

Fundamentos en Robótica

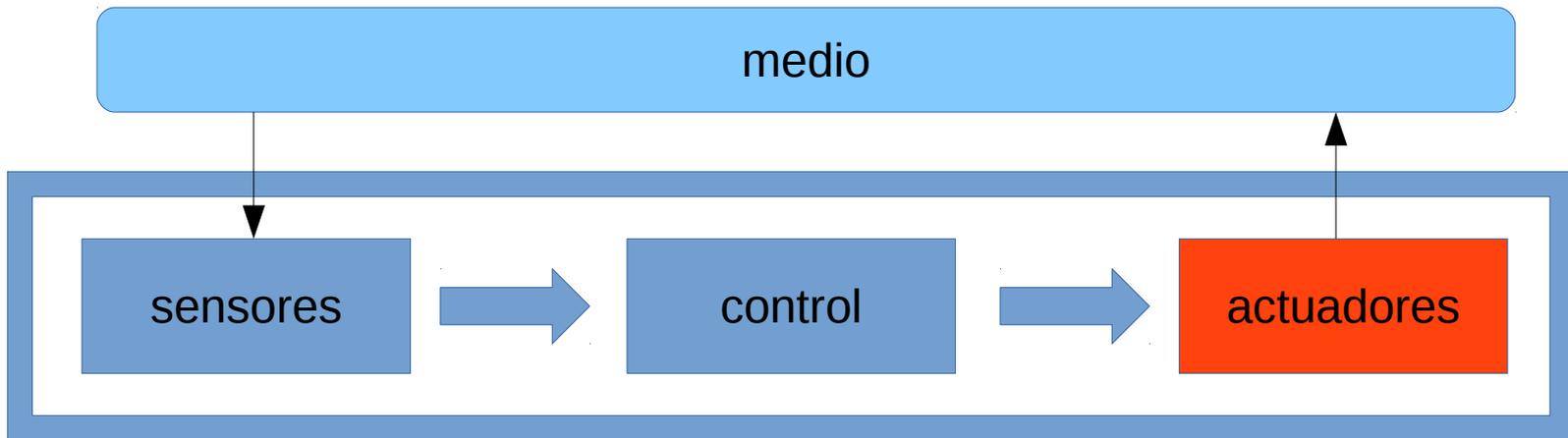
Unidad 2.2

Elementos estructurales

Temario

- Chasis
- Sensores
- **Articulaciones**
- **Actuadores**
- Plataformas de cómputo
- Suministro de Energía
- Comunicaciones

Actuadores



Actuadores

Transductores: del control al mundo

- Trabajo mecánico
 - Movilidad
 - Manipulación
- Indirectos
 - Bocina
 - Luces
 - Elementos de UI físicos

Actuadores

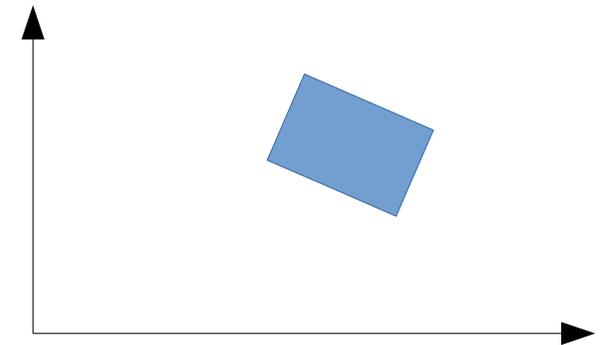
Transductores: del control al mundo

- Trabajo mecánico
 - Movilidad
 - Manipulación
- Indirectos
 - Bocina
 - Luces
 - Elementos de UI físicos

Grados de libertad

Número de parámetros necesarios para describir una posición

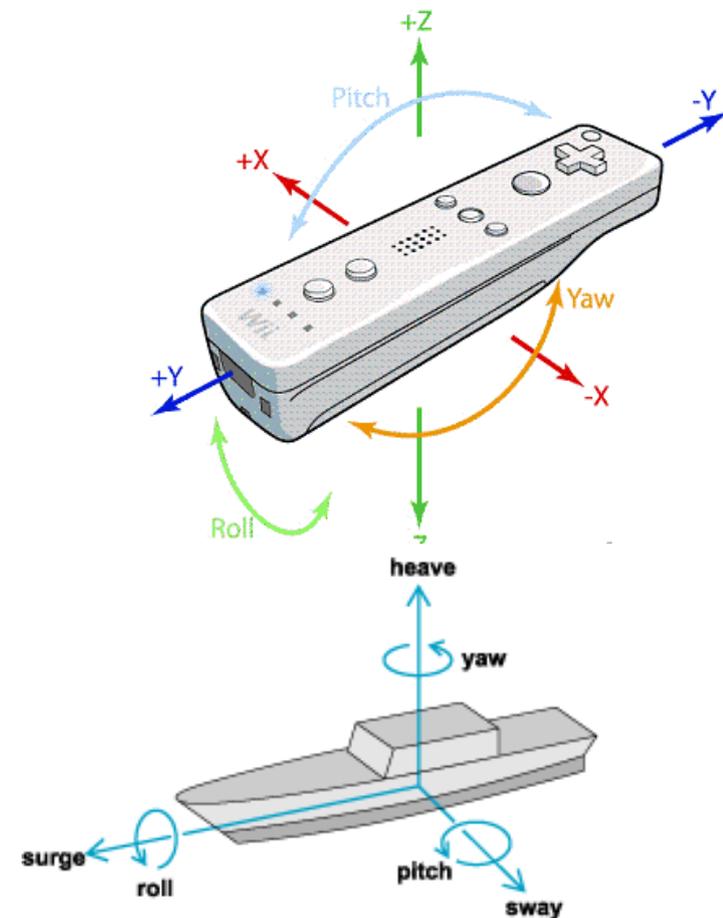
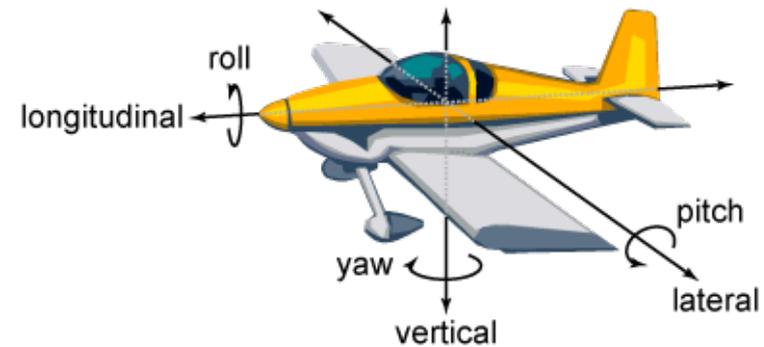
- En el espacio 2D, son 3:
 - 2 traslaciones + 1 rotación
- En el espacio 3D, son 6 (6DOF):
 - 3 traslaciones + 3 rotaciones
 - Se puede expresar como una matriz 4×4 (o 3×4)



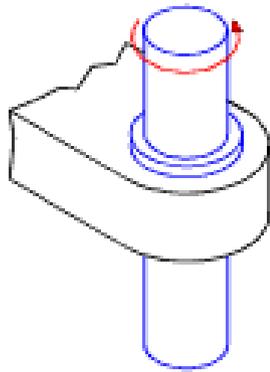
6DOF

La posición de un cuerpo en el espacio tridimensional:

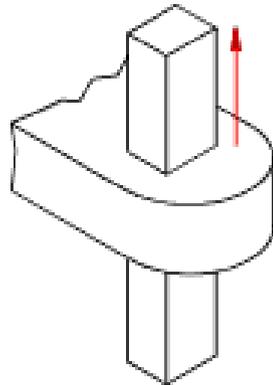
- 3 de ubicación
 - (x, y, z) en cartesianas
 - (r, θ, φ) en polares
 - (r, θ, z) en cilíndricas
- 3 de orientación
 - Rolado (*roll*), cabeceo (*pitch*) y guiñada (*yaw*)
 - Representado como ángulos de Euler, cuaterniones, eje-ángulo...



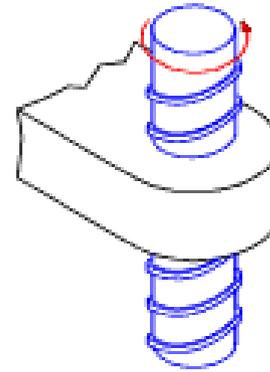
Articulaciones



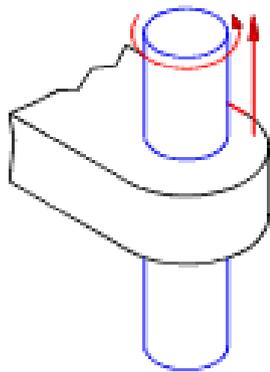
Turning Pair...1-DOF



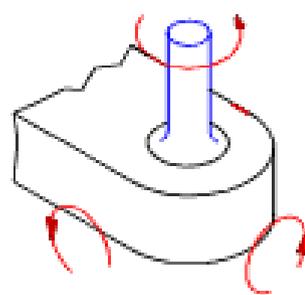
Prismatic (Sliding) Pair...1-DOF



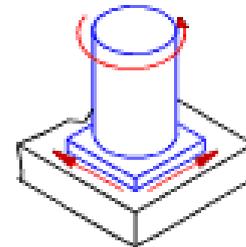
Screw Pair ...1-DOF



Cylindrical Pair ...2-DOF



Spherical (Globular) Pair...3-DOF

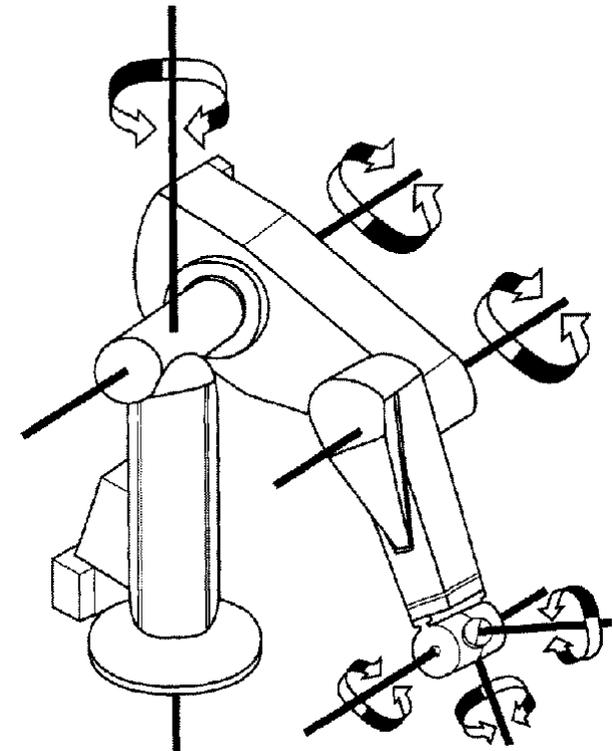


Flat Pair ...3-DOF



Articulaciones

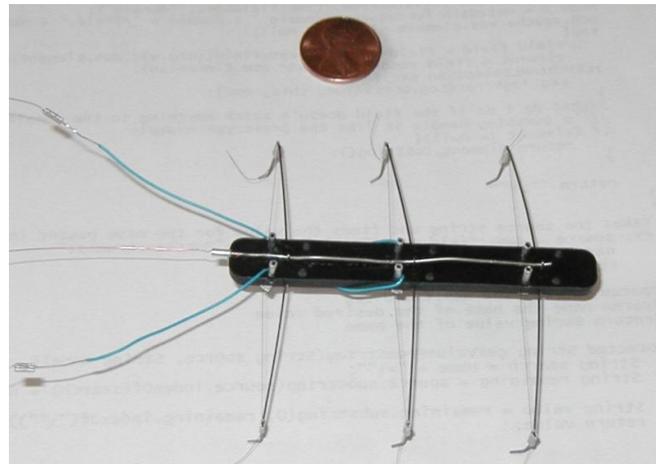
- Encadenando articulaciones
 - Cilíndrica, revoluta+deslizante: 2DOF
 - Cardán, revoluta+revoluta: 2DOF
- los DOF se suman, pero...
 - Si encadeno articulaciones prismáticas o de rotación con ejes colineales, no sumo DOF
 - “Gymbal lock”



Actuadores

Actuadores mecánicos:

- Electromagnéticos
- Hidráulicos y neumáticos
- Piezoeléctricos
- Materiales con memoria
- ...



Actuadores

Actuadores mecánicos:

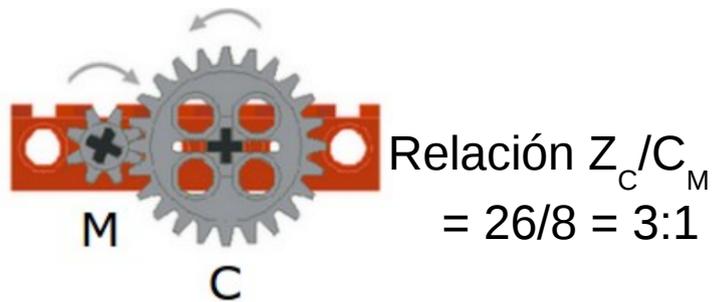
- Motor+cadena de salida
- Motores
 - De rotación
 - Lineales
- Salida manipulada con dispositivos mecánicos



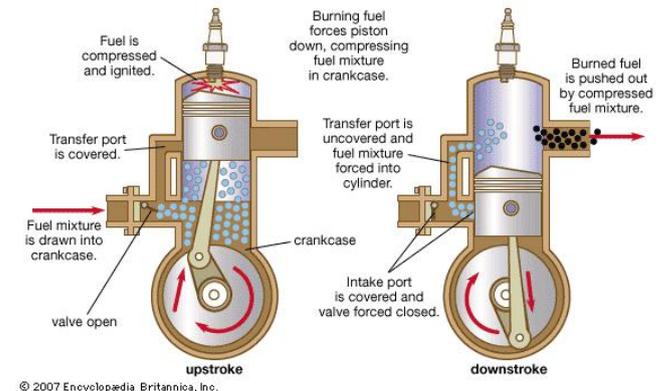
Actuadores

Conversión de movimientos

- Rotación – rotación



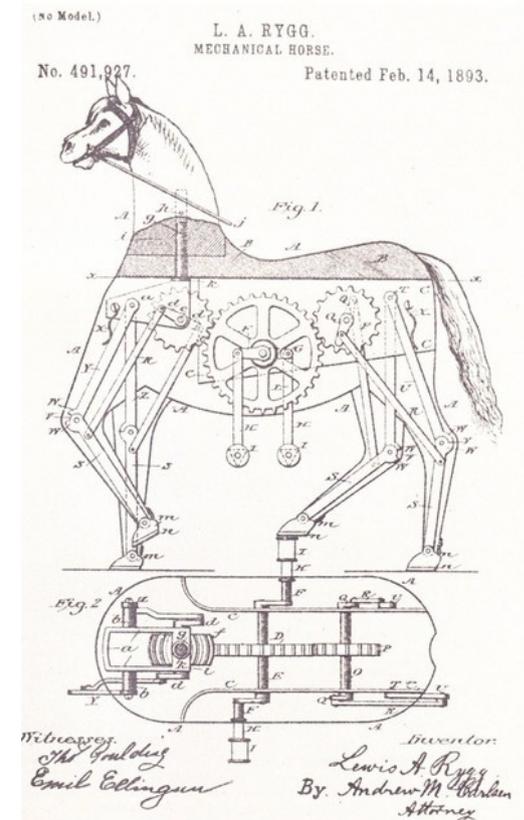
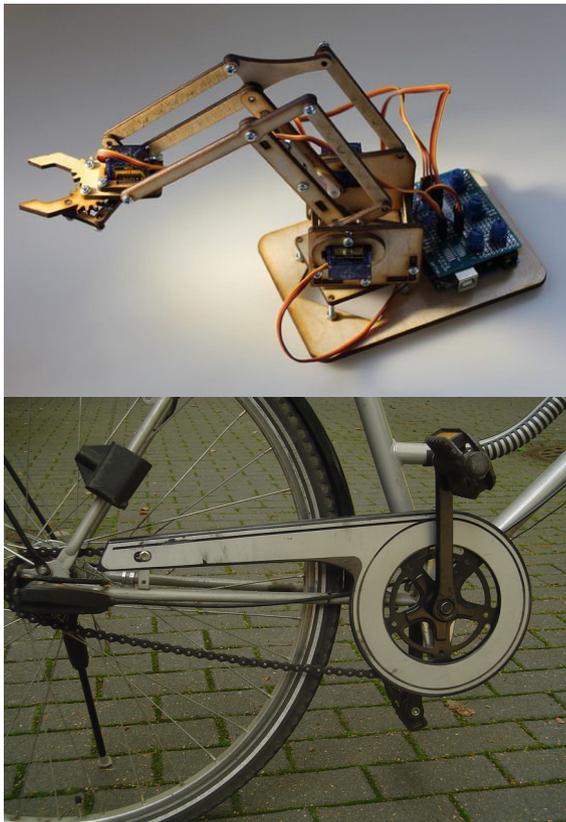
- Rotación – lineal



Actuadores

Conversión de movimientos

- Transmisión de rotaciones y desplazamientos
- Síntesis de movimientos



Actuadores

Características:

- Dimensiones y peso
- Fuerza / torque
- Velocidad de movimientos
- Potencia consumida y eficiencia
- Parámetro controlado
 - Posición, velocidad, fuerza?
- Precisión, resolución y tiempo de respuesta
- Costo y disponibilidad

Actuadores

Características:

- Dimensiones y peso
- **Fuerza / torque**
- **Velocidad de movimientos**
- Potencia consumida y eficiencia
- Parámetro controlado
 - Posición, velocidad, fuerza?
- Precisión, resolución y tiempo de respuesta
- Costo y disponibilidad

Actuadores

Velocidad de movimiento

- Usualmente, se da sin carga. Pero, ¿cómo responde el actuador cuando hace trabajo útil?

H/W Specification

- Weight : 53.5g (AX-12/AX-12+), 54.6g (AX-12A)
- Dimension : 32mm * 50mm * 40mm
- Resolution : 0.29°
- Gear Reduction Ratio : 254 : 1
- Stall Torque : 1.5N.m (at 12.0V, 1.5A)
- No load speed : 59rpm (at 12V)
- Running Degree

Actuadores

Fuerza o torque

- Representa la capacidad del motor de superar una resistencia

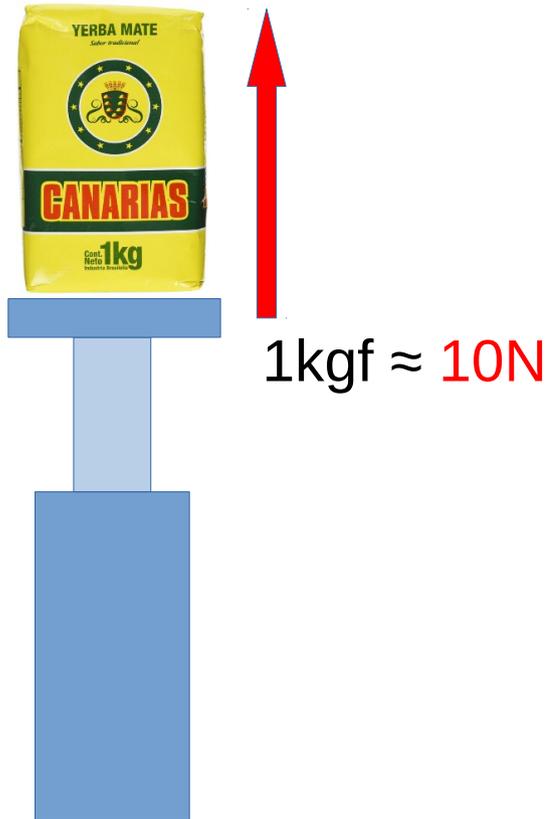
H/W Specification

- Weight : 53.5g (AX-12/AX-12+), 54.6g (AX-12A)
- Dimension : 32mm * 50mm * 40mm
- Resolution : 0.29°
- Gear Reduction Ratio : 254 : 1
- Stall Torque : 1.5N.m (at 12.0V, 1.5A)
- No load speed : 59rpm (at 12V)
- Running Degree

Fuerza y torque

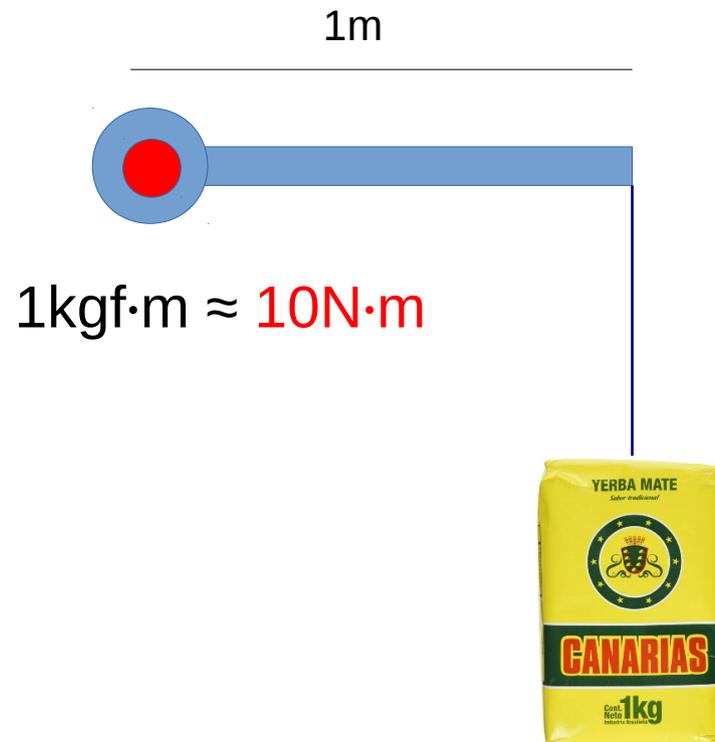
Lineal

- Unidades: N



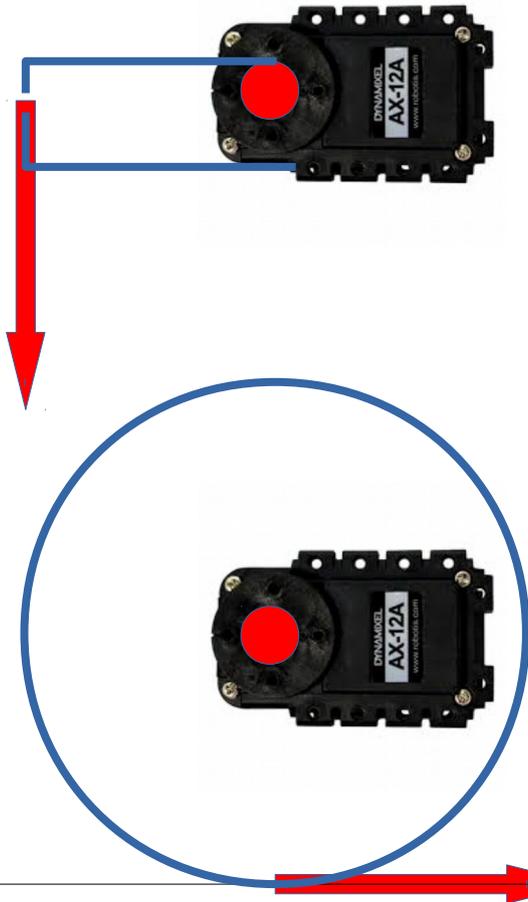
De rotación

- Unidades N·m



Fuerza y torque

5cm

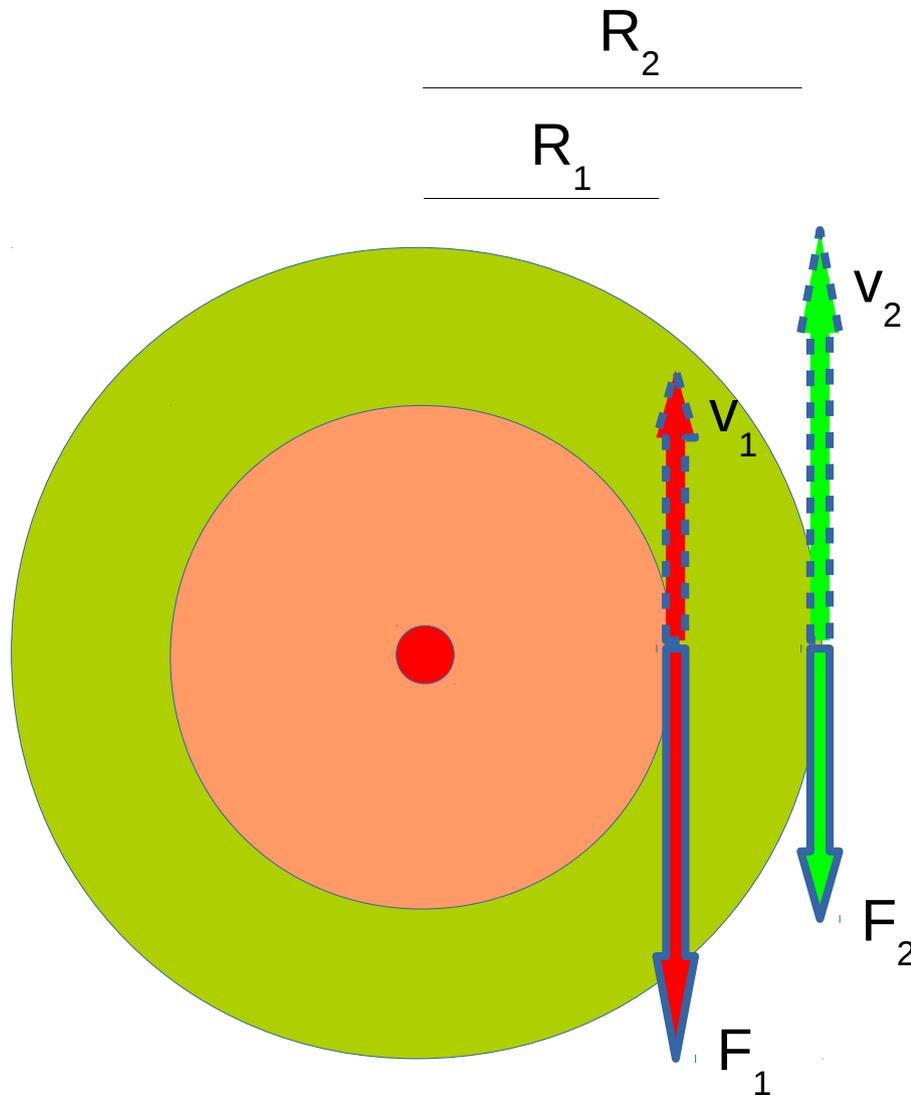


H/W Specification

- Weight : 53.5g (AX-12/AX-12+), 54.6g (AX-12A)
- Dimension : 32mm * 50mm * 40mm
- Resolution : 0.29°
- Gear Reduction Ratio : 254 : 1
- Stall Torque : 1.5N.m (at 12.0V, 1.5A)
- No load speed : 59rpm (at 12V)
- Running Degree

$$1.5\text{Nm} / 0.05\text{m} = 30\text{N} \approx 3\text{kgf} \text{ (a } 12\text{V} \times 1.5\text{A} = 18\text{W)}$$

Fuerza y torque



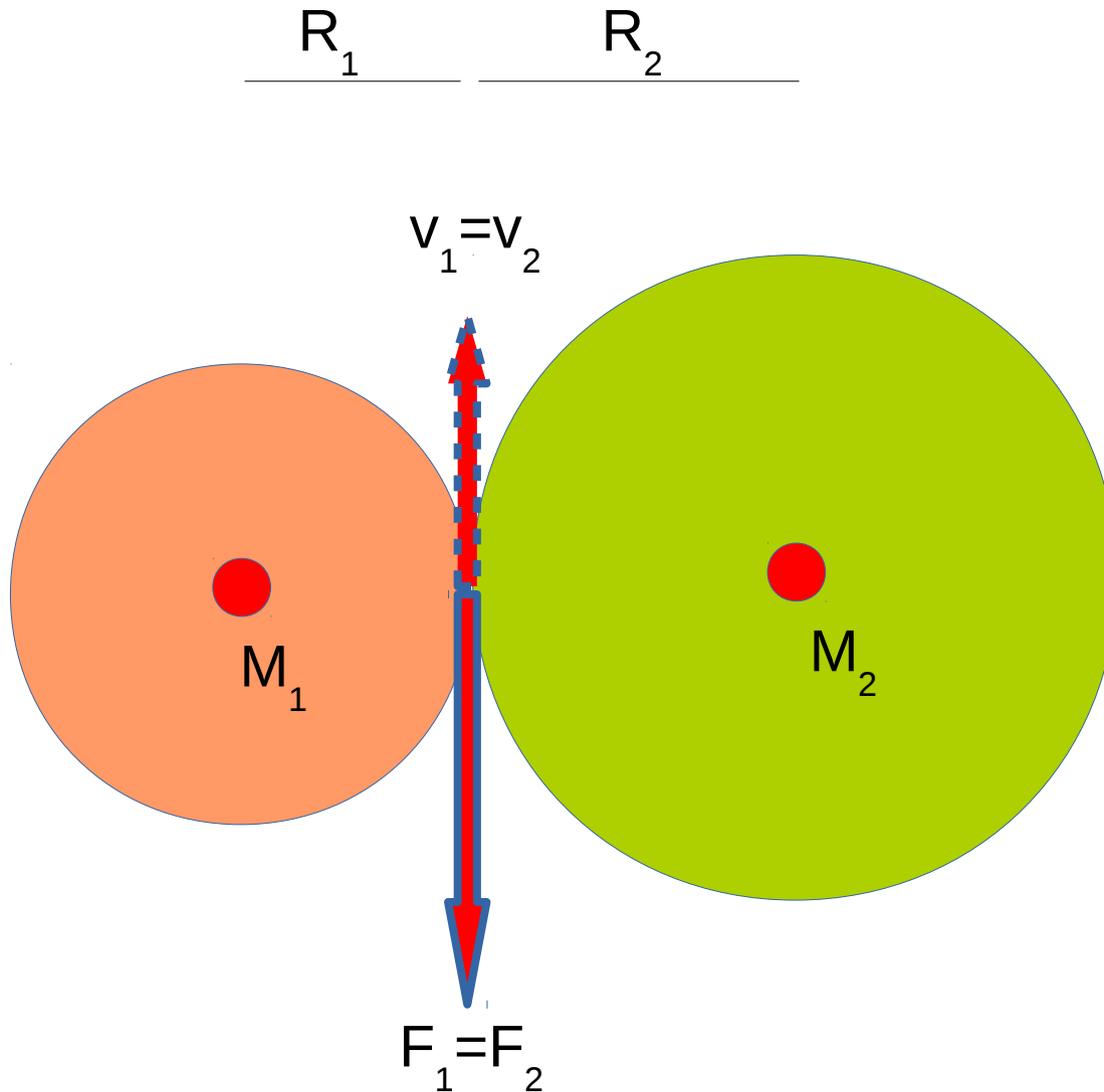
$$R_1 F_1 = R_2 F_2$$

$$F_2 = \frac{R_1}{R_2} F_1$$

$$v_2 = \frac{R_2}{R_1} v_1$$

A igualdad de velocidad angular y torque, hay un balance entre fuerza y velocidad lineales

Fuerza y torque



$$M_1 = R_1 F$$

$$M_2 = R_2 F$$

$$M_2 = \frac{R_2}{R_1} M_1$$

$$\omega_2 = \frac{R_1}{R_2} \omega_1$$

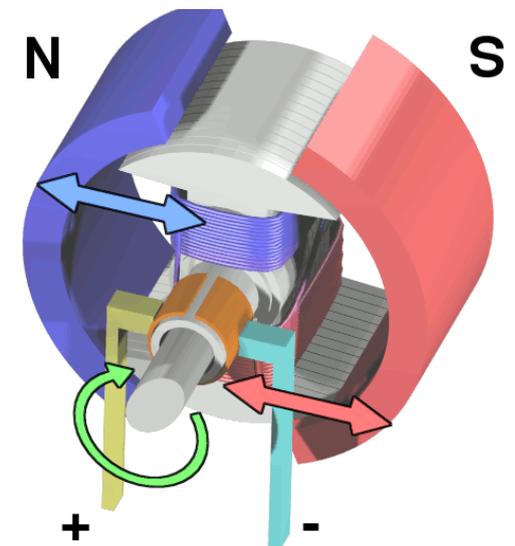
A igualdad de velocidad lineal, hay un balance entre torque y velocidad angular

Motores eléctricos

- Motores DC con escobillas
- Motores sin escobillas
- Steppers
- Servomotores

Motores DC con escobillas

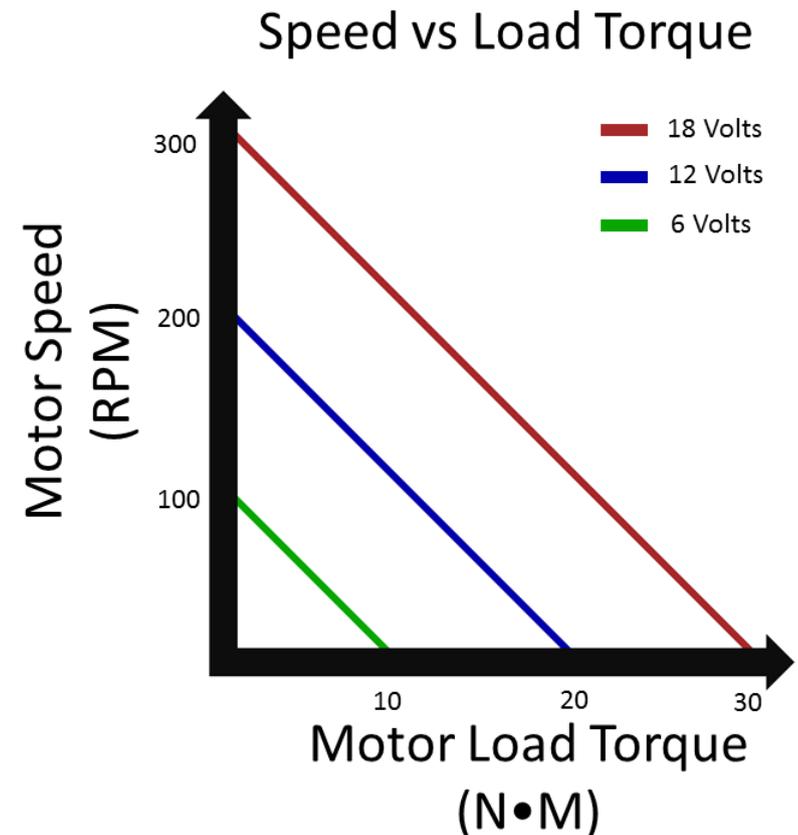
- *Brushed*
- Se le aplica un voltaje DC y gira
- Gira tan rápido como puede
- Bajo costo, simple.
- Gran variedad y disponibilidad
- No depende de ni ofrece ningún *feedback*



Motores DC con escobillas

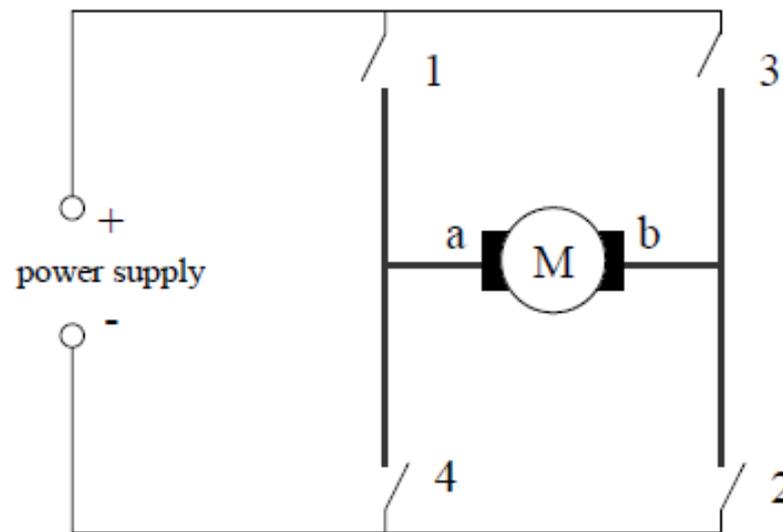
- Velocidad de giro depende del voltaje y carga mecánica (resistencia)
- Se regulan...
 - El sentido con la polaridad
 - La velocidad variando voltaje

Respuesta de un motor DC



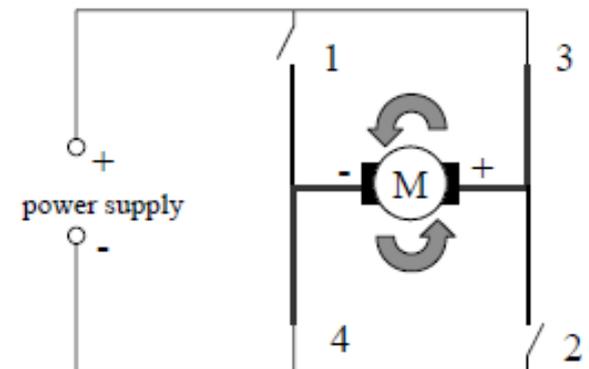
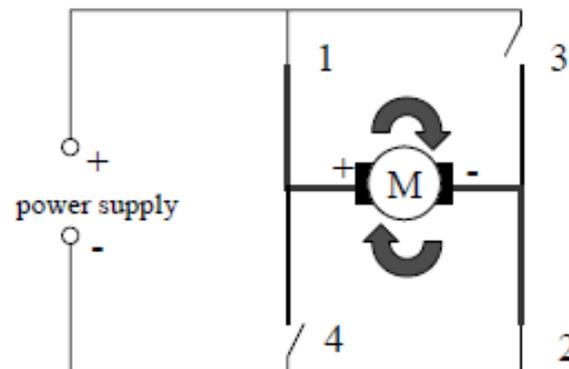
Motores DC con escobillas

Regulación del sentido de giro: Puente-H



Adelante:

Atrás:

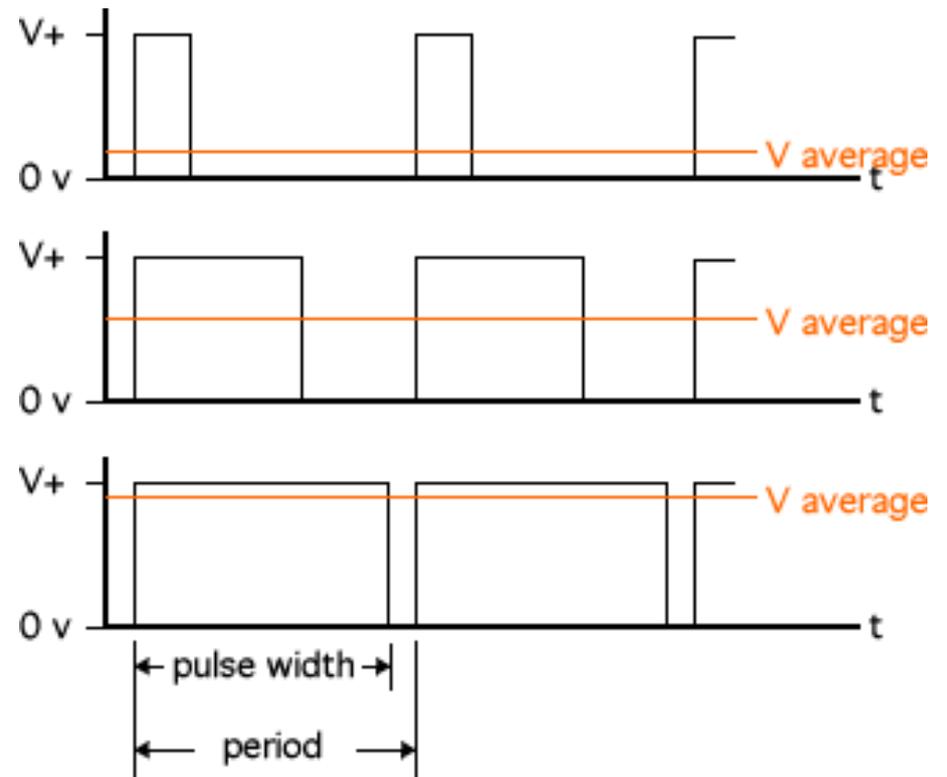


Motores DC con escobillas

Regulación de velocidad

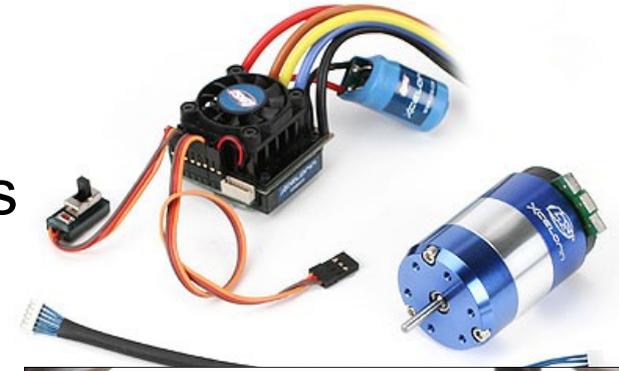
- *Pulse Width Modulation* (PWM), pulsos de período variable.

PWM



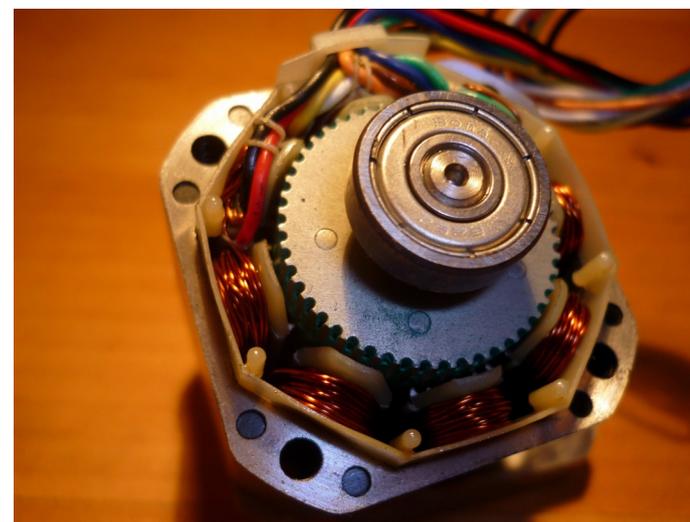
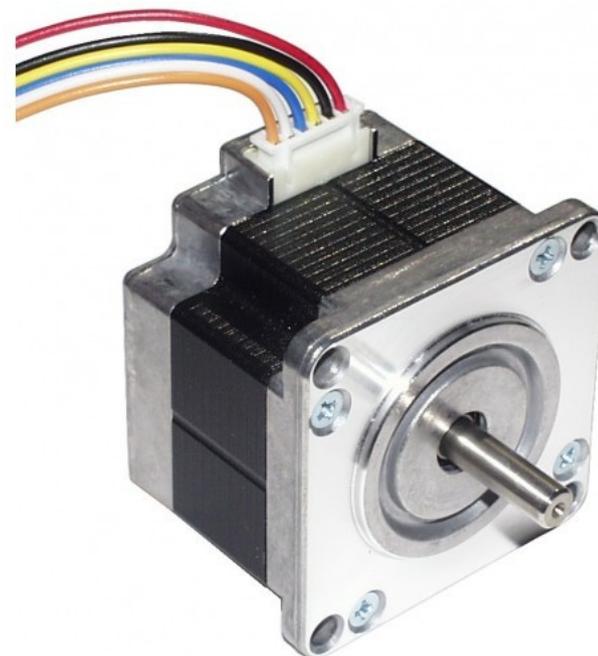
Motores sin escobillas

- *Brushless, BLDC*
- Un motor DC con escobillas, sin las escobillas
- La alimentación de las bobinas es realizada por un controlador externo
 - Una línea de alimentación de cada bobina
 - Líneas de sensado de la posición del eje
 - A veces puede ser omitida - *sensorless*
- Puede tener las bobinas fijas y los imanes en el eje.
- Motores robustos y eficientes
- Muy populares gracias a las mejoras en los sistemas de control de potencia.



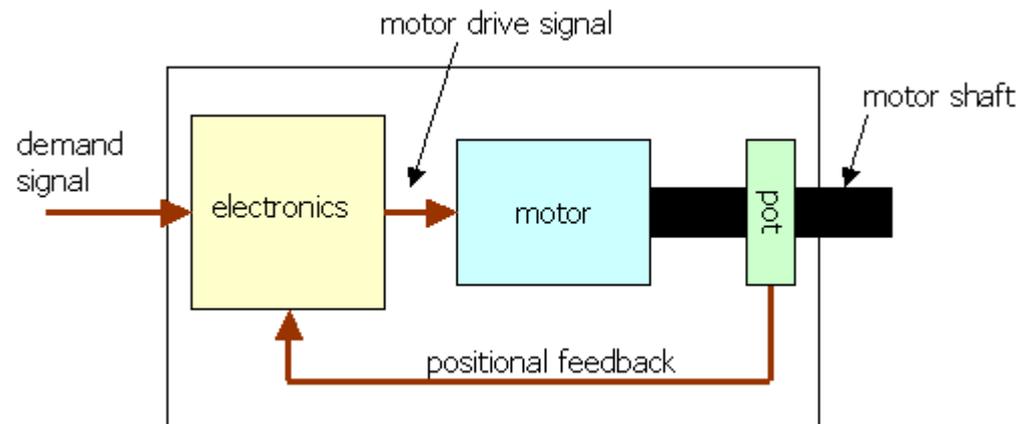
Motores *stepper*

- Un *brushless* optimizado para avanzar una paso a la vez y mantener la posición
- Rotación consiste en pasos discretos
 - Varios modos posibles, según cuantas bobinas se energicen
- Resolución depende del número de bobinas
- No ofrece ni usa *feedback*



Servomotores

- DC brushed + encoder + sistema de control
- De posición o de rotación continua
- Control digital
 - Señalización PWM
 - Protocolo de comunicaciones



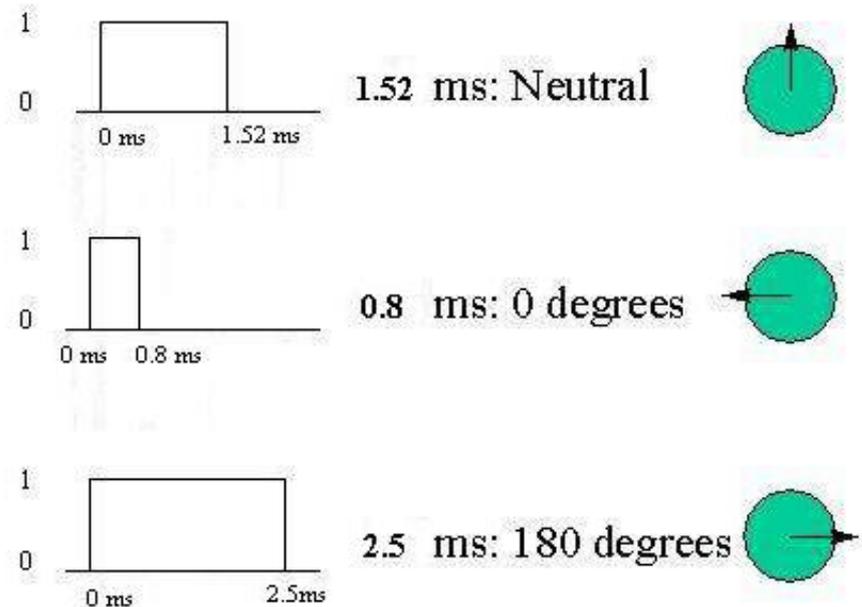
Servomotores

- RC Servos
 - De posición (en un arco limitado) o de rotación continua
 - PWM (señalización), sin feedback
- Familia Dynamixel
 - Posición, rotación
 - Protocolo serial con feedback
- Lego NXT
 - Posición, rotación
 - PWM, feedback (de posición)



Servomotores RC

- RC Servos
 - Bajo costo
 - Tamaños, montajes y control estándar
 - Gran variedad de prestaciones



Fin

Referencias

- Thomas Bräunl, Embedded Robotics, Springer - 2008
- George A. Bekey, Autonomous Robots, MIT Press - 2005
- F. Torres, J. Pomares et al, Robots y Sistemas Sensoriales, Prentice Hall – 2002
- Hojas de datos:
 - Servomotor RC
<https://www.jameco.com/Jameco/Products/ProdDS/283021%20Manual.pdf>
 - Motor stepper unipolar
https://dscl.lcsr.jhu.edu/main/images/9/98/Stepper_Motor_27964.pdf
 - Servomotores digitales Dynamixel AX-12
http://support.robotis.com/en/product/dynamixel/ax_series/dxl_ax_actuator.htm