



TECNOLOGÍA Y ARQUITECTURA ROBÓTICA










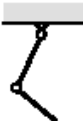


Sesión 6

- **Locomoción**



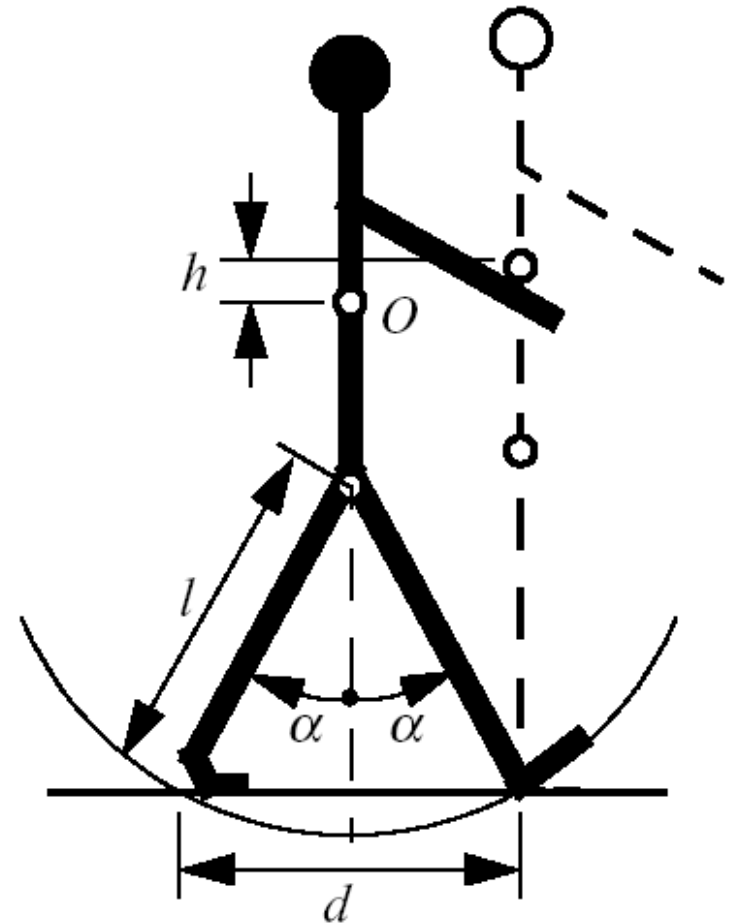
Locomoción en la naturaleza

- Un robot móvil necesita mecanismos de locomoción que le permitan moverse a través de su entorno.
- La naturaleza es una fuente de inspiración para generar el movimiento.

Type of motion	Resistance to motion	Basic kinematics of motion
Flow in a Channel 	Hydrodynamic forces	Eddies 
Crawl 	Friction forces	Longitudinal vibration 
Sliding 	Friction forces	Transverse vibration 
Running 	Loss of kinetic energy	Oscillatory movement of a multi-link pendulum 
Jumping 	Loss of kinetic energy	Oscillatory movement of a multi-link pendulum 
Walking 	Gravitational forces	Rolling of a polygon (see figure 2.2) 

Conceptos de locomoción

- La locomoción que utilizan los seres vivos es muy difícil de imitar técnicamente.
- La mayoría de los robots usan ruedas o sistemas deslizantes (orugas)
- Rodar es más eficiente, pero no hay ejemplos en la naturaleza de este tipo de locomoción
 - ▣ ¡Nunca se inventó la rueda en los animales!
- Sin embargo, el movimiento bípedo se puede llegar a aproximar a rodar.



Consideraciones sobre locomoción

- La locomoción se puede definir como la interacción física entre el vehículo y su entorno.

- Las consideraciones más importantes en la locomoción son:

- ▣ Estabilidad

- Número de puntos de contacto
- Centro de gravedad
- Estabilización estática/dinámica
- Inclinação del terreno

- ▣ Características del contacto

- Punto o área de contacto
- Ángulo de contacto
- Fricción

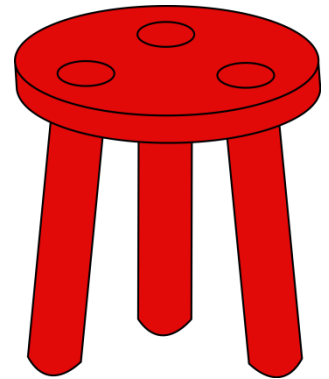
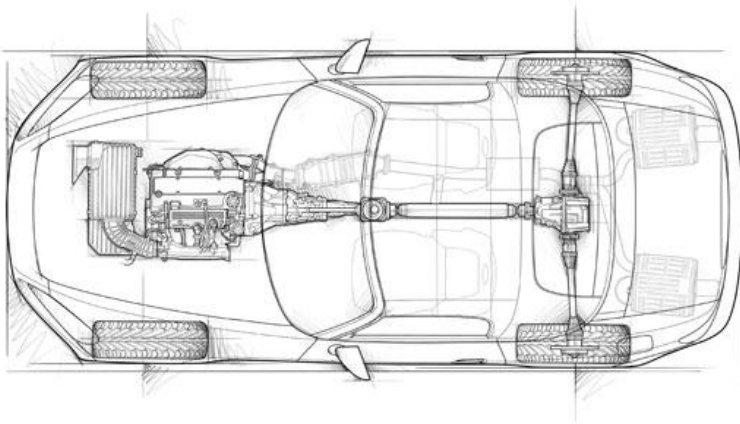
- ▣ Tipo de entorno:

- Estructura
- Medio (tierra, agua, aire, ...)



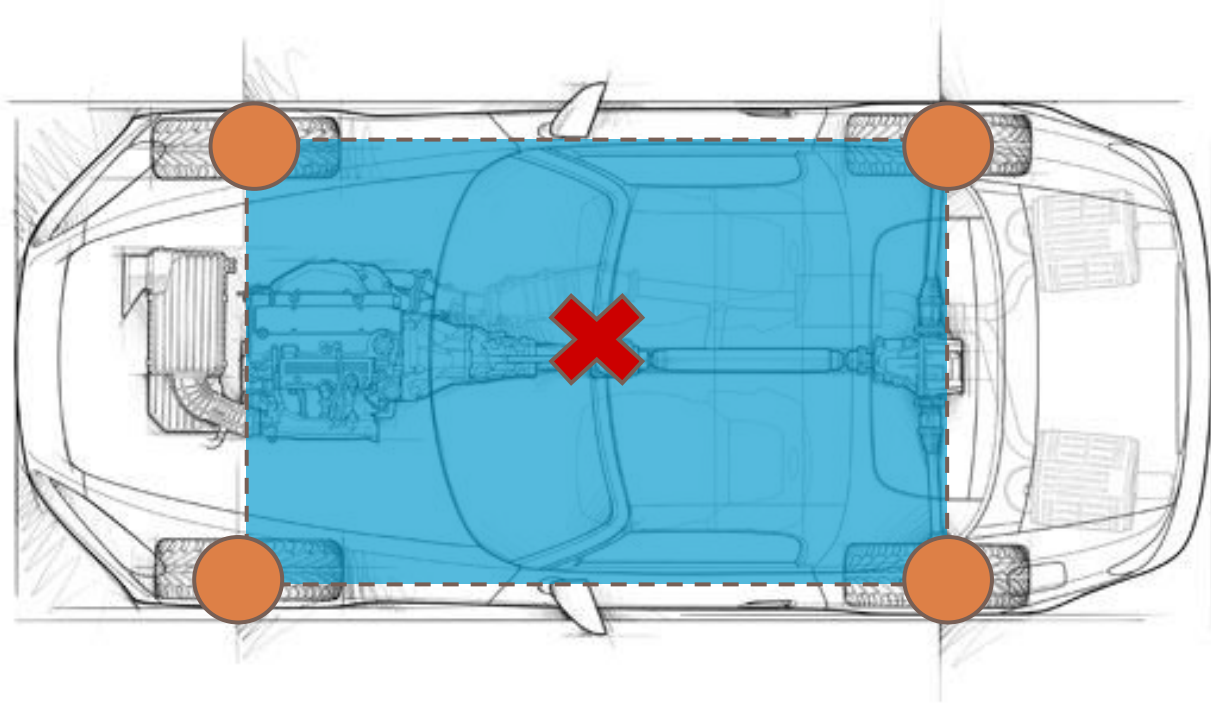
Estabilidad

- Estabilidad **estática** significa que el robot es estable, sin necesidad de estar moviéndose en todo momento.
 - ▣ No se necesita estar activo.
 - ▣ Se necesitan al menos 3 patas para obtener estabilidad estática
- Estabilidad **dinámica**: necesita control activo para mantenerse estable al moverse.



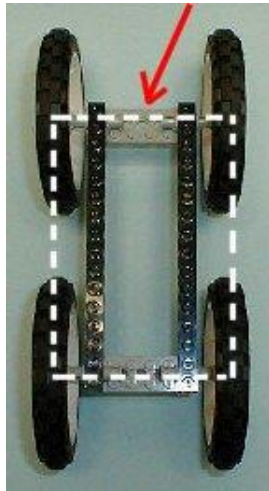
Configuraciones estables

- Se consiguen cuando la proyección del **centro de masas** está dentro del **polígono de soporte**.



Centro de gravedad

- El **centro de gravedad** (o **centro de masas**) es el punto en un objeto donde se supone que toda la masa del objeto se concentra.
 - Para los robots LEGO se puede asumir que está en el centro del ladrillo.
- El **polígono de soporte** es la “base del robot”, es decir, el polígono que se forma con sus puntos de contacto.



Rectángulo



Triángulo



Línea
(no muy estable)

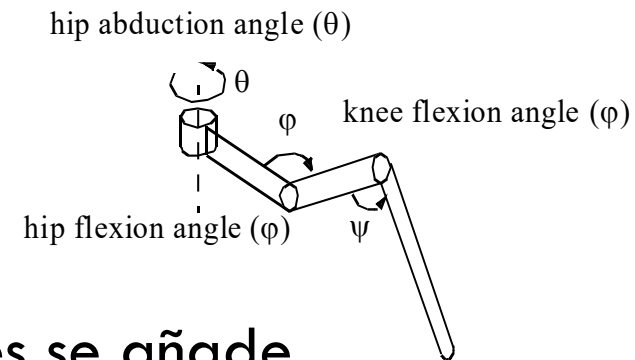
Robots con patas

- A menor número de patas, más complicada la locomoción
 - ▣ Se necesitan al menos 3 patas para obtener estabilidad estática
- Al caminar, alguna de las patas ha de levantarse.
- Para conseguir andar de manera estable estáticamente, al menos se necesitarían 4 patas.
 - ▣ 1 de ellas estaría en el aire, por lo que habría 3 de apoyo.
- Sin embargo, esto provoca que el movimiento sea muy lento
 - ▣ Sólo se puede levantar una pata en el movimiento para mantener la estabilidad.



Grados de libertad

- Al menos 2 grados de libertad para mover una pata hacia adelante.
 - ▣ Uno para levantarla o bajarla
 - ▣ El otro para desplazarla hacia el siguiente punto de contacto
- Lo más común es tener al menos 3 grados de libertad.
 - ▣ Esto permite al robot hacer maniobras mucho más complejas, con lo que se desplaza con mucha mayor agilidad.



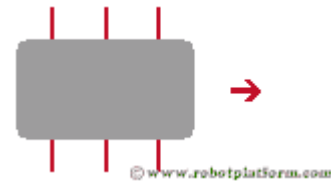
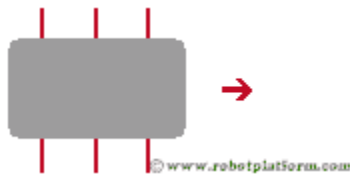
- En muchos de los robots bípedos actuales se añade un 4º grado de libertad en el tobillo.
 - ▣ Añadir grados de libertad incrementa la complejidad del diseño y del control de la locomoción

Movimientos posibles

- La manera de caminar se caracteriza por una secuencia de eventos para levantar y bajar las patas.
 - ▣ Depende del número de patas.
 - ▣ El número de eventos posibles N de un robot con k patas es: $N = (2k - 1)!$
- Para un robot bípedo, habrá 6 posibles eventos.
- En un hexápodo...39.916.800 posibles eventos!!
 - ▣ No todos son adecuados para un movimiento estable

Robots hexápodos

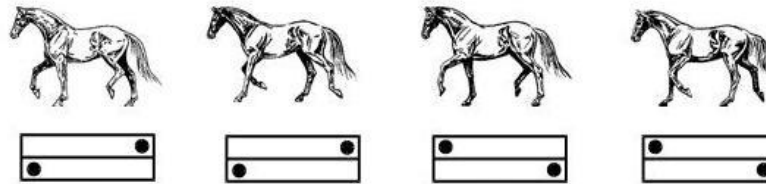
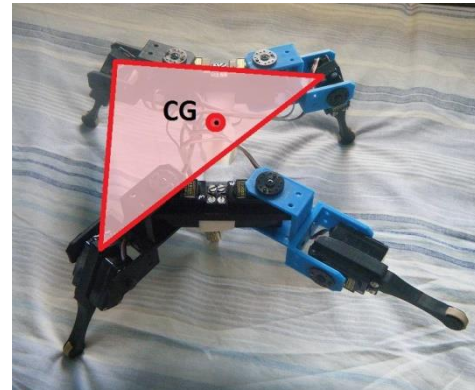
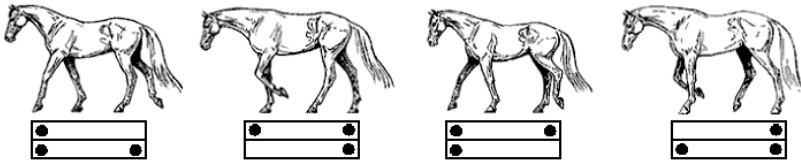
- Al tener 6 patas poseen una gran estabilidad estática tanto al moverse como al permanecer quietos.
- Están bioinspirados, pues muchos insectos poseen 6 patas.
- *Wave gait* vs. *Tripod gait*



- El *wave gait* requiere de 4 etapas para completar el movimiento.
- El *tripod gait* es más rápido (sólo 3 etapas), pero requiere mayor coordinación entre las patas, incrementando la complejidad.

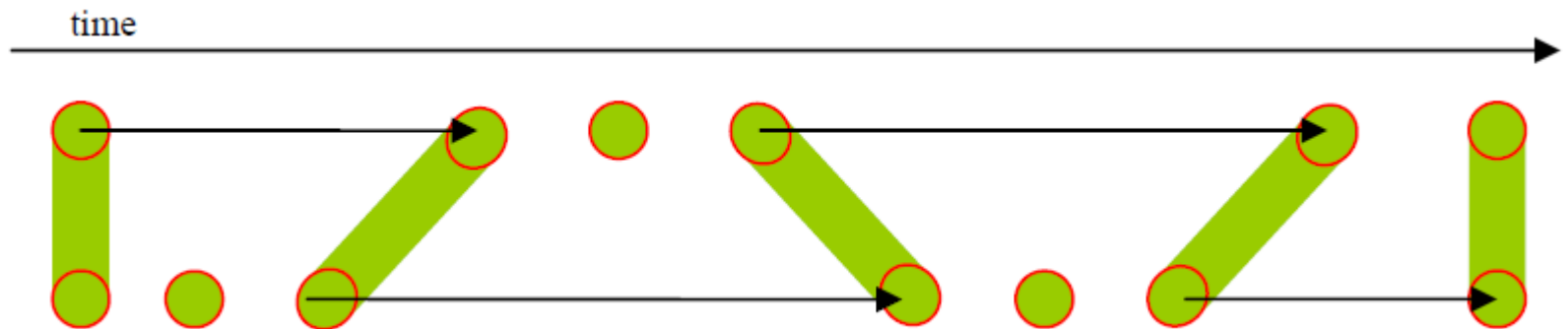
Robots cuadrúpedos

- Es la manera más común de caminar en animales.
- Son estáticamente estables en reposo.
- Sin embargo, al caminar necesitan estabilidad dinámica.
- La manera de caminar es similar a la de los hexápodos.



Robots bípedos

- Su polígono de soporte es tan sólo una línea cuando están parados.
 - ▣ Tan sólo un punto al andar.
- Es necesaria la estabilidad dinámica para no caer.
 - ▣ El centro de masas ha de cambiar de una pata a otra al caminar.
 - ▣ Sin embargo, es difícil de predecir dónde va a estar dicho centro de masas
 - Eso ocurre, por ejemplo, por la enorme fuerza que se debe imprimir al robot cuando una pata se balancea hacia adelante
 - ▣ Se trata de un problema muy complejo que sólo se ha resuelto en determinados casos.



Robots bípedos

- Para conseguir estabilidad, se suele utilizar el cálculo del denominado “punto de momento cero” (Zero Moment Point).
- El ZMP es el punto en el que el robot tiene que posicionarse para mantener su equilibrio.
- Su definición más simple es que coincide con el centro de presión.
- La idea es mantener el equilibrio mediante la planificación del posicionamiento de la planta del pie.
- Cuando el robot avanza, tiene que calcular primero el ZMP y después dar un paso exactamente a la posición calculada.
- Para mantener la estabilidad, el ZMP tiene que estar dentro del polígono de soporte.
- Si una pierna/pata está en el aire, el polígono de soporte es igual a la forma del pie que está en el suelo, por lo que el ZMP tiene que estar dentro de la planta para la estabilidad.
- Si ambos pies están en el suelo, el ZMP puede estar en el área construida por las dos plantas.

