



# *Arquitecturas de Software en Robótica*

**Prof. Wílmer Pereira**



# ¿ *Qué es un robot ?*

Criatura mecánica que emula funciones de un humano

Según T. M. Knasel, los robots se pueden clasificar por generaciones:

- 1** (1940): Selección y colocación con manipuladores
- 2** (1950): Servocontrol con trayectoria de ejecución programada
- 3** (1960): Alta precisión en dispositivos de entrada ante incertidumbre
- 4** (1985): Móviles que usan técnicas de inteligencia y vida artificial
- 5** (1995): Espaciales y militares para ambientes de gran variabilidad

Robot industrial: manipulador automático servocontrolado, reprogramable, polivalente, capaz de posicionar y orientar piezas, útiles o dispositivos especiales, siguiendo trayectorias variables programables para la ejecución de tareas variadas

*AFNOR (Asociación Francesa de Normalización)*



# *Entorno de trabajo robótico*

Inaccesible: factores de error como deslizamientos, roce, ruido ...

No determinístico: gran cantidad de variable y/o imprevistos

No episódico: problemas de decisión secuencial

Dinámico: procesamiento en tiempo real y con movimiento

Continuo: presencia permanente de valores de entrada

## *Usos de la robótica*

- Manufactura: manipuladores nucleares e industria automotriz, ...
- Servicio usuario final: aspiradoras, guías de museos, mesoneros, ...
- Vehículos terrestres, submarinos y espaciales
- Telepresencia y realidad virtual
- Exo-esqueletos

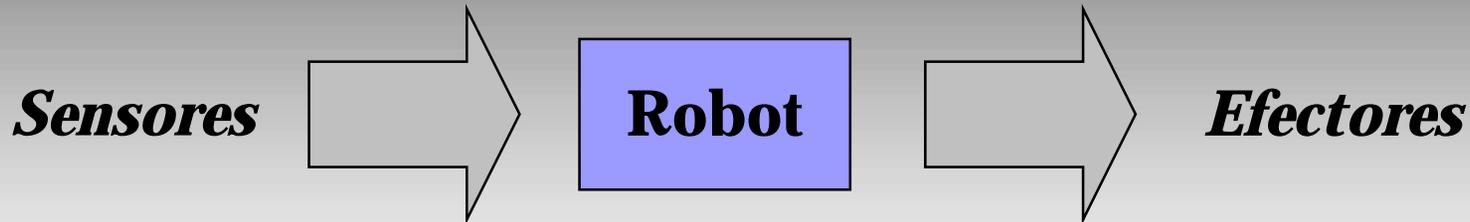


# *Historia de la Robótica*

- Robot proviene de la palabra checa *robota*, acuñada por el escritor Karel Capek (1890-1938) en una obra de teatro.
- Manipuladores en la industria nuclear (1943, 2<sup>da</sup> guerra mundial)
- George Devol patentó un manipulador programable en 1948
- En 1954, R. Goertz sustituyó la transmisión mecánica por eléctrica
- R. Mosher, ingeniero de la General Electric, desarrollo en 1958 un dispositivo a dos brazos mecánicos denominado exoesqueleto
- J. Engelberger junto con G. Devol, fundan la empresa UNIMATION en 1960 y desarrollan UNIMATE para una aplicación de fundición.
- En 1967 se usan robots de UNIMATION en General Motors, en 1968 en Japón y en 1970 en Europa (comprada con Westinghouse)
- Proyectos de control de robot por computadoras (MIT y Stanford, 1970)
- Masificación con la aplicación de microprocesadores en 1975
- Se funda JIRA en 1972 , RIA en 1974 y 1980 la Federación Internacional de Robótica
- Investigaciones utilizando IA + robótica + vida artificial usando sensores



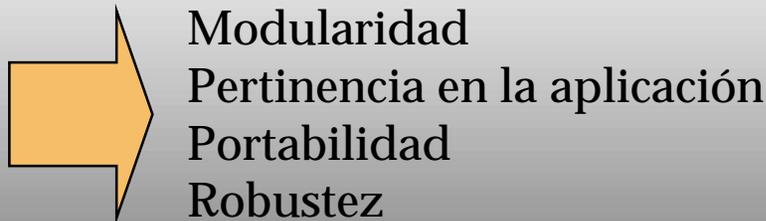
# *Arquitectura básica de un robot*



Sensor: Exploran el entorno para posicionarse y/o controlar sus movimientos. Los sensores pueden ser activos o pasivos

Efector: Actúan sobre el entorno según sus grados de libertad (*gdl*) que son los posibles movimientos básicos independientes bien sean giratorios o de desplazamientos. El ambiente también tiene *gdl*.

## Criterios:



*Mientras la arquitectura es más general, más lenta será*



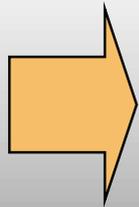
# *Sensores*

- Contacto: Limitados para explorar
- Fuerza: Dificiles de manejar
- Infrarojos: Sensibles a la luz solar y fluorescentes
- Cámaras: Se debe tener gran capacidad de procesamiento
- Sonares:

Muy utilizados en navegación con pulsos  $> 20\text{KHz}$

$300 \text{ mts/seg} \Rightarrow 1 \text{ mt en } 0,006 \text{ seg}$

Problemas:



El rayo es cónico  $\Rightarrow$  puede no dar la distancia más corta

A ciertos ángulos de reflexión, pueden desaparecer obstáculos

Múltiples rebotes  $\Rightarrow$  ruido  $\Rightarrow$  falsos obstáculos



# Efectores

- Locomoción:

Estáticamente estable (no se cae ante pausas)

Dinámicamente estable (más rápido pero complejo al programar)

- Manipulación:

Holomónico ( $gdl$  del robot =  $gdl$  del ambiente) o no holomónico

Rotatorio o Prismático (Mayor  $gdl$  son más precisos pero más complejos de programar)

- Motores

Hidráulicos: Aceite mineral rápidos y gran capacidad de carga,  
*pero ...* difícil de mantenimiento y costosos

Eléctricos: Motor paso a paso precisos, fiables y silenciosos,  
*pero ...* Potencia limitada

Neumáticos: Aire a presión barato y sencillo de mantenimiento,  
*pero ...* Difícil de control continuo y ruidosos



# *Legomindstorm*

Kit robótico básico con hardware configurable y software para programar aplicaciones móviles

## Sensores adicionales:

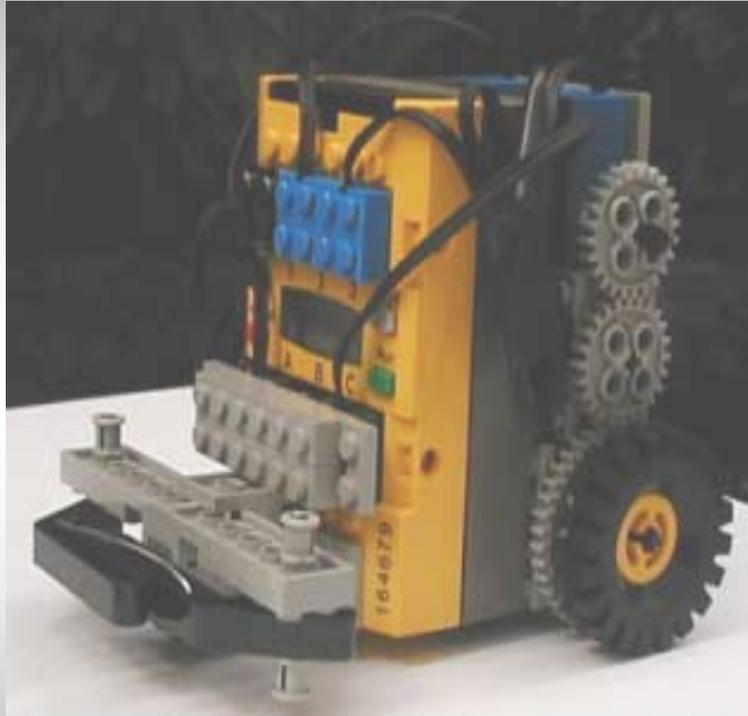
- Ultrasónicos
- Temperatura
- Rotación
- Cámara ...

## Facilidades de software:

- Programación visual orientado a eventos
  - Procesamiento concurrente en tiempo real
  - Únicas variables internas: contador y reloj
  - Ciclos de ejecución controlados por eventos
  - Comunicación entre RCX's a través del puerto infrarojo
- Firmwares en Java, C, VisualBasic, etc.
- Extensiones para diseñar criaturas, robots deportistas y módulos espaciales



# *Tipos de Robots Móviles*

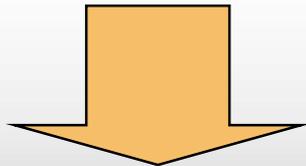




# *Paradigmas en Robótica*

Filosofías y/o técnicas que caracterizan el enfoque para resolver problemas

Manipuladores  
Telepresencia



**Normalmente sin técnicas de inteligencia artificial**

VS

Autónomo

Jerárquico

Reactivo

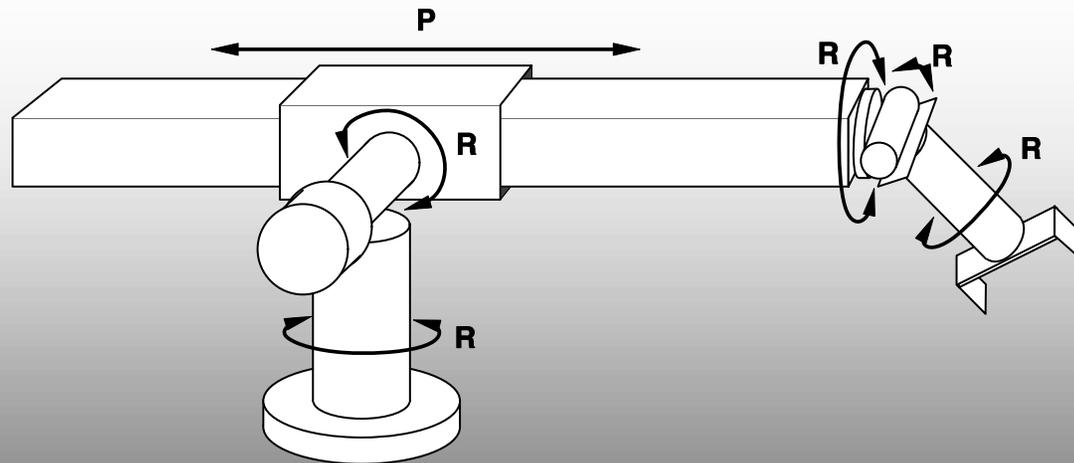
Híbrido



# *Robótica con manipuladores*

Automatización industrial en tareas repetitivas que no requiere sensores pues los algoritmos normalmente son determinísticos

- No es solución a largo plazo
- Se usa en trabajos riesgosos y tediosos
- En casos de haber cambios, deben ser reprogramados





# *Robot teleoperados*

Robots controlados a distancia con  
intervención humana

- Visión a distancia tiene problemas de ancho de banda del enlace
- No necesariamente es periférico
- Fatiga cognitiva del operador
- Un operador por robot
- Posicionamiento real vs posicionamiento reportado



# Paradigma Jerárquico



Las sensaciones se reúnen en un modelo global de planificación: misión (objetivo), navegación (búsqueda de caminos) y piloto (decisión sobre acción) y actúa usando la introspección



Es necesaria la suposición de mundo cerrado CWA (*Closed World Assumption*). El mundo es sólo lo explícito

*Inconvenientes ... más arte que ciencia*

*... planificación permanente hace el enfoque lento*



# Paradigma Reactivo

*Plan*



Fuerte tendencia biológica que acopla *sense-act* con comportamientos de estímulo/respuesta (Plan omnipresente)



El paradigma estímulo/respuesta de los psicólogos de Harvard inspirados en B. F. Skinner

*Inconvenientes ... obviar el plan es una situación en ocasiones extrema*

*... ¿debemos imitar el comportamiento animal ?*

*... ¿cómo aprender ?*

*... ¿ qué hacer en los conflictos por concurrencia ?*



# *Arquitecturas Reactivas*

## Subsumpción

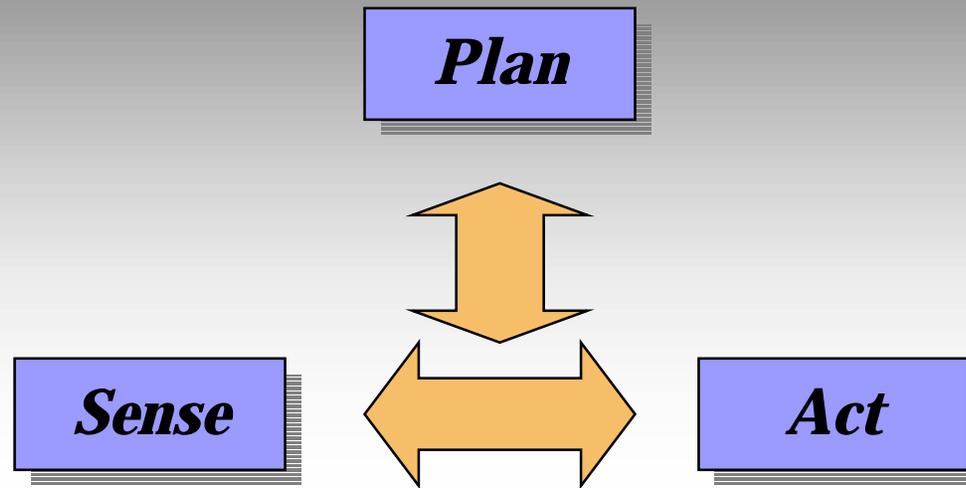
- No hay control central
- Los comportamientos se estructuran por capas (respirar y pensar) donde las altas subsumen las capas bajas
- Minimiza sus estados internos por lo que no requieren memoria persistente y funcionan a tiempo real

## Campos Potenciales

- Representa los comportamientos como campos potenciales y los combina como suma de vectores (magnitud y dirección)
- Robot se vé como una partícula en un campo de fuerzas
  - Uniforme
  - Perpendicular
  - Tangencial
  - Atractivo o repulsivo
- Ningún comportamiento subsume a otro, en realidad compiten



# *Paradigma Híbrido*



- ✦ Primero planifica y luego es reactivo
- ✦ El planificador está presente en toda la captura de sensaciones pero sólo actúa en ciertas condiciones

*Inconvenientes ... muy dependiente de la aplicación*



# *Navegación Robótica*

- ¿Cuál es su posición actual ?*
  - ¿Dónde ha estado ?*
  - ¿Hacia donde se dirige ?*
- ¿Cómo llegar más eficientemente al objetivo ?*

## **Navegación Topológica**

Desplazamiento bajo enfoque cualitativo usando marcas.  
Utiliza teoría de grafos para desplazamientos y  
es compatible con enfoque reactivo

## **Navegación Métrica**

Desplazamiento bajo enfoque cuantitativo intentando optimizar.  
Compatible con enfoques jerárquicos



# *Localización en mapas*

- ✦ Capturar información de sensores y de ser necesario fusionarlos
- ✦ Procesar los errores de sensibilidad de los sensores
- ✦ Sonares
  - Teoría Bayesiana
  - Teoría de Dempster-Shafer