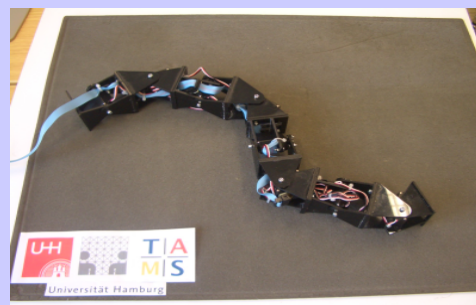
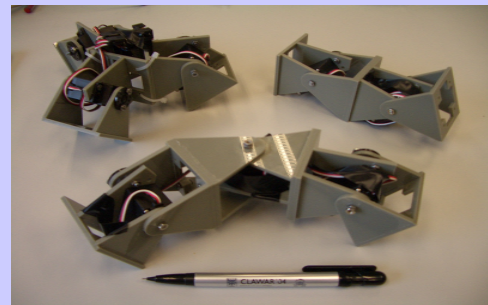
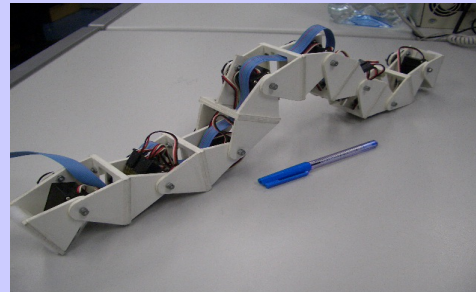
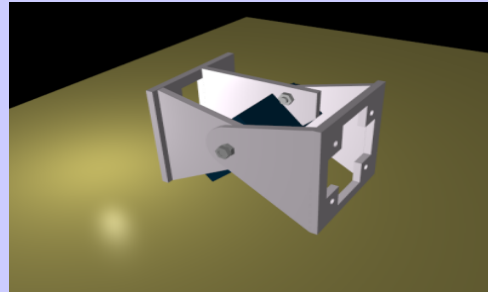


Robótica Modular y Locomoción



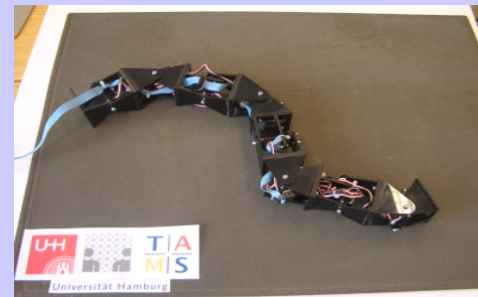
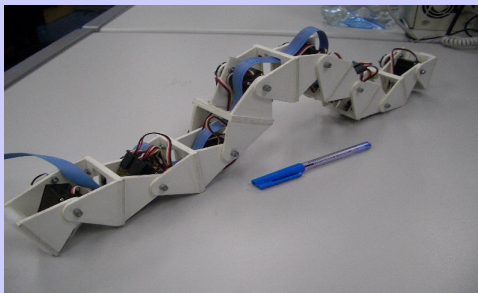
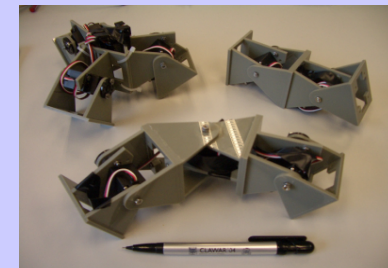
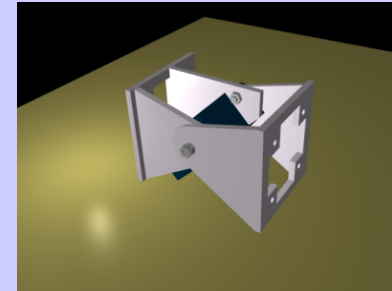
Juan González Gómez

Escuela Politécnica Superior
Universidad Autónoma de Madrid



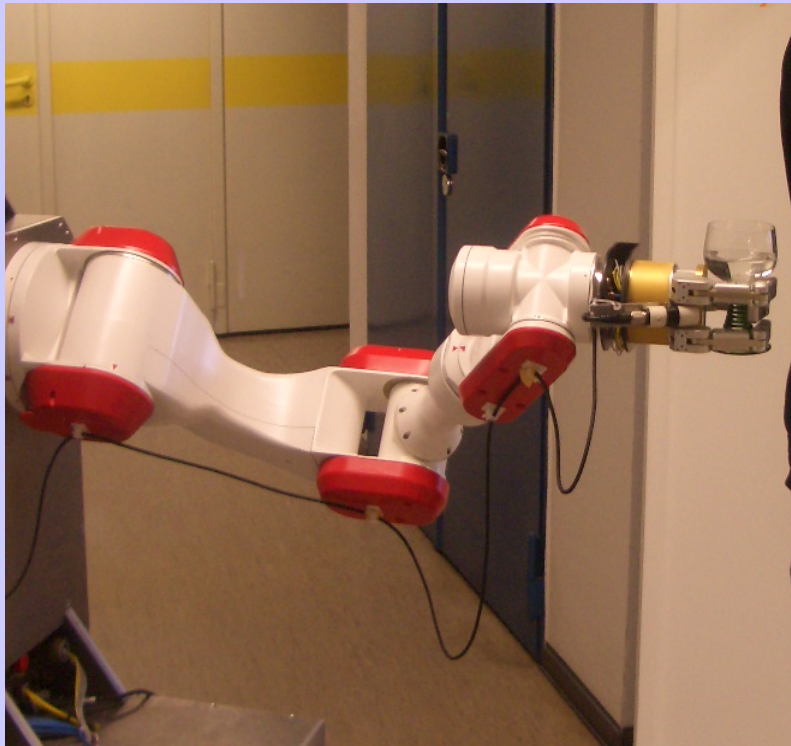
índice

- **Introducción a la robótica**
- **Módulos Y1**
- **Configuraciones mínimas**
- **Robot Cube Revolutions**
- **Robot Hypercube**



Areas principales de investigación en robótica

- **Manipulación:** Robots que pueden interactuar con objetos



Robots industriales
Robots de servicio

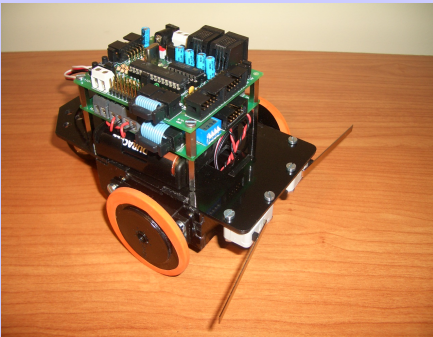
- **Locomoción:** Capacidad de los robots para desplazarse de un lugar a otro.



Robots móviles

Locomoción(I): Clasificación de los robots móviles

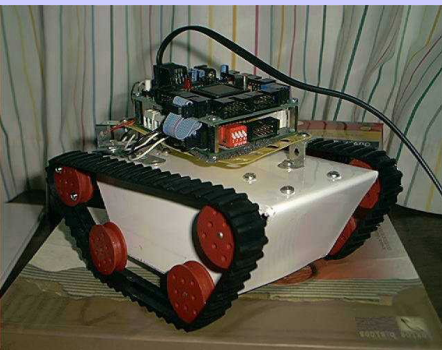
- Los robots móviles se pueden clasificar según los elementos que emplean para realizar la locomoción:



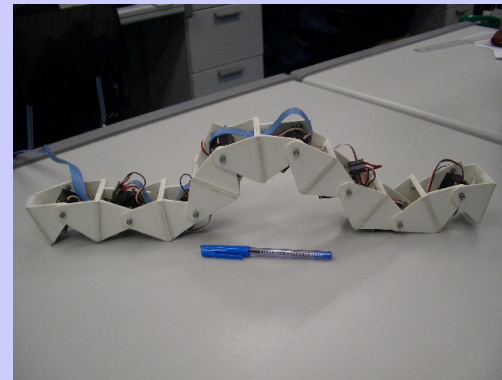
- Ruedas



- Patas



- Orugas



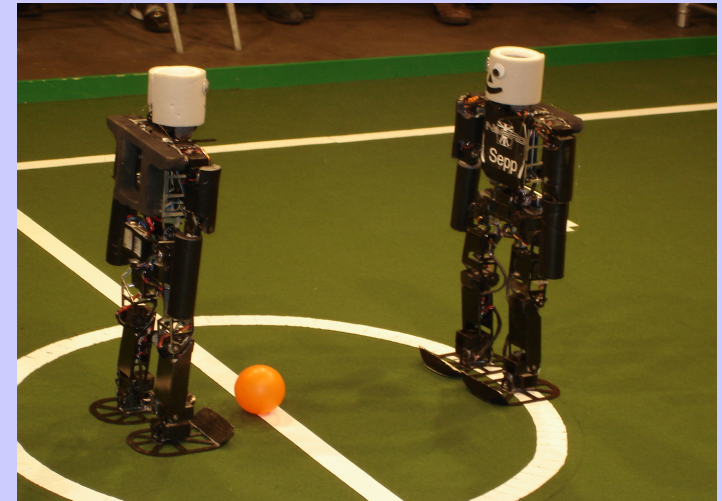
- Otros

Locomoción (II): Robots con patas

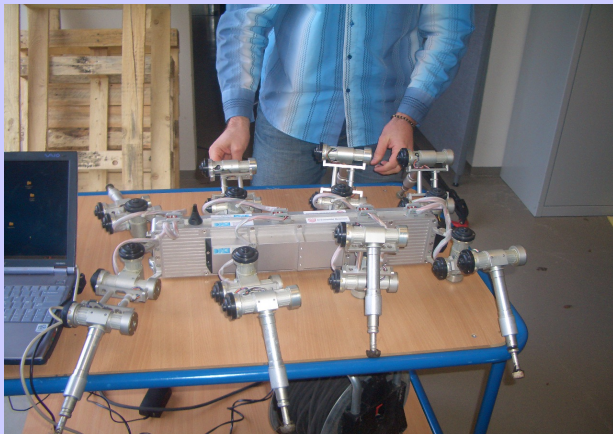
- Alto consumo
- Más complejos
- Problema de la coordinación

¿Por qué la mayoría de animales en la naturaleza tienen patas?

2 patas



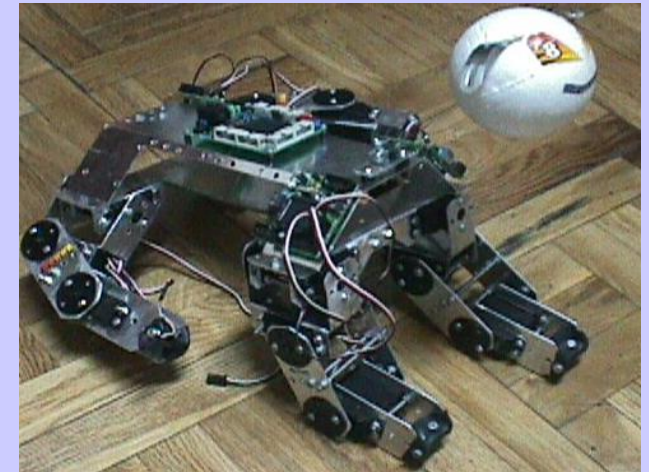
8 patas



6 patas

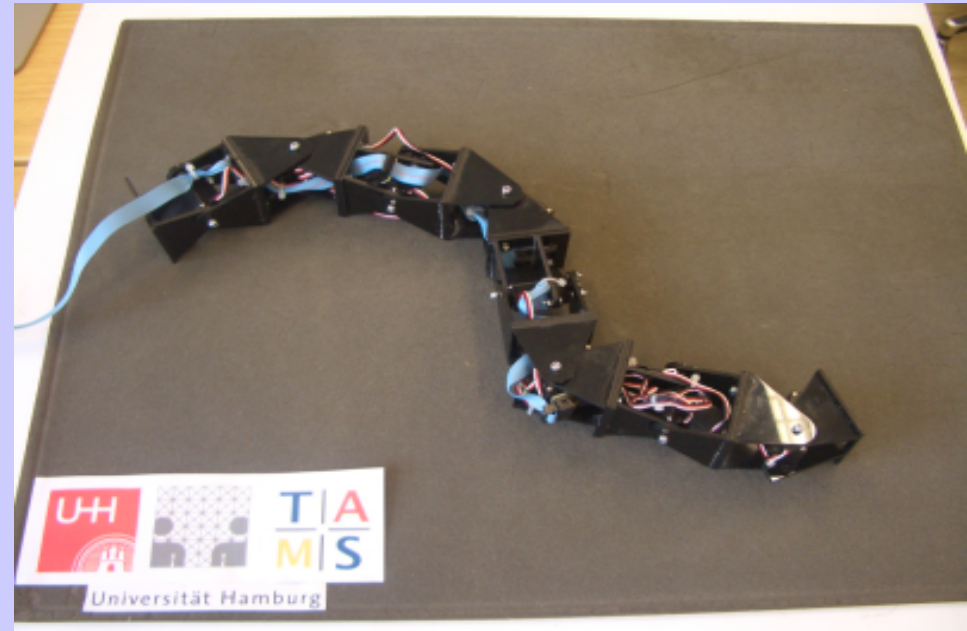
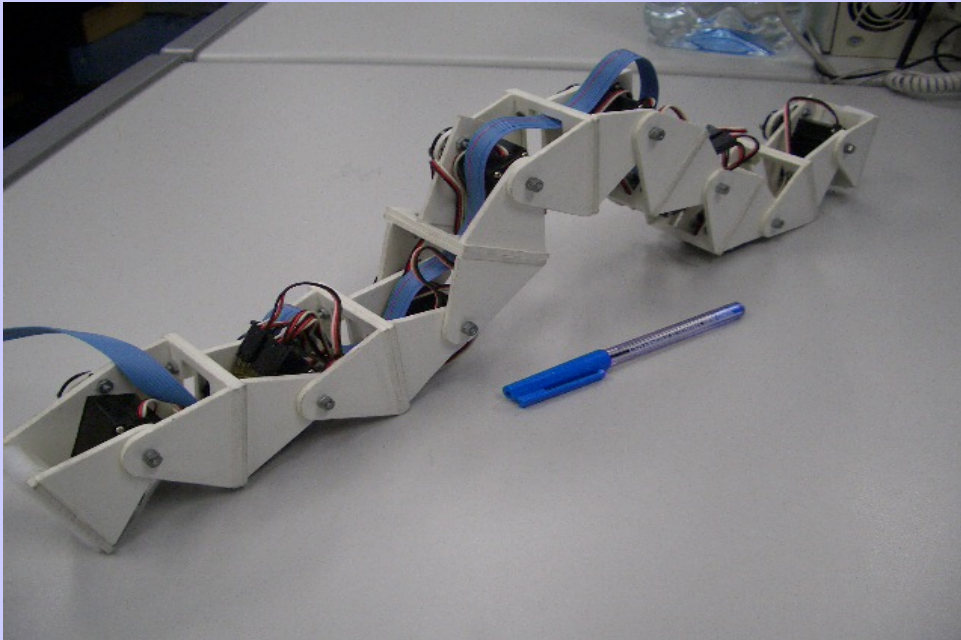


4 patas



Locomoción (III): Movimientos corporales

- Locomoción basada en movimientos del cuerpo
- Ejemplos: gusanos, serpientes...

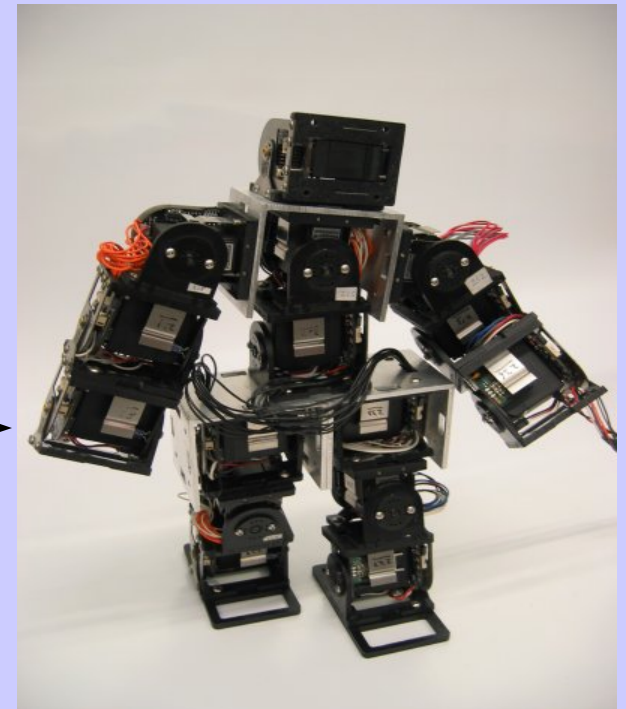
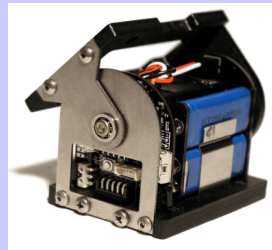


Robótica Modular (I)

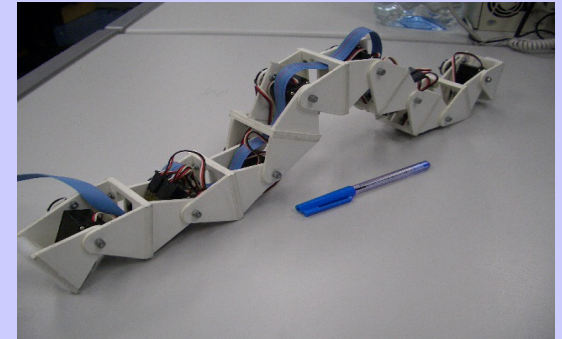
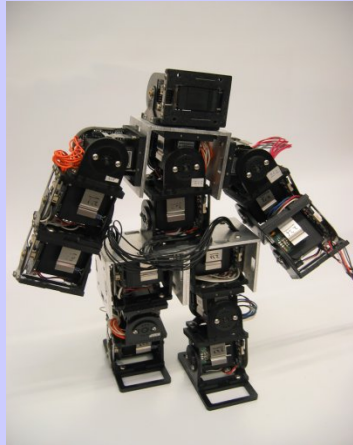
- Diseño específico



- Diseño modular



Robótica Modular (II)



- **Ventajas:**

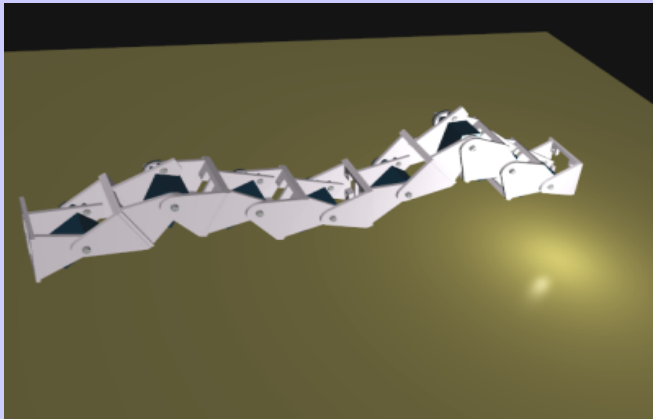
- Versatilidad
- Prototipado rápido
- Prueba de nuevas ideas

Muy buenas plataformas para el estudio de la locomoción

Robótica modular (III)

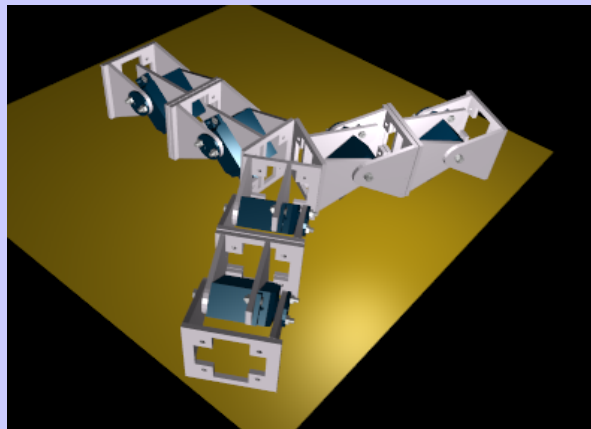
ROBOTS MODULARES

Topologías 1D



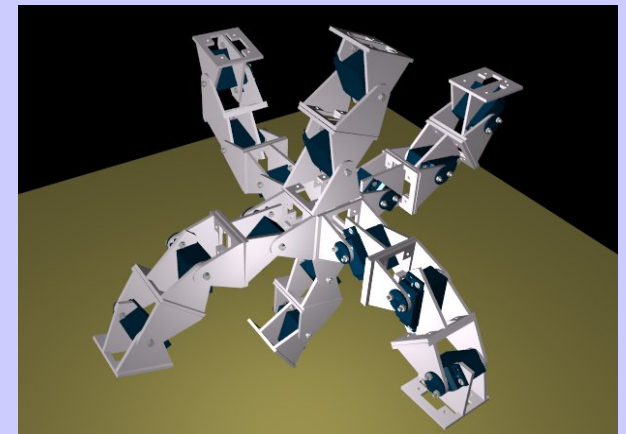
cadenas de módulos
(gusanos, serpientes,
brazos, patas...)

Topología 2D



Dos o más cadenas de
módulos conectadas
en diferentes ejes

Topologías 3D



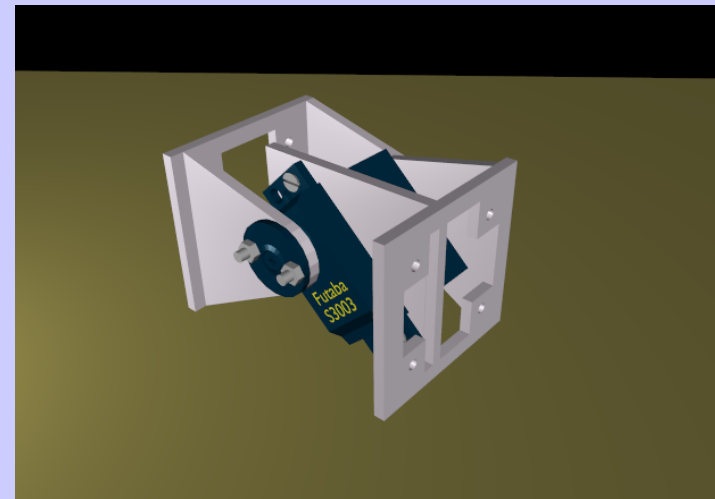
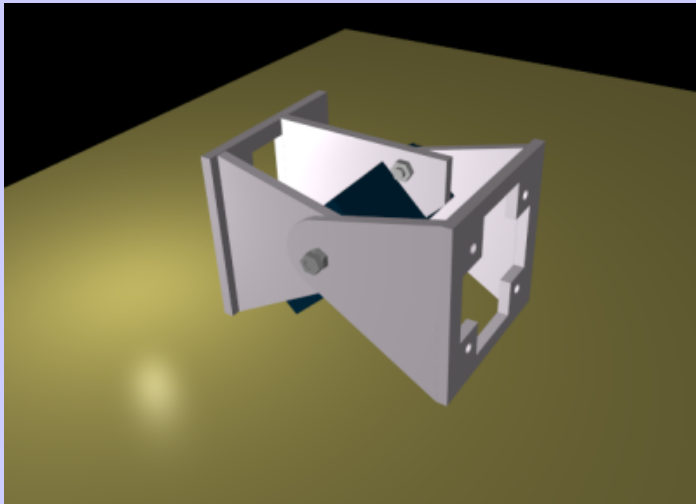
Resto de configuraciones

Robótica modular (IV)

Problema a resolver:

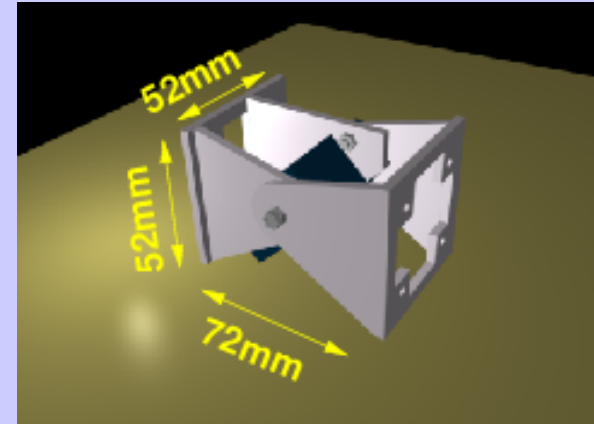
Encontrar los mecanismos de coordinación para que los robots modulares se puedan mover

Módulos Y1

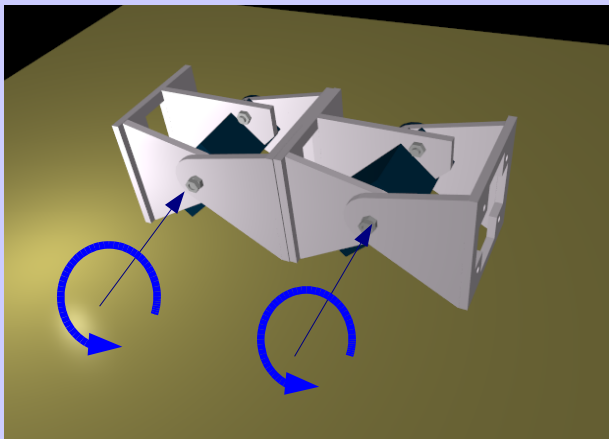


Características

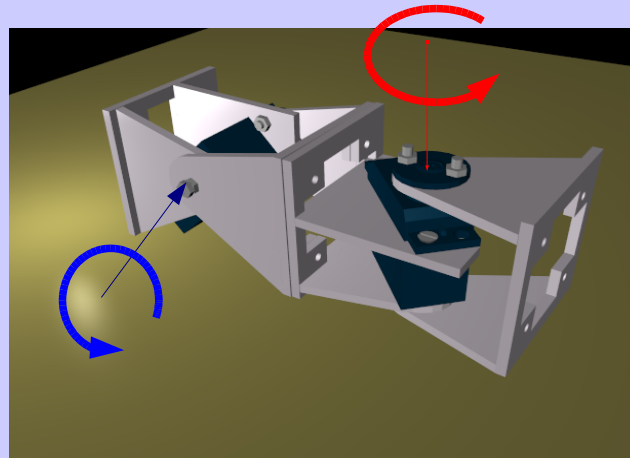
- **Material:** Plástico de 3mm
- **Servo:** Futaba 3003
- **Dimensiones:** 52x52x72mm
- **Rango de rotación:** 180 degrees
- **Dos tipos de conexión:**



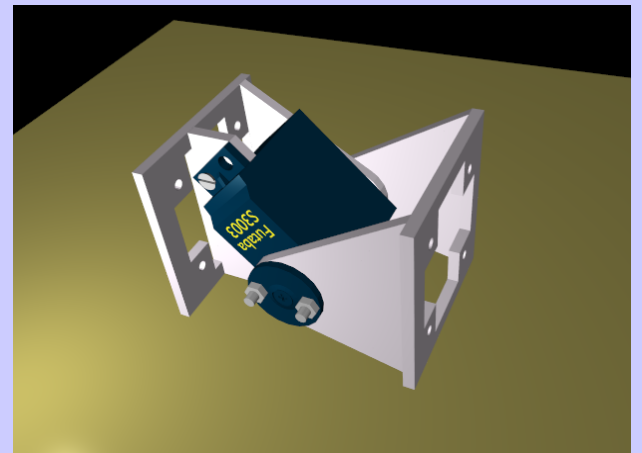
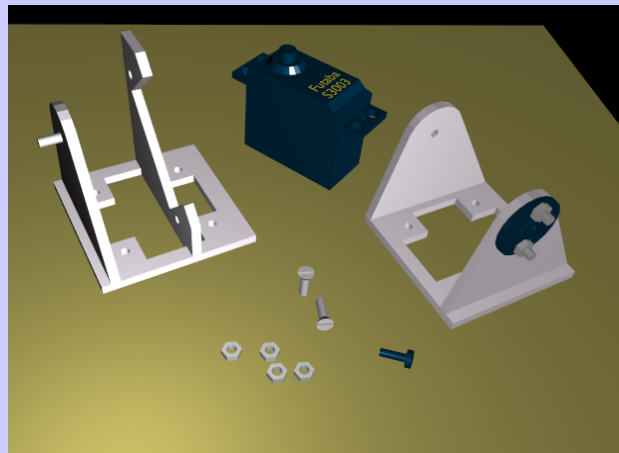
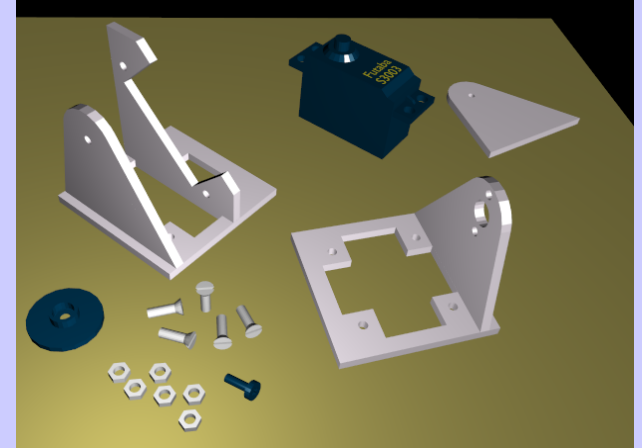
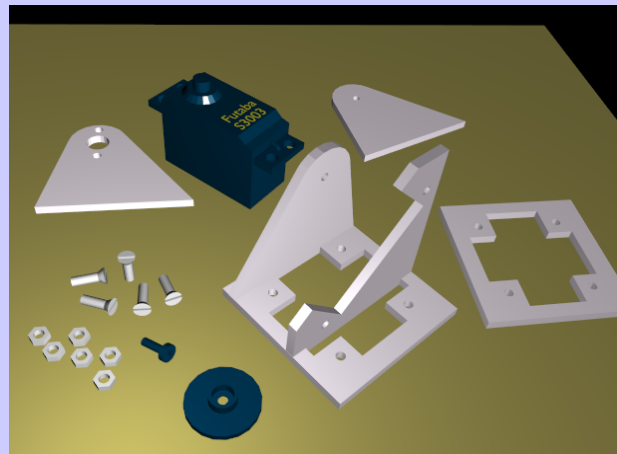
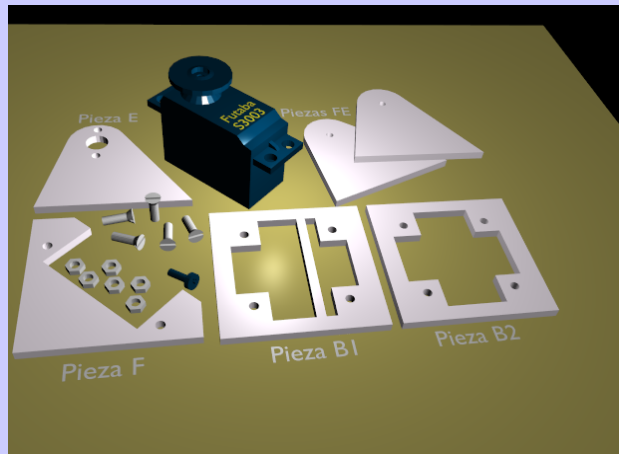
Misma orientación:



Rotación de 90 grados:

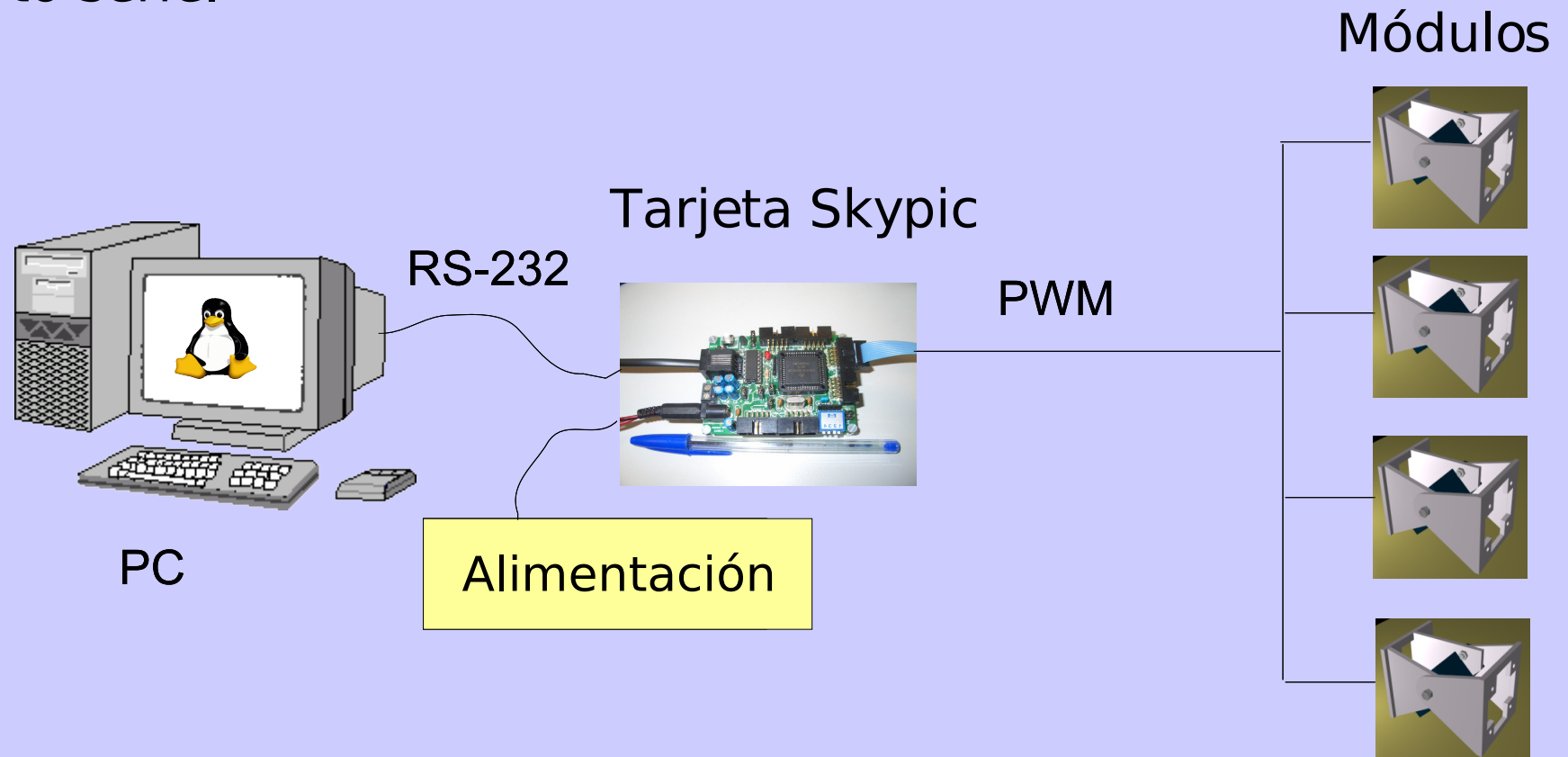


Construcción en 6 pasos...

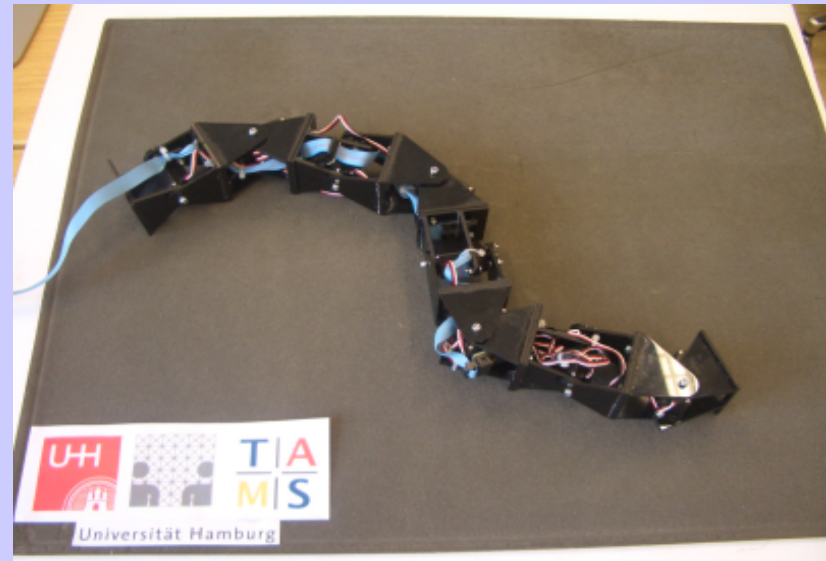
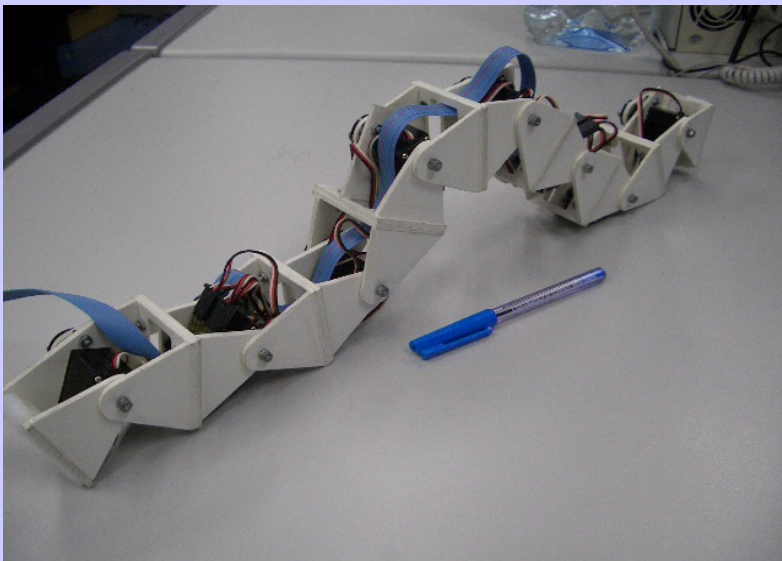


Electrónica

- Microcontrolador de 8 bits para generar las señal que mueven los servos (Señales PWM)
- Tarjeta Skypic. Basada en micro: PIC16F876A
- Software en el PC que se comunica con la skypic a través del puerto serie.

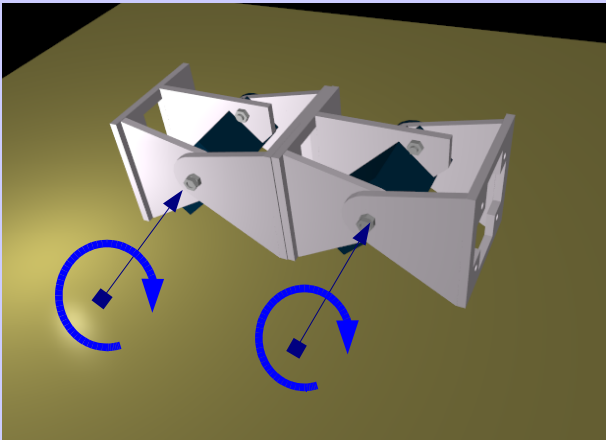


Locomoción de robots modulares con topología 1D

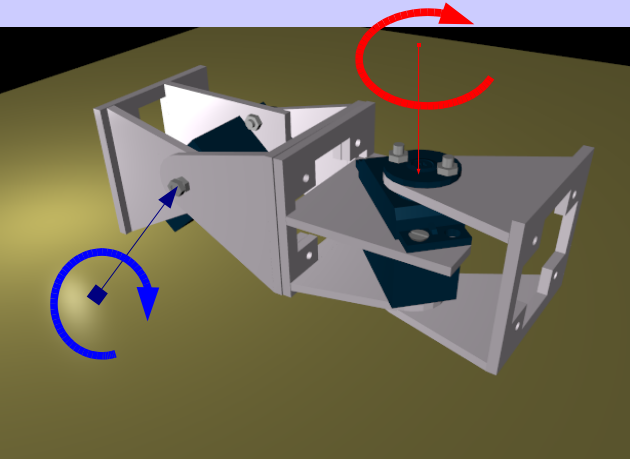
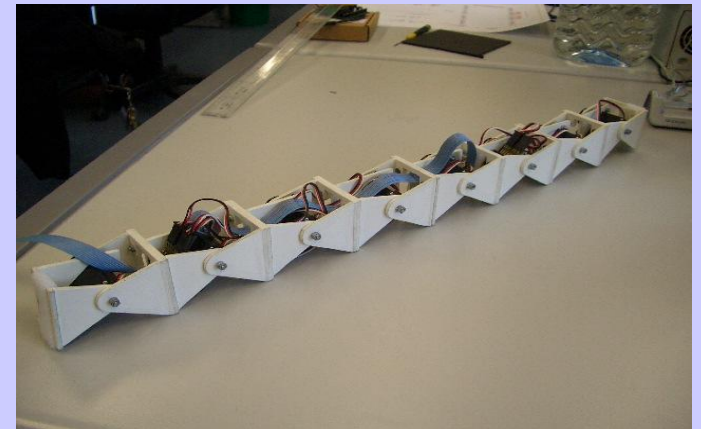


Familias de robots 1D

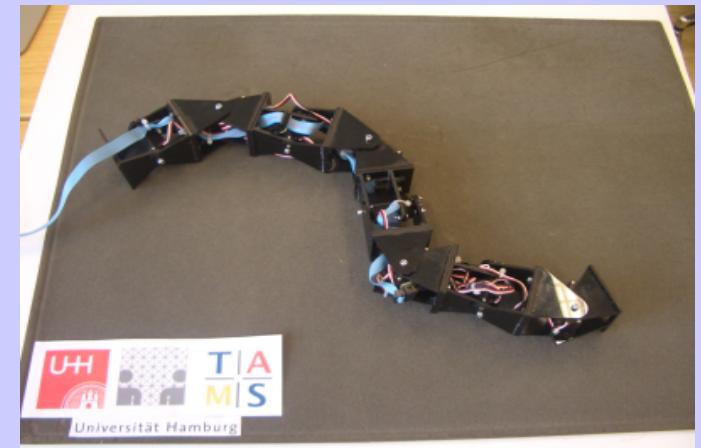
- Según cómo conectemos los módulos Y1:



Misma orientación



Rotados 90 grados



Problemas a resolver

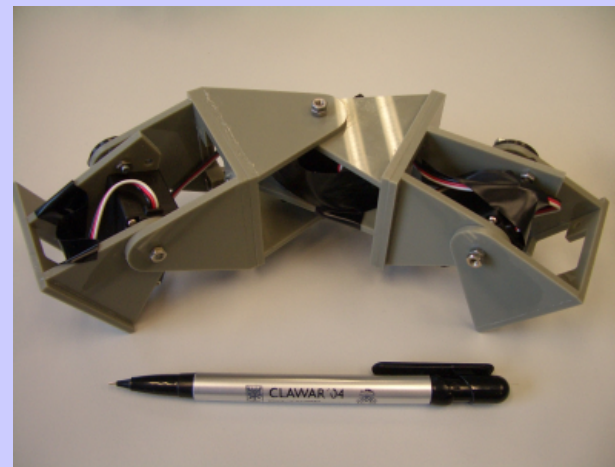
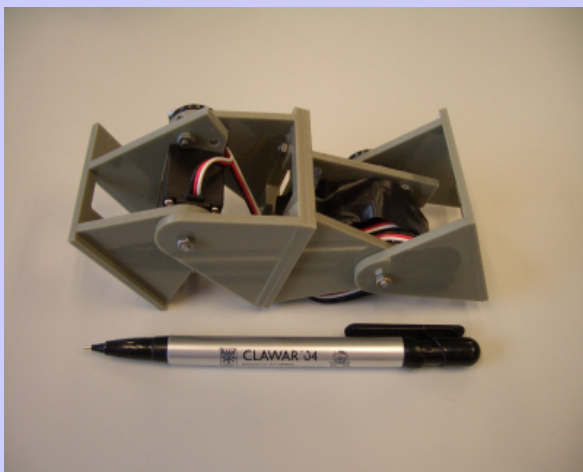
- **Problema de las configuraciones mínimas:**

¿Cual es el robot con el menor número de módulos que se puede mover?

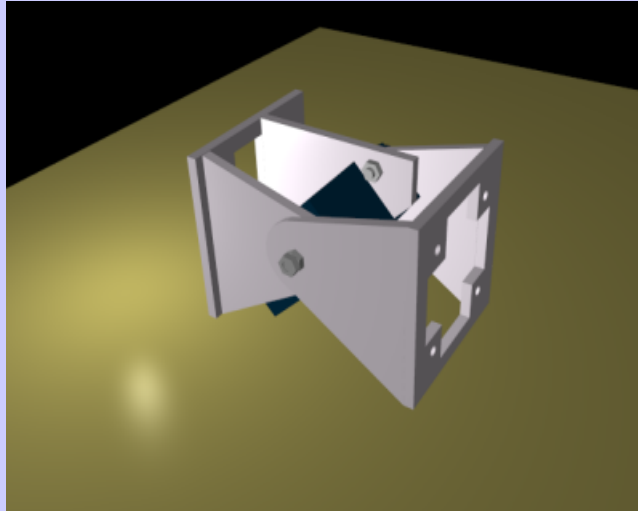
- **Problema de la coordinación:**

¿Cómo hacemos para coordinar el movimiento de los módulos para que los robots se desplacen?

Configuraciones mínimas



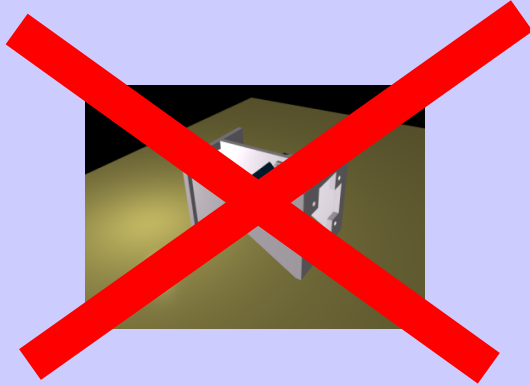
Configuración de 1 módulo



- ¿Se puede desplazar un único módulo?
- ¿Cómo lo probamos?

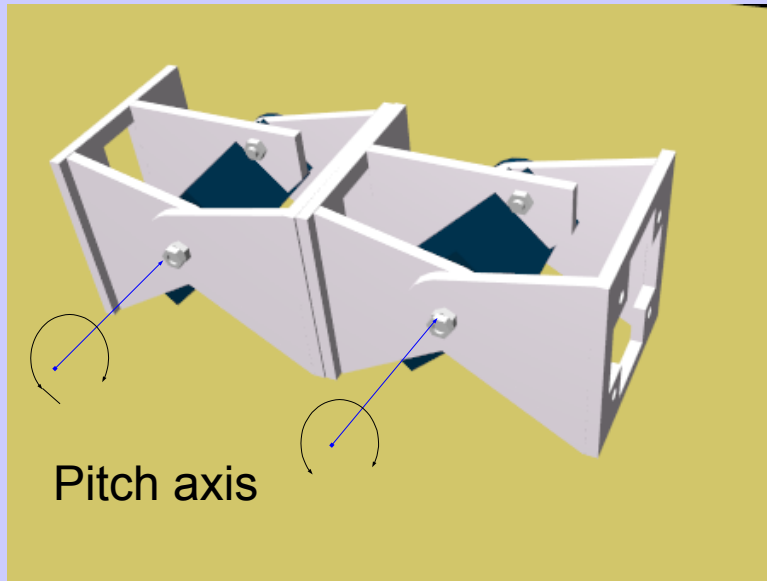
????

Configuración de 1 módulo (II)



Respuesta: No hay locomoción

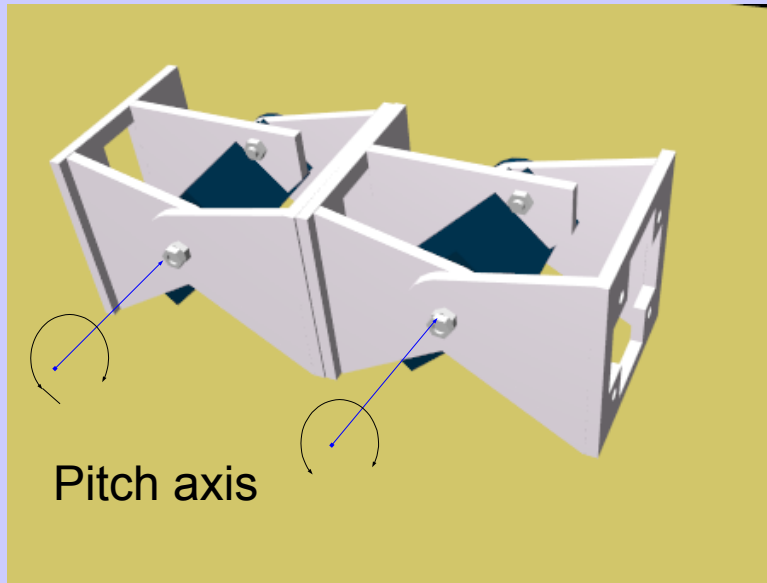
Configuración de dos módulos



- ¿Se puede desplazar este robot?
- ¿Si es así... qué mecanismo hay que emplear?

????

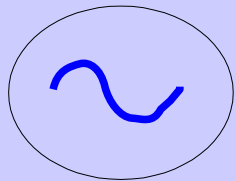
Configuración de 2 módulos (II)



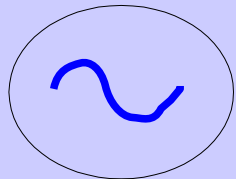
Respuesta: ¡¡Si!!

- Un robot de dos módulos se puede mover
- Se mueve en línea recta, hacia adelante y hacia atrás
- Vamos a estudiar qué ha pasado...

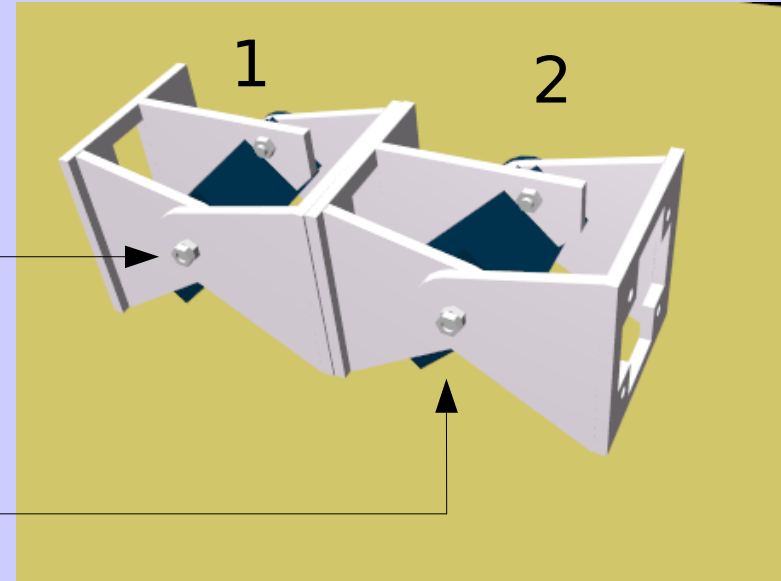
Configuración de dos módulos(III)



$$\varphi_1 = A \sin\left(\frac{2\pi}{T} t\right)$$



$$\varphi_2 = A \sin\left(\frac{2\pi}{T} t + \Delta\phi\right)$$



- Los módulos oscilan sinusoidalmente
- Hay que encontrar los valores de la amplitud, periodo y diferencia de fase que hace que se muevan
- Estudiemos el movimiento...

Configuration de dos módulos(IV):

Conclusiones

- **Amplitud:** Influye en el Paso. Mayor amplitud--> mayor paso
- **Frecuencia:** Velocidad de movimiento
- **Diferencia de Fase:** Coordinación del movimiento

Locomoción en 2D (I)

- Encontrar la configuración mínima que se puede mover en un plano y no sólo en línea recta

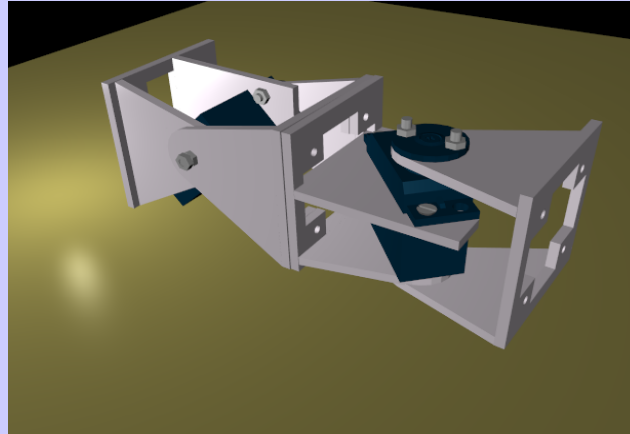
- ¿Cuántos módulos necesitamos?
- ¿Cuál es la coordinación?

- Un módulo no es suficiente
- ¿Dos módulos?
- ¿Tres? ¿cuatro?

????

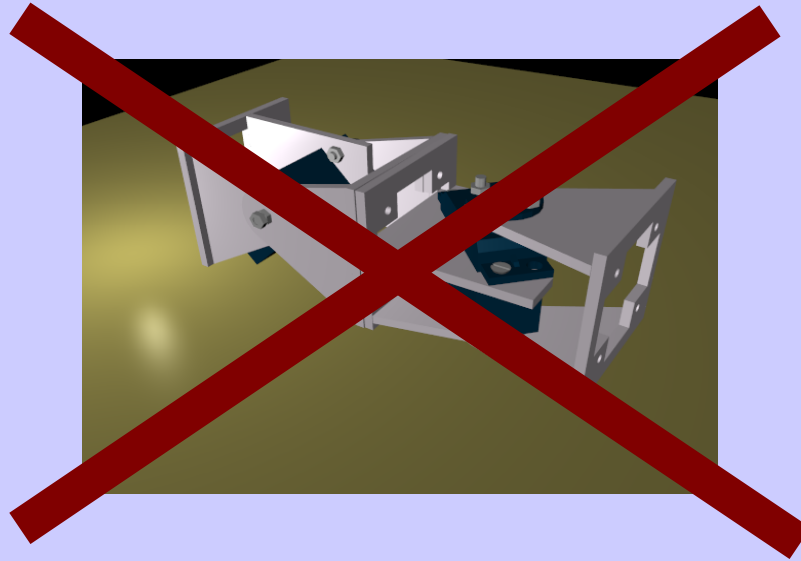
Locomoción en 2D (II)

- Vamos a probar esta configuración...



- ¿Se puede desplazar el robot?

Locomoción en 2D (II)



Respuesta: No hay locomoción

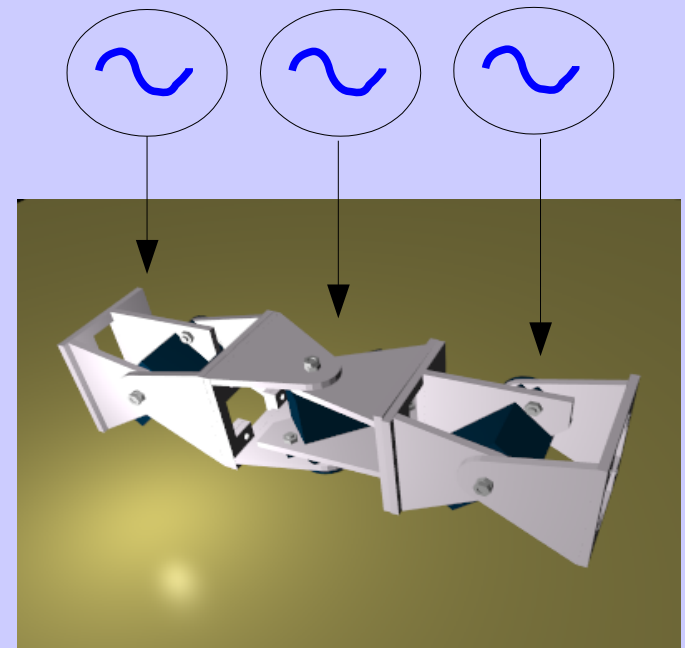
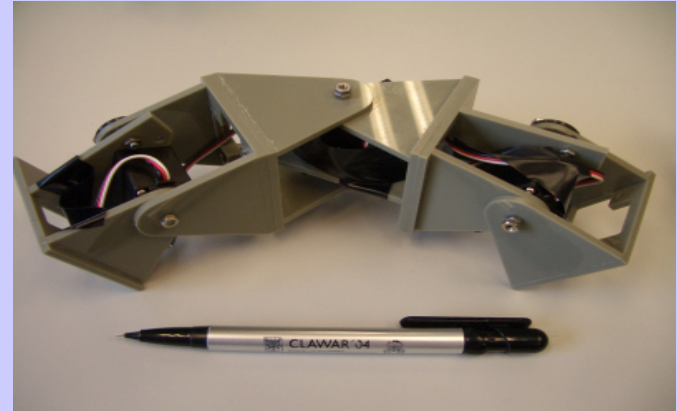
Solución: Configuración mínima 2

• Con sólo tres módulos se consiguen los siguientes movimientos:

- Línea recta
- Describir arco
- Desplazamiento lateral
- Rotación paralela al suelo
- Rodar

• Los parámetros usados son:

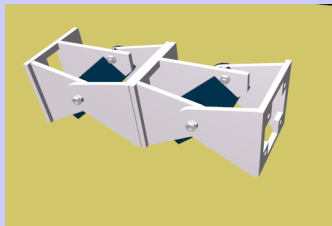
- Amplitud
- Frecuencia
- Diferencia de fase entre módulos verticales
- Diferencia de fase entre uno vertical y el horizontal



Conclusions...

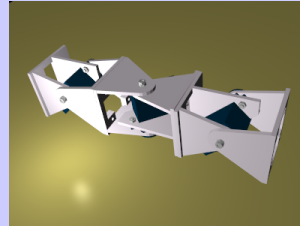
- We have found two minimal configurations:

1D Structure



Locomotion in 1D

1D Structure



Locomotion in 2D
Rolling

- All of these robots are controlled using sinusoidal signals
- The phase difference determines the coordination between the modules

$$\phi = A \sin\left(\frac{2\pi}{T}t + \phi\right)$$

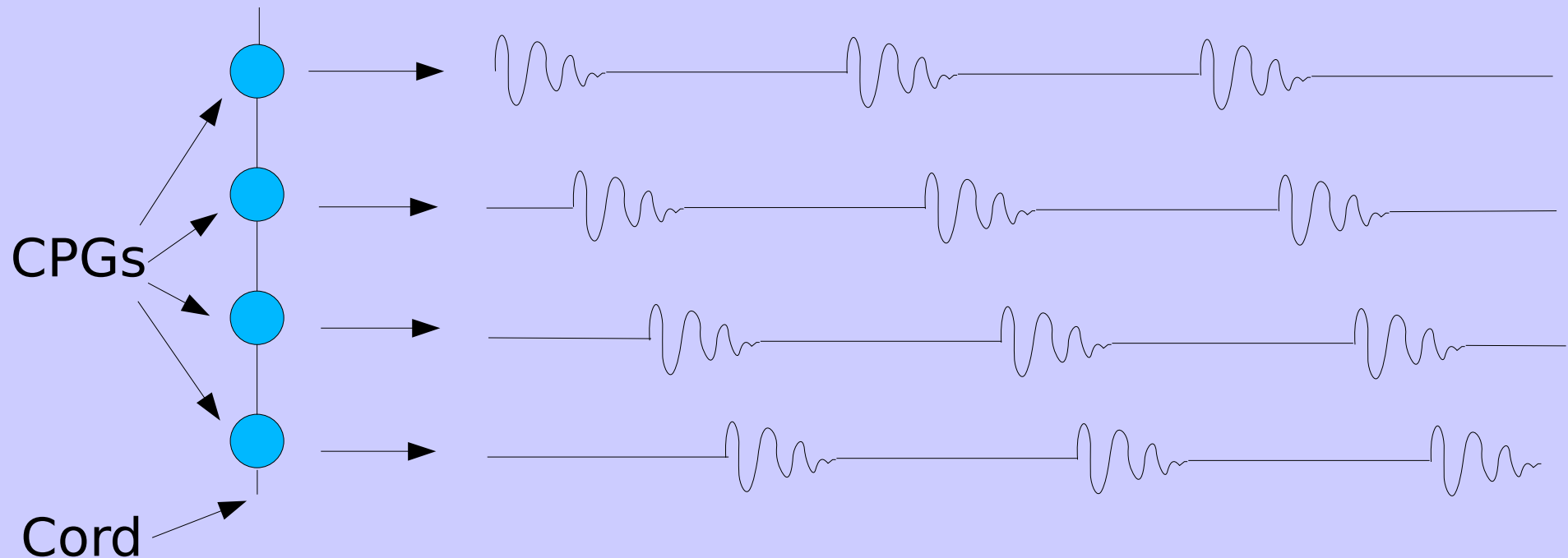
A: Amplitude

T: Period

ϕ : Phase

Conclusions...

- We have discovered the basic coordination method that is found in nature.
- All the vertebrates have central pattern generators (**CPGs**) in the Cord.
- CPGs are oscillators that generate periodic signals that are applied to the muscles, making the animal move.

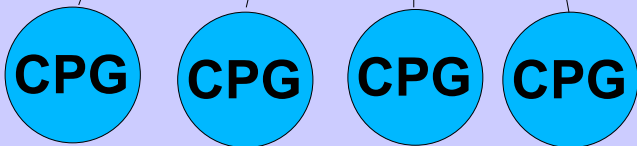
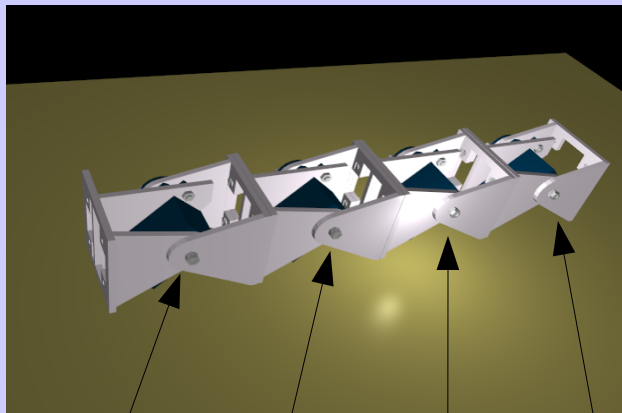


Conclusions...

- We are applying the same model that in nature, but a little simplified

CPG — $\phi = A \sin\left(\frac{2\pi}{T}t + \phi\right)$

- There are one CPG per module:

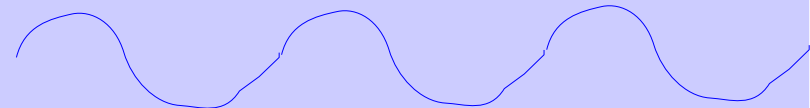
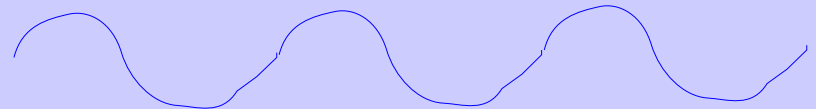
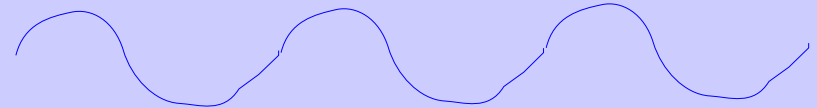
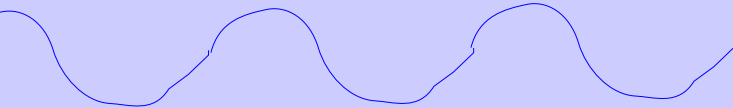


Module 1

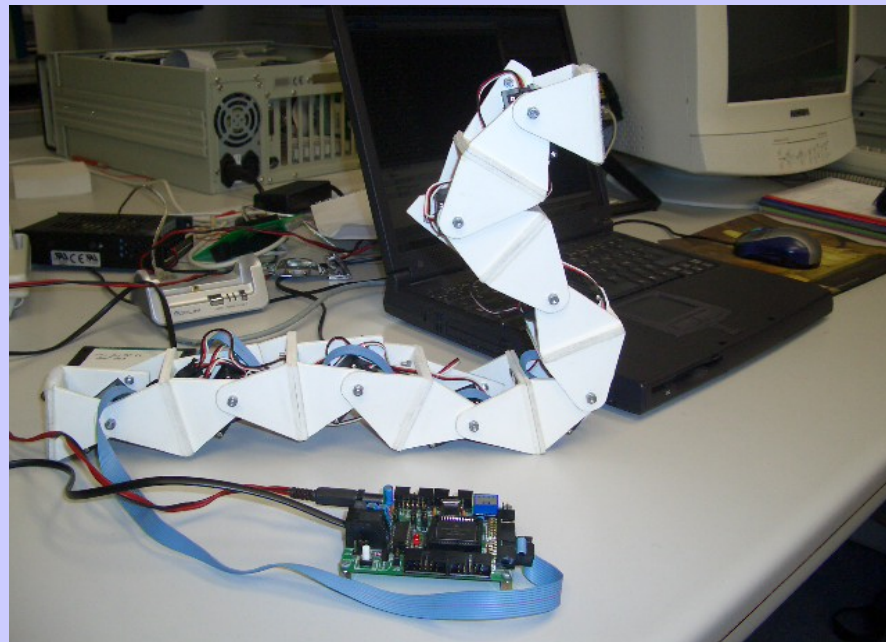
Module 2

Module 3

Module 4

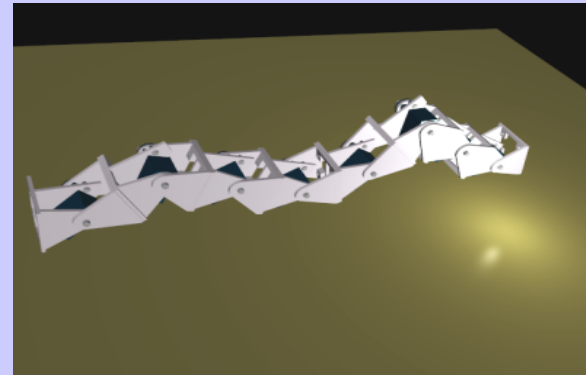
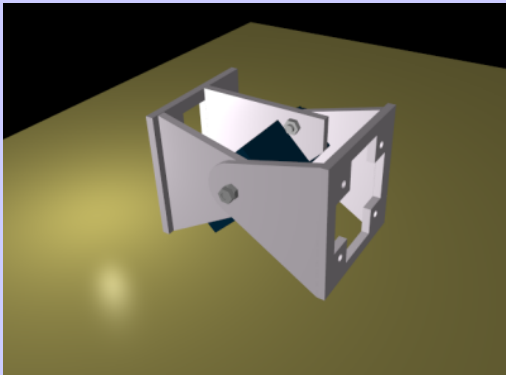


Cube Revolutions

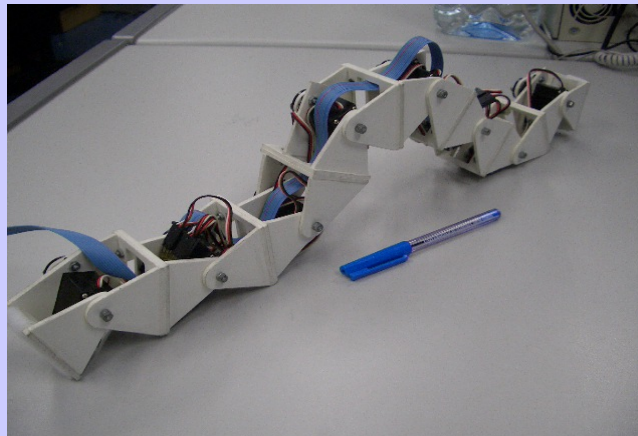


Estructura mecánica

- **Configuración:** 8 módulos Y1 conectados con la misma orientación

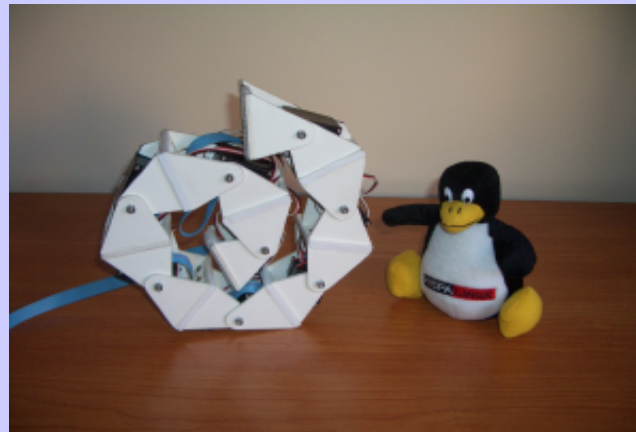
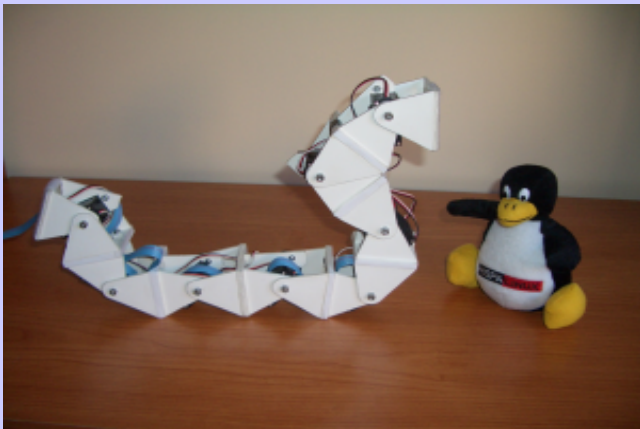


- **Dimensiones:** 52x52x576mm:

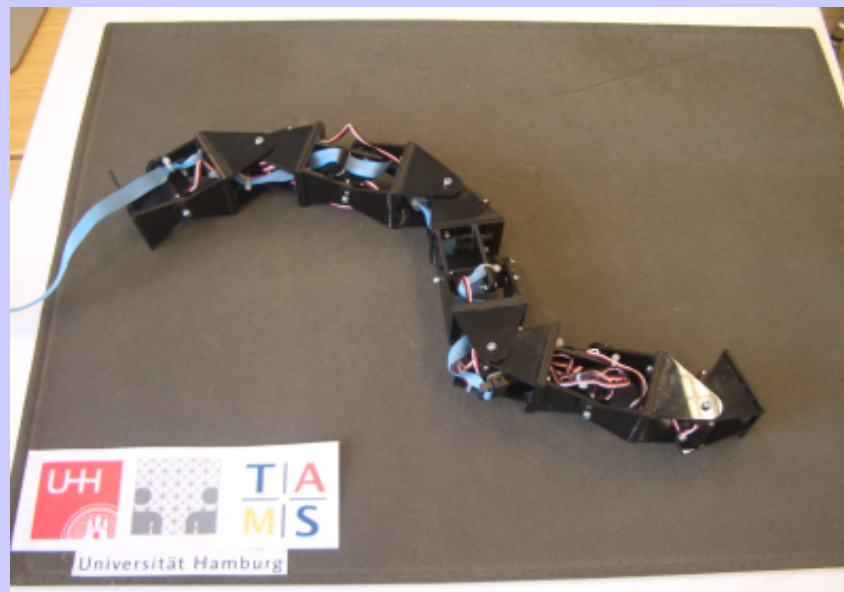


Propiedades de locomoción

- Estos robots pueden cambiar su forma
- Se mueven de diferentes maneras

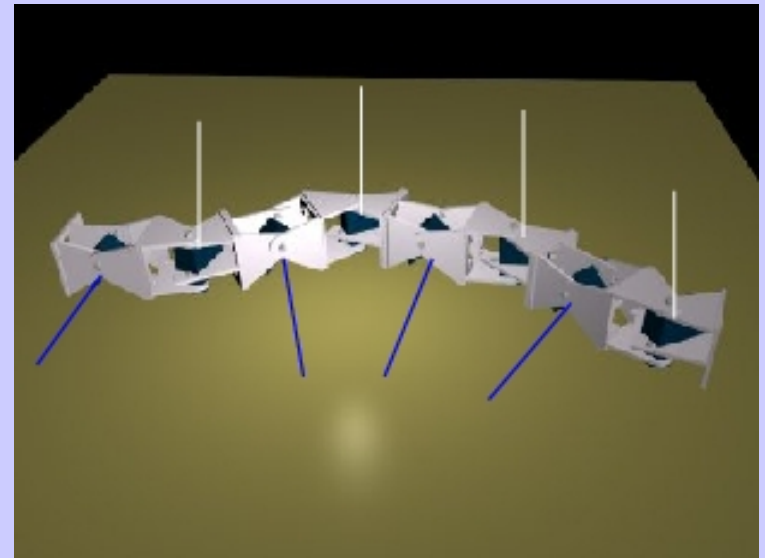
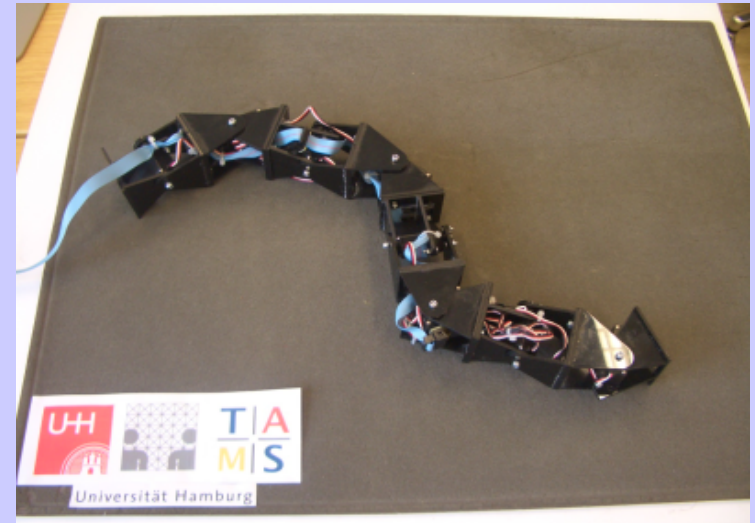
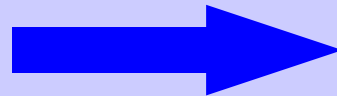
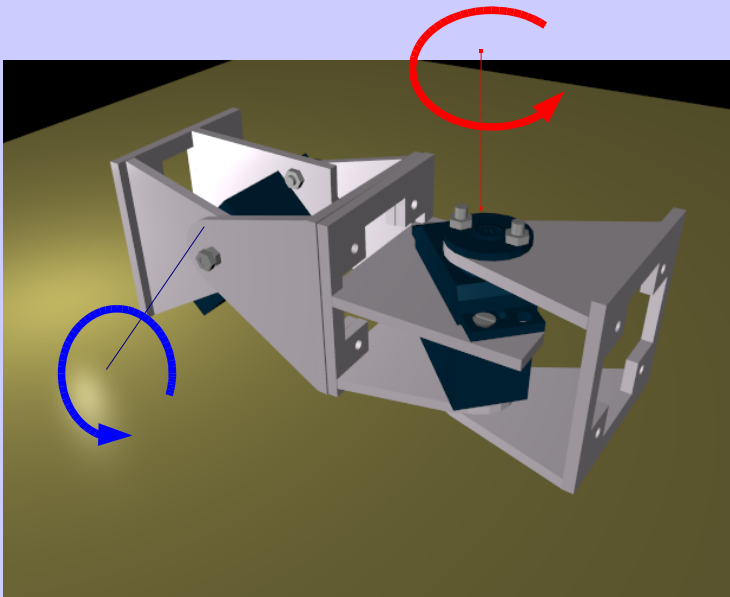


Hypercube



Mecánica

- 8 módulos Y1
- Conexión 90 grados desfasada
- 4 rotan paralelamente al suelo
- 4 rotan perpendicularmente



Propiedades de Locomoción

- El robot se puede mover al menos de 5 maneras diferentes:

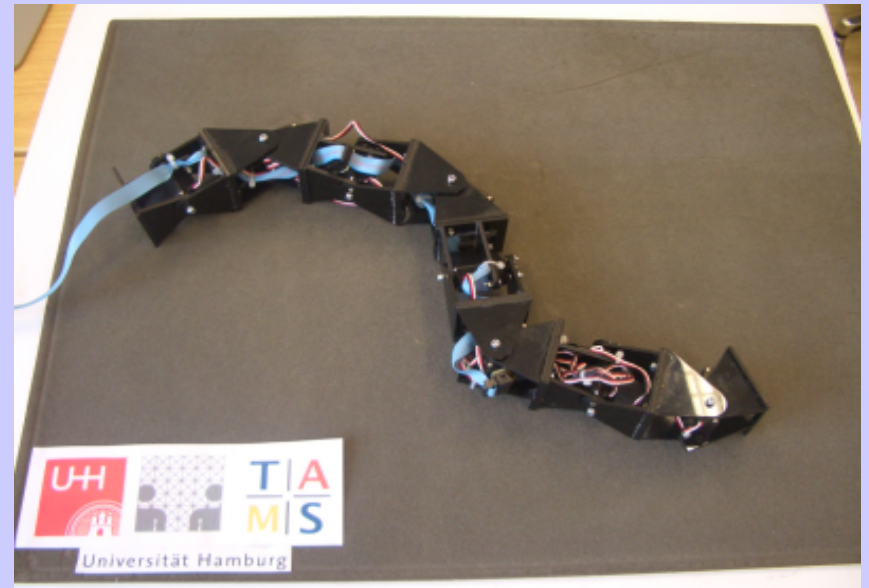
Línea recta

Describir un arco

Rotar lateralmente

Rotar paralelamente al suelo

Desplazamiento lateral



Demo

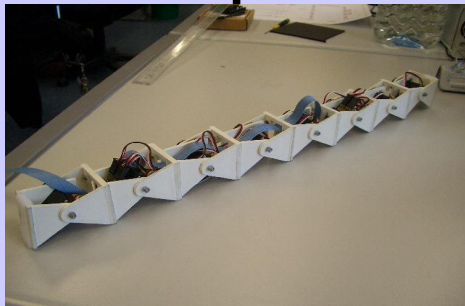
Resumen

Topologías 1D

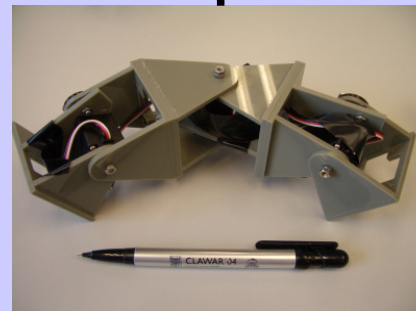
Locomoción en 1D



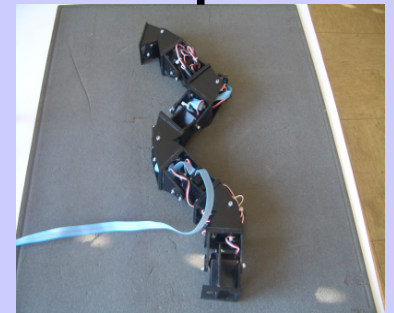
Conf. mínima
PP



8 módulos
Cube Revolutions



Conf. Mínima
PYP



8 módulos
Hypercube

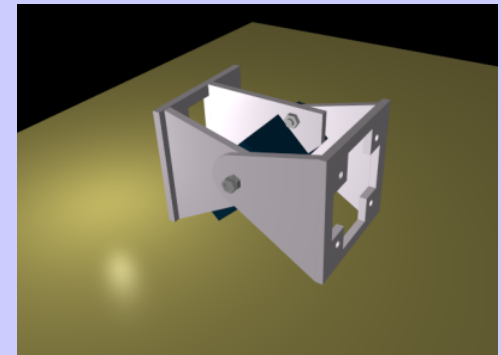
Locomoción en 2D

Más información

- **Módulos Y1:**

<http://www.earobotics.com/personal/juan/doctorado/Modulos-Y1/modulos-y1.html>

- ... o también poner en google “modulos Y1”

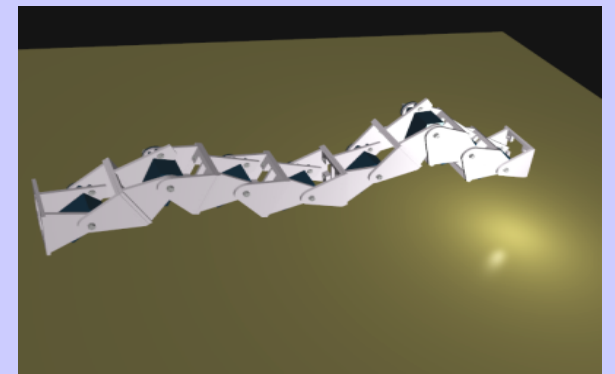


- **Robot Cube Revolutions:**

<http://www.earobotics.com/personal/juan/doctorado/cube-revolutions/>

- ... o también poner en google “cube revolutions”

- **Resto de robots pendientes de publicarse en web :-)**

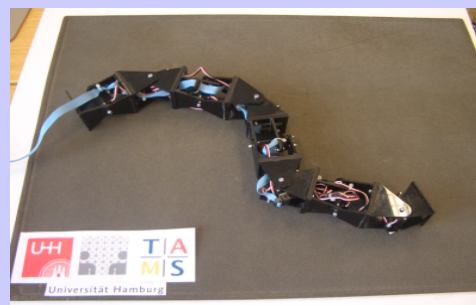
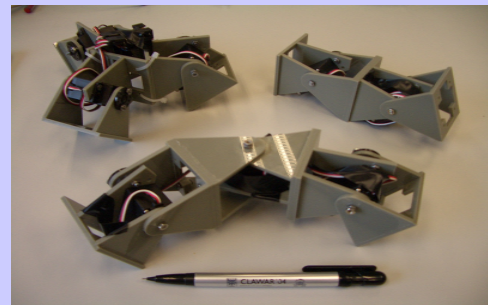
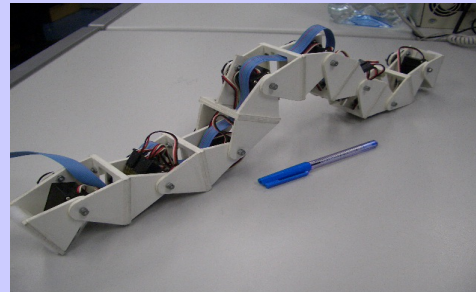
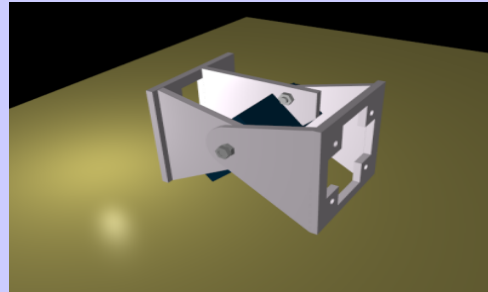


Muchas gracias por vuestra atención

Nos merecemos un café

:-)

Robótica Modular y Locomoción



Juan González Gómez

Escuela Politécnica Superior
Universidad Autónoma de Madrid

