

Robótica

1. Introducción

F. Hugo Ramírez Leyva

Cubículo 3

Instituto de Electrónica y Mecatrónica

hugo@mixteco.utm.mx

Marzo 2012

Contenido del curso

1. Introducción Fundamentos Matemáticos

- Partes de un robot
- Seguridad
- Aplicaciones
- Programación

2. Modelado cinemático de robots

- Espacio articular y espacio Cartesiano
- Matrices de transformación
- Problema cinemático directo e inverso
- Cinemática diferencial
- Matriz Jacobiana

3. Modelado dinámico de robots

- Formulación de Lagrange
- Energía cinética
- Energía potencial
- Ecuaciones de movimiento
- Modelado dinámico en variables de estado

Contenido del curso

4. Control cinemático de robots

- Tipos de trayectorias
- Generación de trayectorias
- Interpolación de trayectorias
- Trayectorias en el espacio articular
- Trayectorias en el espacio Cartesiano

5. Control de robots en el espacio articular

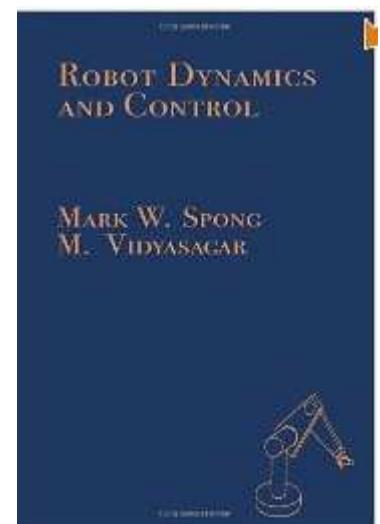
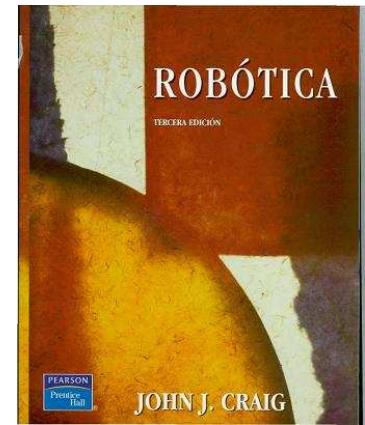
- Control PD con compensación de gravedad
- Control PID con compensación de gravedad
- Control por par calculado
- Control adaptable de robots
- Control con aprendizaje
- Control de esfuerzos
- Proyectos de control de robots

Calificación

- Tres Parciales
 - Exámenes 50%
 - Tareas 10%
 - Prácticas 40%
 - Entrega 50%
 - Reporte 50%
- Proyecto
 - Entrega física 50%
 - Reporte 50%
- Redondeo
 - Toda calificación superior a 0.5 se redondea el entero superior
- Página del curso
 - <http://www.utm.mx/~hugo/robot.htm>
- Programas a usar
 - LabVIEW
 - Matlab / Symulink
 - Simnon

Bibliografía

- Antonio Barrientos, Luis Felipe Peñín; Fundamentos de Robótica; Mc Graw Hill; 1997
- John J. Craig; Robótica 3a; Pearson Prentice Hall; 2006
- Rafael Kelly, Víctor Santibáñez; Control de movimiento de robots manipuladores; Pearson
- Mark W. Spong, ;. Vidyasagar; Robot Dynamics and Control; Hohn Wiley & Sons



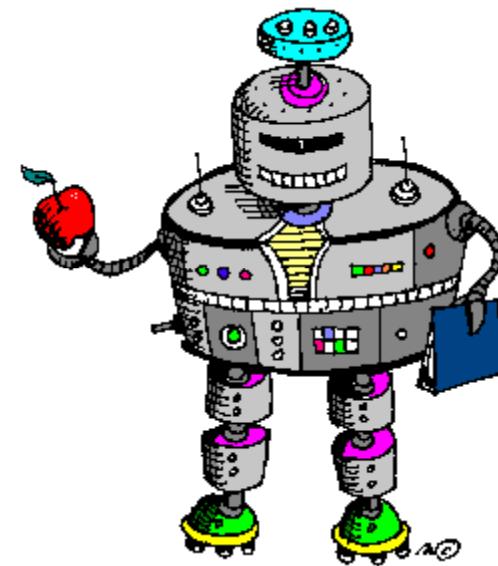
¿Qué es un robot?

- Cuando oímos la palabra robot, que es lo primero que imaginamos



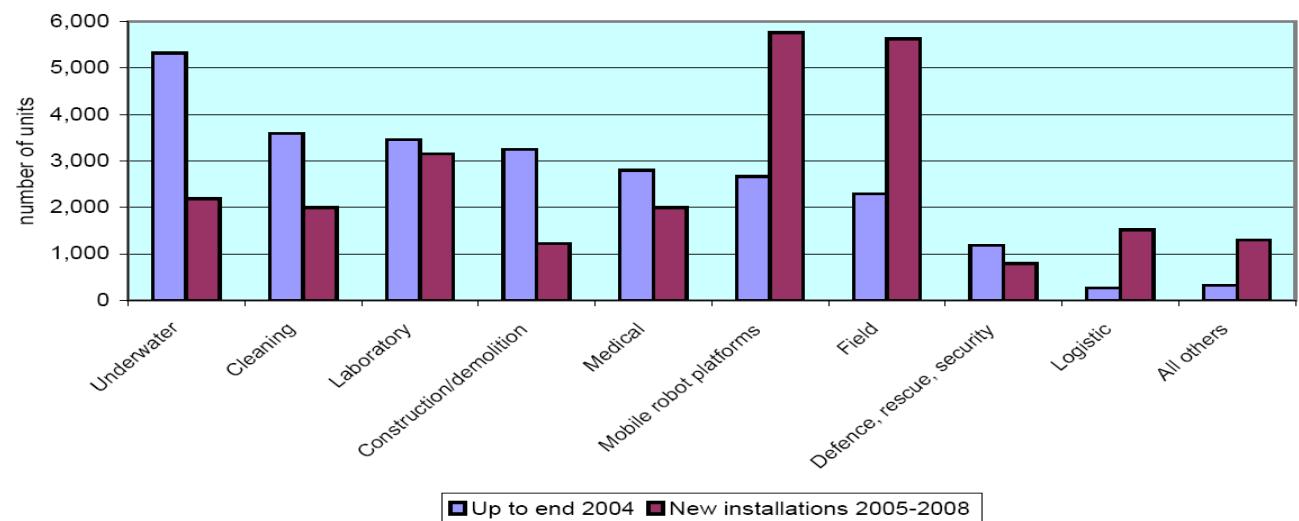
¿Qué es la robótica?

- La **robótica** es una rama de la tecnología, que estudia el diseño y construcción de máquinas capaces de desempeñar tareas repetitivas o peligrosas para el ser humano
- Las ciencias y tecnologías de las que deriva son: el álgebra, los autómatas programables, las máquinas de estados, la mecánica, la electrónica, la informática y el control



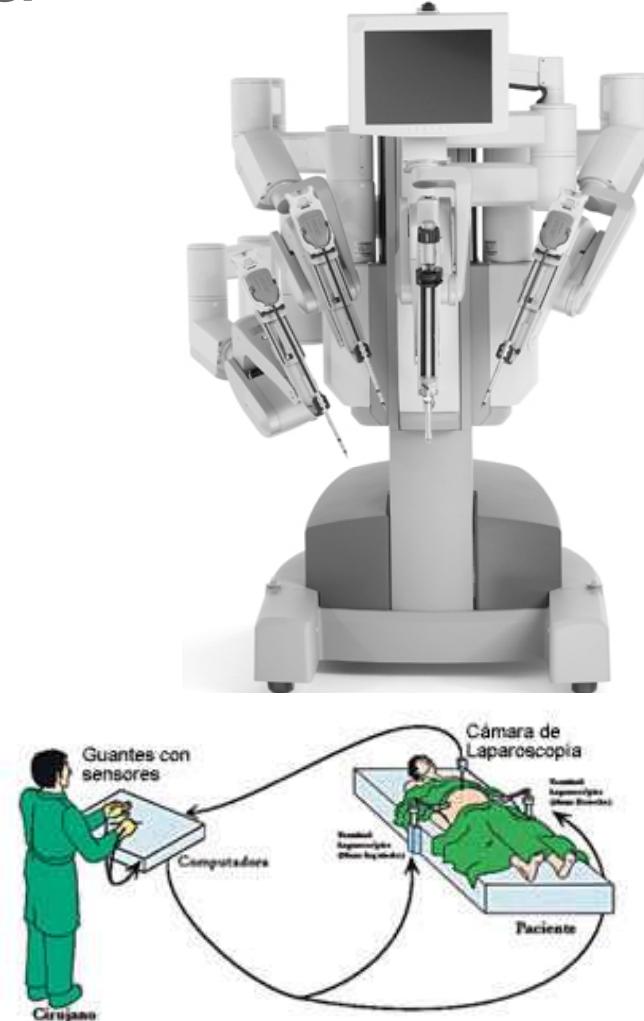
Usos de la robótica

- Los robots se han usado tradicionalmente para tareas de automatización en el sector industrial.
- En los últimos años, se ha incrementado su uso a otros sectores como son: La agricultura, ganadería y explotación de recursos forestales, exploración submarina, entretenimiento, limpieza de la casa, e incluso algunas tan delicadas como la medicina.
- Para finales del 2009, se esperaba que hubiera 1,112,500 unidades



Robots en la medicina

- Existen comercialmente robots que son tele operados y que pueden realizar operaciones
- Los sistemas robóticas autorizados en EU como sistemas quirúrgicos son el Zeus y Da Vinci
- En México se han realizado operaciones de este tipo



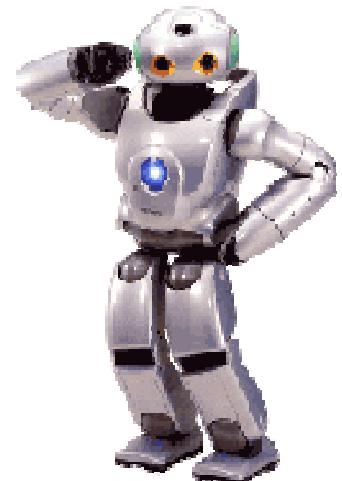
Robots para aplicaciones Militares

- Su fin es reemplazar al ser humano en operaciones peligrosas
- Talon Sword es un rifle robot que se opera a control remoto
- BigDog es un robot perro que puede transportar 120lb (54kg), correr y trotar a 3.3mph (5.3km/h)



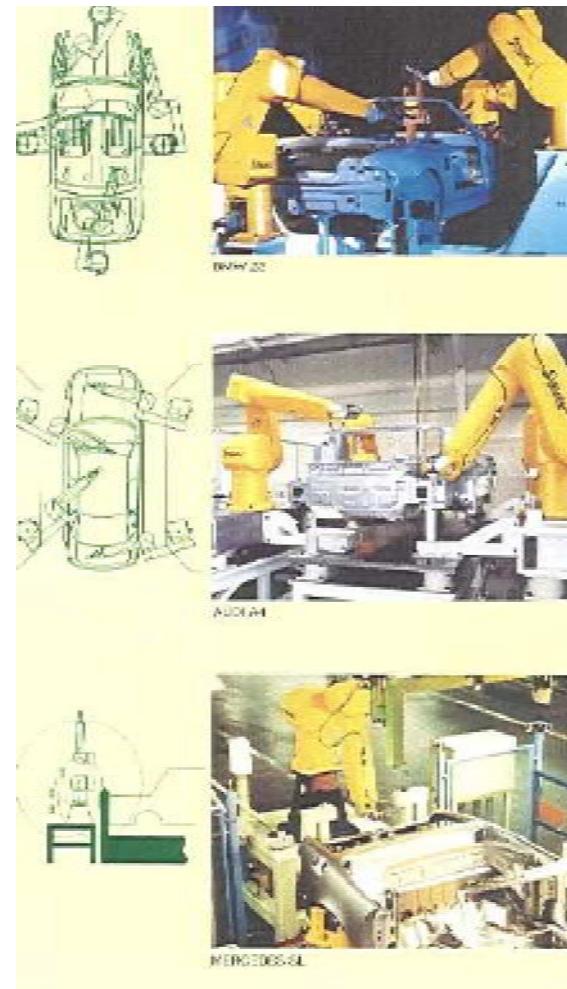
Robots de entretenimiento

- En 1999 Sony sacó al mercado Aibo (Amigo)
 - Tiene micrófono, una cámara e inteligencia artificial.
- En 2003 Sony saco el robot Qrio (Quest for curiosity). En respuesta al robot Asimo (Advanced Step in Innovative Mobility) de Honda



Robots Industriales

- Un robot industrial es un manipulador de propósito general
- Controlado por computadora que consta de varios **eslabones** rígidos conectados en serie por medio de **articulaciones** prismáticas o de revolución
- Un extremo del robot está conectado a una base y el otro extremo es libre y está equipado con un sujetador o herramienta para manipular objetos

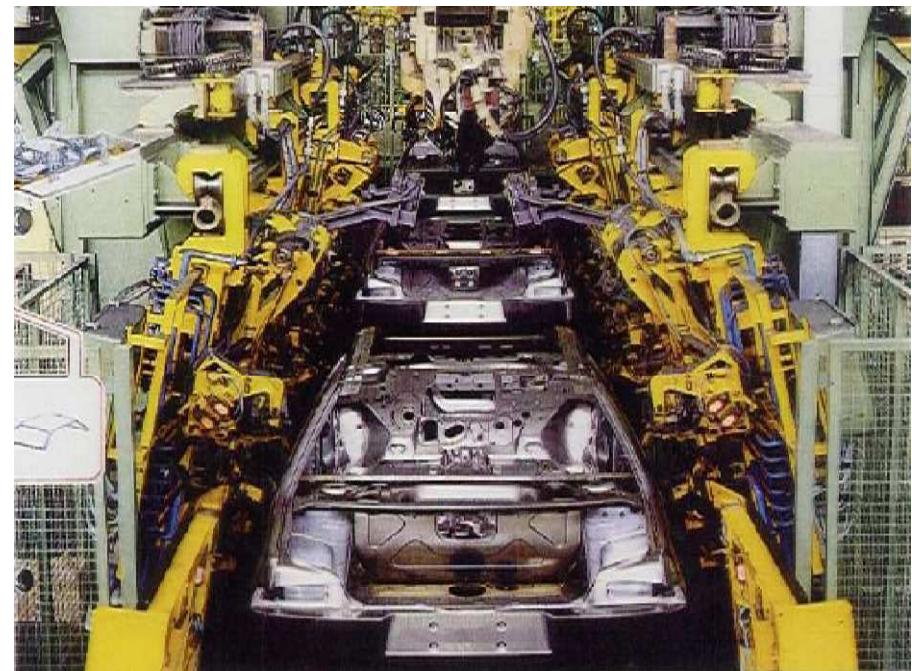


Aplicaciones Industriales

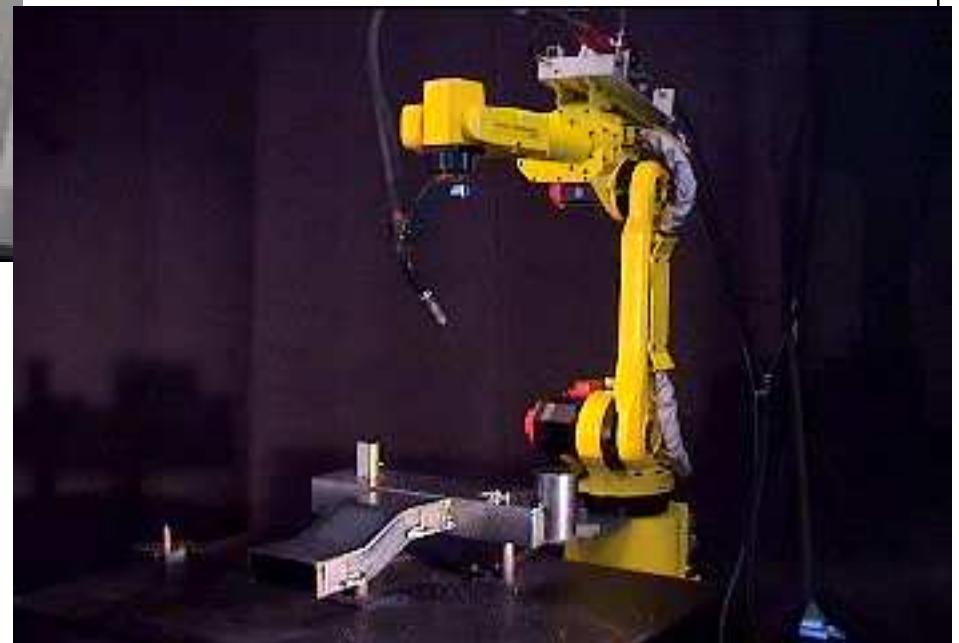
La industria automotriz es la No. 1 en aplicaciones

- SOLDADURA (50% de las aplicaciones en E.U.)
- CARGA Y DESCARGA
- PINTURA
- TRANSPORTE DE MATERIALES
- ENSAMBLE
- INSPECCIÓN

Fanuc Robotic,
Motoman, Adept,
Kuka.



Robots Industriales



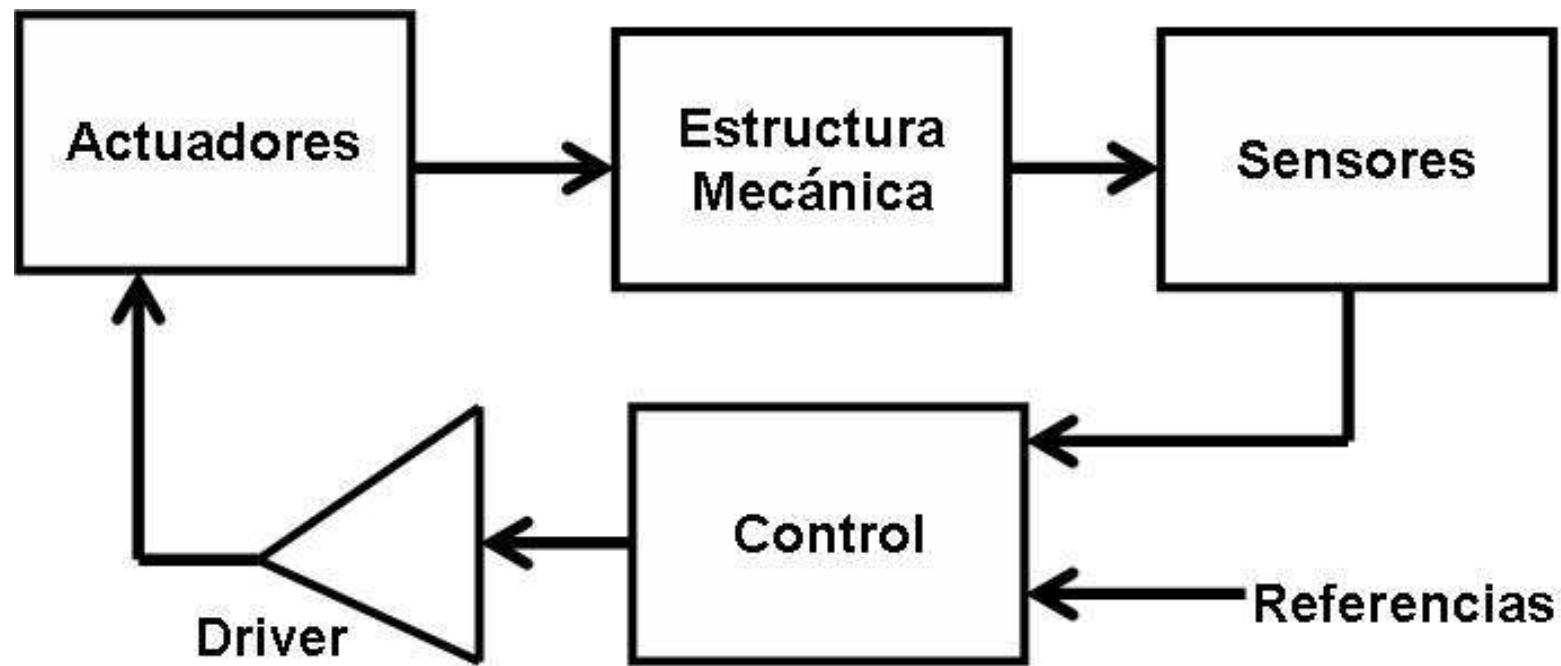
Historia

| Año | Descripción |
|------|---|
| 1947 | Se desarrolla el primer mecanismo eléctrico servo operado |
| 1948 | 1948 R.C. Goertz desarrolla un manipulador mecánico en <i>Agronne National Laboratory</i> . |
| 1949 | Se inician las investigaciones sobre controladores numéricos para fabricar piezas mecánicas |
| 1954 | 1954 George Devol diseña el primer robot programable . |
| 1956 | Joseph Engelberger, estudiante de física de la Universidad de Columbia, compra los derechos del robot de Devol y funda la empresa Unimate |
| 1961 | Se instala el 1er robot Unimate (<i>Universal Automation</i>) en Trenton New Jersey, en la fabrica de G.M |
| 1963 | El primer sistema de visión para robots es desarrollado |
| 1971 | El brazo Stanford es desarrollado en la Universidad de Estanford |
| 1972 | 1972 Se forma la 1 ^a asociación de robótica en el mundo en Japón |
| 1973 | En Stanford se desarrolla el primer lenguaje de programación para robots, el WAVE |

Historia

| Año | Descripción |
|------|---|
| 1974 | Cincinnati Milacrom introduce el robot T3 con control por computadora |
| 1978 | Unimation introduce el robot PUMA, con base en el diseño para GM. |
| 1979 | El robot SCARA es diseñado e introducido en Japon |
| 1981 | 1981 El primer robot de Transmisión Directa es desarrollado en Carnegie-Mellon University |
| 1999 | Sony saca al mercado el robot AIBO, el cual pude navegar y responder a ordenes (\$2000 us dls) |
| 2000 | Honda presenta a ASIMO, el cual pude andar corre y es muy parecido al ser humano. Mide 1.3m |
| 2003 | Sony saco el robot Qrio (Quest for curiosity). En respuesta al robot Asimo (Advanced Step in Innovative Mobility) de Honda. |

Pates de un Robot

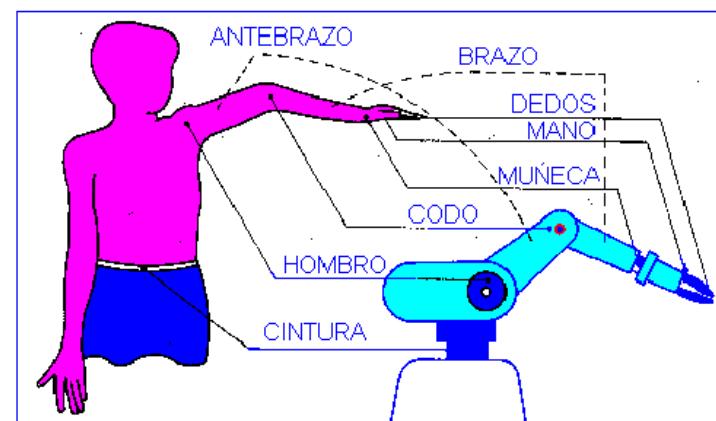
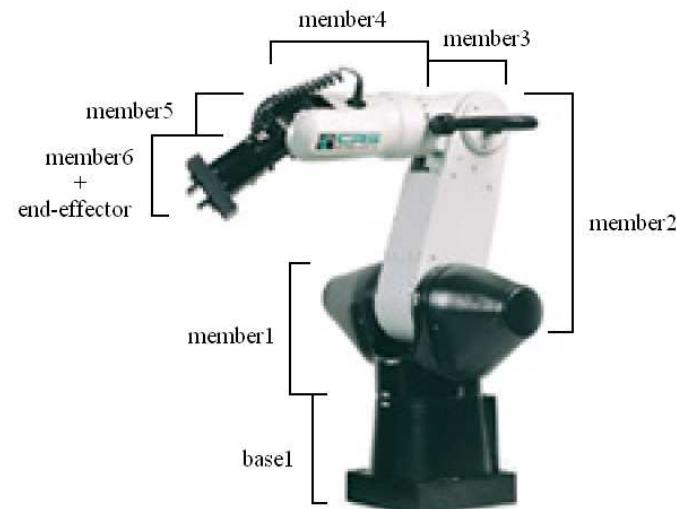


Estructura Mecánica del Robot

- 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.
 - Serie de elementos o eslabones (links)
 - Se unen con articulaciones (Joint)
 - Permiten el movimiento relativo entre eslabones consecutivos
 - Movimiento de las articulaciones: Lineal, giro o combinado
 - El elemento final que manipula las piezas se llama Efector, gripper o manipulador.

Estructura Mecánica del Robot

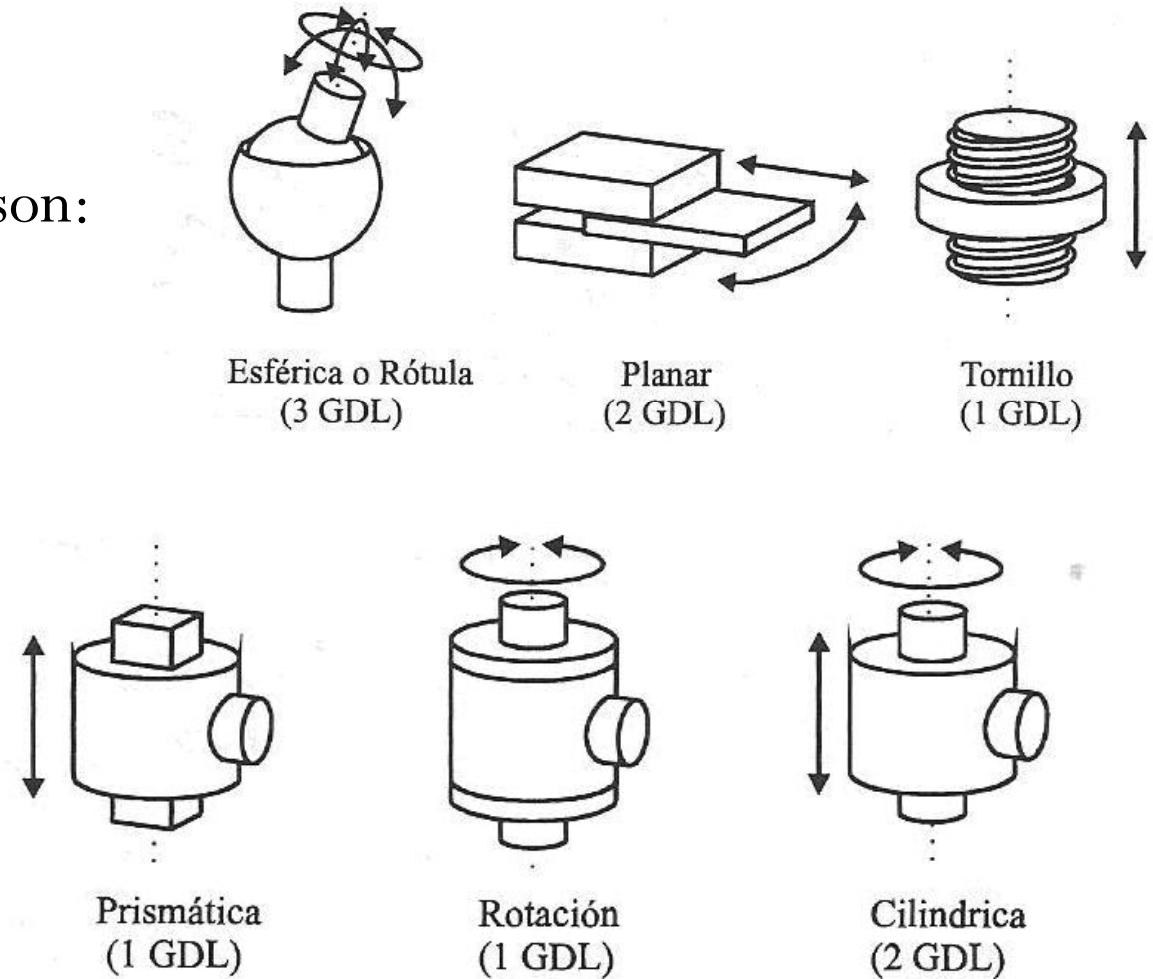
- Estructura mecánica
 - Articulaciones y eslabones
 - Transmisiones
 - Reductores
 - Actuadores



Tipos de articulaciones

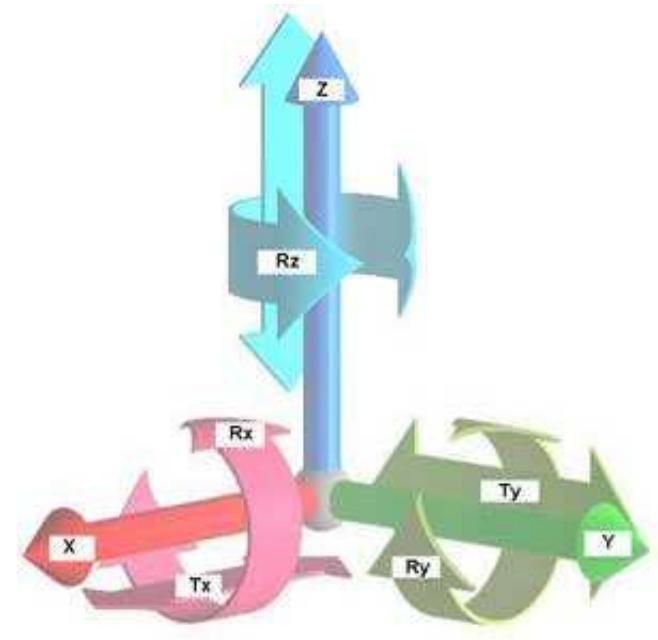
- Existen 6 tipos diferentes de articulaciones que son:

1. Esférica o rótula
2. Prismática
3. Planar
4. Rotación
5. Tornillo
6. Cilíndrica



Grados de libertad

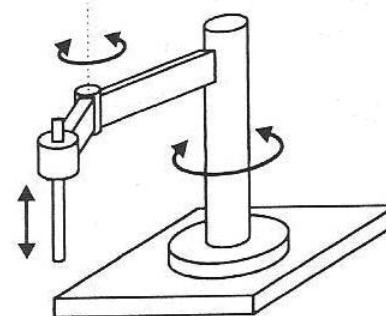
- Cada uno de los movimientos independientes que puede realizar cada articulación con respecto a la anterior se le llama grado de libertad (GDL).
- Los GDL de un robot son la suma de GDL de cada una de las articulaciones.
- Se requieren 3GDL para posición y 3GDL de orientación para que un robot pueda colocarse en cualquier punto del ESPACIO DE TRABAJO.



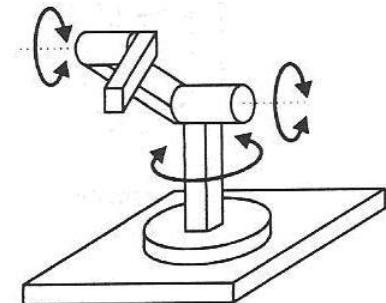
Tipos de Robots

- En función de los tipos de articulaciones se definen algunos tipos de robots, estos son:

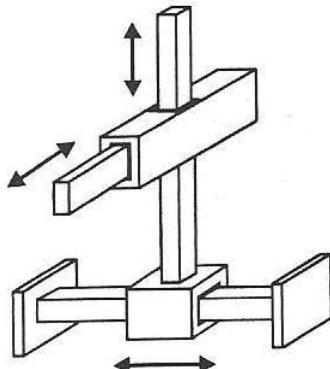
- Cartesiano
- Cilíndrico
- Esférico o polar
- SCARA
- Angular o antropomórfico



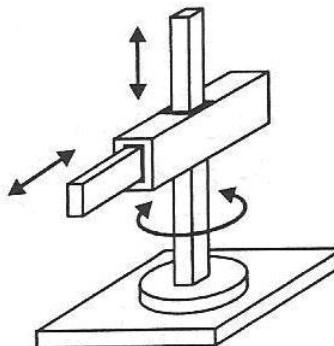
Robot SCARA



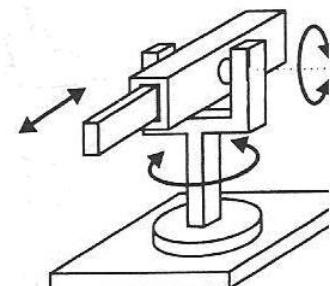
Robot angular o antropomórfico



Robot cartesiano



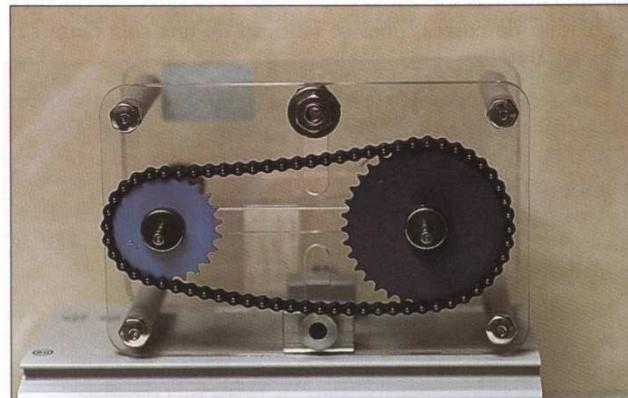
Robot cilíndrico



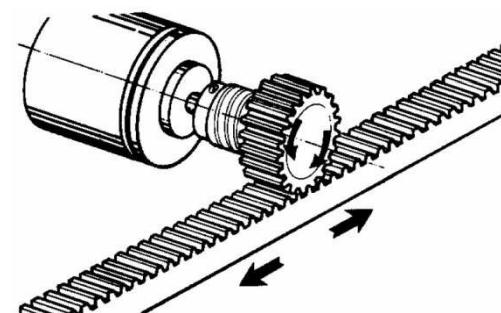
Robot esférico o polar

Transmisiones

- Las transmisiones son elementos encargados de transmitir el movimiento desde los actuadores hasta las articulaciones.
- Tipos de transmisiones
 - Circular – circular
 - Engranaje, correa dentada, cadena cable.
 - Par grande, pero se tiene holguras.
 - Circular lineal
 - Tornillo sin fin
 - Cremallera
 - Poca holgura, se tiene rozamiento
 - Lineal circular
- Holgura media, control difícil



Mecanismo de transmisión por cadena.



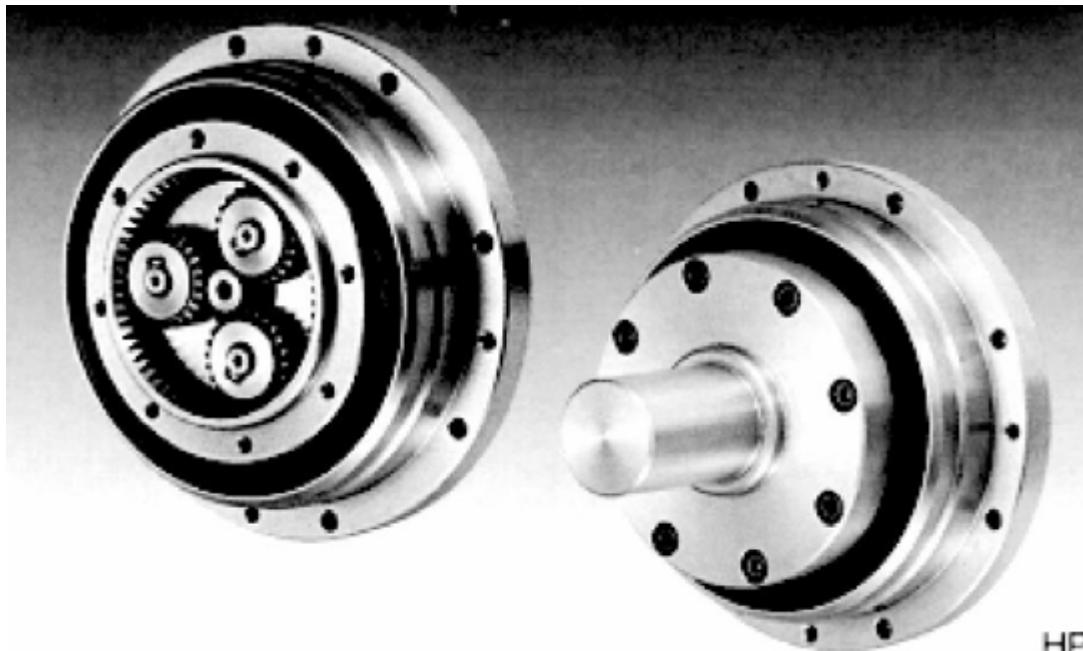
Reductores

- Los reductores se encargan de adaptar el par y la velocidad de la salida del actuador a los valores adecuados para el movimiento de los elementos del robot.
- Principales características:
 - Peso bajo.
 - Tamaño reducido.
 - Fricción (rozamiento)
 - Backslash bajo (juego angular)

$$T_2 = \eta T_1 \frac{\omega_1}{\omega_2}$$



Reductores

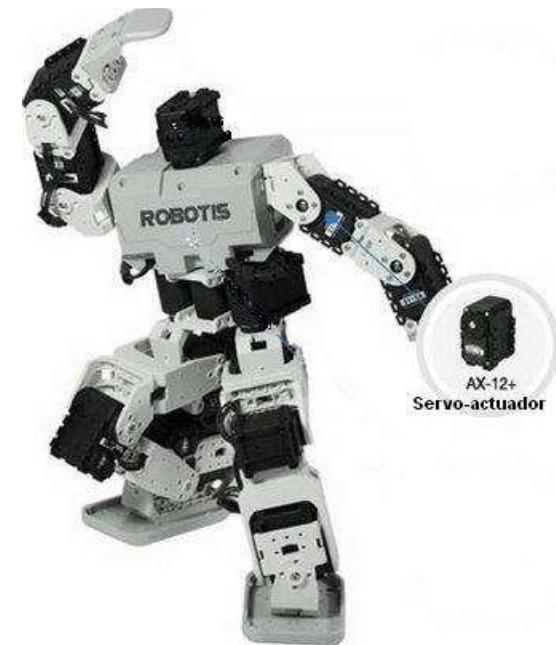
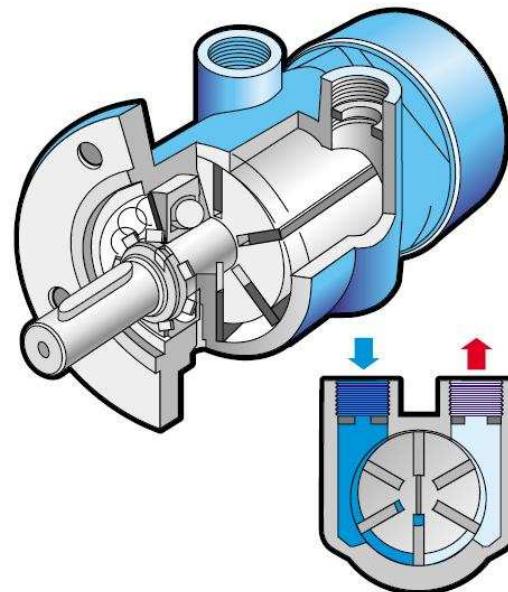


HP



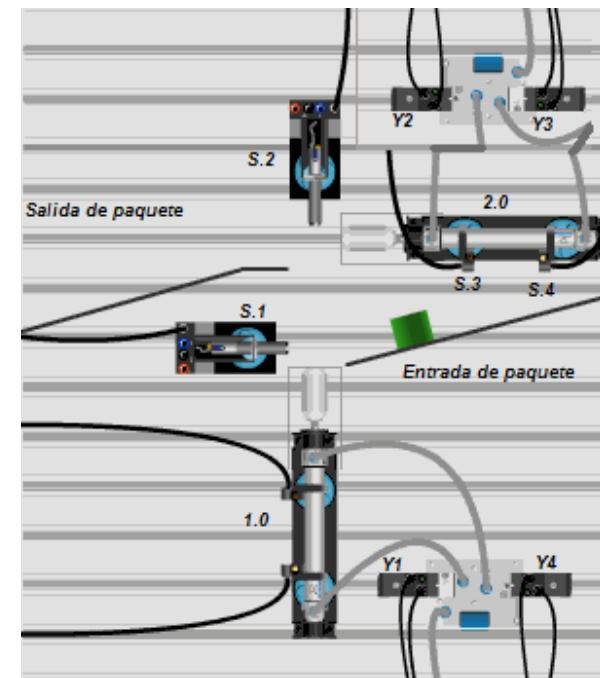
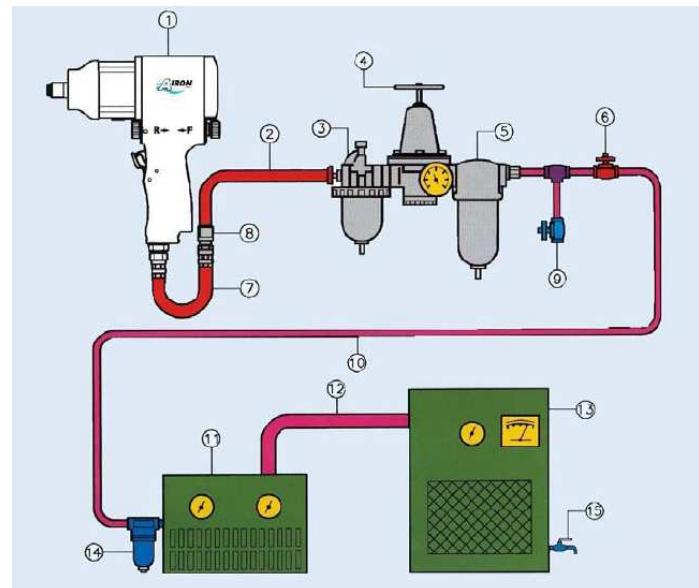
Actuadores

- Generan el movimiento de los elementos del robot según las ordenes dadas por la unidad de control. Tipos de actuadores:
 - Neumáticos (aire).
 - Hidráulicos (aceite).
 - Electrónicos (motores).
- Características más importantes:
 - Potencia, controlabilidad, peso y volumen, precisión, velocidad, mantenimiento, costo.



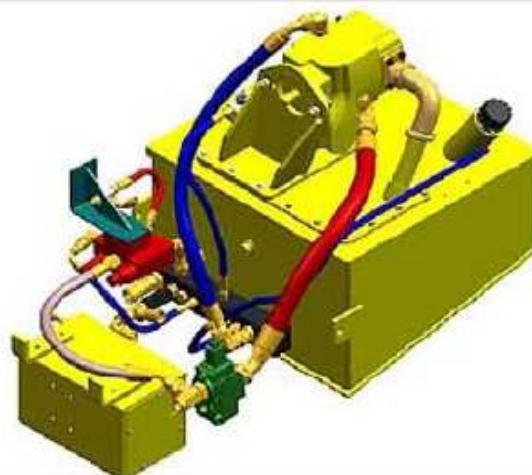
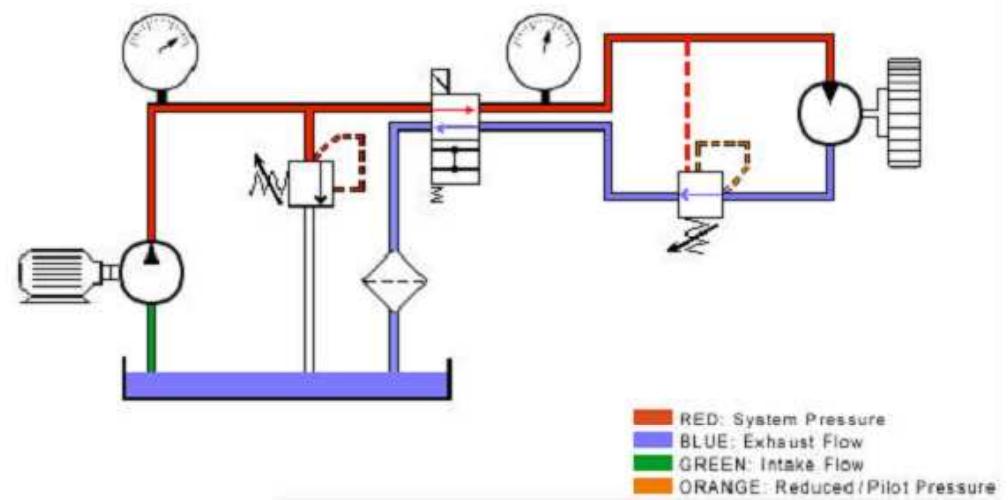
Actuadores Neumáticos

- Fuente de energía el aire.
- Presiones típicas de 5 a 10 bar (1bar = 105N/m²). Presión atmosférica = 101325N/ m².
- Tipos:
 - Cilindro neumático: Efecto simple, efecto doble.
 - Motor neumático: Aletas rotativas y pistones axiales
- No se consigue una buena precisión de posicionamiento
- Se usa en aplicaciones del tipo todo-nada (apertura o cierre de pinzas)
- Se debe tener un sistema neumático: Compresor, tuberías (distribución), filtros, secadores, etc.



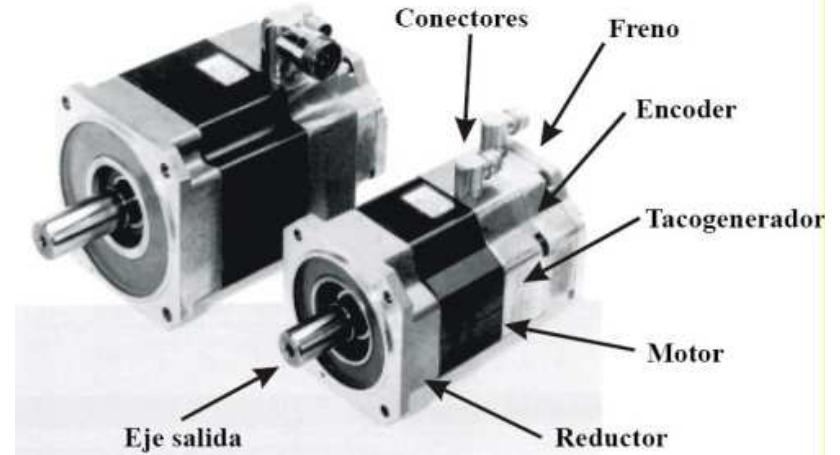
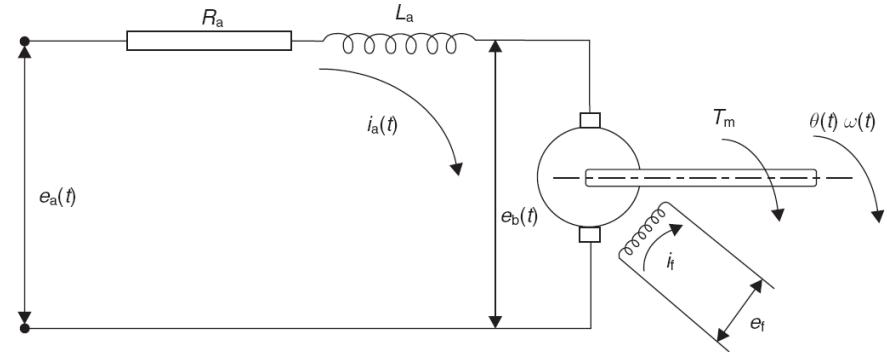
Actuadores Hidráulicos

- Usan aceites minerales.
- Presiones de 50 a 100Bar
- Se tiene una mayor precisión en el posicionamiento.
- Permite manipular grandes pares.



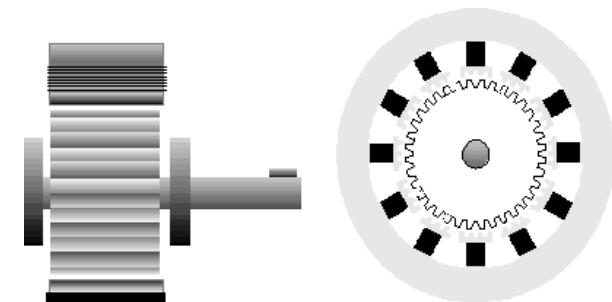
Motores de DC

- Son los más usados en robótica (enconder)
- Esta constituido por 2 devanados (inductor e inducido)
- Inductor – Excitación, estator, fijo
- Inducido – Gira. Toma la energía de unas escobillas de grafito.
- Velocidades de 1000 a 3000 rpm
- Requiere mantenimiento en las escobillas
- No permite mantener el par constante cuando se para el motor
- Motores sin escobillas: Rotor- Imanes
- Estator – Devanando



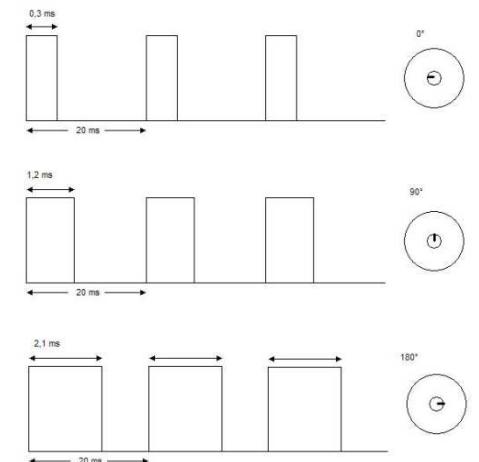
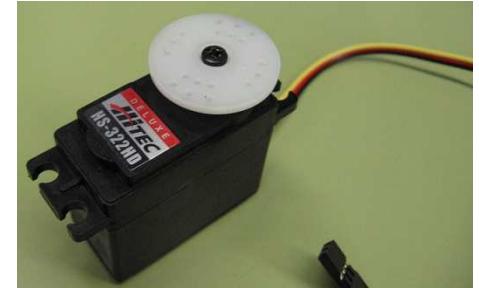
Motores paso a paso

- Tienen poco par comparados con los de DC.
- Pasos consecutivos grandes
- Tipos de motores a pasos
- De imanes permanentes – Rotor imanes
- De reluctancia variable – Rotor material ferromagnético
- Híbridos
- Se activa el giro aplicándole una secuencia de pasos.
- Puede girar en forma continua, con velocidad variable y son fáciles de controlar. Paso de 1.8° .



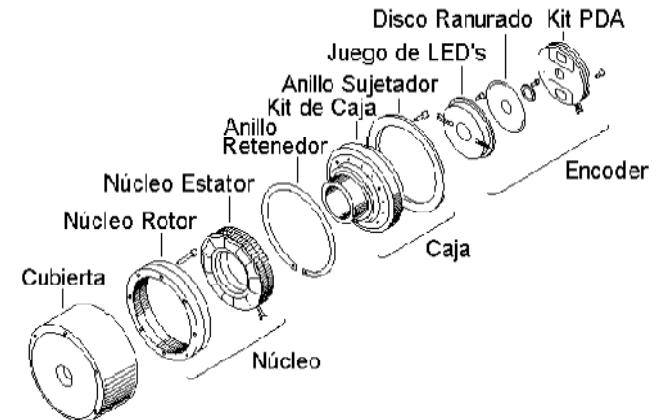
Servomecanismos

- Un servomecanismo es un dispositivo similar a un motor de corriente continua.
- Tiene la capacidad de ubicarse en cualquier posición dentro de un rango de operación y mantenerse en esa posición.
- Las partes que lo forman son: Motor de DC, Caja reductora y Circuito de control.
- La posición se le indica con una señal cuadrada.
- El ángulo de ubicación es función del ancho del pulso.
- Para el servo marca Futaba, modelo S3003, puede girar de 0° a 180° , con un ancho de pulso entre 0.3ms a 2.1ms.



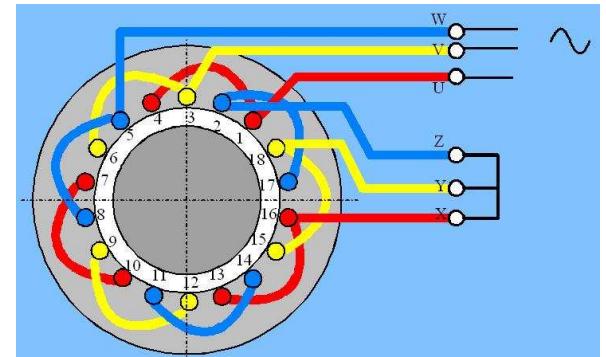
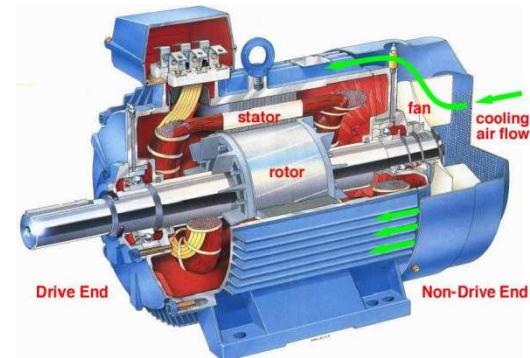
Acondicionamiento directo (Direct Drive)

- El eje del actuador se conecta directamente a la carga.
- Permite que el robot trabaje a una gran precisión y velocidad alta.
- Simplifica el sistema mecánico
- Aumenta las posibilidades de ser controlado
- Posee codificadores de posición internas
- Tecnologías: Motor síncrono sin escobillas (brushless), Motores de inducción de reluctancia variable.

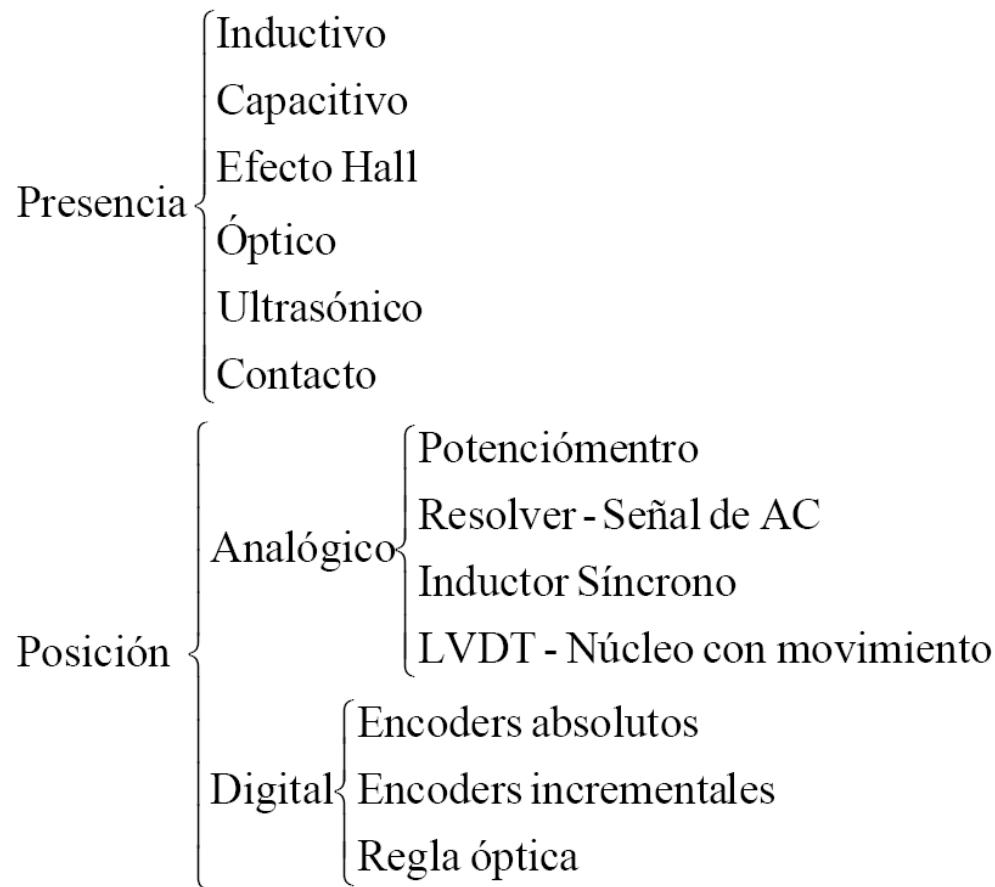


Motor de AC (síncronos)

- Motor de velocidad constante
- Velocidad de giro es función de la frecuencia de la alimentación (f) y el número de polos (P).
- Motor asincrónico o jaula de ardilla.
 - Las bobinas se encuentran en el estator y se aplica un campo magnético variable y hace que el toro gire en el sentido de B .
 - Inductor en el roto (de imanes permanentes)
 - Inducido esta formado por 3 bobinas en el estator.



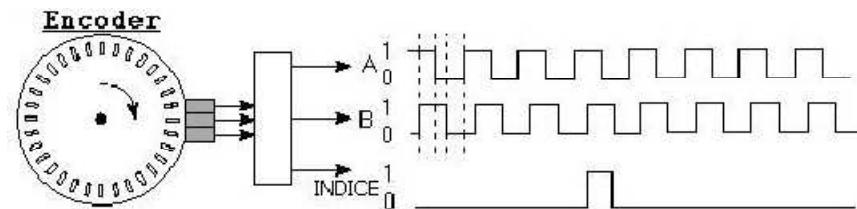
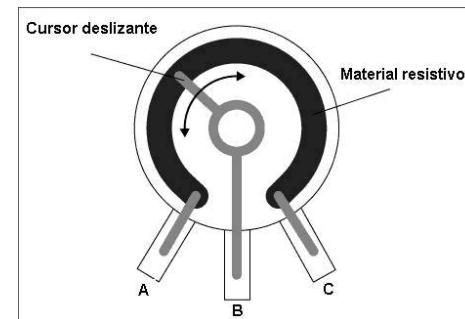
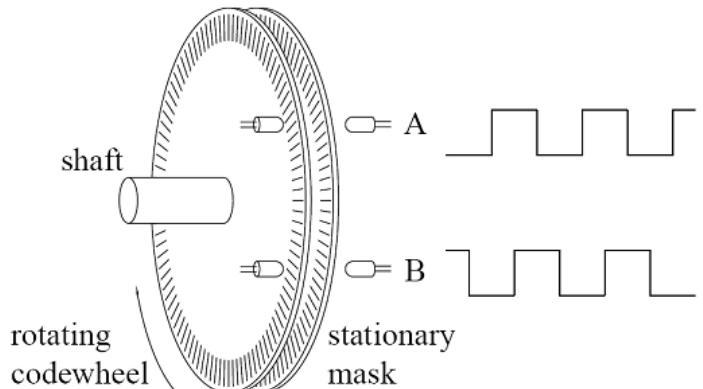
Tipos de sensores



Velocidad { Tacogeneratriz { Voltaje (función de la velocidad) $10mV / rpm$

Encoder

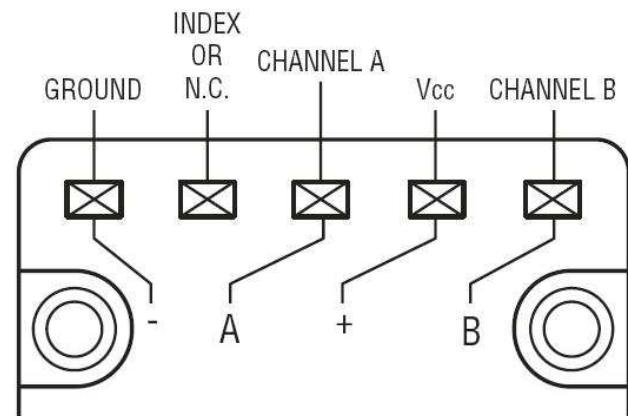
- Existen 2 tipos incremental y absoluto.
- La versión más simple es un disco transparente con marcas opacas colocadas Radialmente.
- Se utiliza un foto emisor y detector para captar la luz que pasa al otro extremo.
- A medida que gira forma pulsos, los cuales son proporcionales a la posición.
- Se tienen otras marcas desfasadas 90° para indicar el sentido de giro.
- La resolución es función del número de marcas.
- El absoluta, utiliza un patrón de marcas con código gray que proporciona un código único para alguna de las posiciones posibles.
- Su resolución es 2^n y no requiere de un contador para obtener la posición.



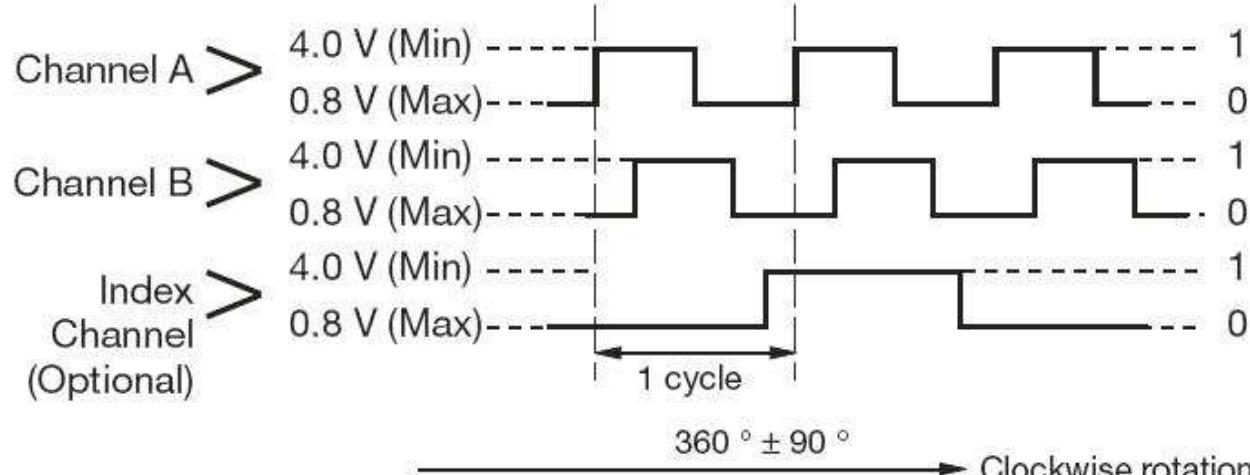
Encoder ENA1J-B28; L00064; 0147X.



TERMINATION DIAGRAM



OUTPUT VOLTAGE



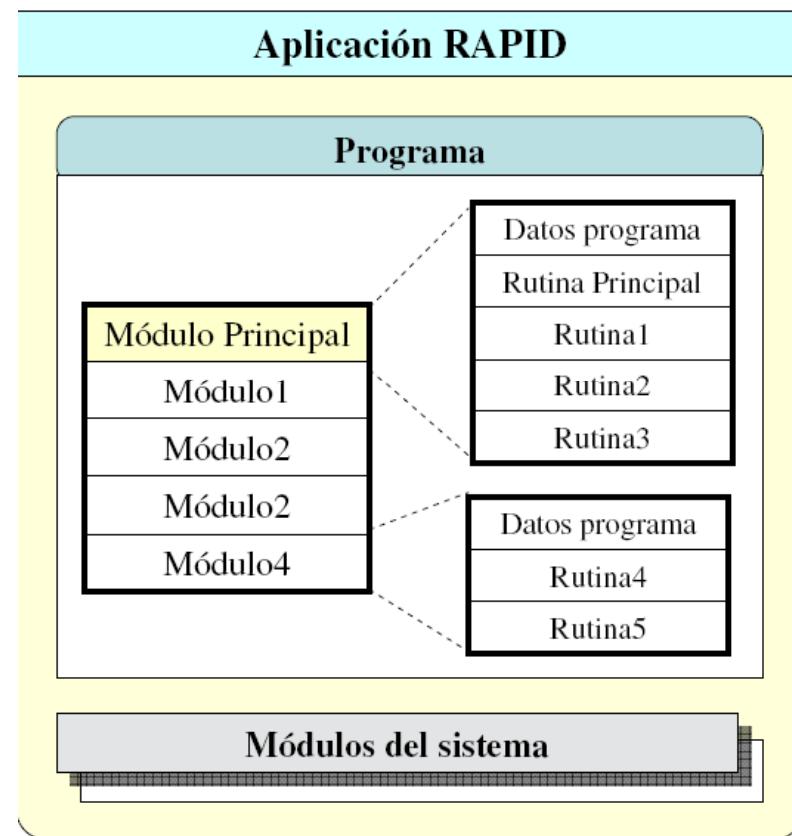
Lenguajes de programación de Robots

- Los robots industriales usan diferentes lenguajes de programación para configurar las diferentes tareas que realiza
- Estas se pueden vaciar en forma de un archivo en su CPU
- O se puede programa con ayuda del TeachPendant
- Algunos lenguajes de programación son RAPID (Robotic Application Programming Interactiva Dialogue) para robots ABB y Karel Para robots Fanuc



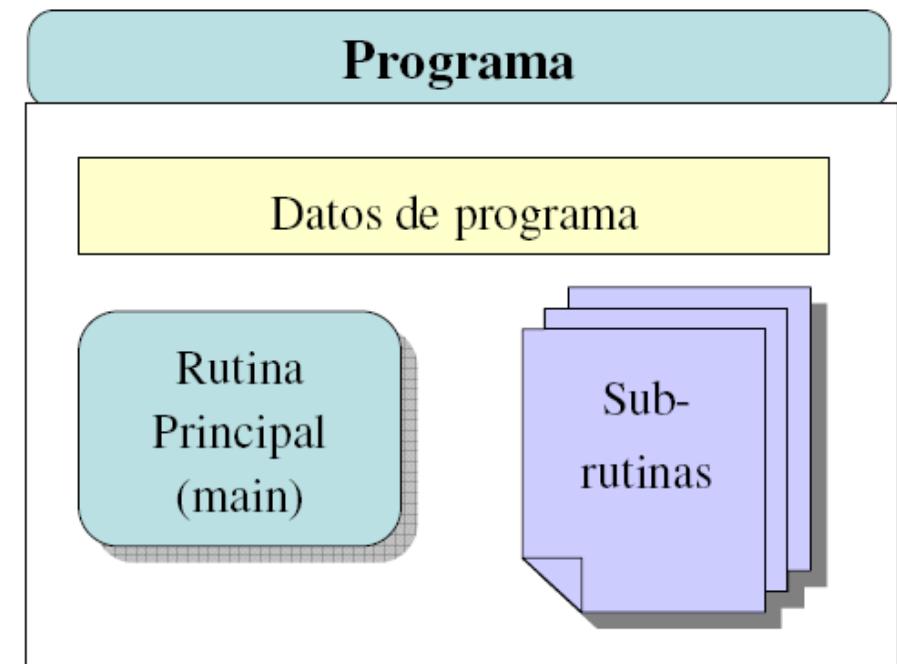
RAPID

- RAPID es un lenguaje de programación textual de alto nivel
- desarrollado por la empresa ABB.
- Una aplicación RAPID consta de un programa y una serie de módulos del sistema.



RAPID

- El programa es una secuencia de instrucciones que controlan el robot y en general consta de tres partes:
- Una rutina principal (main): Rutina donde se inicia la ejecución.
- Un conjunto de sub-rutinas: Sirven para dividir el programa en partes más pequeñas a fin de obtener un programa modular
- Los datos del programa: Definen posiciones, valores numéricos, sistemas de coordenadas, etc.

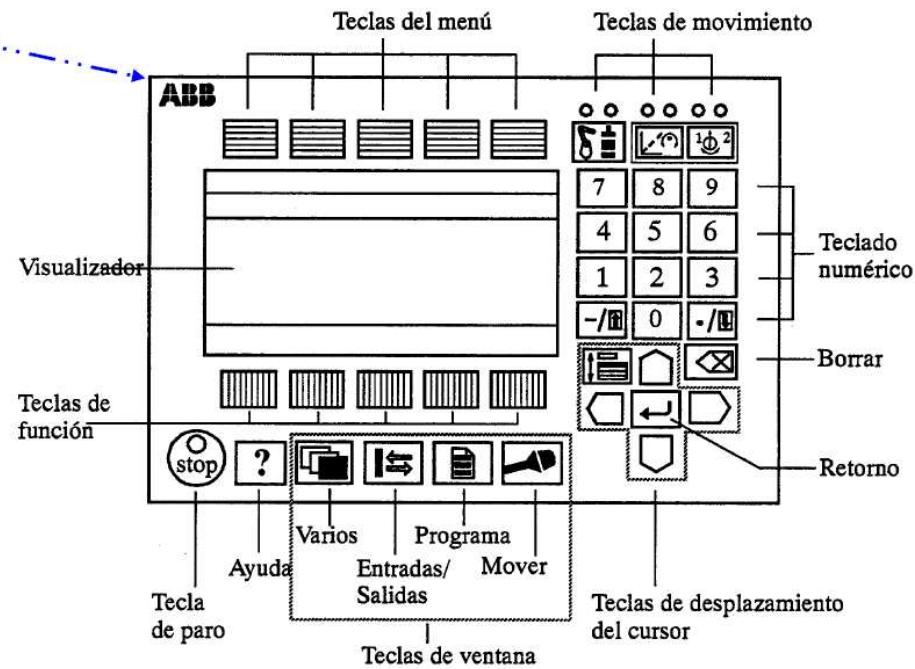
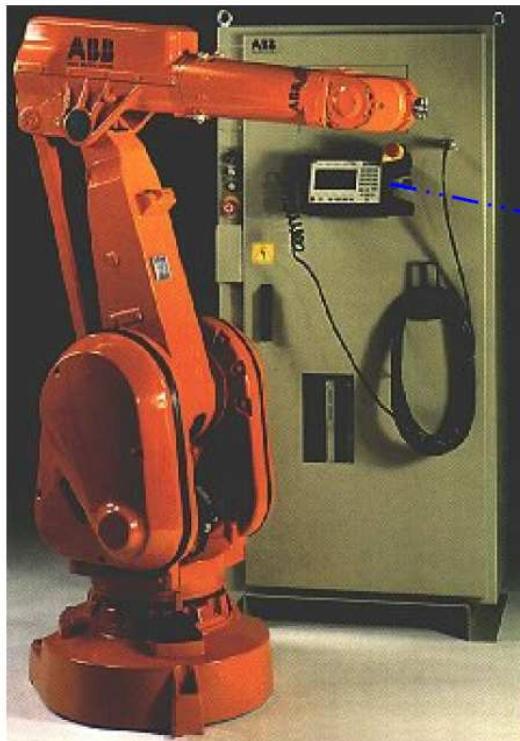


Ejemplo de RAPID

```
PROC main()
    Ir_posicion_espera;                      !Mover a posición de espera
    WHILE Dinput(terminar)=0 Do    !Esperar la señal de terminar
        IF Dinput(pieza_defectuosa)=1 THEN !Esperar la señal de pieza
            !defectuosa
        SetDO activar_cinta,0;           !Parar cinta
        Coger_pieza                   !Coger la pieza
        SetDO activar_cinta,1;           !Activar señal de cinta
        Ir_posicion_espera;           !Mover a posición de espera
    ENDIF
    ENDWHILE
ENDPROC
```

RAPID

- Entorno de programación



RAPID ABB

Lenguaje RAPID

● Entorno de programación: ABB

RAPID SyntaxChecker
(Analizador sintáctico fuera de línea)



Quick Teach

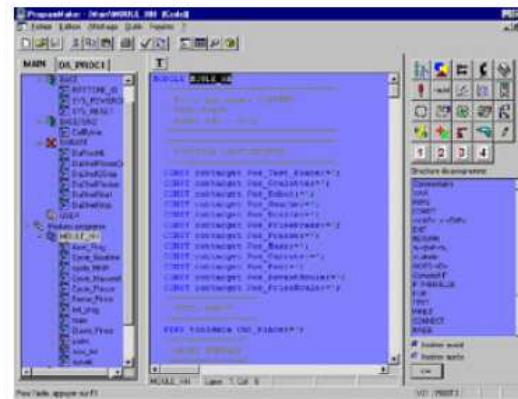
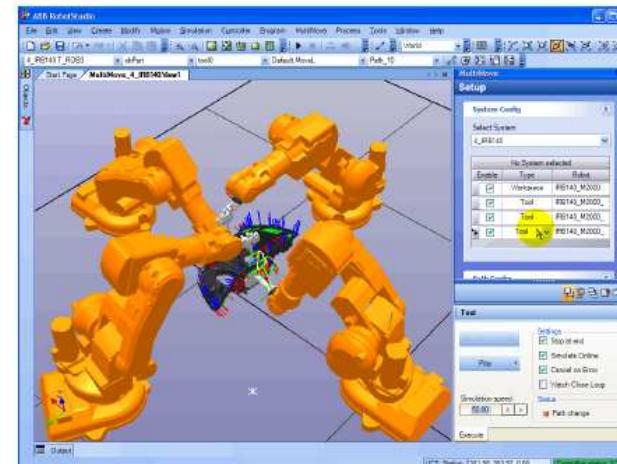
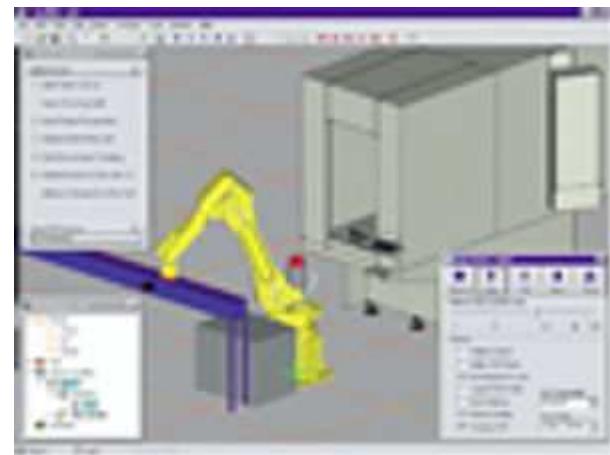


ABB Deskware



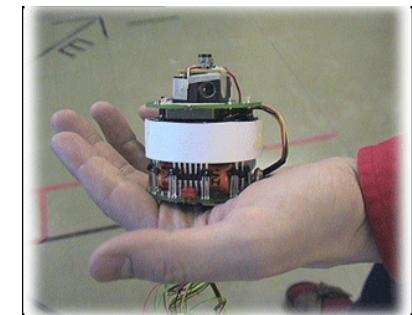
RobotStudio™ 5

Lenguaje de Programacion Karel



Programación de Robots

- La existencia de robots que realicen autónomamente tareas de modo eficiente depende fundamentalmente de su construcción mecánica y de su programación.
- La autonomía y la “inteligencia” residen en el programa del robot
- En el mercado existen varias plataformas de robots (Khepera, Lego, etc.)
- la programación de robots móviles suele ser más exigente que la creación de programas tradicionales



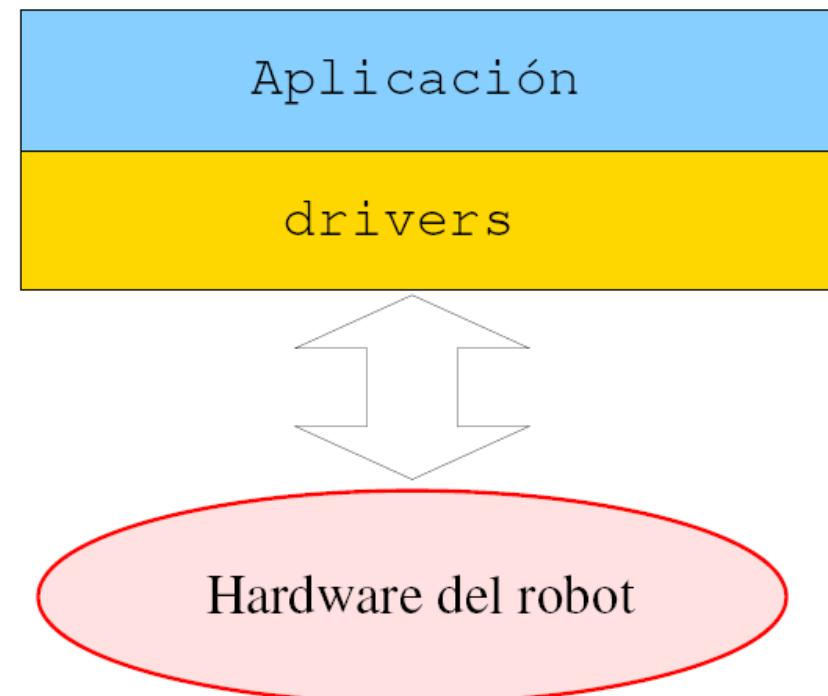
Programación de Robots

- La programación de robots móviles es mas complicada que lo que se requiere para robots fijos.
- Los robots móviles están empotrados en la realidad física. Su programa debe ser capaz:
 - De tomar la señal de los sensores y controlar a los actuadores.
 - De tener varias actividades y objetos a la vez. Por tal motivo deben ser concurrentes.
 - Deben de proporcionar alguna interfaz para su monitores y depuración.
 - Capaces de comunicarse con otros robots
- En general todos los programas y ambientes que hay se encuentra a nivel de investigación y desarrollo

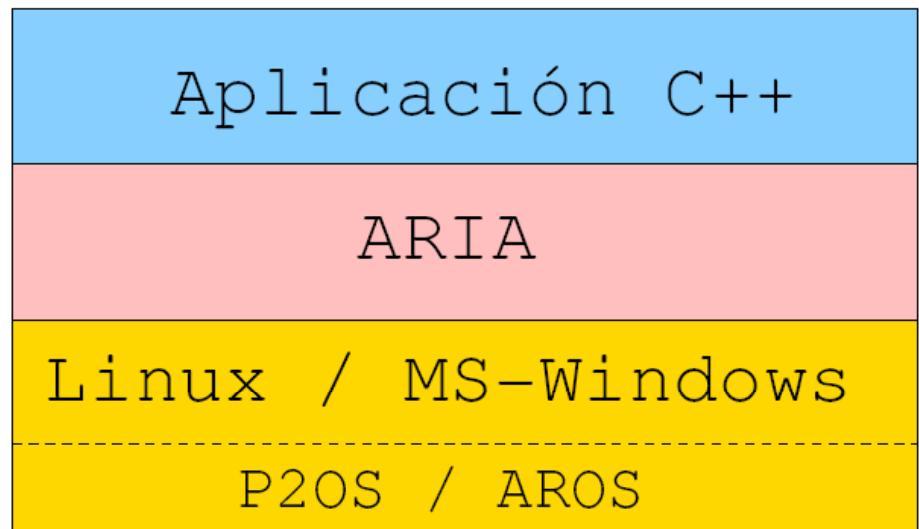
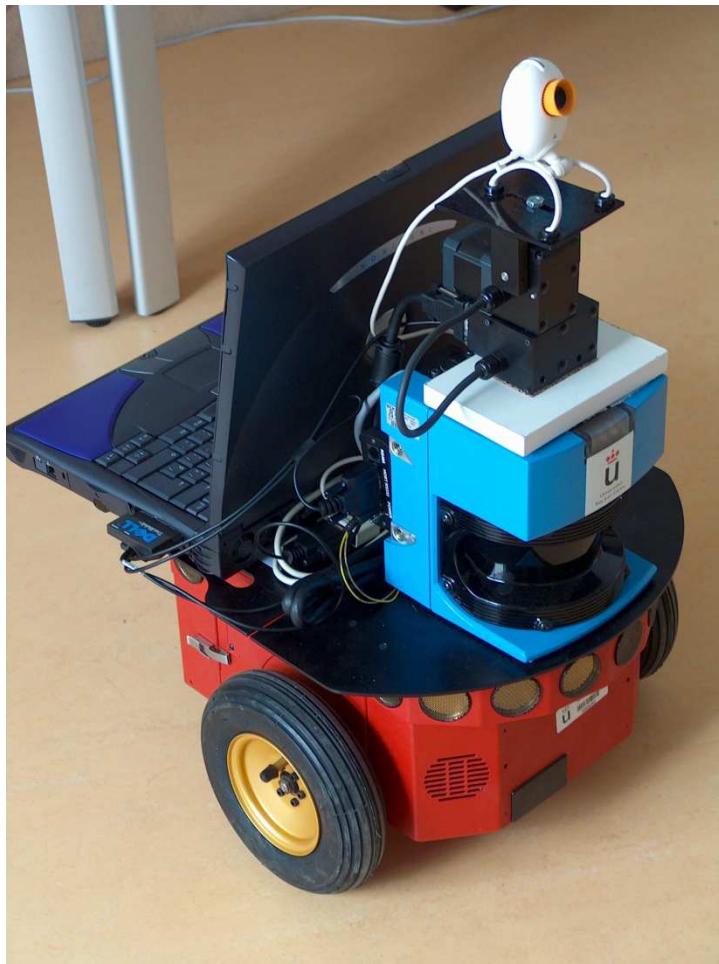


Programación Secuencial de Robots

- La programación se realiza conectando directamente a los drivers
- El sistema operativo es mínimo o no tiene
- En general el programa de aplicación lee los sensores, escribe las órdenes a los actuadores



Robot Pioneer



motores ruedas laser
sónares pantilt

