

# UN REPASO GENERAL A LA COMPETICIÓN DE VELOCISTAS

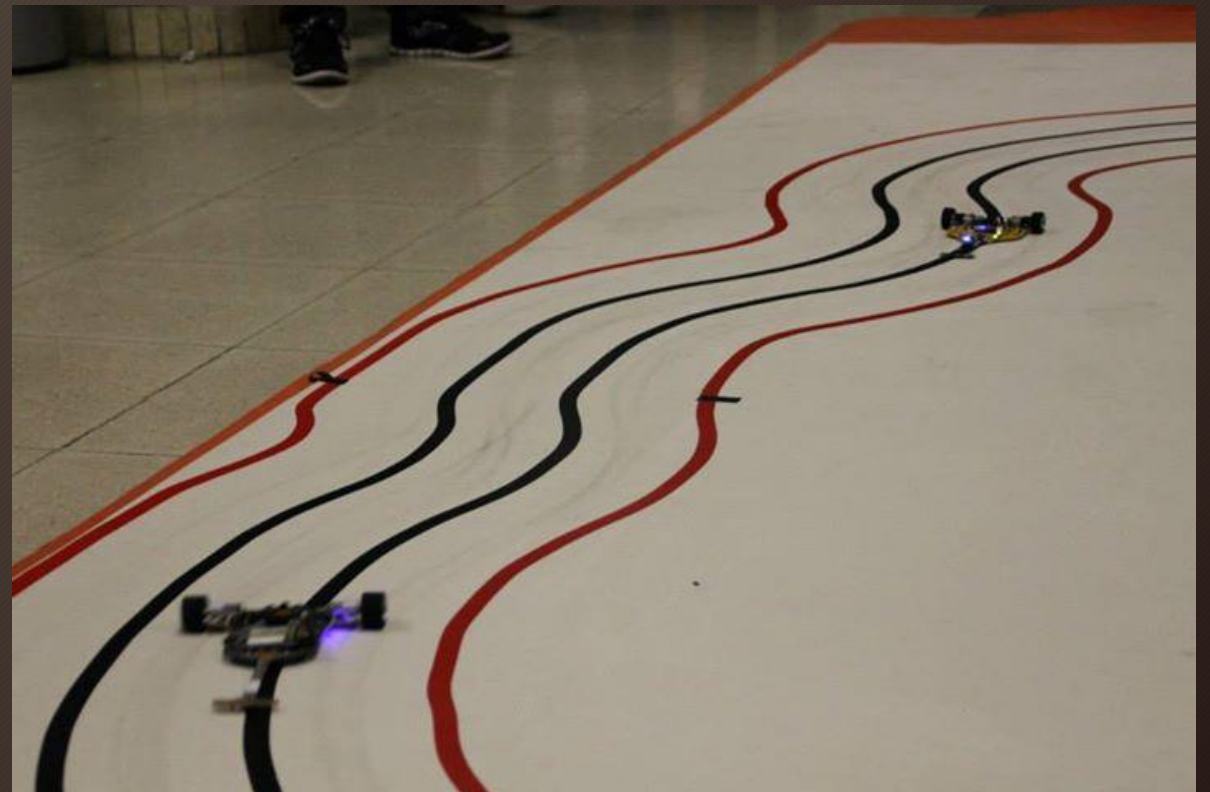
Rubén Espino San José

PUMA



PRIDE

- La competición
- Tecnologías
- Referencias

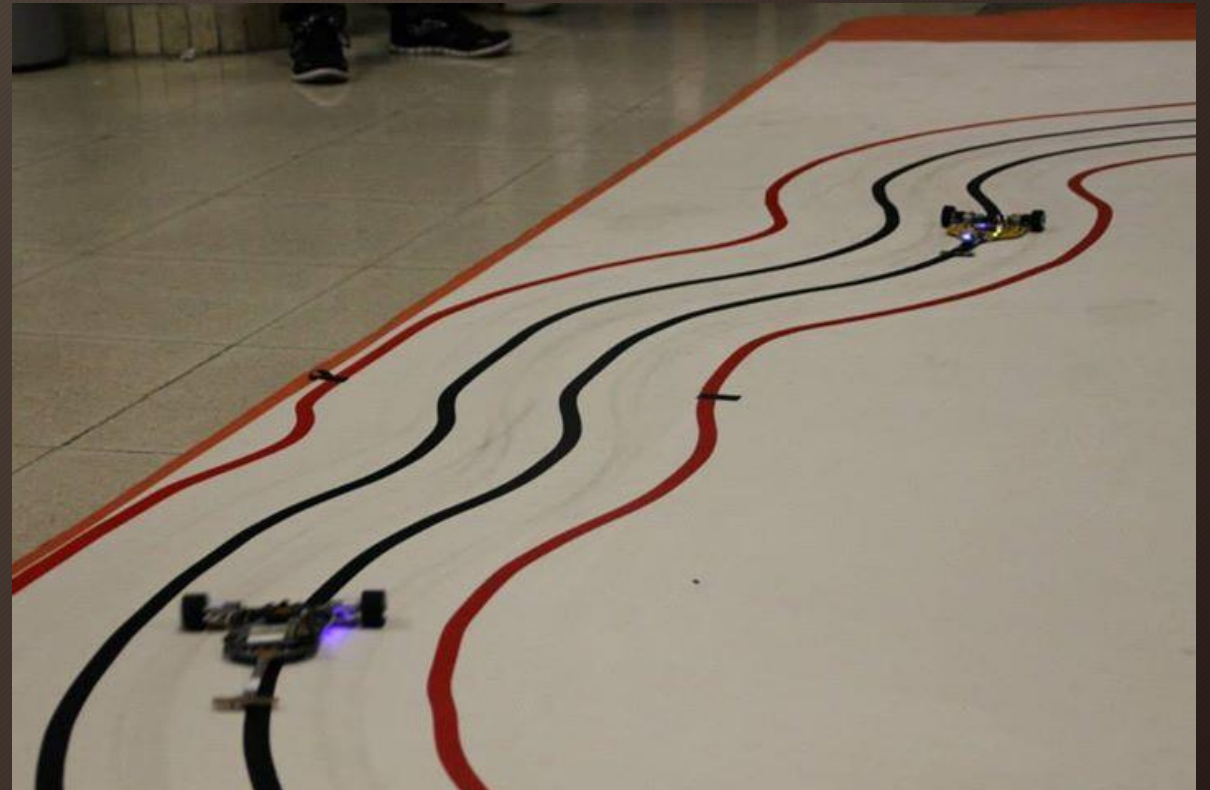




# LA COMPETICIÓN

3

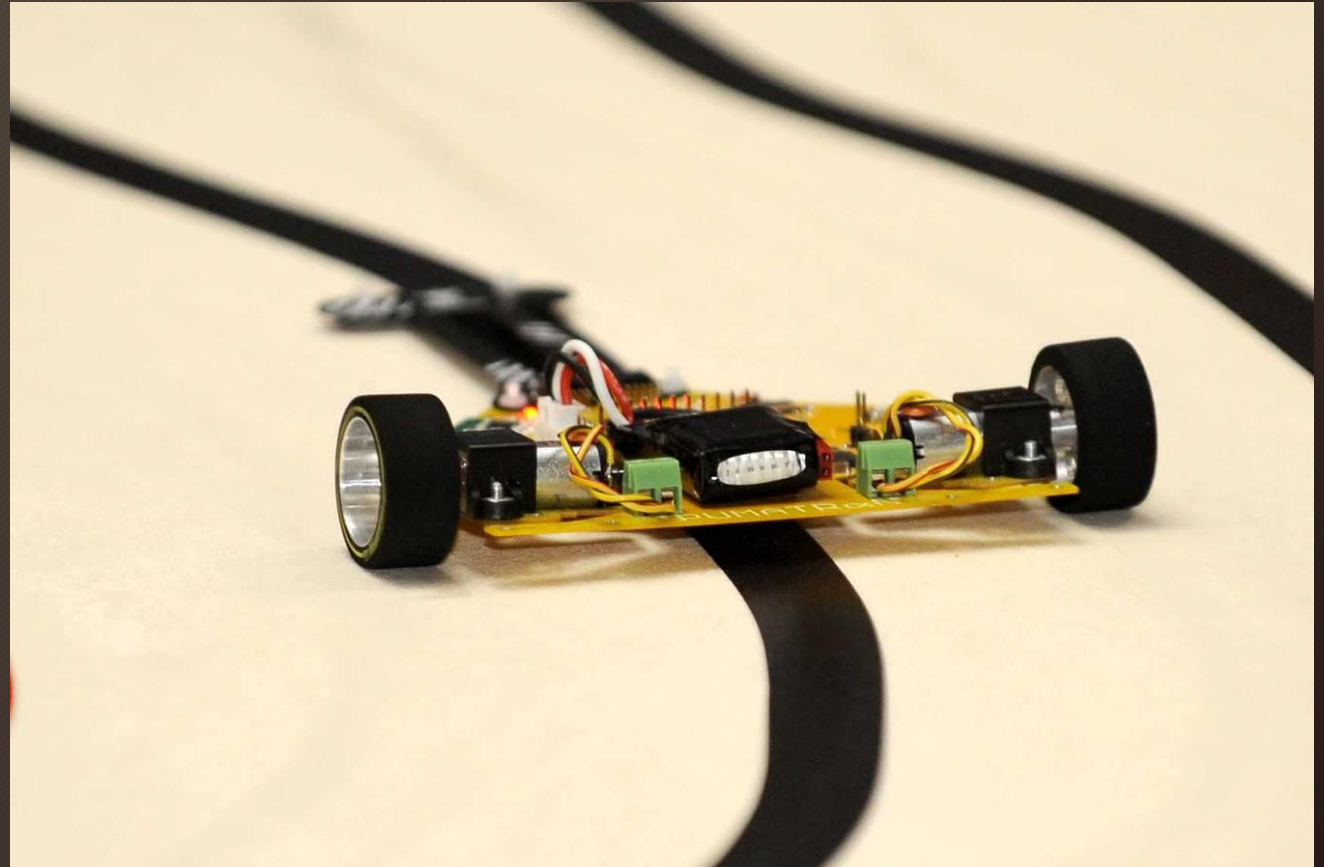
- Objetivo de la competición
- El circuito
- Los robots



# OBJETIVO DE LA COMPETICIÓN

4

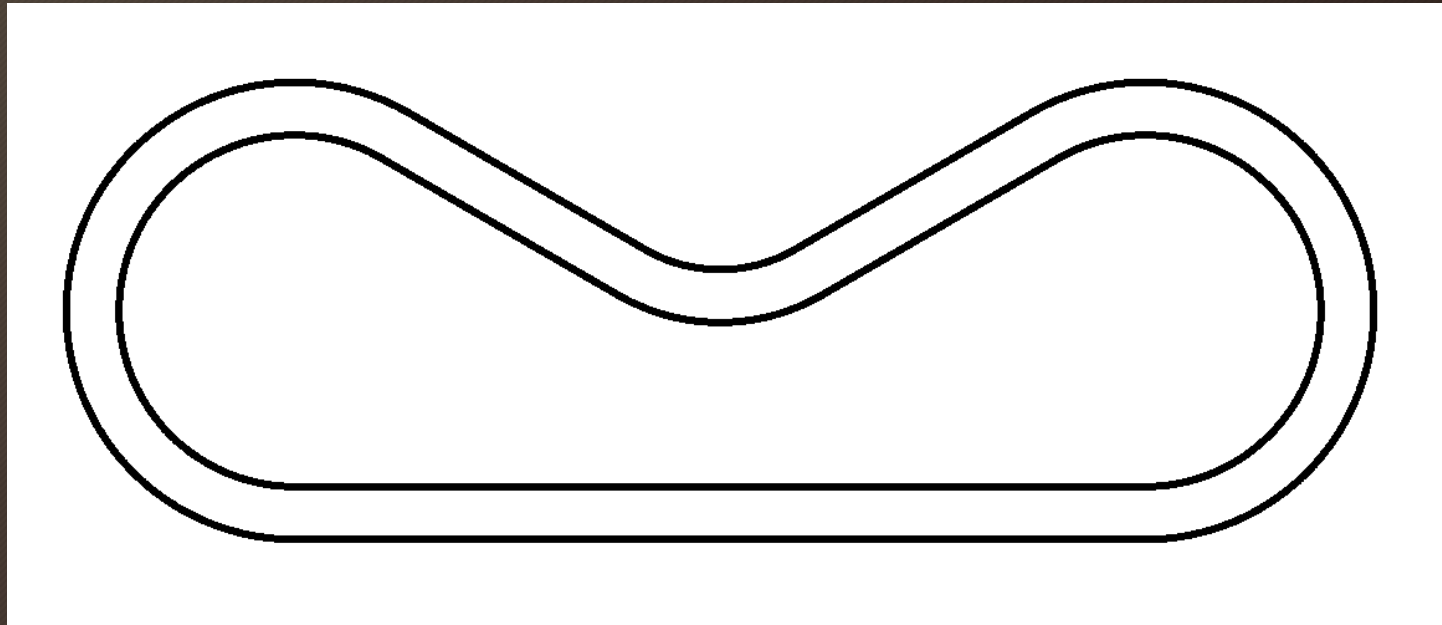
- Objetivo: ser el robot más rápido recorriendo el circuito
- Dos robots compiten en modo persecución hasta que uno alcanza al otro
- Clasificación previa a X vueltas para determinar cruces eliminatorios



# EL CIRCUITO

5

- Lona de PVC simple con el circuito impreso
- Circuito cerrado de 2 líneas negras sobre fondo blanco
- Curvas amplias (mínimo 40 cm de radio) y rectas largas
- Posibilidad de cambiar de carril durante la competición

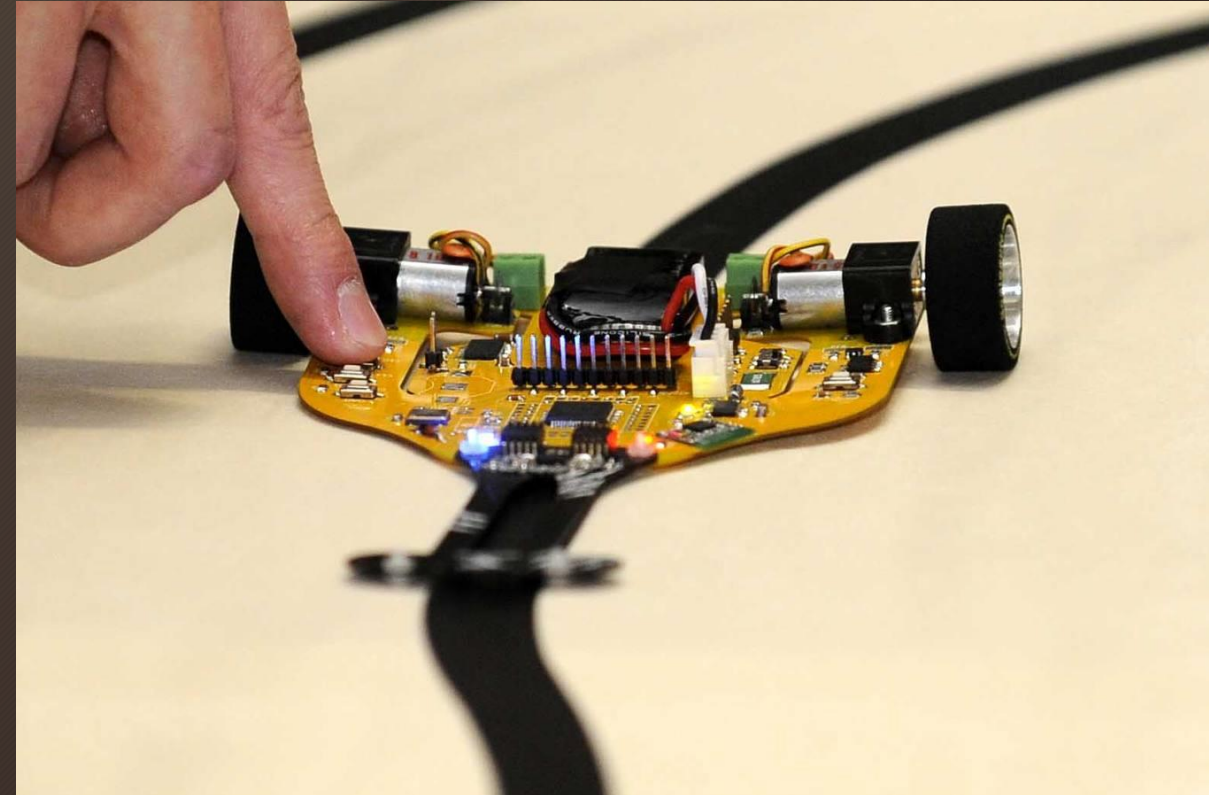




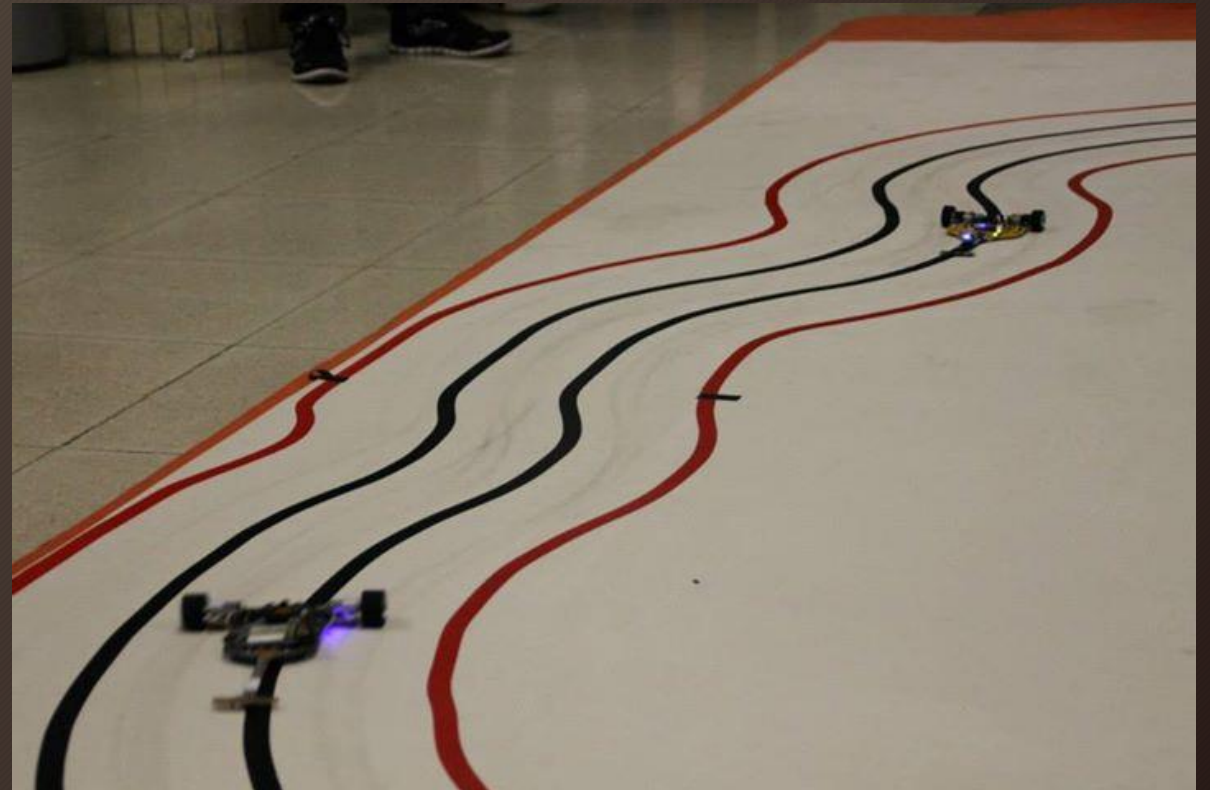
# LOS ROBOTS

6

- Robots autónomos capaces de seguir la línea
- Sin comunicación inalámbrica durante la competición
- Indivisibles durante la competición
- 5 segundos de espera al arrancar
- Dimensiones máximas:
  - Largo: 30 cm
  - Ancho: 20 cm
  - Alto: 13 cm (no es relevante)
- Peso máximo: 2 Kg



- Tecnologías de los robots
  - Hardware
  - Mecánica
  - Firmware básico
- Proyectos de apoyo a realización





# *HARDWARE DE LOS ROBOTS*

8

- Microcontrolador
- Motores
- Drivers de motores
- Sensores de línea
- Encoders
- Comunicación inalámbrica
- Baterías

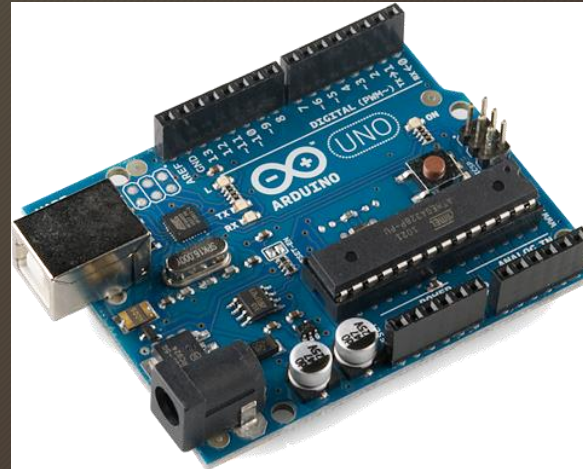




# MICROCONTROLLER

9

- Arduino (ATMEL)
- ARM
  - Cortex-ARM
    - STM32F0 - F4
- PIC
- dsPIC
- ...



# MOTORES

10

- Tracción diferencial: cada motor es independiente y mueve una rueda
- Tipos:
  - Motores CC
    - Fácil funcionamiento
    - Problemas de escobillas
    - Consumo razonable
  - Motores *brushless*
    - Funcionamiento complejo
    - Sin escobillas y con mayor eficiencia
    - Consumo alto

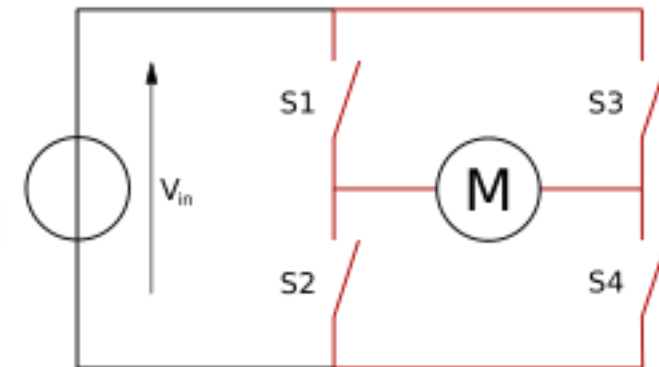
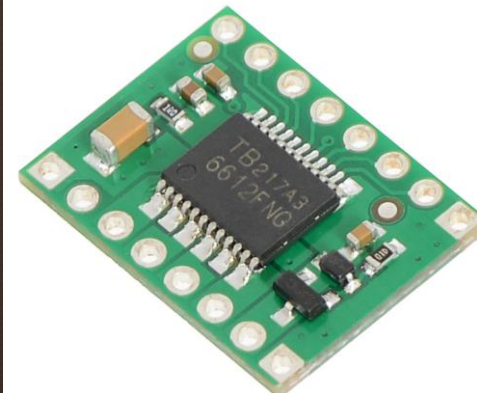
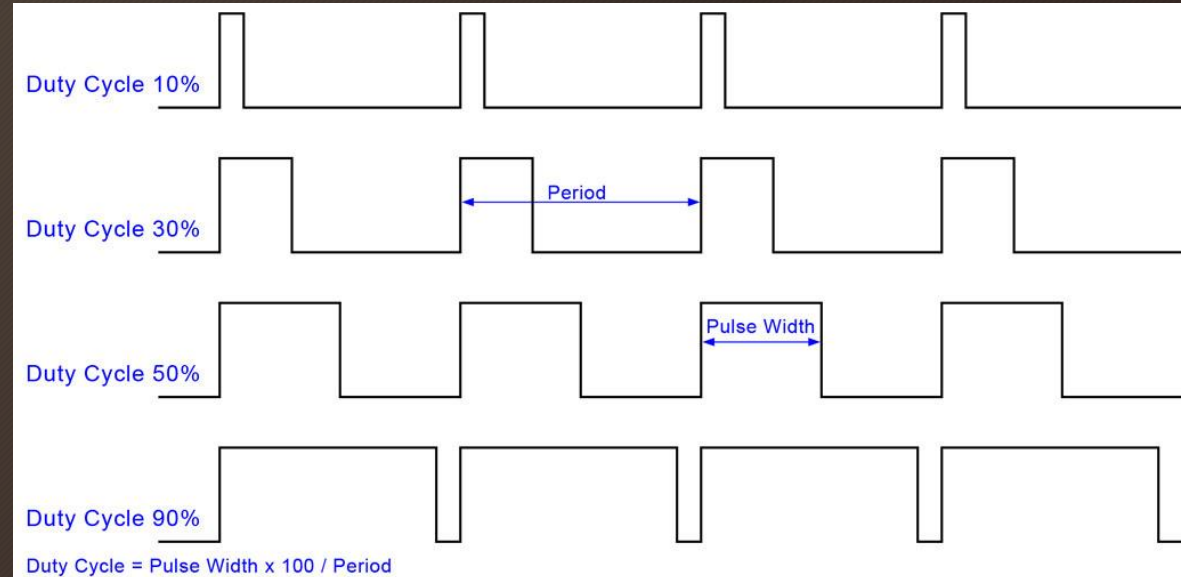
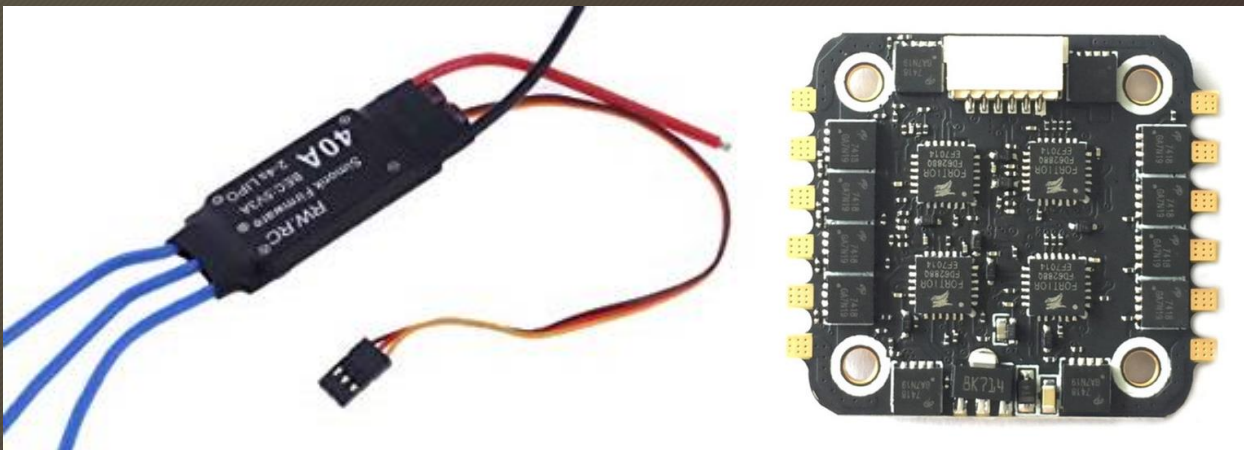




# DRIVERS DE MOTORES

11

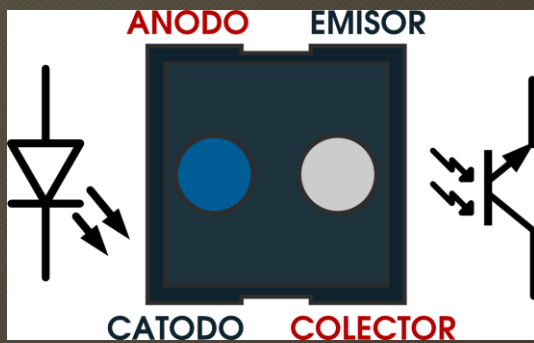
- Para motores CC
  - Control con PWM
  - Aconsejable tecnología con MOSFET
  - Ejemplo: TB6612FNG
- Para motores *brushless*: ESC
  - Control con protocolos DSHOT y similares



# SENSORES DE LÍNEA/SUELO

12

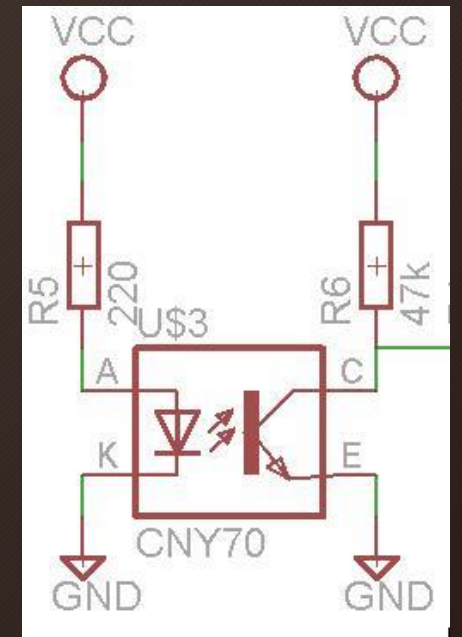
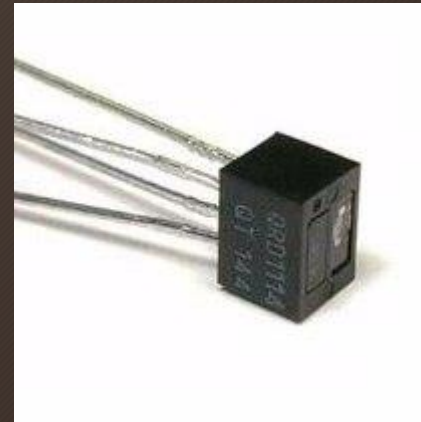
- CNY70



- QRE1113



- QRE1114

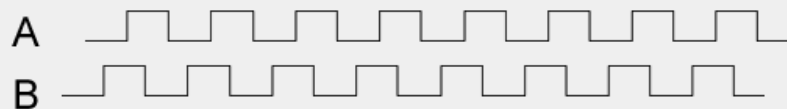
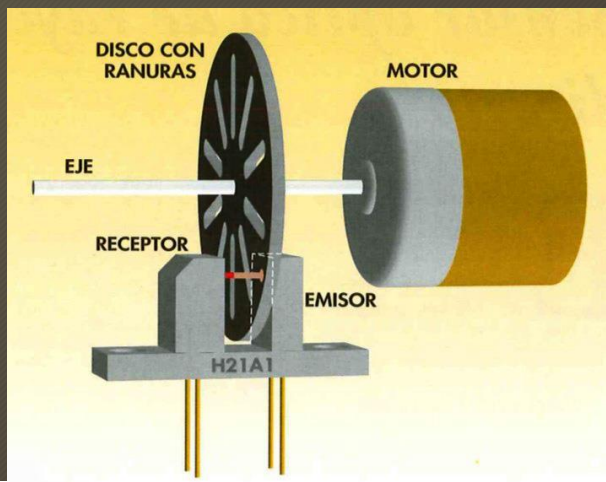




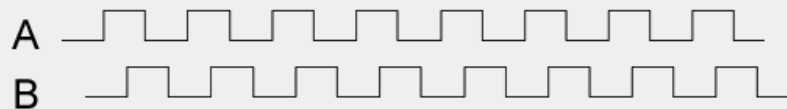
# ENCODERS

13

- Ópticos

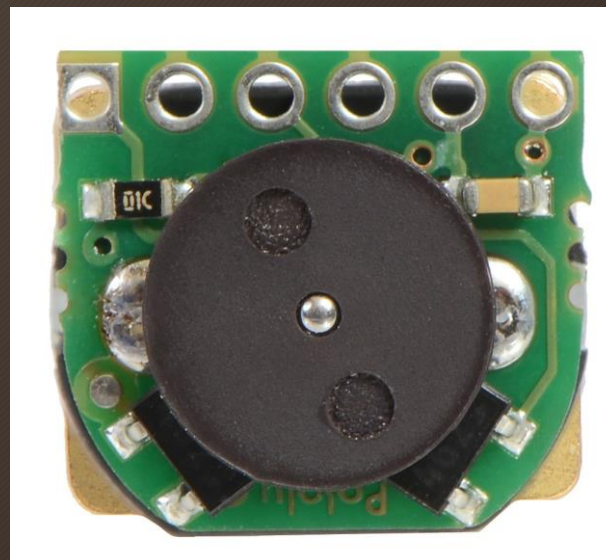


B leads A



A leads B

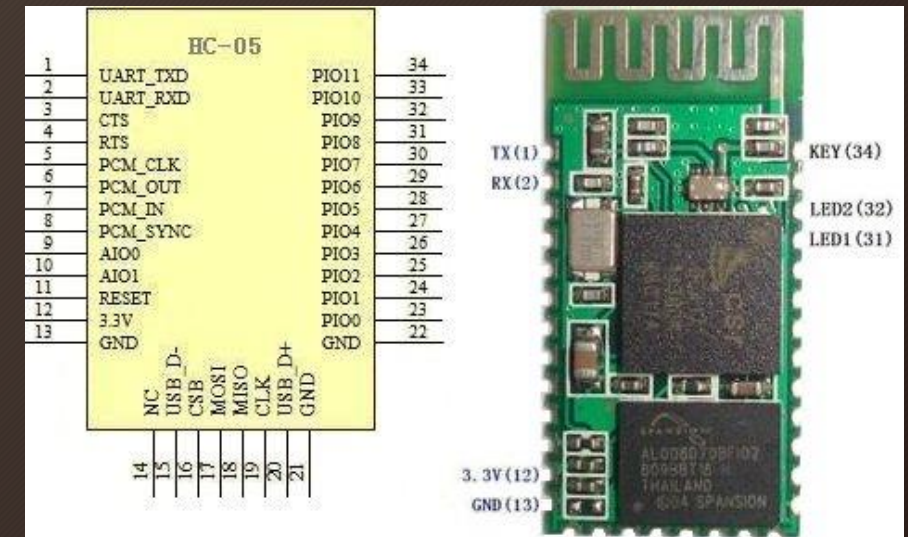
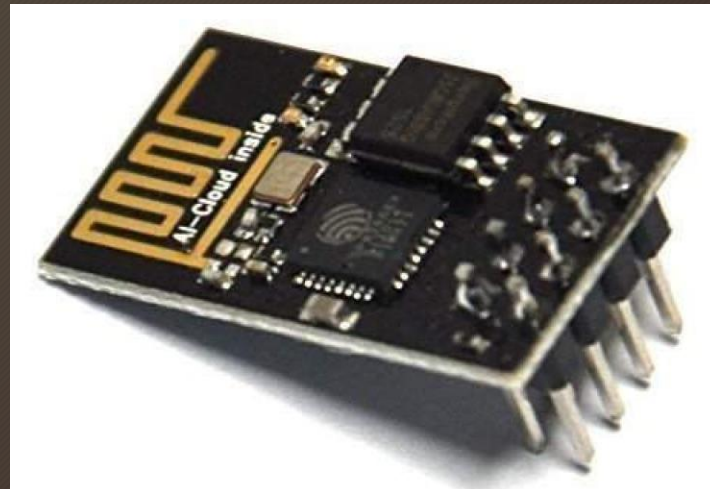
- De efecto Hall



# COMUNICACIÓN INALÁMBRICA

14

- Muy útil e imprescindible para testear parámetros en tiempo real con el robot en movimiento
- Ejemplos:
  - Bluetooth HC-05
  - Módulo Wifi ESP8266

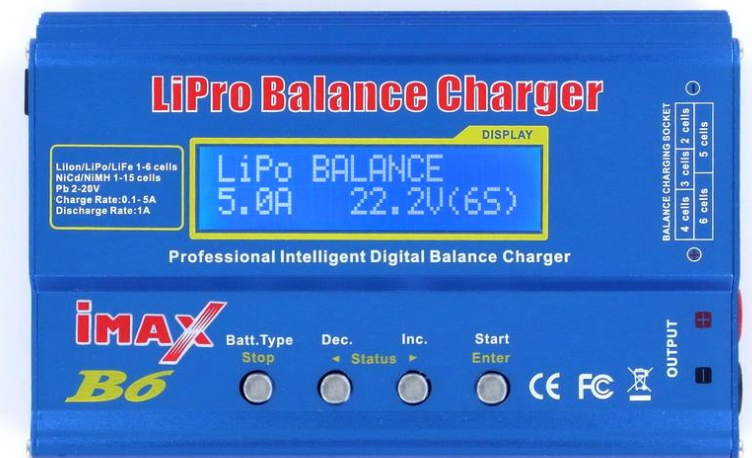




# BATERÍAS DE LITIO-POLÍMERO

15

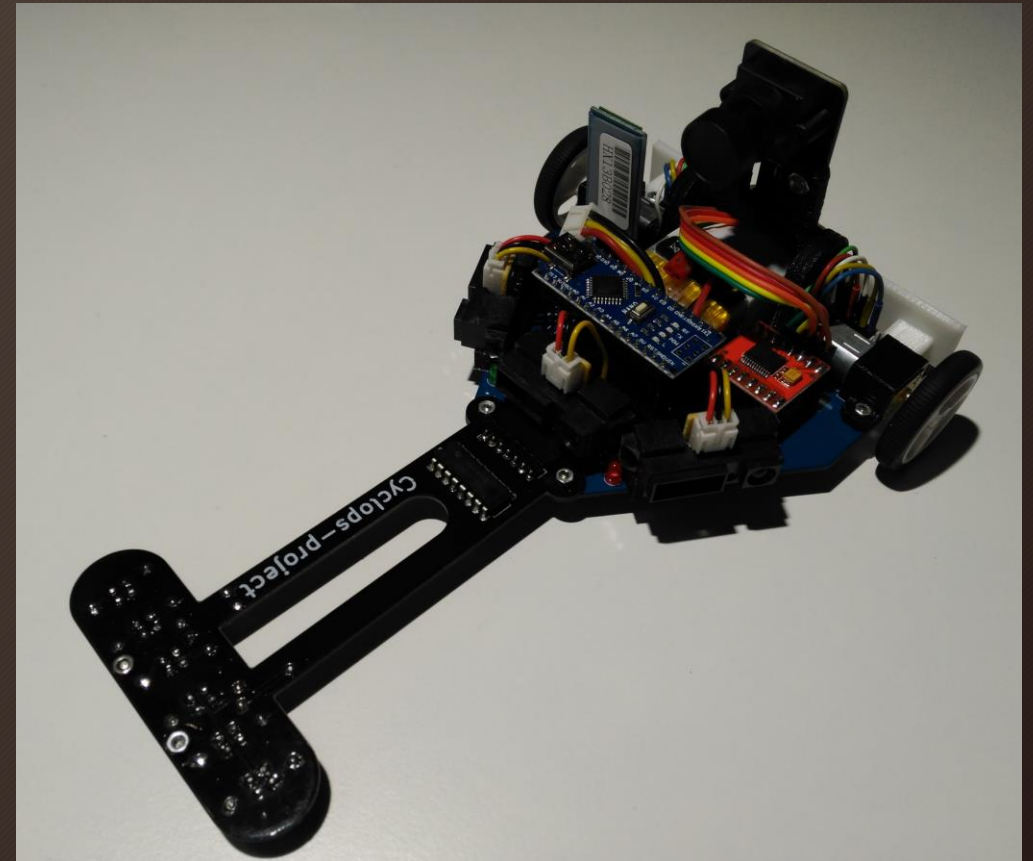
- Alta capacidad de descarga
- Son peligrosas. No cortocircuitar ni golpear
- Celdas de 3,7V (llegan a 4,2V), no deben bajar de 3V
- Carga balanceada
- Cálculos de descarga y duración:
  - $2200 \text{ mAh} * 25 \text{ C} = 55 \text{ A}$  (en continua)
  - $2200 \text{ mAh} * 50 \text{ C} = 110 \text{ A}$  (en pico)
  - $60 \text{ min} / 25 \text{ C} = 2 \text{ min } 24 \text{ s}$  (a corriente máxima en continua)
  - Ejemplo a 5 A:  $(2 \text{ min } 24 \text{ s}) * 55 \text{ A} / 5 \text{ A} = 26 \text{ min } 24 \text{ s}$



# *MECÁNICA DE LOS ROBOTS*

16

- Dimensiones
- Peso y centro de masas
- Relación motriz
- Separación de sensores de línea
- Ruedas y adherencia
- Sistemas para aumentar la adherencia

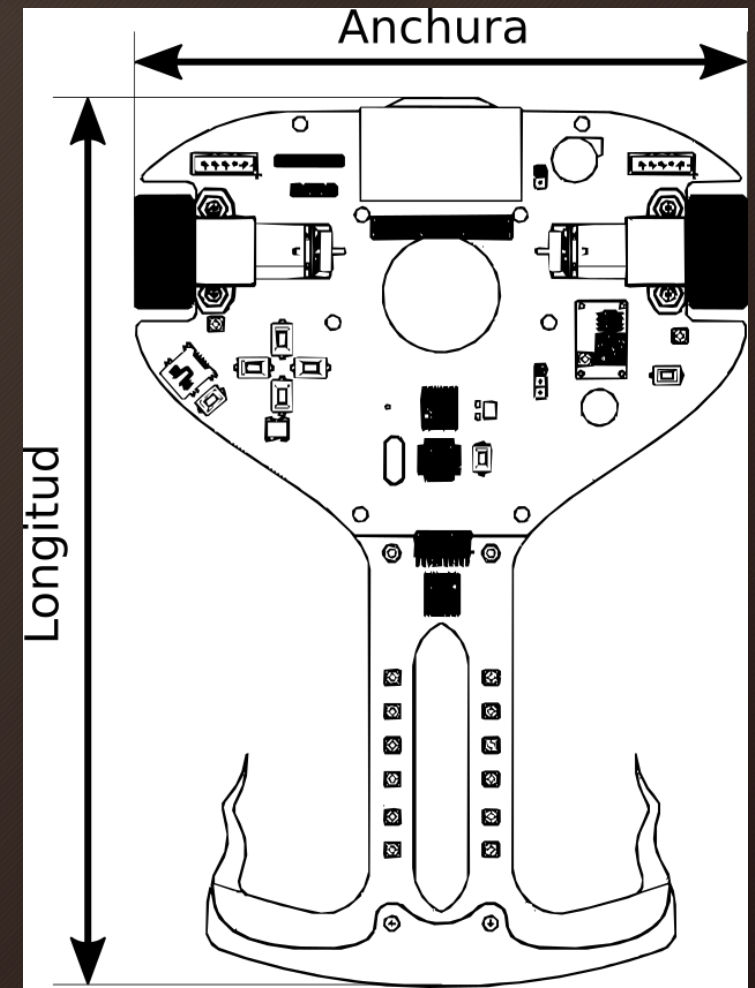




# ***DIMENSIONES DEL ROBOT***

17

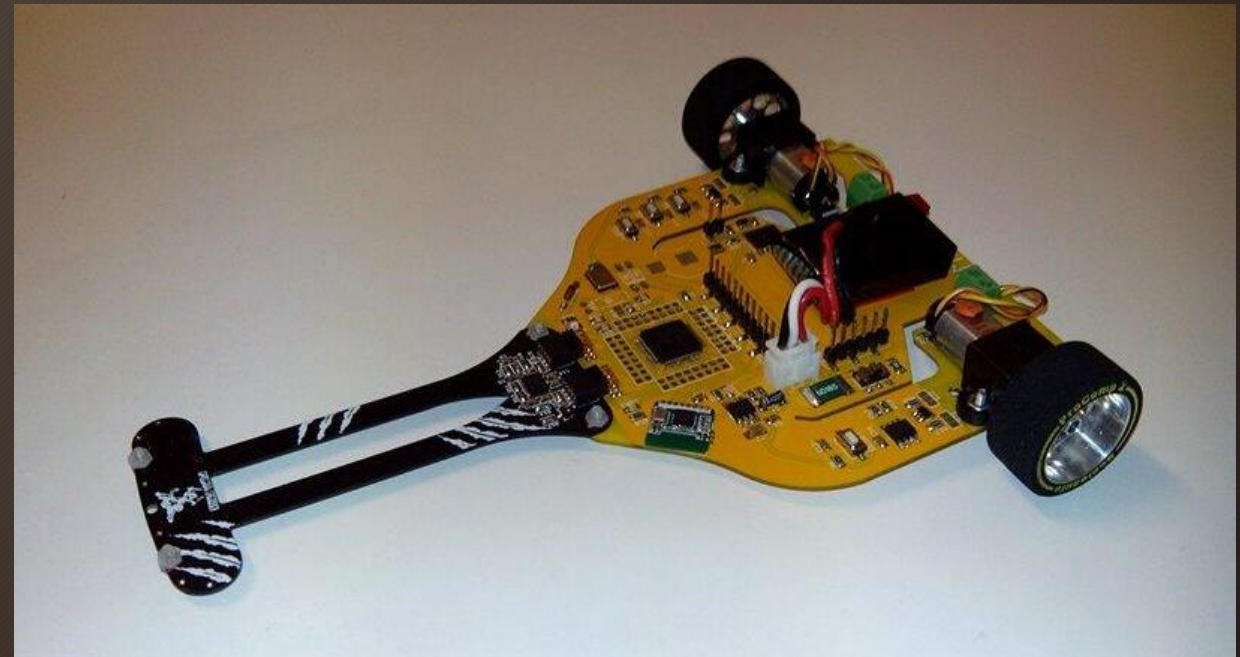
- Distancia entre ruedas
  - Relación de compromiso entre velocidad de respuesta y agarre en curva
- Distancia entre el eje motriz y los sensores de línea
  - Relación de compromiso entre capacidad de respuesta y anticipación a las curvas



# ***PESO Y CENTRO DE MASAS DEL ROBOT***

18

- Peso
  - Demasiado pesado: mayor consumo, más lento, mayor inercia y peor respuesta
  - Demasiado ligero: poco agarre en curvas
- Centro de masas
  - Demasiado adelantado: efecto péndulo en curvas
  - Demasiado atrasado: caballito en aceleraciones





# RELACIÓN MOTRIZ

19

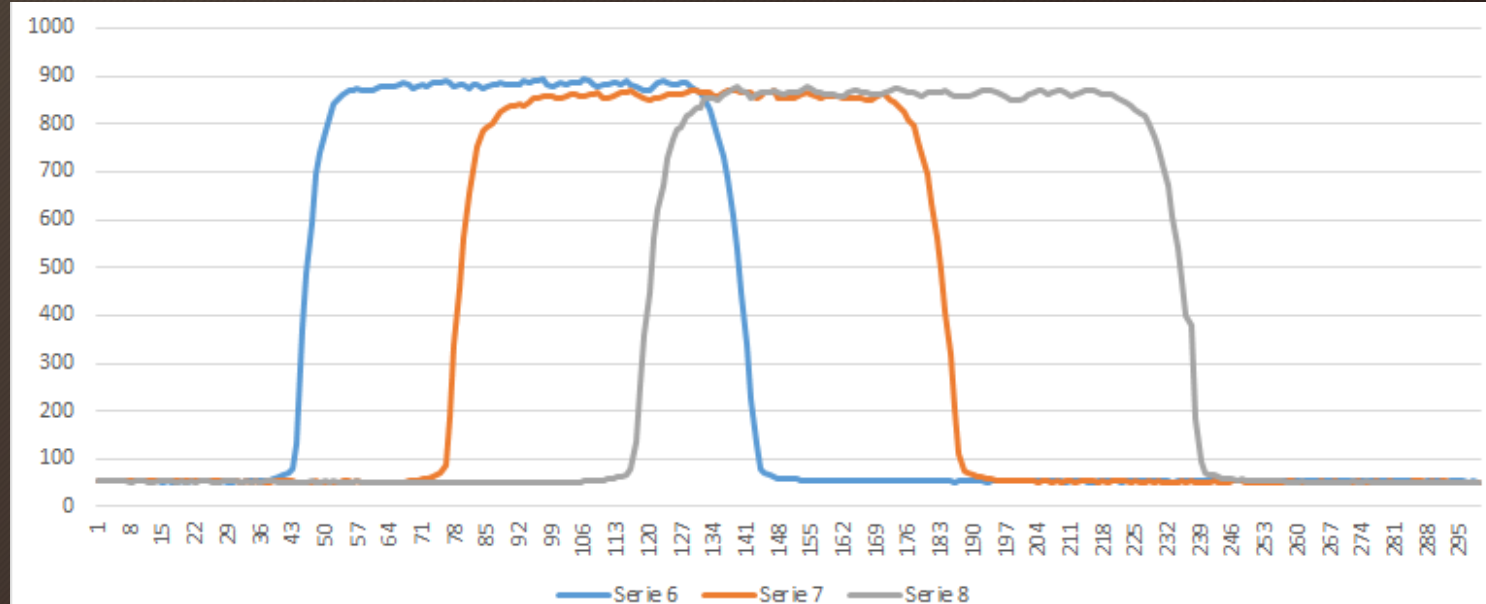
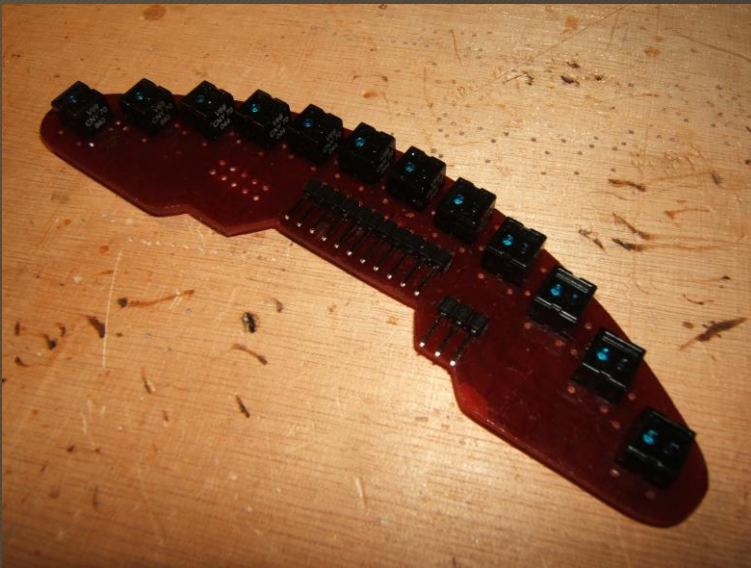
- Reductora de motores y diámetro de las ruedas
  - Mayor diámetro de rueda o menor reductora -> Menos fuerza y más velocidad
  - Menor diámetro de rueda o mayor reductora -> Más fuerza y menos velocidad

6 V	high-power (HP)  (same specs as 6V HPCB above)	1600 mA	6000 RPM	2 oz-in	<a href="#">5:1 HP 6V</a>	<a href="#">5:1 HP 6V dual-shaft</a>
			3000 RPM	4 oz-in	<a href="#">10:1 HP 6V</a>	<a href="#">10:1 HP 6V dual-shaft</a>
			1000 RPM	9 oz-in	<a href="#">30:1 HP 6V</a>	<a href="#">30:1 HP 6V dual-shaft</a>
			625 RPM	15 oz-in	<a href="#">50:1 HP 6V</a>	<a href="#">50:1 HP 6V dual-shaft</a>
			400 RPM	22 oz-in	<a href="#">75:1 HP 6V</a>	<a href="#">75:1 HP 6V dual-shaft</a>
			320 RPM	30 oz-in	<a href="#">100:1 HP 6V</a>	<a href="#">100:1 HP 6V dual-shaft</a>
			200 RPM	40 oz-in	<a href="#">150:1 HP 6V</a>	<a href="#">150:1 HP 6V dual-shaft</a>
			140 RPM	50 oz-in	<a href="#">210:1 HP 6V</a>	<a href="#">210:1 HP 6V dual-shaft</a>
			120 RPM	60 oz-in	<a href="#">250:1 HP 6V</a>	<a href="#">250:1 HP 6V dual-shaft</a>
			100 RPM	70 oz-in	<a href="#">298:1 HP 6V</a>	<a href="#">298:1 HP 6V dual-shaft</a>
			32 RPM	125 oz-in	<a href="#">1000:1 HP 6V</a>	<a href="#">1000:1 HP 6V dual-shaft</a>

# SEPARACIÓN DE SENSORES DE LÍNEA

20

- La incertidumbre en el cálculo de posición es función de:
  - La función de transferencia del sensor
  - La separación entre sensores
  - La altura de los sensores
  - La amplitud del haz del led

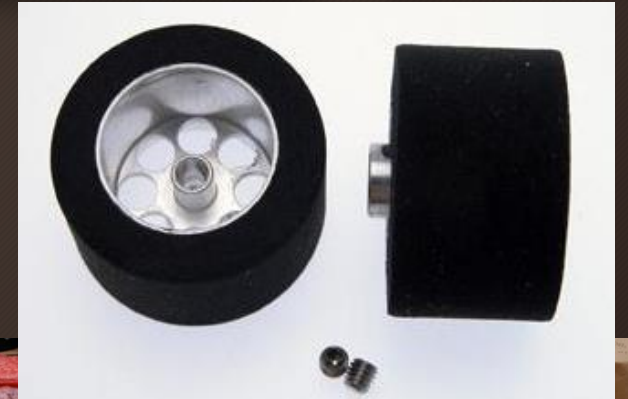
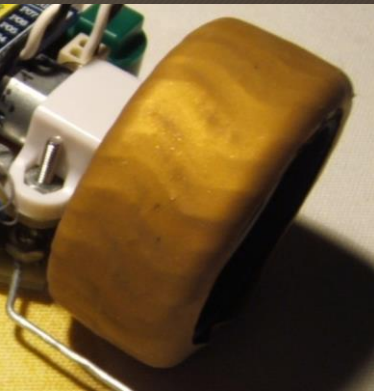




# RUEDAS Y ADHERENCIA

21

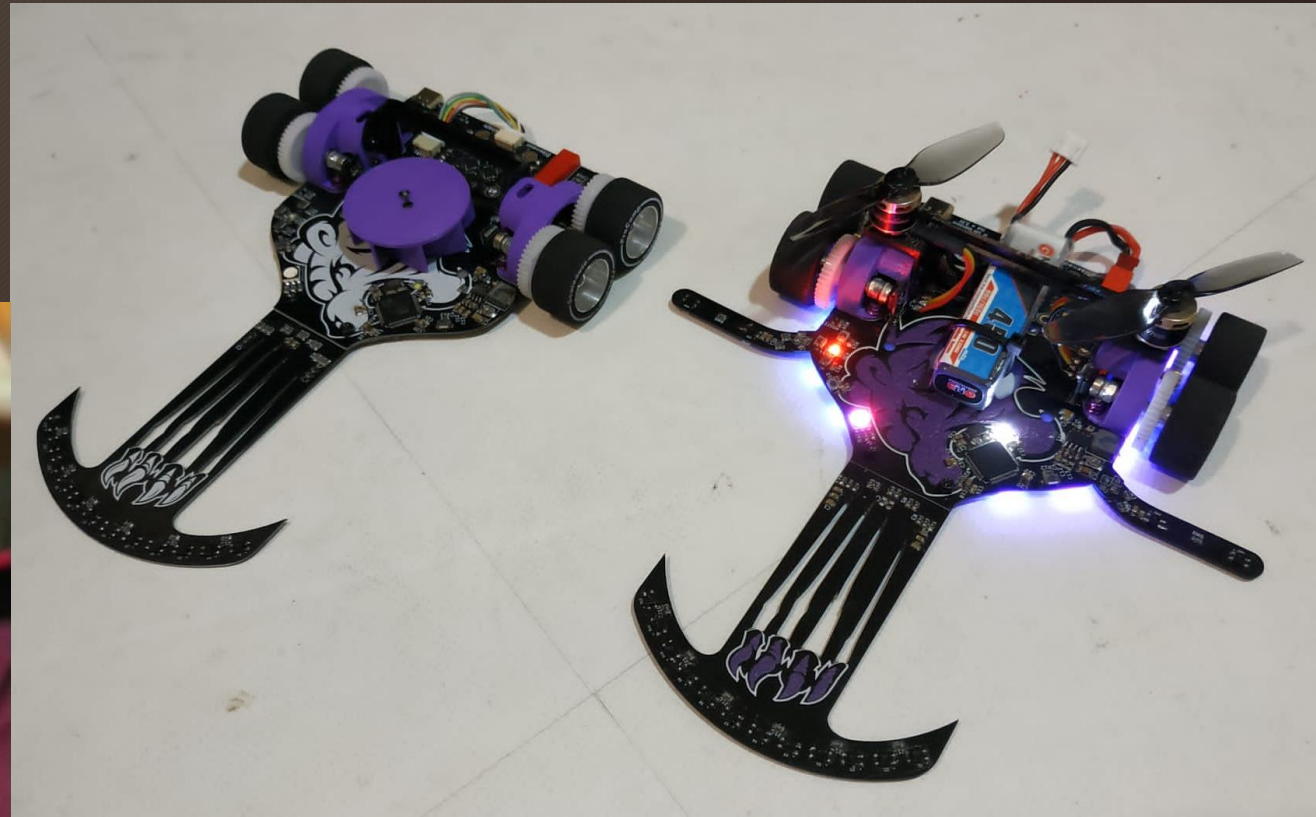
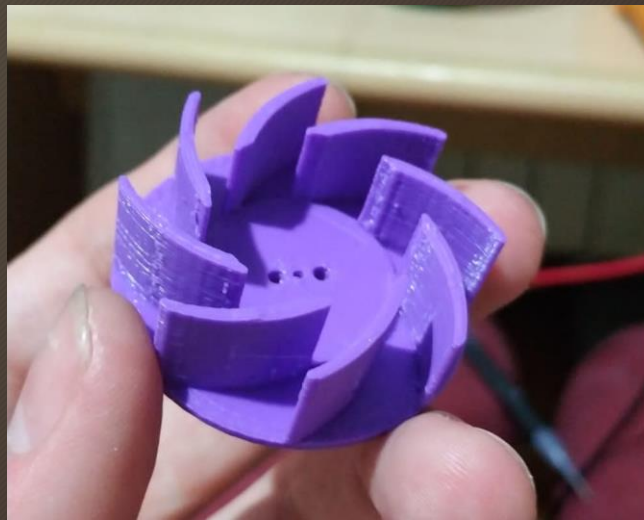
- Tipos de rueda que suelen utilizarse:
  - Goma o silicona: se ensucian rápido
  - Espuma: no agarran suficiente
- Mejores resultados:
  - Ruedas de espuma con adherente



# SISTEMAS PARA AUMENTAR LA ADHERENCIA

22

- Se utilizan para ganar velocidad en curva
- Se emplea:
  - Motor/es *brushless*
  - Turbina/hélices
  - Driver ESC

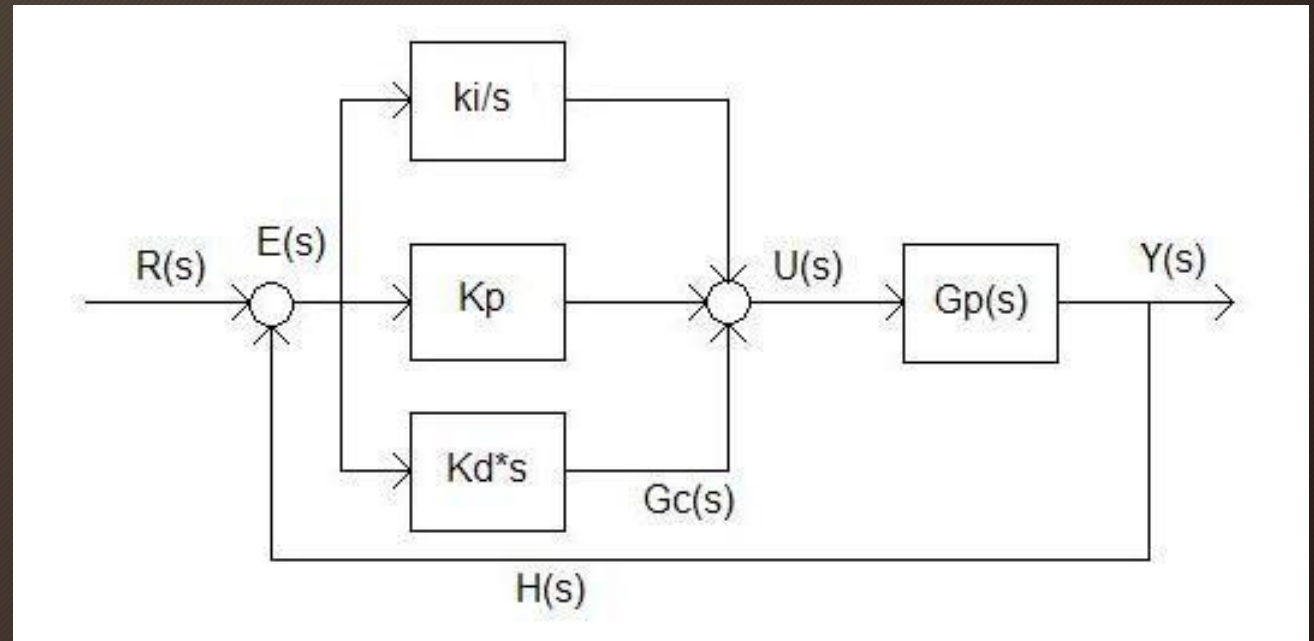




# FIRMWARE BÁSICO DE LOS ROBOTS

23

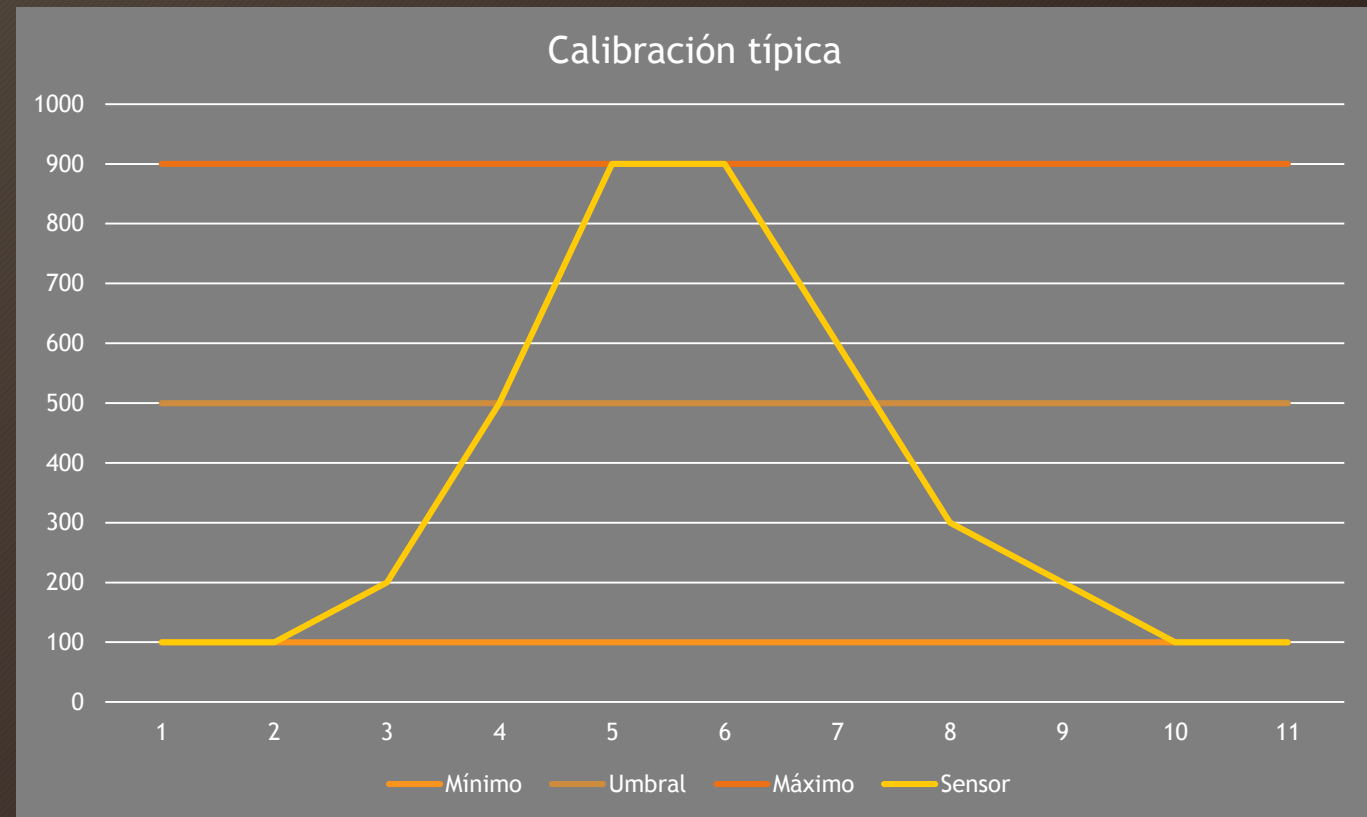
- Calibración de los sensores
- Seguimiento de línea con PID
- Calibración del PID



# CALIBRACIÓN DE LOS SENSORES

24

- Detectar las diferentes líneas
  - Lectura analógica de sensores (0-1023 para ADC de 10 bits)
  - Calibrado inicial en estático para calcular umbrales de cada sensor
  - Al correr, digitalizar según umbrales

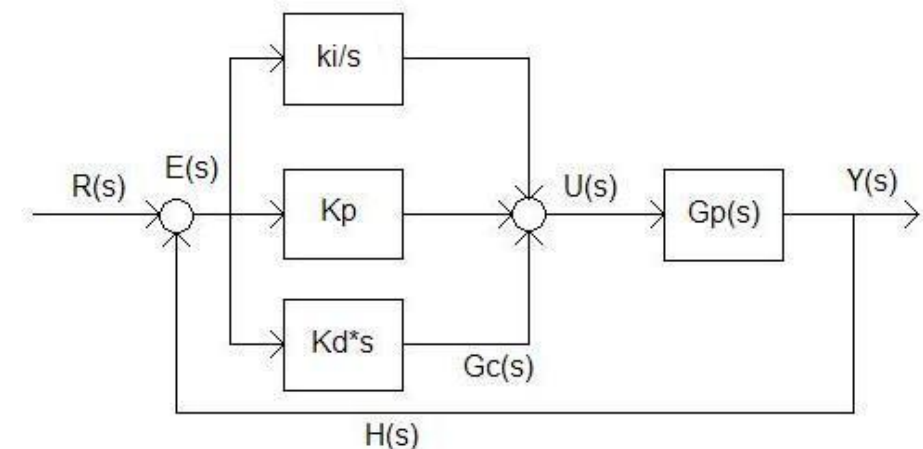
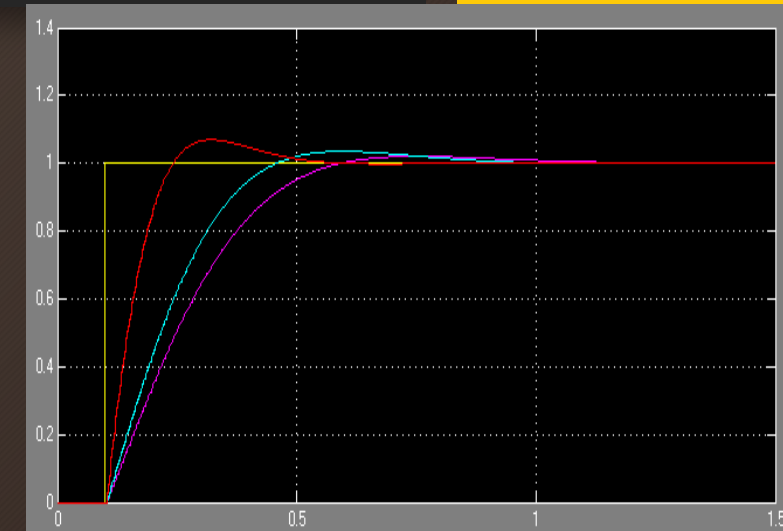




# SEGUIMIENTO DE LÍNEA CON PID

25

- Algoritmo que se emplea para contrarrestar los efectos de las perturbaciones en un sistema lineal
- Compuesto de las siguientes partes:
  - Proporcional
    - Detecta el error proporcional
    - Corrección de posición
  - Integral
    - Detecta el error acumulado
    - Oposición a las perturbaciones
  - Derivativo
    - Detecta la variación del error proporcional
    - Corrección de velocidad
- Desarrollo detallado del PID para el seguimiento de línea



# CALIBRACIÓN DEL PID

26

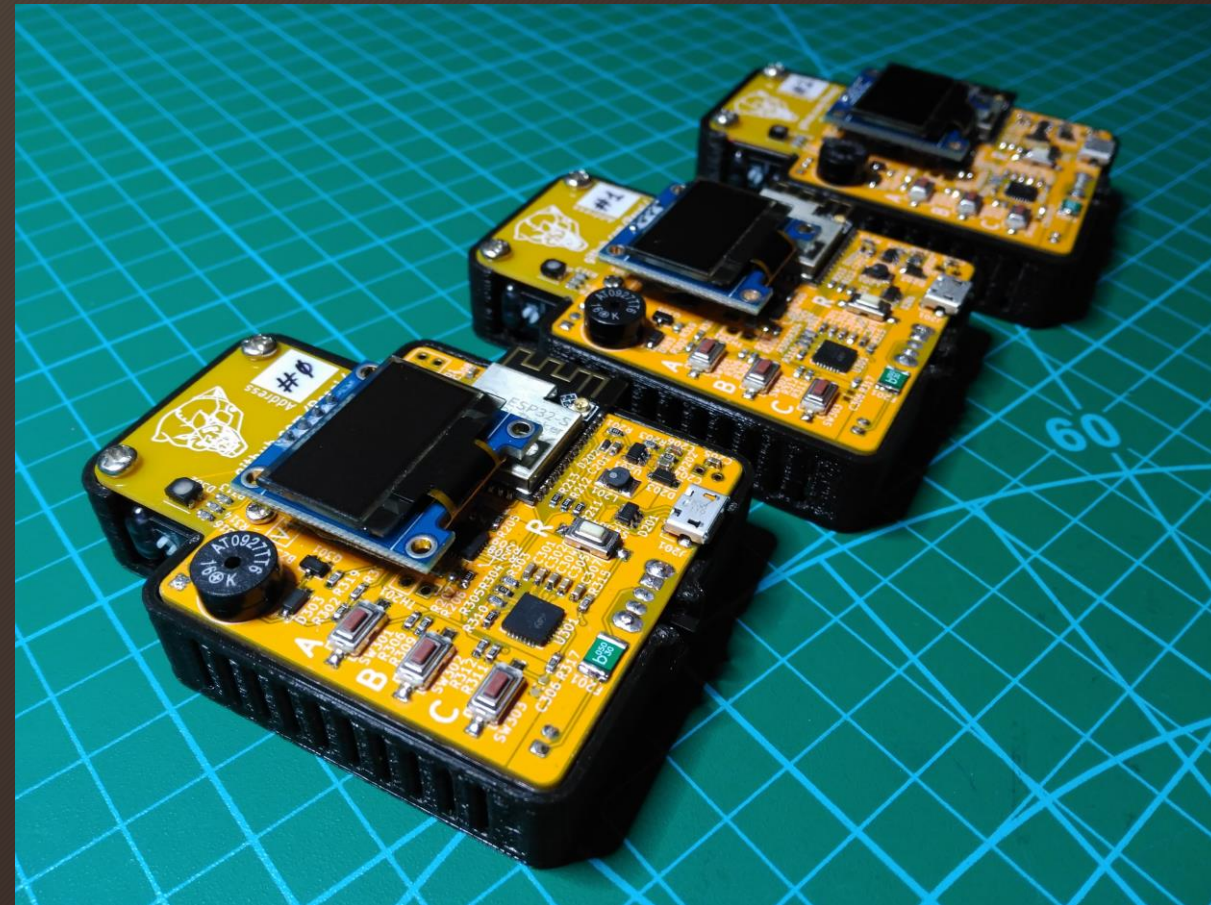
- Pasos para calibrar un PID manualmente:
  1. Poner todas las K's a cero
  2. Ir aumentando poco a poco  $K_p$
  3. Cuando el robot empiece a cabecear, bajar un poco el valor de  $K_p$  y dejarlo fijo
  4. Realizar los pasos 2 y 3 para calibrar  $K_d$
- La respuesta varía si se modifica la velocidad lineal del robot, por lo que habrá que realizar el cálculo de las K's para cada velocidad
- Posibles respuestas:
  - [Subamortiguado](#)
  - [Sobreamortiguado](#)
  - [Amortiguamiento crítico](#)



# PROYECTOS DE APOYO A REALIZACIÓN

27

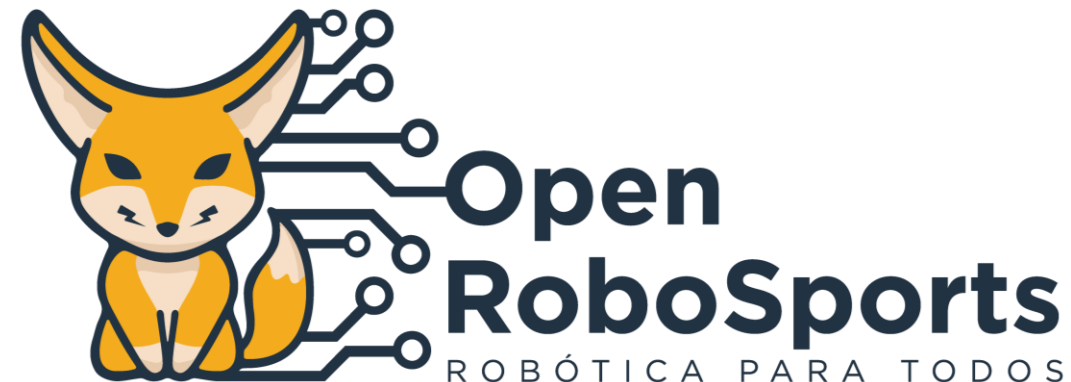
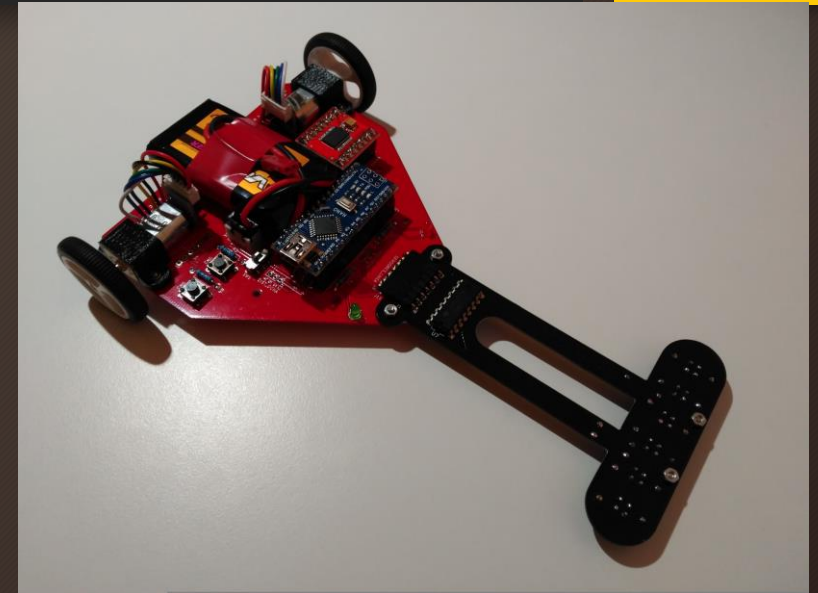
- [Generador de circuitos](#) en Octave
- [Cronómetro](#):
  - Toma de tiempos de vueltas y parciales
  - Contador de vueltas
  - Enlace entre módulos
  - Enlace vía Wifi con PC y *overlay*
- [Overlay](#) desarrollado por Bricolabs



# REFERENCIAS

28

- Normativa y algunos kits *open source*:  
[Open RoboSports](#)
- Proyectos relacionados
  - [Cyclops-Project](#)
  - [Basic circuit maker](#)
  - [time2time](#)
- Charlas relacionadas
  - [Charla Malakabot 2017 sobre control PID](#)
  - [Charla de Javier Baliñas en Granabot 2018 sobre elección de motores](#)
  - [Mis presentaciones](#) (diapositivas y enlaces a vídeos)





# REFERENCIAS

29

- GitHub
  - Rubén Espino: [Resaj](#)
- Facebook
  - [@pumaprideteam](#)



- Twitter
  - Rubén Espino: [@RugidoDePuma](#)
  - Javier Baliñas: [@supernudo](#)
  - Javier Isabel: [@JavierIH](#)
  - Alejandra Guardo: [@AlejandraSaku](#)

GRACIAS POR VUESTRA ATENCIÓN 😊

