

Manual de referencia para el desarrollo de robots de Eurobot

Trabajo Fin de Carrera

Javier Baliñas Santos
Director: Julio Pastor Mendoza

DEPARTAMENTO DE ELECTRÓNICA



UNIVERSIDAD DE ALCALÁ

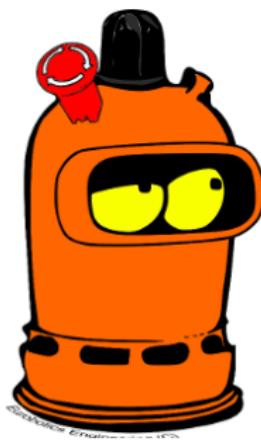
Contenido

- 1 Introducción
- 2 El robot de Eurobot
- 3 Plataforma robótica base
- 4 Desarrollo hardware y software

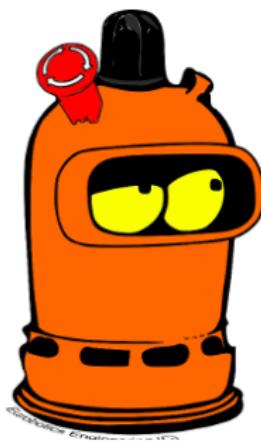
La competición Eurobot



Eurobotics Engineering

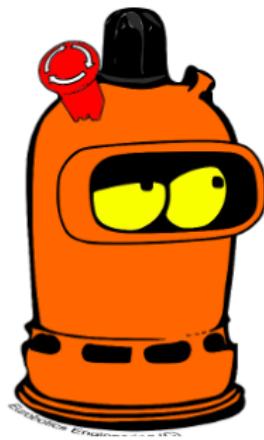


Eurobotics Engineering



Departamento de
electrónica

Eurobotics Engineering

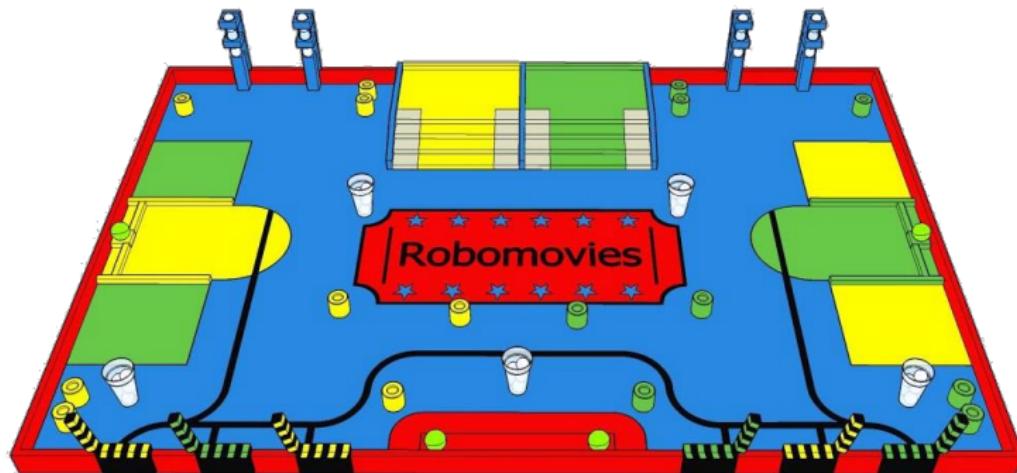


Ayuntamiento de Coslada
**ayudas
hidráulicas s.l.**



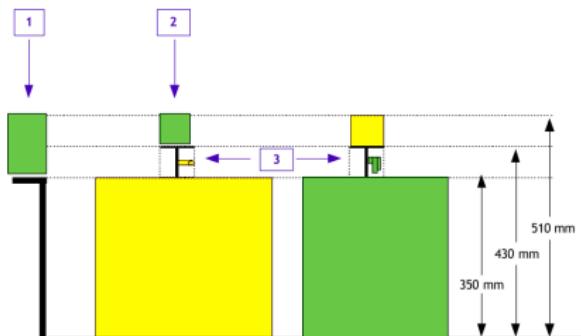
- 1 Introducción
- 2 El robot de Eurobot
- 3 Plataforma robótica base
- 4 Desarrollo hardware y software

El juego y sus elementos



Los robots

- Autónomo (90s)
- Realizar acciones del juego
- Evitar colisiones
- Hasta 2 robots por equipo
- Perímetro máximo 1,2/1,5m (70/90cm)
- Altura máxima 35cm
- Balizas campo y robot oponente



- 1 Introducción
- 2 El robot de Eurobot
- 3 Plataforma robótica base
- 4 Desarrollo hardware y software

Funcionalidades a desarrollar

- ① Estrategia de juego
- ② Desplazamiento y localización
- ③ Evitación de obstáculos
- ④ Comunicación entre robots
- ⑤ Manipulación de elementos de juego

Funcionalidades a desarrollar

- ① Estrategia de juego
- ② Desplazamiento y localización
- ③ Evitación de obstáculos
- ④ Comunicación entre robots
- ⑤ Manipulación de elementos de juego

Funcionalidades a desarrollar

- ① Estrategia de juego
- ② Desplazamiento y localización
- ③ Evitación de obstáculos
- ④ Comunicación entre robots
- ⑤ Manipulación de elementos de juego

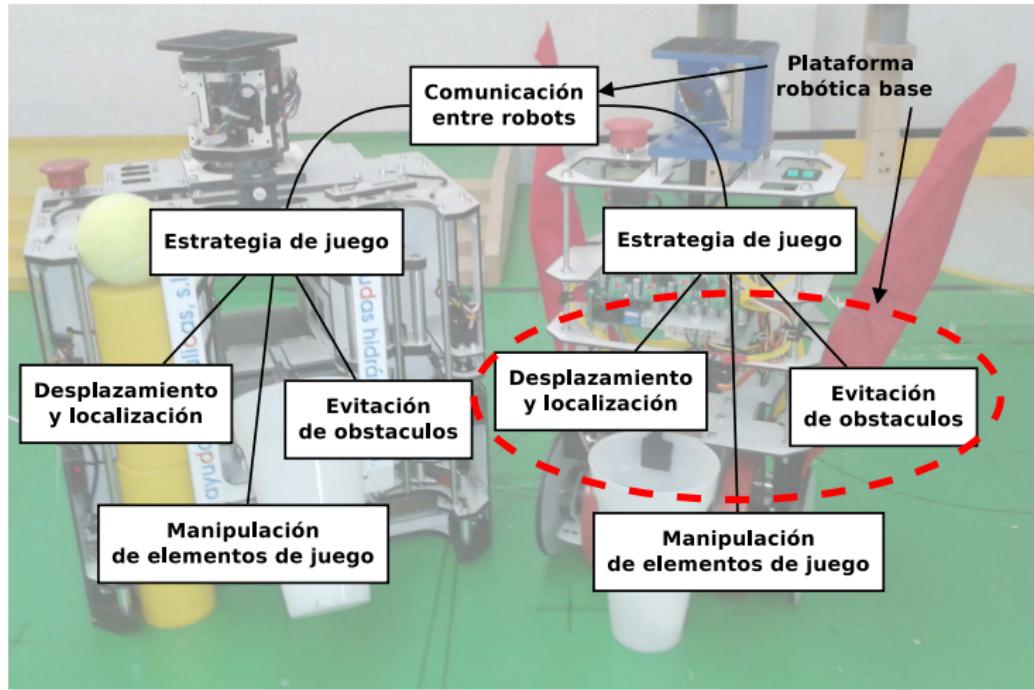
Funcionalidades a desarrollar

- ① Estrategia de juego
- ② Desplazamiento y localización
- ③ Evitación de obstáculos
- ④ Comunicación entre robots
- ⑤ Manipulación de elementos de juego

Funcionalidades a desarrollar

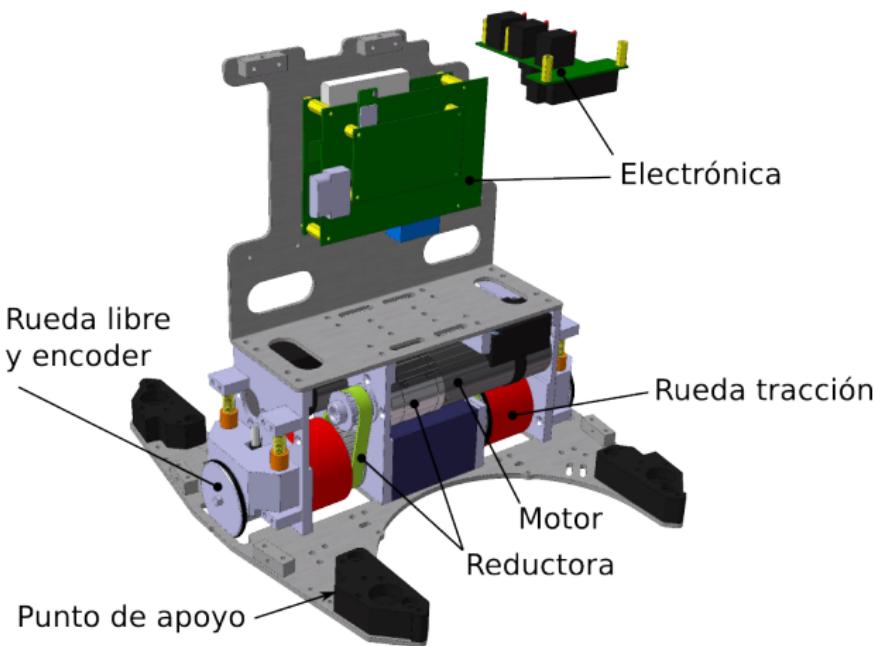
- ① Estrategia de juego
- ② Desplazamiento y localización
- ③ Evitación de obstáculos
- ④ Comunicación entre robots
- ⑤ Manipulación de elementos de juego

La plataforma robótica base

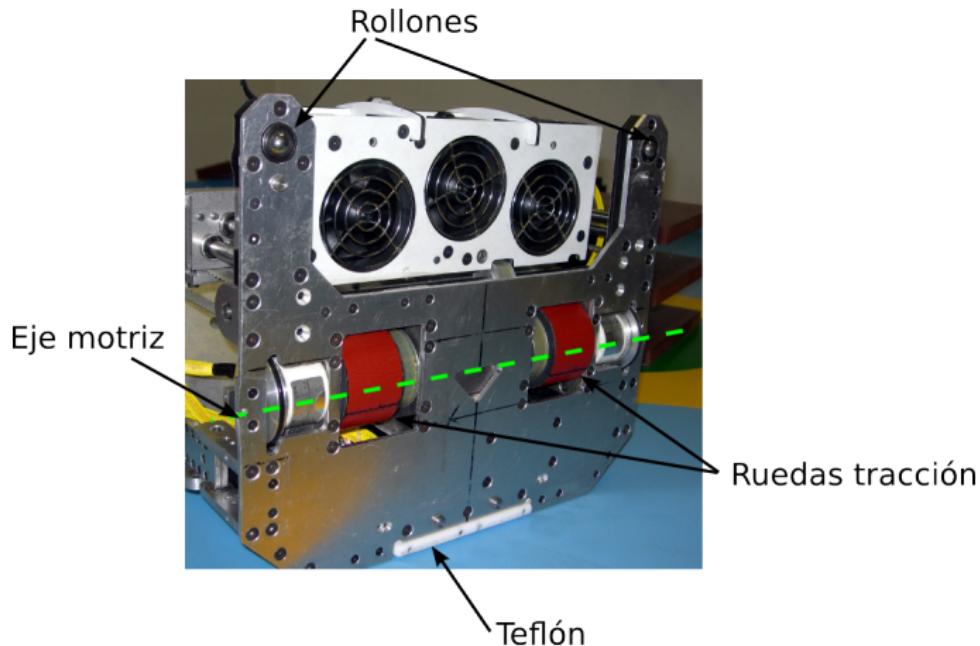


- 1 Introducción
- 2 El robot de Eurobot
- 3 Plataforma robótica base
- 4 Desarrollo hardware y software

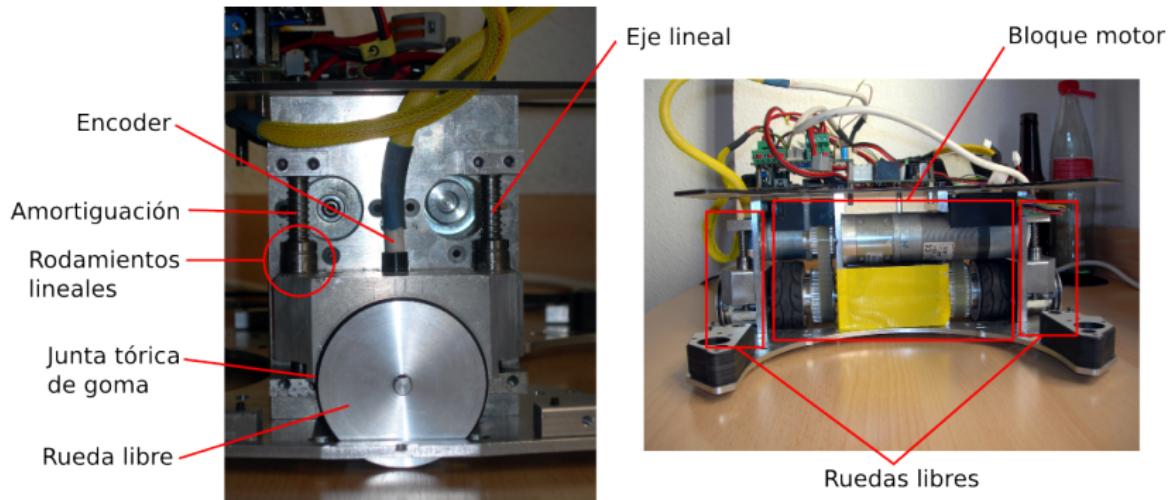
Bloque motor y electrónica



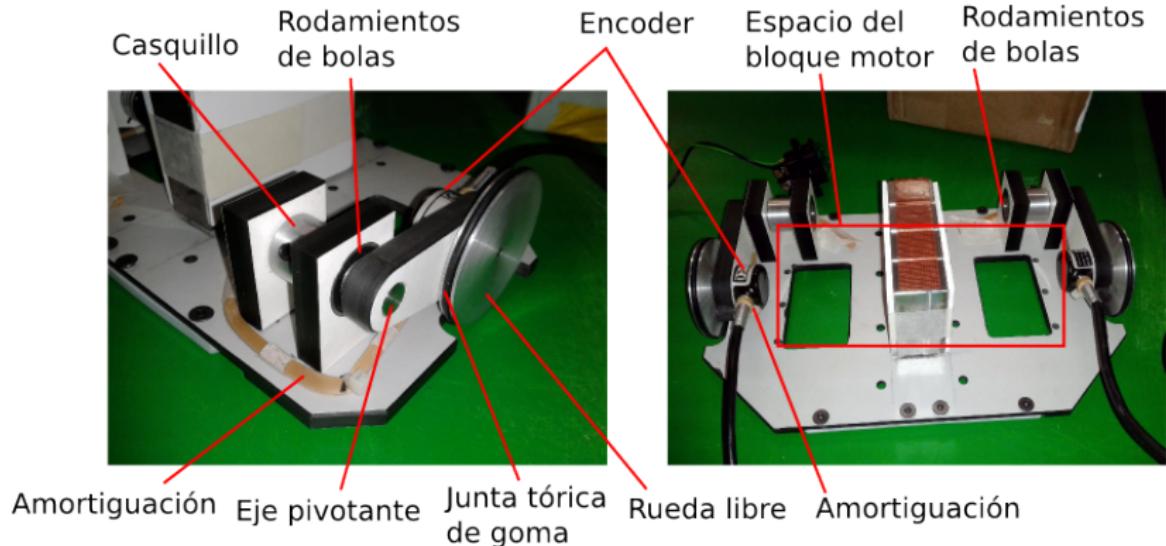
Bloque motor y electrónica



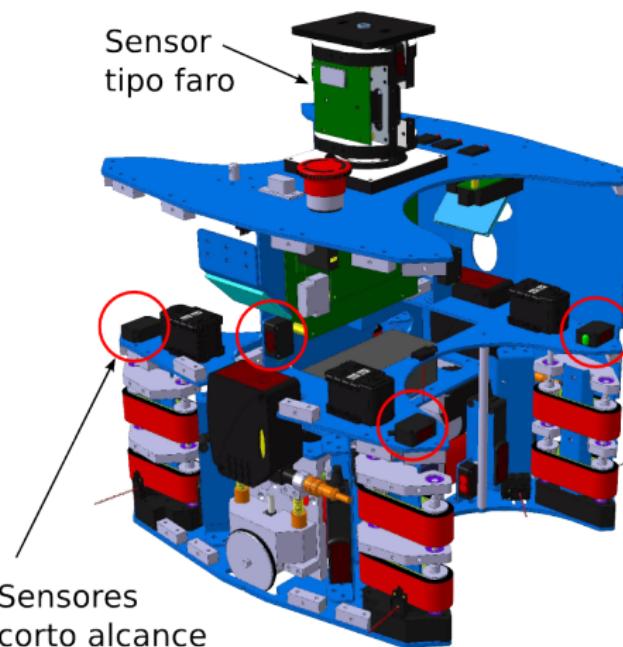
Ruedas libres



Ruedas libres

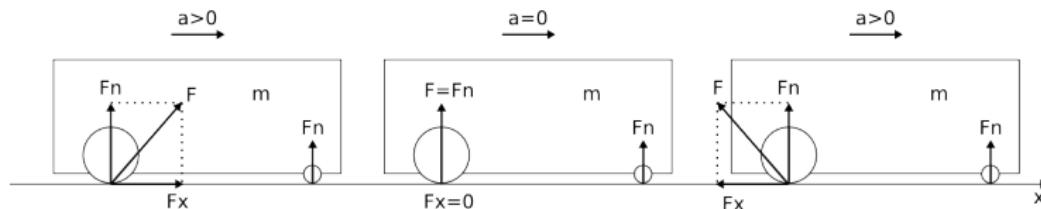


Detección de obstáculos y oponentes

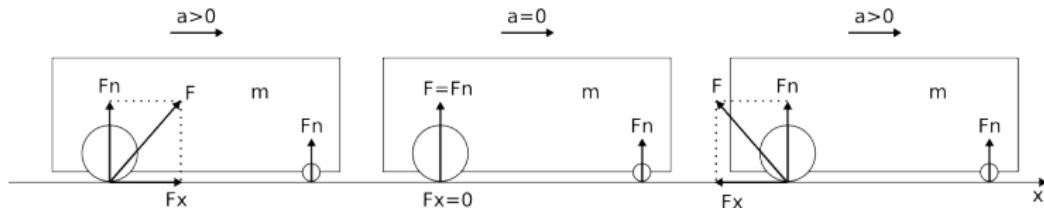


- 1 Introducción
- 2 El robot de Eurobot
- 3 Plataforma robótica base
- 4 Desarrollo hardware y software

Desplazamiento lineal sobre un plano horizontal

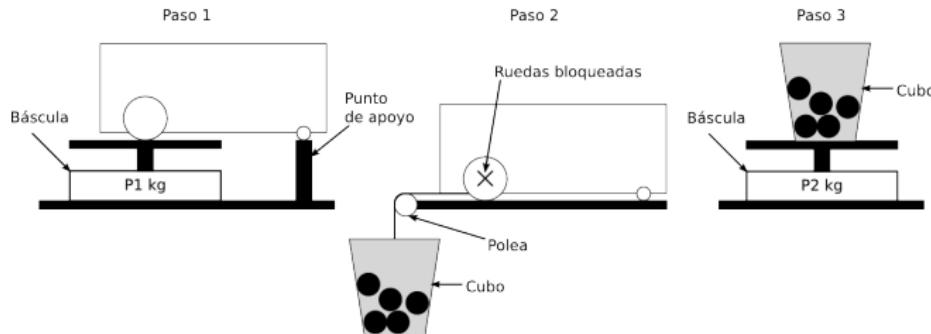


Coheficiente de adherencia K_a



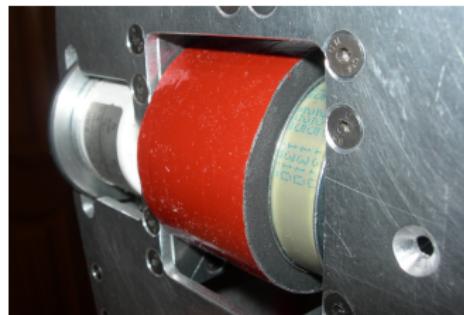
$$F_{x \max} = K_a F_n$$

Coefficiente de adherencia K_a



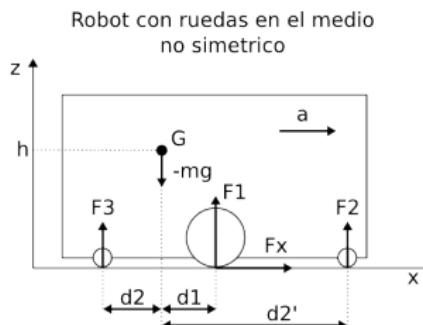
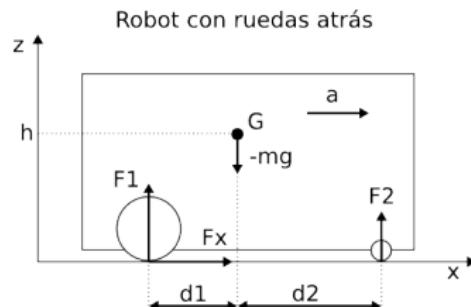
$$K_a = \frac{P_2}{P_1}$$

Coefficiente de adherencia K_a

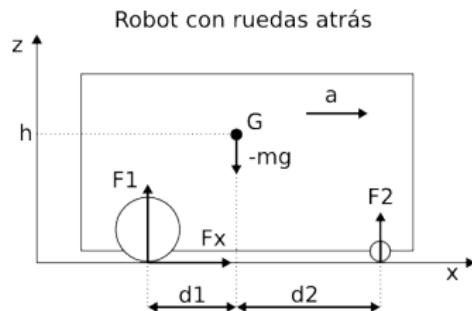


Robot	P1	P2	K_a
Zamorano (2011)	14,5	15,6	1,076
Automático (2012)	17,6	17,3	0,983

Cálculo de la aceleración máxima

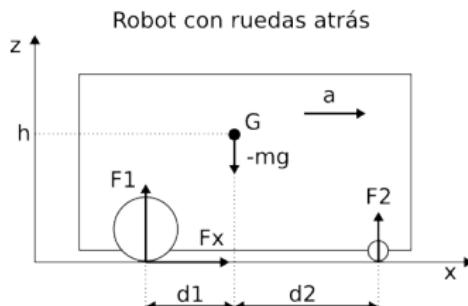


Cálculo de la aceleración máxima



$$(2F_1)/mg = d_2/d + (a/g)(h/d)$$
$$(2F_2)/mg = d_1/d - (a/g)(h/d)$$

Cálculo de la aceleración máxima



Condición de derrape:

$$|F_x| < K_a F_1.$$

Condición de *caballito*:

$$F_2 > 0, F_1 > 0$$

Fase de aceleración ($a > 0$):

$$a_{max1} = g \frac{K_a d_2}{d - (K_a h)}$$

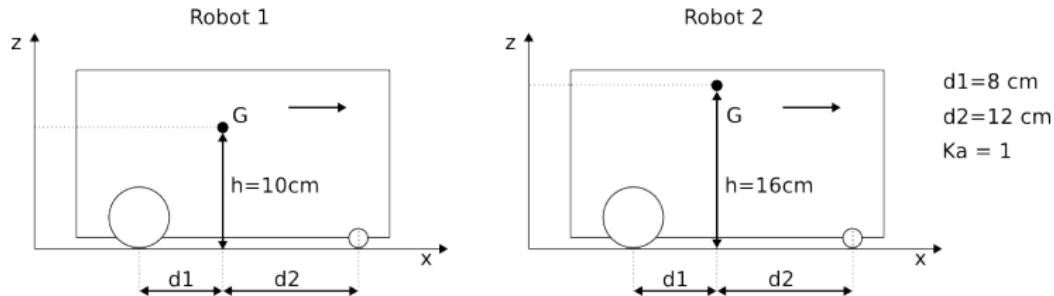
$$a_{max2} = g \frac{d_1}{h}$$

Fase de frenado ($a < 0$):

$$a_{max1} = g \frac{K_a d_2}{d + (K_a h)}$$

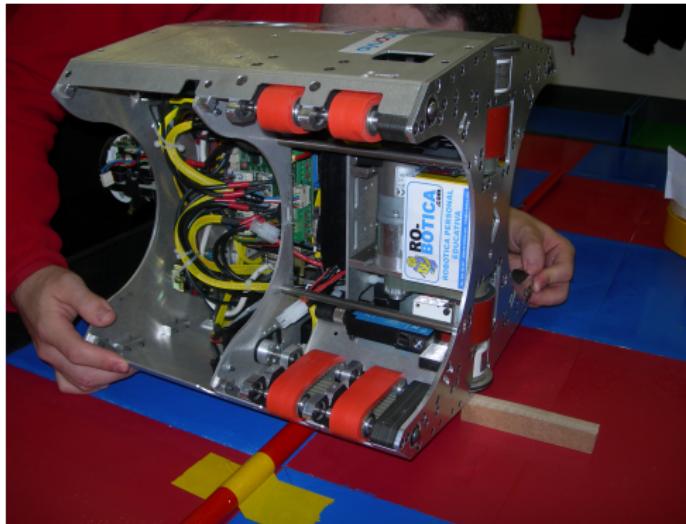
$$a_{max2} = g \frac{d_2}{h}$$

Cálculo de la aceleración máxima

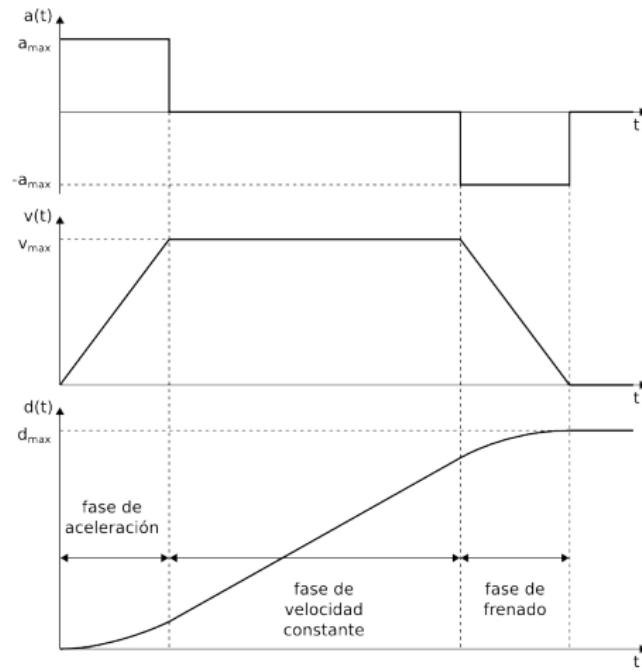


	Acel. R1	Fren. R1	Acel. R2	Fren. R2
a_{max1}	$1,2g$	$0,4g$	$3,0g$	$0,3g$
a_{max2}	$0,8g$	$1,2g$	$0,5g$	$0,75g$
a_{max}	$0,8g$ (8 m/s)	$0,4g$ (4 m/s)	$0,5g$ (5 m/s)	$0,3g$ (3 m/s)

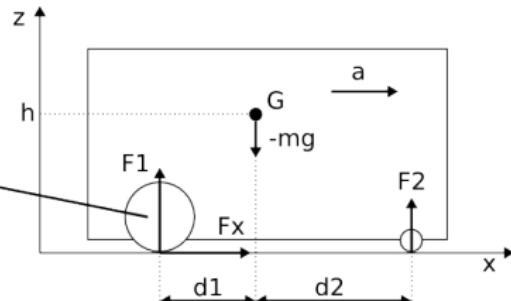
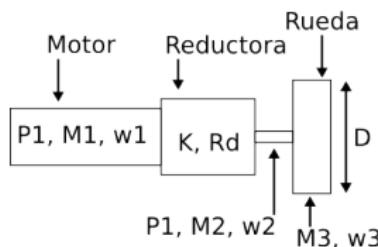
Cálculo de la aceleración máxima



Perfil de velocidad trapezoidal



Dimensionamiento de la reductora



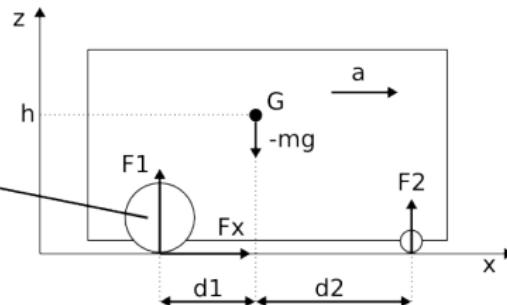
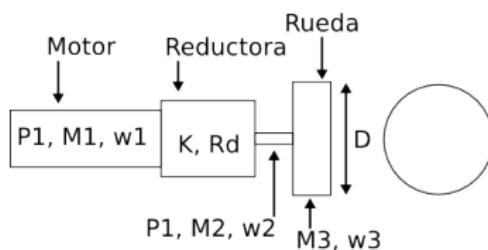
Par motor necesario:

$$M_1 = \frac{K_a mg (d_2/d)}{K R_d D}$$

Par motor máximo en la reductora:

$$M_2 = K_m i = K_m \frac{v_{sat}}{r}$$

Dimensionamiento de la reductora



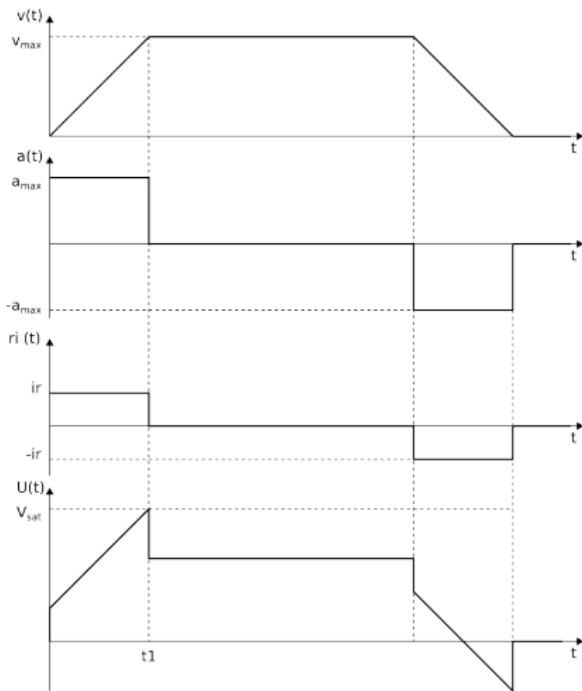
Condición de deslizamiento:

$$M_2 \geq 1,2 M_1$$

Valor de reducción:

$$K_{min} = 1,2 \frac{K_a mg (d_2/d) Dr}{4 K_m Rd v_{sat}}$$

Cálculo de la velocidad máxima



Tensión del motor:

$$U = \left(\frac{r m D}{4K R d K_m} \right) a + \left(\frac{2K_m K}{D} \right) v$$

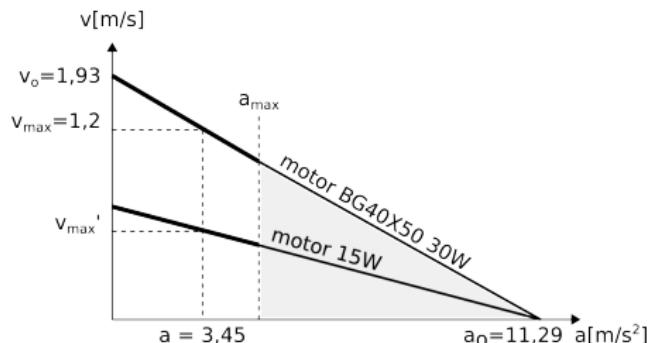
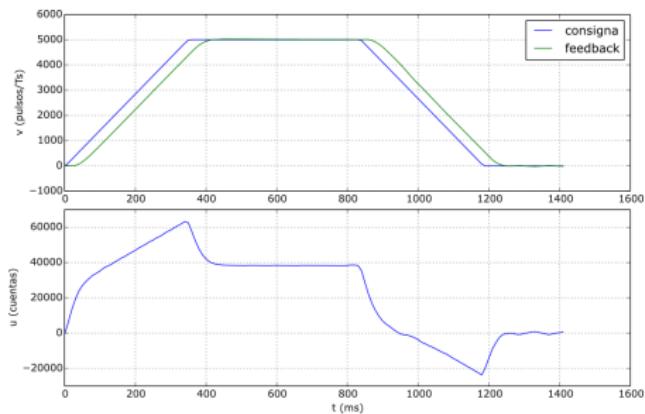
Equivale a una recta:

$$v = v_o - \frac{v_o}{a_o} a$$

Donde

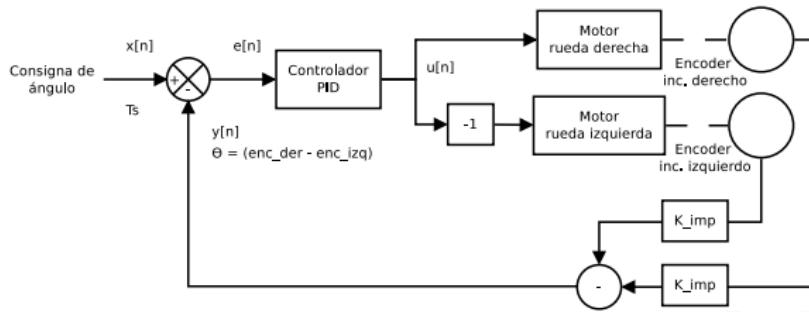
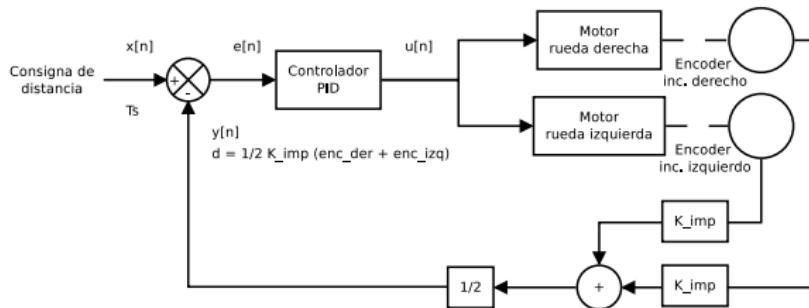
$$v_o = \frac{UD}{2KK_m}, \quad a_o = \frac{4KURdK_m}{rDm}$$

Cálculo de la velocidad máxima



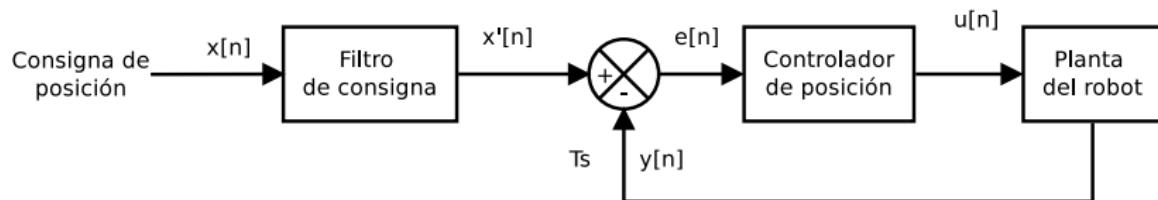
- 1 Introducción
- 2 El robot de Eurobot
- 3 Plataforma robótica base
- 4 Desarrollo hardware y software

Controladores de ángulo y distancia



Implementación del perfil trapezoidal

El Filtro consigna limita la primera y segunda derivada de la consigna de posición:



Ajuste de los controladores PD

- Método experimental similar a de las reglas de Ziegler-Nichols
- Herramienta de depuración (gráficas)
- Orden:
 - ① Ángulo (consigna $d=0$)
 - ② Distancia (consigna $a=0$)
- Ajuste inicial (sin perfil trapezoidal):
 - ① Ganancia $K_p \rightarrow$ respuesta amortiguada 1 o 2s.
 - ② Ganancia $K_d \rightarrow$ respuesta subamortiguada de $M_p = 4, 6\%$
- Ajuste fino (con perfil trapezoidal)

Ajuste de los controladores PD

- Método experimental similar a de las reglas de Ziegler-Nichols
- Herramienta de depuración (gráficas)
- Orden:
 - ① Ángulo (consigna $d=0$)
 - ② Distancia (consigna $a=0$)
- Ajuste inicial (sin perfil trapezoidal):
 - ① Ganancia $K_p \rightarrow$ respuesta amortiguada 1 o 2s.
 - ② Ganancia $K_d \rightarrow$ respuesta subamortiguada de $M_p = 4, 6\%$
- Ajuste fino (con perfil trapezoidal)

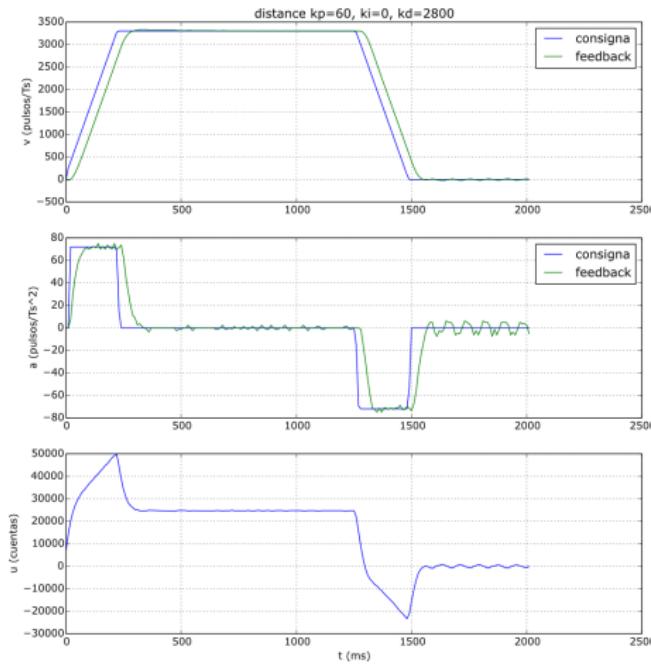
Ajuste de los controladores PD

- Método experimental similar a de las reglas de Ziegler-Nichols
- Herramienta de depuración (gráficas)
- Orden:
 - ① Ángulo (consigna $d=0$)
 - ② Distancia (consigna $a=0$)
- Ajuste inicial (sin perfil trapezoidal):
 - ① Ganancia $K_p \rightarrow$ respuesta amortiguada 1 o 2s.
 - ② Ganancia $K_d \rightarrow$ respuesta subamortiguada de $M_p = 4, 6\%$
- Ajuste fino (con perfil trapezoidal)

Ajuste de los controladores PD

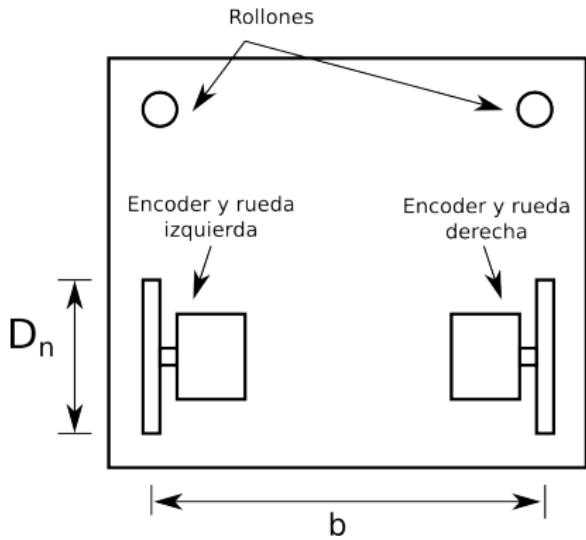
- Método experimental similar a de las reglas de Ziegler-Nichols
- Herramienta de depuración (gráficas)
- Orden:
 - 1 Ángulo (consigna $d=0$)
 - 2 Distancia (consigna $a=0$)
- Ajuste inicial (sin perfil trapezoidal):
 - 1 Ganancia $K_p \rightarrow$ respuesta amortiguada 1 o 2s.
 - 2 Ganancia $K_d \rightarrow$ respuesta subamortiguada de $M_p = 4, 6\%$
- Ajuste fino (con perfil trapezoidal)

Ajuste de los controladores PD



- 1 Introducción
- 2 El robot de Eurobot
- 3 Plataforma robótica base
- 4 Desarrollo hardware y software

Cálculo de la posición del robot



Medida instantánea:

$$d = \frac{N_D + N_I}{2} [\text{pulsos}]$$

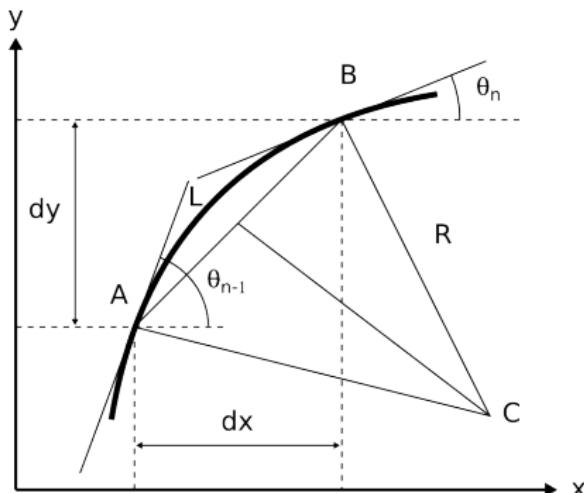
$$\theta = (N_D - N_I) [\text{pulsos}]$$

Conversión de unidades:

$$C_d = \frac{N \times M}{\pi D_n} \left[\frac{\text{pulsos}}{m} \right]$$

$$C_\theta = C_d \frac{b}{2} \left[\frac{\text{pulsos}}{\text{rad}} \right]$$

Cálculo de la posición del robot



Medida de orientación:

$$\theta_n = \frac{N_{Dn} - N_{In}}{C_\theta} [rad]$$

Medida de posición:

$$dx = L \cos(\theta_{avg}) \quad (1)$$

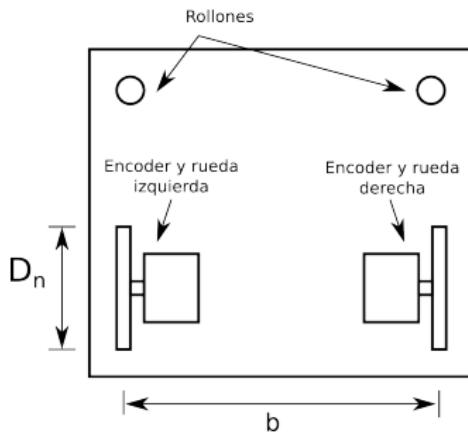
$$dy = L \sin(\theta_{avg}) \quad (2)$$

Aproximación lineal:

$$L = d_n - d_{n-1}$$

Errores sistemáticos

Error por diferencia de diámetros:



$$E_d = \frac{D_R}{D_L}$$

Error de distancia entre ejes:

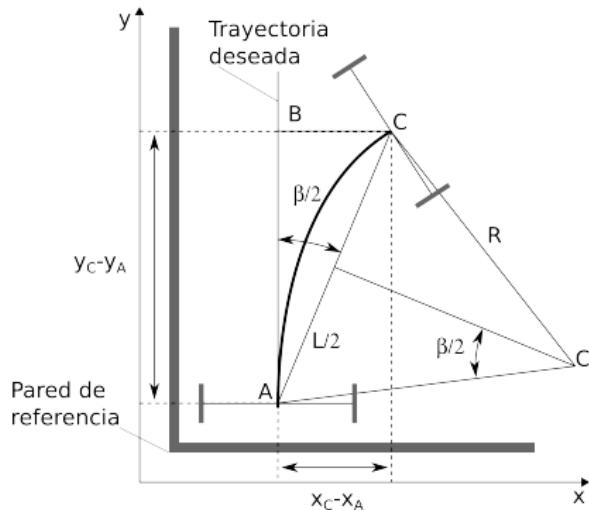
$$E_b = \frac{b_{real}}{b_{nominal}}$$

El error de orientación:

$$D_{avg} = \frac{D_L + D_R}{2}$$

Medida y corrección de errores sistemáticos

1 Medida y corrección del error E_d .



Error:

$$E_d = \frac{D_R}{D_L} = \frac{R + b/2}{R - b/2}$$

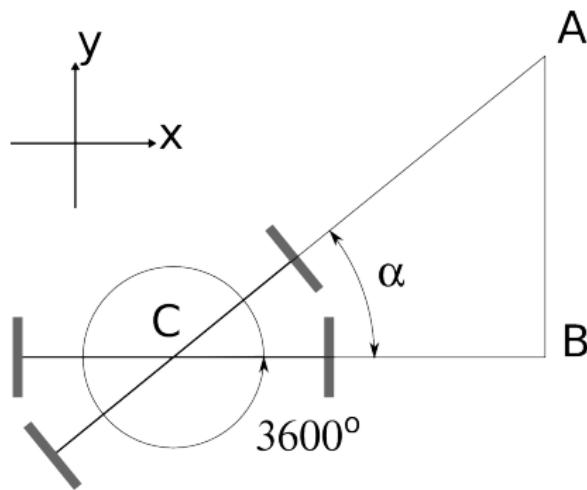
Factores de corrección:

$$c_L = \frac{2}{E_d + 1}$$

$$c_R = \frac{2}{(1/E_d) + 1}$$

Medida y corrección de errores sistemáticos

2 Medida y corrección del error E_b .

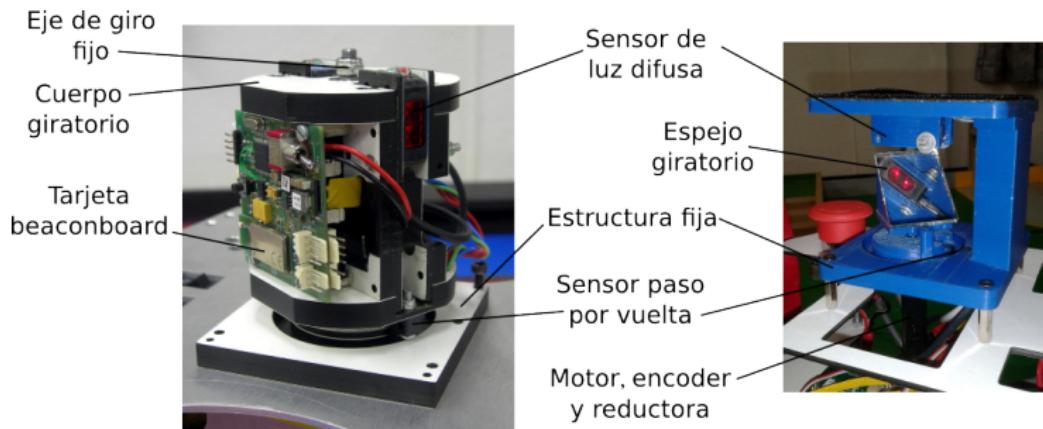


Factor de corrección:

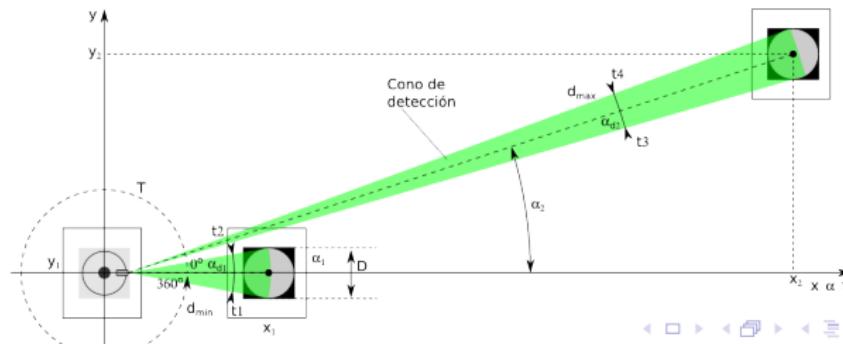
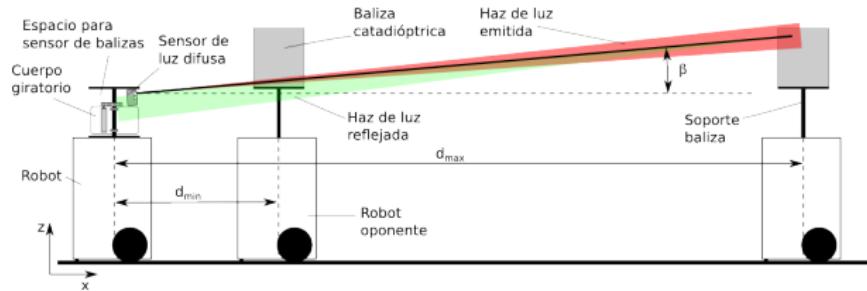
$$c_b = \frac{\theta}{\theta \pm \alpha} = \frac{3600}{3600 \pm \alpha}$$

- 1 Introducción
- 2 El robot de Eurobot
- 3 Plataforma robótica base
- 4 Desarrollo hardware y software

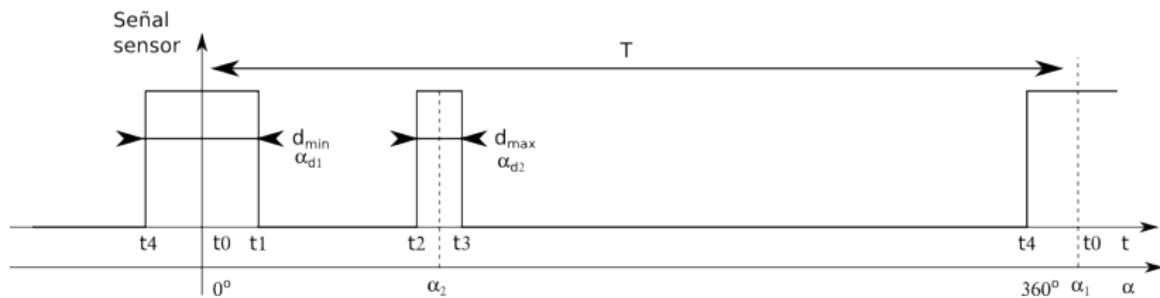
Mecánica de la baliza



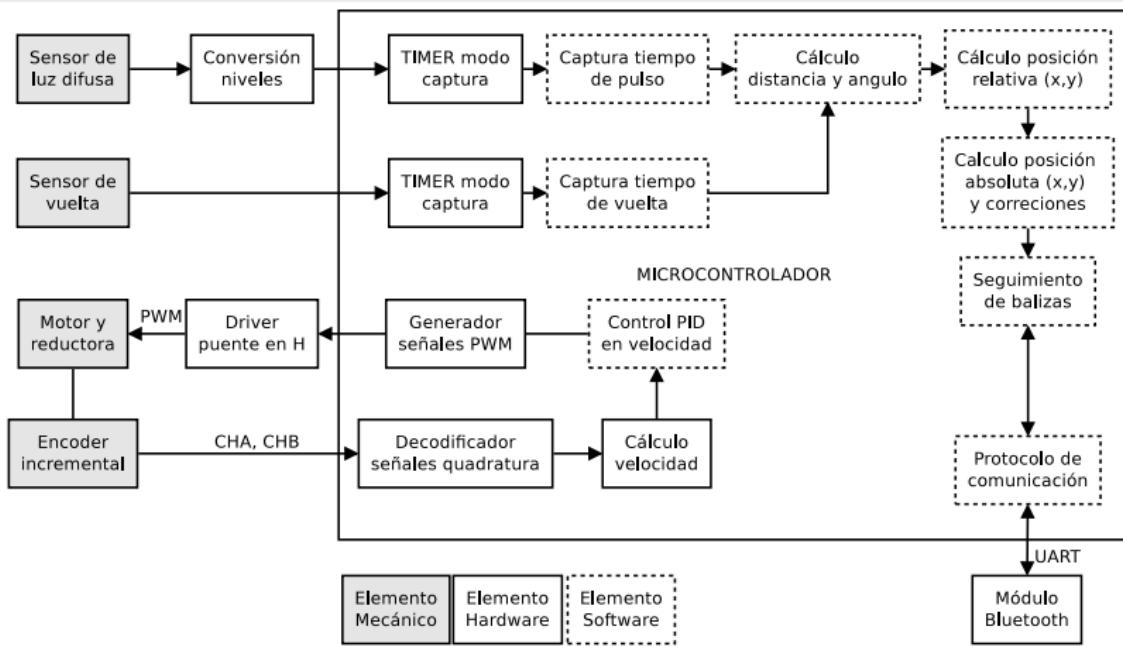
Fundamento



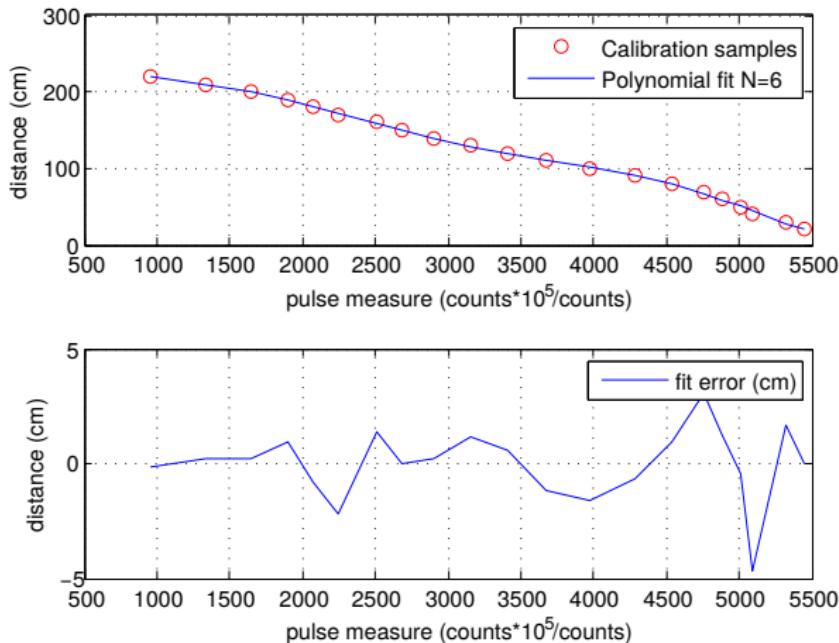
Fundamento



Implementación y resultados

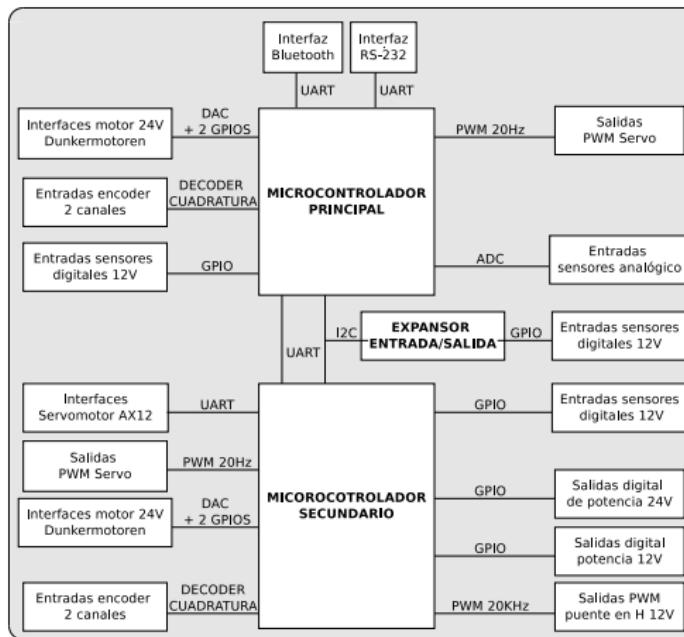


Implementación y resultados

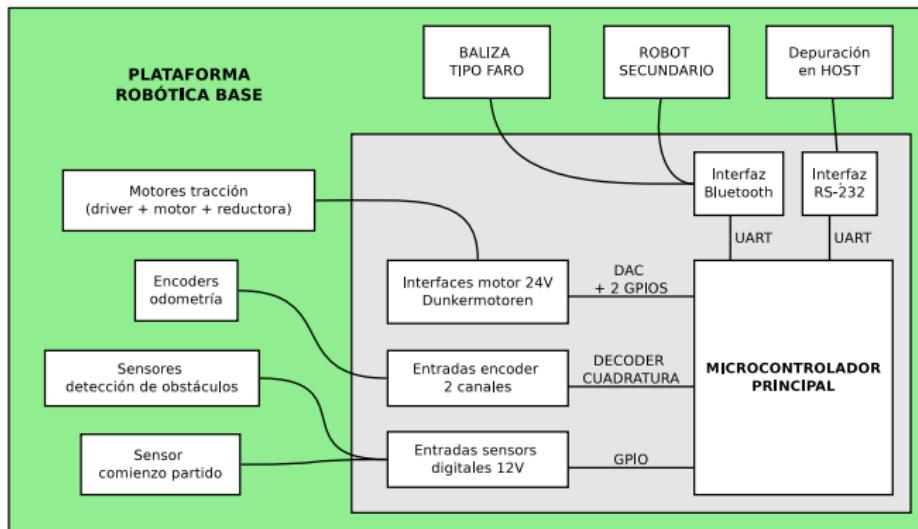


- 1 Introducción
- 2 El robot de Eurobot
- 3 Plataforma robótica base
- 4 Desarrollo hardware y software

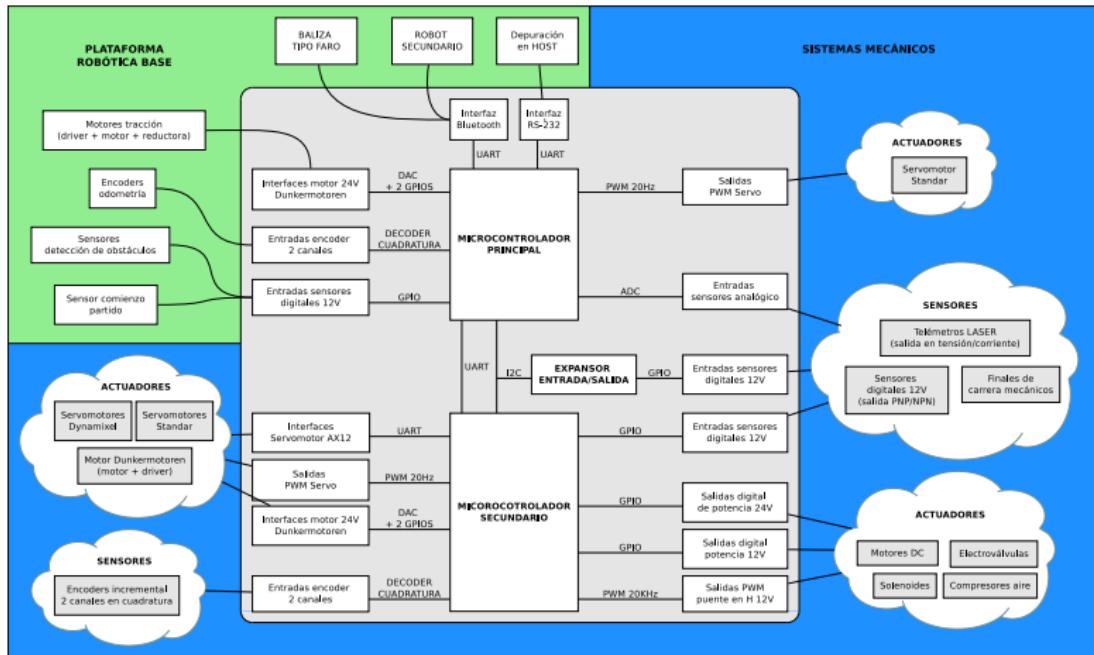
Arquitectura HW



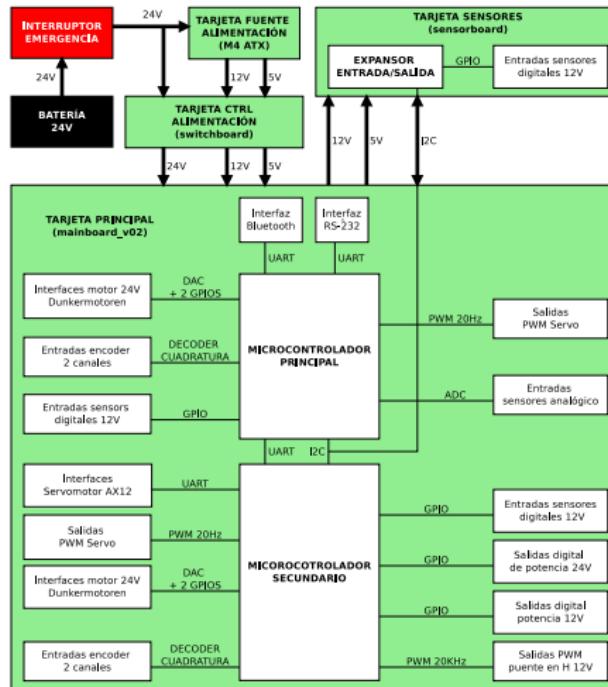
Arquitectura HW



Arquitectura HW

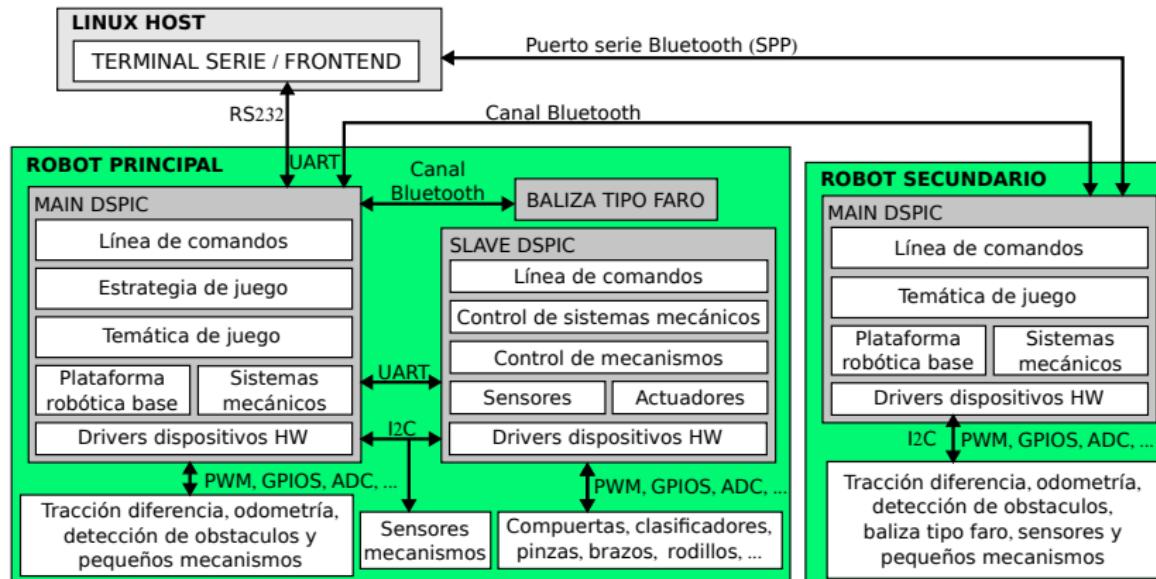


Implementación HW del robot principal

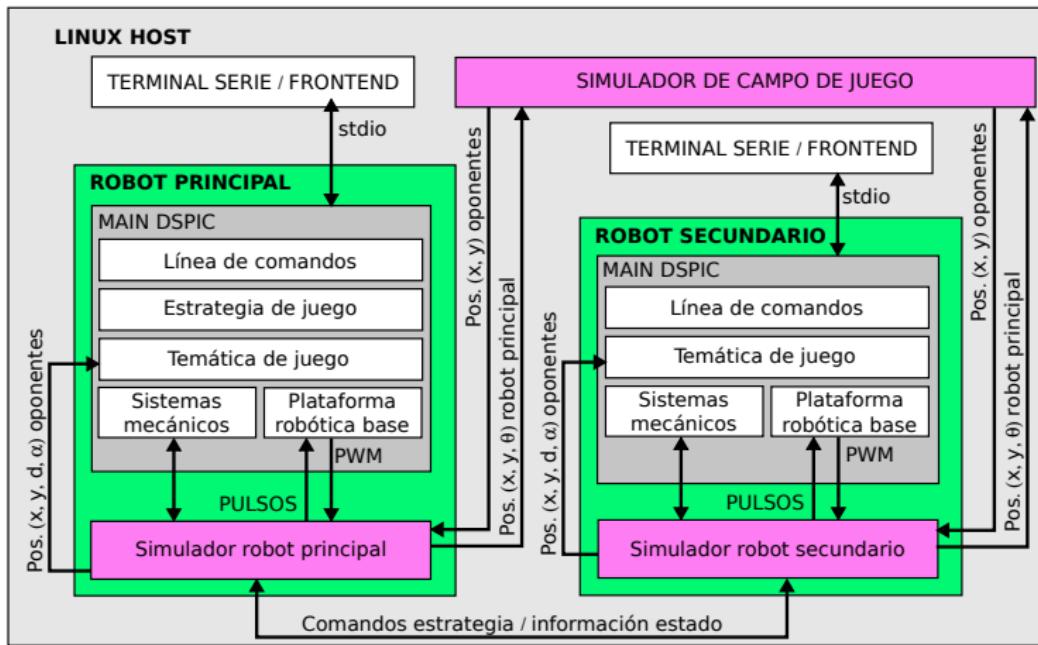


- 1 Introducción
- 2 El robot de Eurobot
- 3 Plataforma robótica base
- 4 Desarrollo hardware y software

Arquitectura SW



Simulador de robots y campo de juego



- 1 Introducción
- 2 El robot de Eurobot
- 3 Plataforma robótica base
- 4 Desarrollo hardware y software

Manual de referencia para el desarrollo de robots de Eurobot

Trabajo Fin de Carrera

Javier Baliñas Santos
Director: Julio Pastor Mendoza

DEPARTAMENTO DE ELECTRÓNICA



UNIVERSIDAD DE ALCALÁ

29 de septiembre de 2016