control complejos, flexibilidad en la comunicación (ethernet, señal, PCI etc )**



USAB DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DE SISTEMAS

---

---

---

---

---

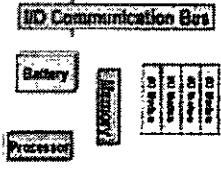
---

---

---


### Arquitectura de un PLC.

- Sistema operativo en tiempo real en la fabricación define el software
- Dificultad para hacer multi-tareas
- Programación en escalera
- Sistemas robustos para el ambiente industrial



### Arquitectura de una PC.

- Sistema operativo de propósito general.
- Lenguaje de programación de alto nivel.
- Conectividad (USB, TCP/IP, ETC).
- Programación de algoritmos complejos



USAB DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DE SISTEMAS

---

---

---

---

---

---

---

---

### Combinación de una PC y un PLC

Los PAC's combinan las capacidades de software de las PC, con la capacidad de I/O de un PLC.

Procesamiento

Gran numero de I/O

---

---

---

---

---

---

---

---

### PAC: Combinación de software y hardware.

---

---

---

---

---

---

---

---



---

---

---

---

---

---

---

---

### PAC's de National Instruments

	#1	Computer Hardware	Control System	Controlled Process	Industrial PC
Open System Capability	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
Application Development Speed	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
High Frequency Measurement	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
Real Time Operating System	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
Industry Certification	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
IEEE 1553	✓	✓	✓	✓	✓

Good ⊙ Better ⊙ Best ⊙

---

---

---

---

---

---

---

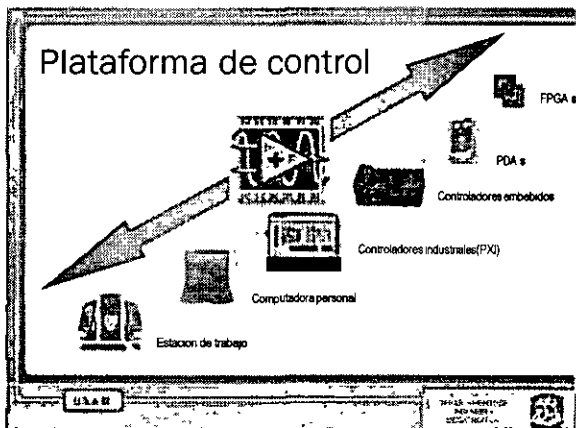
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

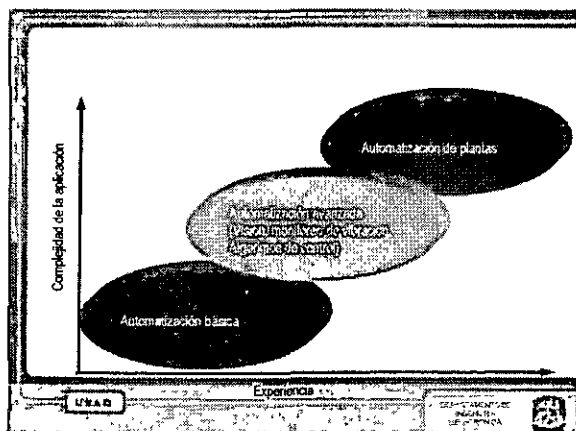
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### Integración de Movimiento, Visión, Controladores, etc.

Interfaz del operador

Sistema de Vision

Transportador (control de movimiento)

Acondicionadores de potencia

Controlador

© 2008 Intel Corporation. All rights reserved. Intel, the Intel logo, and the Intel logo with "Intel Inside" are trademarks or registered trademarks of Intel Corporation or its subsidiaries in the United States and other countries.

---

---

---

---

---

---

---

---

### Reconfigurable FPGA Gateway

• 1000 I/O pins, 1000 logic elements, 1000 logic blocks

### Extreme Durability

• -40 to 70 °C temperature range  
• 100% humidity, 100% vibration

### Real-time OS

• 200 MHz Pentium Core  
• Real-time OS (RTOS) for real-time processing

### Isolated Industrial I/O

• Supports up to 40 I/O channels  
• 100% isolation between modules

### Small Size, Low Power Consumption

• 100 mm (4" x 1.5" x 1.5")  
• 11 to 55 VDC power, 17 Watts (7.5 W typical)

© 2008 Intel Corporation. All rights reserved. Intel, the Intel logo, and the Intel logo with "Intel Inside" are trademarks or registered trademarks of Intel Corporation or its subsidiaries in the United States and other countries.

---

---

---

---

---

---

---

---

### Video cRIO and Motion

© Video cRIO and Motion

© 2008 Intel Corporation. All rights reserved. Intel, the Intel logo, and the Intel logo with "Intel Inside" are trademarks or registered trademarks of Intel Corporation or its subsidiaries in the United States and other countries.

---

---

---

---

---

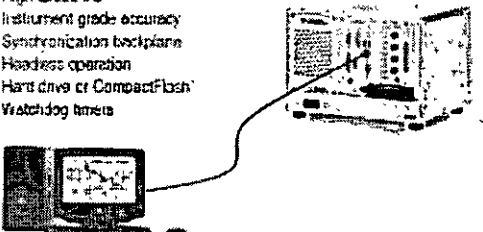
---

---

---

### Controladores PXI

- High speed I/O
- Instrument grade accuracy
- Synchronization backplane
- Headless operation
- Hard drive or CompactFlash
- Watchdog timers



MEAS

PRESTO INGENIERIA DE SISTEMAS DE CONTROL

---

---

---

---

---

---

---


---

---

---

### Sistemas de Visión

- **Check Your Settings**
  - 1000x1000 pixels @ 30 FPS
  - 1000x1000 pixels @ 30 FPS
  - 1000x1000 pixels @ 30 FPS
- **IEEE 1394 Interface**
  - Data rate up to 4.8 Gbps
  - Supports 1000x1000 @ 30 FPS
- **Camera Digital IS**
  - 1000x1000 @ 30 FPS
  - 1000x1000 @ 30 FPS
  - 1000x1000 @ 30 FPS
- **Compact, Rugged, and Reliable**
  - 1000x1000 @ 30 FPS
  - 1000x1000 @ 30 FPS
  - 1000x1000 @ 30 FPS



MEAS

PRESTO INGENIERIA DE SISTEMAS DE CONTROL

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

- Video Smart camera

MEAS

PRESTO INGENIERIA DE SISTEMAS DE CONTROL

---

---

---

---

---

---

---

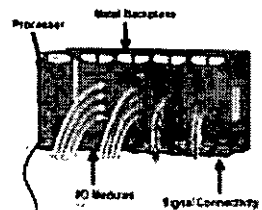
---

---

---

### Compact FieldPoint – Programmable Automation Controller

- Embedded, stand-alone control
- Industrial grade components
- Remote web panel interface
- Floating point analysis and processing
- Open communication (TCP/IP)



The diagram shows a Compact FieldPoint PLC with labels for 'Processor', 'Modbus', and 'Signal Connectivity'. A computer monitor is connected to the PLC, displaying a web interface.

U.S.A.E. DEPARTAMENTO DE INDUSTRIA Y ENERGIA

---

---

---

---

---

---

---

---

### Video PAC, Vision and Motion

© Video PAC, Vision and Motion

U.S.A.E. DEPARTAMENTO DE INDUSTRIA Y ENERGIA

---

---

---

---


---

---

---

---

### La regla de los 80-20



□ POCAS E/S DISCRETAS Y ANALOGICAS
■ COMPLEJAS

- 77% de los PLC s son utilizados en pequeñas aplicaciones (menos de 128 puntos de E/S)
- 72% de los PLC son E/S digital
- 80% de los retos de las aplicaciones PLC son resueltas con un conjunto de 20 instrucciones lógicas tipo escalera

U.S.A.E. DEPARTAMENTO DE INDUSTRIA Y ENERGIA

---

---

---

---

---

---

---

---

80 por ciento de las aplicaciones requieren controladores sencillos, de bajo costo y el 20 por ciento apenas empujan las capacidades de sistemas de control tradicionales.

- Las aplicaciones que encajan en este 20 por ciento son construidos por ingenieros que requieren algoritmos de control avanzados, y una mejor integración con la red empresarial.

"Los retos de sistemas de control avanzado son cada vez mayores, alta precisión y velocidad"

USA B

DEPARTMENT OF INDUSTRIAL ELECTRONICS

---

---

---

---

---


---

---

---

### Compact FieldPoint.

La línea del producto Compact FieldPoint consiste en módulos y controladores E/S digitales y analógicos intercambiables con interfaz Ethernet y serial.



USA B

DEPARTMENT OF INDUSTRIAL ELECTRONICS

---

---

---

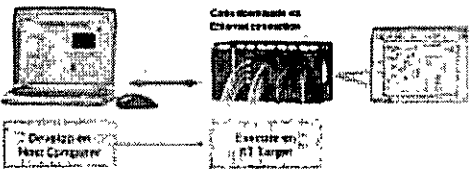
---

---

---

---

---



1. Develop the Application on the Host Computer  
2. Download Code to the Target  
3. Execute the Application

USA B

DEPARTMENT OF INDUSTRIAL ELECTRONICS

---

---

---

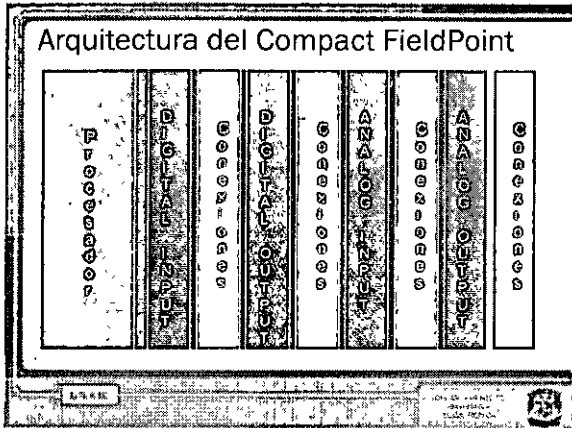
---

---

---

---

---



---

---

---

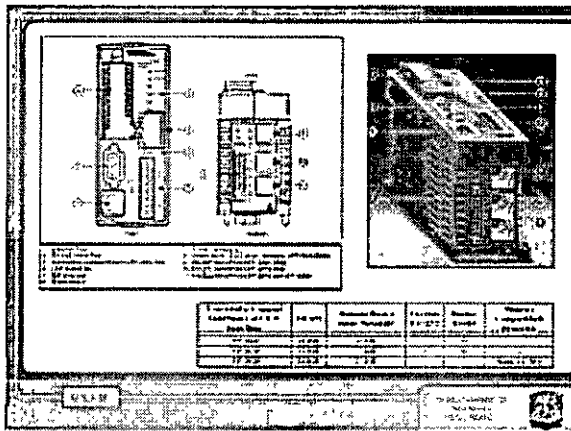
---

---

---

---

---



---

---

---

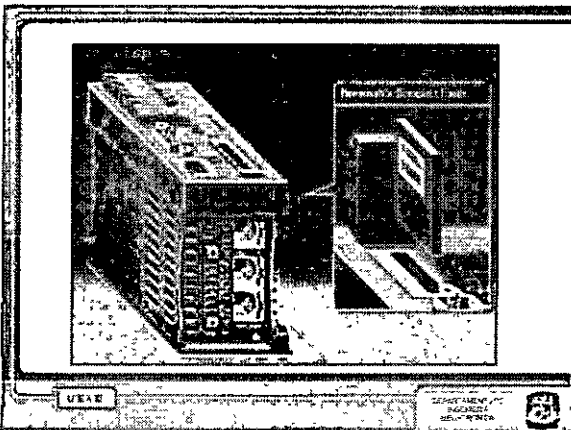
---

---

---

---

---



---

---

---

---

---

---

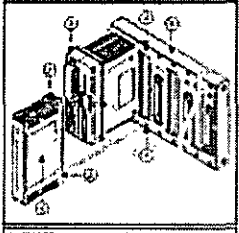
---

---



### Digital Input (cFP-DI-301)

**Características**  
16 canales digitales  
Entradas "sinking" compatible con salidas 24VDC "sourcing"  
Leds indicadores ON/OFF  
Proteccion de sobrevoltaje de 2300 Vrms  
Temperatura -40 a 70 grados centigrados



1. Terminal block  
2. LED indicator  
3. Input terminal  
4. Output terminal  
5. Power terminal

USA 25

---

---

---

---

---

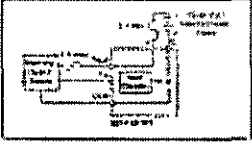
---

---

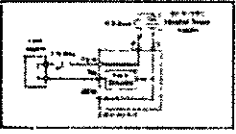
---

### Conexiones

**Conexión a un dispositivo Sourcing-Output**



**Conexión a un limit switch**



USA 25

---

---

---

---

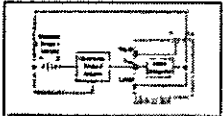
---

---

---

---

**Conexión a un dispositivo con fuente externa**



**Especificaciones:**  
Número de canales: 16  
Tipo de entrada: 24 VDC sinking inputs  
Voltaje de protección inverso: -30 VDC  
Rango de estado OFF: menor a 5 VDC  
Rango de estado ON: 15 a 30 VDC  
Impedancia de entrada: 5 KOhms

USA 25

---

---

---

---

---

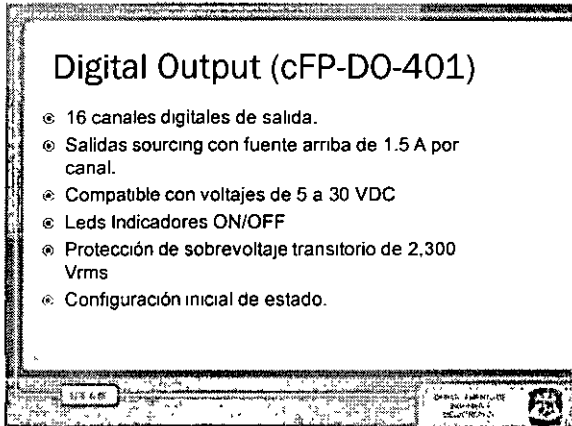
---

---

---

### Digital Output (cFP-DO-401)

- 16 canales digitales de salida.
- Salidas sourcing con fuente arriba de 1.5 A por canal.
- Compatible con voltajes de 5 a 30 VDC
- Leds Indicadores ON/OFF
- Protección de sobrevoltaje transitorio de 2,300 Vrms
- Configuración inicial de estado.



---

---

---

---

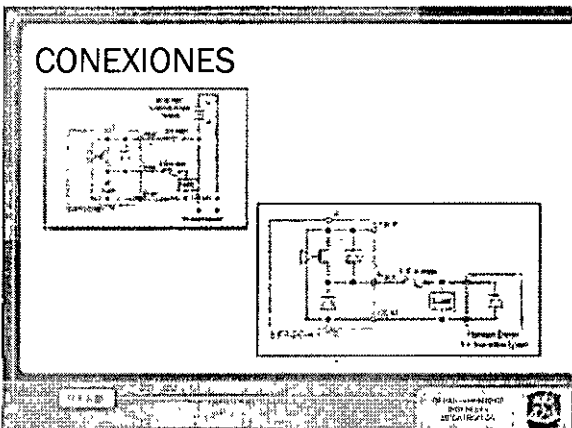
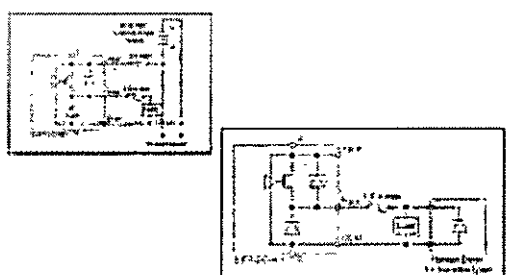
---

---

---

---

### CONEXIONES



---

---

---

---

---

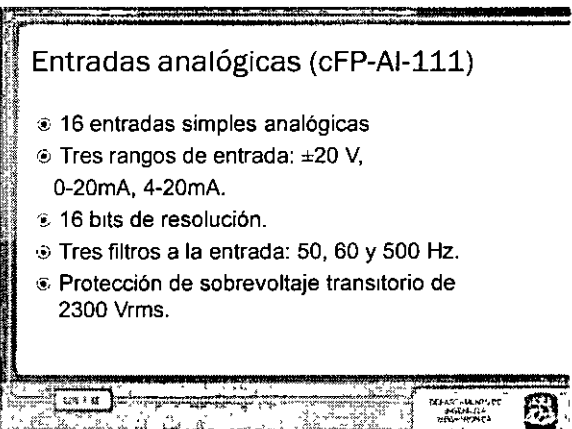
---

---

---

### Entradas analógicas (cFP-AI-111)

- 16 entradas simples analógicas
- Tres rangos de entrada:  $\pm 20$  V, 0-20mA, 4-20mA.
- 16 bits de resolución.
- Tres filtros a la entrada: 50, 60 y 500 Hz.
- Protección de sobrevoltaje transitorio de 2300 Vrms.



---

---

---

---

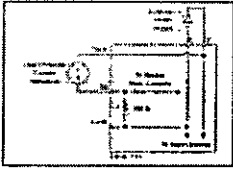
---

---

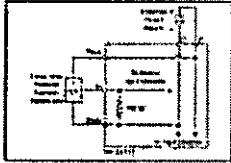
---

---

### Conexiones.



Transductor de corriente polarizado



Transductor de corriente.

---

---

---

---

---

---

---

---

### Salidas Analógicas (cFP-A0-210)

- ⊕ 8 salidas de 0-10 V
- ⊕ 12 bits de resolución
- ⊕ Fuentes de 1 mA por canal (arriba de 10mA con fuente externa).
- ⊕ Indicadores de sobrevoltaje
- ⊕ Protección de voltaje transitorio de 2300 Vrms

---

---

---

---

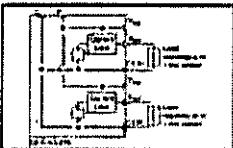
---


---

---

---

### Conexiones:

Cargas sin fuente externa

Cargas con fuente externa.

---

---

---

---

---

---

---

---

### Salidas a relevador (cFP-RLY-421)

- 8 canales de relevadores un polo un tiro
- Switches arriba de 1.5 A a 35 VDC o 250 VDC
- Leds indicadores de status del relevador
- Aislación de 250 Vrms

Diagram showing a transistor switching a relay coil with a flyback diode.

---

---

---

---

---

---

---

---

### Generadores de PWM (cFP-PWM-520)

- 8 canales sourcing PWM
- Capacidad de variación de 0 a 100% del ciclo de trabajo con una resolución de 12 bits
- Salidas con protección de corto circuito
- Salidas de 5 VDC o 10-30 VDC
- Configuración independiente del periodo para cada salida de 1 a 65,535 ms con incrementos de 1 ms
- Indicadores ON/OFF

Diagram showing a microcontroller driving a transistor to generate a PWM signal.

---

---

---

---

---

---

---

---

### Contadores y entrada de cuadratura de 4 ejes (cFP-QUAD-510).

- Cuatro contadores de posición, cada uno con Fase A, Fase B e índice.
- Medición de velocidad.
- Contadores de 32 bits.
- Reset programable en modo indexado.
- Entradas compatibles con TTL y encoders diferenciales.

---

---

---

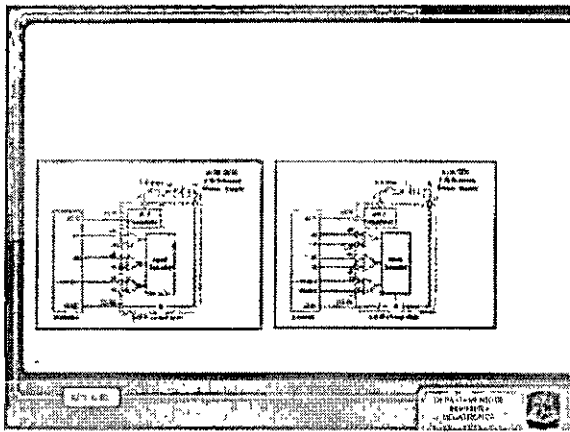
---

---

---

---

---



---

---

---

---

---

---

---

---