



**UAEM** | Universidad Autónoma  
del Estado de México



CENTRO UNIVERSITARIO UAEM  
Z U M P A N G O

## **Ingeniería en computación**

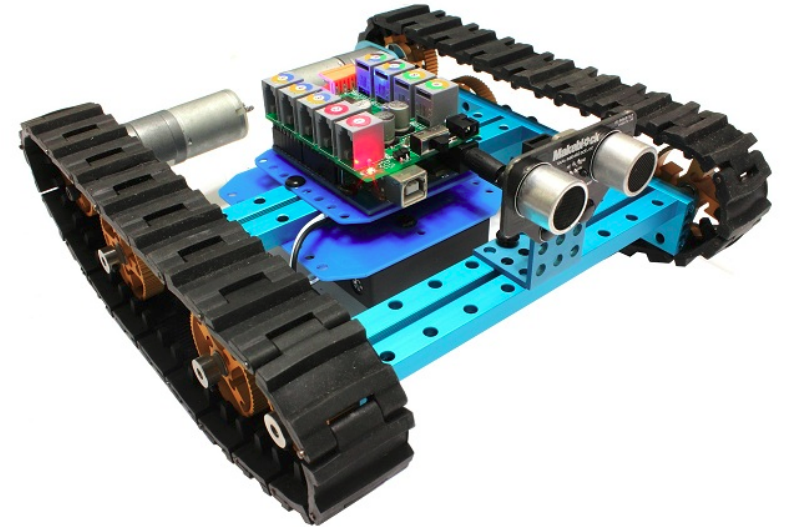
Fundamentos de Robótica  
Unidad de Competencia III

Ing. Diego Armando Ramírez Avelino



# Contenido

- I. Necesidad e importancia de sensores
- II. Tipos de sensores y funcionamiento (internos y externos)
- III. Tecnologías de actuadores
- IV. Fusión
- V. Bibliografía





# Objetivo

Identificar los tipos de sensores y actuadores que conforman un robot manipulador



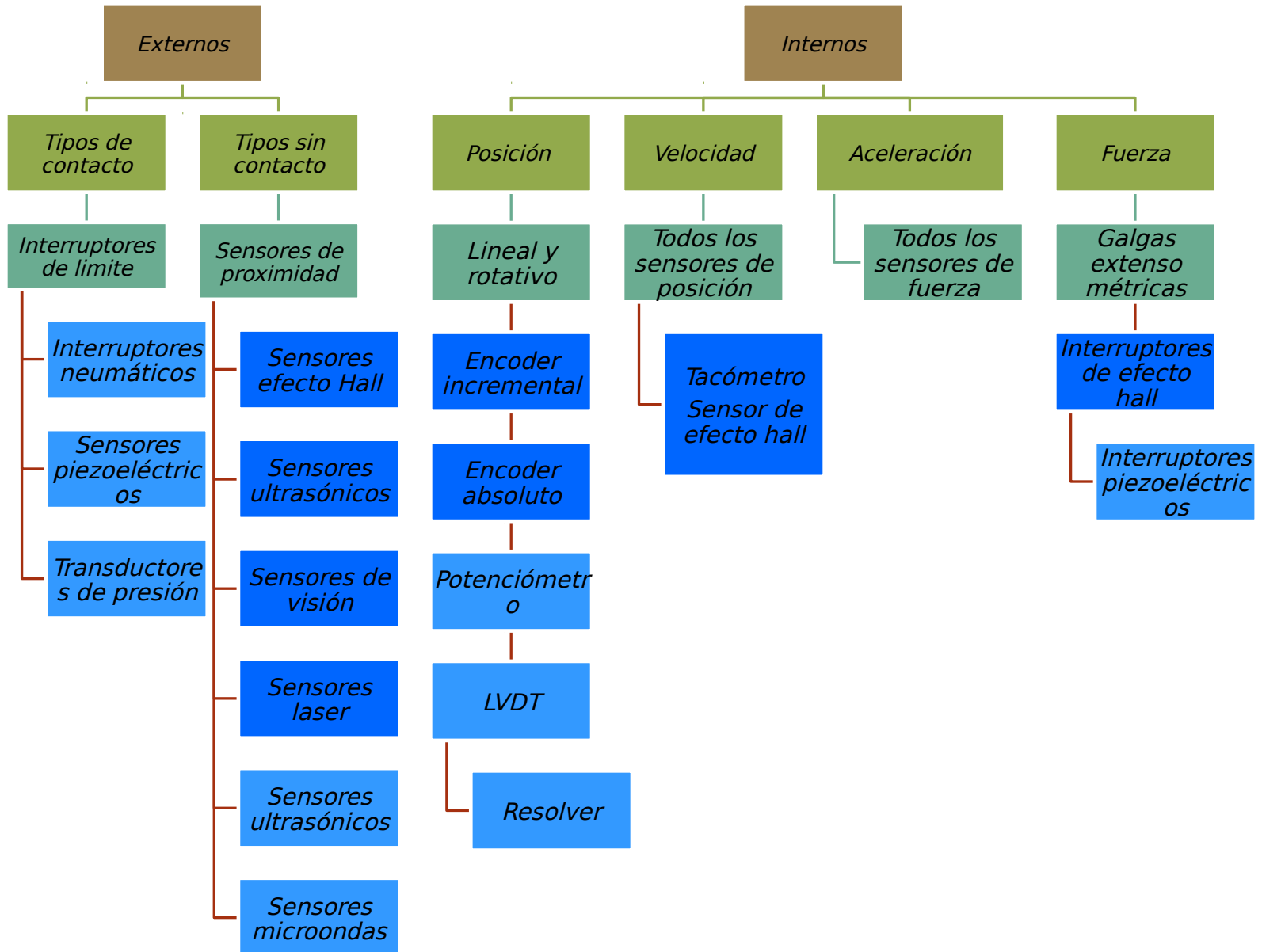
# Necesidad e importancia de sensores

Existe una amplia gama de sensores o dispositivos diseñados para percibir la información externa e interna, la magnitud física es transformada en un valor electrónico que sea posible introducir al circuito de control, de modo que el robot sea capaz de cuantificarla y reaccionar en consecuencia.

Un sensor consta de un elemento sensible a una magnitud física, y debe ser capaz por sus propias características, o por medio de dispositivos intermedios, de transformar esa magnitud física en un cambio eléctrico que se pueda alimentar en un circuito que la utilice directamente.



# Tipos de sensores y funcionamiento (internos y externos)





## Tipos de sensores y funcionamiento (internos y externos)

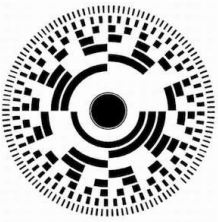
### Sensores Internos

Los sensores internos se emplean para monitorear el estado interno de un robot, es decir, su posición, velocidad, aceleración, etc., en un momento determinado. Basado en estas informaciones, el controlador decide acerca del comando de control. Dependiendo de las diferentes cantidades que miden, los sensores se denominan como de posición, velocidad, aceleración o fuerza.

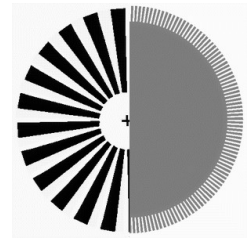


## Tipos de sensores y funcionamiento (internos y externos)

### Sensores Internos de posición



Encóders

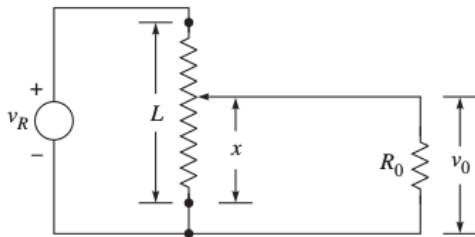


El encóder es un dispositivo óptico digital que convierte el movimiento en una secuencia de pulsos digitales. Mediante el conteo de un solo bit o la decodificación de un conjunto de bits, los pulsos pueden convertirse en medidas relativas o absolutas. De este modo, los encóders son de tipo incremental o absoluto. Además, cada tipo puede ser lineal y rotatorio a su vez.

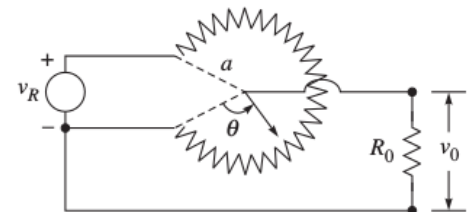


## Tipos de sensores y funcionamiento (internos y externos)

### Sensores Internos de posición



Potenciómetro



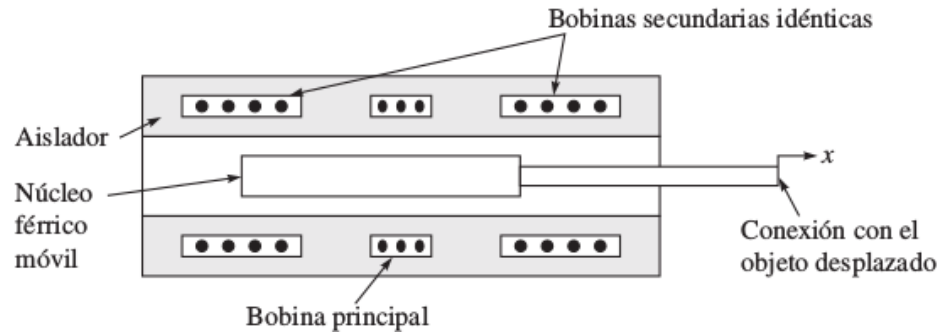
El potenciómetro es un dispositivo de resistencia variable que expresa desplazamientos lineales o angulares en términos de voltaje. Consiste en una clavija deslizante que hace contacto con un elemento resistivo; conforme se mueve este punto de contacto, la resistencia entre el contacto deslizante y las conexiones de los extremos del dispositivo cambia en proporción al desplazamiento,  $x$  y  $\theta$  para potenciómetros lineales y angulares, respectivamente.



## Tipos de sensores y funcionamiento (internos y externos)

### Sensores Internos de posición

LVDT



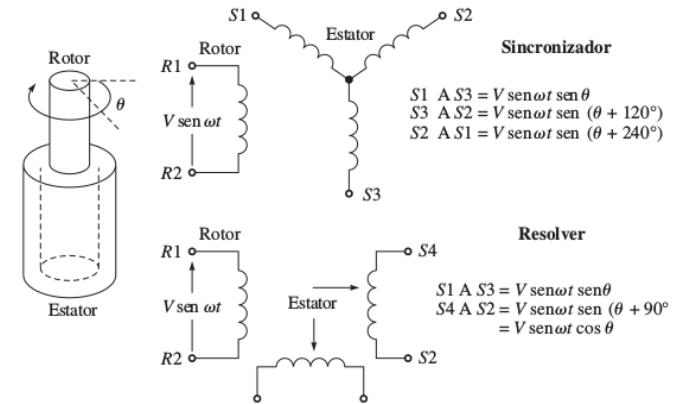
El transformador diferencial lineal variable (LVDT) es uno de los transductores de desplazamiento que más extensamente se usa, particularmente cuando se necesita alta precisión. Genera una señal de CA cuya magnitud se relaciona con el desplazamiento de un núcleo móvil. El concepto básico es el de un núcleo férreo que se mueve en un campo magnético, donde el campo se produce de un modo similar al campo de un transformador estándar. Existe un núcleo central, rodeado por dos bobinas secundarias idénticas y una bobina principal.

# Tipos de sensores y funcionamiento (internos y externos)

## Sensores Internos de posición

### Sinconizadores y resólvvers

Mientras que los encóders producen salidas digitales, los sincronizadores y resólvvers proporcionan señales análogas como salida. Éstos consisten en un eje (flecha) giratorio (rotor) y una carcasa estacionaria (estátor). Sus señales tienen que convertirse a la forma digital por medio de un convertidor analógico a digital antes de que la señal sea introducida a la computadora.





## **Tipos de sensores y funcionamiento (internos y externos)**

### **Sensores Internos de velocidad**

Todos los sensores de posición

Básicamente todos los sensores de posición, cuando se utilizan con ciertos límites de tiempo, pueden dar la velocidad, por ejemplo, el número de pulsos proporcionados por un encóder de posición incremental dividido entre el tiempo consumido en hacerlo. Sin embargo, este método impone una carga computacional sobre el controlador, que podrá estar ocupado por algunas otras operaciones.



## Tipos de sensores y funcionamiento (internos y externos)

### Sensores Internos de velocidad

#### Tacómetro



Estos sensores pueden encontrar directamente la velocidad en cualquier momento y sin mucha carga computacional. Éstos miden la velocidad de rotación de un elemento. Hay varios tipos de tacómetros en uso, pero un diseño sencillo se basa en la regla de Fleming, que declara que “el voltaje producido es proporcional al índice del acoplamiento inductivo”. Aquí un conductor (básicamente una bobina) se sujeta al elemento rotativo que gira en un campo magnético (estator). Conforme incrementa la velocidad del eje, el voltaje producido en las terminales de las bobinas también aumenta.

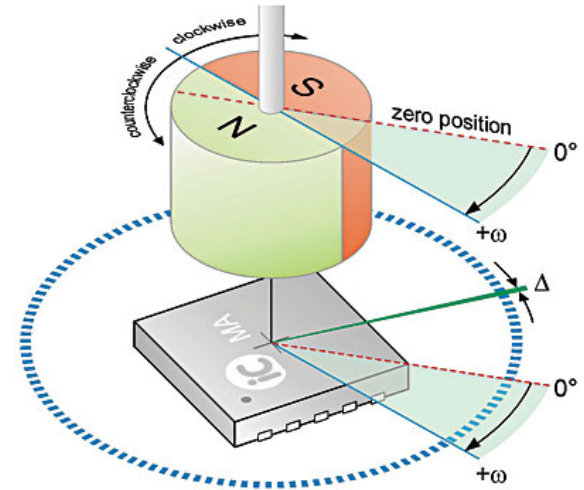


## Tipos de sensores y funcionamiento (internos y externos)

### Sensores Internos de velocidad

#### Sensor de efecto Hall

Si una pieza plana de material conductor llamada chip Hall se sujeta a una diferencia de potencial en sus dos lados opuestos entonces el voltaje que se genera a través de las caras perpendiculares es cero. Pero si un campo magnético se induce en ángulos rectos al conductor, el voltaje se genera en las otras dos caras perpendiculares. Entre más alto sea el valor de campo, más lo será el nivel de voltaje. Si se utiliza un imán anular, el voltaje producido será proporcional a la velocidad de rotación del imán.





## Tipos de sensores y funcionamiento (internos y externos)

### Sensores Internos de aceleración



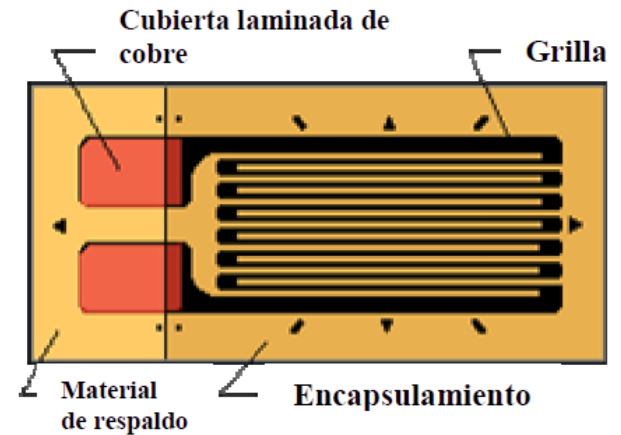
De manera parecida a las mediciones de velocidad que se dan a partir de la información de los sensores de posición, pueden encontrarse las aceleraciones como la razón de cambio respecto al tiempo de las velocidades obtenidas por los sensores de velocidad o calculado a partir de las informaciones de posición. Pero ésta no es una manera eficiente para calcular la aceleración, puesto que impondrá una carga de trabajo pesada sobre la computadora, lo que puede reducir la velocidad de operación del sistema. Otra forma de medir la aceleración es calculando la fuerza que resulta de multiplicar masa por aceleración.



## Tipos de sensores y funcionamiento (internos y externos)

### Sensores Internos de fuerza

#### Galgas extensométricas



El principio de este sensor es que el alargamiento de un conductor aumenta su resistencia eléctrica. La resistencia eléctrica normal para galgas es de 50-100 ohmios. El incremento de resistencia se debe a:

- Incremento de la longitud del conductor; y
- decremento en el área del conductor.

Las galgas están hechas de conductores eléctricos, usualmente de alambre o papel metálico grabado sobre un material base



## **Tipos de sensores y funcionamiento (internos y externos)**

### **Sensores Internos de fuerza**

#### Sensor piezoeléctrico

Un material piezoeléctrico presenta un fenómeno conocido como efecto piezoeléctrico. Este efecto señala que cuando cristales elásticos asimétricos se deforman mediante una fuerza, se desarrollará un potencial eléctrico dentro de la red cristalina deformada, Este efecto es reversible. Esto quiere decir que si se aplica un voltaje entre las superficies del cristal, éste cambiará sus dimensiones físicas. La magnitud y polaridad de las cargas inducidas son proporcionales a la magnitud y dirección de la fuerza aplicada.





## Tipos de sensores y funcionamiento (internos y externos)

### Sensores Externos

Los sensores externos se utilizan principalmente para saber más acerca del ambiente del robot, especialmente sobre los objetos que se va a manipular. Los sensores externos pueden dividirse en las siguientes categorías:

- Tipo de contacto
- Tipo sin contacto



## Tipos de sensores y funcionamiento (internos y externos)

### Sensores Externos de contacto

#### Interruptor de límite



Un interruptor de límite se construye de modo muy parecido al interruptor de luz común que se usa en casas y oficinas. Tiene las mismas características de encendido/apagado. El interruptor de límite tiene generalmente un brazo mecánico sensible a la presión. Cuando un objeto aplica presión sobre el brazo mecánico, se activa el interruptor. Es posible que un objeto tenga un imán que cause que un contacto suba y cierre cuando el objeto pase sobre el brazo.

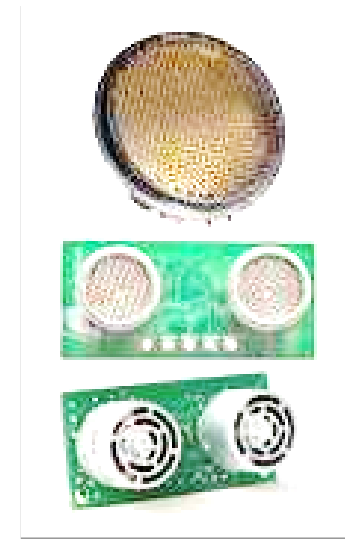


## Tipos de sensores y funcionamiento (internos y externos)

### Sensores Externos sin contacto

#### Sensor de proximidad

La detección de proximidad es la técnica que se usa para detectar la presencia o ausencia de un objeto por medio de un sensor electrónico sin contacto. Hay dos tipos de sensores de proximidad: inductivo y capacitivo. Los sensores de proximidad inductivos se usan en lugar de interruptores de límite para la detección sin contacto de objetos metálicos. Los sensores de proximidad capacitivos se usan sobre la misma base que los sensores de proximidad inductivos, pero también pueden detectar objetos no metálicos.





# Tipos de sensores y funcionamiento (internos y externos)

## Sensores Externos sin contacto

### Sensor de proximidad inductivo

Todos los sensores de proximidad inductivos consisten en cuatro elementos básicos, a saber:

- Bobina de sensor y núcleo férnico
- Circuito detector
- Circuito oscilador
- Circuito de salida de estado sólido



## Tipos de sensores y funcionamiento (internos y externos)

### Sensores Externos sin contacto

Sensor de proximidad capacitivo



Un sensor de proximidad capacitivo trabaja de manera muy parecida a un sensor de proximidad inductivo. Sin embargo, el medio de detección es bastante distinto. La detección Salida capacitiva se basa en la capacitancia dieléctrica.

La capacitancia es la propiedad de los materiales aislantes para almacenar una carga.



## **Tipos de sensores y funcionamiento (internos y externos)**

### **Sensores Externos sin contacto**

#### Sensor de desplazamiento de semiconductor

El sensor de desplazamiento de semiconductor utiliza un diodo de emisión de luz (LED) de semiconductor o láser como fuente de luz, así como un detector sensible a la posición (PSD). El rayo láser se enfoca sobre el objeto por medio de un lente. El objeto refleja al rayo, que luego se enfoca sobre el PSD creando un punto de luz.



# Tecnologías de actuadores

## Actuadores

Los actuadores tienen como misión generar el movimiento de los elementos del robot según las ordenes dadas por la unidad de control. Los actuadores utilizados en robótica pueden emplear energía neumática, hidráulica o eléctrica. Cada uno de estos sistemas presenta características diferentes, siendo preciso evaluarlas a la hora de seleccionar el tipo de actuador más conveniente.

Las características a considerar son entre otras:

- Potencia.
- Controlabilidad.
- Peso y volumen.
- Precisión.
- Velocidad.
- Mantenimiento.
- Coste.



## Tecnologías de actuadores

# Actuadores

Los actuadores neumáticos usan el aire comprimido como fuente de energía y son muy indicados en el control de movimientos rápidos, pero de precisión limitada.

Los motores hidráulicos son recomendables en los manipuladores que tienen una gran capacidad de carga, junto a una precisa regulación de velocidad.

Los motores eléctricos son los más utilizados, por su fácil y preciso control, así como por otras propiedades ventajosas que establece su funcionamiento, como consecuencia del empleo de la energía eléctrica.

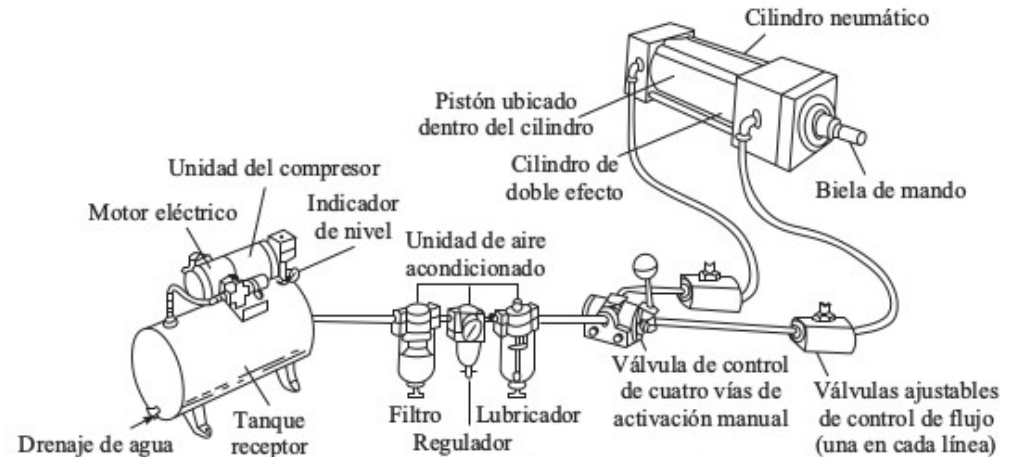




## Tecnologías de actuadores

# Actuadores

## Neumáticos



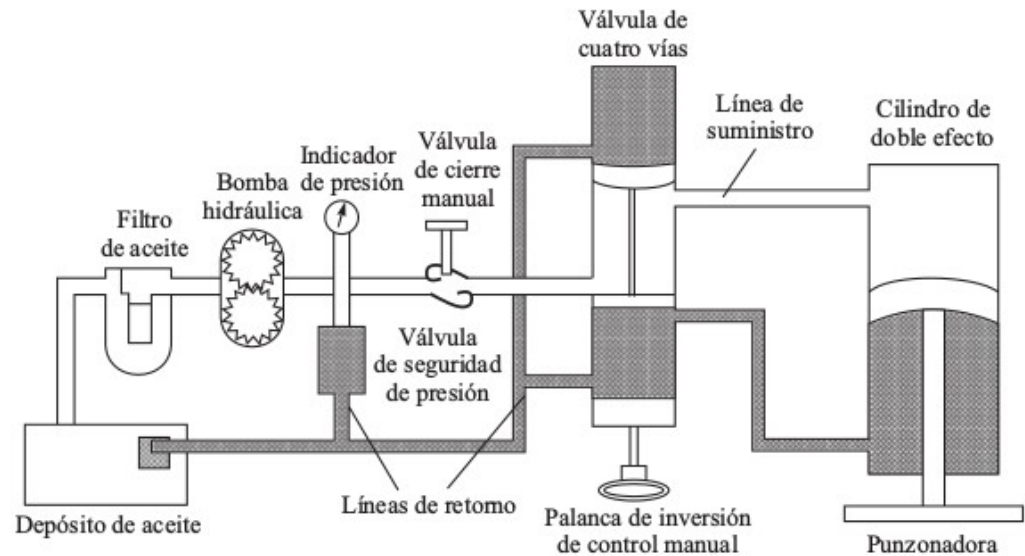
Los actuadores neumáticos utilizan aire comprimido para su accionamiento y se usan extensamente para realizar los movimientos típicos de abrir y cerrar las mordazas en el sujetador (gripper) de un robot, como se muestra en la figura, o bien para su accionamiento de brazos de robot sencillos en aplicaciones donde el control continuo de movimientos no sea una preocupación.



## Tecnologías de actuadores

# Actuadores

## Hidráulicos



Los actuadores hidráulicos también son dispositivos de potencia de fluidos para robots industriales. Ellos utilizan fluidos de alta presión, como aceite, para transmitir fuerzas al punto de aplicación deseado. Un actuador hidráulico es muy similar en aspecto a uno accionado neumáticamente.

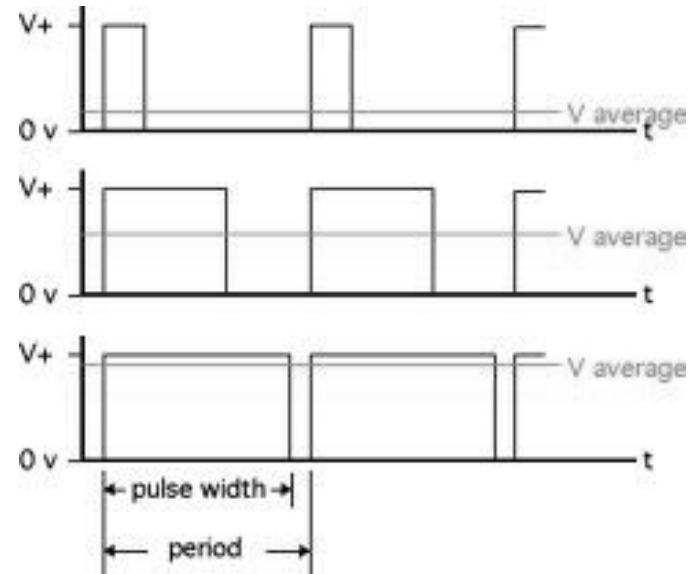


## Tecnologías de actuadores

# Actuadores

## Eléctricos

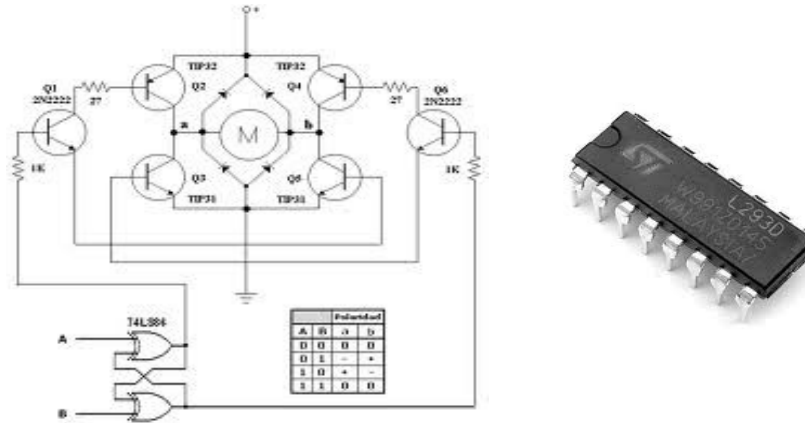
Las características de control, sencillez y precisión de los accionamientos eléctricos han hecho que sean los más usados en los robots industriales actuales.



# Tecnologías de actuadores

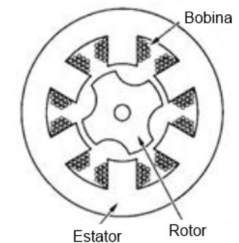
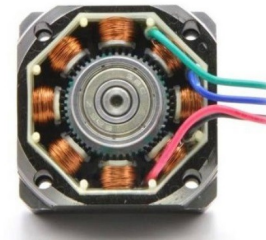
## Actuadores

### Eléctricos



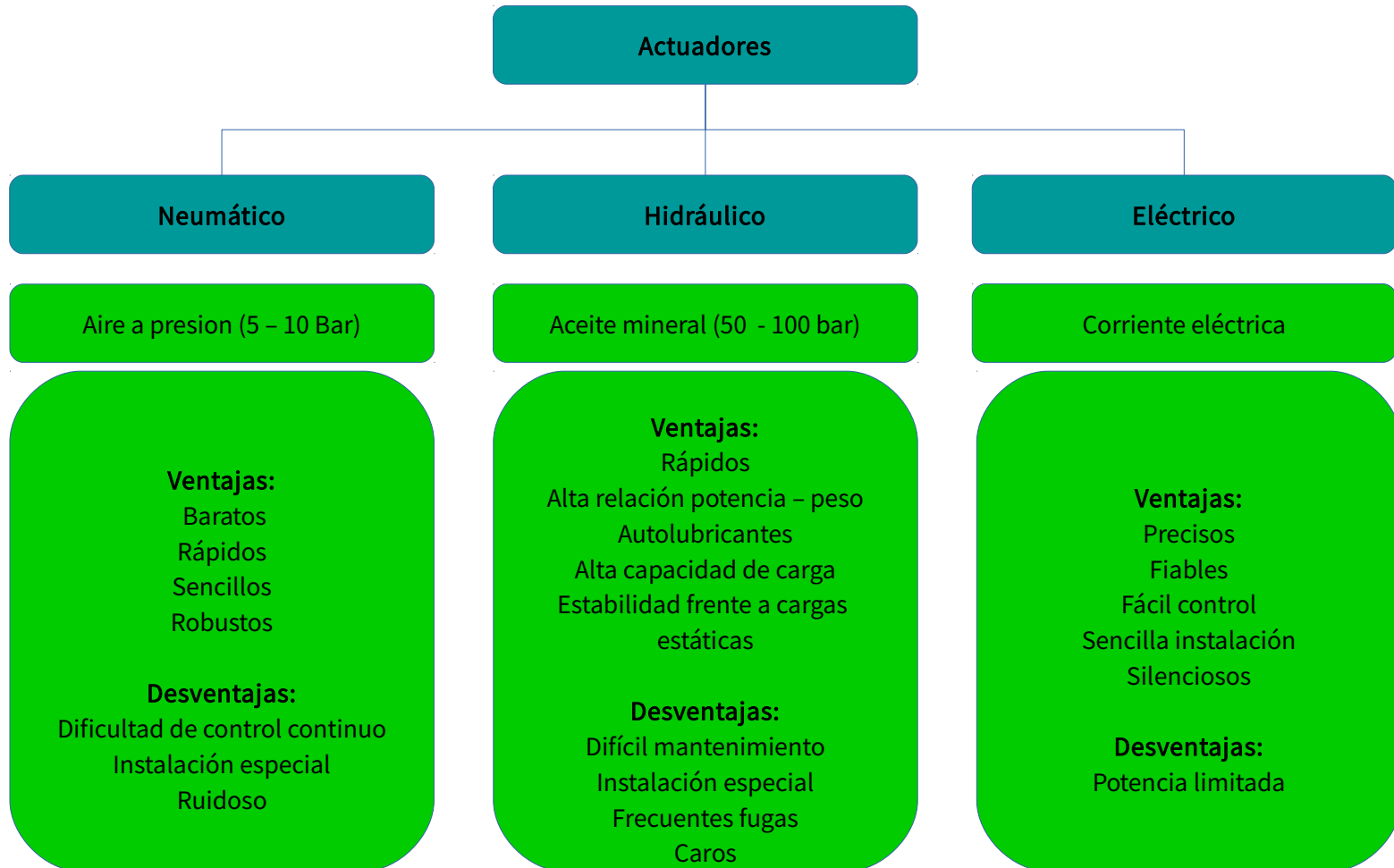
Dentro de los actuadores eléctricos pueden distinguirse tres tipos diferentes:

- Motores de corriente continua
  - Controlados por inducción
  - Controlados por excitación
- Motores de corriente alterna
  - Síncrono
  - Asíncrono
- Motores paso a paso





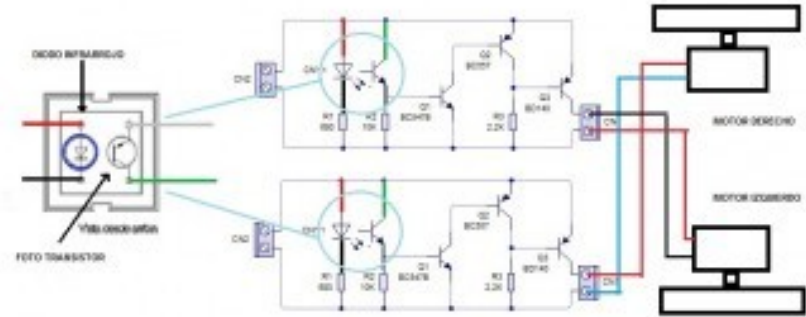
# Tecnologías de actuadores





## Fusión

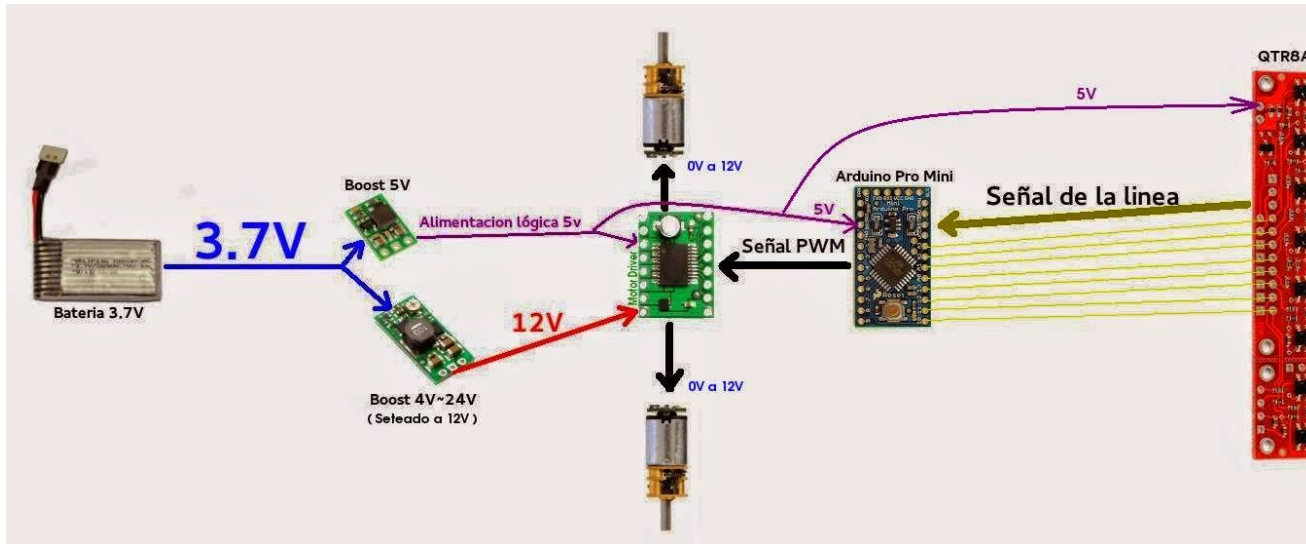
# Actuadores y sensores



Un ejemplo practico puede ser el carrito seguidor de linea.

El dispositivo utiliza sensores de deteccion de linea negra o blanca dependiendo de su configuración y el actuador utilizado es el eléctrico, donde cada motor actuara conforme a lo que le indique el sensor.

# Fusión



Diseño de un seguidor de línea utilizando hardware adicional como Arduino y motores secuenciales con PWM.



# Bibliografía

- Robot Dynamics and Control, Mark W. Spong, M. Vidyasagar, Wiley, 1989.
- Modeling and Control of Robots Manipulators, L. Sciavicco, B. Siciliano, Springer, 2003.
- Evolución Artificial y Robótica Autónoma, José Santos, Richar J. Duro, Alfaomega-RaMA, 2004
- The Robotics Primer, Maja J. Mataric, MIT Press 2007.
- Robotics: State of the art and future challenges, Bekey G., Imperial College Press, 2008.
- Springer Handbook of Robotics, Bruno Siciliano, Oussama Khatib, Springer, 2008.
- Handbook of Industrial Robotics, Shimon Y Nof, Wiley, 1999.



