

# Robótica Basada en Comportamientos

## Robótica Móvil

**Caso de estudio:  
Sistema constructivo LEGO**

Facultad de Ingeniería  
Instituto de Computación

# Agenda

- Introducción
- Sensores
- Actuadores
- Dispositivos de control
- Mecánica

# Introducción <sup>1/2</sup>

¿Qué es un robot?

# Introducción <sup>1/2</sup>

¿Qué es un robot?

Una máquina que sensa, “piensa” y actúa.

# Introducción <sup>1/2</sup>

¿Qué es un robot?

Una máquina que sensa, “piensa” y actúa.

Debe tener:

- Sensores
- Procesar información (habilidades cognitivas)
- Actuadores

# Introducción <sup>1/2</sup>

¿Qué es un robot?

Una máquina que sensa, “piensa” y actúa.

Debe tener:

- Sensores
- Procesar información (habilidades cognitivas)
- Actuadores

La definición contempla:

- Robots manipuladores industriales
- Robots móviles

# Introducción 2/2

El robot se encuentra en un entorno

# Introducción 2/2

El robot se encuentra en un entorno

El entorno influye sobre el robot → sensores

El robot procesa la información → computador

El robot influye sobre el entorno → actuadores

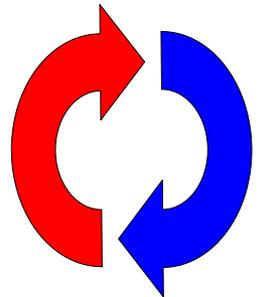
# Introducción 2/2

El robot se encuentra en un entorno

El entorno influye sobre el robot → sensores

El robot procesa la información → computador

El robot influye sobre el entorno → actuadores



# Introducción 2/2

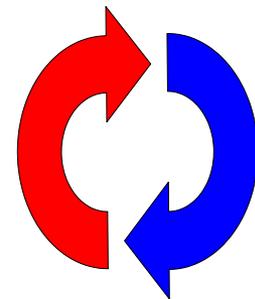
El robot se encuentra en un entorno

El entorno influye sobre el robot → sensores

El robot procesa la información → computador

El robot influye sobre el entorno → actuadores

El robot tiene una estructura → mecánica



# Introducción 2/2

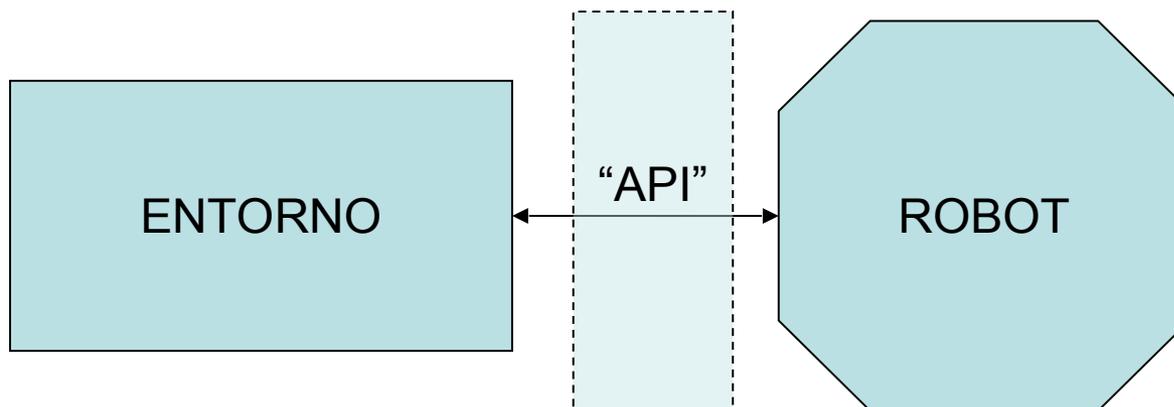
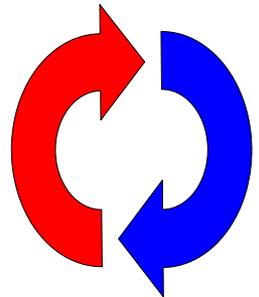
El robot se encuentra en un entorno

El entorno influye sobre el robot → sensores

El robot procesa la información → computador

El robot influye sobre el entorno → actuadores

El robot tiene una estructura → mecánica



# Sensores

Definición

Clasificación

Usos

Consideraciones

Ejemplos

# Definición

Dispositivo que detecta, o ***sensa*** manifestaciones de cualidades o fenómenos físicos, como la energía, velocidad, aceleración, tamaño, cantidad, etc.

Es un tipo de ***transductor*** que transforma la magnitud que se quiere medir, en otra, que facilita su medida.

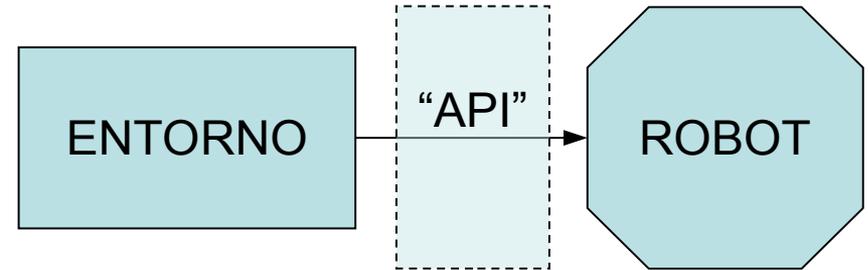
# Clasificación

Permiten obtener información del entorno.  
Los sensores pueden clasificarse en:

- Internos / Externos
- Activos / Pasivos
- Locales / Globales
- Analógicos / Digitales

# Usos

Son la “operación de lectura” de la API robot-entorno.



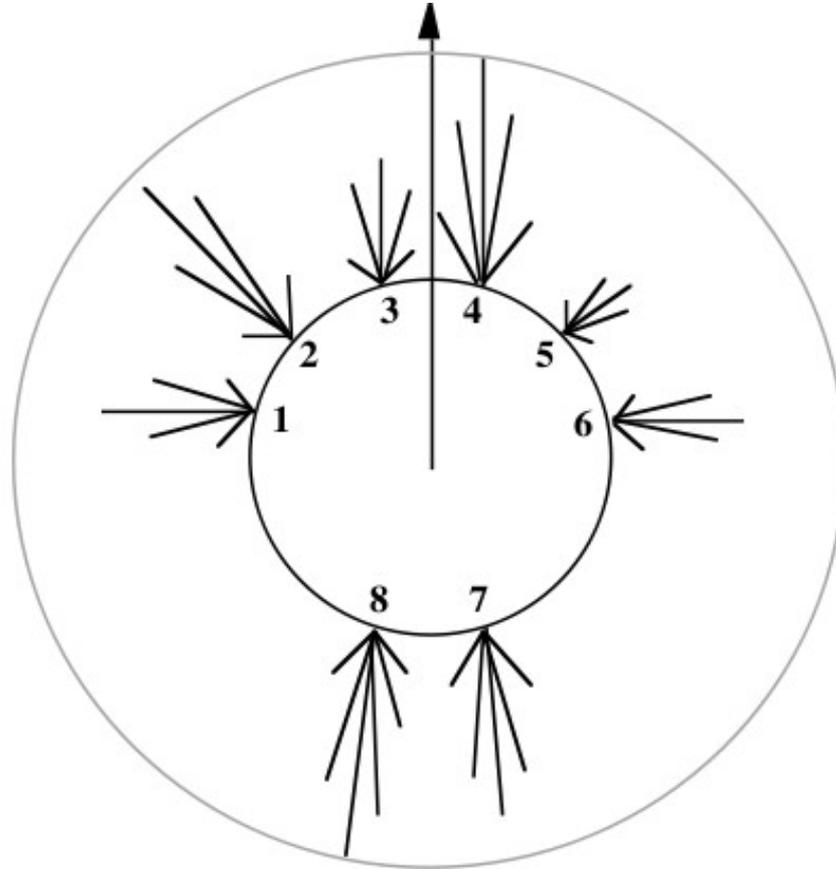
Magnitudes interesantes de sensar:

- Temperatura
- Intensidad lumínica
- Sonido
- Orientación
- Deformación
- Distancia
- Inclinação
- etc.

# Elementos a considerar

- Rango de medición:
  - Rango de temperatura
  - Longitud de onda de la luz incidente
  - Frecuencias de los sonidos a escuchar
  - Rango de distancias
- Tecnología de la interfaz
- Precisión vs. Precio y Disponibilidad
- ¡¡¡ Ruido !!!

# Ruido en el robot Khepera



Claude Touzet, Neural reinforcement learning for behaviour synthesis,  
Robotics and Autonomous Systems, 1997.

# NXT: Sensores (1/3)

## Contacto

- Distancia 0
- press/release/bump

## Ultrasonido

- Distancias 0-255cm
- +/- 3cm

## Sharp (infrarrojo)

- Medium
  - Distancia 10-80cm
- Long
  - Distancia 30-150cm



# NXT: Sensores (2/3)

## Color

- Luz ambiente y reflejada
- Color



## Luz

- Luz ambiente y reflejada
- Monocromático



## Cámara

- 8 objetos o líneas
- 30fps
- NO conectar a puerto de motores!



# NXT: Sensores (3/3)

## Compás

- Mide campo magnético de la tierra
- Calcula orientación relativa
- 0-360°
- 100mps

## Giroscopio

- Cantidad de °/s de rotación
- Sentido (+/- 360° por seg.)
- Mantener el equilibrio, oscilación de un péndulo, etc.

## Angular

- Posición angular (0-359°)
- Velocidad angular (10-1500rpm)
- $W > 1500\text{rpm}$  puede dañar el sensor!



# NXT: Multiplexores

## Multiplexor de botones

- 4 sensores de contacto

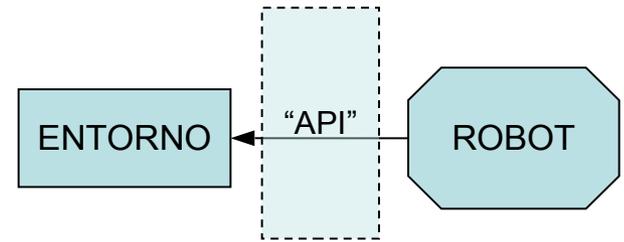


# Actuadores

Principios  
Clasificación  
Motores

# Principios de actuación

- Permiten que el robot interactúe con el entorno, modificándolo
- Son la “operación de escritura” de la API robot-entorno
- Transforman energía
  - Neumática: (movimiento o compresión de un gas) en fuerza.
  - Hidráulica: (movimiento o compresión de un líquido) en fuerza.
  - Eléctrica: (voltaje e intensidad) en energía cinética (velocidad angular (rpm) y torque) o en energía térmica (temperatura)



# Clasificación

- Tipos de motores
  - Revoluta
  - Prismático
- Motores eléctricos
  - Corriente continua
  - Paso a paso
  - Servo

# Motor de corriente continua (DC)

Accionar un motor DC es muy simple y sólo es necesario aplicar la tensión de alimentación entre sus bornes. Para invertir el sentido de giro basta con invertir la alimentación y el motor comenzará a girar en sentido opuesto.

No pueden ser posicionados y/o enclavados en una posición específica. Estos simplemente giran a la máxima velocidad y en el sentido que la alimentación aplicada se los permite.



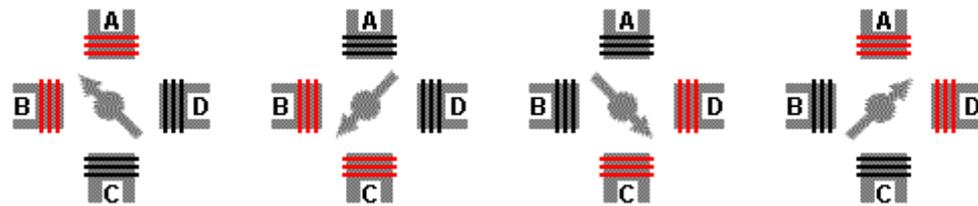
Rotor



Estator

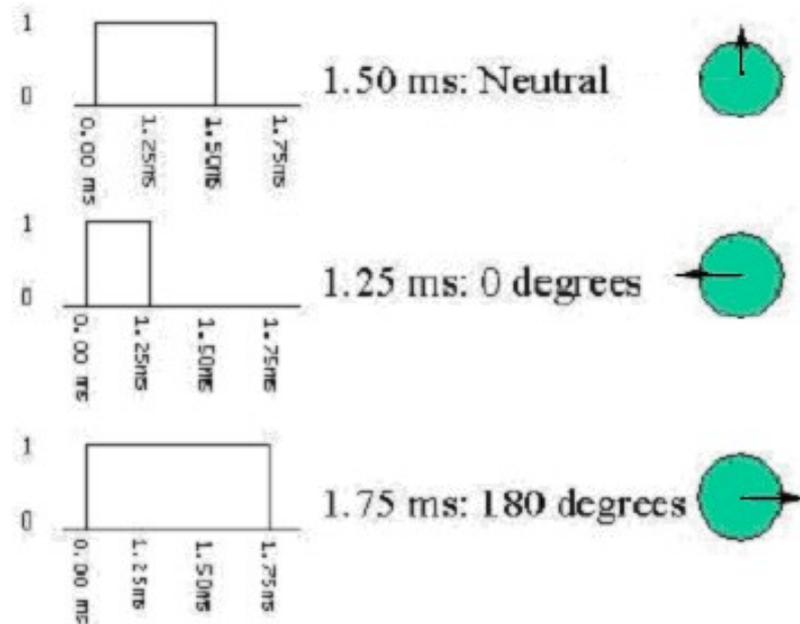
# Motores Paso a Paso

La característica principal de estos motores es el hecho de poder moverlos un paso a la vez por cada pulso que se le aplique. Este paso puede variar desde  $90^\circ$  hasta pequeños movimientos de tan solo  $1.8^\circ$



# Motores Servo

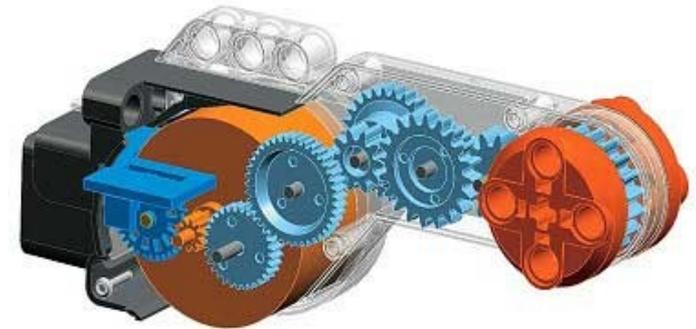
Un servo motor puede ser llevado a posiciones angulares específicas al enviar una señal codificada. Mientras una señal codificada exista en la línea de entrada, el servo mantendrá la posición angular del engranaje.



# NXT: Actuadores <sup>1/2</sup>

## Servo Motores

- Forma rara
- Reducción integrada
- Control: respuesta lineal
  - Velocidad
  - Posición
- Medidor de rotación integrado (1° precisión)
- 170RPM, 60mA
- Hasta 50 N/cm, con 2A (!)



# NXT: Actuadores <sup>2/2</sup>

## Actuador Lineal

- Desplazamiento 100mm
- Fuerza 25N
- Conectar a puerto de motores



# Otros actuadores

- Músculos artificiales
  - Aleaciones que se contraen al electrificarse
  - Polímeros
- Actuadores neumáticos e hidráulicos  
Estos no son prácticos en “microrrobótica”

# Control

En nuestras vidas  
Ejemplos  
Firmware

# En nuestras vidas

- Televisión
- Equipo de audio
- Control remoto
- Microondas
- Teléfonos
- Autos
- PC
- Teclados

# NXT: Controlador

- Microcontrolador ARM7 32-bit, a 48MHz
  - Uso general
  - 256Kb FLASH, 64Kb RAM
- Microcontrolador AVR 8-bit a 8MHz
  - Control de los motores (modulación PWM)
  - 4kB FLASH, 512B RAM
- Bluetooth (SPP) + USB 2.0
- 3 Salidas
- 4 Entradas
- LCD, botones, parlante
- 6 pilas AA o baterías



# Programación

Onboard o programación embebida

RobotC

LeJOS

NXC/NBC

Control Remoto

ICommand (Java)

NXT\_Python

# LeJOS <sup>1/2</sup>

Implementación de una JVM para NXT

Funcionalidades razonables

- Threads

- Algunas estructuras de datos

- Garbage collector

- Eclipse plug-in

- Posible control por manejo de eventos

Requiere “quemar” un firmware nuevo

Software libre

<http://lejos.sourceforge.net/>

# LeJOS 2/2

## Ejemplo de programa

```
sonar = new UltrasonicSensor(SensorPort.S4);
Motor.A.forward();
Motor.B.forward();
while (true) {
    if (sonar.getDistance() < 25) {
        Motor.A.forward();
        Motor.B.backward();
    } else {
        Motor.A.forward();
        Motor.B.forward();
    }
}
```

# Mecánica

Introducción  
Generalidades  
Algunos ejemplos

# Introducción

El diseño y la construcción son por lo general procesos iterativos, con prototipos intermedios (¿descartables?) → \$\$\$

# Introducción

El diseño y la construcción son por lo general procesos iterativos, con prototipos intermedios (¿descartables?) → \$\$\$

Cumplir objetivos particulares

Desarrollo en etapas

# Proceso

Requerimientos (¿qué tiene que hacer?)

- Parte de la letra

# Proceso

Requerimientos (¿qué tiene que hacer?)

- Parte de la letra

Análisis (¿cuáles son los problemas?)

# Proceso

Requerimientos (¿qué tiene que hacer?)

- Parte de la letra

Análisis (¿cuáles son los problemas?)

Diseño (¿cómo se resuelven?)

- Simulación
- Síntesis de otros modelos (anteriores?)

# Proceso

Requerimientos (¿qué tiene que hacer?)

- Parte de la letra

Análisis (¿cuáles son los problemas?)

Diseño (¿cómo se resuelven?)

- Simulación
- Síntesis de otros modelos (anteriores?)

Implementación

# Ejemplos

- Robot móvil con ruedas, terreno continuo, entorno no accesible a humanos, tareas de duración corta (del orden de horas).



# Ejemplos

- Robot móvil con ruedas, terreno continuo, entorno no accesible a humanos, tareas de duración corta (del orden de horas).
- Manipulador, tareas repetitivas, herramienta industrial, montado sobre robot móvil. Varias articulaciones.



# Ejemplos

- Robot móvil con ruedas, terreno continuo, entorno no accesible a humanos, tareas de duración corta (del orden de horas).
- Manipulador, tareas repetitivas, herramienta industrial, montado sobre robot móvil. Varias articulaciones.
- Robot móvil, terreno discontinuo o con escaleras, entorno accesible a humanos, tareas supervisadas.



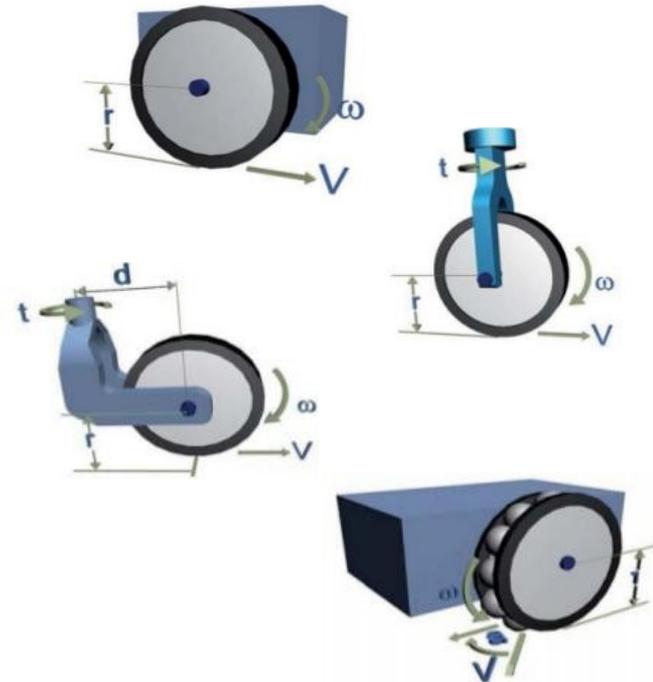
# Ruedas

- Material: tracción, transmisión.



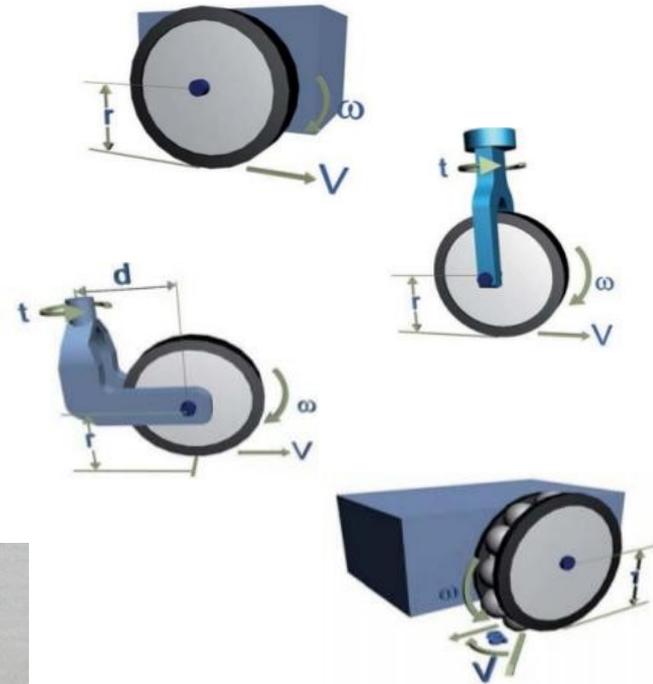
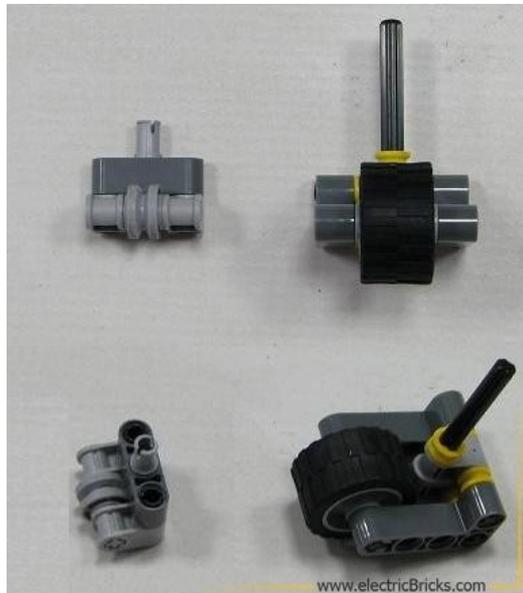
# Ruedas

- Material: tracción, transmisión.
- Tipo: fija, directriz, loca y omnidireccionales.



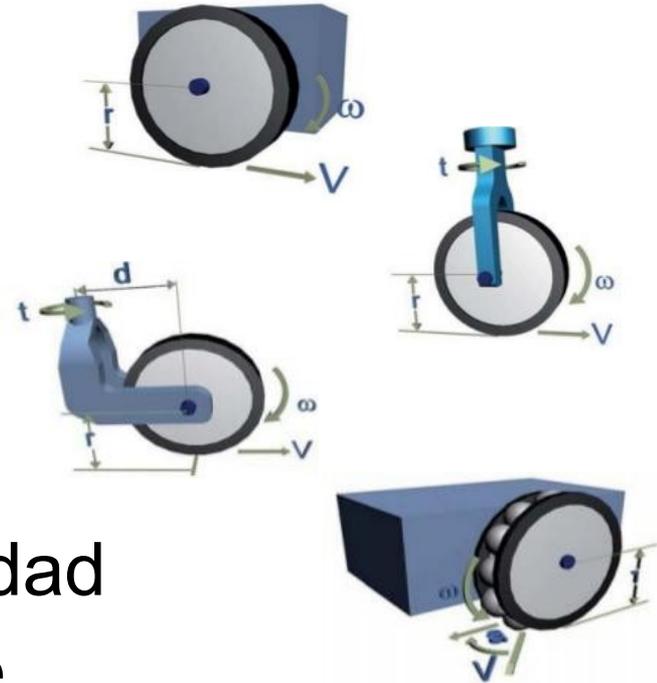
# Ruedas

- Material: tracción, transmisión.
- Tipo: fija, directriz, loca y omnidireccionales.



# Ruedas

- Material: tracción, transmisión.
- Tipo: fija, directriz, loca y omnidireccionales.
- Tamaño
  - Más grandes → Mayor velocidad
  - Más grandes → Menor torque
  - Más grandes → Menor control sobre la posición
- Precio y disponibilidad.



# Distribución de Ruedas

- Diferencial
- Triciclo
- Ackerman
- Omnidireccional
- 4x4 Extensión de diferencial
- Oruga



# Articulaciones

- Articulación 1 G.L.  
Visagra, ej. codo, rodilla  
Control 1 servomotor



# Articulaciones

- Articulación 1 G.L.  
Visagra, ej. codo, rodilla  
Control 1 servomotor
- Articulación 2 G.L.  
Cardan, ej. tobillo, muñeca  
Control 2 servomotores



# Articulaciones

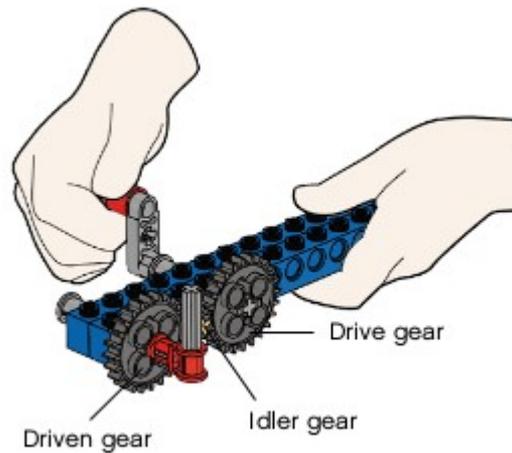
- Articulación 1 G.L.  
Visagra, ej. codo, rodilla  
Control 1 servomotor
- Articulación 2 G.L.  
Cardan, ej. tobillo, muñeca  
Control 2 servomotores
- Articulación 3 G.L.  
Esférica, ej. cadera, hombro  
Control 3 servomotores



# Transmisión

- Correa, cadena, igual sentido de giro.
- Engranajes, invierte sentido de giro.

a)  $d_m < d_c$       b)  $d_m > d_c$



# Transmisión

- Correa, cadena, igual sentido de giro.
- Engranajes, invierte sentido de giro.
  - a)  $d_m < d_c$
  - b)  $d_m > d_c$
- Velocidad
  - a) El conducido gira mas lento que el motor.
  - b) El conducido gira mas rápido que el motor.

# Transmisión

- Correa, cadena, igual sentido de giro.
- Engranajes, invierte sentido de giro.
  - a)  $d_m < d_c$
  - b)  $d_m > d_c$
- Velocidad
  - a) El conducido gira mas lento que el motor.
  - b) El conducido gira mas rápido que el motor.
- Par
  - a) Mas par en el conducido.
  - b) Menos par en el conducido.

# Referencias

- Autonomous Robots: From Biological Inspiration to Implementation and Control, G. A. Bekey, 2005.
- Germán López y Santiago Margni, Construcción de Robots a Bajo Costo, Reporte Técnico, Instituto de Computación, 2003.
- Damián Lezama y Alexander Sklar, Construcción de Robots Bípedos, Reporte Técnico, Instituto de Computación & Instituto de Ingeniería Eléctrica, 2004.
- Gabriel J. Ferrer, Using Lego Mindstorms NXT in the Classroom, Hendrix College.

# Preguntas