

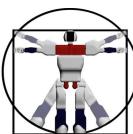
Robots ápodos modulares



Juan González Gómez

Dpto. Ingeniería de Sistemas y Automática
Robotics Lab

Universidad Carlos III de Madrid



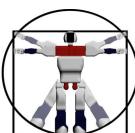
Juan González-Gómez
jggomez@ing.uc3m.es
juan@iearobotics.com

Semana de la Robótica
Alcabot-Hispabot
14/Abril/2010



ÍNDICE

1. Introducción
2. Módulos
3. Locomoción en 1D
4. Locomoción en 2D
5. Simulación
6. Conclusiones



Juan González-Gómez
jggomez@ing.uc3m.es
juan@iearobotics.com

Semana de la Robótica
Alcabot-Hispabot
14/Abril/2010



Robótica y mecánica

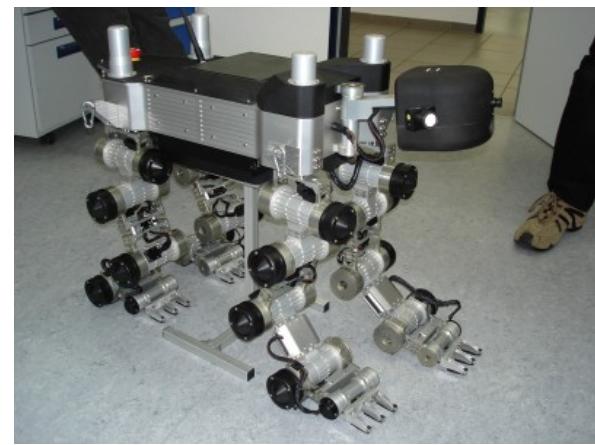
**Enfoque clásico:
Estructuras específicas**



(BigDog, Raibert et al. 2008)



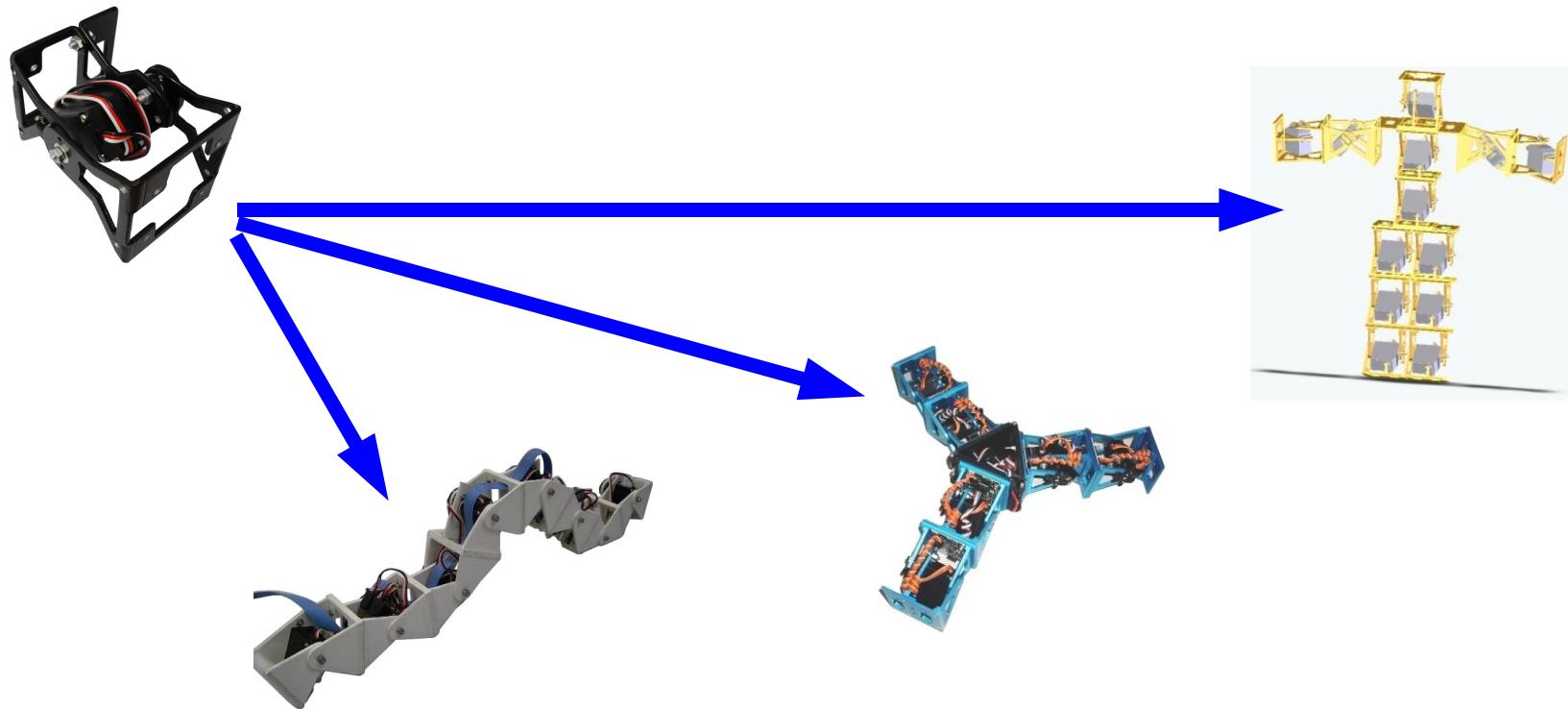
(Scorpio, Dirk et al. 2007)



(Aramis, Sastra. 2008)

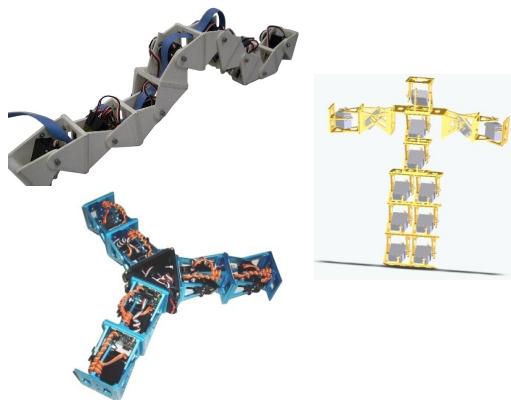
Robótica y mecánica (II)

Otro enfoque: Robots modulares



Robots modulares: Ventajas

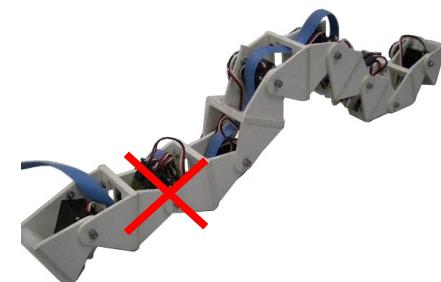
Versatilidad



Reducción de costes



Tolerancia a fallos



Prototipado rápido

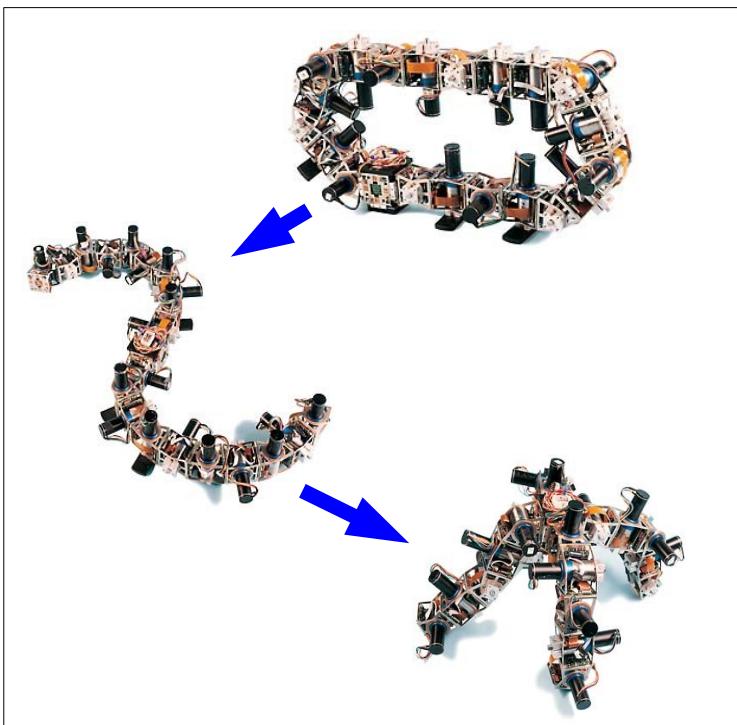


Nuevas capacidades

- Auto-transformación
- Auto-reparación
- Auto-duplicación

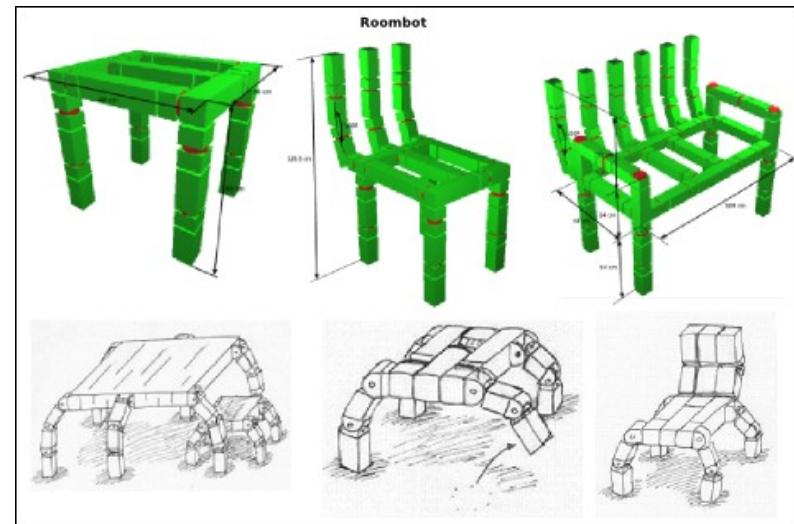
Nuevas capacidades

Robots auto-transformables



(**Polybot G2**, Yim et al. 2000)

Construcción de objetos sólidos



(**RoomBot**, Arredondo et al.)

Bioinspired Robotics Lab at EPFL

- Muebles capaces de moverse :-)

Orígenes

- Robots modulares auto-configurables (Mark Yim, **1995**)

- Primer experimento de auto-configuration simple

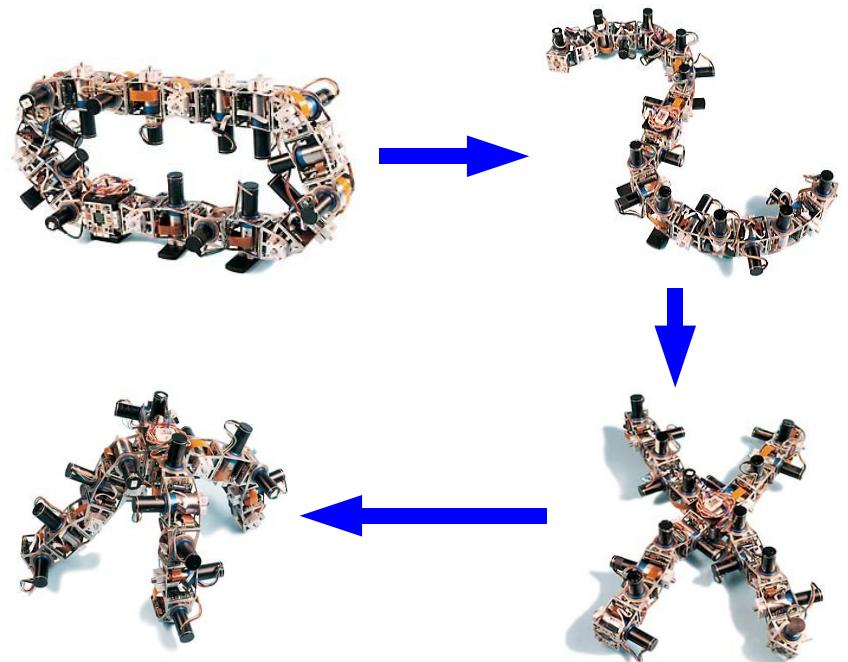
Rueda → gusano



(Polybot G1, Yim et al. 1997)

- Primer experimento de auto-configuration dinámica

Rueda → gusano → cuadrúpedo



(Polybot G2, Yim et al. 2000)

Locomoción de robots modulares

Aspectos importantes:

- **Morfología del robot.** ¿Qué forma tiene el robot?
- **Controlador.** ¿Cómo lograr el desplazamiento?



Morfología

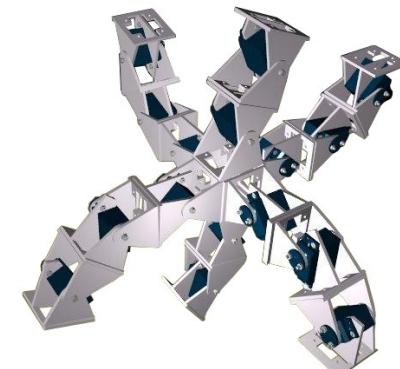
Topología 1D



Topología 2D

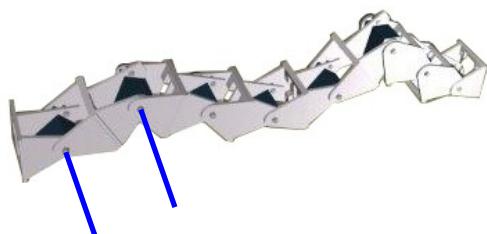


Topología 3D



Robots ápodos

Cabeceo-cabeceo



Viraje-viraje



Cabeceo-viraje

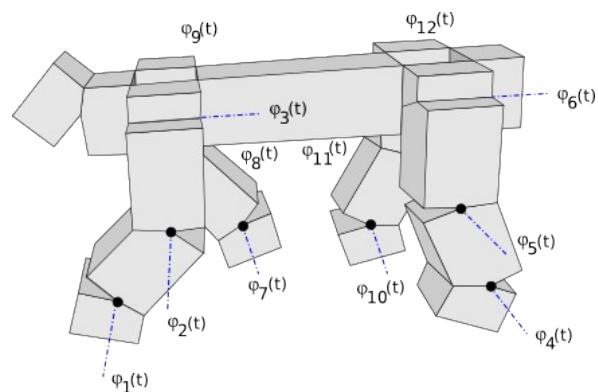


Controlador

Unidad encargada de **mover las articulaciones** para lograr el desplazamiento del robot

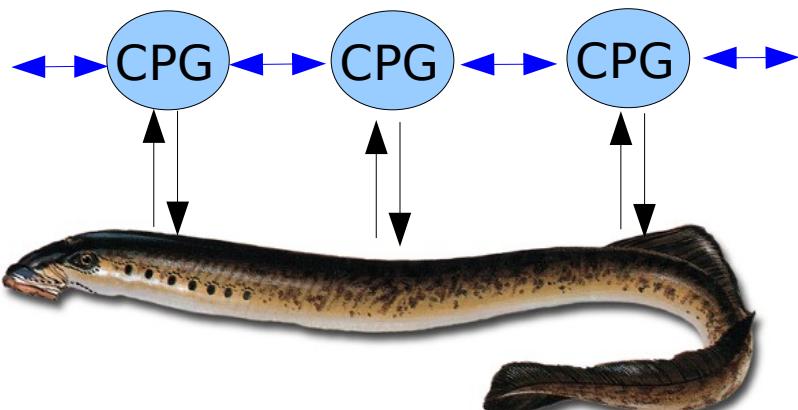
Clásicos

- Modelos matemáticos
- Cinemática inversa
- Dependen de la morfología del robot



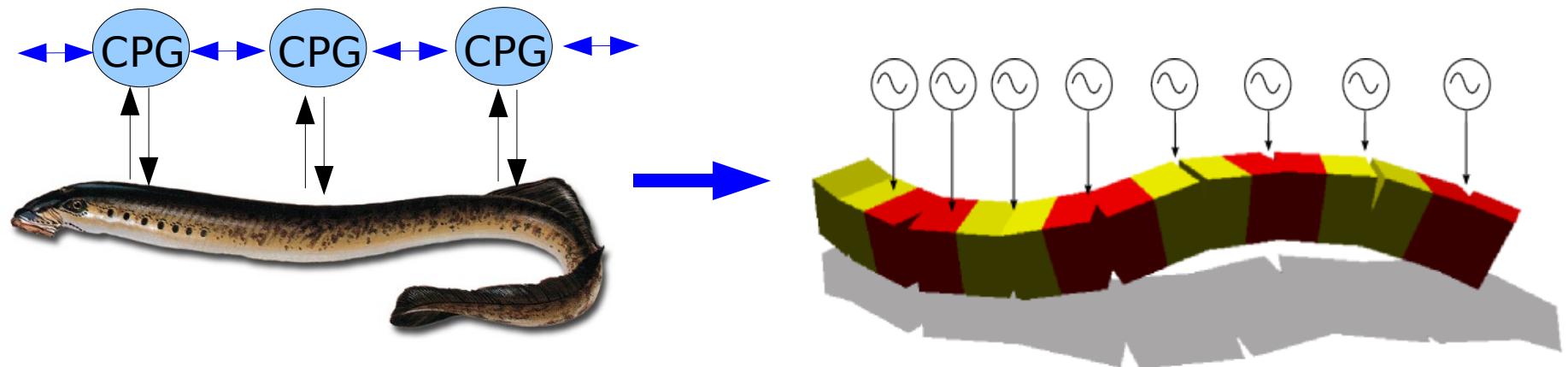
Bio-inspirados

- Imitar la naturaleza
- Generadores Centrales de patrones: CPG

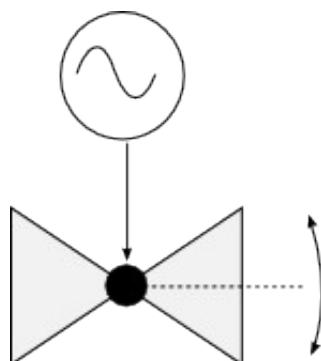


Controlador para robots ápodos

- Reemplazar los CPGs por un **OSCILADOR SINUSOIDAL**



- Osciladores sinusoidales:



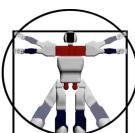
$$\varphi_i(t) = A_i \sin\left(\frac{2\pi}{T}t + \psi_i\right) + O_i$$

Ventajas:

- Se necesitan pocos recursos para su implementación

ÍNDICE

1. Introducción
2. **Módulos**
3. Locomoción en 1D
4. Locomoción en 2D
5. Simulación
6. Conclusiones



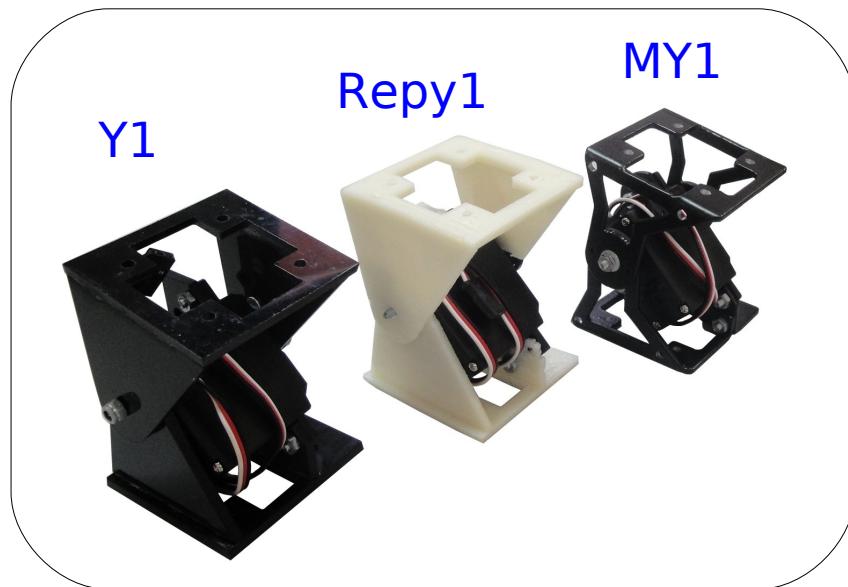
Juan González-Gómez
jggomez@ing.uc3m.es
juan@iearobotics.com

Semana de la Robótica
Alcabot-Hispabot
14/Abril/2010

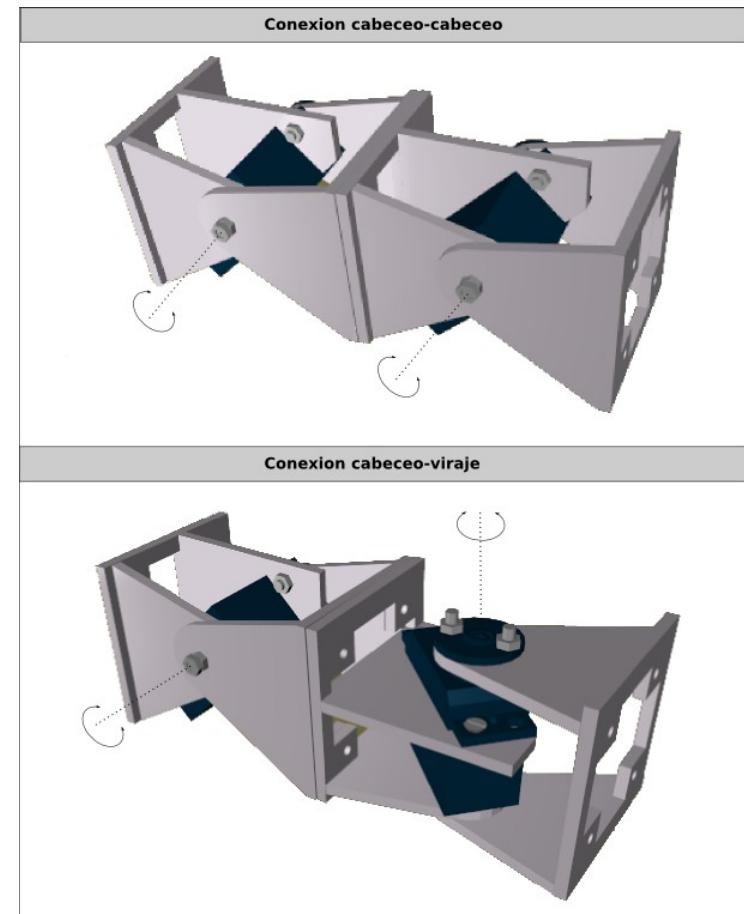


Familia de módulos Y1

- Un grado de libertad
- Fáciles de construir
- Servo: Futaba 3003
- Tamaño: 52x52x72mm
- **Libres**



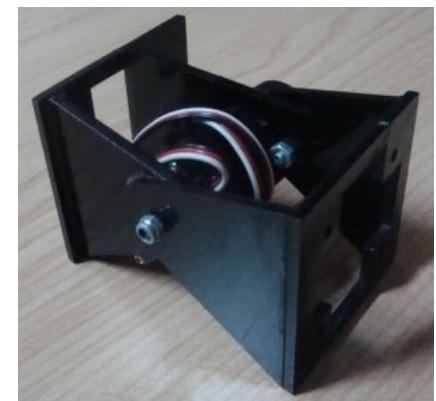
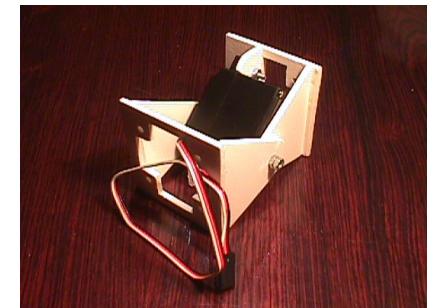
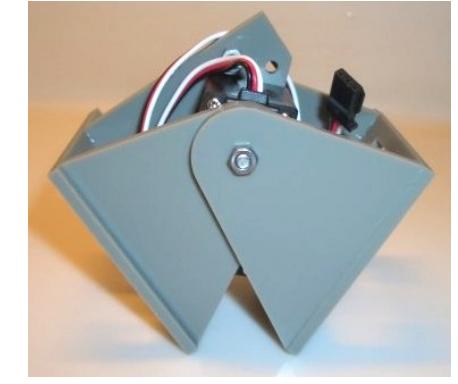
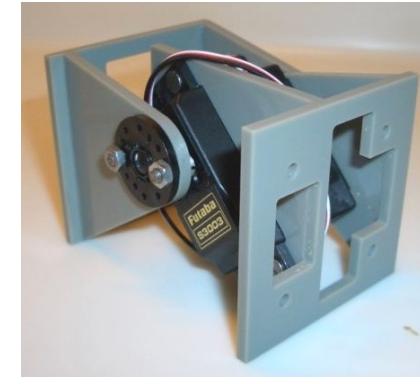
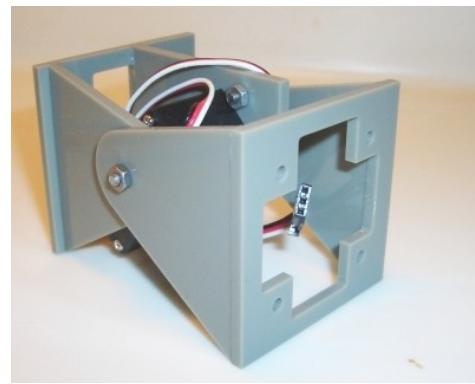
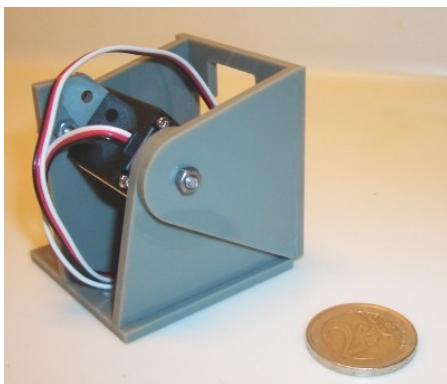
Tipos de conexión:



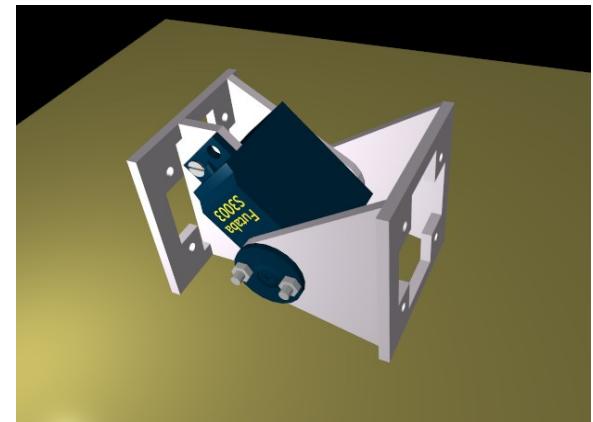
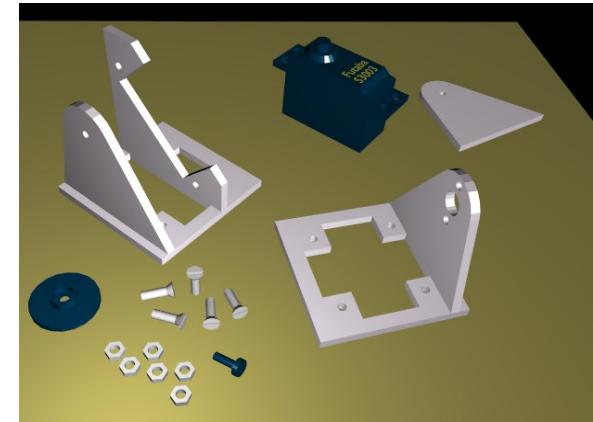
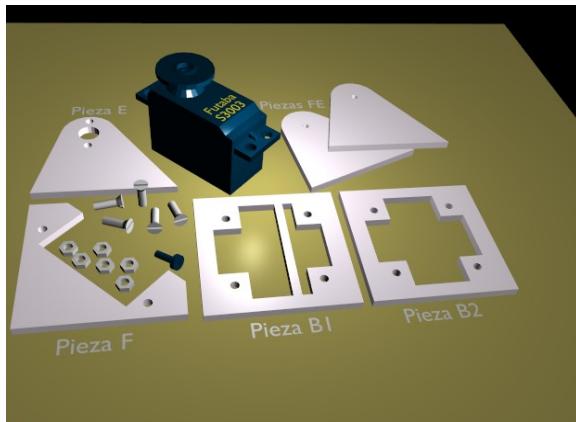
Módulos Y1

- Primera generación (**2003**)
- **Material:** plástico de 3mm
- Formados por 6 piezas que se pegan
- Primeras versiones: Corte manual
- Siguientes versiones: Corte por láser
- Más información:

<http://bit.ly/cx39rB>



Módulos Y1: Montaje

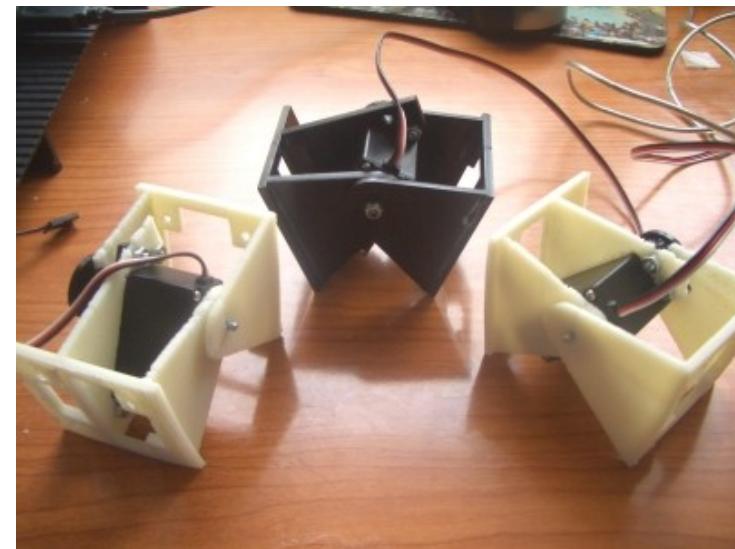


- Cortar las piezas: Corte por láser, corte “a mano”
- Pegarlas
- Montar el servo

Módulos REPY-1: Versión “imprimible”

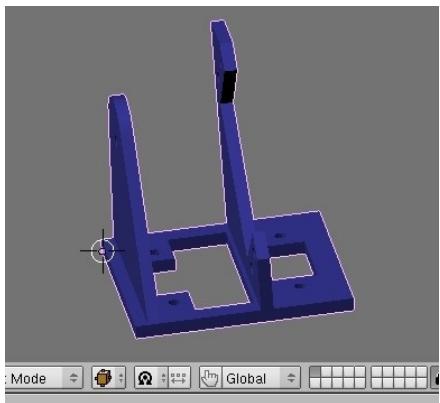
- Abril-**2009**
- Fabricación mediante una **impresora 3D** casera: Reprap
- Material: Plástico ABS (el mismo que usa Lego)
- Acabado “tosco”
- Tiempo de impresión: 1h y media (45 minutos cada pieza)
- Más información:

<http://bit.ly/bAODg7>

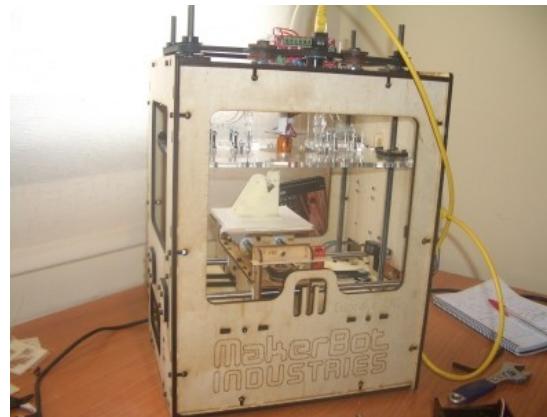


Módulos REPY-1: Fabricación

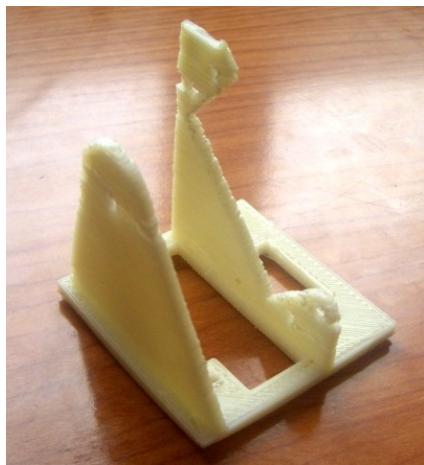
Pieza virtual
(Blender)



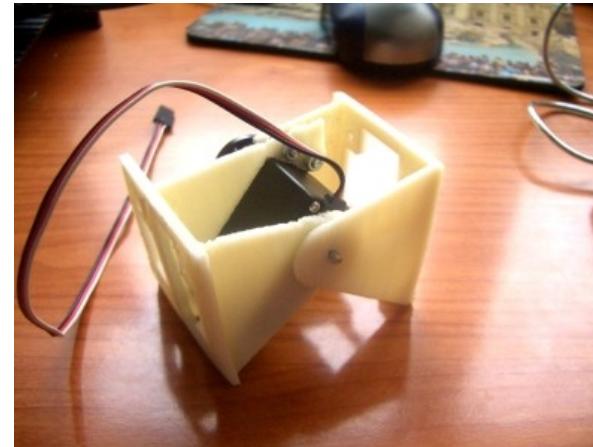
Impresión 3D



Pieza real



Montaje

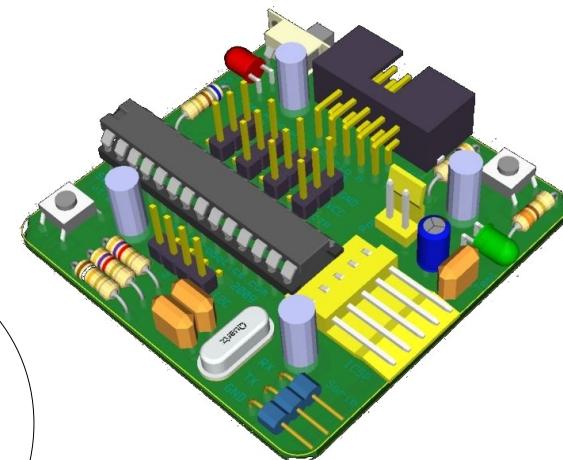
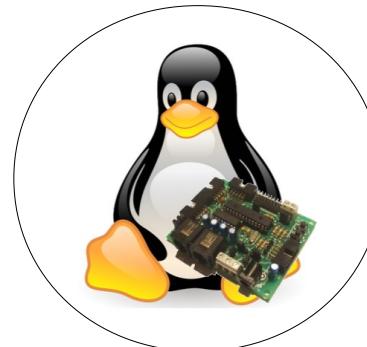
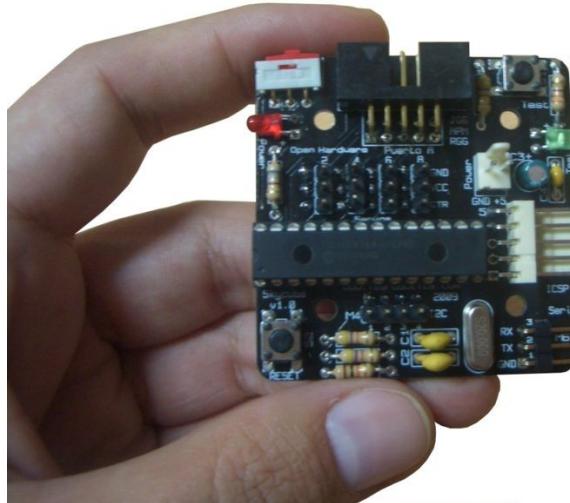


Módulos MY1



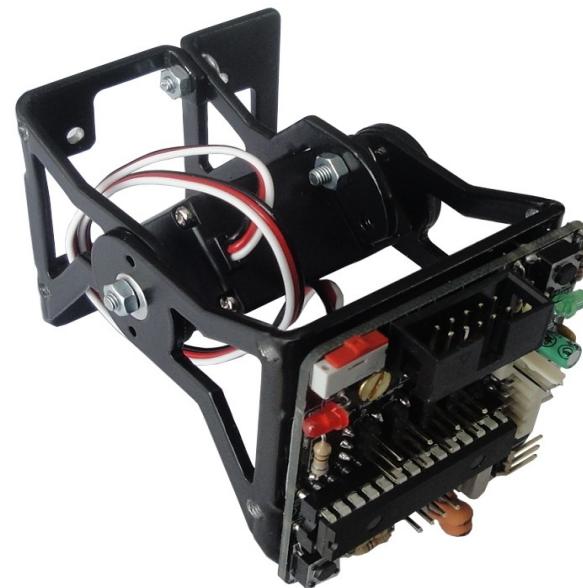
- Última versión: **2010**
- Material: Aluminio de 2mm
- Formados por 3 piezas que se atornillan
- Más resistentes
- Pensados para dar talleres de robots modulares
- Más información: <http://bit.ly/cOCfjB>

Electrónica: Tarjeta Skycube

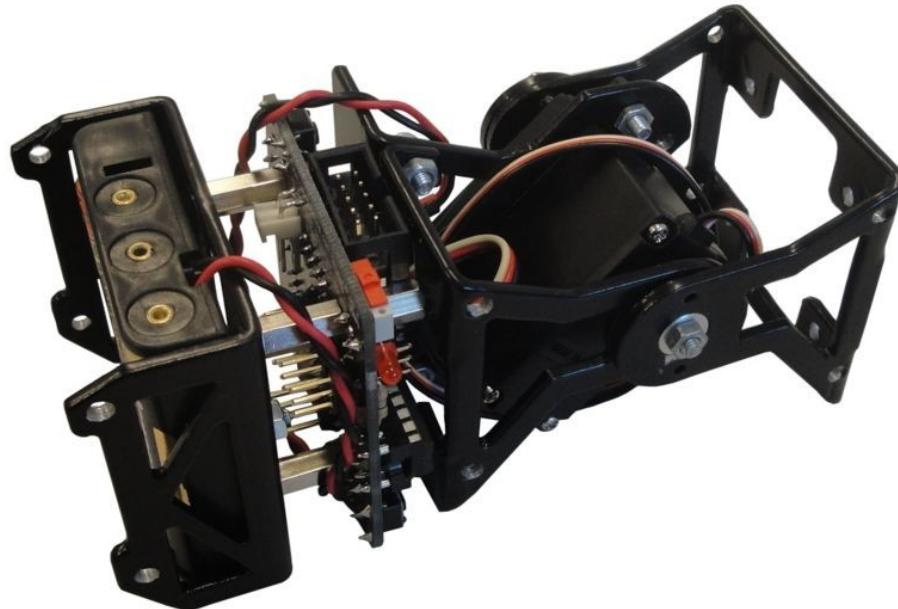
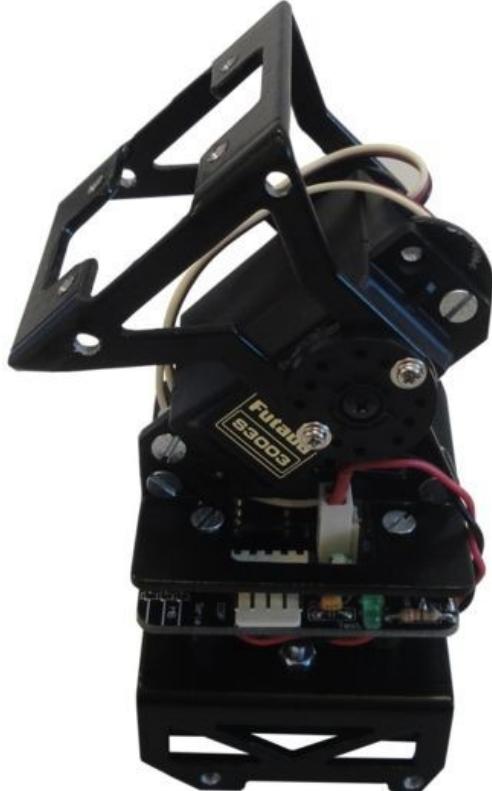


- **Hardware libre**
- Diseñada con KICAD
- Robots modulares autónomos
- PIC16F876A
- Se integra en los módulos MY1
- Más información:

<http://bit.ly/FhPLI>



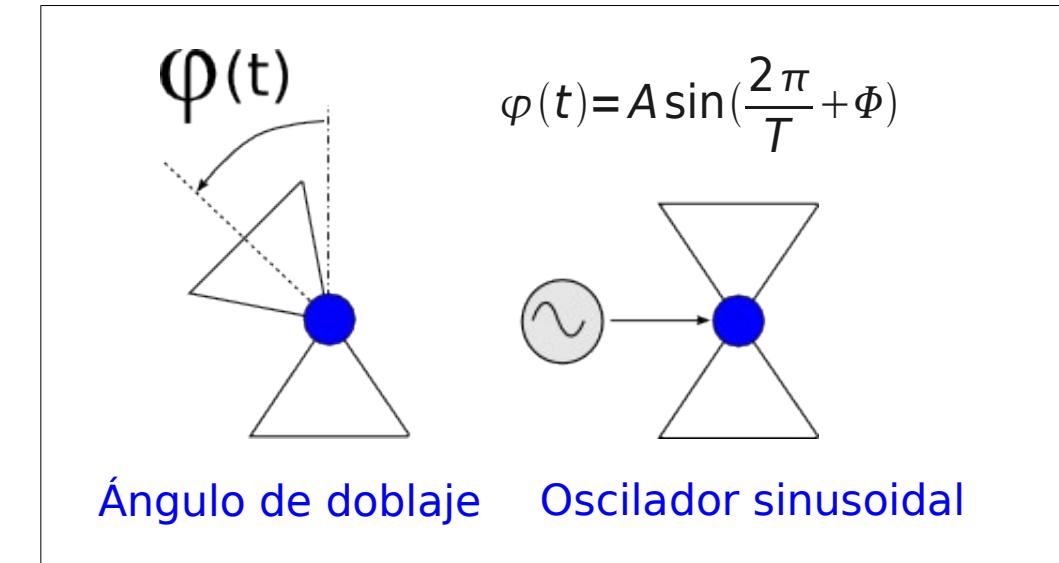
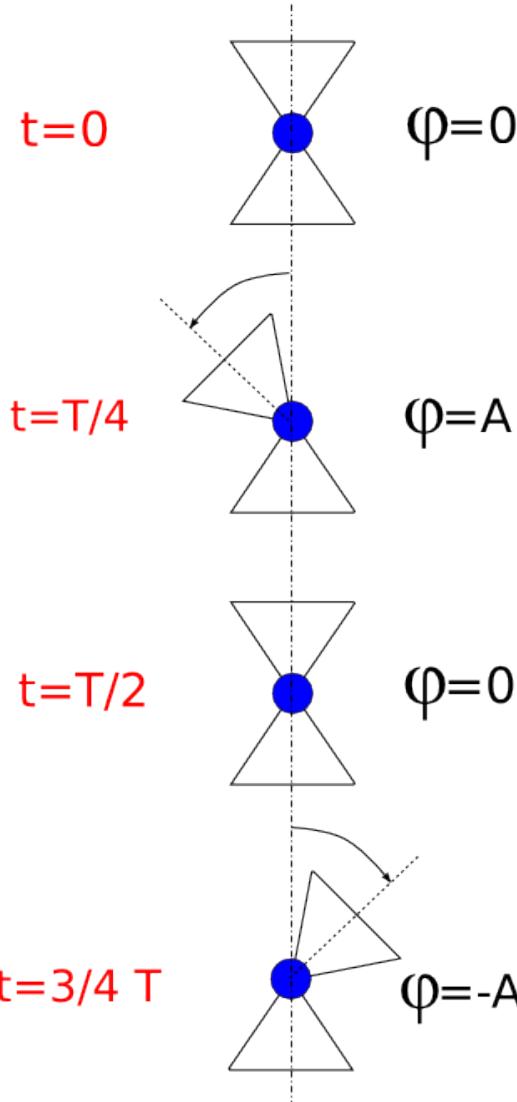
Unimod



- Módulo capaz de oscilar autónomamente
- A partir de él se construyen robots modulares con topología de 1D
- Más información: <http://bit.ly/czsdmw>

Oscilación de un módulo

Demo



Parámetros:

- Amplitud:** A Ángulo de doblaje máximo
- Periodo:** T Frecuencia de oscilación
- Fase inicial:** ϕ Ángulo de doblaje inicial

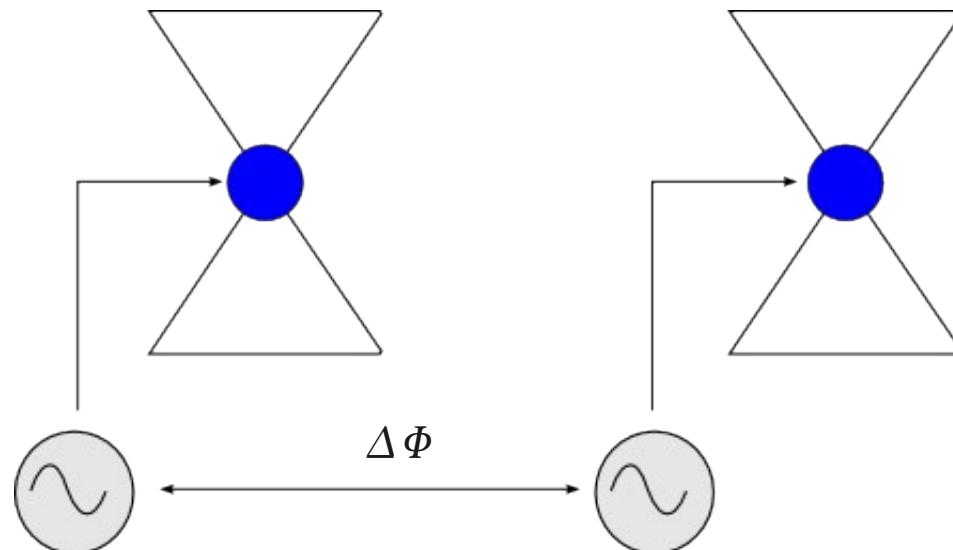
En régimen permanente la fase inicial no tiene importancia

Oscilación de varios módulos (I)

Demo

$$\varphi_1(t) = A \sin\left(\frac{2\pi}{T}t + \Phi_0\right)$$

$$\varphi_2(t) = A \sin\left(\frac{2\pi}{T}t + \Delta\Phi + \Phi_0\right)$$



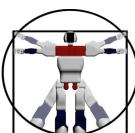
Nuevo parámetro:

- **Diferencia de fase:** $\Delta\Phi$

Establece el movimiento relativo de un módulo respecto a otro

ÍNDICE

1. Introducción
2. Módulos
3. **Locomoción en 1D**
4. Locomoción en 2D
5. Simulación
6. Conclusiones



Juan González-Gómez
jggomez@ing.uc3m.es
juan@iearobotics.com

Semana de la Robótica
Alcabot-Hispabot
14/Abril/2010



Minicube-I



Configuración mínima

Robot modular con el **menor número de módulos** que es capaz de desplazarse en línea recta

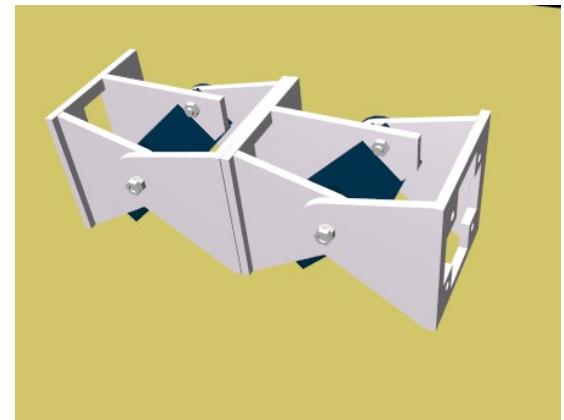
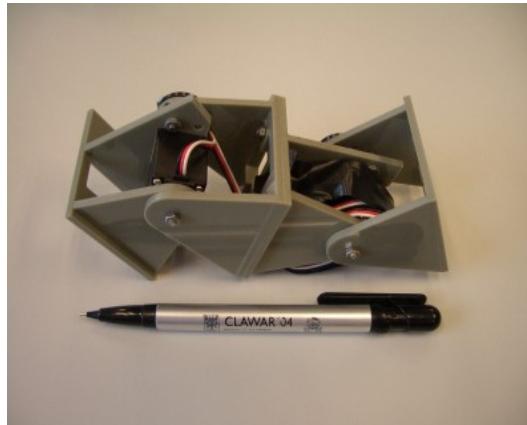
Minicube-I (II)

Demo

- **Morfología**

2 modules con conexión
cabeceo-cabeceo

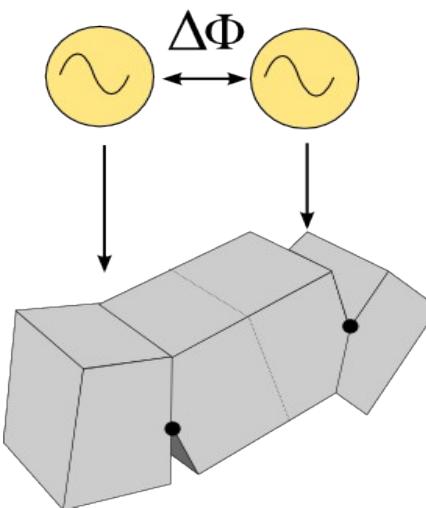
Locomoción en 1D



- **Controlador:**

- Dos generadores iguales
- Parámetros $A, \Delta\Phi, T$
- Más información:

<http://bit.ly/9SNFXb>



Cube3

Demo

- **Morfología:** 3 Módulos con conexión cabeceo-cabeceo
- **Controlador:** 3 osciladores iguales



- Estudio de la locomoción de las orugas

Mayor eficiencia:

- $A=40$ grados
- $\Delta\phi=125$

- Más información:

<http://bit.ly/8ZA3Au>

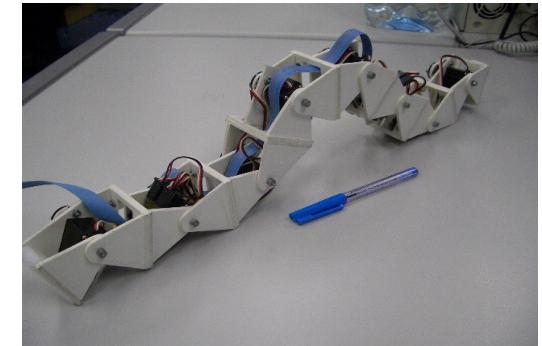
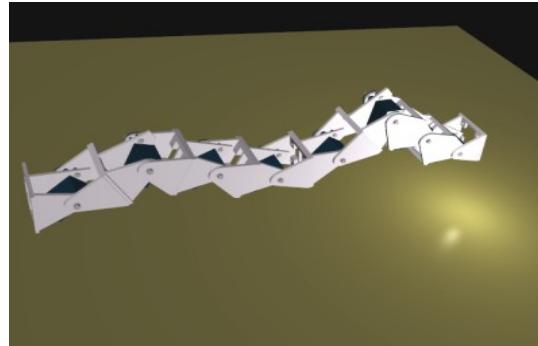
Cube Revolutions

Vídeos

- **Morfología:**

8 módulos con conexión
cabeceo-cabeceo

Locomoción en 1D



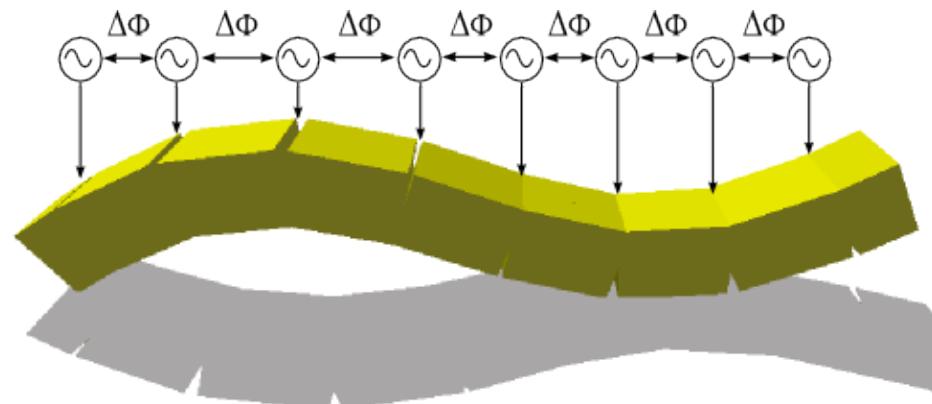
- **Control:**

- 8 generadores iguales

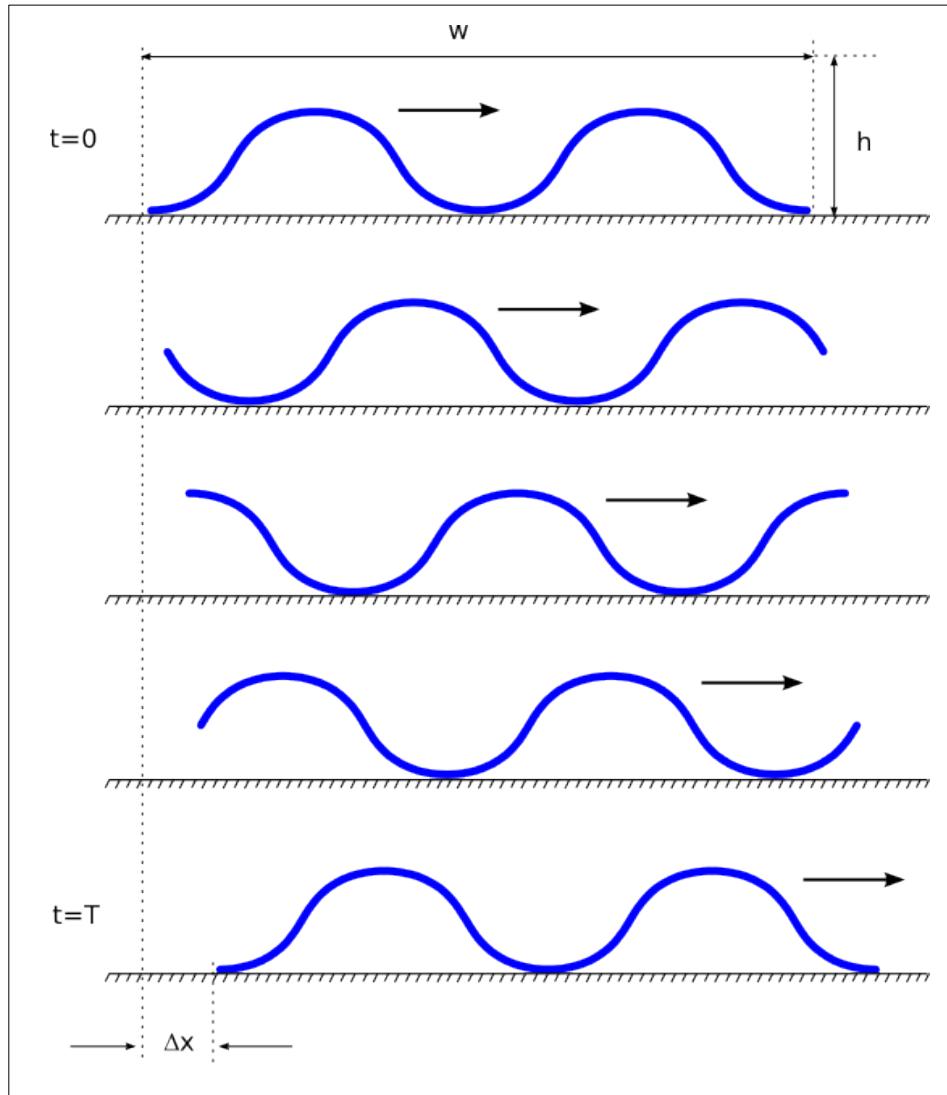
- Parámetros: $A, \Delta\Phi, T$

- Más información:

<http://bit.ly/aOdkzb>



Mecanismo de locomoción



- **Mecanismo:** propagación de ondas
- **Forma del robot:** curva serpentinoide

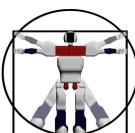
Algunas ecuaciones:

- **Paso:** Δx
- **Velocidad media:** $V = \frac{\Delta x}{T}$
- **Cálculo del paso:**

$$\Delta x = \frac{l}{k} - \int_0^k \cos(\alpha \cos(\frac{2\pi k}{l}s)) ds$$

ÍNDICE

1. Introducción
2. Módulos
3. Locomoción en 1D
4. **Locomoción en 2D**
5. Simulación
6. Conclusiones y trabajo futuro



Juan González-Gómez
jggomez@ing.uc3m.es
juan@iearobotics.com

Semana de la Robótica
Alcabot-Hispabot
14/Abril/2010



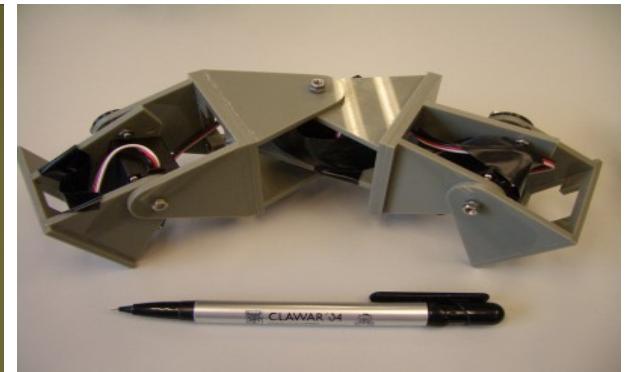
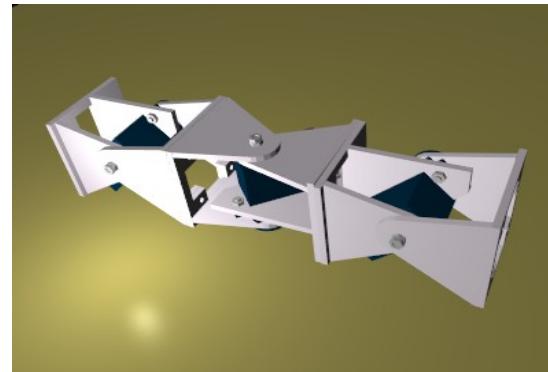
Minicube-II

Demostración

- **Morfología:**

Tres módulos con conexión cabeceo-viraje

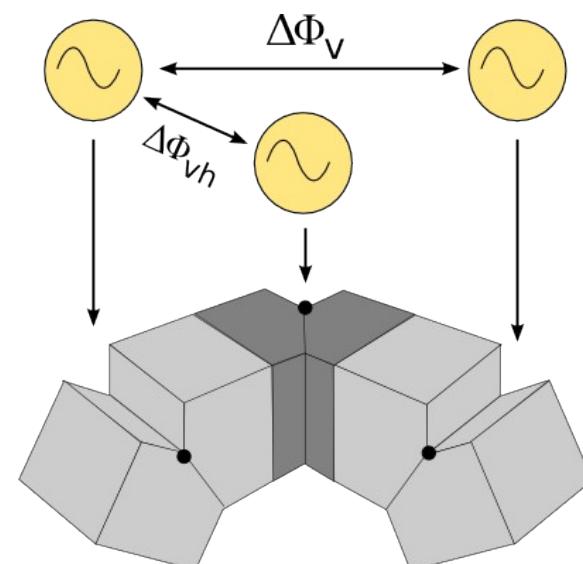
Locomoción en 2D



- **Control:**

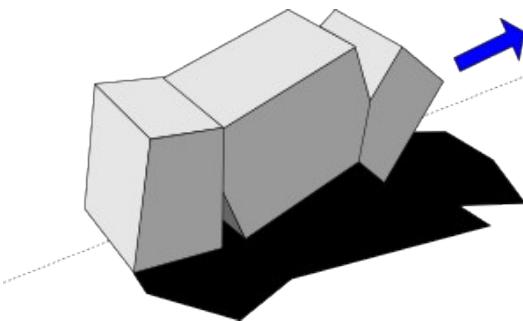
- Tres generadores sinusoidales
- Parámetros:

$$A_v, A_h, \Delta\Phi_v, \Delta\Phi_{vh}, T$$



Minicube-II (II)

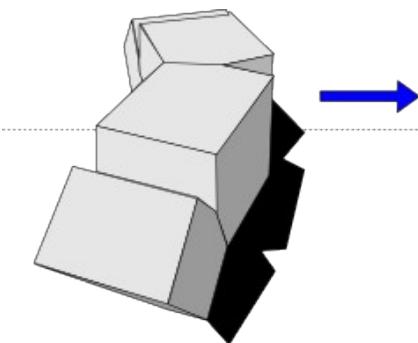
Línea recta



$$A_v = 40, A_h = 0$$

$$\Delta \Phi_v = 120$$

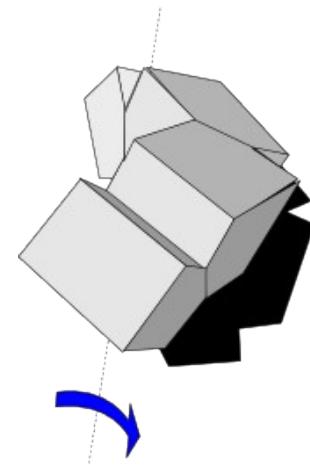
Desplazamiento lateral



$$A_v = A_h < 40$$

$$\Delta \Phi_{vh} = 90, \Delta \Phi_v = 0$$

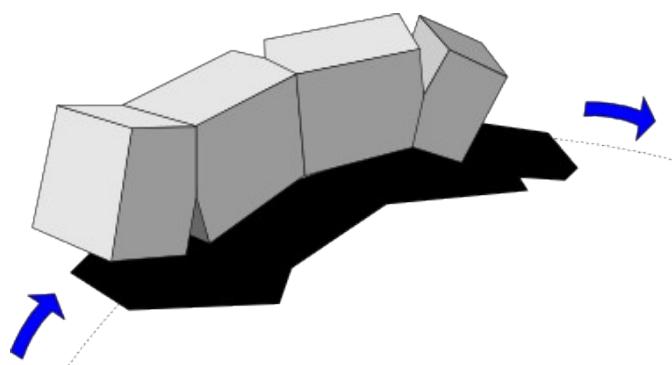
Radar



$$A_v = A_h > 60$$

$$\Delta \Phi_{vh} = 90, \Delta \Phi_v = 0$$

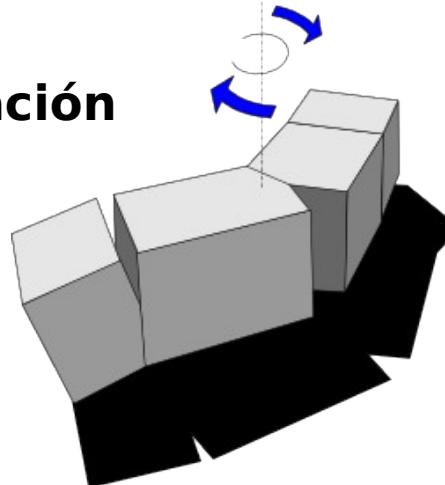
Arco



$$A_v = 40, A_h = 0$$

$$O_h = 30, \Delta \Phi_v = 120$$

Rotación



$$A_v = 10, A_h = 40$$

$$\Delta \Phi_{vh} = 90, \Delta \Phi_v = 180$$

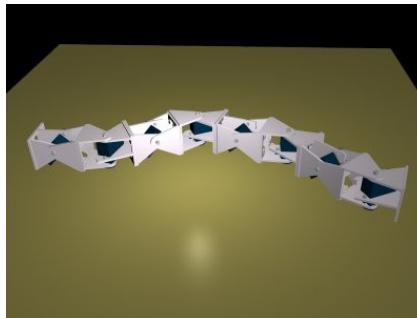
Hypercube

Vídeos

- **Morfología:**

8 módulos con conexión
cabeceo-viraje

Locomoción en 2D



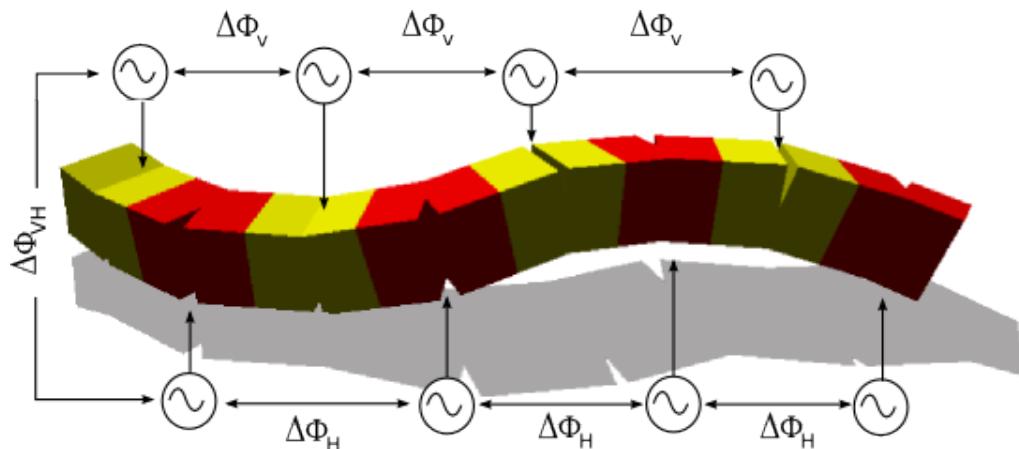
- **Control:**

- 8 generadores iguales
- Parámetros:

$$A_h, A_v, \Delta\Phi_h, \Delta\Phi_v, \Delta\Phi_{vh}, T$$

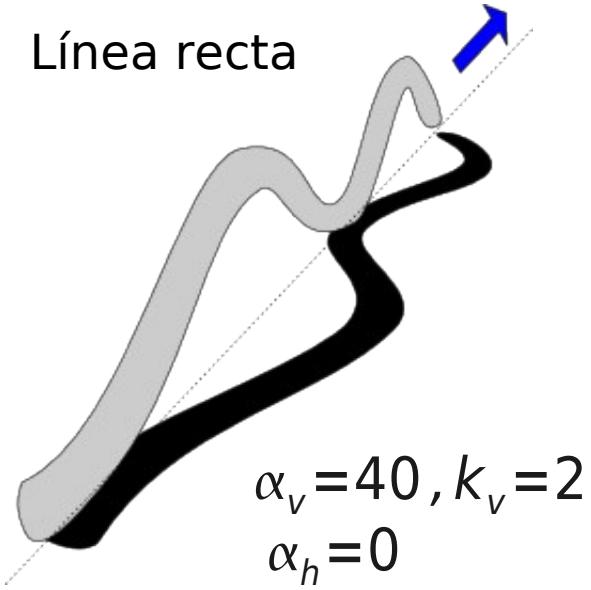
- Más información:

<http://bit.ly/9WMVUf>



Hypercube (II)

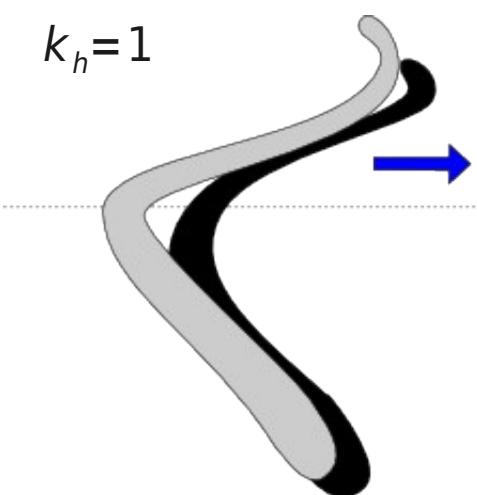
Línea recta



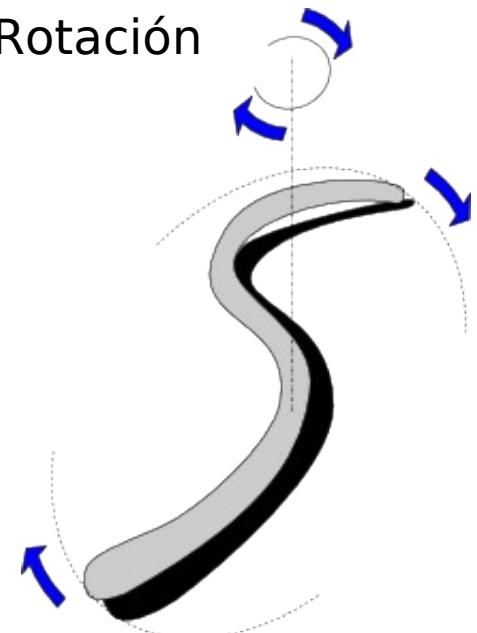
Desplazamiento lateral

$$\alpha_v \rightarrow 0, k_v = k_h, \Delta\Phi_{vh} = 90^\circ$$

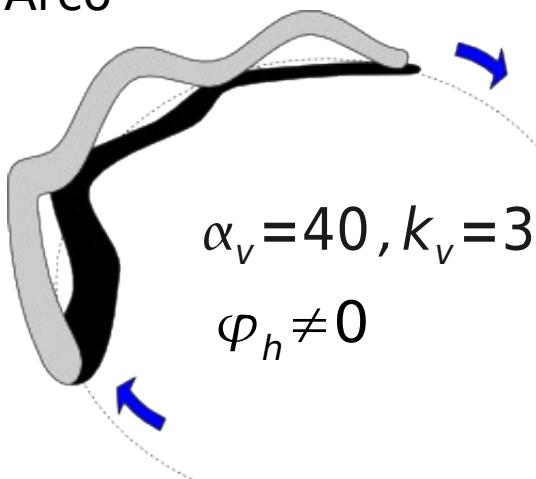
$$k_h = 1$$



Rotación

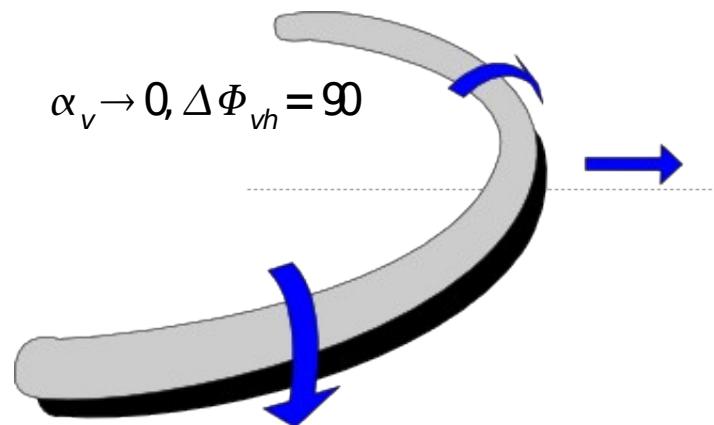


Arco



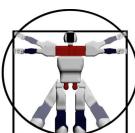
Rodar

$$\alpha_v \rightarrow 0, \Delta\Phi_{vh} = 90^\circ$$



ÍNDICE

1. Introducción
2. Módulos
3. Locomoción en 1D
4. Locomoción en 2D
- 5. Simulación**
6. Conclusiones



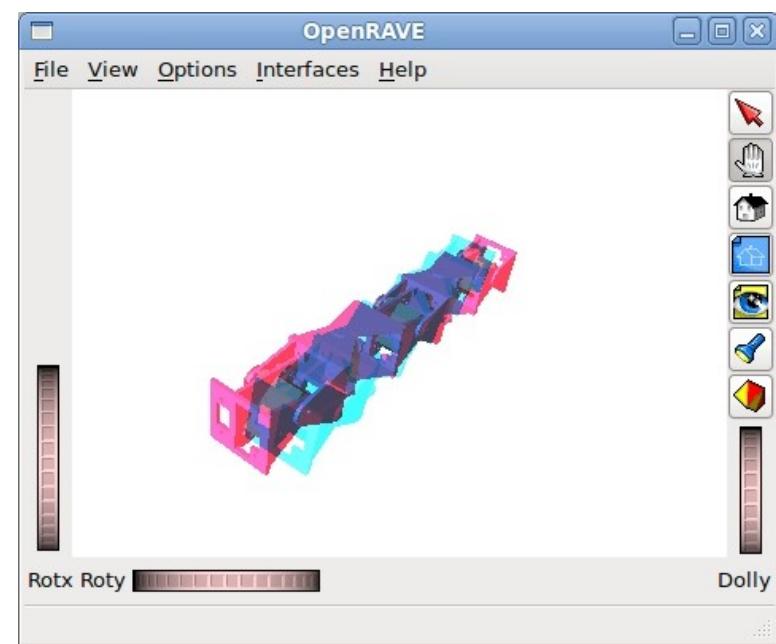
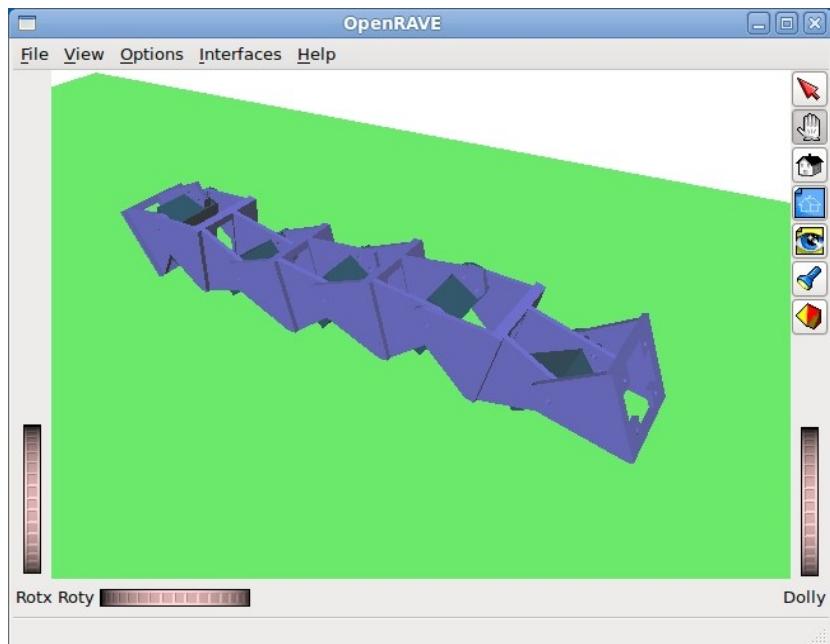
Juan González-Gómez
jggomez@ing.uc3m.es
juan@iearobotics.com

Semana de la Robótica
Alcabot-Hispabot
14/Abril/2010



Simulación

Demo



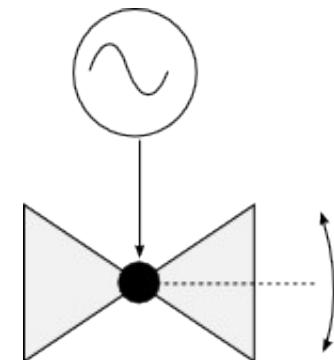
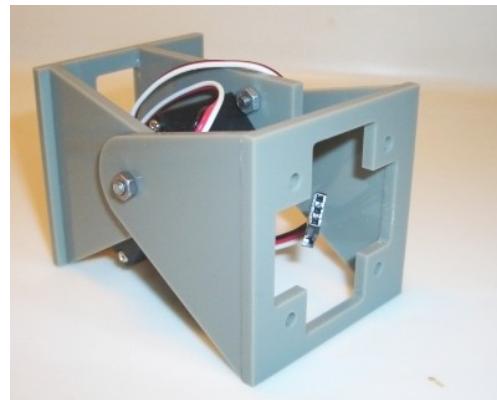
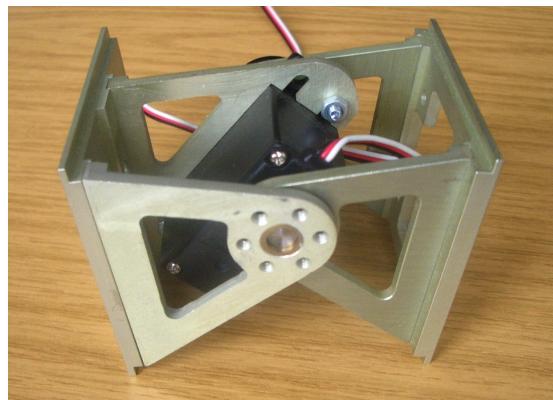
- Simulador: **OpenRave** + **OpenMR** plugin
- **OpenMR** = OpenRave Modular Robot plugin
- Vista en 3D con gafas con cristales rojo y azul
- Más información: <http://bit.ly/9a3fXk>



Conclusiones

El modelo basado en **generadores sinusoidales es válido** para la locomoción de robots modulares con topología de 1D

- Requiere muy pocos recursos para su implementación
- Se consiguen movimientos muy suaves y naturales
- Se pueden realizar diferentes tipos de movimientos



$$\varphi_i(t) = A_i \sin\left(\frac{2\pi}{T}t + \psi_i\right) + O_i$$

Donde encontrar más información...

- Todo lo tengo publicado en **mi página personal** bajo licencia libre: artículos, planos, hardware, software, presentaciones, etc.

www.iearobotics.com/juan

- O me podéis mandar un correo a mi dirección personal:

juan@iearobotics.com

Nuevos interfaces con los robots

Y ahora un poco de **robótica friki**
:-)

Wiimote



Wiiboard



Tarri-wheel





¡Que la robótica modular os acompañe!

Muchas gracias por vuestra atención

:-)

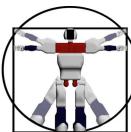
Robots ápodos modulares



Juan González Gómez

Dpto. Ingeniería de Sistemas y Automática
Robotics Lab

Universidad Carlos III de Madrid



Juan González-Gómez
jggomez@ing.uc3m.es
juan@iearobotics.com

Semana de la Robótica
Alcabot-Hispabot
14/Abril/2010

