

Sistemas de Locomoción de robots móviles

CONTROL Y PROGRAMACIÓN DE ROBOTS

Grado en Electrónica, Robótica y Mecatrónica

Modos de desplazamiento

- Depende del terreno (plano, suave, irregular,...) y del rendimiento posible en este terreno.
- Influye sobre la estructura del robot.
- Influye sobre el movimiento de las masas implicadas.
 - caminar o correr requiere levantar patas y no solamente una masa horizontalmente.
 - los robots con patas requieren un control constante de la estabilidad e involucran más fuentes de consumo de energía.

Modos de desplazamiento

Aspectos fundamentales:

- **Estabilidad:** número de puntos de contacto con el piso, centro de gravedad, estabilidad estática y dinámica, pendiente del terreno
- **Características del contacto:** punto o área de contacto, ángulos de contacto, fricción
- **Tipo de ambiente:** estructurado o no estructurado, fijo o variable

Consideraciones de diseño

- Maniobrabilidad
- Controlabilidad
- Tracción
- Capacidad de subir pendientes
- Estabilidad
- Eficiencia
- Mantenimiento
- Impacto ambiental
- Consideraciones de 'Navegabilidad'

Tipos de Locomoción

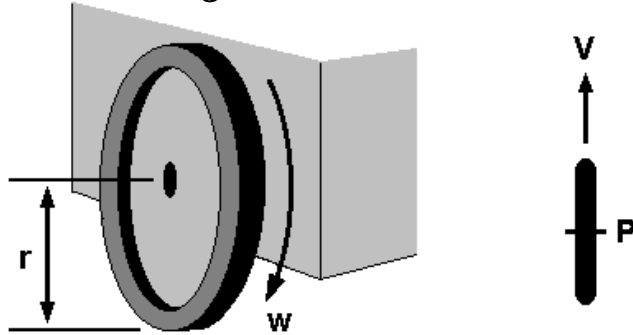
- Con ruedas/cintas de deslizamiento
 - Diferencial
 - Síncrona
 - Triciclo
 - Ackerman
 - Omnidireccionales
 - Otras
- Con patas
- Otros

Algunos conceptos previos

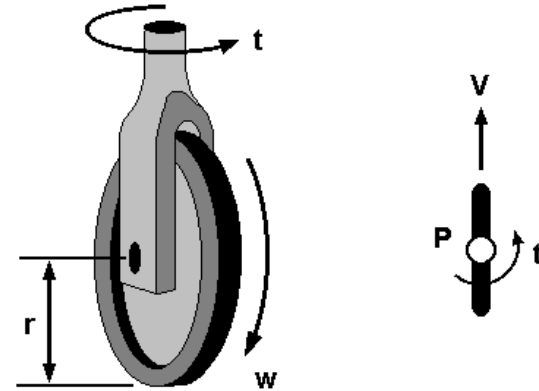
- **Rueda motriz:** La que proporciona fuerza de tracción al robot
- **Rueda directriz:** Ruedas de direccionamiento de orientación controlable.
- **Ruedas fijas:** Sólo giran en torno a su eje sin tracción motriz.
- **Ruedas locas o ruedas de castor.** Ruedas orientables no controladas.

Algunos conceptos previos

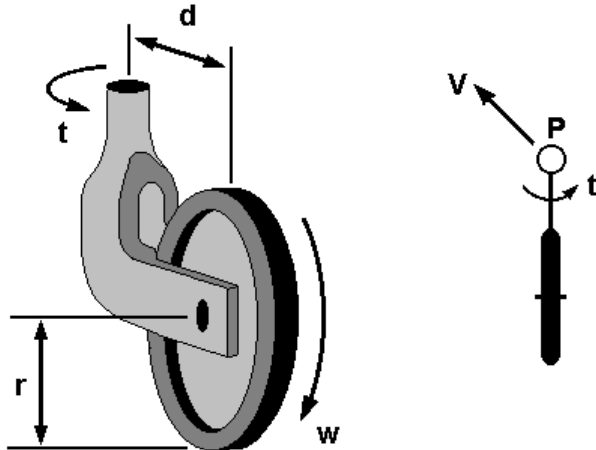
a) Rueda Fija



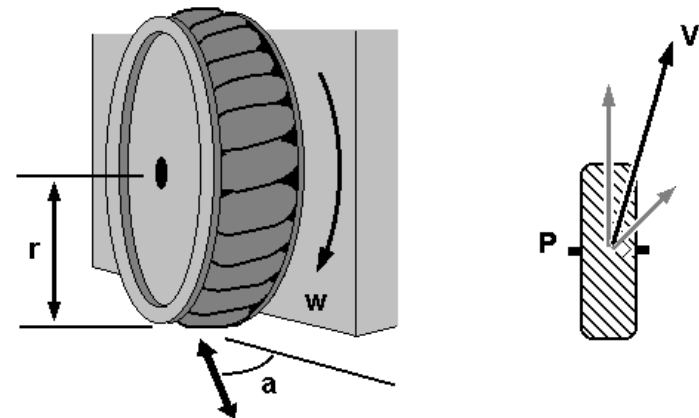
b) Rueda orientable centrada



b) Rueda orientable descentrada (Rueda de Castor)

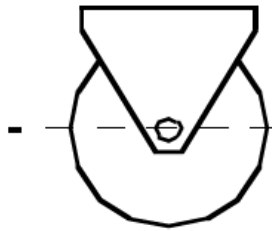


c) Ruedas Suecas: Ruedas omnidireccionales

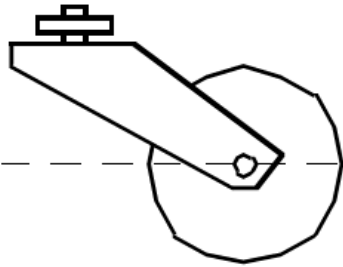


Algunos conceptos previos

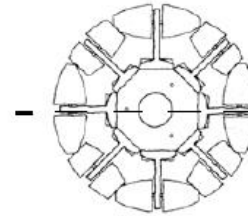
a)



b)

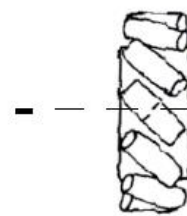
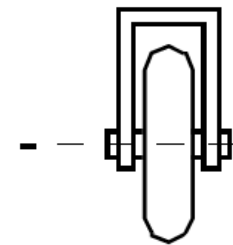
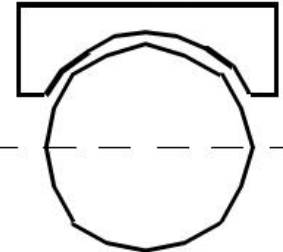


c)

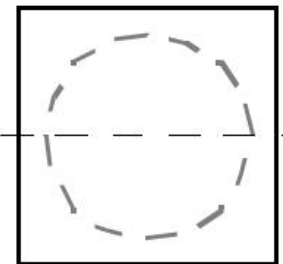
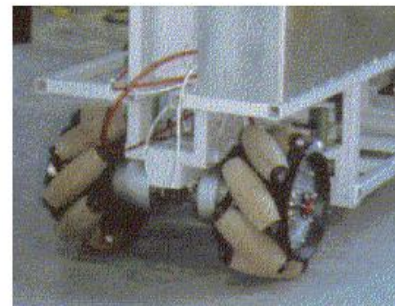
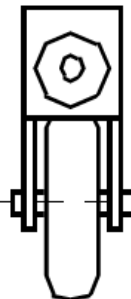
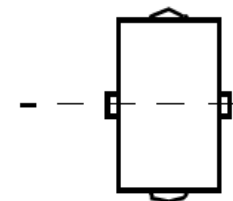
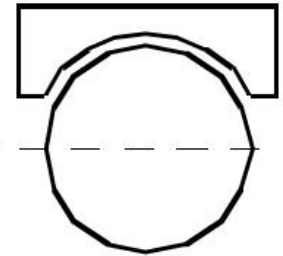


swedish 90°

d)



swedish 45°

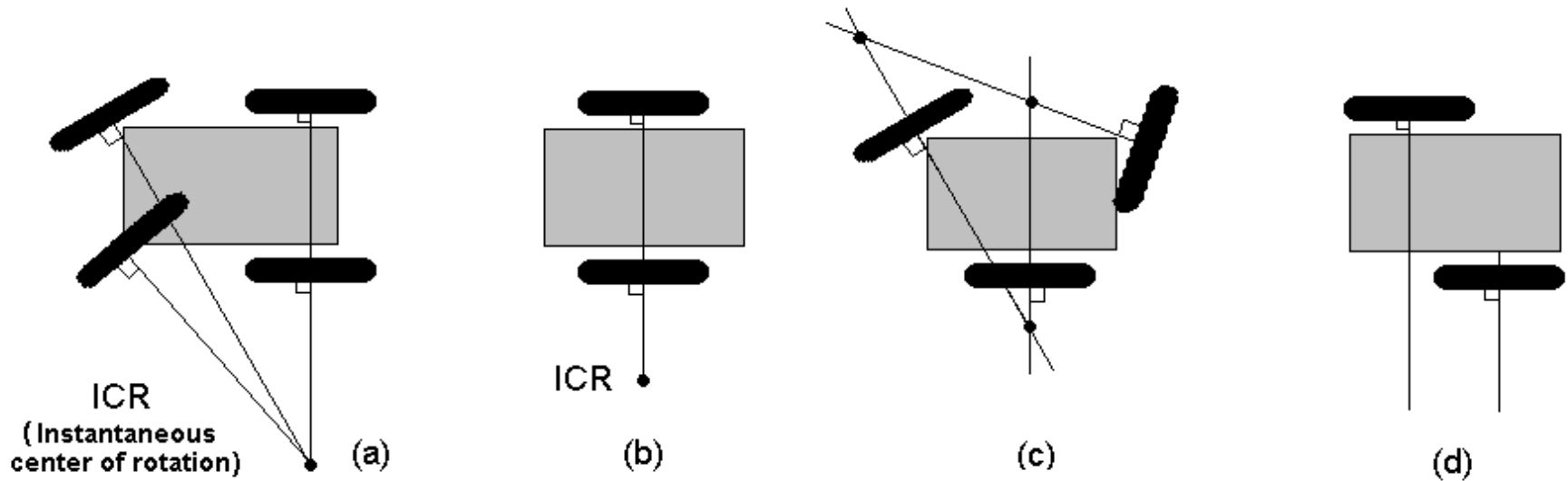


© R. Siegwart, I. Nourbak

© R. Siegwart, I. Nourbakhsh

Algunos conceptos previos

- **Centro instantáneo de Rotación (CIR) o centro instantáneo de curvatura (CIC):** El punto de intersección de todos los ejes de las ruedas

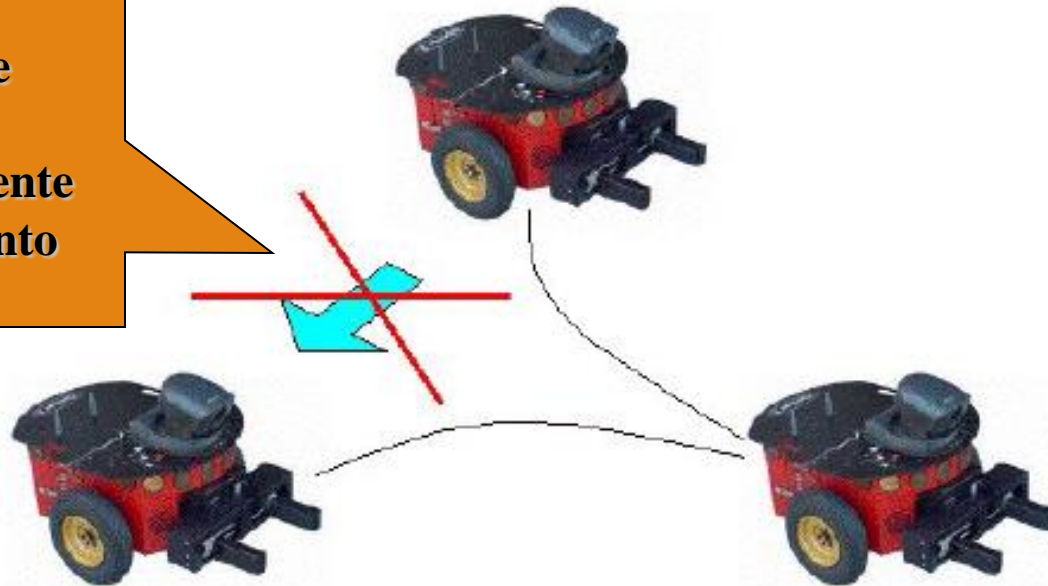


Algunos conceptos previos

- **Restricciones no holónomas**

¿Qué significa?

El robot puede moverse instantáneamente adelante o atrás pero no lateralmente por el deslizamiento de las ruedas



Algunos conceptos previos

- **Restricciones no holónomas**

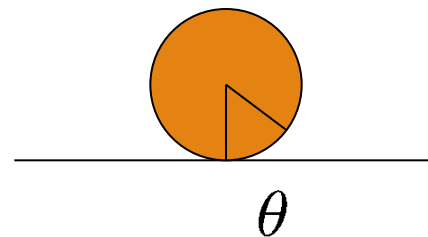
MATEMÁTICAMENTE

$$G(p, \dot{p}, t) = 0$$

$$\dot{x} = R \cdot \dot{\theta}$$

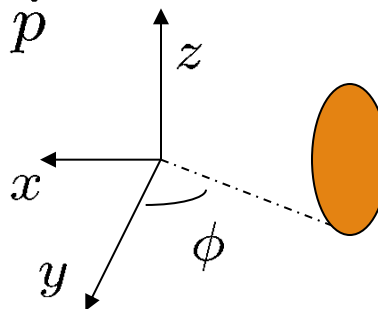


R. Holónoma no depende de \dot{p}



$$\int dt \rightarrow x - R \cdot \theta = cte$$

**R. No Holónoma depende de \dot{p}
y no es integrable**

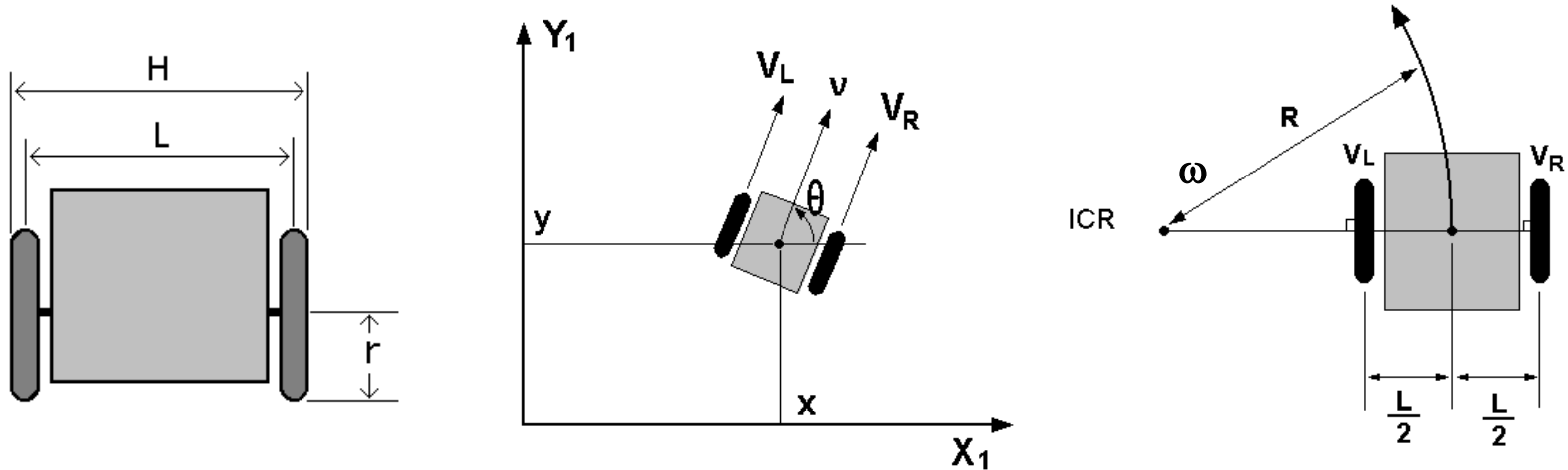


$$-\dot{x} \sin \phi + \dot{y} \cos \phi = \dot{\theta} \cdot R$$

$$\dot{x} \cos \phi + \dot{y} \sin \phi = 0$$

NO INTEGRABLE

Locomoción diferencial



No hay ruedas directrices. El cambio de dirección se realiza modificando la velocidad relativa de las ruedas a Izquierda y Derecha

Locomoción diferencial

Ventajas:

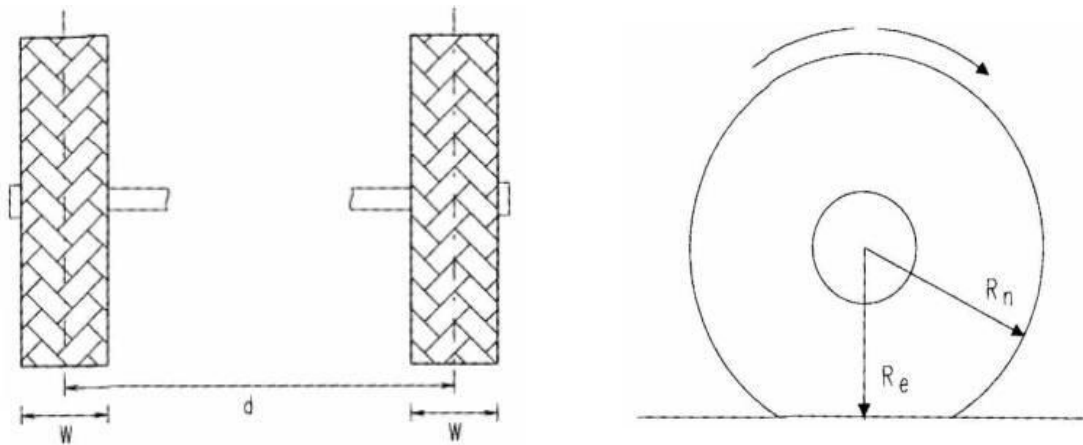
- Sistema Barato
- Fácil de implementar
- Diseño simple

Inconvenientes:

- Difícil de controlar
- Requiere control de precisión para trayectorias rectas

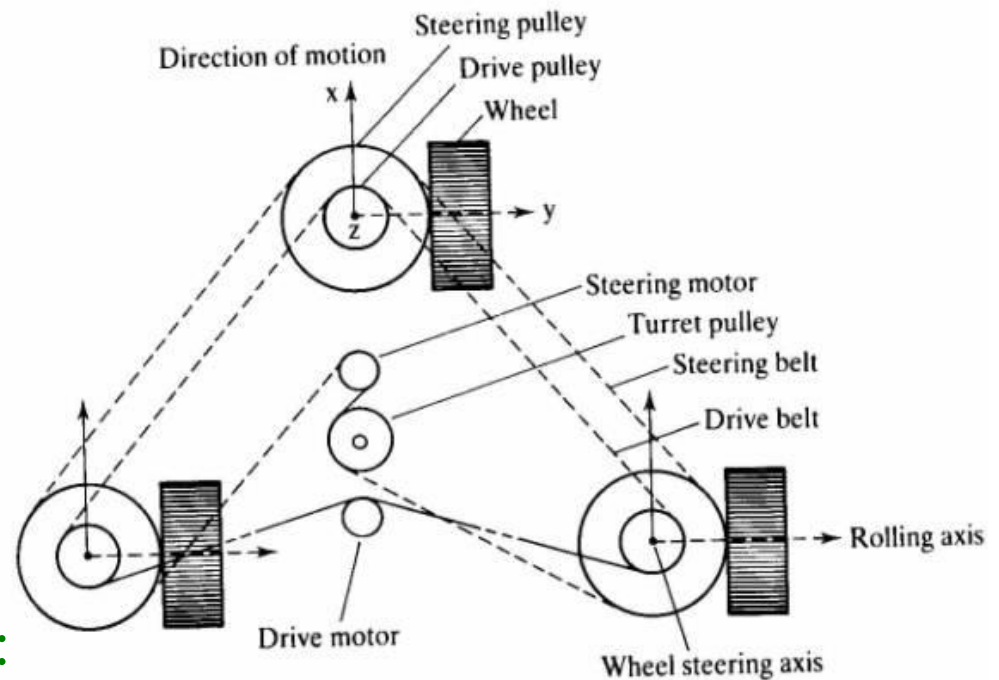
Problemas con locomoción diferencial:

Deformación de neumáticos



El cambio de diámetro de las ruedas distorsiona el control de dirección del vehículo

Locomoción síncrona (Synchro Drive)



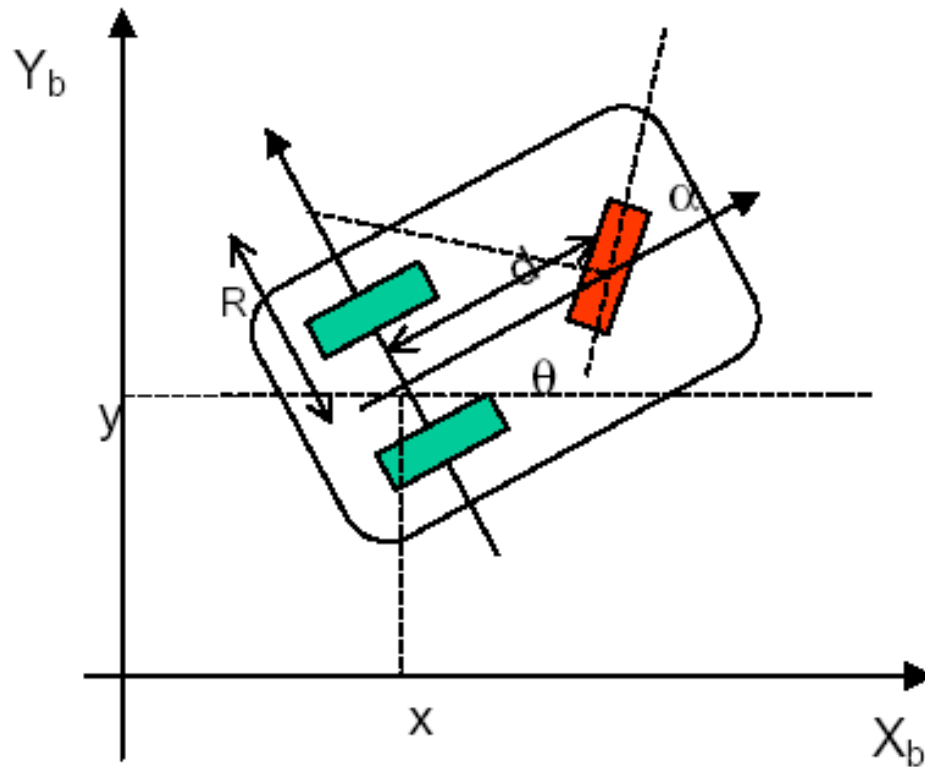
Ventajas:

- Motores separados para traslación y rotación simplifican el movimiento
- El control en línea recta está garantizado mecánicamente
- Restricciones holónomas

Inconvenientes:

- Diseño complejo y difícil implementación

Triciclo



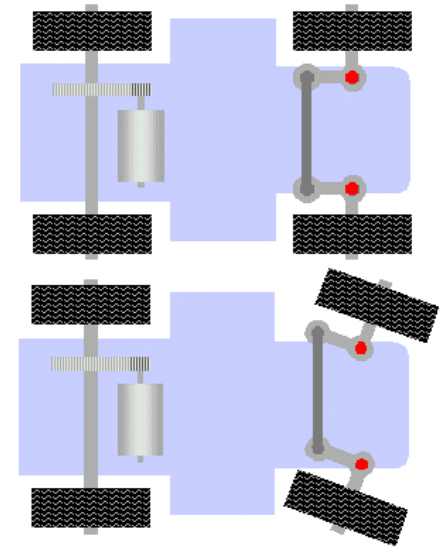
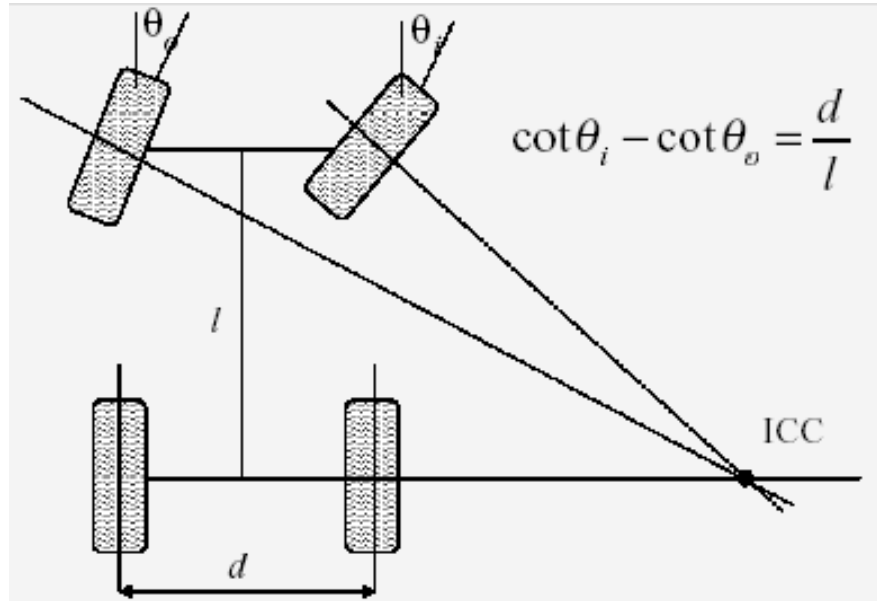
Ventajas:

- No hay deslizamiento

Inconvenientes:

- Se requiere guiado no holonómico

Locomoción Ackerman



Ventajas:

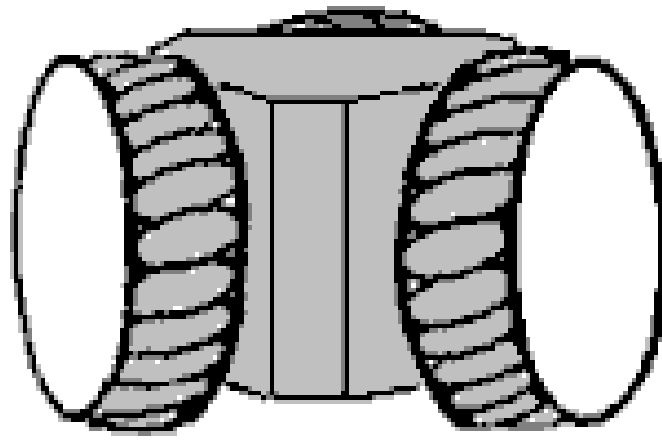
- Fácil de implementar
- Un sistema simple de 4 barras controla la dirección

Desventajas:

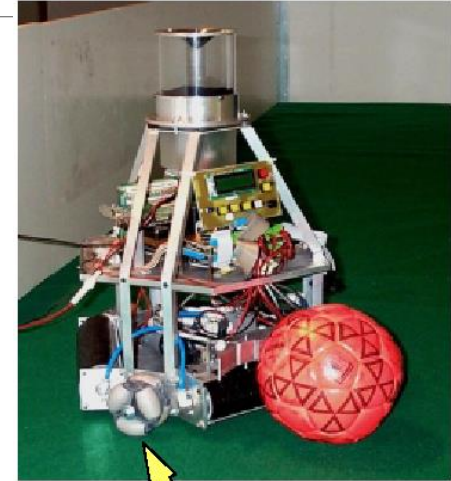
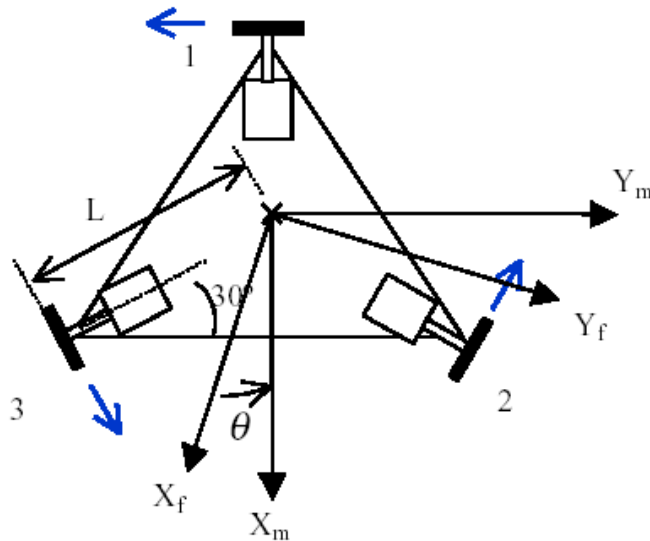
- Restricciones no holonómicas

Otros sistemas: Omniwheels

- Diseños complejos que permiten mayor libertad de movimiento que los sistemas de ruedas clásicos
- Ej : Ruedas Suecas



Omni Wheels



**Ruedas
Suecas**

Ventajas:

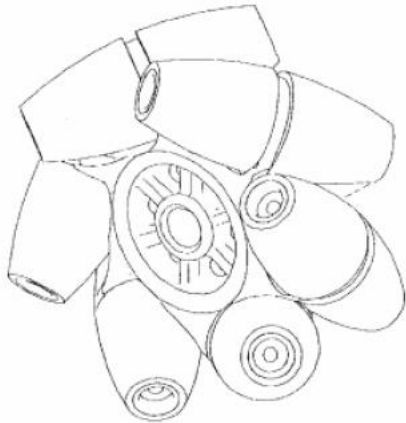
- Permiten Movimientos complicados (reducen restricciones cinemáticas)

Inconvenientes:

- El movimiento en línea recta no está garantizado por restricciones mecánicas: Es necesario control
- Implementación Complicada

Otros sistemas: Omniwheels

Sistemas omnimóviles



mecanum wheels

=

rueda sueca



URANUS (1985)



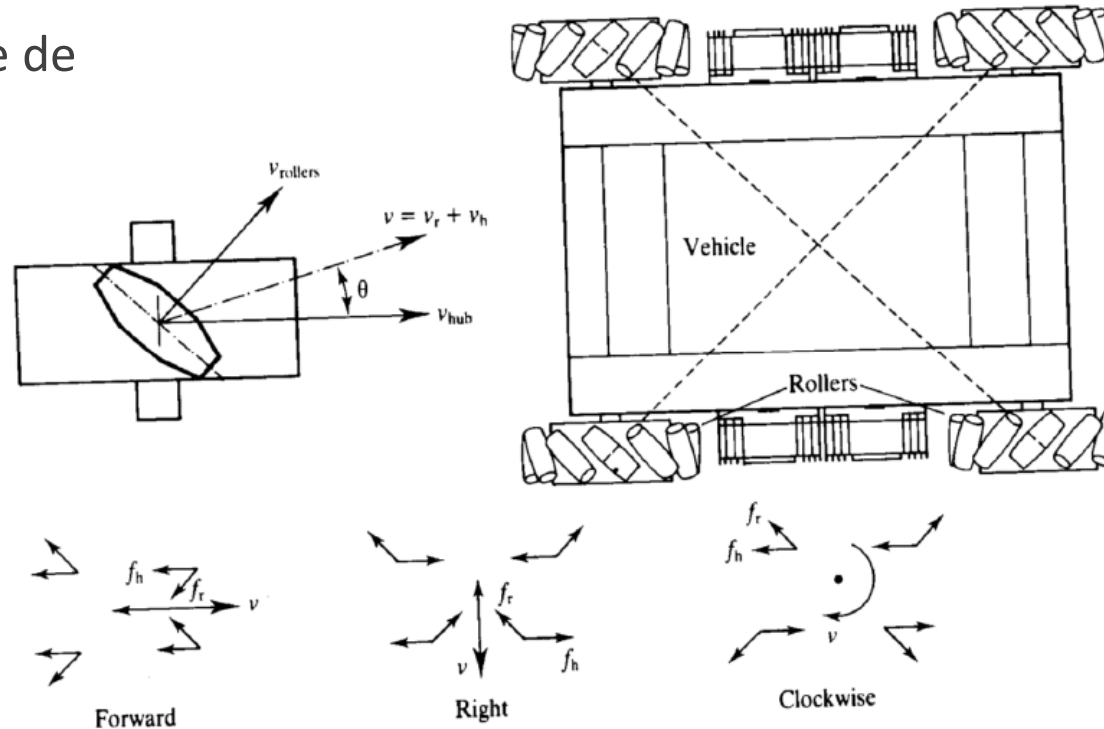
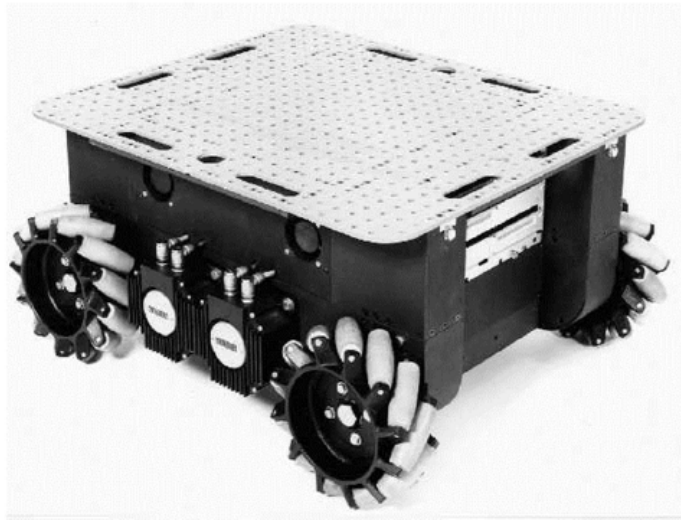
otros sistemas



RollMobs (UCL-PRM)

Otros sistemas: Omniwheels

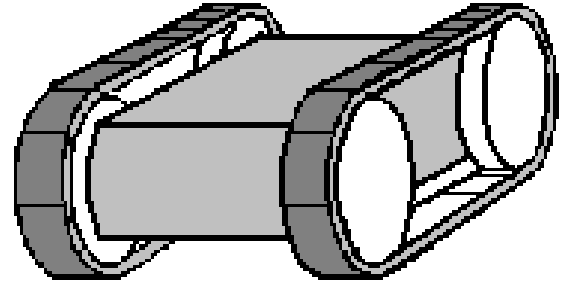
- El movimiento en el plano tiene 3 GDL.
- Sólo 3 ruedas pueden controlarse de forma independiente.



Locomoción por cintas de deslizamiento

Ventajas:

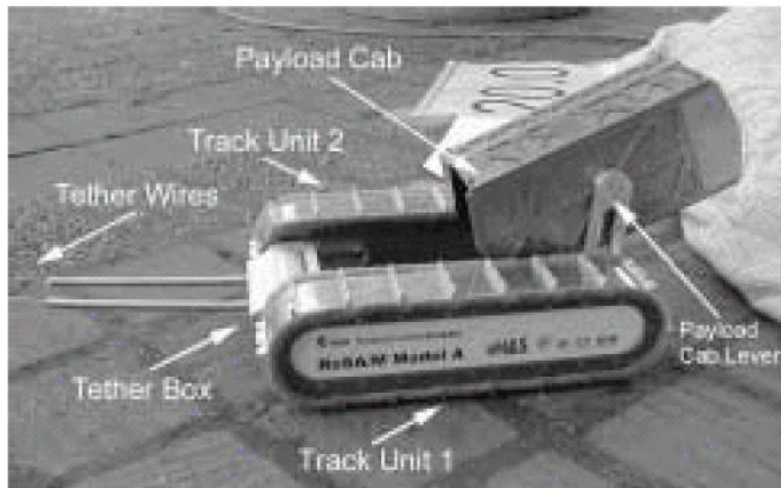
- Sistema simple de controlar



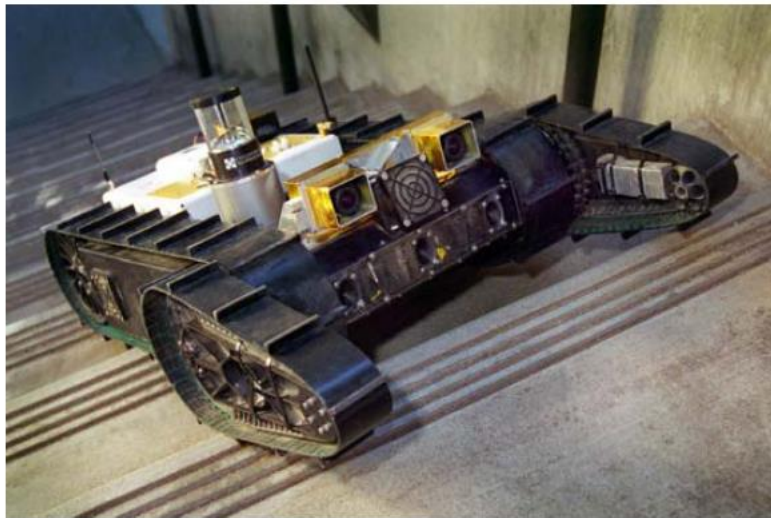
Inconvenientes:

- Deslizamiento conduce a resultados pobres en odometría
- No se dispone de modelo preciso de giro
- Consume mucha potencia para girar.

Robots con pistas de deslizamiento



- buena estabilidad
- movimientos similares a ruedas diferenciales
- problemas de fricción



sistema skid-steer

Robots con patas

Ventajas:

- Pueden moverse por cualquier terreno que un ser humano pueda (Ej : suben escaleras)

Inconvenientes:

- Muchos grados de libertad → Difícil de controlar
- Mantener la estabilidad es complicado.
- Consumen mucha energía

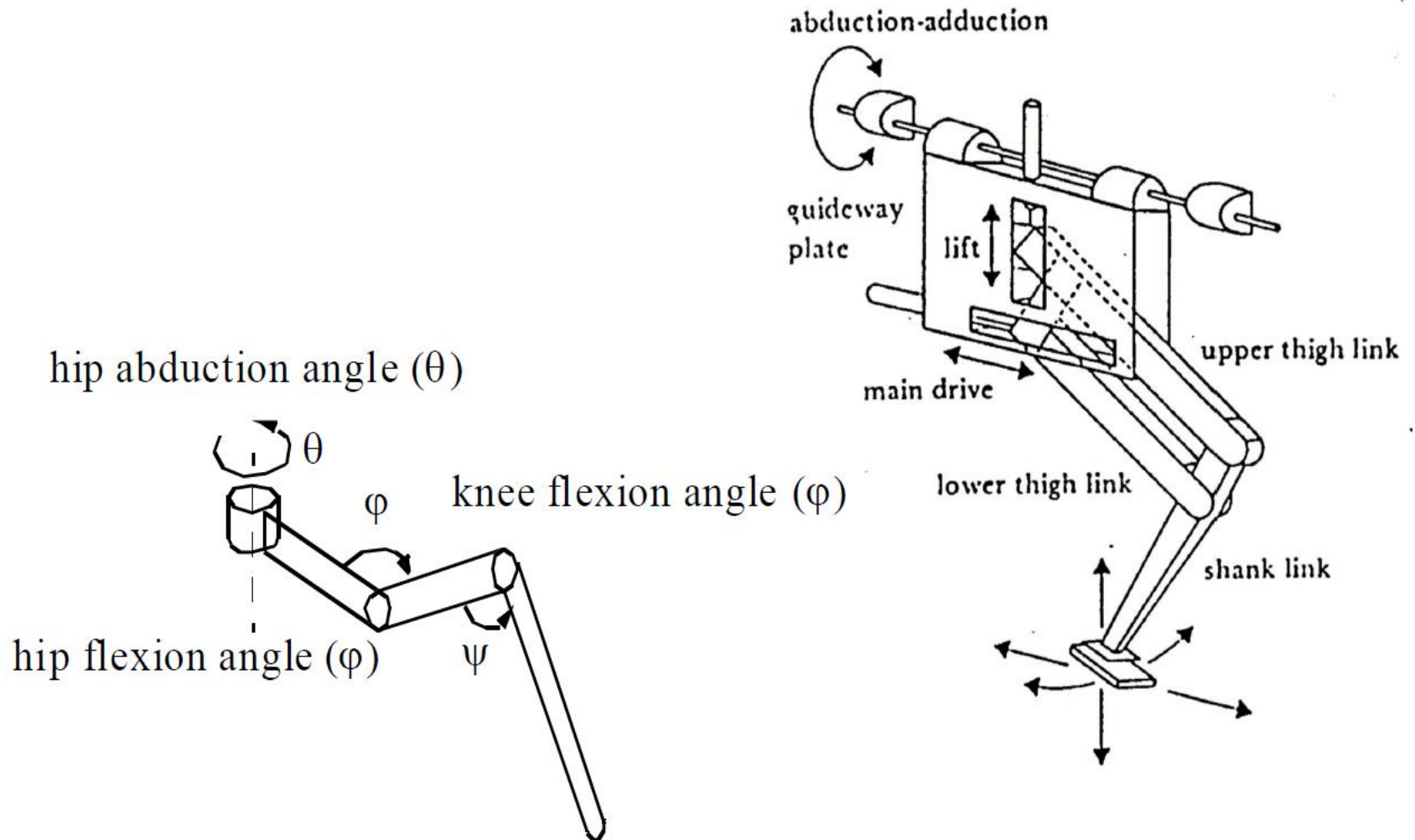


¿ Son mejores las patas que las ruedas?

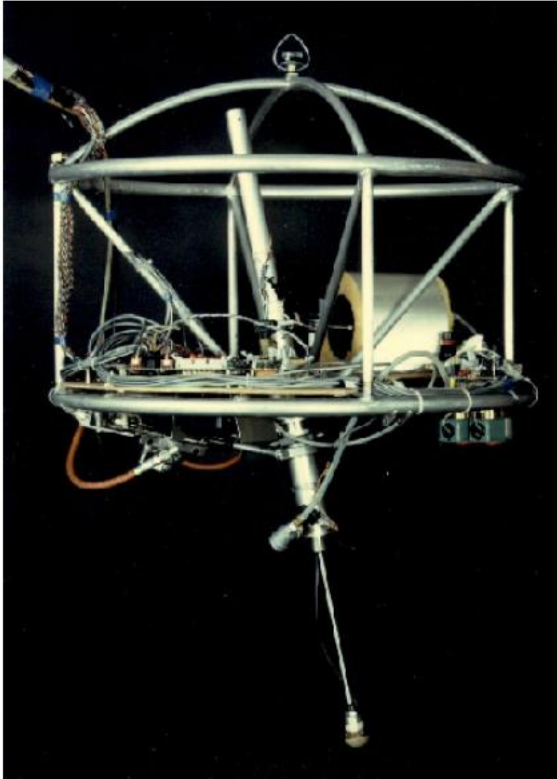
Robots con patas.

- Grados de libertad por pata
 - minimó 2 para poder levantar y mover la pata
 - Usualmente 3
 - más grados de libertad permiten mejorar la forma de caminar pero aumentan el número de articulaciones motorizadas: diseño y control más complejos
- La morfología y la forma de caminar ("walking pattern") son usualmente copias de la naturaleza
- Menos patas implica menos estabilidad y control complejo

Robots con patas.



Una pata



(MIT)

- robot saltando sin parar
- estabilidad dinámica
- requiere un sistema de control rápido
- poca precisión de movimientos
- ninguna aplicación industrial

Dos patas



(MIT)



- estabilidad dinámica
- requiere un sistema de control rápido
- poca precisión de movimientos
- ninguna aplicación industrial
- muchos diseños posibles

Dos patas. Humanoides



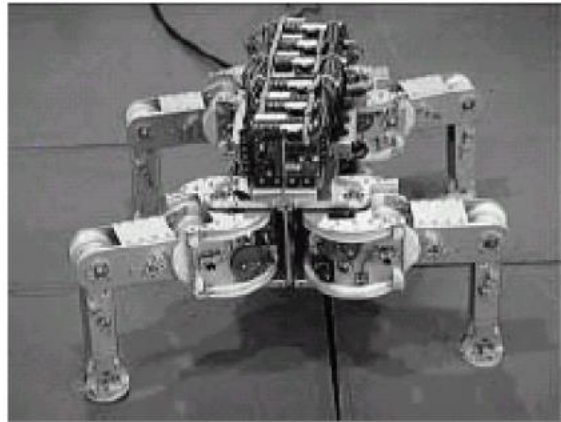
Asimo
(Honda)



Bip 2000
(7GDL en
cada pata)

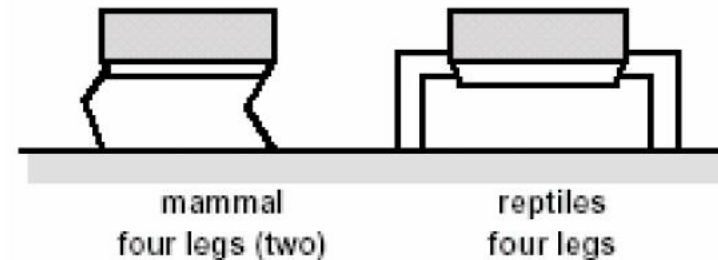
- mejor estabilidad porque area de contacto más grande
- control y diseño muy complejo
- aplicación ???
- varios diseños según el número de GDL por pata

Cuatro patas

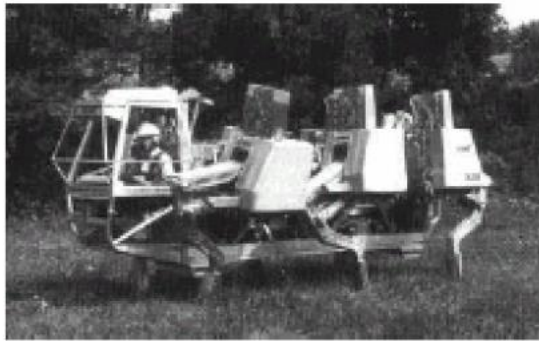


Titan VIII
(Tokyo Institute of
Technology)

- estabilidad estática
- varios diseños según la estructura de las patas



Seis patas



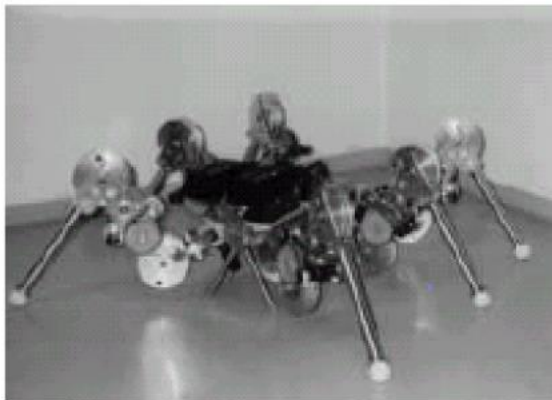
- lo más popular porque permite marcha estática

- gran variedad de diseños y de walking pattern

- mucha inspiración con insectos

- control más avanzado

- algunas aplicaciones para trabajar en el campo o en bosques



Lauron II
(Karlsruhe, Alemania)

Otros sistemas:

Locomoción articulada (Nomad)

Ventajas:

- Fácil de implementar excepto por el mecanismo de giro

Inconvenientes:

- Restricciones no holónomas



Otros sistemas: Robots Serpiente

Ventajas:

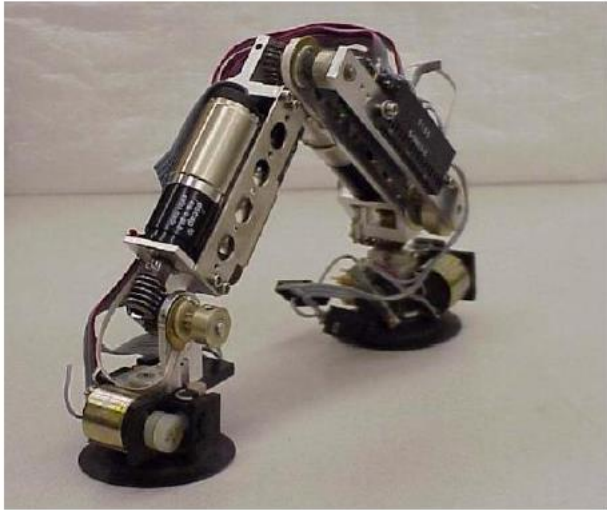
- Muchas aplicaciones potenciales
- Hyper-redundantes

Inconvenientes:

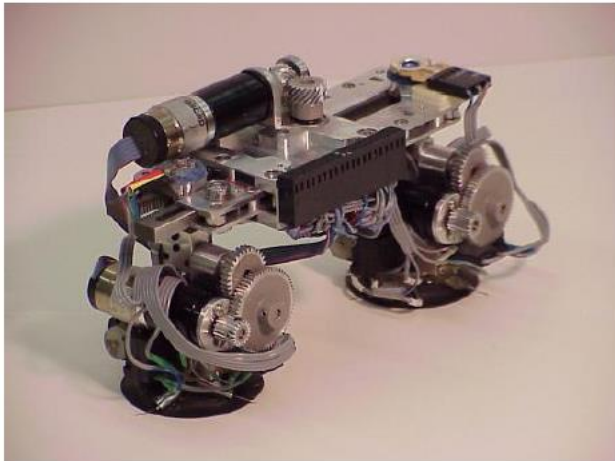
- Complejos de diseñar e implementar
- Control complejo



Otros. Robots trepadores



Michigan State University



- pueden subir paredes verticales, por ejemplo para lavar vidrios
- con ventosa de succión o ventosa magnética
- con sistema de garras