

Universidad Autónoma del Estado de México
Centro Universitario UAEM Valle de Chalco
LICENCIATURA DE INGENIERÍA EN COMPUTACIÓN

Fundamentos de Robótica para Ingeniería

UNIDAD DE APRENDIZAJE:

FUNDAMENTOS DE ROBÓTICA

Presenta:

DR. JOSÉ LUIS SÁNCHEZ RAMÍREZ

CONVOCATORIA 2018

SECME 2018

Sistema para Evaluar
la Calidad de Medios Educativos



Programa de la Unidad de Aprendizaje 1/2

- I. Comprender los conceptos básicos de robótica identificando las partes importantes.
- II. Entender y aplicar los fundamentos matemáticos necesarios para entender el funcionamiento y desarrollo de un robot.
- III. Conocer los modelos geométricos y cinemáticas de robots manipuladores.
- IV. Identificar los tipos de sensores y actuadores que conforman un robot manipulador.



- V. Conocer y comprender los conceptos básicos de control para la manipulación de robots.
- VI. Presentar y aprender la variedad de lenguajes de programación para la manipulación de robots.
- VII. Comprender cuando un robot es catalogado como inteligente, así como los diferentes tipos de robots.

Objetivo de la Unidad de Aprendizaje



El alumno al concluir esta unidad de aprendizaje deberá adquirir los **conocimientos básicos de la robótica**. Se pretende que en este curso se dé una importancia al capítulo 7, para que los alumnos vean la aplicación de la computación en la Robótica y dejar proyectos que puedan utilizar estos conceptos. Adicionalmente, el alumno deberá tener los fundamentos matemáticos para la manipulación de robots así como conocer e identificar los modelos geométricos, cinemáticos, sensores, y actuadores de robots manipuladores.

Descripción del material de la UA



- Esta presentación esta desarrollada con base al programa de la unidad de aprendizaje (UA) Fundamentos de Robótica, del programa de estudios de la Licenciatura de Ingeniería en Computación (ICO) para apoyar la impartición del curso teórico-practico e ir abordando los temas durante el transcurso del semestre.
- Se aborda un 85% del contenido teórico de la UA, hay temas que no se desarrollan totalmente en las diapositivas, pues se plantea se complementen en prácticas de laboratorio, para una mejor comprensión de los temas complicados.



I. Comprender los conceptos básicos de robótica identificando las partes importantes

¿Qué es un Robot?



- Un Robot es un manipulador programable capaz de realizar diversas funciones diseñado para desplazar materiales, partes, herramientas o determinados artefactos mediante movimientos programados variables y cuyo objetivo es la realización de ciertas tareas.
- El término robot fue introducido por el checo Karel Capek en 1921, y viene de la combinación de las palabras checas “robota” que significa “trabajo obligatorio” y “robotnik” que significa siervo o esclavo.

Diferentes Definiciones de Robot

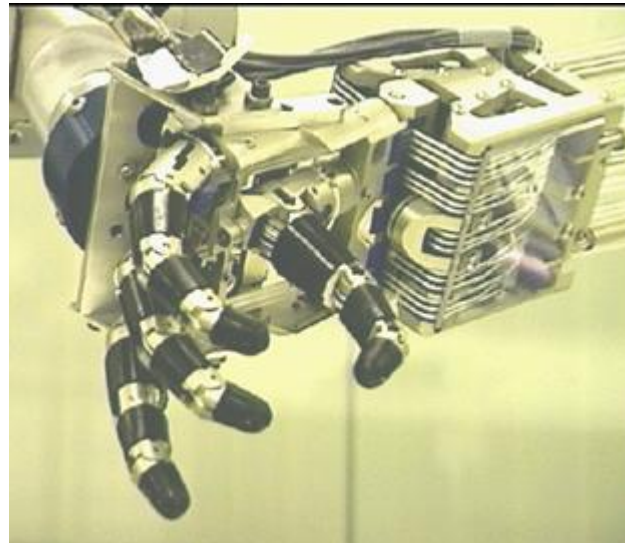


- **Diccionario Webster.** “Es un dispositivo automático que efectúa funciones ordinariamente asignadas a los seres humanos”
- **La Real Academia.** “Ingenio electrónico que puede ejecutar automáticamente operaciones o movimientos muy varios”
- **ISO 8373.** “Es un manipulador reprogramable, multifuncional, controlado automáticamente, que puede estar fijo en un sitio o moverse, y que está diseñado para mover materiales, piezas, herramientas o dispositivos especiales, por medio de movimientos variables programados para la realización de diversas tareas o trabajos”

Ejemplos de Robots



LET YOUR ROBOT DO THE MOWING...



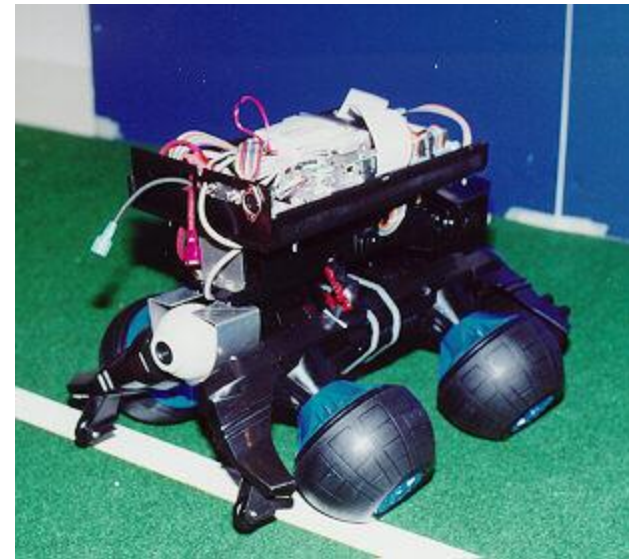
Los Robots



- “Los robots son las máquinas que se asemejan a la gente pero que trabajan incansable”
- ¿Esta visión es válida actualmente?



El mejor jugador de fútbol



El mejor robot jugador de fútbol

Leyes de la Robótica



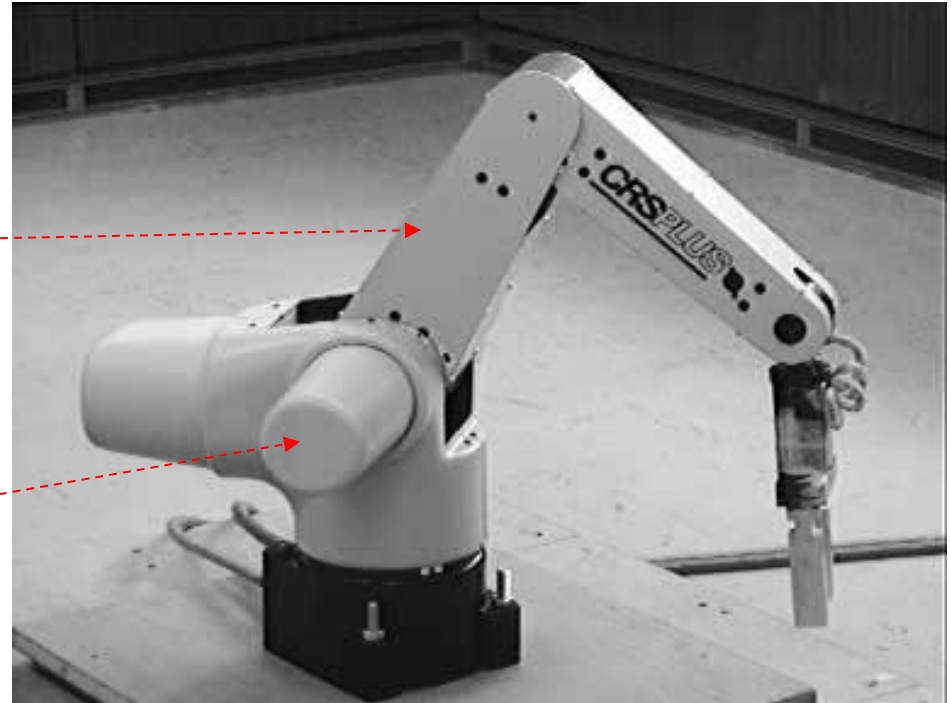
La palabra **robótica** fue utilizada por primera vez por el científico y escritor de ciencia ficción *Isaac Asimov* en 1942. El propuso las llamadas leyes de la robótica:

- **Ley 0:** Un robot no puede dañar a la humanidad, o a través de su inacción, permitir que se dañe a la humanidad.
- **Ley 1:** Un robot no puede dañar a un ser humano ni, por inacción, permitir que éste sea dañado.
- **Ley 2:** Un robot debe obedecer las órdenes dadas por los seres humanos excepto cuando estas órdenes entren en conflicto con la primera ley.
- **Ley 3:** Un robot debe proteger su propia existencia, siempre y cuando no entre en conflicto con la primera y la segunda ley

Partes de los robots



- Los robots disponen de cuerpo rígido, en el que hay **eslabones** con movimiento.
- Los eslabones se unen entre sí mediante **articulaciones**, que permiten el movimiento.



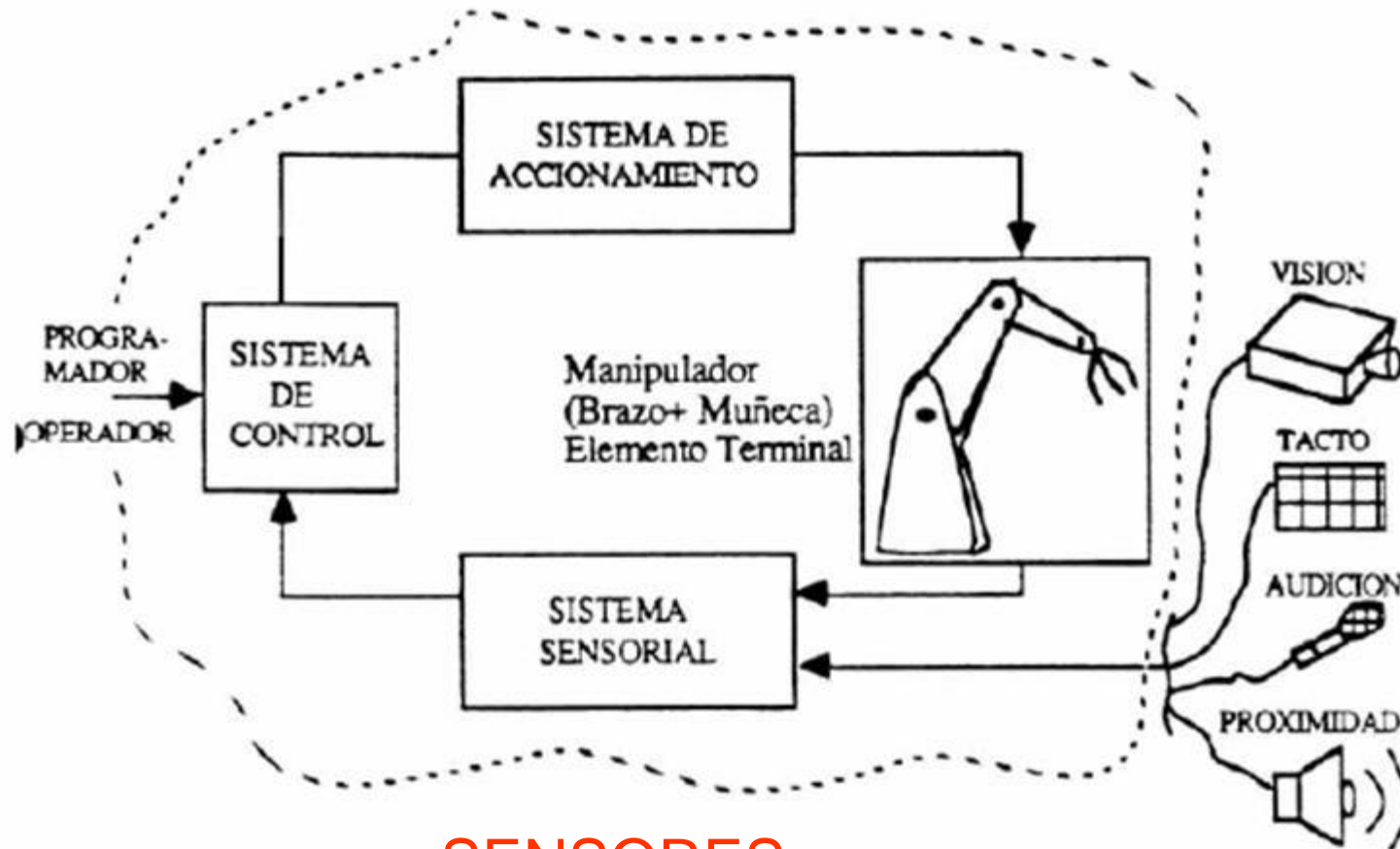
Las partes más importantes son:

1. **Sensores:** herramientas para la percepción
2. **Efectores:** herramientas para la ejecución

Organización Funcional



EFFECTORES



SENSORES



II. Entender y aplicar los fundamentos matemáticos necesarios para entender el funcionamiento y desarrollo de un robot

Sistemas de Control y Modelos

“Conceptos Básicos”



Cuando se estudia un sistema se está interesado por la respuesta del sistema para determinadas entradas.

Estas entradas incluyen los órdenes de control del sistema y las magnitudes perturbadoras del entorno.

Un sistema se puede dividir en cinco componentes principales:

1. La entrada (s) al sistema .
2. El controlador y los dispositivos de actuación
3. La instalación (mecanismo o proceso que se controla).
4. La salida (variable controlada)
5. Elementos de realimentación (sensores).

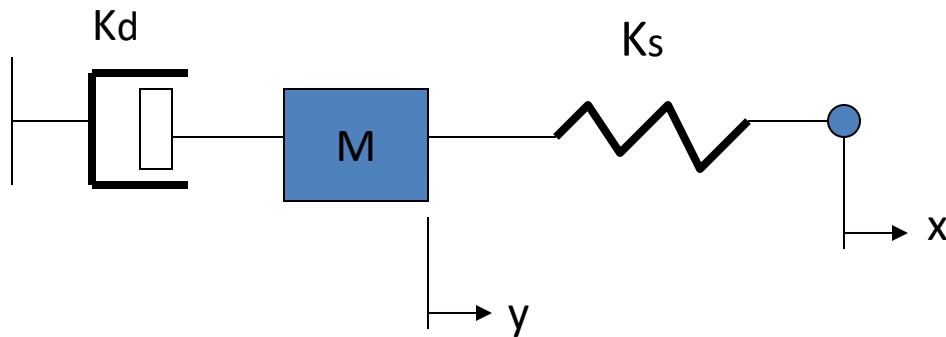
Modelos Matemáticos



Los modelos matemáticos son simplemente representaciones matemáticas de sistemas del mundo real. Por ejemplo

(1) La ley de Hooke para el funcionamiento de un muelle es: $F = K_s x$.

(2) La fuerza debida a la aceleración de la masa es: $M (d^2 y / dt^2)$



(3) La fuerza debida al amortiguador es: $K_d (d y / d t)$

(4) La fuerza debida al muelle es: $K_s y - K_s x$

(5) El resultado de sumar todas las fuerzas es:

$$M (d^2 y / dt^2) + K_d (d y / d t) + K_s y = K_s x$$

Diagrama de un sistema amortiguador de masa muelle.

Funciones de Transferencia



Las ecuaciones diferenciales lineales se pueden reescribir utilizando el operador diferencial s . La variable s se utiliza para la representación de la operación matemática de tomar la derivada de una variable dependiente con respecto al tiempo por ejemplo:

$x(t)$ e $y(t)$ se convierten en funciones de la variable s , $X(s)$ e $Y(s)$. Aplicando a s la transformada de Laplace.

Aplicando s a la ecuación resultante anterior se puede escribir como:

$$M_s^2 Y(s) + K_d s Y(s) + K_s X(s) = K_s X(s)$$

La función de transferencia de la amortiguación de la masa de un muelle queda de la sig.. Manera

$$\frac{Y(s)}{X(s)} = \frac{K_s}{M_s^2 + K_d s + K_s}$$

Diagramas de Bloques



El diagrama de bloques es un recurso frecuente de representación gráfica de las relaciones establecidas entre los componentes del sistema. Estos diagramas se construyen a partir de cuatro elementos básicos:

- Bloque de Función
- Flechas de Señales
- Uniones de Suma
- Puntos de Despegue.

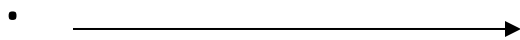
El bloque de función, representa a cada uno de los componentes del sistema y contienen la función de transferencia para el componente.



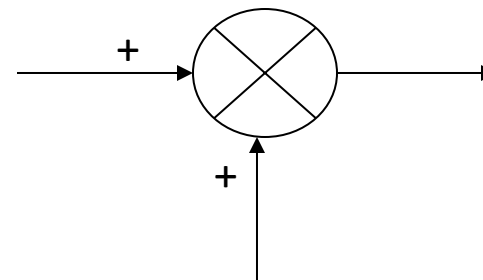
Diagramas de Bloques



Las flechas de señales, indican el sentido de las señales y variables del diagrama. Se utilizan para conectar los bloques funcionales y otros componentes del sistema



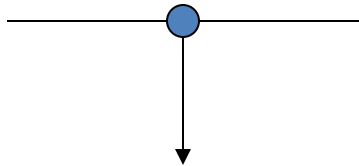
Las uniones de suma permiten añadir dos o más señales de forma algebraica.



Diagramas de Bloques



Los puntos de despegue permiten compartir las señales y variables entre más de un solo componente .



Por convenio los diagramas de bloques se suelen leer de izquierda a derecha , con entradas que aparecen por la izquierda y salidas que se dirigen hacia la derecha. Las uniones de suma pueden tener varias flechas de entrada, pero sólo una de salida. Los bucles de realimentación, por norma general se desplazan de Der. a Izq.

La Ecuación Característica 1/2



La amortiguación del sistema es un aspecto de su funcionamiento que se puede determinar mediante el análisis de las raíces de la ecuación característica. Dependiendo de los valores de los parámetros de la ecuación característica, el sistema puede responder de cuatro formas diferentes.

- Sistema no amortiguado
- Sistema subamortiguado
- Sistema con amort. crítico
- Sistema sobreamortiguado

- No amortiguado: En este sistema el coeficiente de amortiguación, K_d , tiene que ser igual a 0, es decir las raíces de la ecuación característica serán imaginarias.

$$s_{1,2} = \pm j \sqrt{\frac{K_s}{M}}$$

- Subamortiguado: se produce cuando el valor de la amortiguación es muy pequeño, es decir:

$$K_d^2 < 4MK_s$$

La Ecuación Característica 2/2



- Amortiguamiento crítico: Esta situación se produce cuando.

$$K_d^2 = 4MK_s$$

La amortiguación crítica proporciona la respuesta más rápida de los cuatro tipos sin sobre pasar la entrada

- Sobreamortiguado: Esta situación se produce cuando.

$$K_d^2 > 4MK_s$$

Las raíces son:

$$s_{1,2} = -a \pm b$$

En este sistema el tiempo para alcanzar la respuesta deseada de estabilidad estática es más largo.



CONTROL “TODO O NADA”.

El controlador <<todo o nada>> Proporciona dos niveles de control. Total o Nulo. Si el error que se presenta en el controlador es $e(t)$ y la señal de control que proporciona el controlador es $m(t)$, el controlador <<todo o nada>> se representa por:

$$m(t) = M \quad \text{para } e(t) > 0$$

$$m(t) = -M \quad \text{para } e(t) < 0$$

Control Proporcional



Puede utilizarse un control proporcional, cuando se requiera una acción de control más suave. Desarrolla una señal de control proporcional al error, actúa como un amplificador con una ganancia K_p . Se representa por:

$$m(t) = K_p e(t)$$

Control Integral



Cuando se emplea una acción de control integral la señal de control se modifica a una velocidad proporcional a la señal de error. Si la señal de error es grande, la señal de control se incrementa con gran rapidez o si es pequeña la señal de control se incrementa con lentitud.

CONTROL PROPORCIONAL MAS INTEGRAL

Un controlador proporcional es incapaz de neutralizar una carga en el sistema sin ningún error

Un controlador integral puede proporcionar un error cero, pero suele suministrar una respuesta lenta.

Control Proporcional Mas Derivativo



Proporciona una señal de control proporcional a la velocidad de cambio de la señal de error . Puesto que esta no genera ninguna salida a menos que el error sea cambiado en ocasiones se utiliza sola y se representa como.

$$m(t) = K_p e(t) + K_p T_d \frac{de(t)}{dt}$$

Control Proporcional Mas Integral Mas Derivativo



Tres de las acciones de control se pueden combinar para formar el controlador P-I-D y se representa mediante.

$$m(t) = k_p e(t) + \frac{k_p}{T_i} \int e(t) dt + K_p T_d \frac{de(t)}{dt}$$

Los sensores de velocidad y posición se utilizan en robótica como



dispositivos de realimentación.

Dispositivos de transmisión de energía y actuadores se emplean para efectuar las acciones de control indicadas por el controlador.

Los sensores de posición proporcionan los medios necesarios para determinar si las articulaciones se desplazaron para rectificar la posición lineal o rotacional con el objeto de conseguir la posición requerida y la orientación del efector lineal.

Los dispositivos de transmisión de energía y actuadores proporcionan la fuerza para mover el brazo del robot.



Se puede dividir en dos partes:

- ➡ Respuesta Transitoria.
- ➡ Respuesta De Régimen Permanente

Respuesta Transitoria



- Es el comportamiento del sistema durante la transición desde algún estado inicial al estado final.
- Los sistemas de segundo orden a menudo se pueden aproximar a los sistemas físicos complejos con una razonable fidelidad.
- La relación de amortiguación de un sistema de segundo orden pueden ser definido como:

$$z=(kd/sM)/w_n$$

Respuesta Transitoria



- Si $z=0$, entonces el sistema oscilara continuamente. Si $z<1$, pero >0 , el sistema está subamortizado. Si $z=1$ tiene un amortiguamiento crítico y si $z>1$, el sistema está sobreamortiguado.
- Existen otros parámetros de interés en la respuesta transitoria de un sistema:

Parámetros para Respuesta Transitoria



- Tiempo de retardo, t_d
- Tiempo de subida, t_r
- Tiempo máximo, t_p
- Desbordamiento máximo, M_p
- Tiempo de establecimiento, t_s



- Es el comportamiento del sistema cuando el tiempo se aproxima a infinito.
- El análisis de estabilidad en régimen permanente de un sistema de control está relacionado con la determinación de la respuesta del sistema después de que haya desaparecido la respuesta transitoria.
- El sistema querrá saber si el análisis conseguirá el valor final deseado cuando se incrementa el tiempo de operación.



- Es esencialmente, un generador de c.c. que proporciona una tensión de salida proporcional a la velocidad angular del inducido.

$$V_o(t) = K_t(t)\omega$$

- Se pueden utilizar para:
 - Controlar la velocidad de un dispositivo.
 - Para incrementar el valor de K_d en un sistema por medio del perfeccionamiento de la estabilidad del sistema.



- Existen dos relaciones de particular interés cuando se trata de actuadores:
 - * La velocidad del actuador con respecto a la potencia de entrada.

$$V(t)=f(t)/A$$

- * La fuerza del actuador con respecto a la potencia de entrada.

$$F(t)=P(t)A$$

Engranajes



El empleo de los engranajes para la transmisión de potencia en robots es muy frecuente. Los engranajes se utilizan para transmitir un movimiento giratorio desde un eje al otro. Esta transferencia puede realizarse en ejes paralelos, ejes en intersección o ejes sesgados.

Los tipos más sencillos de engranajes son para la transmisión en ejes paralelos y se conocen como “engranajes rectos”

Los engranajes tienen ecuaciones para determinar el número de dientes de los engranes y la velocidad de salida.

Por ejemplo : El número de dientes en un engranaje es proporcional a su diámetro

$$n = N_1/N_2$$

y la velocidad de salida es:

$$w_o = n w_m$$

El par motor de salida es:

$$T_o = T_m/n$$

Tornillos de Potencia



En robótica y muchas otras aplicaciones, los tornillos de potencia se suelen utilizar para convertir un movimiento giratorio en un movimiento lineal

El parámetro de un tornillo, que es análogo a una relación de engranajes, es el paso del tornillo p , que se suele denominar también intervalo. El paso define la distancia que el tornillo recorre en una rotación única.

La conversión de la rotación angular del tornillo en un movimiento lineal viene dada por

$$v(t) = pw(t)$$

en donde $v(t)$ es la velocidad lineal en pulgadas por minuto, $w(t)$ es la velocidad angular en revoluciones por minuto y p es el paso del tornillo expresado en pulgadas por rotación. En la mayoría de los casos, el tornillo esta girando y una tuerca se desplaza a lo largo del tornillo.

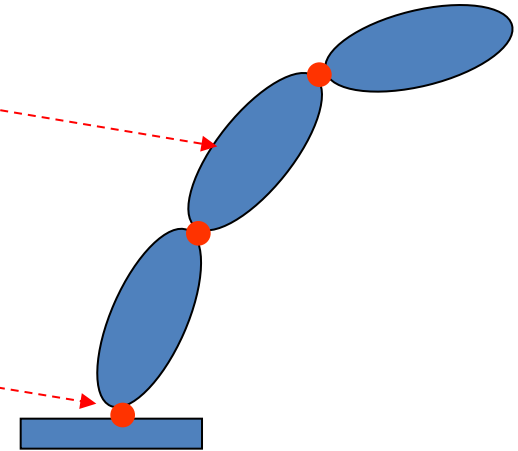


III. Conocer los modelos geométricos y cinemáticas de robots manipuladores

Cinemática de un Robot



- Mecánicamente un robot está formado por una serie de **elementos** o **eslabones** unidos mediante **articulaciones** que permiten un movimiento relativo entre cada dos eslabones consecutivos.



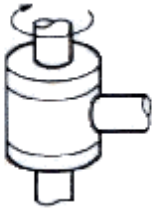
- Cada uno de los movimientos independientes que puede realizar cada articulación se denomina “**grado de libertad**” (GL).
- Los GL son el número de variables independientes que fijan la situación del órgano terminal. Al final el número de GL es igual al número de **eslabones** en la **cadena cinemática**.

Tipos de Articulaciones

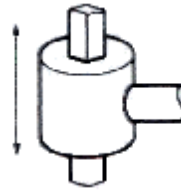


- Un robot convencional es una secuencia de **articulaciones**, formando una **cadena cinemática**.
- Se conocen cinco tipos de articulaciones básicas:
 1. Rotacional 1 GL
 2. Prismática 1 GL
 3. Cilíndrica 2 GL
 4. Planar 2 GL
 5. Esférica (rótula) 3 GL
 6. Tornillo 1 GL
- Esta **secuencia** da origen a un conjunto de parámetros que hay que conocer para definir la posición y orientación del efector final.

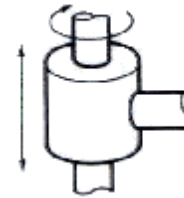
Tipos de Articulaciones



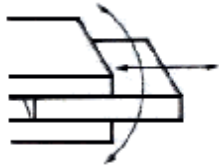
Rotacional
1 GL



Prismática
1 GL



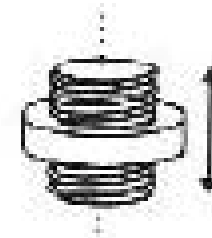
Cilíndrica
2 GL



Planar
2 GL

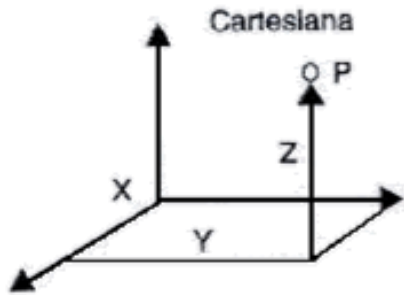


Esférica (rótula)
3 GL



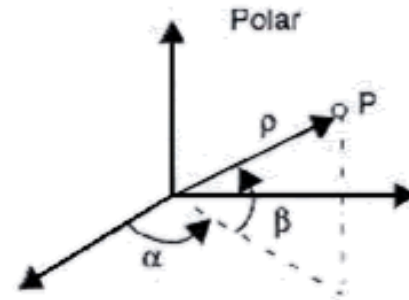
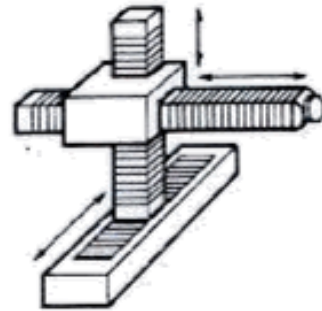
Tornillo
1 GL

Estructuras Básicas



Cartesiana

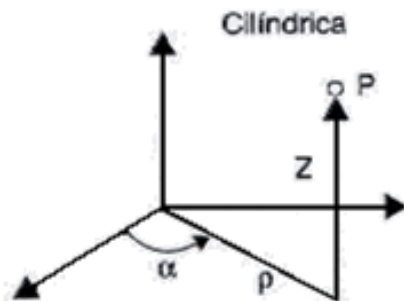
[PPP]



Polar
Esférica

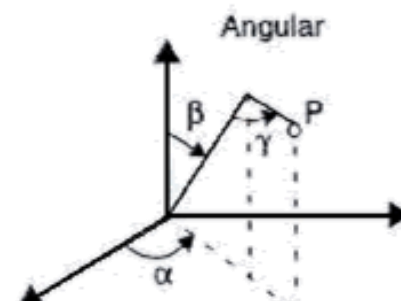
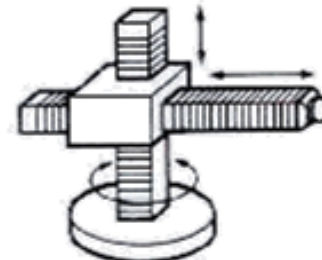


[RRP]

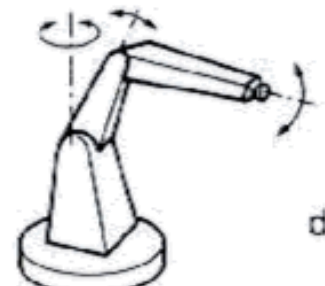


Cilíndrica

[RPP]



Angular
Articulada

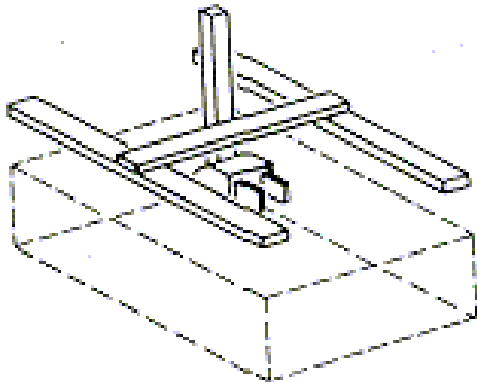


[RRR]

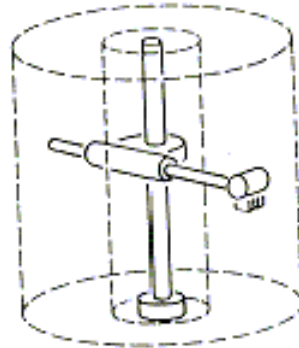
Volumen de Trabajo



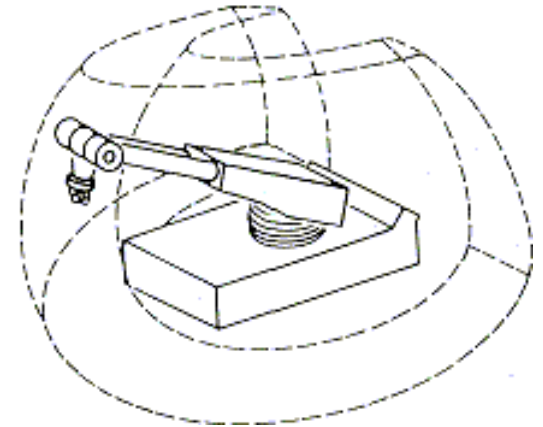
- Es el volumen para el desempeño de su tarea
- Definido en el espacio real en el que puede operar
- Se construye trazando los límites de cada elemento (eslabón) y cada articulación



Cartesiano
PPP



Cilíndrica
RPP

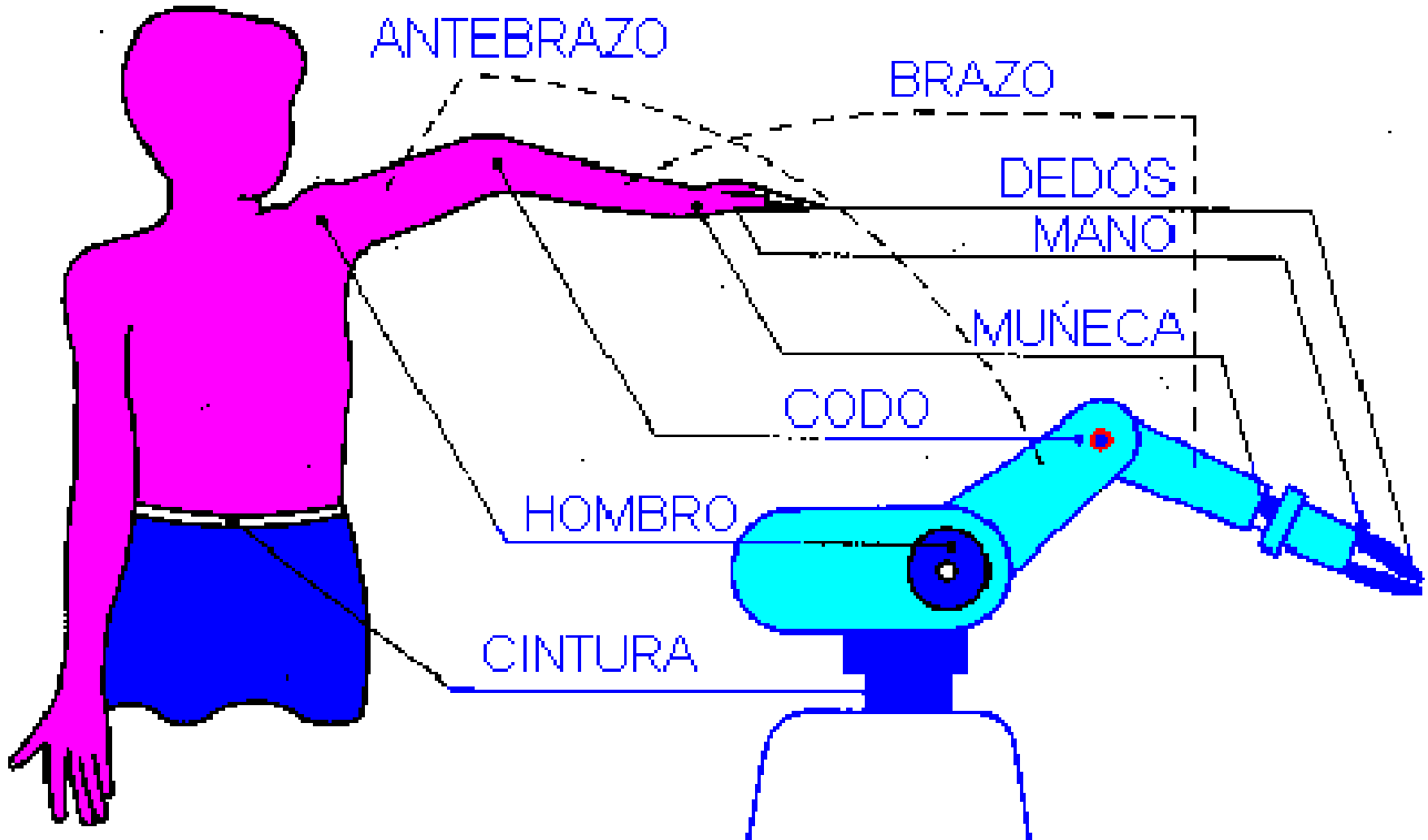


Esférica
RRP



- Robot **no holonómico**: cuando la cantidad de grados de libertad controlables es menor que la cantidad de grados de libertad. Cuanto mayor sea la diferencia mayor es la complejidad para controlarlo.
- Robot **holonómico**: cuando la cantidad de grados de libertad totales y controlables es la misma.
 - Se pueden construir robots holonómicos pero tienen un elevado costo por la complejidad mecánica.
 - Estos diseños facilitan el control, pero la sencillez mecánica de los no holonómicos los convierte en la mejor opción la mayoría de las veces. Se pueden agregar ruedas para facilitar el desplazamiento

Equivalencias entre un Brazo Robot y Humano



* Fuente: Simulación de un Brazo Robótico en Simmechanics por Antonio Rodríguez Ramos



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



Los sensores permiten al robot percibir lo que sucede en el medio ambiente, existen diferentes tipos de sensores:

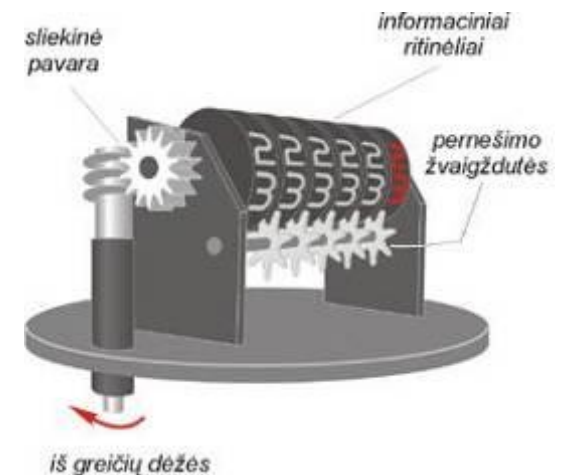
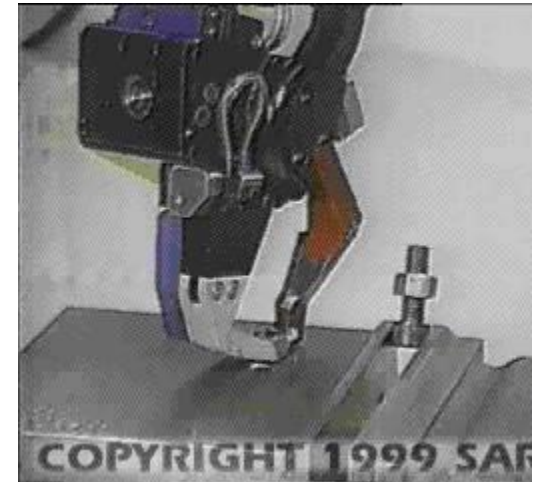
1. Propio-percepción
2. Percepción de fuerza
3. Percepción táctil
4. El sonar
5. Datos de la cámara

Tipos de Sensores 1/3



Propio-percepción. Es saber donde se encuentran sus articulaciones usando:

- Codificadores: Se acoplan a las articulaciones y proporcionan datos muy precisos sobre el ángulo.
- Odómetro: Utilizado por los robots para medir cambios de posición basándose en el giro de sus ruedas.
- Orientación: Mediante brújulas o giroscopios.
- Acelerómetros. Mide cambios de velocidad.
- Tacómetro. Mide las RPM de un motor.



Tipos de Sensores 2/3



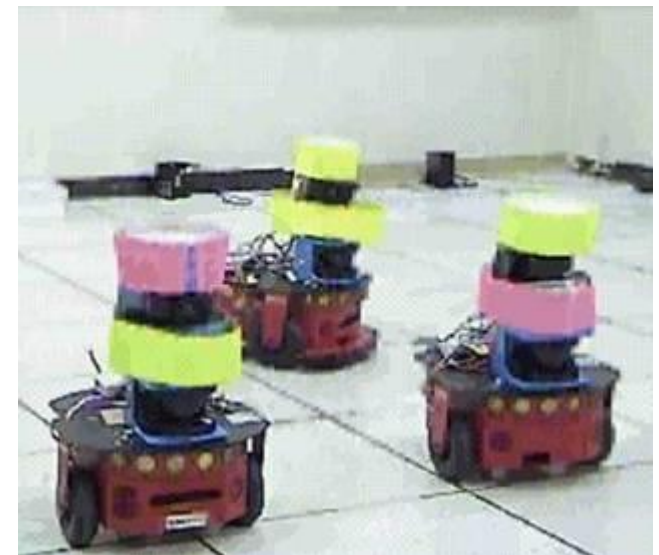
- **Sensor de fuerzas.** Tiene la capacidad de detectar fuerzas, permite tener **movimientos obedientes** donde el robot puede desplazarse en una dirección mientras mantiene contacto y presión fija.
- **Percepción táctil.** Utiliza un material elástico y un esquema de percepción mediante el que se mide la distorsión del material que esté tocándose. Se calcula la deformación.



Tipos de Sensores 3/3



- **El sonar.** Usa el tiempo que tarda un impulso sonoro producido por el sensor en llegar a un objeto y ser reflejado por éste. Es bueno para evitar obstáculos y seguirle la pista a un blanco cercano.
- **Cámara.** Se usa para captar escenas del medio ambiente. Para facilitar el trabajo del robot se ponen etiquetas que el robot lee y le permite saber con exactitud su ubicación.





Actualmente no existe un método infalible y universal para calcular la posición, sino que, por el contrario, existen una serie de métodos basados en diversas técnicas que intentan resolver el problema.

Encoders Incrementales 1/2



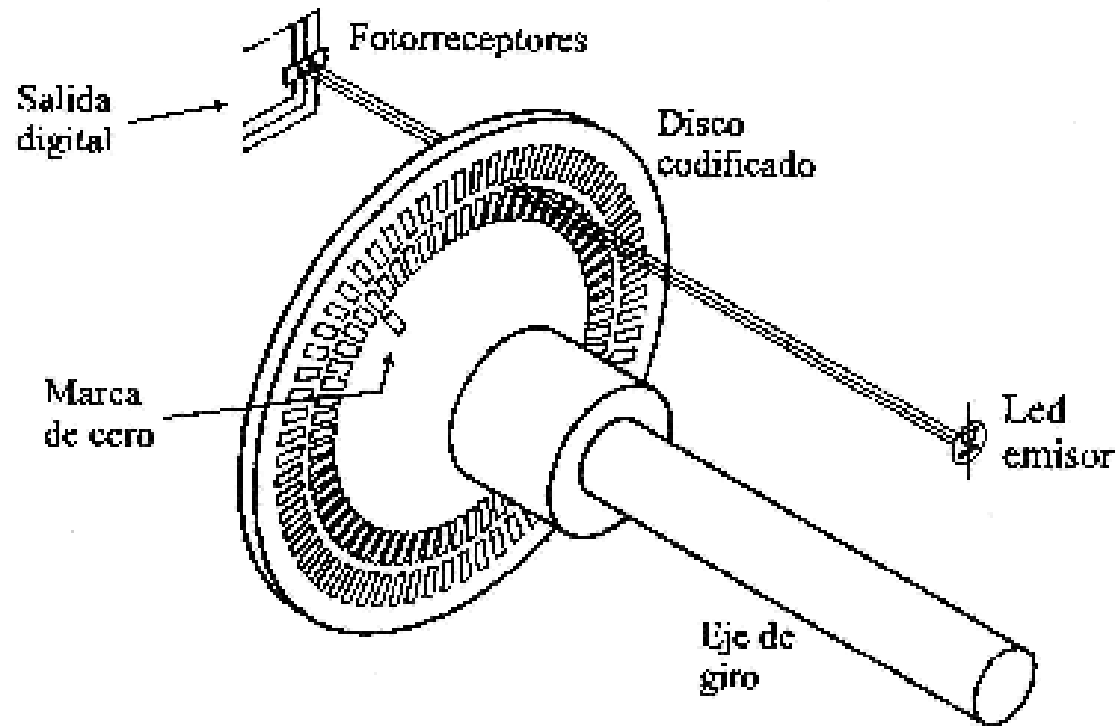
Los codificadores ópticos o encoders incrementales se utilizan fundamentalmente para el cálculo de la posición angular.

Constan de un disco transparente, el cual tiene una serie de marcas opacas colocadas radialmente y equidistantes entre si; de un elemento emisor de luz (como un LED) y de un elemento fotosensible que actúa como receptor.

Encoders Incrementales 2/2



El eje cuya posición angular se va a medir va acoplado al disco.



Encoders Absolutos 1/2



- La función de este tipo de dispositivos es similar a la de los anteriores, medir la posición angular. Sin embargo en este caso lo que se va a medir no es el incremento de esa posición, sino la posición exacta.

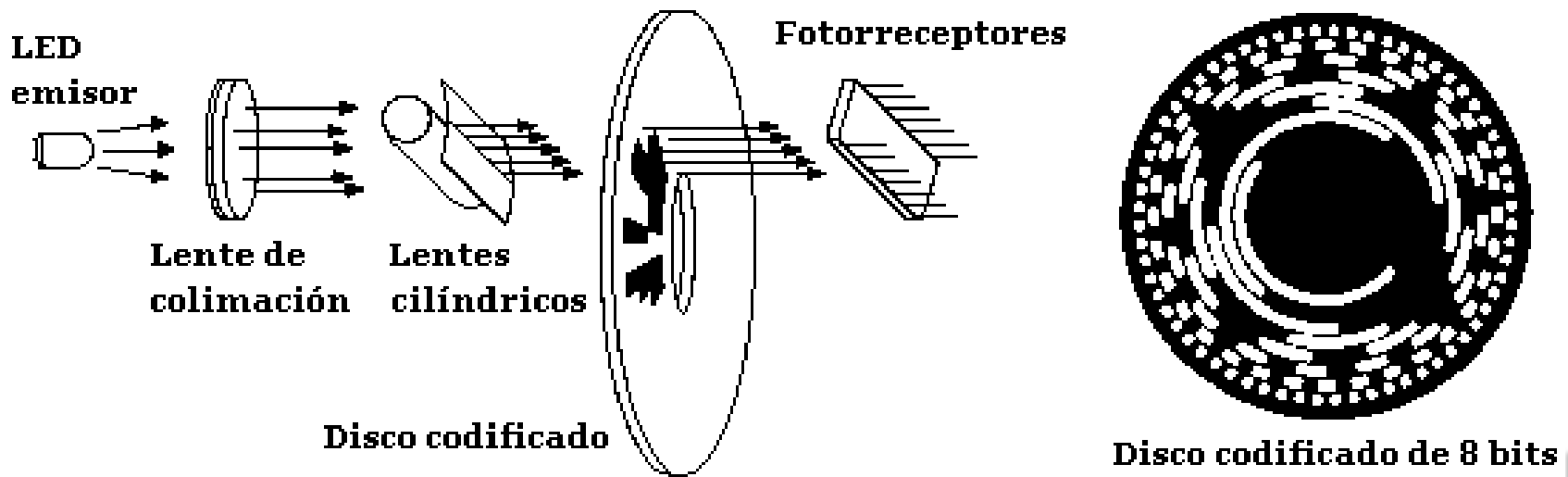
La disposición es parecida a la de los encoders incrementales. También se dispone de una fuente de luz, de un disco graduado y de un foto receptor.

La diferencia se basa en la graduación o codificación del disco.

Encoders Absolutos 2/2



En este caso el disco se divide en un número fijo de sectores (potencia de 2) y se codifica cada uno con un código cíclico (normalmente un código de Gray); este código queda representado en el disco por zonas transparentes y opacas dispuestas radialmente.



Potenciómetro 1/2

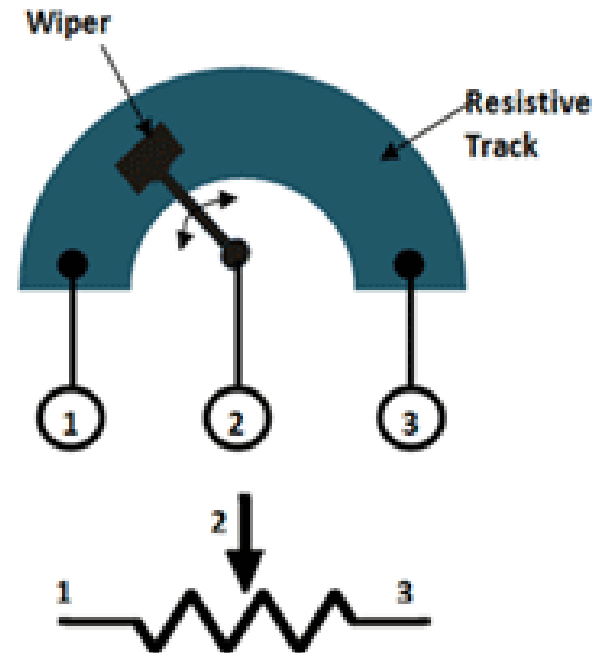
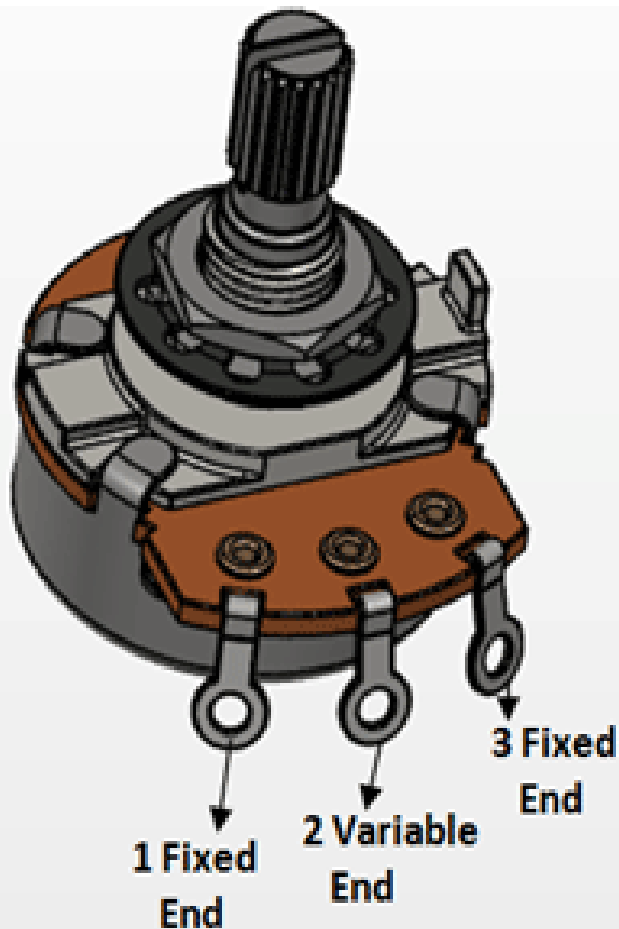


Los potenciómetros son unos dispositivos capaces de medir la posición angular y pequeños desplazamientos de posición lineal.

Constan de una resistencia a través de la cual hay una determinada diferencia de potencial. Además hay un contacto unido a la resistencia pero que se puede deslizar a su alrededor; este elemento es conocido como *wiper*.

El wiper se conecta físicamente al elemento cuyo movimiento vamos a medir.

Potenciómetro 2/2



Inconvenientes de los potenciómetros:

- Desgaste
- Ruido eléctrico
- Velocidad limitada



Sistema de Posicionamiento Global (GPS)

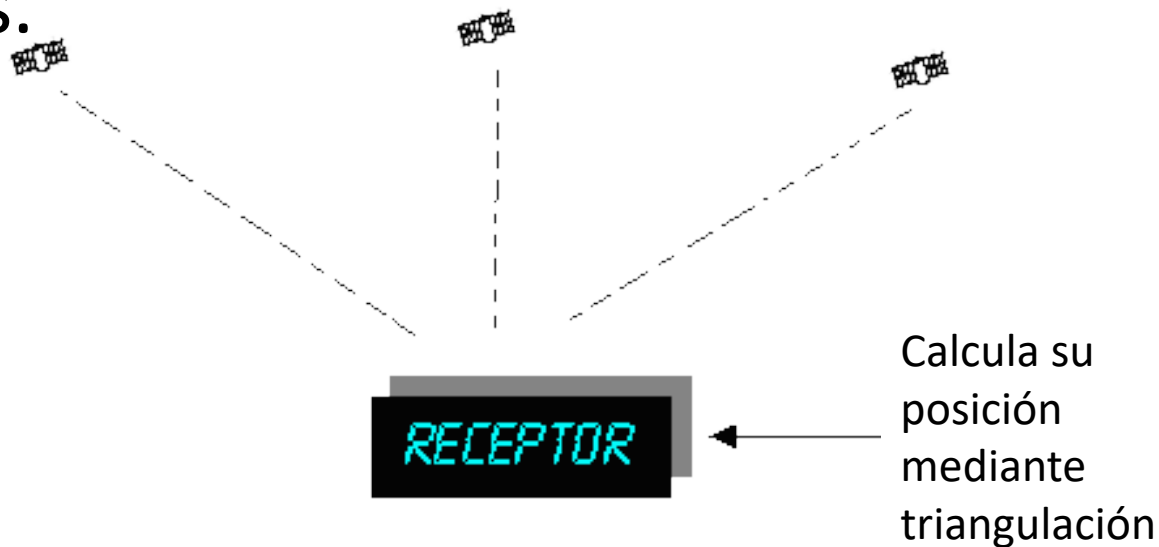
Este sistema para determinar la posición absoluta en un determinado momento fue desarrollado por el Departamento de Defensa estadounidense.

El sistema se basa en una constelación de 24 satélites geoestacionarios, con una frecuencia de órbita de 12 horas y situados a una altura de 10.900 millas náuticas.

Sistema de Posicionamiento Global (GPS)



Este sistema de medida puede tener una precisión centímetros, pero la posibilidad de ruido y el tiempo que transcurre en todo el proceso, hace que no sea un método adecuado para su uso en robots móviles que se desenvuelven en entornos más bien reducidos.





- La captación de la velocidad se hace necesaria para mejorar el comportamiento dinámico de los actuadores del robot. La información de la velocidad de movimiento de cada **actuador** se realimenta normalmente a un bucle de control analógico implementado en el propio accionador del elemento motor.



- Existen algunos métodos para determinar la velocidad (lineal y angular) del robot.

Las cuales son:

- Eléctrico
- óptico

Taco generador



- Es un dispositivo para medir la velocidad angular. Su funcionamiento es sencillo: convertir la energía rotacional del eje en cuestión en energía eléctrica, proporcional a la rotacional y que puede ser fácilmente medida.



- Los sensores basados en el efecto Doppler miden la velocidad lineal de un objeto móvil apoyándose en otra superficie. Se basan en la observación del desplazamiento en frecuencia de una radiación emitida por el sensor y reflejada en una superficie que se está moviendo con respecto al robot.

Sensores Doppler 2/2



$$V_A = \frac{V_D}{\cos\alpha} = \frac{cF_D}{2F_0 \cos\alpha}$$

Donde:

V_A = Velocidad Actual sobre la trayectoria

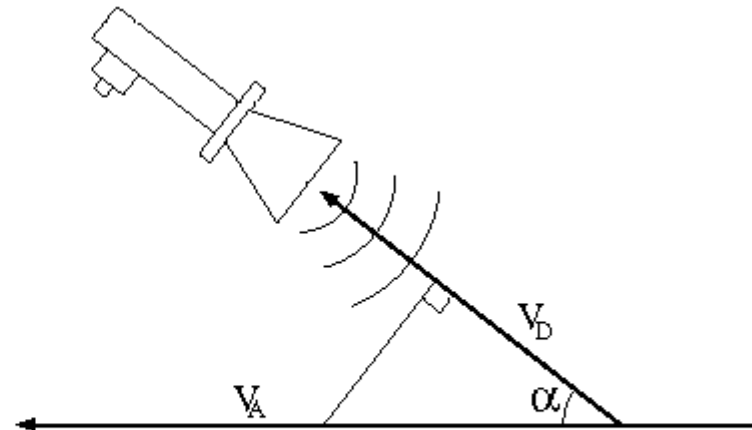
V_D = Velocidad Doppler medida

α = Ángulo de Inclinación

C = Velocidad de la Luz

F_D = Corrimiento de Frecuencia Doppler observado

F_0 = Frecuencia Transmitida



A Doppler ground-speed sensor inclined at an angle α as shown measures the velocity component V_D of true ground speed V_A . (Adapted from [Schultz, 1993].)

Este sistema es usado a menudo en sistemas marítimos, donde se emplean ondas acústicas que se reflejan en la superficie oceánica.

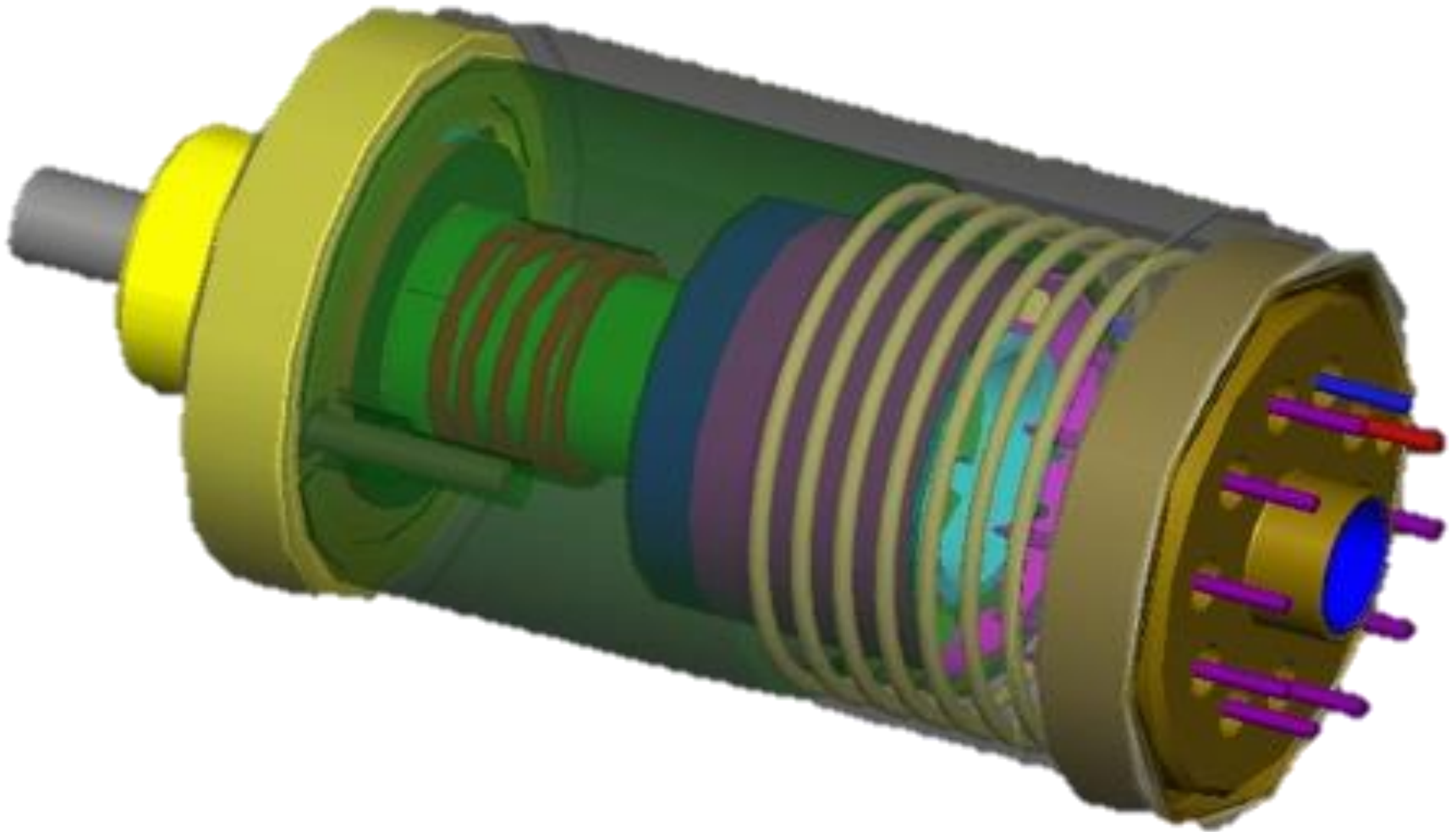
Como se puede apreciar en el dibujo, una vez conocida la velocidad de vuelta de la señal al sensor, se puede calcular mediante una relación trigonométrica simple la velocidad de la superficie (a partir de la cual se calcularía la velocidad del móvil). Es para calcular la velocidad de vuelta de la señal al sensor cuando se realiza una comprobación del desfase de frecuencias.

Acelerómetros



- La aceleración es una variable interna del robot cuyo valor es utilizado para aplicaciones bastante concretas; no obstante existen una serie de métodos y sensores para su cálculo.
- Un acelerómetro es un elemento sensor que mide la aceleración, así como el ángulo de inclinación, la rotación, la vibración, el choque y la gravedad. Para ofrecer funcionalidad en un dispositivo, el software del acelerómetro debe traducir los datos proporcionados por el sensor.

Simulación de un Acelerómetro



Tipos de Acelerómetros



- Acelerómetro de Alta Impedancia
- Acelerómetro de baja impedancia
- Acelerómetros Capacitivos
- Acelerómetros piezoeléctricos
- Acelerómetros piezoresistivos
- Acelerómetros de efecto Hall
- Acelerómetros de tecnología MEMS

Comparación de Tamaño





V. Conocer y comprender los conceptos básicos de control para la manipulación de robots



Los sensores externos son los elementos que permiten al robot interactuar con su ambiente de una manera flexible. Los sensores externos dan al robot mayor independencia del entorno concreto en el que se mueven, lo que se traduce en un mayor grado de "inteligencia"



Conceptos Básicos de Control 2/2



- Son los que dan información al entorno del robot como:

- Alcance
- Proximidad
- Contacto
- Fuerza



- Los sensores de visión sirven especialmente para la selección comprobación y evaluación. Se utilizan, por ejemplo, para el posicionamiento especialmente fino en almacenes verticales o para la detección de errores de marcaje en láminas de chapa.

Sensores De Visión



Sensores de Visión 1/2



Los sensores de Visión, pueden utilizarse en aplicaciones de presencia /ausencia y aplicaciones de medición, puede realizar varias comprobaciones en cada uno de los productos que fabriquen, entre las principales ventajas se incluye:

- ✓ Reducción de residuos.
- ✓ Reducción de periodos de inactividad y mantenimiento
- ✓ Simplificación de la operación de con configuración y mantenimiento.
- ✓ Visualización y grabación de imágenes
- ✓ Eliminación de programación en PLC
- ✓ Inspección del 100% de las Piezas



- ❑ Se puede extraer mucha información con precisión.
- ❑ Es efectiva en un amplio rango de distancias.



- ❑ Precisión y un amplio campo de visión implican gran cantidad de datos.
- ❑ Alto coste computacional combinado con restricciones de tiempo real.
- ❑ Diversidad de algoritmos de visión artificial.
- ❑ Restricciones de consumo, peso y espacio (módulo portable por un vehículo autónomo).

Sensores de Visión 2/2



Los sensores pueden capturar la luz de dos formas:

De forma continua: en cualquier instante se puede leer la información visual sobre la célula.

De forma espaciada: la célula necesita un tiempo de “carga” durante el cual no se puede leer.

Las más utilizadas son las de lectura espaciada, pues ofrecen mayor precisión y menor ruido. Las de lectura continua son interesantes pues permiten acceder a cualquier píxel de un sensor de imágenes en cualquier instante, sin embargo, presentan un alto ruido y poseen escasa sensibilidad.

Ejemplos de Sensores de Visión





- Detección de objetos próximos, antes del contacto para agarrar o evitar un objeto:
 - Sensores inductivos
 - Sensores de efecto Hall.
 - Sensores capacitivos
 - Sensores ultrasónicos

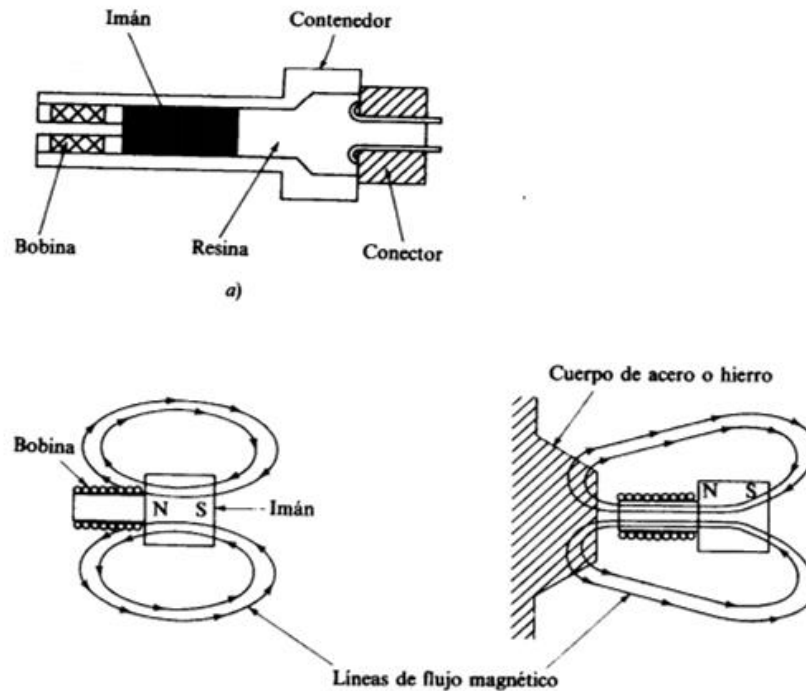


- Sirven para detectar materiales metálicos ferrosos.
- Modificación de un campo magnético por presencia de objetos metálicos. Consiste en una bobina situada junto a un imán permanente.
- En condiciones estáticas no hay ningún movimiento en las líneas de flujo y no se induce ninguna corriente en la bobina.
- Cuando un objeto metálico penetra en el campo del imán o lo abandona, el cambio resultante en las líneas de flujo induce un impulso de corriente, cuya amplitud es proporcional a la velocidad del cambio del flujo.

Sensores Inductivos 2/2



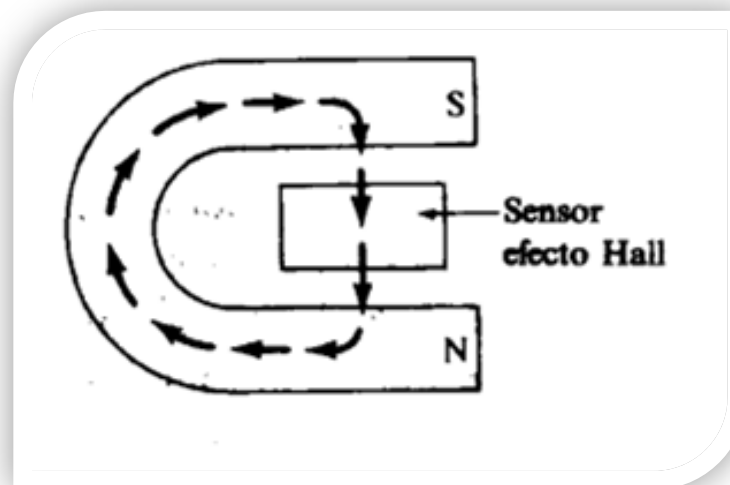
La forma de onda de la tensión a la salida de la bobina proporciona un medio para detectar la proximidad de un objeto.



Sensores de efecto Hall 1/2



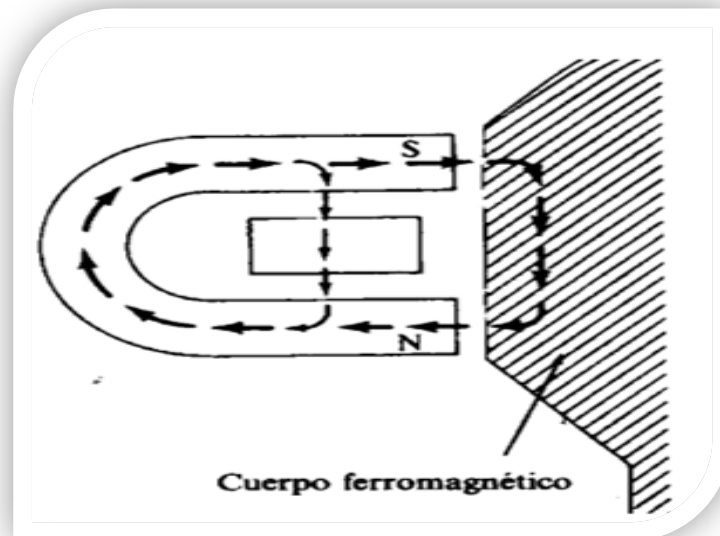
- Modificación de un campo magnético por presencia de objetos metálicos. El efecto Hall relaciona la tensión entre dos puntos de un material conductor o semiconductor con un campo magnético a través de un material.



Sensores de efecto Hall 2/2



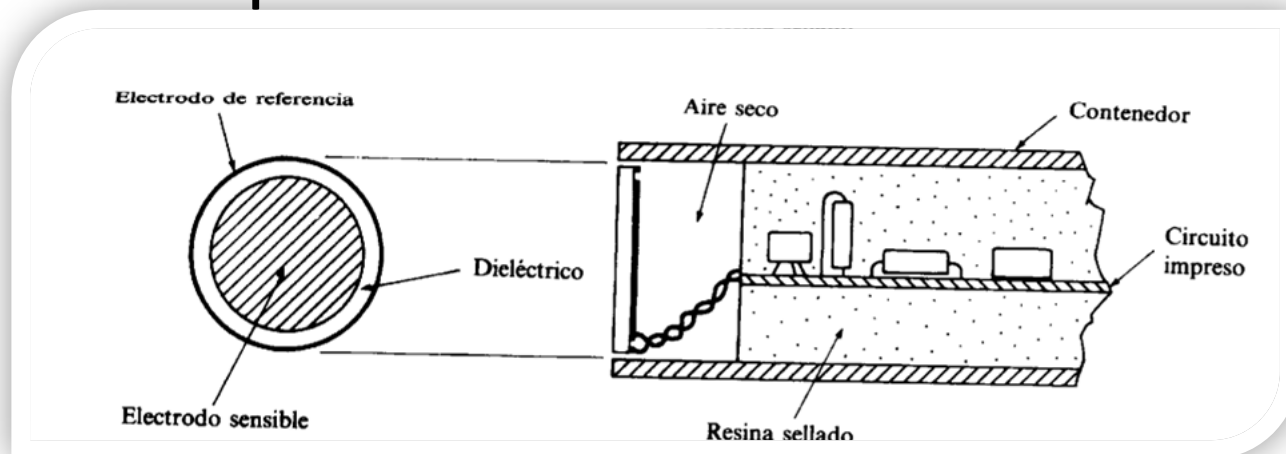
- En ausencia de material el sensor de efecto Hall detecta un campo magnético intenso.
- Cuando el material se aproxima al sensor el campo magnético se debilita en el sensor debido a la curvatura de las líneas de campo a través del material.



Sensores Capacitivos 1/2



- Los capacitivos funcionan detectando las variaciones de la capacidad parásita que se origina entre el detector propiamente dicho y el objeto cuya distancia se desea medir. Se emplean para medir distancias a objetos metálicos y no metálicos, como la madera, los líquidos y los materiales plásticos



- Los robots que se fabrican para las aplicaciones de seguridad en la Tierra pueden conseguir una mayor precisión y sensibilidad en el "Capaciflector," un sensor de proximidad capacitivo desarrollado para impedir a los robots espaciales chocar originalmente con los humanos y estructuras cercanas al espacio de trabajo.



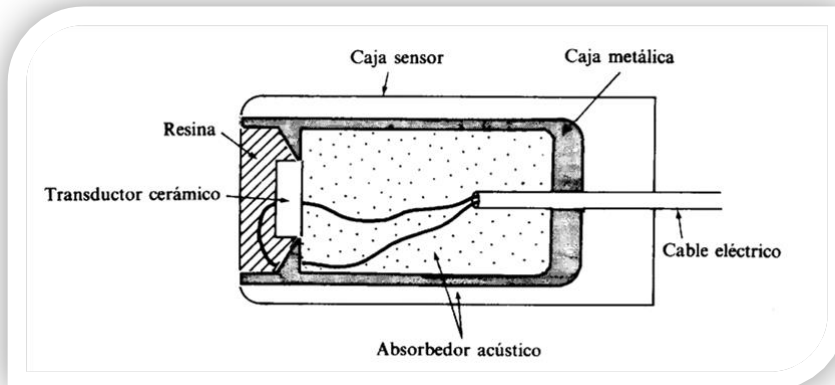


- Son detectores de proximidad que trabajan libres de roces mecánicos y que detectan objetos a distancias de hasta 8m. El sensor emite un sonido y mide el tiempo que la señal tarda en regresar. Estos reflejan en un objeto, el sensor recibe el eco producido y lo convierte en señales eléctricas.
- Los sensores trabajan según el tiempo de transcurso del eco, es decir, se valora la distancia temporal entre el impulso de emisión y el impulso del eco.

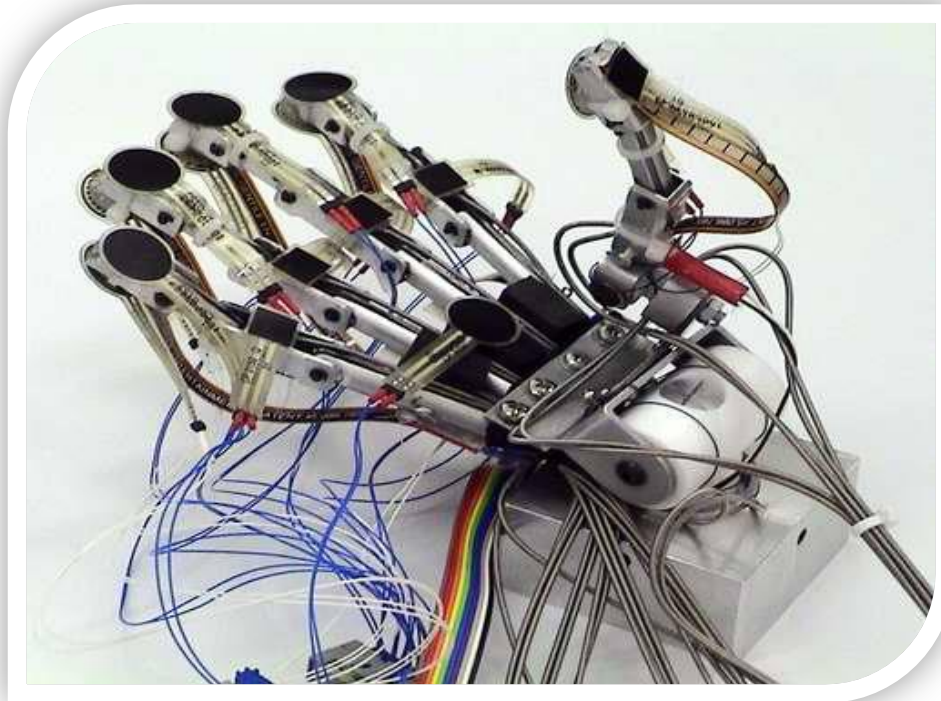
Sensores de Ultrasonido 2/2



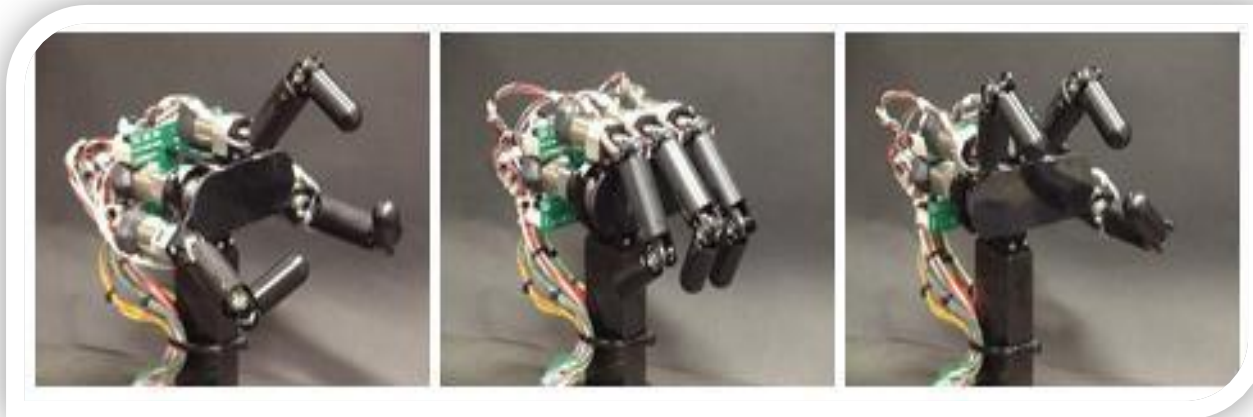
- Estos sensores trabajan solamente en el aire, y pueden detectar objetos con diferentes formas, colores, superficies y de diferentes materiales. Los materiales pueden ser sólidos, líquidos o polvorientos, sin embargo han de ser deflectores de sonido.



- Los sensores táctiles son dispositivos que indican el contacto de algún objeto sólido con ellos mismos.



- Suelen ser empleados en los extremos de los brazos de robot (pinzas) para controlar la manipulación de objetos. A su vez se pueden dividir en dos tipos: de binario y analógico.



Sensores Binarios



- Este tipo de detección es de utilidad para determinar si una pieza esta presente entre los dedos. Desplazando la mano sobre un objeto y estableciendo secuencialmente contacto con la superficie, también es posible centrar la mano sobre el objeto para su agarre y manipulación.





- Un sensor de contacto analógico es un dispositivo manejable cuya salida es proporcional a una fuerza local.
- El más simple de estos dispositivos está constituido por una varilla accionada por resorte que está mecánicamente enlazada con un eje giratorio, de tal manera que el desplazamiento de la varilla debido a una fuerza lateral da lugar a una rotación proporcional del eje.

Sensores Analógicos 2/4



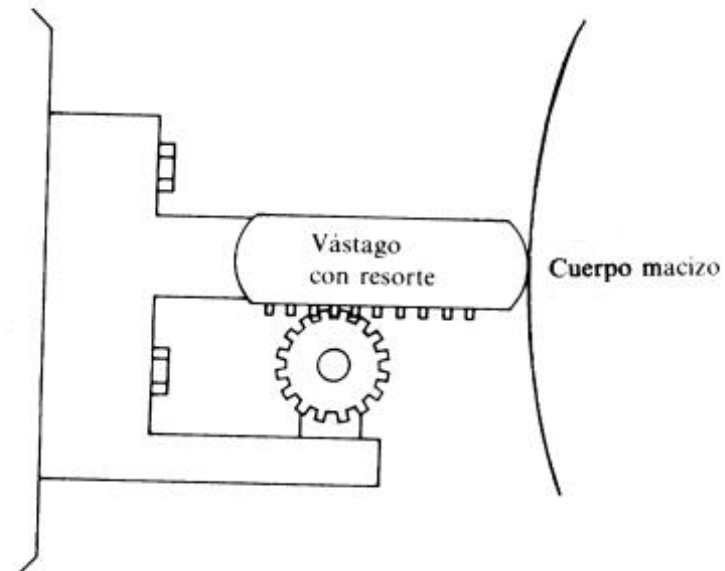
- La rotación se mide luego, de manera continua, utilizando un potenciómetro o de forma digital con el empleo de una rueda de código. El crecimiento de la constante del resorte proporciona la fuerza que corresponde a un desplazamiento dado.
- Detectan no sólo la presencia, sino también la fuerza ejercida.



Sensores Analógicos 3/4



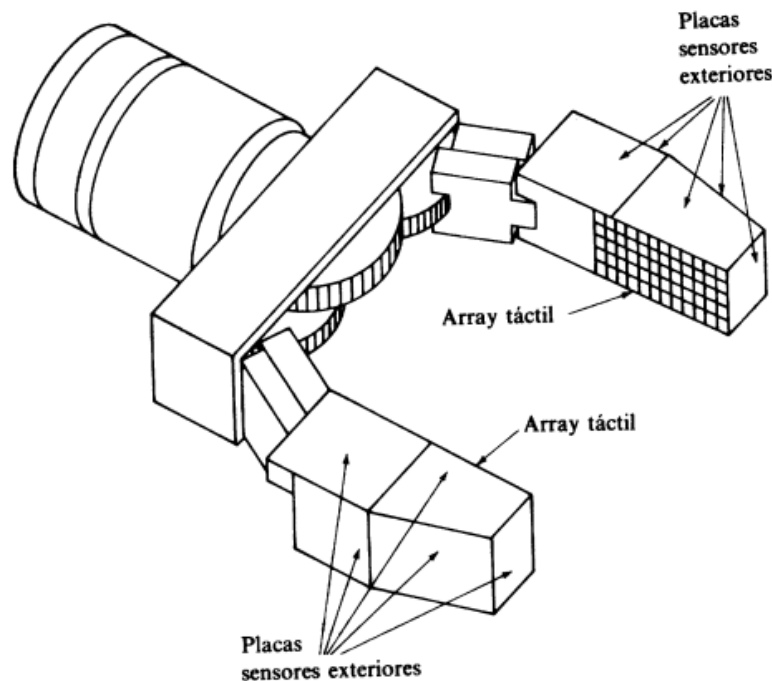
- Esta constituido por una varilla accionada por un resorte mecánicamente enlazada con un eje giratorio, de tal manera que el desplazamiento de la varilla debida a una fuerza lateral da lugar a una rotacional proporcional al eje.
- Ej: compresión de un muelle en la zona de contacto.



Sensores Analógicos 4/4



- Pieles artificiales:
- Sensores de presión distribuidos por la superficie de contacto, para obtener una información de contacto más amplia que un único punto.





- Los sensores de fuerza determinan ,además de si ha habido contacto con un objeto, la magnitud de la fuerza con la que se ha producido dicho contacto. Esta capacidad es muy útil ya que permitirá al robot poder manipular objetos de diferentes tamaños e incluso colocarlos en lugares muy precisos. Para detectar la fuerza con la que se ha contactado con un objeto existen diversas técnicas; a continuación pasamos a describir brevemente tres de las mas importantes:

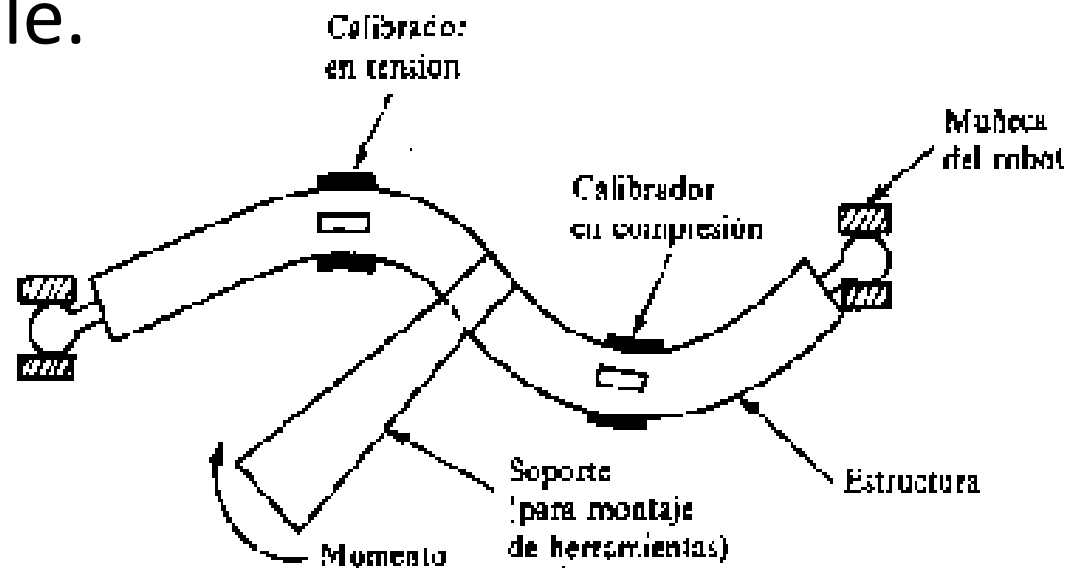


- Consta de un célula de carga que se sitúa entre la muñeca y las pinzas del brazo. Su objetivo es proporcionar información sobre las tres componentes de la fuerza y sobre sus tres momentos en el extremo del brazo.

Muñeca detectora de fuerza 2/2



- Este sistema para medir fuerzas tiene una serie de inconvenientes. Por un lado, los cálculos necesarios para procesar la información que proviene de las muñecas son bastante complejos y requieren un tiempo considerable.



Detección de Articulaciones



- Esta técnica se basa en la medida del par de torsión de la articulación. La medida de este par puede resultar sencilla, ya que es proporcional a la corriente que circula por el motor que provoca dicha torsión. A pesar de que esta técnica pueda parecer sencilla y fiable, tiene un problema importante. La medida del par de torsión se realiza sobre las articulaciones del brazo y no sobre el efector final (la pinza) como sería deseable, por lo que dicha torsión no solo refleja la fuerza que se ejercerá en la pinza, sino también la fuerza utilizada para mover la articulación.

Sensores de Array táctil 1/2



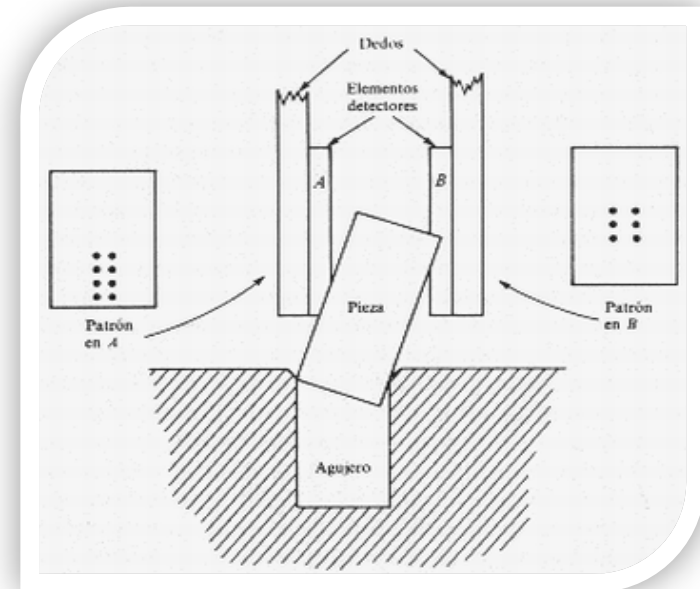
- Es un tipo especial de sensores de fuerza ya que en realidad está constituido por una matriz de pequeños sensores de fuerza. Debido a esta característica, permiten además reconocer formas en los objetos que se está manipulando. Este tipo de dispositivos suelen montarse en las pinzas de los brazos de robot.



Sensores de Array táctil 2/2



- Cada uno de los sensores de fuerza que componen la matriz suele ser una almohadilla elastomérica, que cuando se comprime cambia su resistencia eléctrica de manera proporcional a la fuerza aplicada. Midiendo esa resistencia es cuando podemos obtener la información acerca de la fuerza.



Efectores

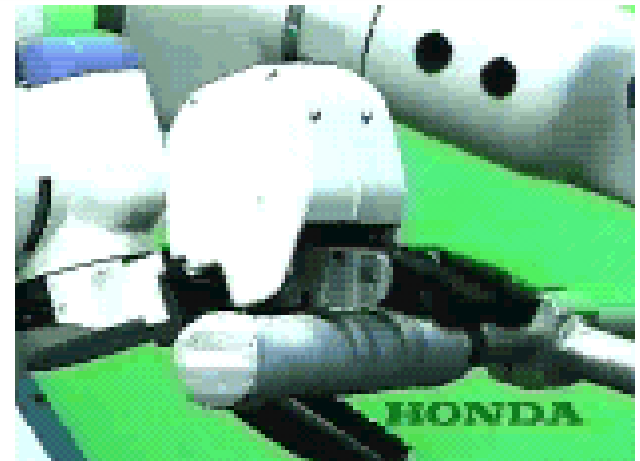


Son herramientas para la ejecución de sus tareas:

- Dispositivo que produce efectos en el entorno bajo el control del robot.
- Están provisto de un actuador que convierte comandos dados en movimientos físicos.
- Son motores eléctricos o cilindros hidráulicos o neumáticos.

TIPOS DE EFECTORES

- Ventosas de succión
- Pinzas de presión
- Desarmadores
- Pistolas para soldar



Utilización de Efectores



Los efectores se utilizan de dos maneras:

- **Locomoción:** Modifica la ubicación del robot respecto del ambiente.
- El movimiento valiéndose de extremidades inferiores es muy difícil para los robots.
- Las ruedas y llantas son más eficientes.
- **Manipulación:** Desplaza objetos del entorno.
- Permiten transportar objetos en el ambiente de trabajo.
- Hay dos tipos de movimientos:
 - **Giratorios:** alrededor de un eje
 - **Prismáticos:** movimiento lineal

Manipulación



- Son efectores que transportan objetos en el ambiente. Se estudia mediante la cinemática.
- La cinemática es el estudio de la correspondencia entre los movimientos del actuador y el movimiento obtenido.
- Tipos de movimientos:
 - Giratorios:
 - Prismáticos:

Para que un robot pueda llegar al último eslabón en cualquier posición y orientación son necesarias 6 articulaciones.



VI. Presentar y aprender la variedad de lenguajes de programación para la manipulación de robots

Programación de un Robot

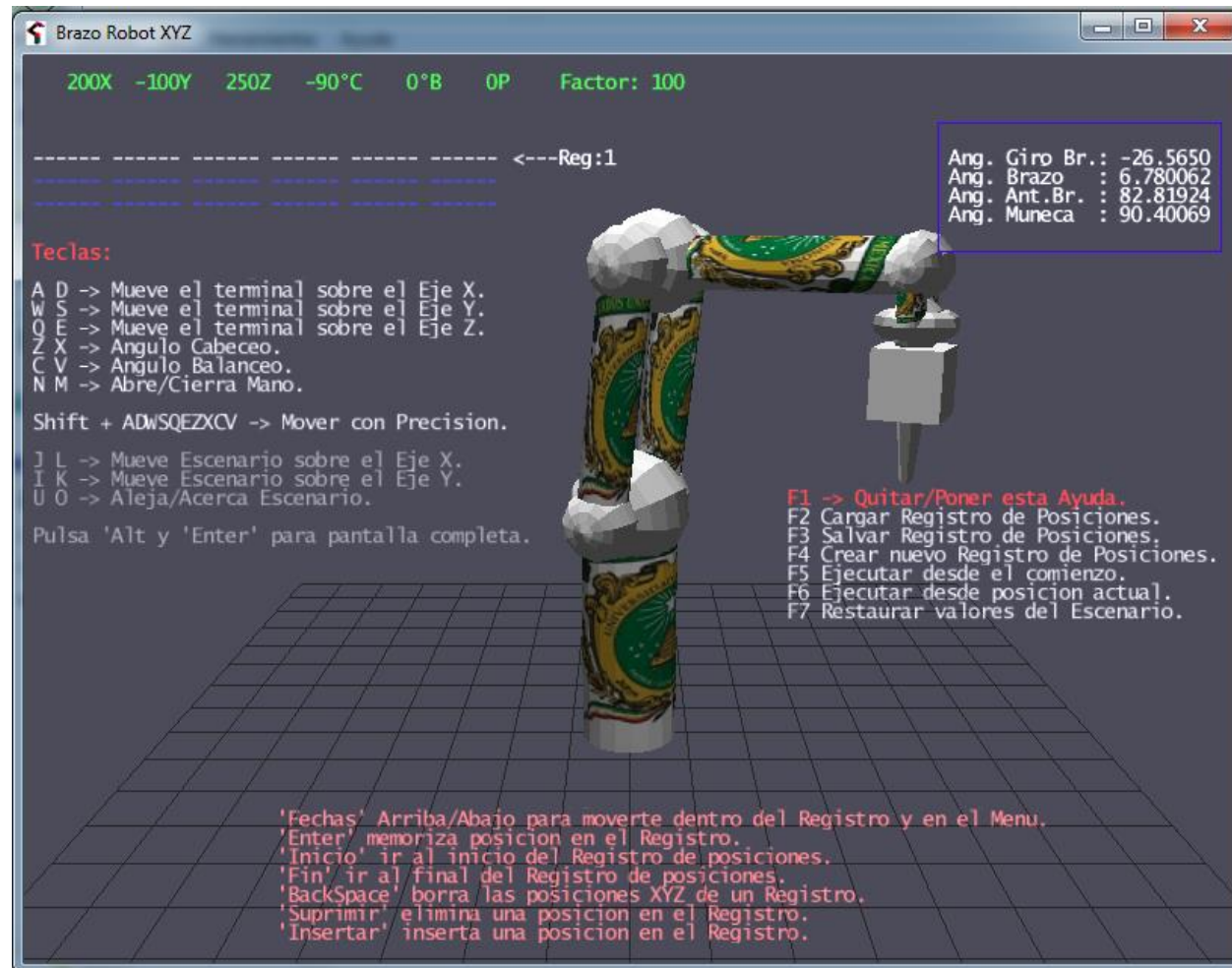


- Debido a que no se cuenta con acceso a algún robot o brazo robótico real, realizaremos la programación de un brazo robótico en un simulador.
- Por que si podemos simularlo, esto nos permitirá en un momento dado llevar a cabo la programación real del robot.

Simulador de Brazo Robótico



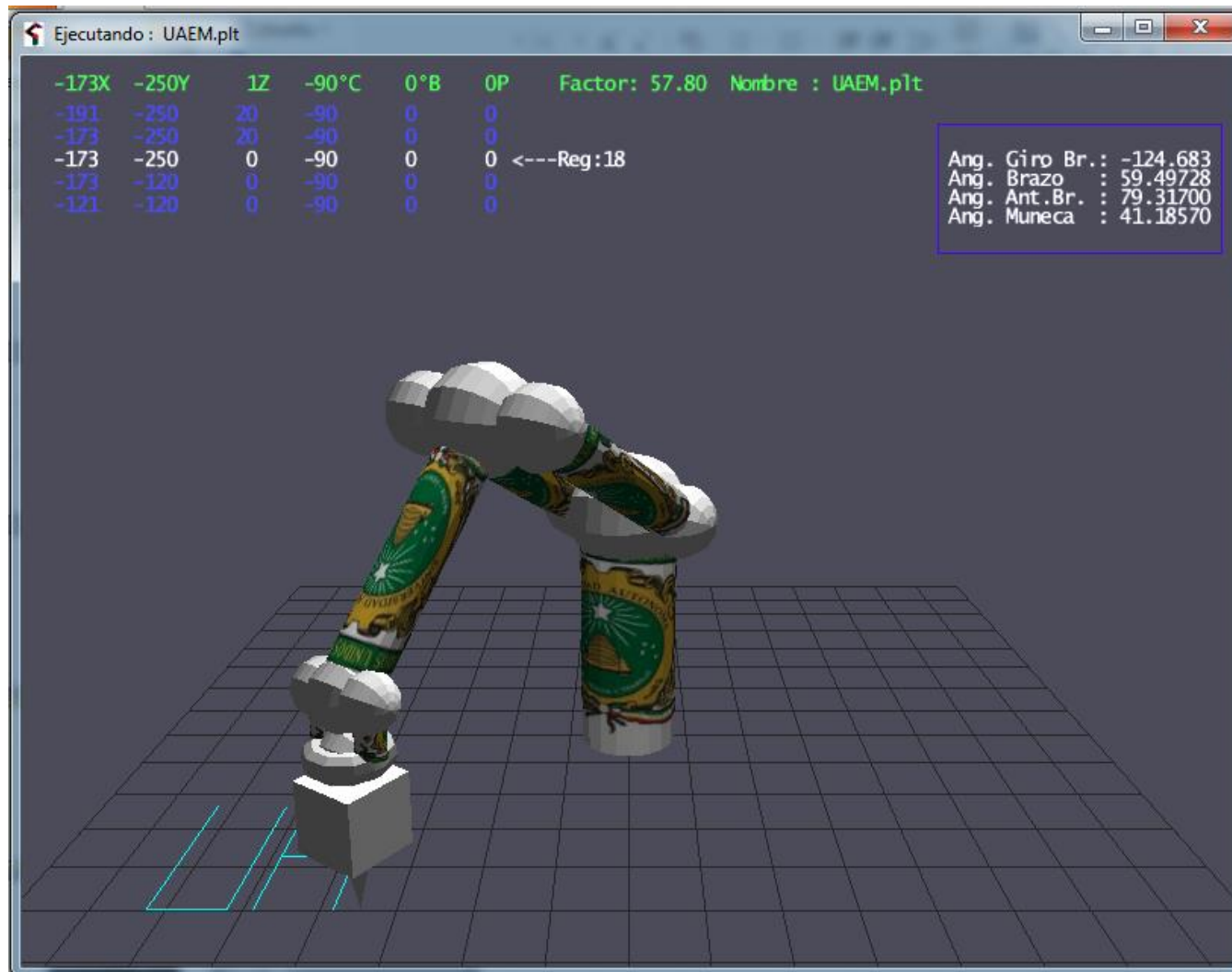
- Hacer doble click en *BrazoRobot.exe*, para ejecutar el simulador.



Ejemplo 1 dibujar iniciales:



- Presionar F2 para cargar el archivo UAEM.PLT.



-3X -157Y 20Z -90°C 0°B 0P Factor: 57.80 Nombre : UAEM.plt
 -35 -250 0 -90 0 0
 -35 -250 20 -90 0 0
 67 50 20 -90 0 0 <---Reg:35
 67 50 0 -90 0 0
 67 50 20 -90 0 0

Ang. Giro Br.: -91.0946
 Ang. Brazo : 34.37356
 Ang. Ant.Br. : 132.8846
 Ang. Muneca : 12.74175

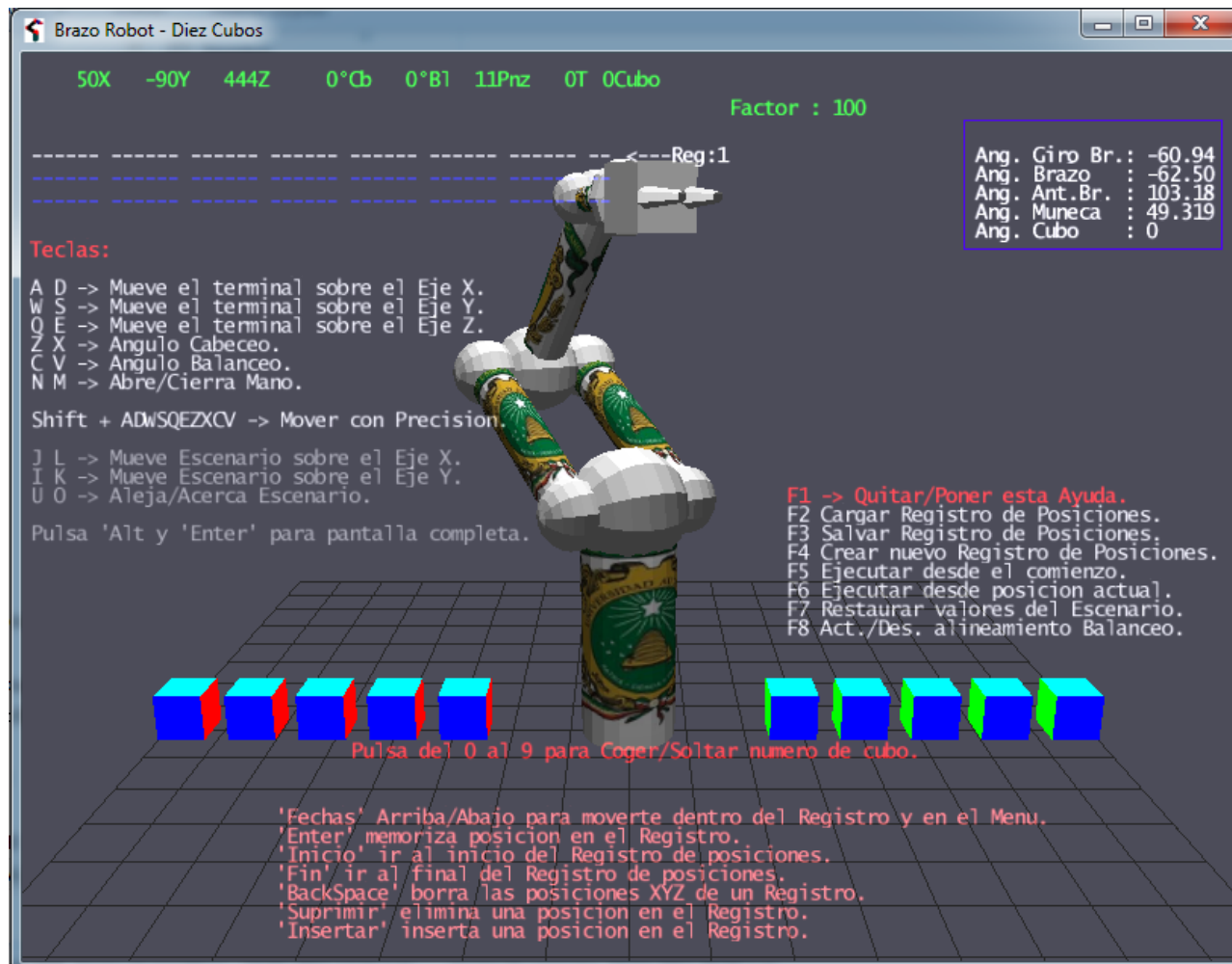


UAEM

Simulador de Brazo Robótico para Manipulación de Cajas



- Hacer doble click en *DiezCubos.exe*, para ejecutar el simulador.





VII. Comprender cuando un robot es catalogado como inteligente, así como los diferentes tipos de robots

Clasificación de Robots 1/2



- **Caminante estable:** Pueden detenerse en cualquier etapa de su marcha sin caerse. Son lentos e ineficiente en cuanto al consumo de energía
- **Dinámicamente estables:** Tienen buen desempeño si están en movimiento. Utilizan un movimiento rítmico de 4, 2 o 1 piernas. Se caen si chocan contra algo.
- **Ruedas y llantas.** Versus extremidades antropomórficas son: más eficientes, más fáciles de controlar, más fáciles construir y difíciles de trasladar y apuntar en alguna dirección.



Clasificación de Robots 2/2



- **Robots Manipuladores.** Conocidos como robots industriales. Son brazos articulados.
- **Robots Móviles.** Permiten la movilidad del robot, incrementando la autonomía del manipulador.
- **Robots Autónomos.** Realizan sus actividades sin intervención humana.
- **Tele-robótica.** Operación de efectores a través de una red local o Internet.

Robots Manipuladores (Industriales)



- Un robot industrial es un manipulador programable multifuncional diseñado para mover materiales, piezas, herramientas o dispositivos espaciales, mediante movimientos variados, programas para la ejecución de las distintas tareas.
- Se intenta que el robot no sólo sea programado sino que llegue a ciertos niveles de inteligencia, que le propicie autonomía.





- **Soldadura.** Permiten calidad, uniformidad y velocidad. La soldadura puede ser por punto, por arco y por rayos láser.
- **Pintado por automatización.** Permite la consistencia, repetibilidad, reducción de pérdidas y de errores.
- **Operaciones de ensamblaje.** Muy usado por la industria automotriz y en la industria de los microchips, evita el trabajo tedioso y repetitivo, permitiendo la planificación.
- **Manipulación de materiales.** Especialmente la carga sobre tarimas.

Robots Móviles



- Están dotados de mecanismos de locomoción, cómo ruedas, orugas, patas. Siguen su camino por telemando o guiándose por la información recibida de su entorno a través de sus sensores.
- En el caso de la industria puede seguir puntos de colores en el piso, líneas o emisiones de radio.
- En caso de estar dotados de cámaras y visión computacional puede evitar obstáculos.



Robots Autónomos



- Un **agente autónomo** es aquel cuya conducta se basa principalmente en su propia existencia, aunque pudiendo utilizar cierto conocimiento ya integrado.
- Es aquel que aprende por experiencia, por lo que cuenta con cierto grado de “Inteligencia”.



Tele-Robótica



- En este caso las tareas de percepción del entorno, planificación y manipulación compleja son realizadas por humanos.
- El operador actúa en tiempo real cerrando un bucle de control de alto nivel.
- El sistema le puede permitir al operador retroalimentación sensorial del entorno





BIBLIOGRAFÍA



- John Craig, *“Introduction to robotics,”* Addison Wesley 2010.
- G. Dudek and M. Jenkin, *“Computational Principles of Mobile Robotics,”* Cambridge University Press 2008.
- Robot Dynamics and Control, Mark W Spong, M Vidyasagar, Wiley, 1989
- Modelling and Control of Robots Manipulators, L Sciavicco, B Siciliano, Springer, 2013.



- Modeling Identification & Control of Robots, W Khalil, E Dombre, Kogan Page Science, 2012.
- Biologically Inspired Intelligent Robots, Yoseph Bar-Cohen, Cynthia Breazeal, SPIE Pres , 2013.
- Evolución Artificial y Robótica Autónoma, Jose Dantos, Richar J. Duro, Alfaomega-RaMA, 2009.
- Embedded Robotics, Mobile Robot Design and Applications with Embedded Systems, Thomas Bräunl, Springer, 2011.

Bibliografía 3/3



- Probabilistic Robotics, Sebastian Thrun, W. Burgard and D. Fox, MIT Press, 2009.
- Autonomous Robotics: From biological Inspiration to implementation and control, G.A. Bekey, MIT Press, 2009.
- An Introduction to AI Robotics, Robin R. Murphy, MIT Press, 2010.
- Behavior-Based Robotics, Ronald C. Arkin, MIT Press, 1998.
- Evolutionary Robotics, Stefano Nolfi, Dario Floreano, MIT Press, 2000.

Referencias WEB



- <http://www.esf.es/cursos/curso-fundamentos-robotica/>
- <http://www.barcelonadot.com/global-robot-expo-la-gran-fiesta-de-la-robotica-y-la-industria-4-0/>
- [https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/23728/T-FG Antonio Rodriguez Ramos.pdf](https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/23728/T-FG_Antonio_Rodriguez_Ramos.pdf)
- <https://es.slideshare.net/mgarofalo85/robotica-2865379>
- <http://robotik-jjlg.blogspot.com/2009/03/tipos-de-robots-2.html>
- <http://www.ingmecafenix.com/automatizacion/encoder/>
- <https://components101.com/potentiometer>
- https://www.doc.ic.ac.uk/~nd/surprise_97/journal/vol4/jmd/
- <http://tekorei.galeon.com/internoinfo.htm>

* De las cuales se tomaron imágenes para ilustrar este material.



UAEM

® Derechos Reservados:
Universidad Autónoma
del Estado de México
2018.