

UN REPASO GENERAL A LA COMPETICIÓN DE VELOCISTAS

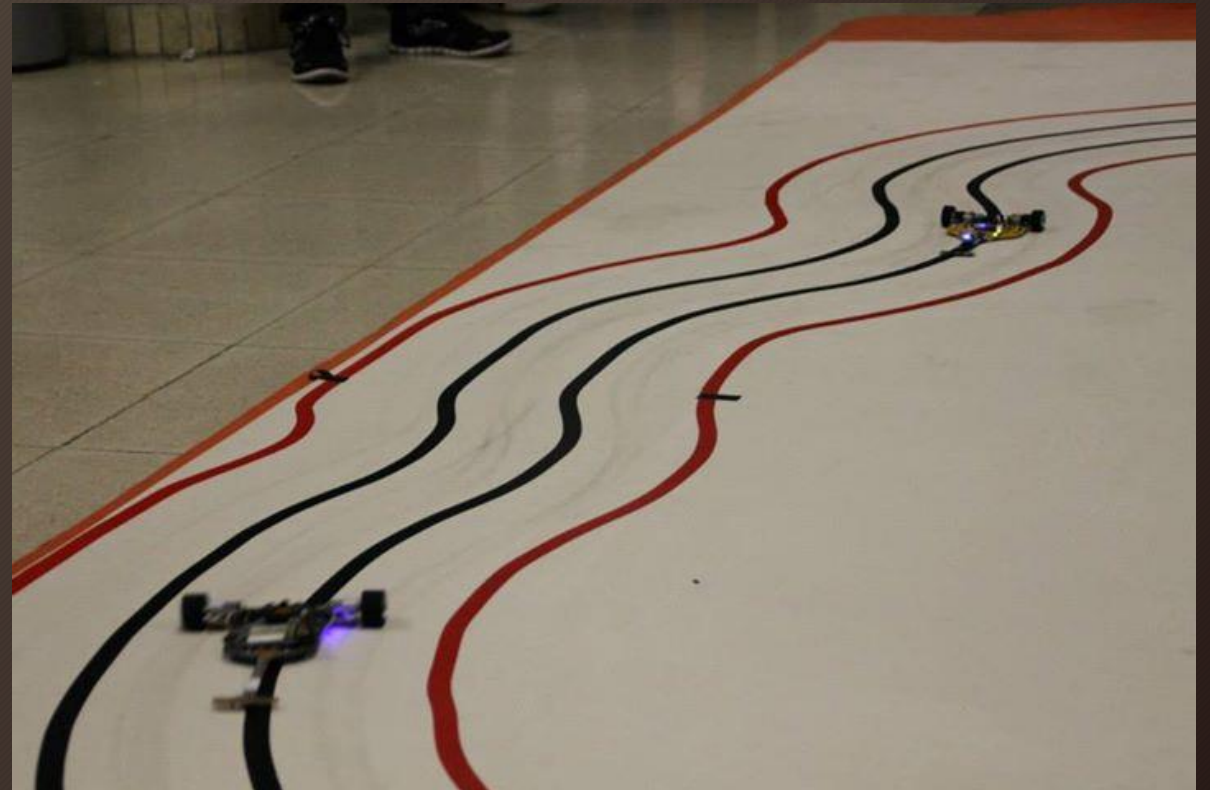
Rubén Espino San José

PUMA



PRIDE

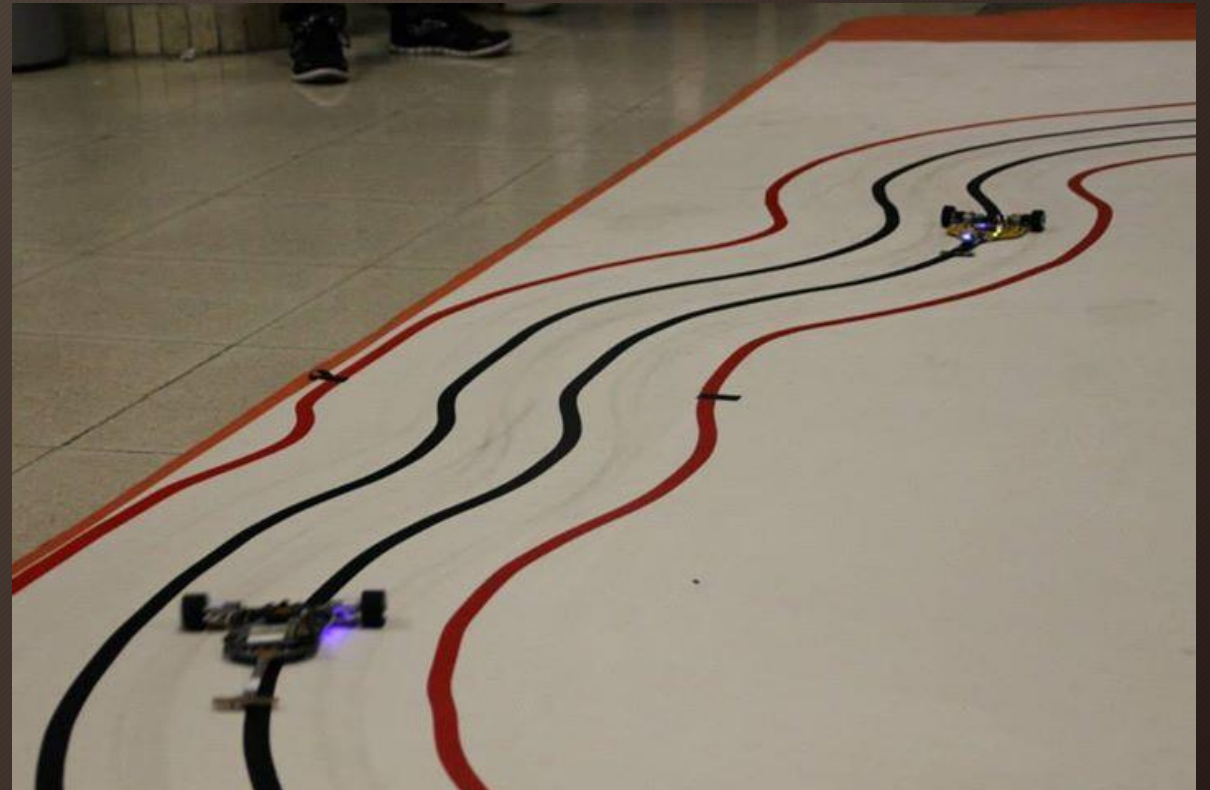
- La competición
- Tecnologías
- Referencias



LA COMPETICIÓN

3

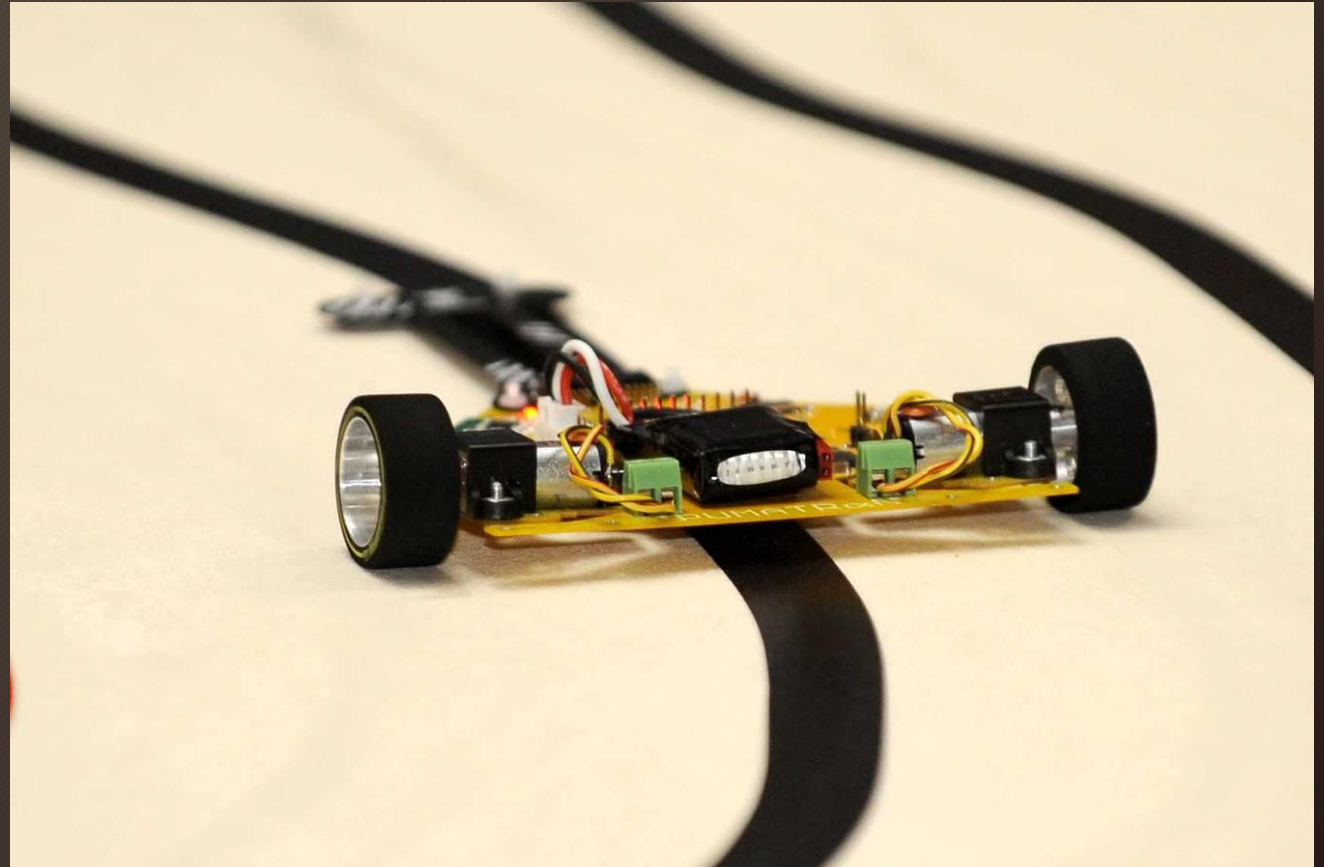
- Objetivo de la competición
- El circuito
- Los robots



OBJETIVO DE LA COMPETICIÓN

4

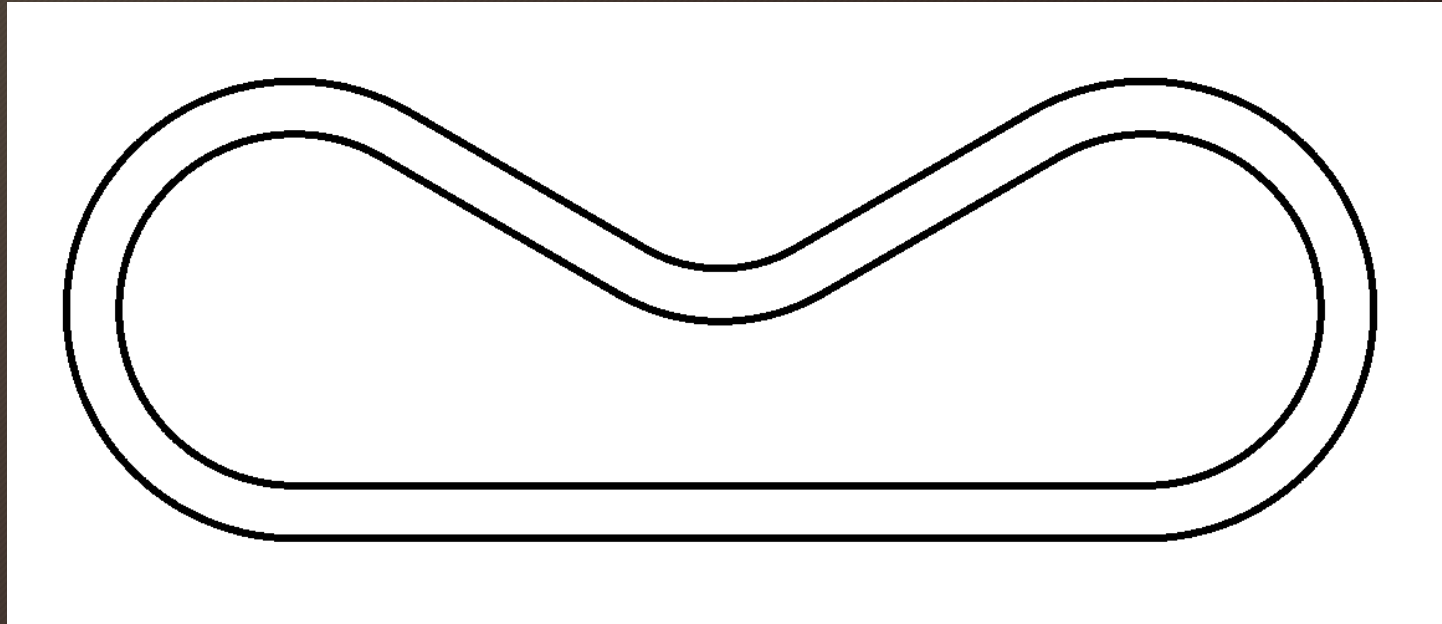
- Objetivo: ser el robot más rápido recorriendo el circuito
- Dos robots compiten en modo persecución hasta que uno alcanza al otro
- Clasificación previa a X vueltas para determinar cruces eliminatorios



EL CIRCUITO

5

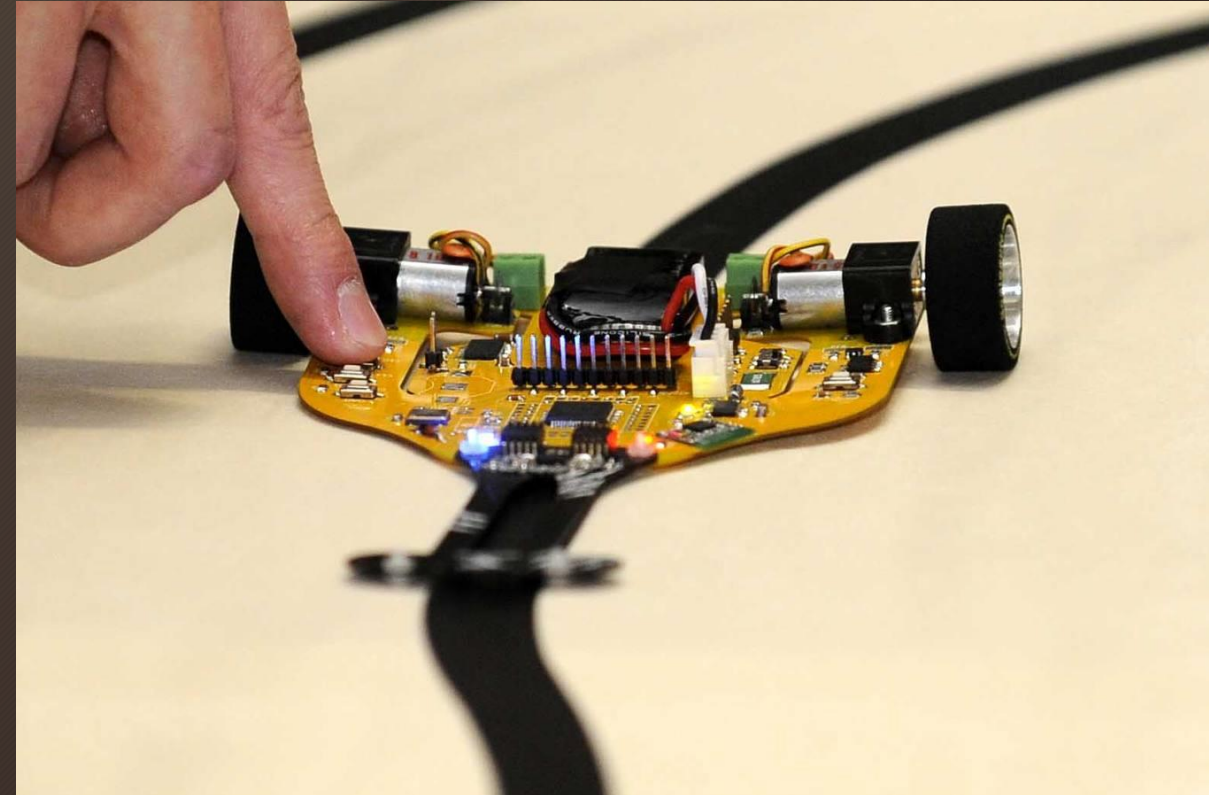
- Lona de PVC simple con el circuito impreso
- Circuito cerrado de 2 líneas negras sobre fondo blanco, separadas unos 20 cm
- Curvas amplias (mínimo 40 cm de radio) y rectas largas
- Posibilidad de cambiar de carril durante la competición



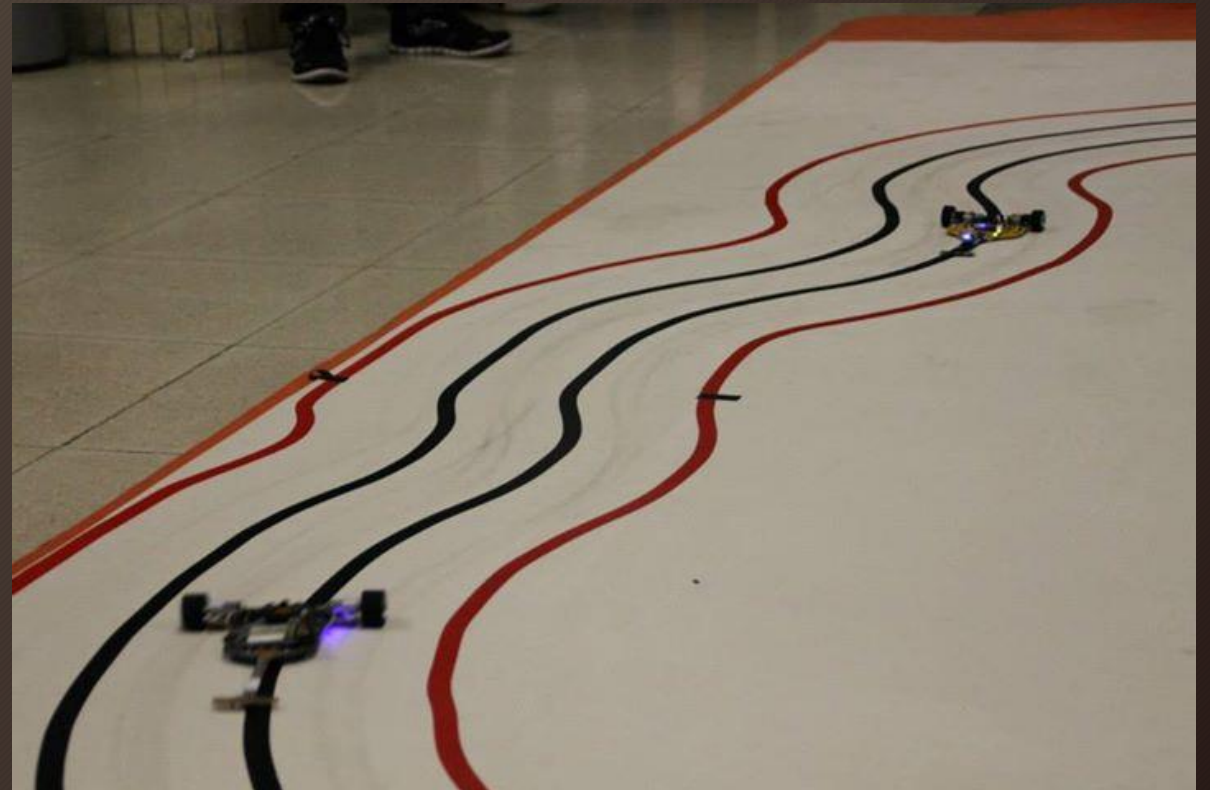
LOS ROBOTS

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

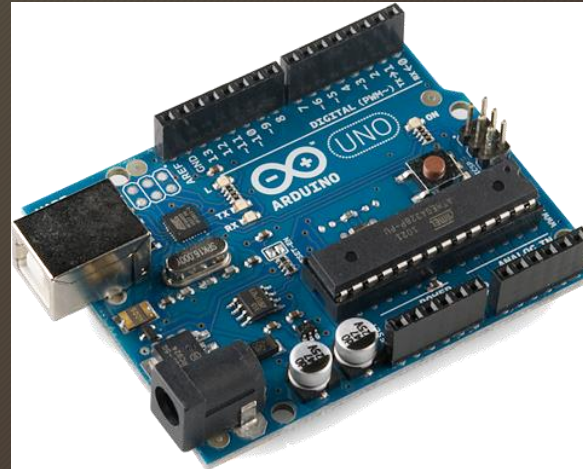
- Microcontrolador
- Motores
- Drivers de motores
- Sensores de línea
- Encoders
- Comunicación inalámbrica
- Baterías



MICROCONTROLLER

9

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



MOTORES

10

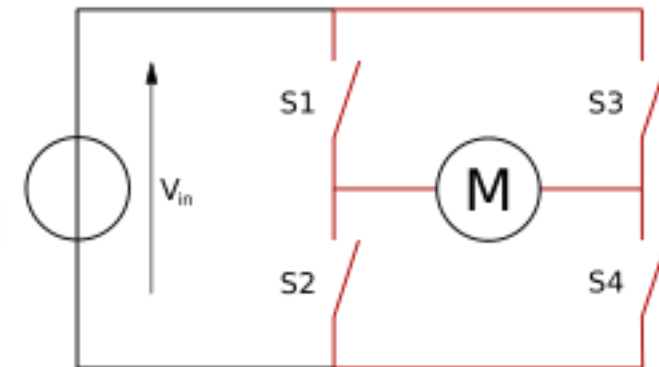
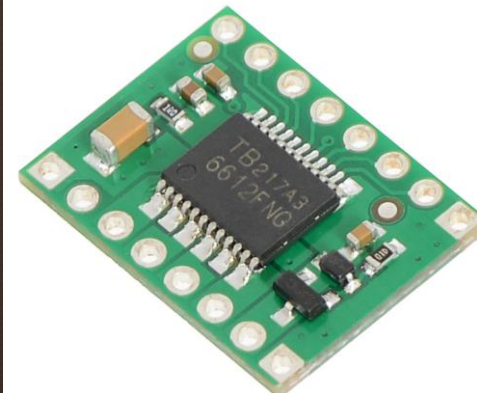
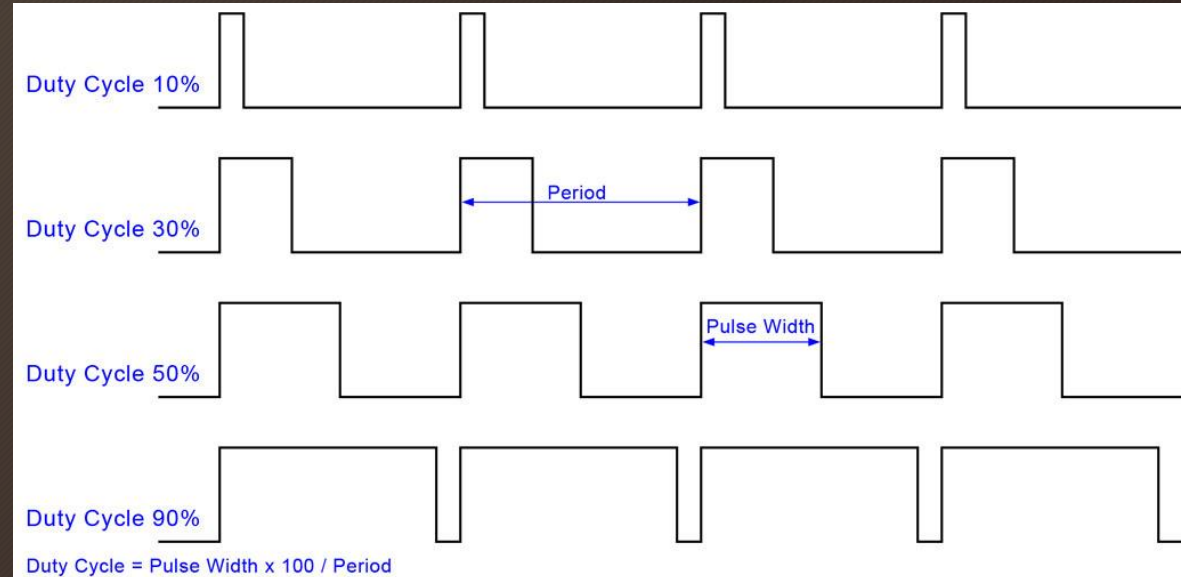
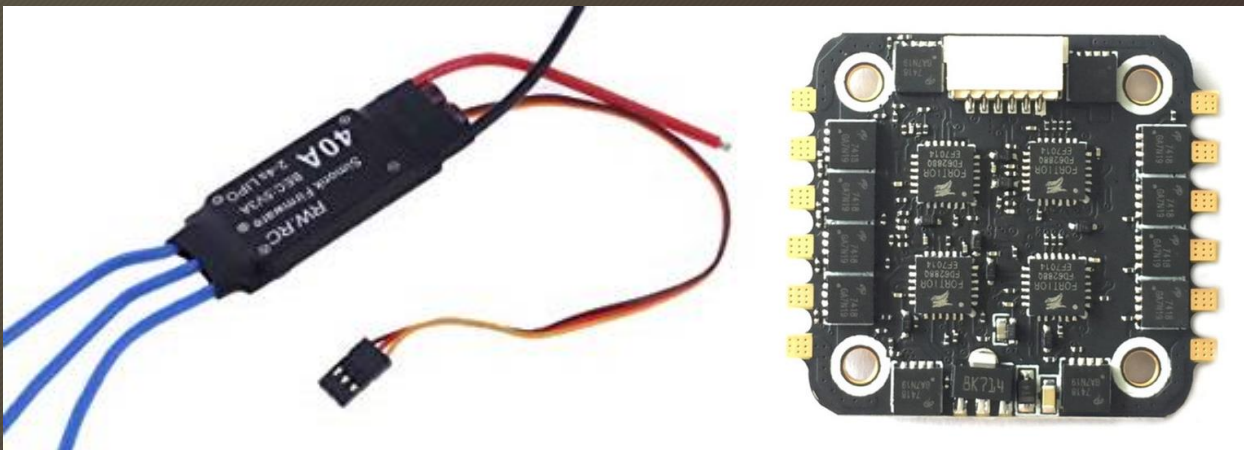
- Tracción diferencial: cada motor es independiente y mueve una rueda
- Tipos:
 - Motores CC
 - Fácil funcionamiento
 - Problemas de escobillas
 - Consumo razonable
 - Motores *brushless*
 - Funcionamiento complejo
 - Sin escobillas y con mayor eficiencia
 - Consumo alto



DRIVERS DE MOTORES

11

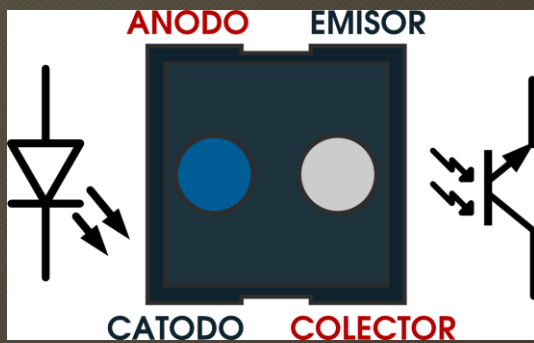
- Para motores CC
 - Control con PWM
 - Aconsejable tecnología con MOSFET
 - Ejemplo: TB6612FNG
- Para motores *brushless*: ESC
 - Control con protocolos DSHOT y similares



SENSORES DE LÍNEA

12

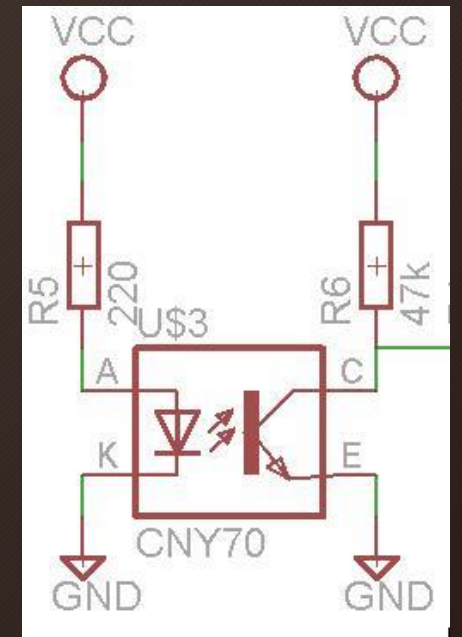
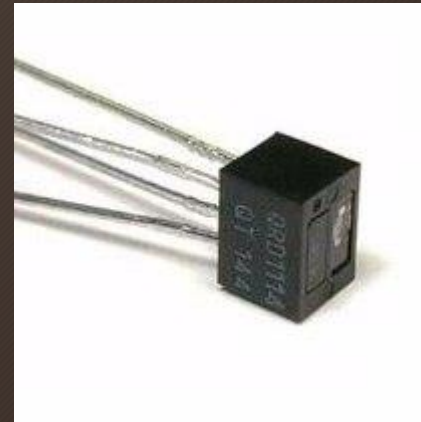
- CNY70



- QRE1113



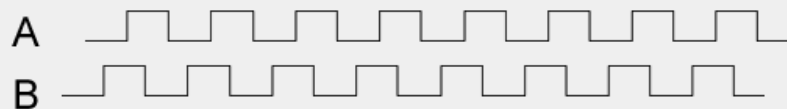
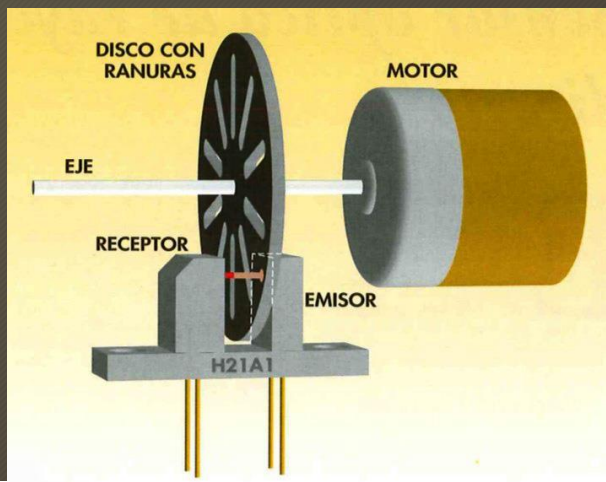
- QRE1114



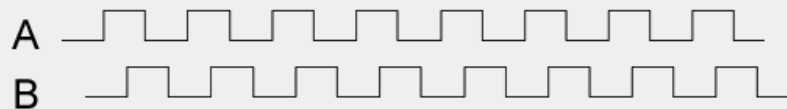
ENCODERS

13

- Ópticos

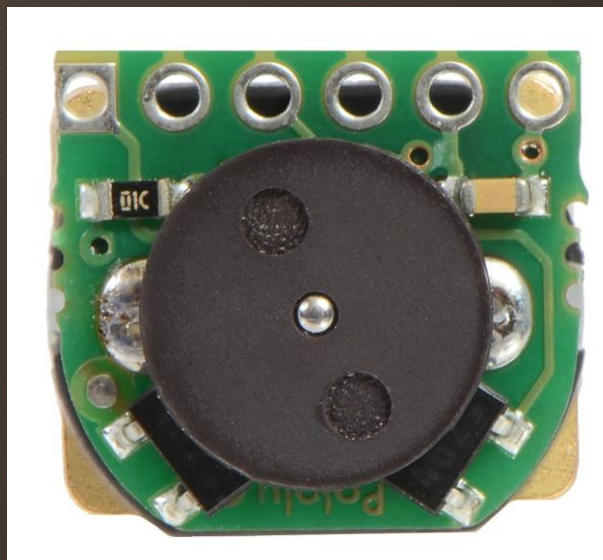


B leads A



A leads B

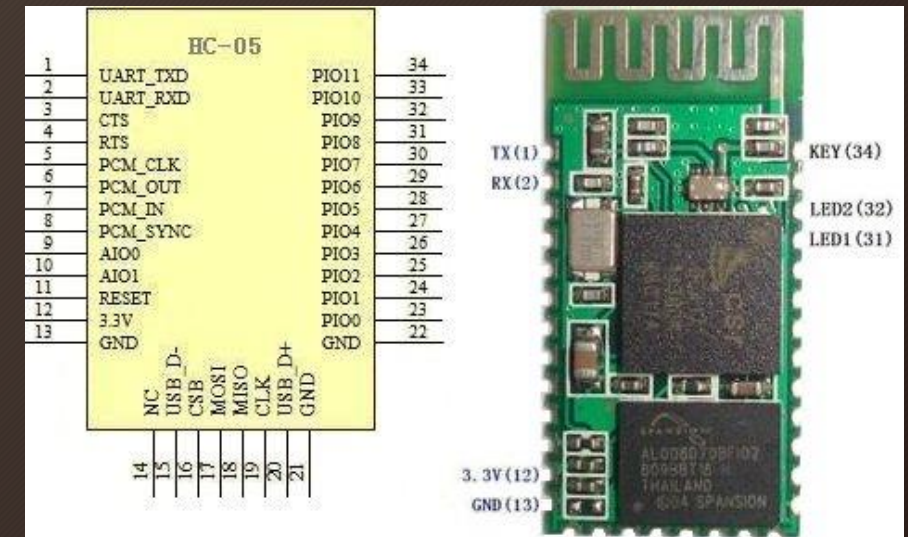
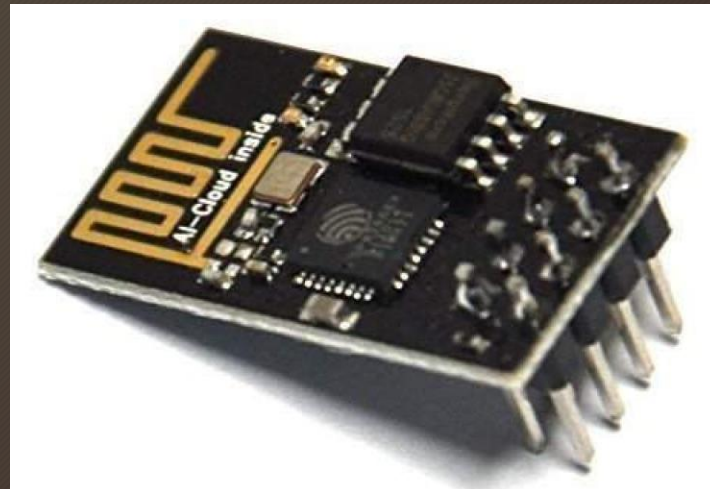
- De efecto Hall



COMUNICACIÓN INALÁMBRICA

14

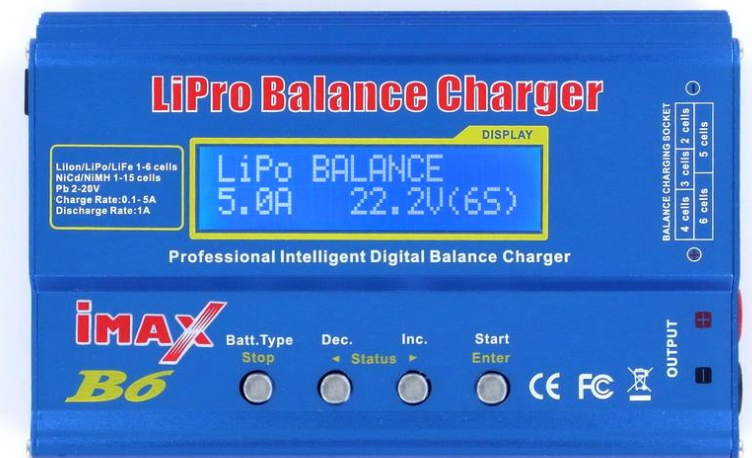
- Muy útil e imprescindible para testear parámetros en tiempo real con el robot en movimiento
- Ejemplos:
 - Bluetooth HC-05
 - Módulo Wifi ESP8266



BATERÍAS DE LITIO-POLÍMERO

15

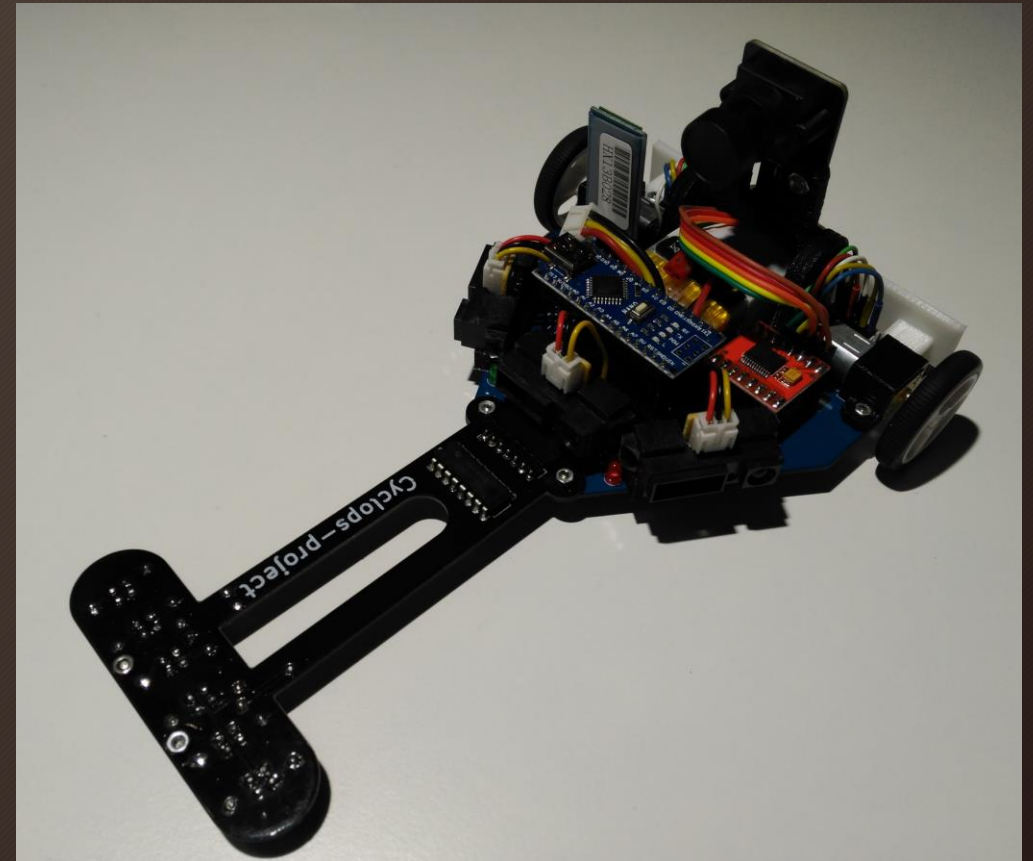
- Alta capacidad de descarga
- Son peligrosas. No cortocircuitar ni golpear
- Celdas de 3,7V (llegan a 4,2V), no deben bajar de 3V
- Carga balanceada
- Cálculos de descarga y duración:
 - $2200 \text{ mAh} * 25 \text{ C} = 55 \text{ A}$ (en continua)
 - $2200 \text{ mAh} * 50 \text{ C} = 110 \text{ A}$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

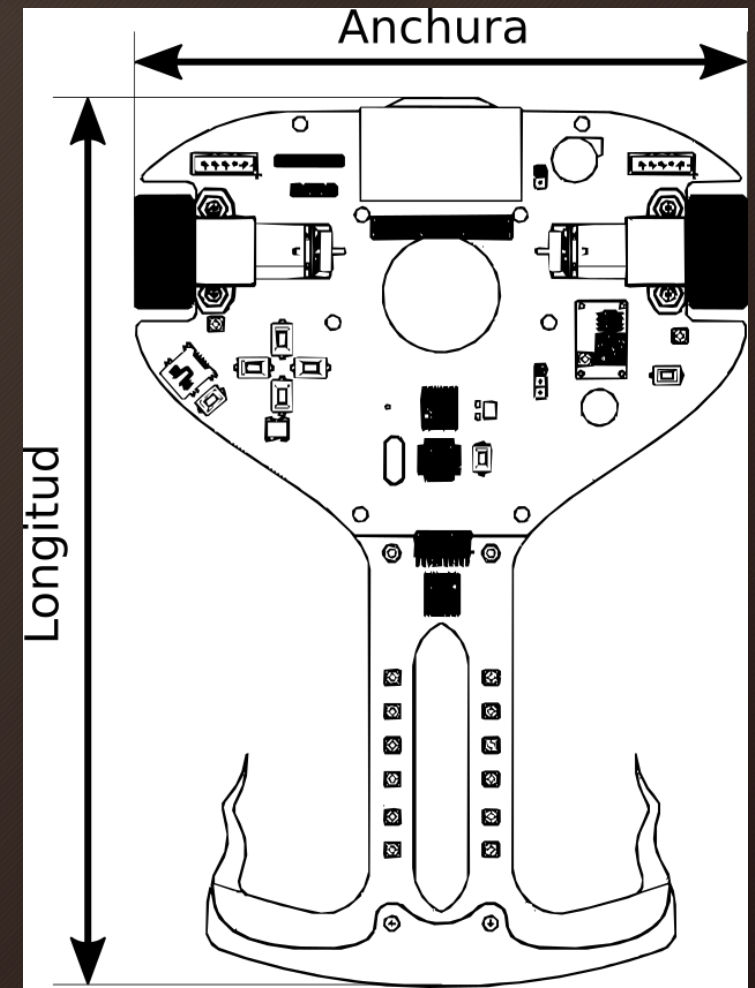
- Dimensiones
- Peso y centro de masas
- Relación motriz
- Separación de sensores de línea
- Ruedas y adherencia
- Sistemas para aumentar la adherencia



DIMENSIONES DEL ROBOT

17

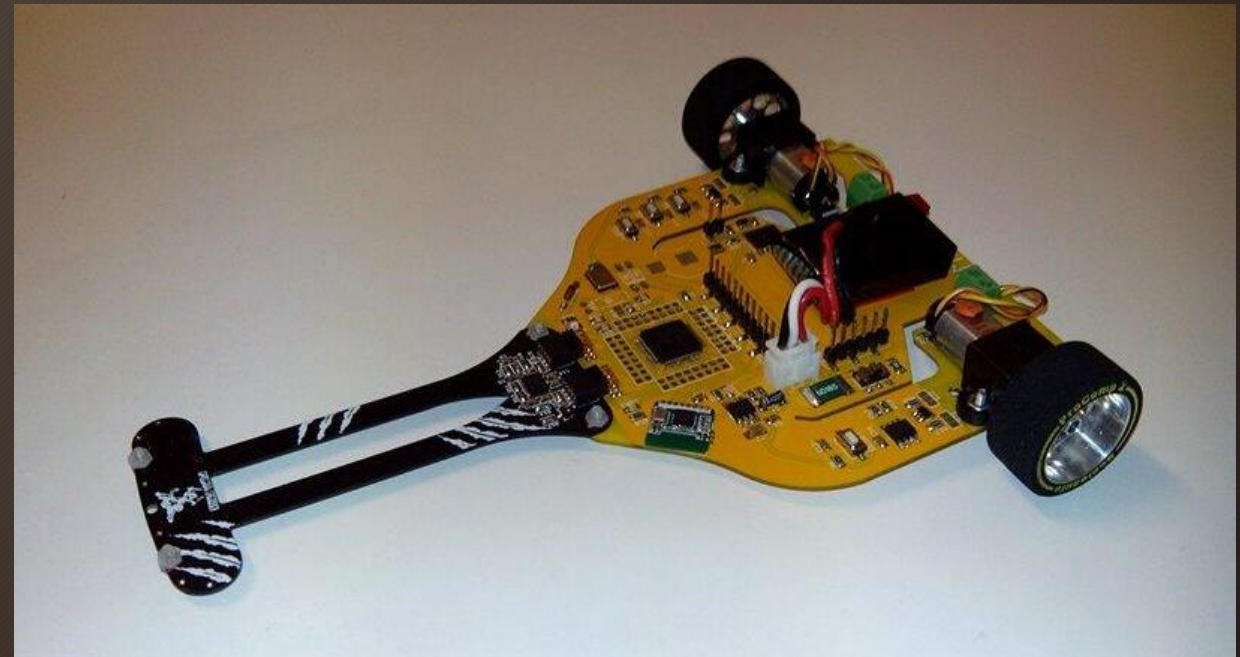
- Distancia entre ruedas
 - Relación de compromiso entre velocidad de respuesta y agarre en curva
- Distancia entre el eje motriz y los sensores de línea
 - Relación de compromiso entre capacidad de respuesta y anticipación a las curvas



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

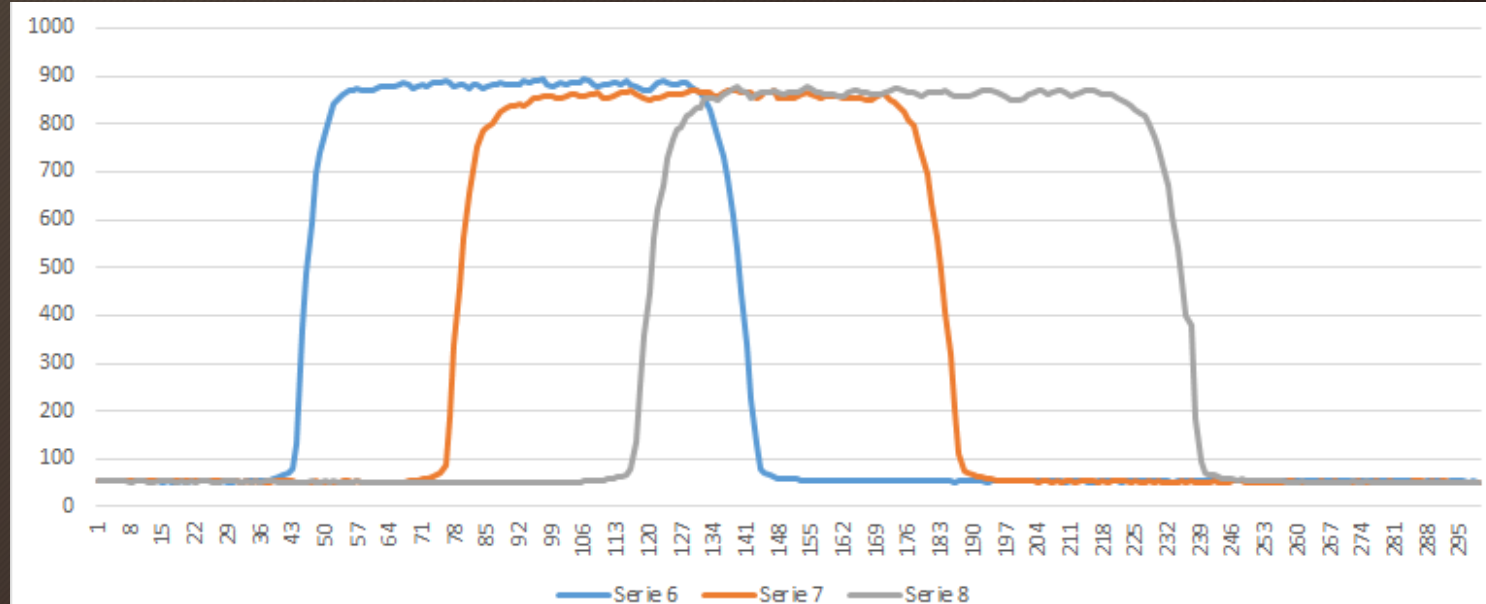
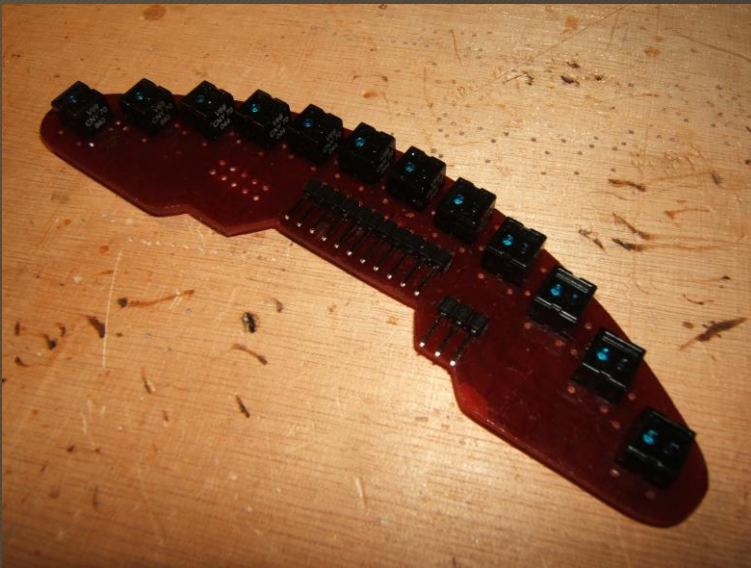
- Reductora de motores y diámetro de las ruedas
 - Mayor diámetro de rueda o menor reductora -> Menos fuerza y más velocidad
 - Menor diámetro de rueda o mayor reductora -> Más fuerza y menos velocidad
- [Charla de Javier Baliñas en Granabot 2018 sobre elección de motores](#)

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

SEPARACIÓN DE SENSORES DE LÍNEA

20

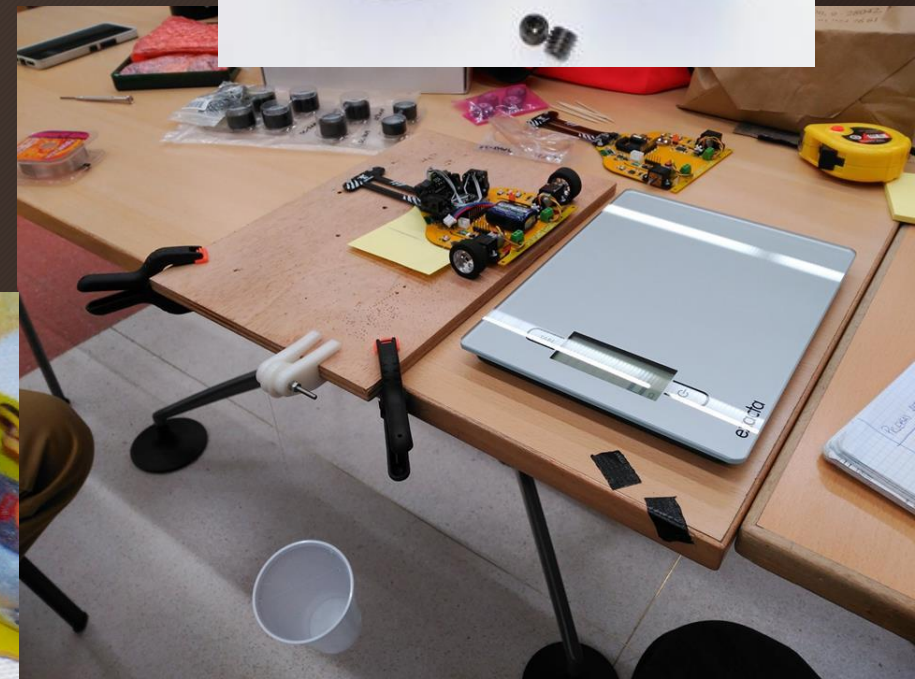
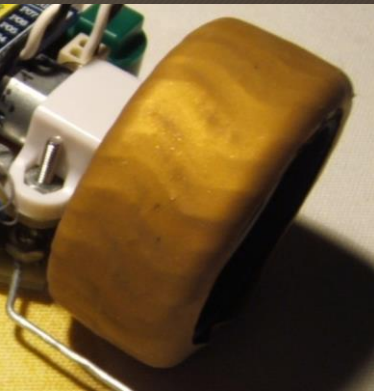
- La incertidumbre en el cálculo de posición es función de:
 - La función de transferencia del sensor
 - La separación entre sensores
 - La altura de los sensores
 - La amplitud del haz del led



RUEDAS Y ADHERENCIA

21

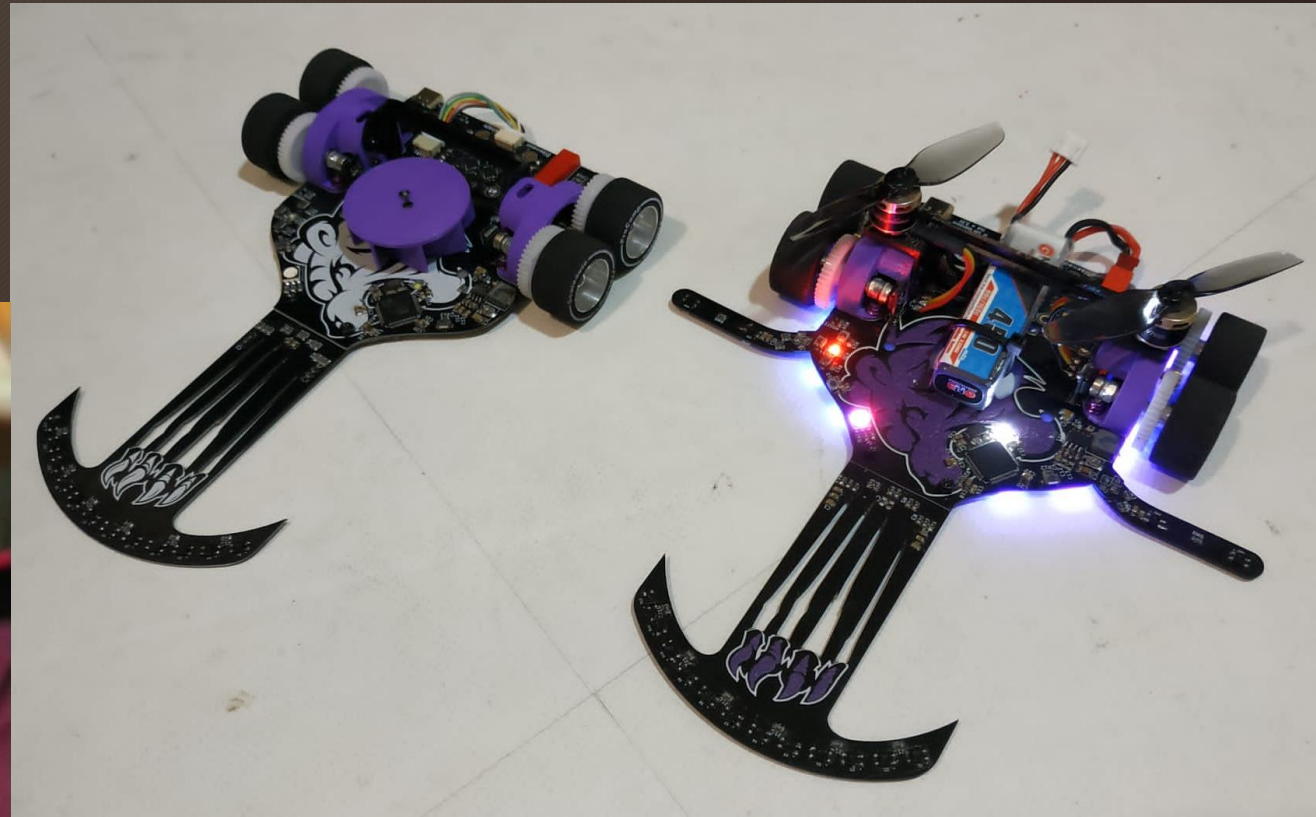
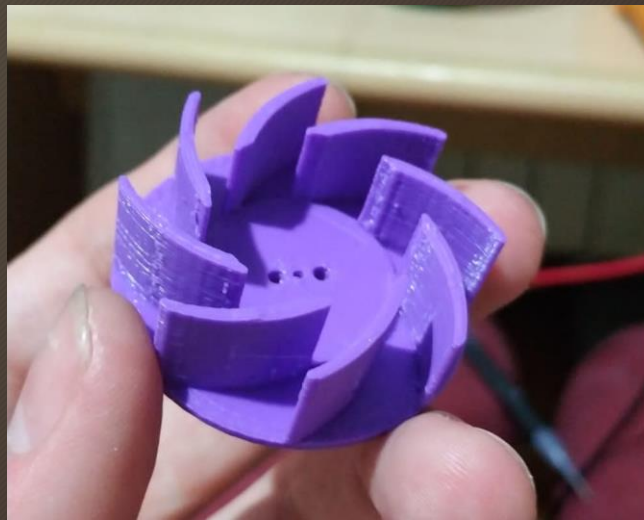
- Tipos de rueda que suelen utilizarse:
 - Goma o silicona: se ensucian rápido
 - Espuma: no agarran suficiente
- Mejores resultados:
 - Ruedas de espuma con adherente



SISTEMAS PARA AUMENTAR LA ADHERENCIA

22

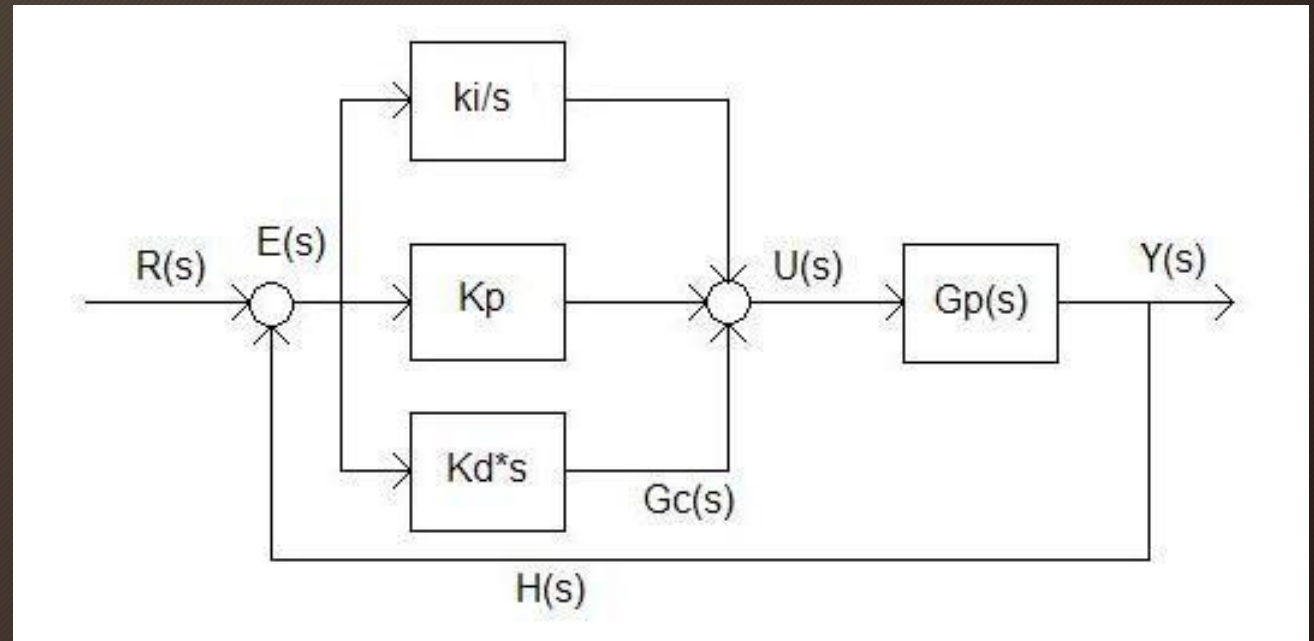
- Se utilizan para ganar velocidad en curva
- Se emplea:
 - Motor/es *brushless*
 - Turbina/hélices
 - Driver ESC



FIRMWARE BÁSICO DE LOS ROBOTS

23

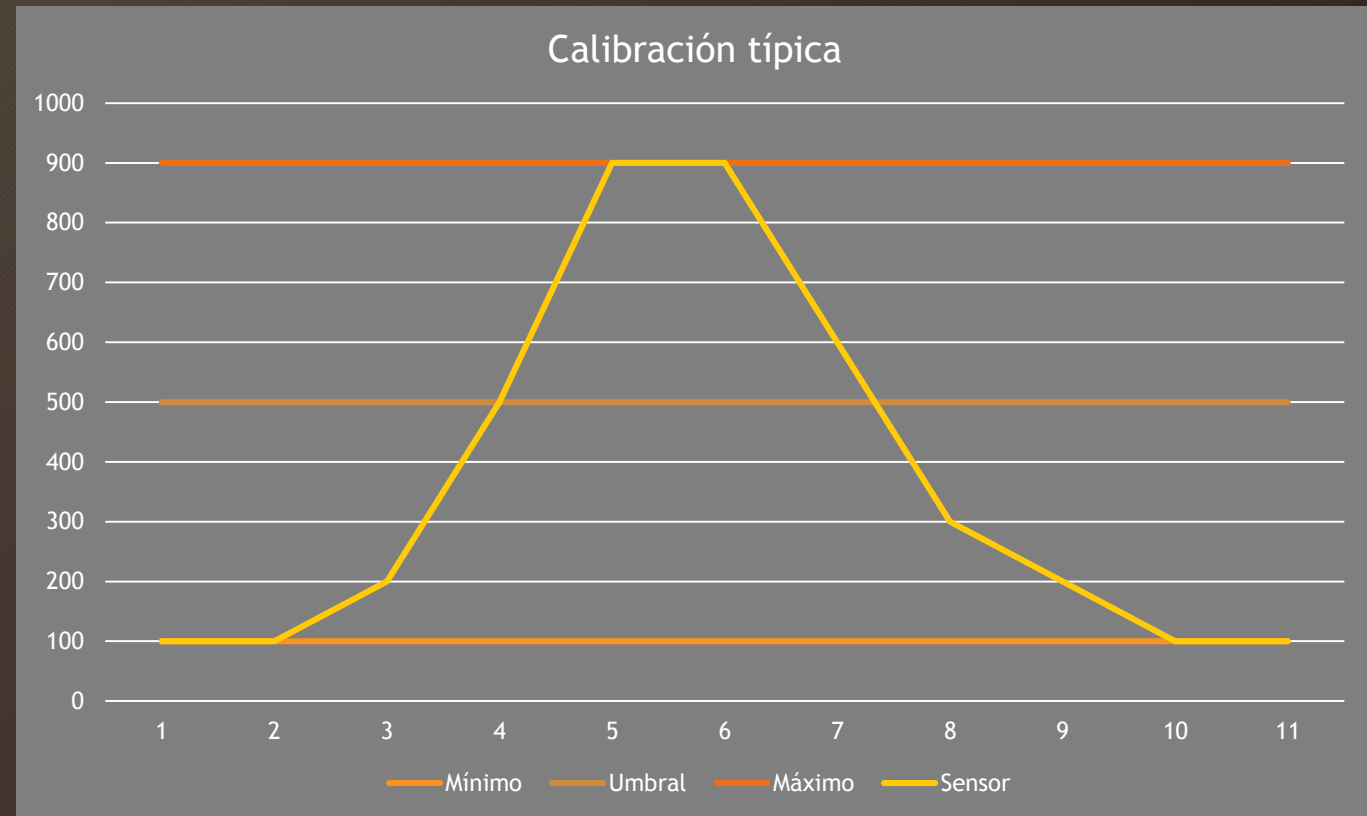
- Calibración de los sensores
- Seguimiento de línea con PID
- Calibración del PID



CALIBRACIÓN DE LOS SENSORES

24

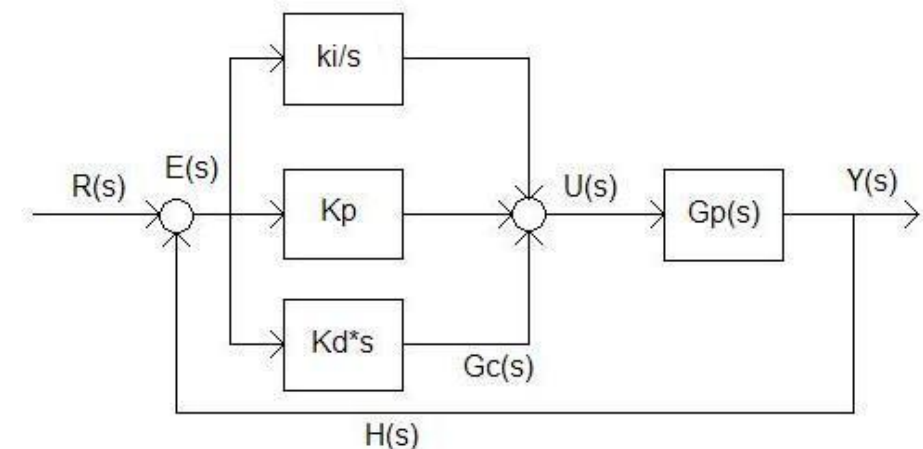
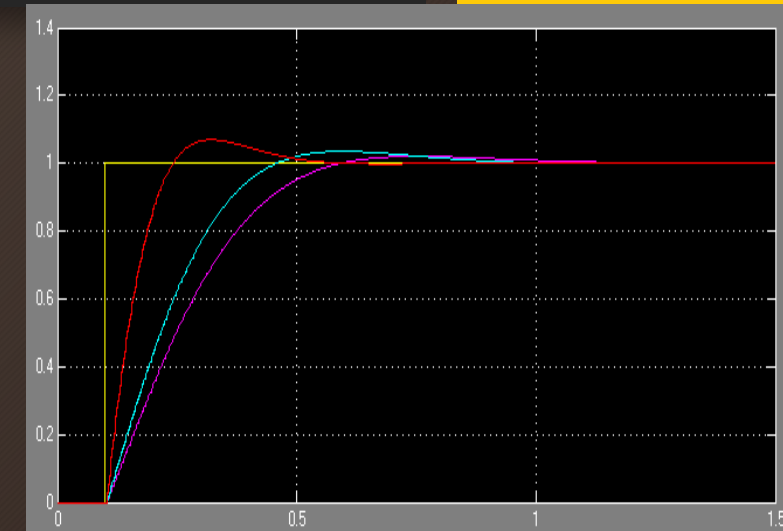
- Detectar las diferentes líneas
 - Lectura analógica de sensores (0-1023 para ADC de 10 bits)
 - Calibrado inicial en estático para calcular umbrales de cada sensor
 - Al correr, digitalizar según umbrales



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

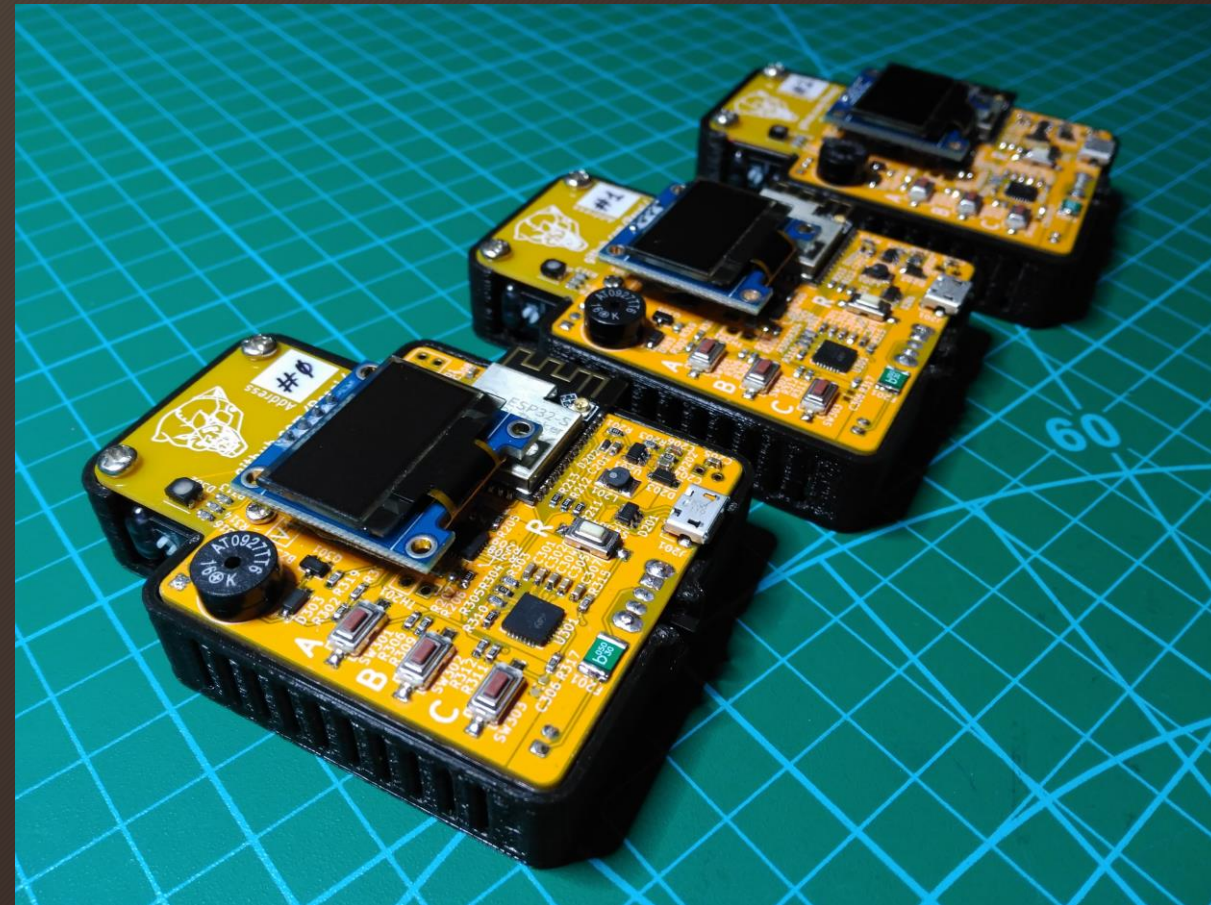
26

- 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

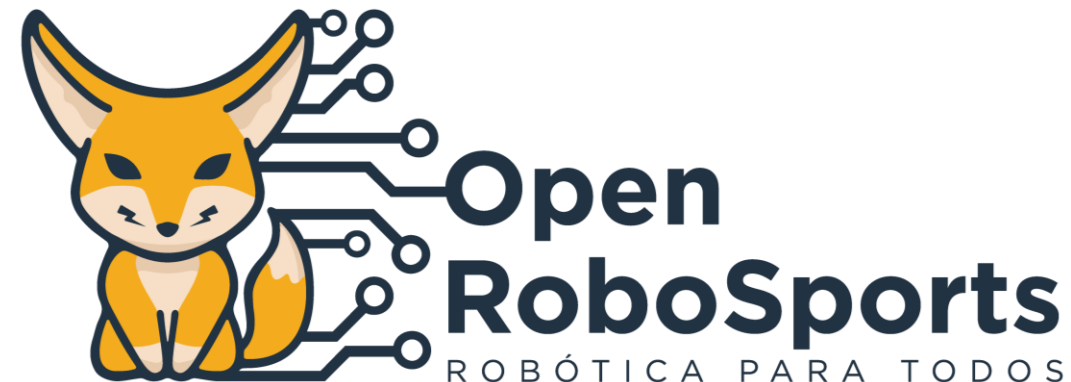
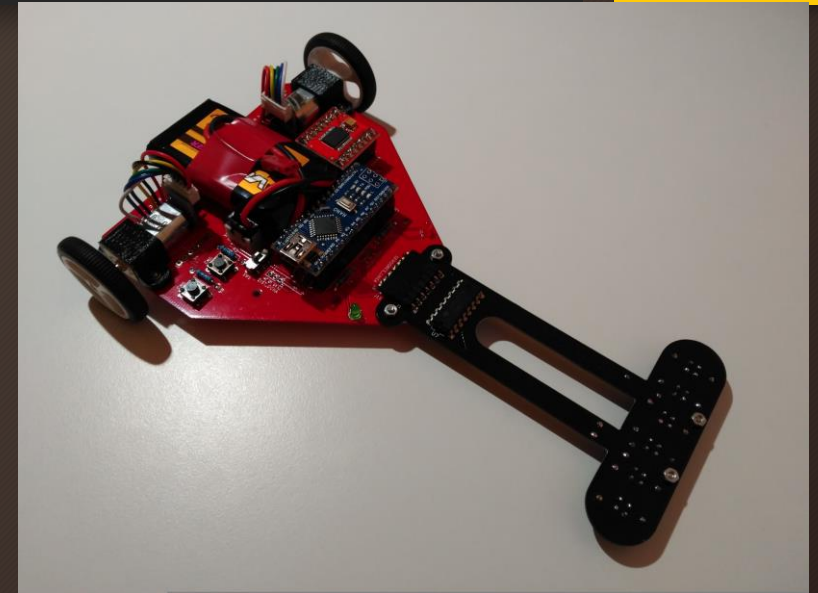
- [Generador de circuitos](#) en Octave
- [Cronómetro](#):
 - Toma de tiempos de vueltas y parciales
 - Contador de vueltas
 - Enlace entre módulos
 - Enlace vía Wifi con PC y *overlay*
- [Overlay](#) desarrollado por Bricolabs



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 😊

