

Robots Humanoides: La Ciencia Ficción Hecha Realidad

Prof. Carlos Balaguer

RoboticsLab-UC3M

<http://roboticslab.uc3m.es>

25-Marzo-2014

UNED

ETS de
Ingeniería
Informática

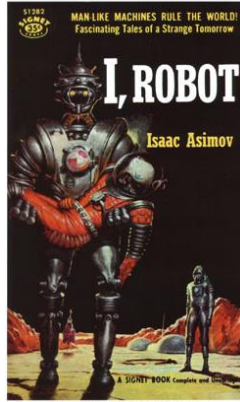


- 1. La Ciencia Ficción Humanoide**
- 2. La Complejidad Exponencial**
- 3. Sistemas Bioinspirados**
- 4. Modelos de Humanoides**
- 5. Aprender a Andar**
- 6. Aprender a Manipular**
- 7. Control de Humanoides**
- 8. Interacción Humano-Humanoide**
- 9. El Futuro de los Humanoides**

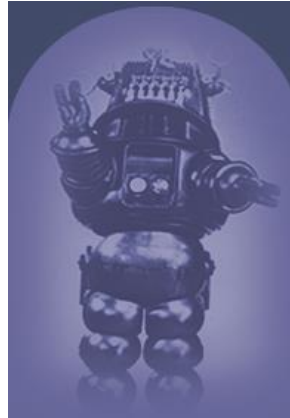
1. La Ciencia Ficción Humanoides



Metropolis
1926



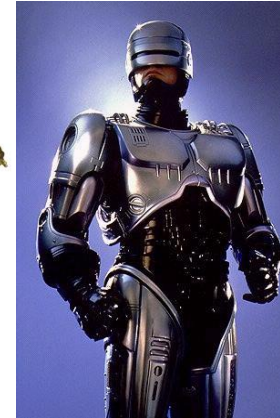
I, Robot
1950



Forbidden Planet
1956



Star Wars
1977



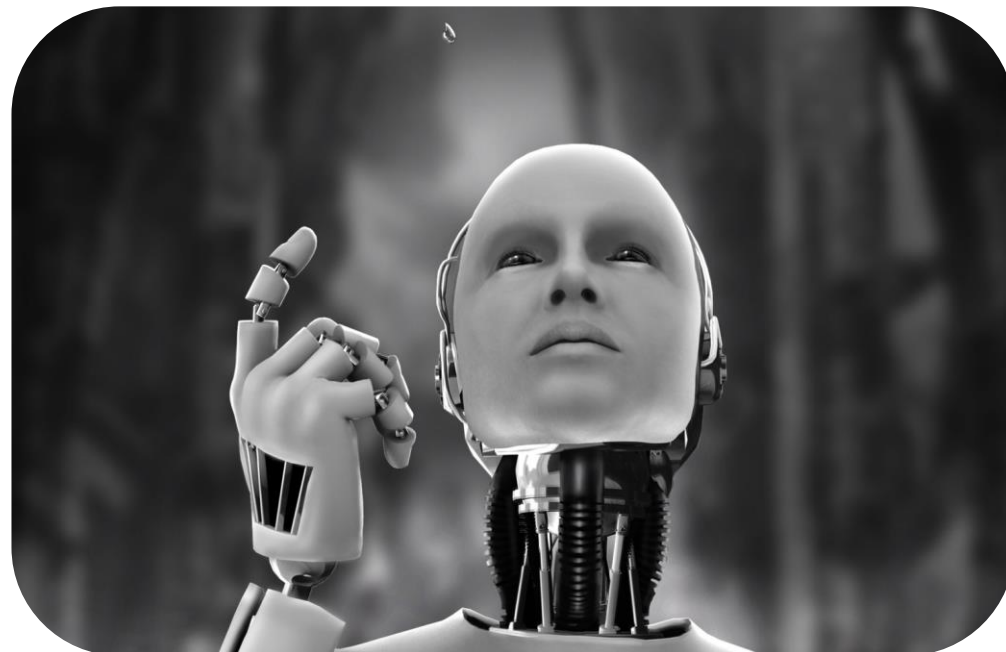
Robocop
1987



Bicentennial man
1999

Los robots Humanoides de la Ciencia Ficción se asemejan a nosotros:

- **Tamaño natural**
- **Cuerpo, piernas, brazos**
- **Habla**
- **Humor**
- **Sentidos**
- **Sentimientos (?)**
- **Alma (?)**

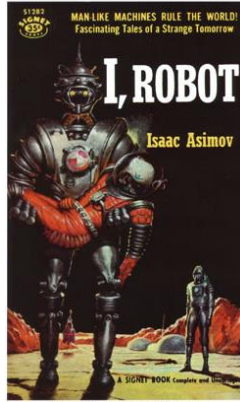


Yo, Robot
2004

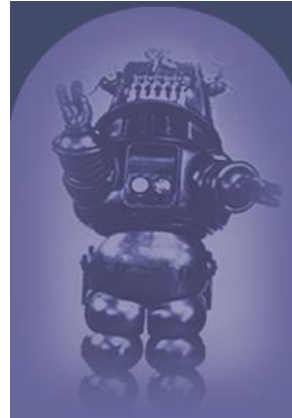
2. La Ciencia Ficción vs Realidad



Metropolis
1926



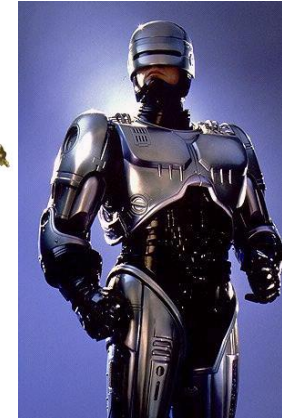
I, Robot
1950



Forbidden Planet
1956



Star Wars
1977



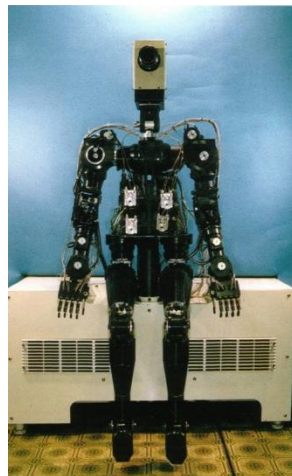
RoboCop
1987



Bicentennial man
1999



WABOT1
1973



WAM
1984



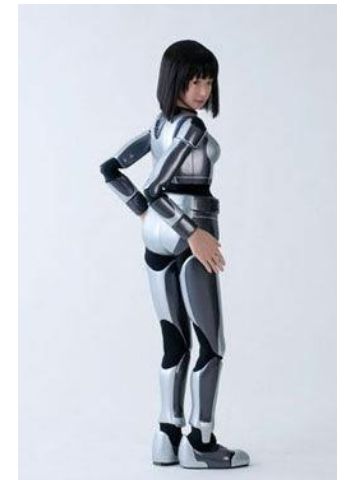
HONDA P2
1995



Asimo
2000



Wabian 2
2005

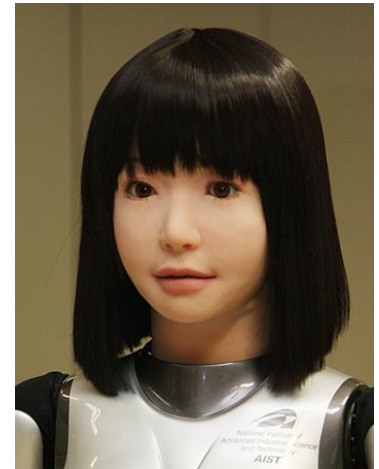
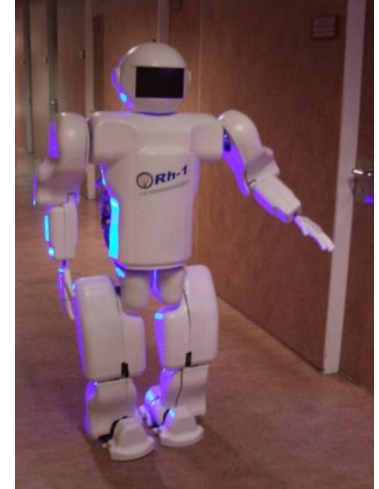


KAWADA HRP-4C
2009



2. Definición de un Humanoide

- **Humanoid** refers to any being whose body structure resembles that of a human: head, torso, legs, arms, hands.
- The difference between a robot and **android** is only skin-deep, looks exactly like humans on the outside, but with internal mechanics of humanoid robot.
- But it is also a robot made to resemble a human both in appearance and behavior.





2. La Complejidad Exponencial (I)

Robots convencionales



Manipulator

GDL = 6
Sensores = pocos
CPU = 1
Estabilidad = total
Programación = fácil



Robot móvil

GDL = 3
Sensores = pocos
CPU = 1
Estabilidad = buena
Programación = fácil

Robot Humanoide

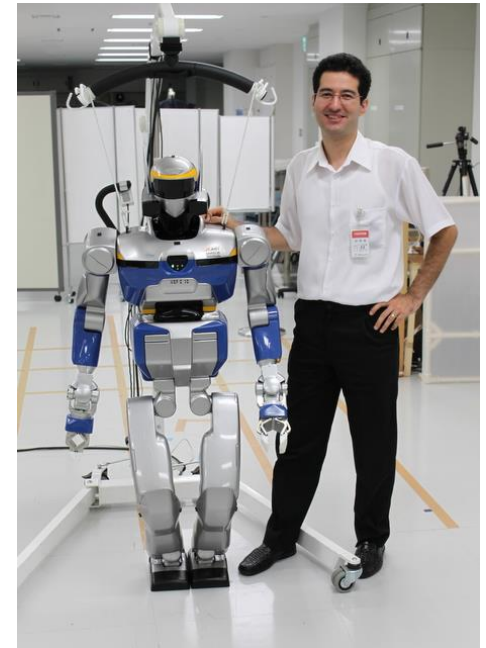


GDL = 34 y más
Sensores = posición/fuerza/par/visión
CPU = hasta 4
Estabilidad postural = muy compleja
Programación = muy difícil

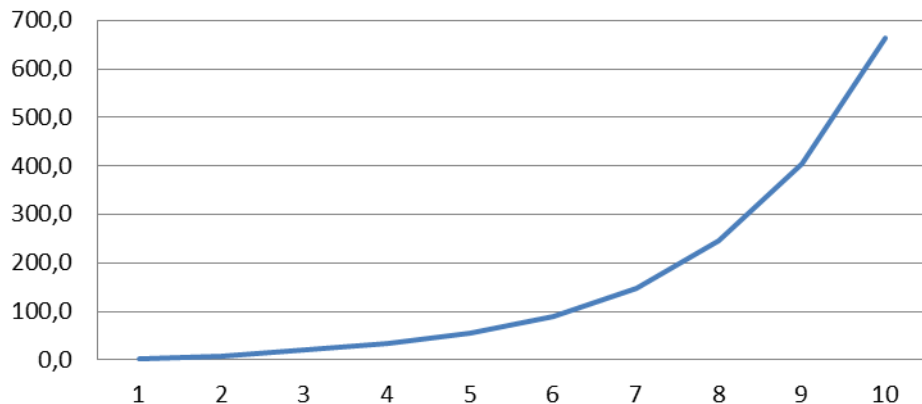
2. La Complejidad Exponencial (II)

Los Humanoides representan el máximo exponente de complejidad de la robótica actual:

- Hiper GDL
- Locomoción bípeda
- Manipulación ambidiestra
- Estabilidad postural crítica
- Ciclos de control críticos



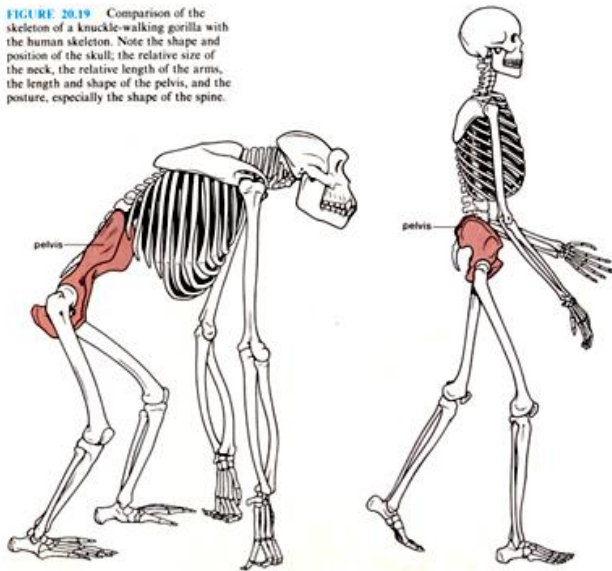
Complejidad de control de Humanoides



La complejidad computacional, de comunicaciones y de esfuerzo de control es del orden de $O(e^n)$, siendo $n = f(\text{GDL, CoM, SENS, CPUs, etc.})$

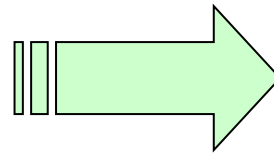
3. El Poder del Bipedismo

FIGURE 20.19 Comparison of the skeleton of a knuckle-walking gorilla with the human skeleton. Note the shape and position of the skull; the relative size of the neck, the relative length of the arms, the length and shape of the pelvis, and the posture, especially the shape of the spine.

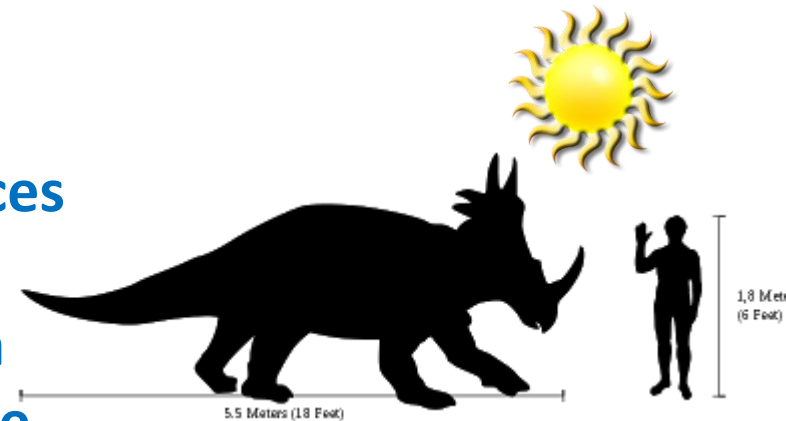


Hominid → Human

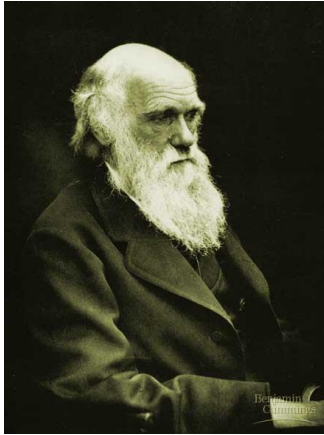
Bipedism frees
the hands to
create tools and
start cognition



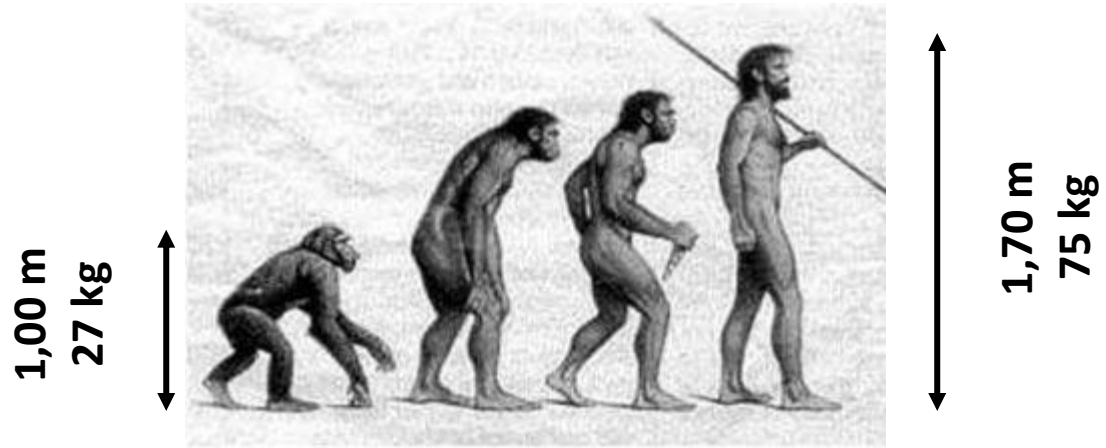
Bipedism reduces
the energy
consumption
and reduce the
weight



3. La Evolución de las “Especies”



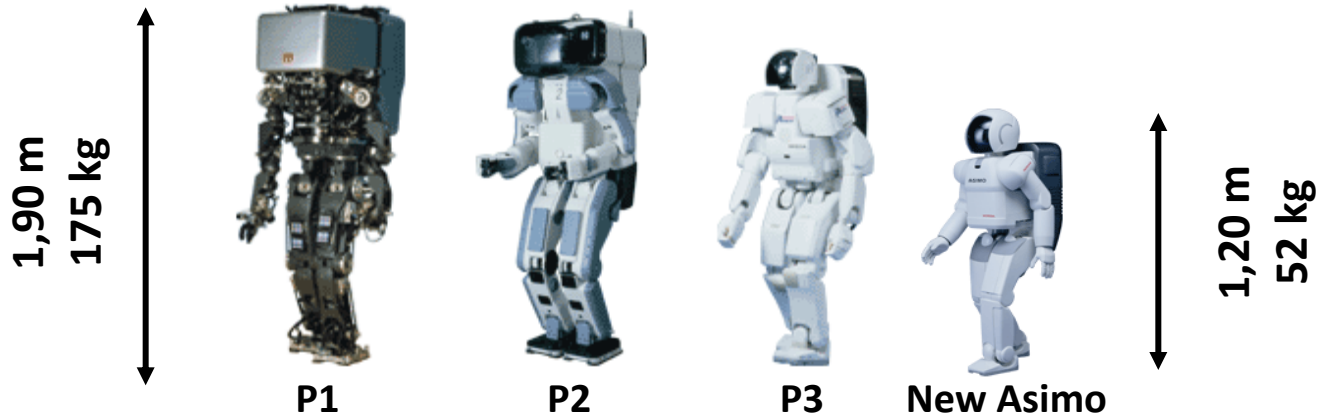
Charles Darwin
(1809–1882)



4M años



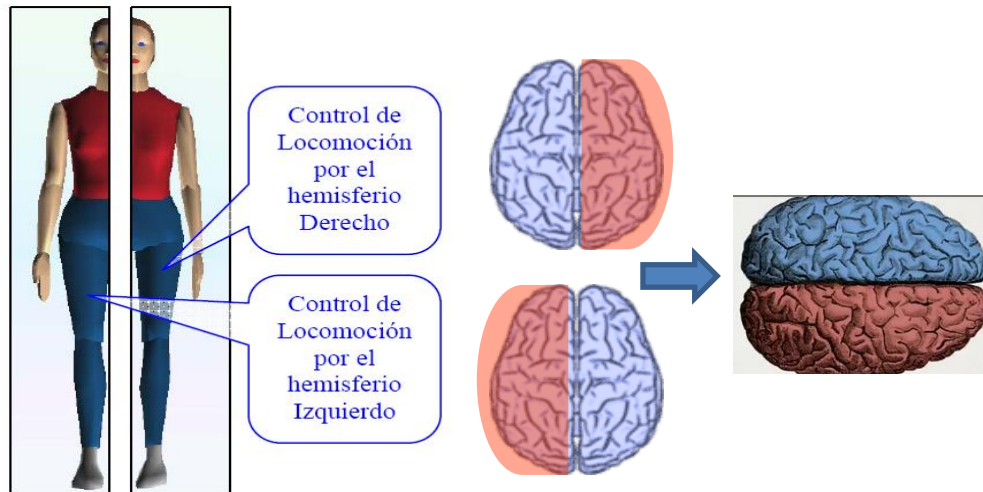
Karel Capeck
(1890–1938)



30 años

3. Bioinspirar y Tecnoevolucionar

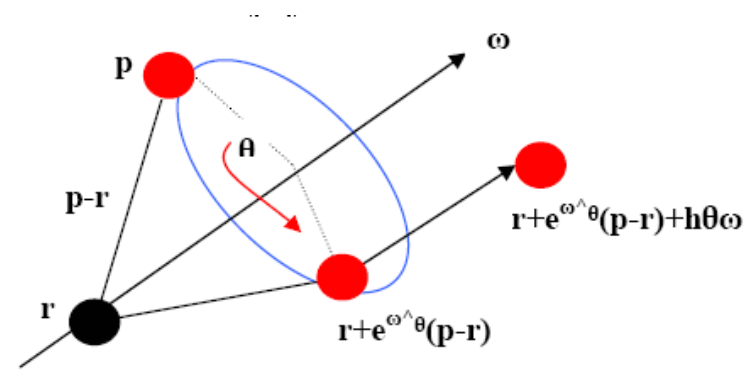
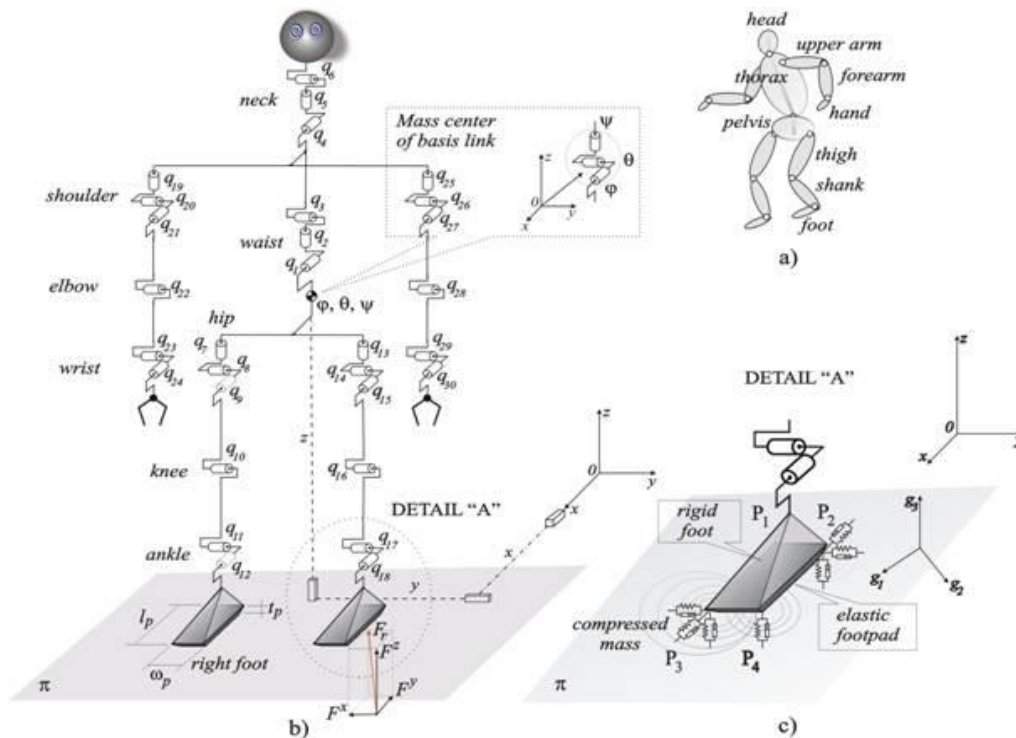
- En el último siglo el Hombre no ha evolucionado prácticamente nada pero la tecnología y los hábitos sociales han cambiado muchísimo.
- Se podría plantear desarrollar robots “mejorando” el “cuerpo” y la “mente” de los humanos.



Homo control: left/right vs up/down

CINEMATICA

El modelo cinemático usando herramientas clásicas como Denavit-Hartenberg, es inabordable



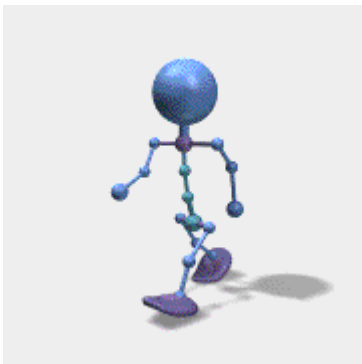
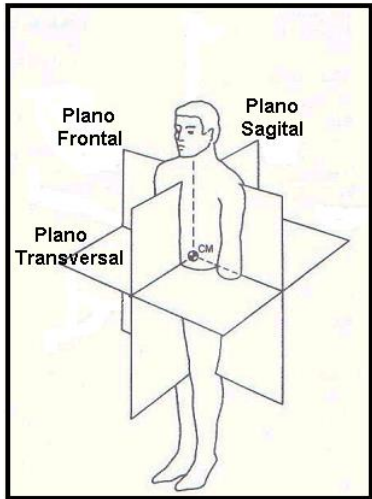
Se usan herramientas de Lógica-Lie y POE que permiten:

- No multiplicar matrices en tiempo-real: se usan los screws (ξ^{\wedge})
- No invertir matrices al calcular el J^{-1}
- Las transformadas cinemáticas directa e inversa son a base de POE (Product of Exponentials) sumas

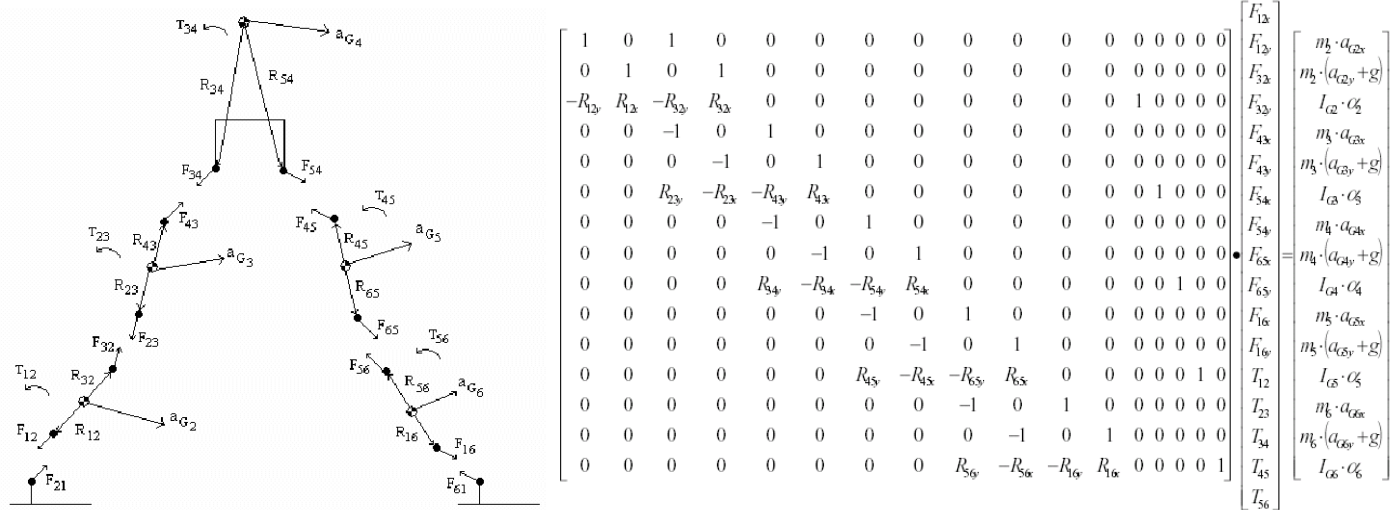
$$g_{st}(\theta) = e^{\xi_1^{\wedge} \theta_1} \cdot e^{\xi_2^{\wedge} \theta_2} \dots e^{\xi_{12}^{\wedge} \theta_{12}} \cdot g_{st}(0)$$

DINÁMICA

Modelo 3D



El modelo dinámico usando herramientas clásicas de Newton-Euler de masas distribuidas, es inabordable



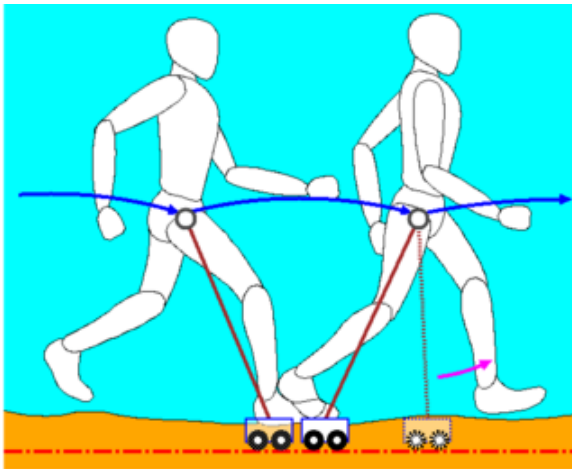
Hay que usar modelos simplificados

- Modelos de masas concentrada
- Modelos simplificados

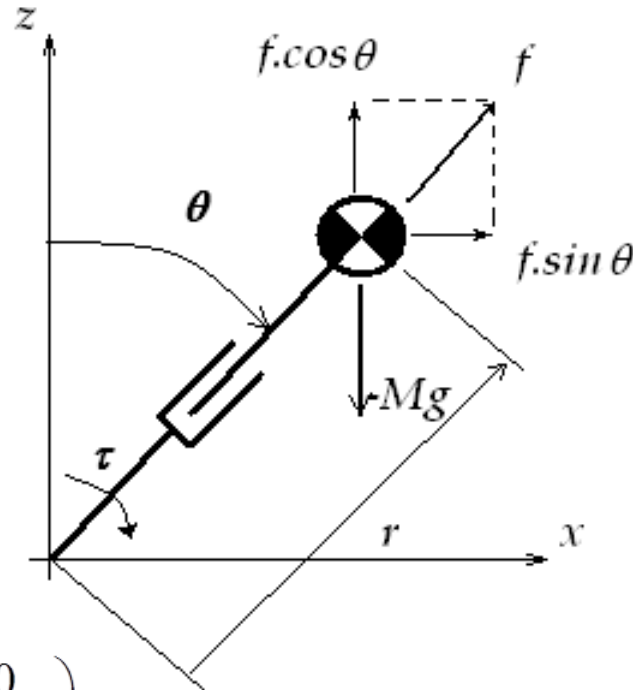
4. Modelos simplificados

3D LIP

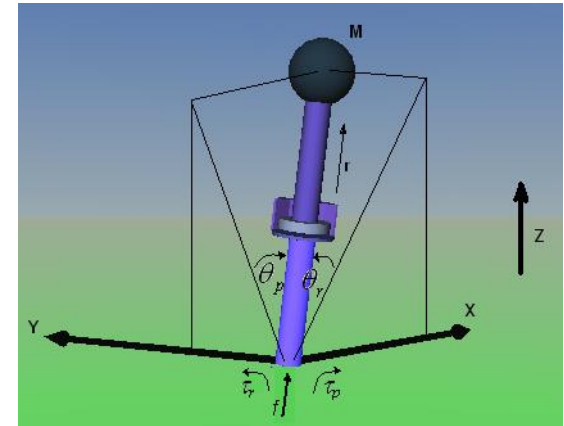
Modelo simplificado



Péndulo invertido 2D



Péndulo invertido 3D



$$m \begin{pmatrix} \ddot{x} \\ \ddot{y} \\ \ddot{z} \end{pmatrix} = (J^T)^{-1} \cdot \begin{pmatrix} \tau_r \\ \tau_p \\ f \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ -mg \end{pmatrix}$$

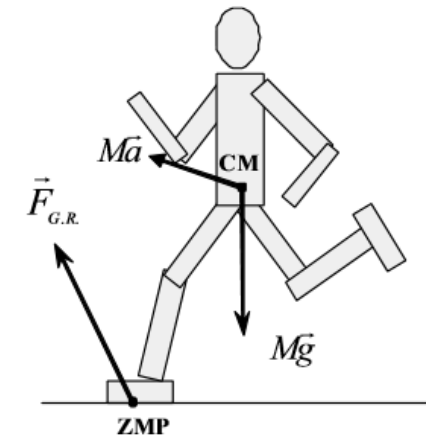
$$\ddot{x} = \frac{g}{z_c} x$$

$$\ddot{y} = \frac{g}{z_c} y$$

5. Aprender a Andar (I)

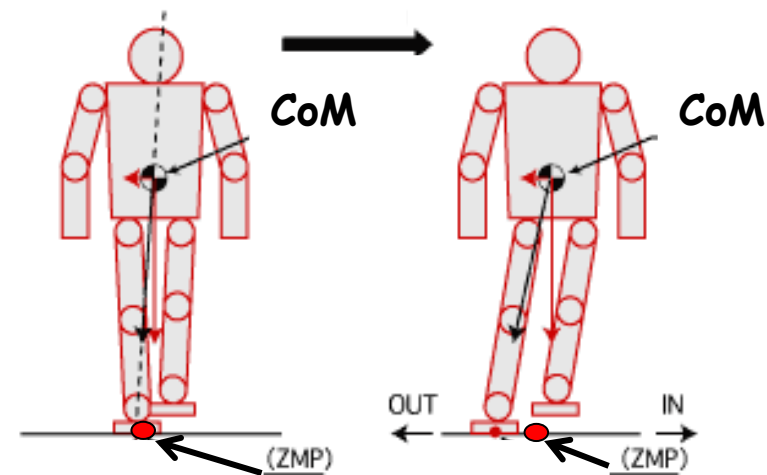
CRITERIO DE ESTABILIDAD

- **ZMP (Zero Moment Point)** is defined as that point on the ground at which the net moment of the inertial forces and the gravity forces has no component along the horizontal axes. [Vukobratovic in 1968].
- **ZMP is the indicator** of stability of the robot: if it is in the foot shadow – stable, if not – unstable. The shadow depends on single or double support phase.

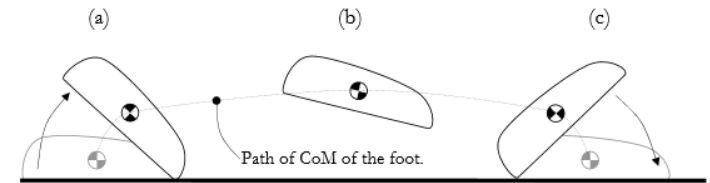
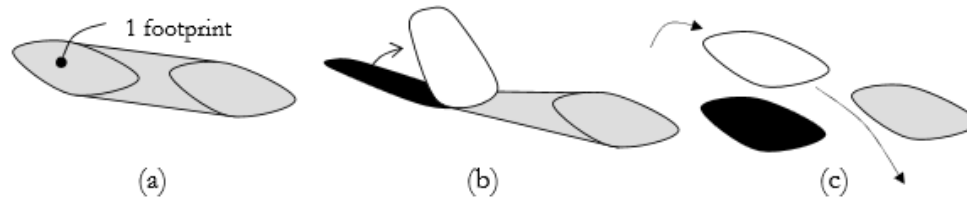


Stable

Unstable

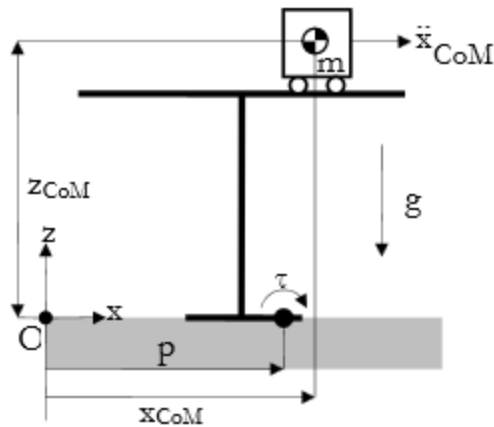


GENERACIÓN DEL PASO



1. Fases del paso: a) Doble apoyo, b) Despegue y c) Simple apoyo

3. Patrón de movimiento: evolución de los pies y piernas

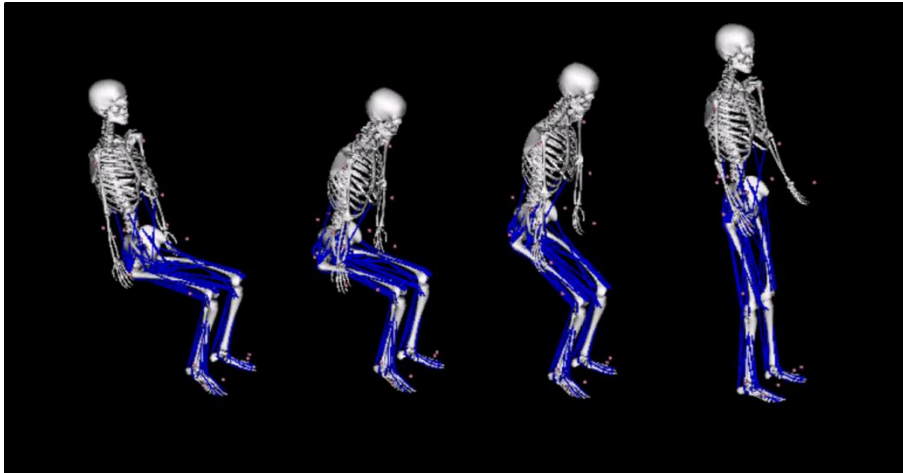


2. Modelo "Cart-Table" en torno al punto P

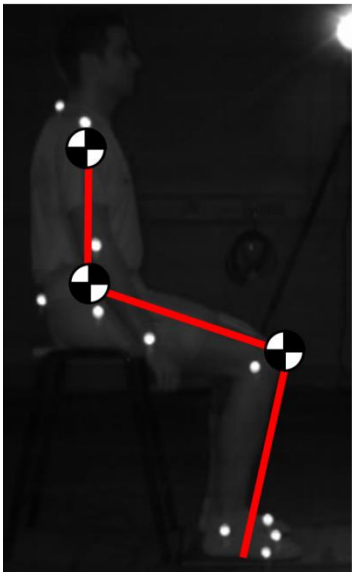




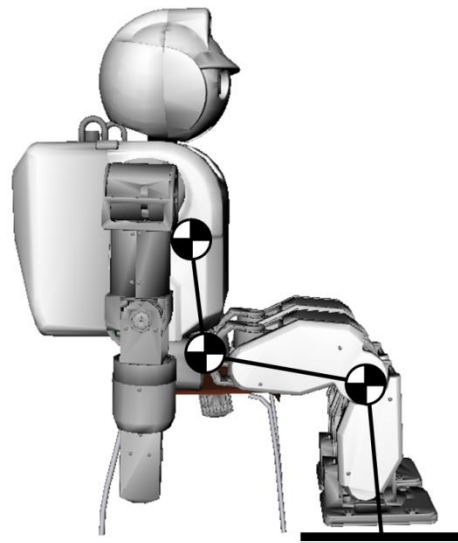
5. Aprender a Sentarse



Modelo biomecánico del cuerpo



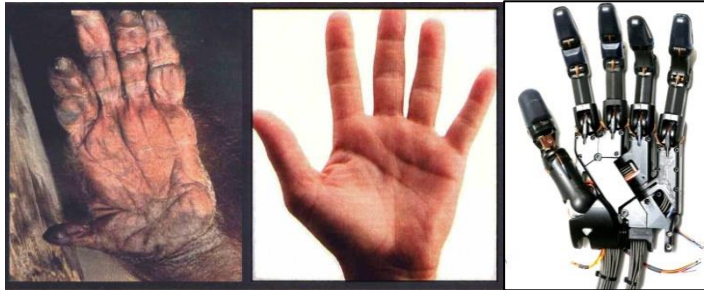
Modelo del triple péndulo



standup_imitation_LfD_RL_big.mpg

Aprendizaje por imitación humana

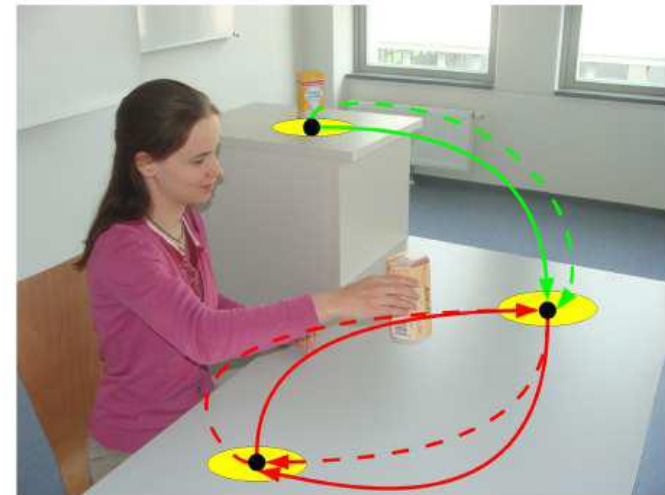
6. Aprender a Manipular (I)



Evolución de la mano humana y la robótica



Primitivas de agarre para diferentes objetos



Aprendizaje de la manipulación:

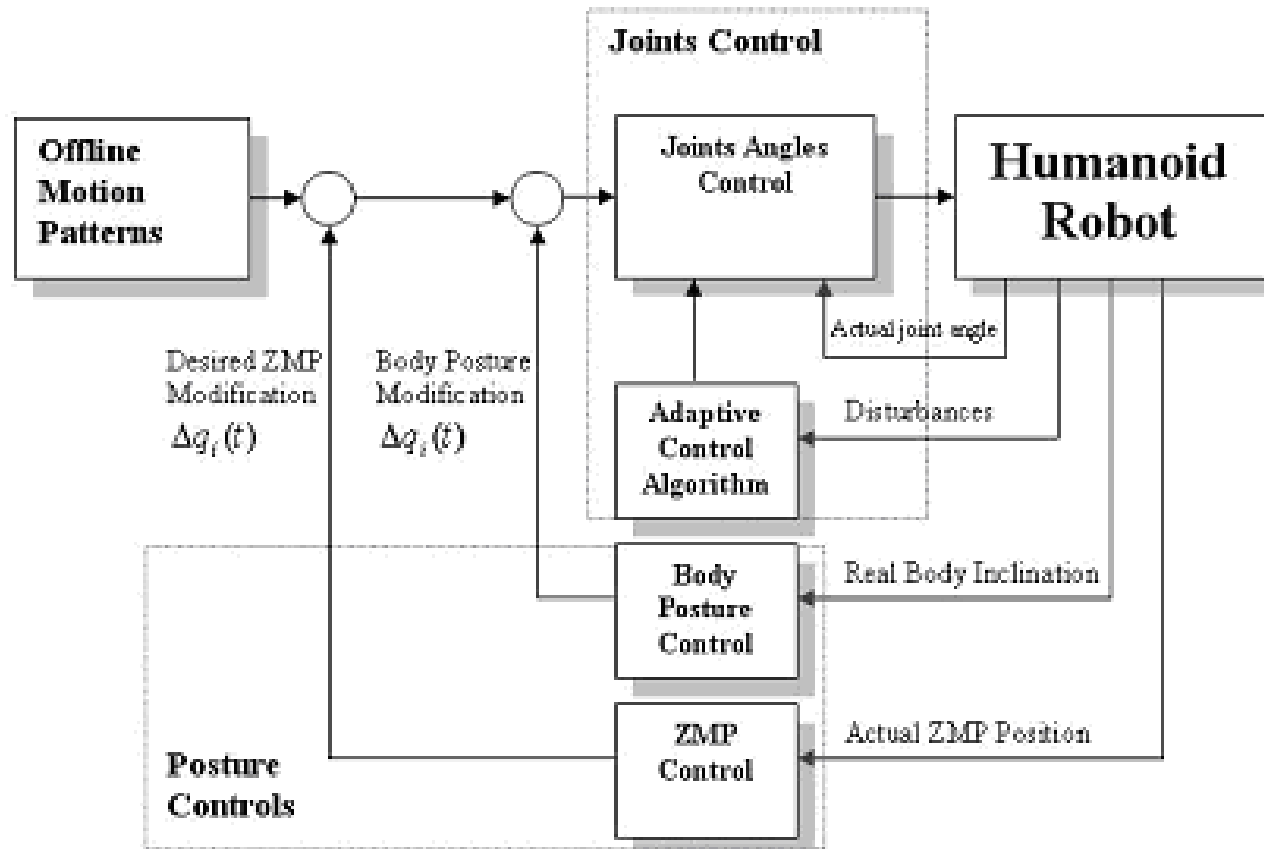
- A donde y como hay que mirar
- Como hacer el seguimiento visual
- Como hay que agarrar los objetos
- Como son las trayectorias
- No colisionar en el movimiento



6. Aprender a Manipular (II)

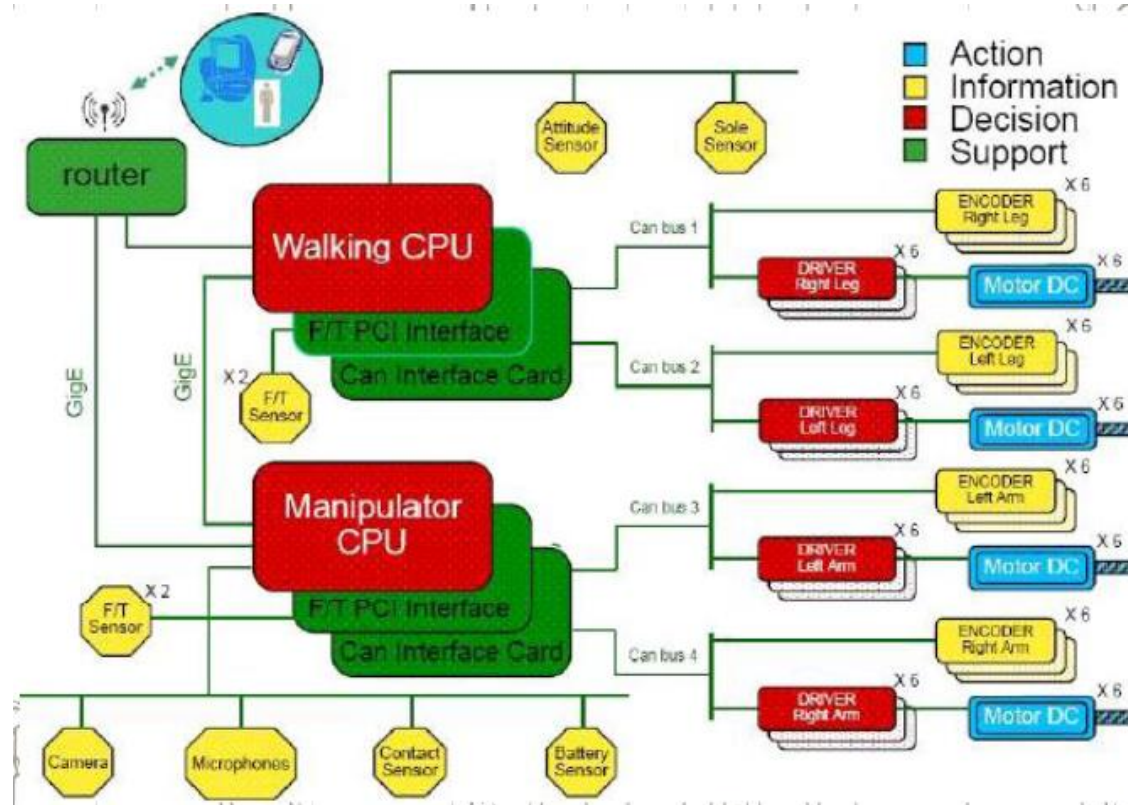


7. Arquitecturas de Control (I)



Arquitectura básica de control de un robot Humanoide a 4 niveles: 1) Control de ejes, 2) Control adaptativo antes perturbaciones, 3) Control de estabilidad postural y 4) Control del ZMP

7. Arquitecturas de Control (II)



Arquitectura hardware del robot TEO: 1) 2 CPUs, una para la locomoción y otra para la manipulación, 3) Comunicaciones vía 4 canales de CanBus, 4) Control distribuido mediante smart-drivers PID

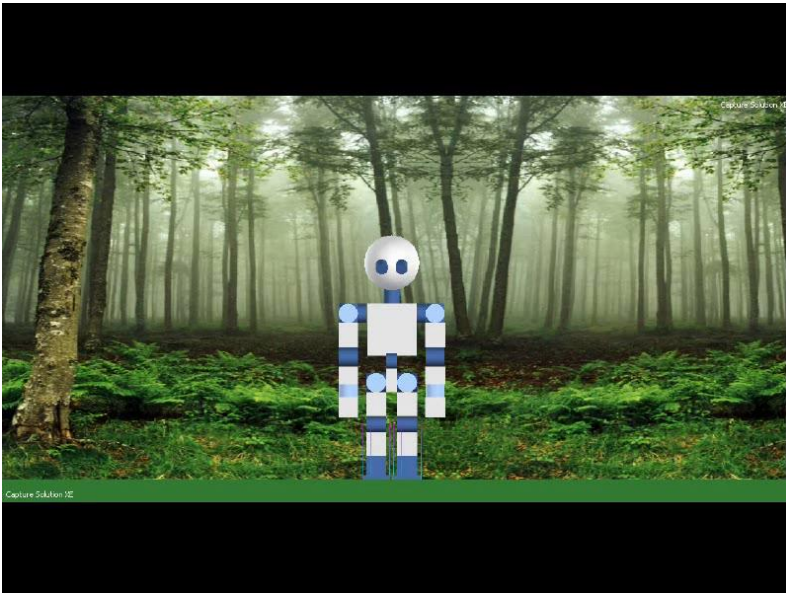
¿Como deben interaccionar los robots con los humanos?

- De la misma manera que nos comunicamos con las personas o animales: **habla y/o gestos**
- La interacción gestual incluye la interpretación de **signos**
- La interacción no verbal incluye la **expresión facial**
- Las **emociones** se pueden programar (expresión facial, la entonación de la voz)





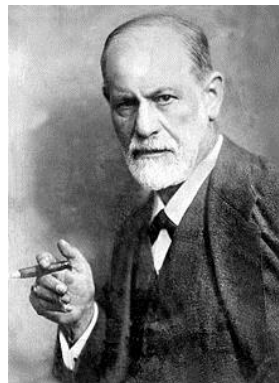
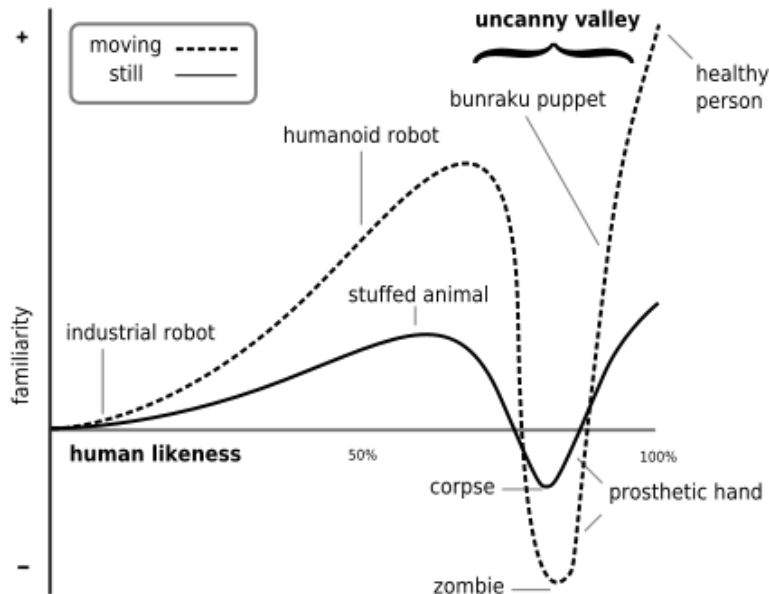
8. La Interacción a base de imitación



El ciclo de la imitación:
Observación → Simulación/Adaptación → Ejecución

9. El futuro de los Humanoides (I)

ACEPTABILIDAD



“Para evocar fácilmente lo siniestro ... hay que dejar que la persona dude de si determinada figura que se presenta es una persona o un autómata.”

(Uncanny, Sigmund Freud, 1919)



9. El futuro de los Humanoides (II)

SEGURIDAD



Recuperación de caídas



Soft robotics



9. El futuro de los Humanoides (III)

INTERACCION CON HUMANOS



Robot de enfermería

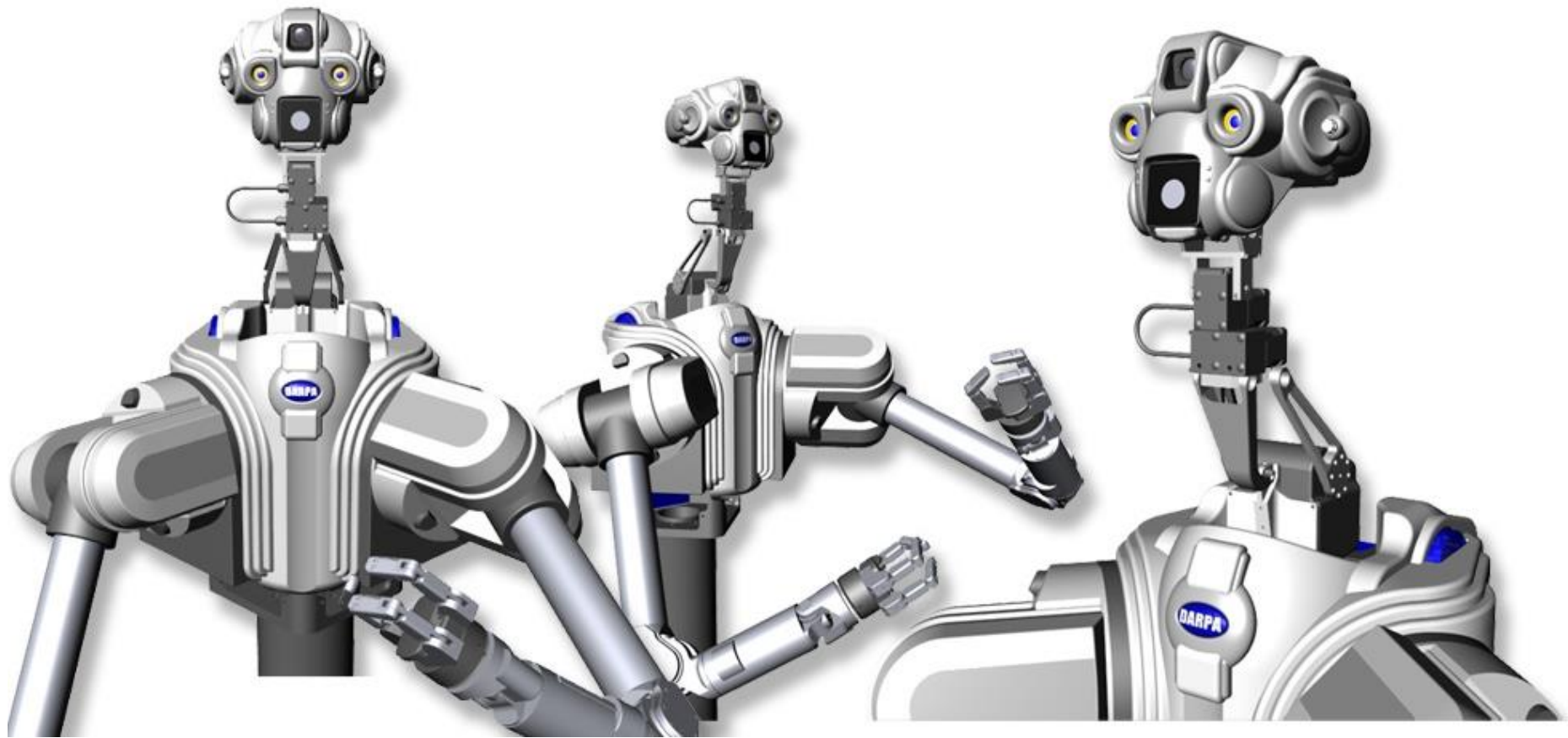


Robot de entrenamiento



9. El futuro de los Humanoides (IV)





MUCHAS GRACIAS

25-Marzo-2014

UNED

ETS de
Ingeniería
Informática