



**ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA
INDUSTRIAL DE BILBAO**



GRADO EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA INDUSTRIAL Y AUTOMÁTICA

TRABAJO FIN DE GRADO

2016 / 2017

*INGENIERIA INVERSA DEL MANDO DE PS2 CABLEADO PARA
EL CONTROL DE UN ROBOT SEGUIDOR DE LINEA CON
DETECCION DE OBSTACULOS POR RF*

1. MEMORIA

DATOS DE LA ALUMNA O DEL ALUMNO

NOMBRE: ENDIKA

APELLIDOS: PÉREZ RÁMIREZ

FDO.:

FECHA: 18/01/2017

DATOS DEL DIRECTOR O DE LA DIRECTORA

NOMBRE: OSKAR

APELLIDOS: CASQUERO OYARZABAL

DEPARTAMENTO: INGENIERÍA DE SISTEMAS Y
AUTOMÁTICA

FDO.:

FECHA: 18/01/2017

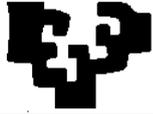


ÍNDICE

| | |
|---|----|
| 1. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| 2. Objetivos..... | 4 |
| 3. Descripción..... | 5 |
| 4. Alternativas..... | 7 |
| 4.1. Placa microcontrolador..... | 7 |
| 4.1.1. Arduino..... | 7 |
| 4.1.2. Rasberry PI..... | 11 |
| 4.1.3. Intel Edison..... | 13 |
| 4.2. Comunicación inalámbrica..... | 14 |
| 4.2.1. RF433 Mhz..... | 14 |
| 4.2.2. XBee..... | 15 |
| 4.2.3. Bluetooth..... | 16 |
| 4.2.4. WiFi..... | 16 |
| 4.3. Chasis del coche..... | 18 |
| 4.3.1. Construcción propia..... | 18 |
| 4.3.2. PrintBot Renacuajo..... | 18 |
| 4.4. Mando..... | 20 |
| 4.4.1. Teclado + Joystick..... | 20 |
| 4.4.2. Nintendo 64..... | 20 |
| 4.5. Alimentación del coche..... | 22 |
| 4.5.1. Batería Niquel-Metal..... | 22 |
| 4.5.2. Batería Alcalina..... | 23 |
| 4.5.3. RED..... | 23 |
| 4.5.4. BATERÍA DE LIPO..... | 24 |
| 4.6. Alimentación del mando..... | 25 |
| 4.6.1. Batería Niquel-Metal..... | 25 |
| 4.6.2. Batería alcalina..... | 26 |
| 4.6.3. Red..... | 26 |
| 4.6.4. Batería LiPo..... | 27 |
| 4.7. Motores de las ruedas..... | 27 |
| 4.7.1. Motores DC..... | 27 |
| 4.7.2. Servomotores de rotación continua..... | 28 |



| | |
|---|----|
| 4.8. Detector de proximidad..... | 29 |
| 4.8.1. Infrarrojos..... | 29 |
| 4.8.2. Capacitivos..... | 30 |
| 4.8.3. Inductivos..... | 30 |
| 4.8.4. Ultrasónicos..... | 30 |
| 4.9. Detector de línea negra..... | 32 |
| 4.9.1. Sensor Infrarrojo..... | 32 |
| 4.9.2. Sensor de color..... | 32 |
| 4.10. Motor para giro del detector de proximidad..... | 33 |
| 4.10.1. Motor DC..... | 33 |
| 4.10.2. Servo 9g..... | 34 |
| 5. Criterios de selección..... | 35 |
| 5.1. Tamaño..... | 35 |
| 5.2. Precio..... | 35 |
| 5.3. Relación oferta-necesidad..... | 35 |
| 5.4. Movilidad..... | 36 |
| 5.5. Consumo..... | 36 |
| 5.6. Potencia de cálculo..... | 36 |
| 5.7. Tensión nominal..... | 36 |
| 5.8. Capacidd de recarga..... | 37 |
| 5.9. Funcionalidad multipropósito..... | 37 |
| 5.10. Facilidad de uso y aprendizaje. Tiempo invertido necesario..... | 37 |
| 5.11. Distancia de comunicación..... | 37 |
| 5.12. Conocimiento previo..... | 38 |
| 5.13. Información disponible..... | 38 |
| 5.14. Capacidad de comunicación distribuida..... | 38 |
| 5.15. Manejabilidad..... | 38 |
| 6. Tablas de selección..... | 39 |
| 7. Descripción de la solución..... | 42 |
| 7.1. Diagrama de bloques..... | 44 |



ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Coche teledirigido..... | 1 |
| Figura 2. Diagrama de bloques..... | 6 |
| Figura 3. Freaduino UNO..... | 8 |
| Figura 4. Arduino Mega ADK..... | 9 |
| Figura 5. Arduino Pro Mini..... | 10 |
| Figura 6. Arduino Nano..... | 10 |
| Figura 7. Raspberry Pi A+..... | 11 |
| Figura 8. Raspberry Pi B+..... | 12 |
| Figura 9. Raspberry Pi 2B..... | 13 |
| Figura 10. Intel Edidon..... | 13 |
| Figura 11. Emisor RF433..... | 14 |
| Figura 12. Receptor RF433..... | 15 |
| Figura 13. XBee..... | 15 |
| Figura 14. Bluetooth HC-06..... | 16 |
| Figura 15. Wifi Serial ESP8266..... | 17 |
| Figura 16. PrintBot renacuajo despiece..... | 18 |
| Figura 17. Coche oruga..... | 19 |
| Figura 18. Teclado + Joystick..... | 20 |
| Figura 19. Mando Nintendo 64..... | 20 |
| Figura 20. Mando PS2..... | 21 |
| Figura 21. Batería Niquel-Metal..... | 22 |
| Figura 22. Batería alcalina..... | 23 |
| Figura 23. Cable red..... | 23 |
| Figura 24. Batería LiPo 11.1V..... | 24 |
| Figura 25. Batería Niquel-Metal..... | 25 |
| Figura 26. Batería alcalina..... | 26 |
| Figura 27. Cable red..... | 26 |
| Figura 28. Batería LiPo 3.7V..... | 27 |
| Figura 29. Motor DC..... | 28 |
| Figura 30. Servomotor de rotación continua..... | 28 |
| Figura 31. Sensor de proximidad infrarrojo..... | 29 |
| Figura 32. Sensor HC SR04..... | 31 |



| | |
|--------------------------------------|----|
| Figura 33. Octopus Hunt Sensor..... | 32 |
| Figura 34. Sensor de color CS8. | 33 |
| Figura 35. Motor DC. | 34 |
| Figura 36. Servo 9g. | 34 |



ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Abreviaturas. | 38 |
| Tabla 2. Placa HW coche. | 39 |
| Tabla 3. Placa HW mando. | 39 |
| Tabla 4. Comunicación inalámbrica. | 39 |
| Tabla 5. Chasis coche. | 40 |
| Tabla 6. Mando. | 40 |
| Tabla 7. Alimentación coche. | 40 |
| Tabla 8. –Alimentación mando. | 40 |
| Tabla 9. Motores ruedas. | 41 |
| Tabla 10. Detector de proximidad. | 41 |
| Tabla 11. Detector de línea negra. | 41 |
| Tabla 12. Motor giro detector de proximidad. | 41 |



1. INTRODUCCIÓN

Un coche teledirigido es un automóvil a escala que puede conducirse mediante un aparato de radio, que mediante la técnica de radiocontrol permite el gobierno de un objeto a distancia y de manera inalámbrica mediante una emisora de control remoto. Este tipo de vehículo se ha hecho cada vez más popular con el avance de la tecnología. Su utilización varía en función de las necesidades: desde juguetes, automóviles radiocontrolados preparados para competición, hasta un uso profesional como operaciones de salvamento, policiales...

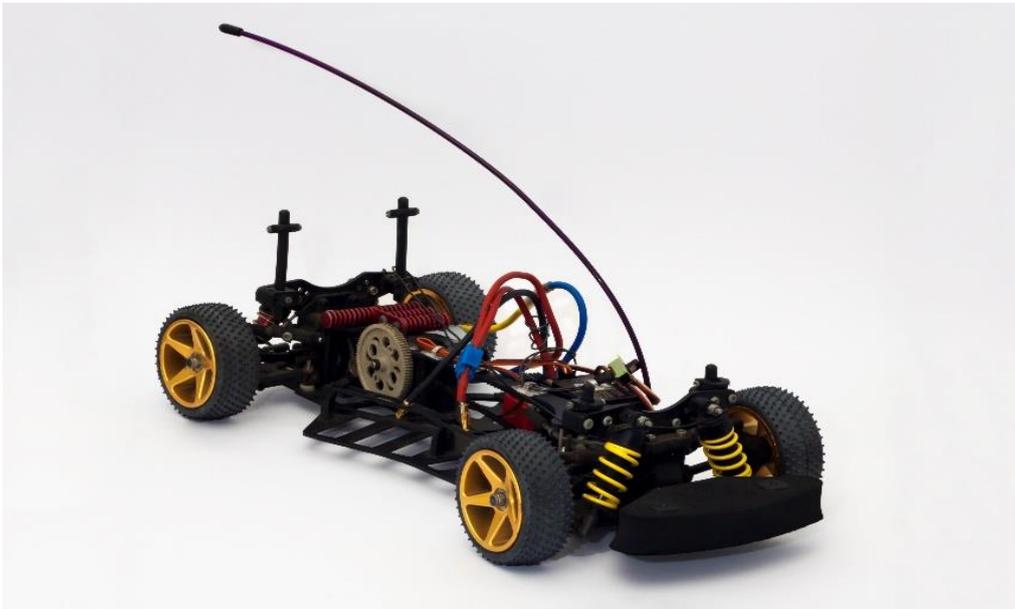


Figura 1. Coche teledirigido.

Extraída de: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/7c/RC_Race_Car_SST2000.jpg

Los automóviles teledirigidos se pueden dividir principalmente según si utilizan un motor eléctrico o un motor de combustión interna para impulsarse. A su vez, ambas clasificaciones se pueden subdividir según la potencia del motor. Además otros factores a tener en cuenta para determinar sus características son: la escala, referida al tamaño con respecto a uno real, la tracción, según si es ejercida en 2 o 4 ruedas. Y la categoría, referida al terreno en el que será utilizado.



Un coche radio-controlado está compuesto por diferentes elementos:

- El mando a distancia o emisora radiocontrol que utiliza la persona para comandar el vehículo.
- El receptor encargado de recibir la señal del emisor y comunicarse con el motor o motores.
- El motor, principalmente puede ser eléctrico o de combustión interna.
- Los engranajes se comunican con las ruedas y transmiten la tracción del motor hacia las ruedas.
- La batería, común a coches eléctricos y a combustible, es necesaria para la alimentación de los componentes eléctricos del automóvil.
- El combustible se encuentra solamente presente en coches a combustión y es necesario para hacer mover el motor.
- El chasis es el esqueleto del coche.
- Las ruedas o cadenas según su funcionalidad.
- Placa microcontroladora, dedicada a interconectar todos los elementos y controlarlos, cumpliendo la función de cerebro.

Con el desarrollo de nuevos microcontroladores basados en hardware abierto aparecen nuevas posibilidades a la hora de llevar a cabo con más facilidad un coche radio controlado, como por ejemplo el control de chips de radiofrecuencia, acelerómetros, giroscopios, el control de motores, la implementación de funcionalidades complejas, así como la reutilización de dispositivos que fueron desarrollados para otros propósitos.



A la hora de desarrollar un coche teledirigido como Trabajo Fin de Grado (TFG) se ponen en práctica los conocimientos adquiridos durante la carrera y se adquieren nuevas competencias, ya que hay aspectos nuevos o más específicos que no se han desarrollado o estudiado durante el grado.



2. OBJETIVOS

El objetivo principal de este TFG es el diseño y desarrollo de un coche de control remoto.

Para lograr este objetivo se establecerán unos objetivos secundarios encargados de dar forma, funcionamiento e integración al objetivo principal:

- Con el fin de trabajar competencias relacionadas con la ingeniería inversa, se deberá reutilizar el mando cableado de una consola de videojuegos.
 - Para poder llevar a cabo el control de forma remota, sin mediación de cables por radiofrecuencia.
 - Para que dicho control remoto puede implementarse en una placa de hardware abierto.
- Además, el coche deberá, siempre y cuando se le ordene, ser capaz de tener un funcionamiento autónomo, es decir, detectar los obstáculos que encuentre, detenerse en caso de proximidad con un objeto, elegir el camino adecuado para evitar el obstáculo y proceder a esquivarlo para poder continuar con su marcha.
- También, siempre y cuando así se le ordene, el coche deberá poder funcionar en modo seguidor de línea.

El control del coche y la integración de todos los elementos necesarios para su funcionamiento se realizará con una plataforma de hardware abierto basada en una placa microcontroladora.



3. DESCRIPCIÓN

El proyecto consistirá en un vehículo controlado mediante radiofrecuencia a través de un mando, con opciones de funcionamiento en forma autónoma evitando obstáculos y en modo seguidor de línea. Todo esto estará integrado con la placa de hardware abierto.

El vehículo, cuyas ruedas estarán controladas mediante motores (con las siguientes opciones: parado, marcha y bloqueo de una rueda mientras la otra), dispondrá de un receptor de radiofrecuencia que se encargará de recibir las órdenes del módulo emisor, logrando de esta manera una comunicación en modo remoto sin necesidad de cableado. También dispondrá de la opción de funcionamiento en forma autónoma, para ello se utilizará un detector de proximidad encargado de realizar un escaneo del espacio alrededor del vehículo y evitar obstáculos en función de su cercanía. También tendrá la opción de modo seguidor de línea que se llevará a cabo a través de sensores infrarrojos. Todo esto se encontrará integrado mediante una placa de hardware abierto basado en un microcontrolador y alimentada por una batería.

El mando, se comunicará de manera remota sin mediación de cableado con el vehículo a través un emisor de radiofrecuencia encargado de transmitir las instrucciones dadas por el usuario al mando, el cual corresponderá a una plataforma de videojuegos, con las diferentes opciones de: marchar hacia adelante, marchar hacia atrás, girar a la izquierda, girar a la derecha, parar el vehículo, elección de modo funcionamiento autónomo y elección de modo seguidor de línea. Todo esto estará integrado mediante una placa de hardware abierto basada en un microcontrolador y alimentada por una batería.

Para que todo lo anteriormente expuesto pueda funcionar, se diseñarán los códigos emisor y receptor correspondientes a las placas de hardware abierto.

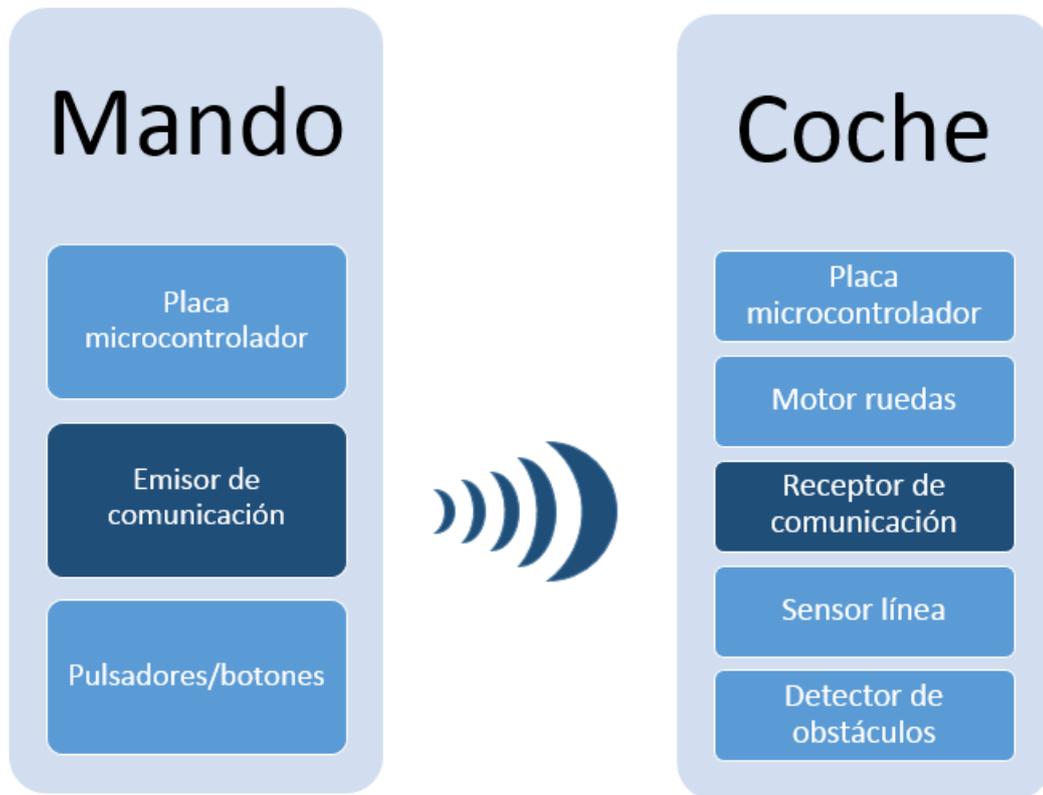


Figura 2. Diagrama de bloques.



4. ALTERNATIVAS

4.1. PLACA MICROCONTROLADOR.

4.1.1. ARDUINO

Arduino es una plataforma de hardware libre, basada en una placa con un microcontrolador y un entorno de desarrollo, diseñada para facilitar el uso de la electrónica en proyectos multidisciplinares.

El hardware consiste en una placa con un microcontrolador Atmel AVR y puertos de entrada/salida. Su sencillez y bajo coste que permiten el desarrollo de múltiples diseños. Por otro lado el software consiste en un entorno de desarrollo que implementa el lenguaje de programación Processing/Wiring y el cargador de arranque que es ejecutado en la placa. Se programa en el ordenador para que la placa controle los componentes electrónicos.

Arduino puede tomar información del entorno a través de sus entradas analógicas y digitales, puede controlar luces, motores y otros actuadores. El microcontrolador en la placa Arduino se programa mediante el lenguaje de programación Arduino (basado en Wiring) y el entorno de desarrollo Arduino (basado en Processing). Los proyectos hechos con Arduino pueden ejecutarse sin necesidad de conectar a un ordenador.

También cuenta con su propio software que se puede descargar de su página oficial que ya incluye los drivers de todas las tarjetas disponibles lo que hace más fácil la carga de códigos desde el computador.

Existen diferentes placas de Arduino: para el coche el tamaño no es una gran traba:

- Frearduino UNO: Al igual que Arduino Uno es una placa electrónica basada en el microcontrolador ATmega328. Cuenta con 14 entradas/salidas digitales, de las cuales 6 se pueden utilizar como salidas PWM (Modulación por ancho de pulsos) y otras 6 son entradas analógicas. Además, incluye un resonador cerámico de 16



MHz, un conector USB, un conector de alimentación, una cabecera ICSP y un botón de reseteo. La placa incluye todo lo necesario para que el microcontrolador haga su trabajo, basta conectarla a un ordenador con un cable USB o a la corriente eléctrica a través de un transformador.

Freaduino Uno es compatible 100% con el IDE de Arduino, y los Shields diseñados para el mismo. Una de las ventajas de esta placa es la inclusión de los headers para conexiones externas, que incluyen +Vcc y Gnd. Estos headers están claramente señalados al pin que corresponden, y brindan una gran ayuda el momento de conectar servomotores o sensores. Otra función adicional, que podrá resultar útil, es la inclusión de un selector de voltaje de trabajo. Todas las tarjetas Arduino tienen una salida de voltaje de referencia de 3.3v, pero el microcontrolador siempre funcionará a 5Vcc internamente. El Freaduino Uno posee un selector de voltaje de operación que permite que todo el microcontrolador opere a 3.3v. Esto resulta útil para interconectar dispositivos que requieran este voltaje de funcionamiento, eliminando el requerimiento de componentes adicionales para la conexión.

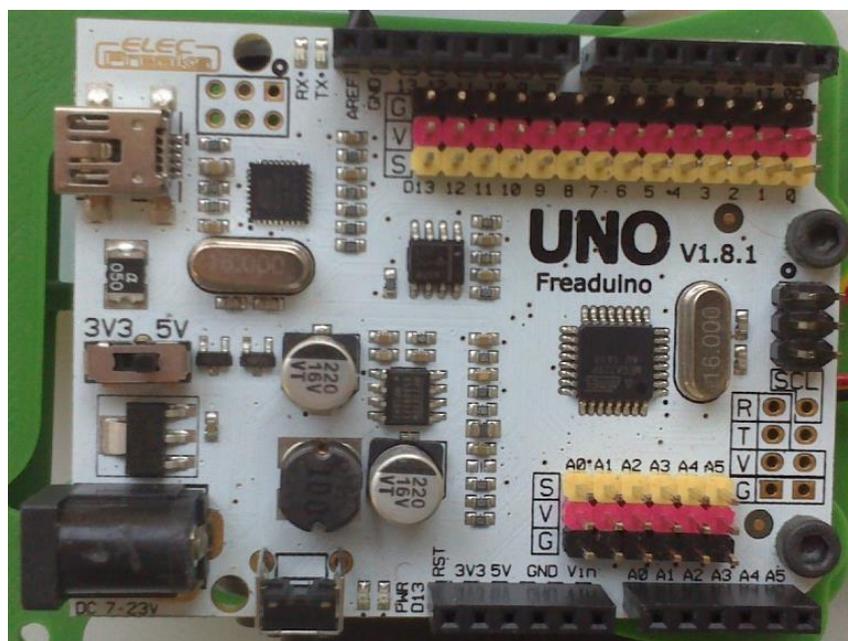


Figura 3. Freaduino UNO.



- **Arduino Mega ADK:** Arduino MEGA ADK es una placa basada en un microcontrolador ATmega2560. Dispone de un puerto USB host interface para conectarlo con dispositivos basados en Android basados en el chip MAX3421e. Dispone de 54 pines I/O (14 de los cuales con PWM), 16 entradas analógicas, 4 puertos UARTs (por hardware), un cristal de 16 MHz, un conector USB, un conector de alimentación Jack, pines para ICSP y un botón de RESET. Tiene un conversor Série/USB integrado basado en un chip Atmega8U2.



Figura 4. Arduino Mega ADK.

Extraída de: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/b/b4/Arduino_Mega_2.jpg/1280px-Arduino_Mega_2.jpg

Las placas de menor tamaño que pueden ser fácilmente empotradas en sistemas pequeños como el mando.

- **Arduino Pro Mini:** El Arduino Pro Mini es una tarjeta de desarrollo basada en el ATmega328. Cuenta con 14 pines de entradas/salidas digital (de las cuales 6 se puede usar como salidas PWM), 6 entradas analógicas, un resonado, un botón de reinicio, y agujeros para colocar conectores. Se puede conectar un conector de 6 pines para emplear un cable FTDI o una tarjeta FTDI (como el FTDI Basic Breakout) para suministrar voltaje USB y establecer comunicación con el circuito.

El Arduino Pro Mini está diseñado para ser instalado de forma semi-permanente en los dispositivos. La tarjeta viene sin conectores, lo que permite usos diferentes,



dependiendo de la aplicación que se quiera dar, o bien para soldar cables directamente.

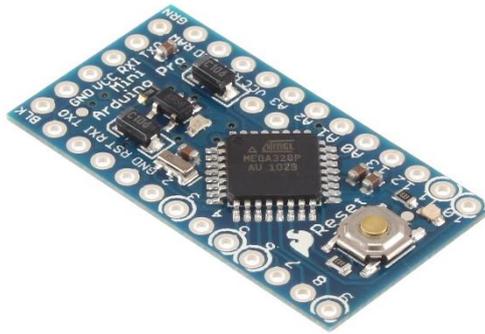


Figura 5. Arduino Pro Mini.

Extraída de: [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/01/Arduino_Pro_Mini_\(2\).jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/01/Arduino_Pro_Mini_(2).jpg)

- Arduino Nano: El Pro Micro es similar al arduino Mini Pro excepto con un ATMEGA32U4 a bordo. Este chip hace la gran diferencia ya que además puede ser utilizado como dispositivo de interfaz humana. El transceptor USB dentro del 32U4 nos permite añadir conectividad USB a bordo y acabar con voluminosos interfaz USB externo. Esta pequeña tarjeta hace todas las funciones Arduino con las que se está familiarizado con: 4 canales de 10-bit ADC, 5 pines PWM, 12 DIO, así como hardware conexiones serie Rx y Tx. Funcionando a 16 MHz y 5 V. Este pequeño microcontrolador puede ir en cualquier lugar. Hay un regulador de tensión a bordo para que pueda aceptar una tensión de hasta 12V.

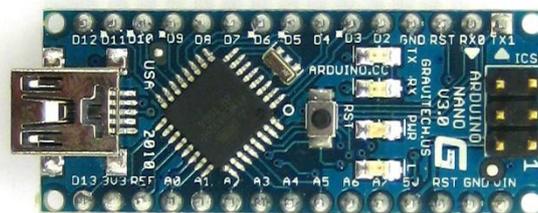


Figura 6. Arduino Nano.

Extraída de: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/8d/Arduino_Nano.jpg



4.1.2. RASBERRY PI

Raspberry Pi es un ordenador de placa reducida o (placa única) (SBC) de bajo coste. El diseño incluye un System-on-a-chip Broadcom BCM2835, que contiene un procesador central (CPU) ARM1176JZF-S a 700 MHz (el firmware incluye unos modos “Turbo” para que el usuario pueda hacerle overclock de hasta 1 GHz sin perder la garantía), un procesador gráfico (GPU) VideoCore IV, y 512 MB de memoria RAM (aunque originalmente al ser lanzado eran 256 MB). El diseño no incluye un disco duro ni unidad de estado sólido, ya que usa una tarjeta SD para el almacenamiento permanente; tampoco incluye fuente de alimentación ni carcasa.

- A+: La placa Raspberry Pi A+ permite tener un mini PC con todo integrado: un procesador Broadcom BCM2835 SoC Full HD, una GPU Co-procesador multimedia Dual Core VideoCore IV, una memoria RAM de 256 MB SDRAM y 700 MHz, su almacenamiento es a través de tarjetas microSD, dispone de un puerto USB y salida HDMI, tiene 40 pines GPIO, y su consumo de energía es de 600 mA.

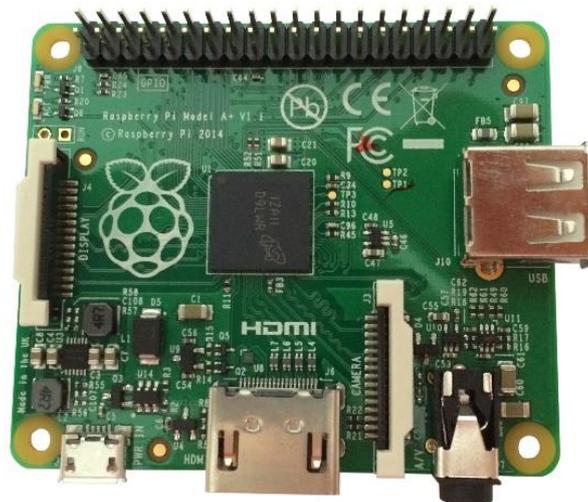


Figura 7. Raspberry Pi A+.

Extraída de: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/30/Raspberry_Pi_A%2B.jpg



- B+: La placa Raspberry Pi B+ dispone de un procesador Broadcom BCM2835 (CPU, GPU y SDRAM), una CPU ARM1176JZF-S a 700 MHz, una GPU Broadcom VideoCore IV, su memoria RAM es de 512 MB (compartidos con la GPU), tiene 4 conexiones USB 2.0, una salida de audio mini jack 3.5 mm, una salida audio/vídeo HDMI, un micro USB, tiene conectividad a red local LAN 10/100 y a WiFi, una ranura micro SD para tarjetas.

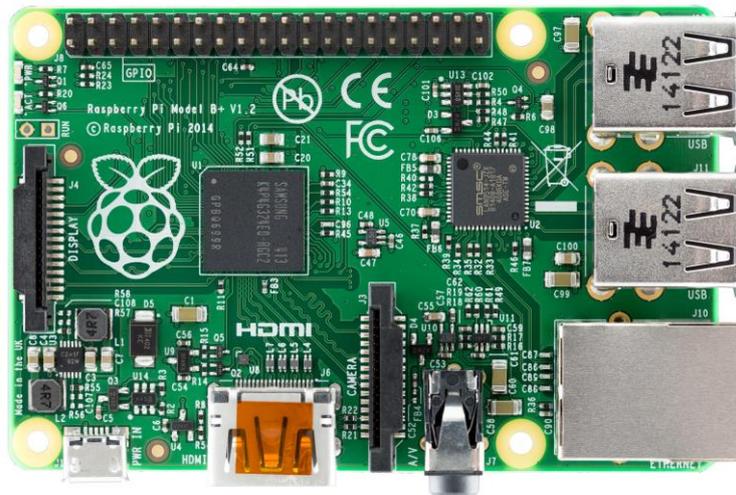


Figura 8. Raspberry Pi B+.

Extraída de: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/6f/Raspberry_Pi_B%2B_top.jpg

- Raspberry Pi 2 B: La placa de ordenador Raspberry Pi 2 B es la última actualización de Raspberry Pi Foundation.

Gracias a su procesador ARM A7, puede utilizar distribuciones GNU/LINUX e, incluso, Windows 10, además tiene el mismo formato que su predecesora Modelo B+. Su procesador es un Quad-Core Cortex A7 a 900MHz, con 1GB de memoria RAM, tiene 4 puertos USB 2.0, 40 pines GPIO, una salida HDMI, 1 puerto Ethernet, un combo audio/mic, un Interfaz de cámara (CSI), un interfaz de pantalla (DSI), una tarjeta micro SD y un núcleo gráfico 3D.



Figura 9. Raspberry Pi 2B.

Extraída de:

[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/31/Raspberry_Pi_2_Model_B_v1.1_top_new_\(bg_cut_out\).jp](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/31/Raspberry_Pi_2_Model_B_v1.1_top_new_(bg_cut_out).jp)

4.1.3. INTEL EDISON

En el centro de la Intel Edison hay un SoC Intel Atom de 22 nm con una CPU de doble núcleo a 500 Mhz y una MCU a 100 Mhz. Esto permite al producto recopilar y preprocesar datos a través de la MCU en un estado de bajo consumo y trasladar los datos filtrados a la CPU para su análisis. Edison incluye 1 GB de memoria, 4 GB de almacenamiento, WiFi de banda dual y Bluetooth 4.0 para las comunicaciones. Admite 40 GPIO con múltiples opciones de configuración.

Se trata de una plataforma nueva que no tiene un gran soporte de usuarios ni un sistema de periféricos muy grande.



Figura 10. Intel Edison.

Extraída de: https://c2.staticflickr.com/8/7493/15314330503_3715218321.jpg



4.2. COMUNICACIÓN INALÁMBRICA.

4.2.1. RF433 MHZ

Los módulos RF 433 Mhz funcionan como un enlace de datos simplex, es decir, solamente transmiten información en un solo sentido. Aun así resultan extremadamente útiles en aplicaciones sencillas que no requieren una comunicación bidireccional. Se conecta fácilmente a cualquier microcontrolador o circuitos codificadores/decodificadores, permitiéndonos tener un enlace de RF funcional en muy poco tiempo.

- El transmisor tiene un voltaje de operación entre 3 y 12V, un oscilador SAW, modulación: ASK / OOK, una frecuencia de operación de 433.92 Mhz, una potencia de 25mW a 12V, error de frecuencia +/- 150 Khz Máximo, y una velocidad de transmisión menor de 10 Kbps



Figura 11. Emisor RF433.

Extraída de: http://mla-s1-p.mlstatic.com/modulo-rf-transmisor-y-receptor-433-mhz-arduino-robotica-pic-20271-MLA20186866356_102014-F.jpg



- El receptor tiene un voltaje de operación entre 4.5 y 5.5V, una corriente de operación de 5.5 mA, un principio de funcionamiento Receptor Superregenerativo, modulación: ASK / OOK, una frecuencia de operación de 433.92 Mhz, una sensibilidad de -100dBm, y una velocidad de transmisión menor de 9.6 Kbps.



Figura 12. Receptor RF433.

Extraída de: http://mla-s1-p.mlstatic.com/modulo-rf-transmisor-y-receptor-433-mhz-arduino-robotica-pic-20271-MLA20186866356_102014-F.jpg

4.2.2. XBEE

El XBee 1mW Wire Antenna está basado en el protocolo 802.15.4 y su utilización es por medio de comandos seriales. Estos módulos permiten una comunicación muy simple y confiable entre microcontroladores o más bien entre cualquier dispositivo que posea un puerto serial. Soporta redes punto a punto y punto a multipunto. Junta un par de estos XBees con un Regulated Explorer y un USB Explorer.

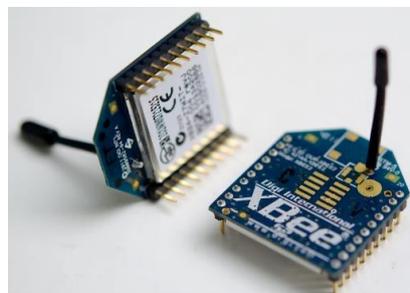


Figura 13. XBee.

Extraída de:

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/63/Pair_of_XBee_Series_2s_with_Whip_Antennas.jpg



4.2.3. BLUETOOTH

El modulo BlueTooth HC-06 utiliza el protocolo UART RS 232 serial. La tarjeta incluye un adaptador con 4 pines de fácil acceso para uso en protoboard. Los pines de la board correspondientes son: VCC, GND, RX y TX. Además posee un regulador interno que permite su alimentación de 3.6 a 6V. Es compatible con el protocolo Bluetooth V2.0. Tiene un alcance de 10 metros.

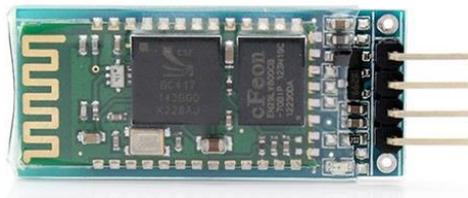


Figura 14. Bluetooth HC-06.

Extraída de: <http://electronilab.co/wp-content/uploads/2013/03/1129201-1.jpg>

4.2.4. WIFI

El Módulo Wifi Serial ESP8266 ofrece una solución completa y muy económica para conexión de sistemas a redes WiFi, permitiendo al diseñador delegar todas las funciones relacionadas con WiFi y TCP/IP del procesador que ejecuta la aplicación principal. El módulo wifi serial ESP8266 es capaz de funcionar como adaptador de red en sistemas basados en microcontroladores que se comunican con él a través de una interfaz UART.

Se trata de un modelo nuevo que hasta hace bien poco no disponía de una manera eficiente de programarlo, ya que el Arduino IDE no estaba preparado para ello y porque para gestionar la comunicación WiFi hay que mandar todo por comandos AT. Es muy utilizado en aplicaciones de domótica pero para la comunicación hace falta disponer de una red WiFi.



Figura 15. WiFi Serial ESP8266.

Extraída de: <http://g03.a.alicdn.com/kf/HTB1L.jHKFXXXcmXFXXq6xXFXXI/New-Remote-font-b-ESP8266-b-font-Wireless-Module-Stable-font-b-WIFI-b-font-to.jpg>



4.3. CHASIS DEL COCHE

4.3.1. CONSTRUCCIÓN PROPIA

En base a la reutilización de antiguos coches teledirigidos que actualmente se encuentran en desuso o averiados, adaptando además, mediante otros materiales como tablillas, con el fin de adecuar el espacio a los requerimientos del TFG.

4.3.2. PRINTBOT RENACUAJO

PrintBot Renacuajo es un kit completo para montaje de un vehículo de dos ruedas, cuyo chasis está compuesto por una unidad central donde se encuentran los motores que accionan las ruedas, un compartimento en la parte media en el que se aloja la batería que alimenta la placa, un espacio en la parte superior donde va atornillada la placa microcontroladora, y por último un saliente en la parte delantera del vehículo utilizado para colocar los sensores IR.

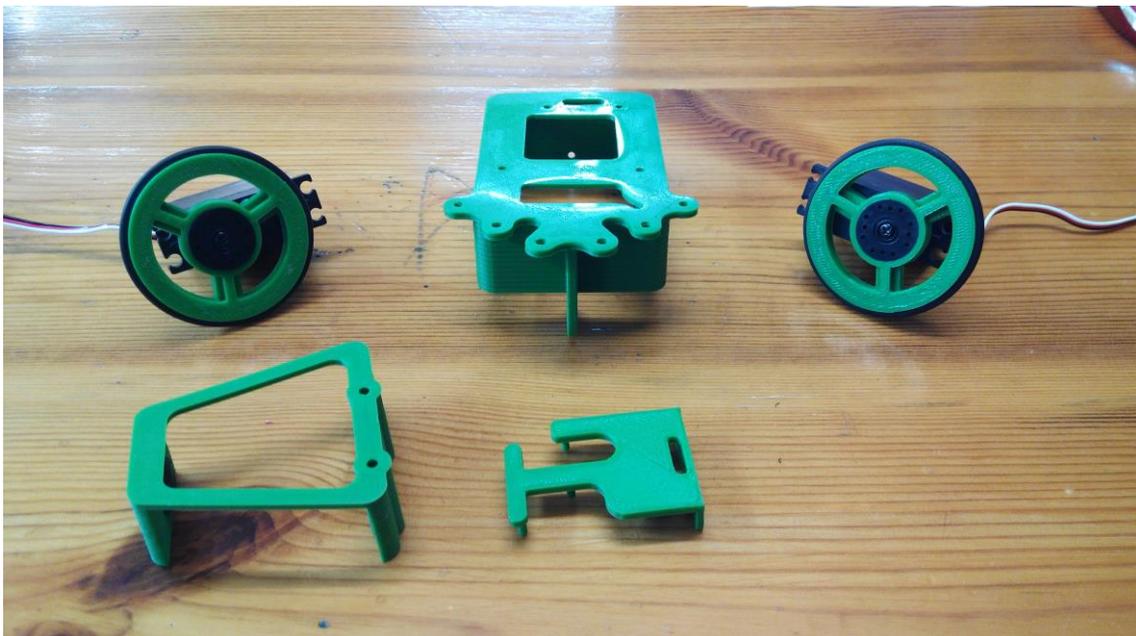


Figura 16. PrintBot renacuajo despiece.



ORUGA-TANQUE

Montaje mediante diferentes módulos con tracción de orugas o cadenas.

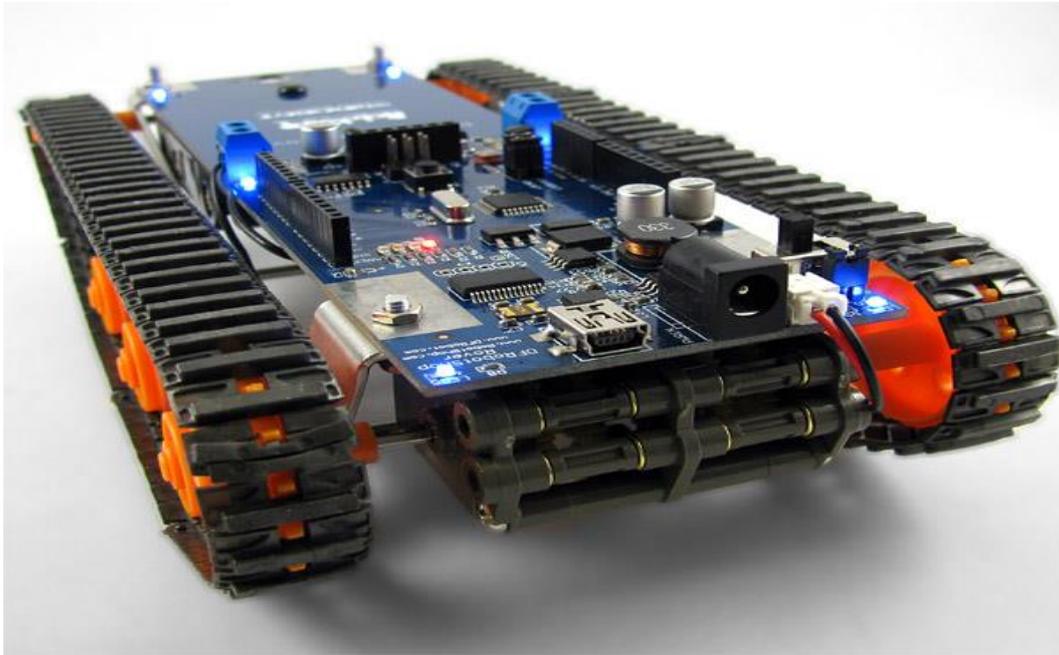


Figura 17. Coche oruga.

Extraída de: http://3.bp.blogspot.com/-3vgBG4oRnM4/TzyvkNt0z5I/AAAAAAAAAPk/LM_KsA2xDk/s1600/df_robotshop_rover_robot_2.jpg



4.4. MANDO

4.4.1. TECLADO + JOYSTICK



Figura 18. Teclado + Joystick.

Extraída de: https://www.flickr.com/photos/mat_the_w/6174093326

4.4.2. NINTENDO 64



Figura 19. Mando Nintendo 64.

Extraída de: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/56/N64-Controller-Gray.jpg>



4.4.3. PlayStation 2



Figura 20. Mando PS2.

Extraída de: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/f9/PSX-Original-Controller.jpg>



4.5. ALIMENTACIÓN DEL COCHE

Para el correcto funcionamiento del vehículo y de todos los componentes que este contiene, tales como ruedas, receptor de comunicación remota, sensores de infrarrojo y de proximidad, y el servomotor que hará girar el detector de proximidad, se necesita alimentar la placa que interconecta todos estos elementos a 5V mínimo.

4.5.1. BATERÍA NIQUEL-METAL

Se trata de baterías recargables y su coste es reducido, aunque su densidad de energía es menor que la de las baterías de LiPo. Normalmente se utilizan en equipos electrónicos que no necesitan gran capacidad de energía para su funcionamiento. Cada batería proporciona una tensión nominal de 1.2V o 1.5V en alcalinas.



Figura 21. Batería Niquel-Metal.

Extraída de: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e7/NiMH_2500mAh.jpg



4.5.2. BATERÍA ALCALINA

Este tipo de batería son las más comunes y existen distintos tipos. Las AAA proporcionan una tensión de 1.2V. También hay baterías conocidas como de petaca que proporcionan una tensión de 9V entre otras muchas.



Figura 22. Batería alcalina.

Extraída de: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/22/Pila_Duracell_OEA.jpg

4.5.3. RED

En este caso la tensión la proporciona la red eléctrica, por lo que se necesitará una fuente o transformador que de una salida adecuada. Esto implica la utilización de cableado.



Figura 23. Cable red.

Extraída de: https://pixabay.com/p-159709/?no_redirect



4.5.4. BATERÍA DE LIPO

De las baterías disponibles en el mercado, estas ofrecen una mayor densidad de energía, así como una tasa de descarga bastante superior, además tienen un tamaño más reducido respecto a las de otros componentes. Estas baterías de alta capacidad suelen proporcionar una tensión nominal de 11.1V.

Las baterías LiPo disponen también de un circuito de protección en su parte superior, en el proceso de descarga, cuando llega a un voltaje mínimo, la función del circuito protector consistirá en apagar la batería.



Figura 24. Batería LiPo 11.1V.



4.6. ALIMENTACIÓN DEL MANDO

Para el correcto funcionamiento del mando y del emisor de comunicación remota y para la alimentación de la placa microcontrolador que los interconecta.

4.6.1. BATERÍA NIQUEL-METAL

Se trata de baterías recargables y su coste es reducido, aunque su densidad de energía es menor que la de las baterías de LiPo. Normalmente se utilizan en equipos electrónicos que no necesitan gran capacidad de energía para su funcionamiento. Cada batería proporciona una tensión nominal de 1.2V o 1.5V en alcalinas.



Figura 25. Batería Niquel-Metal.

Extraída de: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e7/NiMH_2500mAh.jpg



4.6.2. BATERÍA ALCALINA

Este tipo de batería son las más comunes y existen distintos tipos. Las AAA proporcionan una tensión de 1.2V.



Figura 26. Batería alcalina.

Extraída de: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/22/Pila_Duracell_OEA.jpg

4.6.3. RED

En este caso la tensión la proporciona la red eléctrica, por lo que se necesitará una fuente o transformador que de una salida adecuada. Esto implica la utilización de cableado.



Figura 27. Cable red.

Extraída de: https://pixabay.com/p-159709/?no_redirect



4.6.4. BATERÍA LIPO

De las baterías disponibles en el mercado, esta ofrece una mayor densidad de energía, así como una tasa de descarga bastante superior, además tienen un tamaño más reducido respecto a las de otros componentes. Cada celda tiene un voltaje nominal de 3,7 V, voltaje máximo 4,2 y mínimo 3,0. Este último debe respetarse rigurosamente ya que la pila se daña irreparablemente a voltajes menores a 3 voltios.



Figura 28. Batería LiPo 3.7V.

4.7. MOTORES DE LAS RUEDAS

4.7.1. MOTORES DC

Para que un motor eléctrico DC pueda girar en ambos sentidos, avance y retroceso es necesario el circuito eléctrico conocido como conexión en puente H o DRIVER debido a la gran cantidad de corriente que los motores pueden llegar a consumir y que un Arduino o una Raspberry no pueden proporcionar. Son ampliamente usados en robótica y como convertidores de potencia. Los puentes H están disponibles como circuitos integrados (por ejemplo L293D), pero también pueden construirse a partir de componentes discretos.

La utilización de los motores de corriente continua junto a un sistema de engranajes reduce la velocidad que es capaz de proporcionar pero en cambio aumenta su fuerza.



Figura 29. Motor DC.

Extraída de: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/f/f4/DC_Motor.jpg/640px-DC_Motor.jpg

4.7.2. SERVOMOTORES DE ROTACIÓN CONTINUA

Se trata de un servomotor modificado para que pueda llegar a realizar giros completos de 360 grados, además también es posible el control de su velocidad así como de su sentido de giro.

No necesitan driver, simplemente una señal PWM, son sumamente poderosos para su tamaño, no consumen mucha energía y tienen una gran precisión.



Figura 30. Servomotor de rotación continua.

Extraída de: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/en/2/2a/Hobby_servo_motors.jpg



4.8. DETECTOR DE PROXIMIDAD

Un sensor de proximidad es un transductor que detecta objetos o señales que se encuentran cerca del elemento sensor. Existen varios tipos de sensores de proximidad según el principio físico que utilizan. Los más comunes son los interruptores de posición, los detectores capacitivos, los inductivos y los fotoeléctricos, como el de infrarrojos.

4.8.1. INFRARROJOS

El receptor de rayos infrarrojos suele ser un fototransistor o un fotodiodo. El circuito de salida utiliza la señal del receptor para amplificarla y adaptarla a una salida que el sistema pueda entender. La señal enviada por el emisor puede ser codificada para distinguirla de otra y así identificar varios sensores a la vez. Esto es muy utilizado en la robótica en casos en que se necesita tener más de un emisor infrarrojo y solo se quiera tener un receptor.

El sensor de distancia por infrarrojo GP2Y0A21YK permite una lectura continua de la distancia y entrega un voltaje análogo proporcional a la distancia medida, en un rango de 10cm a 80cm. Para su funcionamiento solo requiere de una alimentación entre 4.5V y 5V.



Figura 31. Sensor de proximidad infrarrojo.

Extraída de:

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/27/Sharp_GP2Y0A21YK_IR_proximity_sensor_cropped.jpg



4.8.2. CAPACITIVOS

La función del detector capacitivo consiste en señalar un cambio de estado, basado en la variación del estímulo de un campo eléctrico. Los sensores capacitivos detectan objetos metálicos, o no metálicos, midiendo el cambio en la capacitancia, la cual depende de la constante dieléctrica del material a detectar, su masa, tamaño, y distancia hasta la superficie sensible del detector. Este detector se utiliza comúnmente para detectar material no metálico: papel, plástico, madera, etc. ya que funciona como un condensador.

Estos sensores se emplean para la identificación de objetos, para funciones contadoras y para toda clase de control de nivel de carga de materiales sólidos o líquidos. También son utilizados para muchos dispositivos con pantalla táctil, como teléfonos móviles o computadoras ya que el sensor percibe la pequeña diferencia de potencial entre membranas de los dedos eléctricamente polarizados de una persona adulta. Su precio es elevado.

4.8.3. INDUCTIVOS

Los sensores inductivos son una clase especial de sensores que sirve para detectar materiales metálicos ferrosos. Son de gran utilización en la industria, tanto para aplicaciones de posicionamiento como para detectar la presencia o ausencia de objetos metálicos en un determinado contexto: detección de paso, de atasco, de codificación y de conteo.

4.8.4. ULTRASÓNICOS

Los sensores de ultrasonidos son detectores de proximidad que trabajan libres de roces mecánicos y que detectan objetos a distancias de hasta 8m. El sensor emite impulsos ultrasónicos. Estos reflejan en un objeto, el sensor recibe el eco producido y lo convierte en señales eléctricas, las cuales son procesadas por la circuitería del sensor. Estos sensores trabajan solamente en el aire, y pueden detectar objetos con diferentes formas, superficies y de



diferentes materiales. Los materiales pueden ser sólidos, líquidos o polvorientos, sin embargo han de ser deflectores de sonido. Los sensores trabajan según el tiempo de transcurso del eco, es decir, se valora la distancia temporal entre el impulso de emisión y el impulso del eco.

- HC SR04: El sensor SR04 es un sensor ultrasónico de bajo costo que no sólo puede detectar si un objeto se presenta, como un sensor PIR (Passive Infrared Sensor), sino que también puede calcular la distancia al objeto.

Tienen dos transductores, básicamente, un altavoz y un micrófono. Ofrece una excelente detección sin contacto (remoto) con elevada precisión y lecturas estables en un formato fácil de usar. El funcionamiento no se ve afectado por la luz solar o el material negro como telémetros ópticos (aunque acústicamente materiales suaves como telas pueden ser difíciles de detectar). La velocidad del sonido en el aire (a una temperatura de 20 °C) es de 343 m/s. (por cada grado centígrado que sube la temperatura, la velocidad del sonido aumenta en 0,6 m/s)



Figura 32. Sensor HC SR04.

Extraída de:

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/20/HC_SR04_Ultrasonic_sensor_1480322_3_4_HDR_Enhancer.jpg



4.9. DETECTOR DE LÍNEA NEGRA

4.9.1. SENSOR INFRARROJO

El modelo EF04002 “Octopus Hunt Sensor” es un sensor basado en el elemento sensitivo fotoeléctrico TCRT5000. Es capaz de detectar la señal infrarroja reflejada, de este modo se utiliza como detector de línea. Dispone de una sensibilidad ajustable mediante el potenciómetro azul, y de tres pines: dos pines de entrada 5V y GND y un pin de salida de señal digital. Tiene una respuesta rápida y alta sensibilidad.

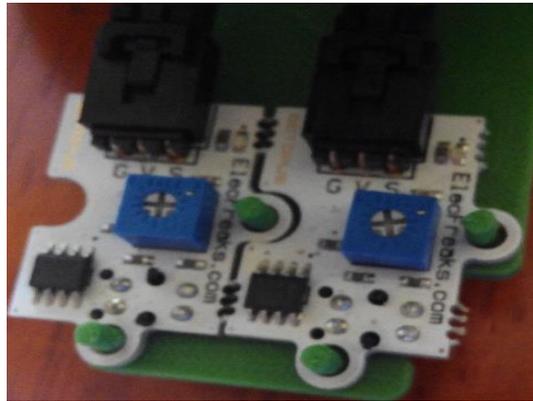


Figura 33. Octopus Hunt Sensor.

4.9.2. SENSOR DE COLOR

El modelo CS84-P3612 permite detectar varios colores de manera precisa. Puede diferenciar opcionalmente hasta cuatro colores con precisión. Si es necesario guardar varios colores, está disponible el CS8-4 con cuatro canales. Además, la resolución de color claramente mejorada en el CS8 permite que se puedan distinguir incluso colores aparentemente similares. El indicador de barras ayuda al operador a configurar el sensor y muestra información durante el servicio sobre la calidad del color y, por tanto, sobre la seguridad de detección.



Figura 34. Sensor de color CS8.

Extraída de: <https://www.sick.com/media/220/4/44/844/IM0012844.png>

4.10. MOTOR PARA GIRO DEL DETECTOR DE PROXIMIDAD

4.10.1. MOTOR DC

Para que un motor eléctrico DC pueda girar en ambos sentidos, avance y retroceso es necesario el circuito eléctrico conocido como conexión en puente H o DRIVER debido a la gran cantidad de corriente que pueden llegar a consumir los motores y que un Arduino o una Raspberry no podrán proporcionar. Son ampliamente usados en robótica y como convertidores de potencia. Los puentes H están disponibles como circuitos integrados (por ejemplo L293D), pero también pueden construirse a partir de componentes discretos.

La utilización de los motores de corriente continua junto a un sistema de engranajes reduce la velocidad que es capaz de proporcionar pero en cambio aumenta su fuerza.



Figura 35. Motor DC.

Extraída de: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/f/f4/DC_Motor.jpg/640px-DC_Motor.jpg

4.10.2. SERVO 9G

El servo SG90 Tower Pro un servo miniatura de gran calidad y diminutas dimensiones. Funciona con la mayoría de tarjetas electrónicas de control con microcontroladores y además con la mayoría de los sistemas de radio control.

El servo SG90 tiene un conector universal tipo "S" que encaja perfectamente en la mayoría de los receptores de radio control incluyendo los Futaba, JR, GWS, Cirrus, Hitec y otros.



Figura 36. Servo 9g.

Extraída de: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d3/Micro_servo.jpg



5. CRITERIOS DE SELECCIÓN

En esta sección se nombrarán los criterios que se tendrán en cuenta a la hora de seleccionar entre las alternativas expuestas anteriormente.

5.1. TAMAÑO

A la hora de tener en cuenta e tamaño debemos distinguir entre los dos módulos existentes, es decir, entre el módulo emisor correspondiente al mando donde los elementos deberán de ser más pequeños y el módulo receptor correspondiente al vehículo donde el tamaño de los elementos no estará tan restringido.

5.2. PRECIO

El precio o coste del proyecto es un punto a tener en cuenta, intentando siempre elegir la opción más económica pero sin atentar a los objetivos del TFG.

5.3. RELACIÓN OFERTA-NECESIDAD

En el momento de elegir cada componente del TFG hay que tener en cuenta las funciones que se desea que lleve a cabo, por tanto tan malo es elegir un componente que no sea capaz de cumplir los requisitos encomendados como uno que no se aproveche al máximo sus características.



5.4. MOVILIDAD

En este TFG será necesario que los componentes que lo integran permitan tanto al módulo emisor como al módulo receptor una alta movilidad.

5.5. CONSUMO

Con el fin de que la batería proporcione una alimentación más prolongada en el tiempo es importante que el consumo de los diferentes elementos sea el mínimo. Además en el mundo moderno este es un tema que cada vez está tomando mayor importancia.

5.6. POTENCIA DE CÁLCULO

La potencia se puede considerar como la capacidad de cada componente de llevar a cabo en el mismo espacio de tiempo mayores funciones o instrucciones complejas.

5.7. TENSIÓN NOMINAL

Para el caso de las baterías será muy importante saber la tensión que pueden proporcionar para la alimentación de los componentes, en el caso de que no sea capaz de llegar a alimentar el circuito de tensión, existe la posibilidad de conectar varias baterías en serie.



5.8. CAPACIDAD DE RECARGA

El hecho de que las baterías utilizadas en el prototipo tengan capacidad de recarga será un punto importante ya que supone un ahorro de trabajo en el momento de que la batería se agota, no será necesario cambiarla.

5.9. FUNCIONALIDAD MULTIPROPÓSITO

Se trata de la facultad de cada elemento de desempeñar un alto número de funciones/acciones.

5.10. FACILIDAD DE USO Y APRENDIZAJE. TIEMPO INVERTIDO NECESARIO

La facilidad de hacer funcionar cada componente con el fin de reducir el tiempo invertido en desarrollar el prototipo y así poder aumentar sus funcionalidades.

5.11. DISTANCIA DE COMUNICACIÓN

Al construir un coche teledirigido sin mediación de cables es un aspecto muy a tener en cuenta la distancia máxima de comunicación entre mando y vehículo ya que para distancias cortas resultaría más eficiente la utilización de cableado.



5.12. CONOCIMIENTO PREVIO

Experiencia previa acerca de los elementos que compondrán el TFG facilitará su Futura implementación.

5.13. INFORMACIÓN DISPONIBLE

La información disponible sobre los componentes que se utilizarán facilitará el desarrollo del trabajo.

5.14. CAPACIDAD DE COMUNICACIÓN DISTRIBUIDA

Corresponde a la capacidad de los elementos de comunicarse entre sí y con el PC u otros dispositivos periféricos.

5.15. MANEJABILIDAD

El sistema debe garantizar la posibilidad de realizar modificaciones en lo existente así como de realizar ampliaciones.

Tabla 1. Abreviaturas.

| CRITERIO | ABREVIATURA | CRITERIO | ABREVIATURA |
|----------------------|-------------|---------------------------|-------------|
| Tamaño | TAM | Funcionalidad | FUNC |
| Precio | PREC | Facilidad | FAC |
| Eficiencia | EFIC | Distancia de comunicación | DIST |
| Movilidad | MOV | Conocimiento previo | CONOC |
| Consumo | CONS | Información disponible | INFO |
| Potencia | POT | Comunicación | COMU |
| Tensión nominal | TENS | Manejabilidad | MANEJ |
| Capacidad de recarga | REC | | |



6. TABLAS DE SELECCIÓN

Tabla 2. Placa HW coche.

| Placa HW vehículo | TAM | PREC | EFIC | CONS | POT | FUNC | CONOC | TOTAL |
|-------------------|-----|------|------|------|-----|------|-------|-------|
| Peso (%) | 15 | 25 | 30 | 5 | 10 | 10 | 5 | 100 |
| Freaduino Uno | 10 | 8 | 9 | 8 | 6 | 6 | 8 | 820 |
| Arduino Mega ADK | 8 | 6 | 6 | 6 | 8 | 8 | 8 | 680 |
| Raspberry Pi A+ | 7 | 8 | 5 | 7 | 7 | 6 | 3 | 635 |
| Raspberry Pi B+ | 7 | 8 | 5 | 7 | 7 | 7 | 3 | 645 |
| Raspberry Pi 2B | 7 | 7 | 4 | 6 | 8 | 8 | 3 | 605 |
| Intel Edison | 7 | 5 | 4 | 6 | 9 | 9 | 3 | 575 |

Tabla 3. Placa HW mando.

| Placa mando | TAM | PREC | EFIC | CONS | POT | FUNC | TOTAL |
|------------------|-----|------|------|------|-----|------|-------|
| Peso (%) | 15 | 30 | 30 | 5 | 10 | 10 | 100 |
| Arduino Pro Mini | 8 | 8 | 9 | 7 | 6 | 6 | 785 |
| Arduino Nano | 8 | 6 | 8 | 7 | 7 | 7 | 715 |

Tabla 4. Comunicación inalámbrica.

| Comun inalámbrica | TAM | PREC | EFIC | CONS | POT | FUNC | FAC | DIST | CONOC | INFO | COMU | TOTAL |
|-------------------|-----|------|------|------|-----|------|-----|------|-------|------|------|-------|
| Peso(%) | 10 | 20 | 15 | 2 | 10 | 5 | 5 | 15 | 5 | 8 | 5 | 100 |
| RF433 Mhz | 9 | 9 | 9 | 8 | 7 | 7 | 9 | 8 | 5 | 7 | 7 | 807 |
| Xbee | 5 | 2 | 5 | 5 | 9 | 9 | 7 | 9 | 5 | 7 | 8 | 601 |
| Bluetooth HC-06 | 8 | 7 | 3 | 8 | 5 | 5 | 8 | 4 | 5 | 5 | 6 | 551 |
| Wifi ESP8266 | 8 | 6 | 7 | 6 | 6 | 7 | 3 | 5 | 5 | 6 | 6 | 605 |



Tabla 5. Chasis coche.

| Chasis | TAM | PREC | EFIC | FUNC | FAC | MANEJ | TOTAL |
|---------------------|-----|------|------|------|-----|-------|-------|
| Peso (%) | 10 | 20 | 30 | 15 | 20 | 5 | 100 |
| Construcción propia | 9 | 8 | 7 | 7 | 1 | 5 | 610 |
| Renacuajo | 6 | 6 | 8 | 5 | 10 | 9 | 740 |
| Oruga | 8 | 6 | 5 | 8 | 8 | 8 | 670 |

Tabla 6. Mando.

| Mando | TAM | PREC | MOV | TENS | FUNC | FAC | INFO | MANEJ | TOTAL |
|--------------------|-----|------|-----|------|------|-----|------|-------|-------|
| Peso (%) | 20 | 20 | 10 | 5 | 5 | 20 | 10 | 10 | 100 |
| Teclado + Joystick | 3 | 3 | 8 | 7 | 8 | 9 | 7 | 3 | 555 |
| Nintendo 64 | 6 | 10 | 9 | 7 | 7 | 7 | 3 | 9 | 740 |
| PS2 | 9 | 10 | 9 | 7 | 7 | 7 | 7 | 9 | 840 |

Tabla 7. Alimentación coche.

| Alimentación coche | TAM | PREC | EFIC | MOV | POT | TENS | REC | MANEJ | TOTAL |
|---------------------|-----|------|------|-----|-----|------|-----|-------|-------|
| Peso (%) | 5 | 30 | 20 | 5 | 10 | 10 | 10 | 10 | 100 |
| Niquel-metal | 6 | 5 | 7 | 8 | 7 | 7 | 9 | 6 | 650 |
| Alcalina | 9 | 9 | 4 | 8 | 7 | 7 | 1 | 5 | 635 |
| LiPo 11.1V | 9 | 4 | 8 | 8 | 7 | 7 | 9 | 8 | 675 |
| Red + transformador | 1 | 9 | 1 | 1 | 9 | 9 | 9 | 3 | 600 |

Tabla 8. Alimentación mando.

| Alimentación mando | TAM | PREC | EFIC | MOV | POT | TENS | REC | MANEJ | TOTAL |
|---------------------|-----|------|------|-----|-----|------|-----|-------|-------|
| Peso (%) | 30 | 10 | 5 | 5 | 5 | 15 | 25 | 5 | 100 |
| Niquel-metal | 2 | 5 | 4 | 8 | 6 | 9 | 7 | 6 | 540 |
| Alcalina | 2 | 7 | 3 | 8 | 6 | 9 | 1 | 5 | 400 |
| LiPo 3.7V | 10 | 4 | 9 | 9 | 8 | 9 | 9 | 9 | 875 |
| Red + transformador | 1 | 8 | 2 | 1 | 10 | 9 | 9 | 2 | 545 |



Tabla 9. Motores ruedas.

| Motores ruedas | PREC | CONS | POT | FUNC | FAC | TOTAL |
|-------------------------|------|------|-----|------|-----|-------|
| Peso (%) | 15 | 15 | 20 | 25 | 25 | 100 |
| DC | 8 | 6 | 8 | 5 | 6 | 645 |
| Servo rotación continua | 6 | 8 | 5 | 8 | 9 | 735 |

Tabla 10. Detector de proximidad.

| Detector de proximidad | TAM | PREC | EFIC | POT | FAC | CONOC | TOTAL |
|------------------------|-----|------|------|-----|-----|-------|-------|
| Peso (%) | 15 | 25 | 25 | 10 | 10 | 15 | 100 |
| HC SR04 | 6 | 9 | 9 | 5 | 7 | 5 | 735 |
| Infrarrojo GP2Y0A21YK | 8 | 6 | 8 | 6 | 5 | 4 | 640 |
| Capacitivo | 7 | 2 | 5 | 9 | 4 | 2 | 440 |
| Inductivo | 9 | 3 | 5 | 8 | 4 | 3 | 500 |

Tabla 11. Detector de línea negra.

| Detector de línea negra | TAM | PREC | EFIC | POT | FAC | CONOC | TOTAL |
|-------------------------|-----|------|------|-----|-----|-------|-------|
| Peso (%) | 15 | 25 | 25 | 10 | 10 | 15 | 100 |
| Octopus Hunt EF04002 | 8 | 9 | 9 | 5 | 7 | 7 | 795 |
| CS84-P3612 | 8 | 4 | 5 | 9 | 5 | 2 | 515 |

Tabla 12. Motor giro detector de proximidad.

| Motor giro detector prox | PREC | CONS | POT | FUNC | FAC | TOTAL |
|--------------------------|------|------|-----|------|-----|-------|
| Peso (%) | 15 | 15 | 20 | 25 | 25 | 100 |
| DC | 7 | 6 | 8 | 5 | 6 | 630 |
| Servo 9g | 8 | 8 | 5 | 8 | 9 | 765 |



7. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN

El TFG consistirá en un vehículo controlado mediante radiofrecuencia a través de un mando, con la opción de funcionamiento en forma autónoma, es decir, evitando obstáculos, y la opción de funcionamiento en modo seguidor de línea. Todo esto estará integrado con las placas de hardware abierto Arduino.

El TFG estará compuesto por un coche que incluye un módulo receptor de órdenes; y un mando que actuará de módulo emisor de órdenes.

El coche estará desarrollado sobre la plataforma del robot PrintBot Renacuajo de BQ. El vehículo dispondrá de dos ruedas, cada una de las cuales estará controlada por un servo-motor de rotación continua SG90 Tower Pro con opciones: de parado pulsando el botón “círculo”, de avance pulsando la “flecha superior”, de retroceso pulsando la “flecha inferior”, y de girar pulsando las “flechas laterales”, en este caso una rueda estará parada y la otra en marcha. Además, dispondrá de un receptor de radiofrecuencia RF433 que se encargará de recibir las órdenes de su par emisor, logrando de esta manera una comunicación en modo remoto sin necesidad de cableado entre el mando y el vehículo. Mediante el botón del mando START se activará la opción de funcionamiento en forma autónoma evitando obstáculos, para ello se utilizará el detector de proximidad HC SR04 que emite impulsos ultrasónicos, estos reflejan en un objeto y el sensor recibe el eco producido y lo convierte en señales eléctricas. A su vez, el sensor de proximidad se encontrará unido a un servo-motor que lo hará girar para poder realizar un escaneo del espacio alrededor del vehículo a las posiciones izquierda, derecha y centro-delante. En caso de obstáculo cercano el coche se detendrá y volverá a ejecutar un escaneo del espacio, girando el coche 90° a izquierda o derecha eligiendo el camino en el que los obstáculos se encuentren más lejanos; si en ambas opciones hay obstáculos cercanos, procederá a dar un giro de 180°. Accionando el botón SELECT se activará el modo seguidor de línea, para el cual dispondrá de dos sensores infrarrojos ubicados en la parte inferior y delantera de la estructura, uno junto al otro, cuando uno de los dos sensores detectará el color claro, significará que el robot está saliendo de la línea negra por ese lado, en ese momento, el robot girará hacia el lado contrario hasta que vuelva a estar



sobre la línea. Todo esto se encontrará integrado mediante una placa de hardware abierto Freadunio Uno basada en un microcontrolador y alimentada por una batería LiPo.

El mando comunicará con el vehículo de manera remota sin mediación de cableado a través un emisor de radiofrecuencia RF433, encargado de emitir las instrucciones dadas por el usuario a través del mando de la plataforma de videojuegos PlayStation II, con las diferentes opciones de: marchar hacia adelante (flecha superior), marchar hacia atrás (flecha inferior), girar a la izquierda (flecha lateral izquierda), girar a la derecha (flecha lateral derecha), parar el vehículo (círculo), modo funcionamiento autónomo (START) y modo seguidor de línea (SELECT). Una placa de hardware abierto Arduino Pro Mini 3.3V basada en un microcontrolador se encargará de integrar la interfaz de usuario (botones) con el módulo inalámbrico que enviará as órdenes al coche. Este Arduino se alimentará mediante una batería recargable LiPo que se controlará mediante un interruptor. Se realizarán las conexiones y modificaciones oportunas en el mando para poder integrar todos los elementos dentro del mismo.

Para que todo lo anteriormente expuesto pueda funcionar, se diseñarán los códigos emisor y receptor correspondientes a las placas de hardware abierto de Arduino.



7.1. DIAGRAMA DE BLOQUES

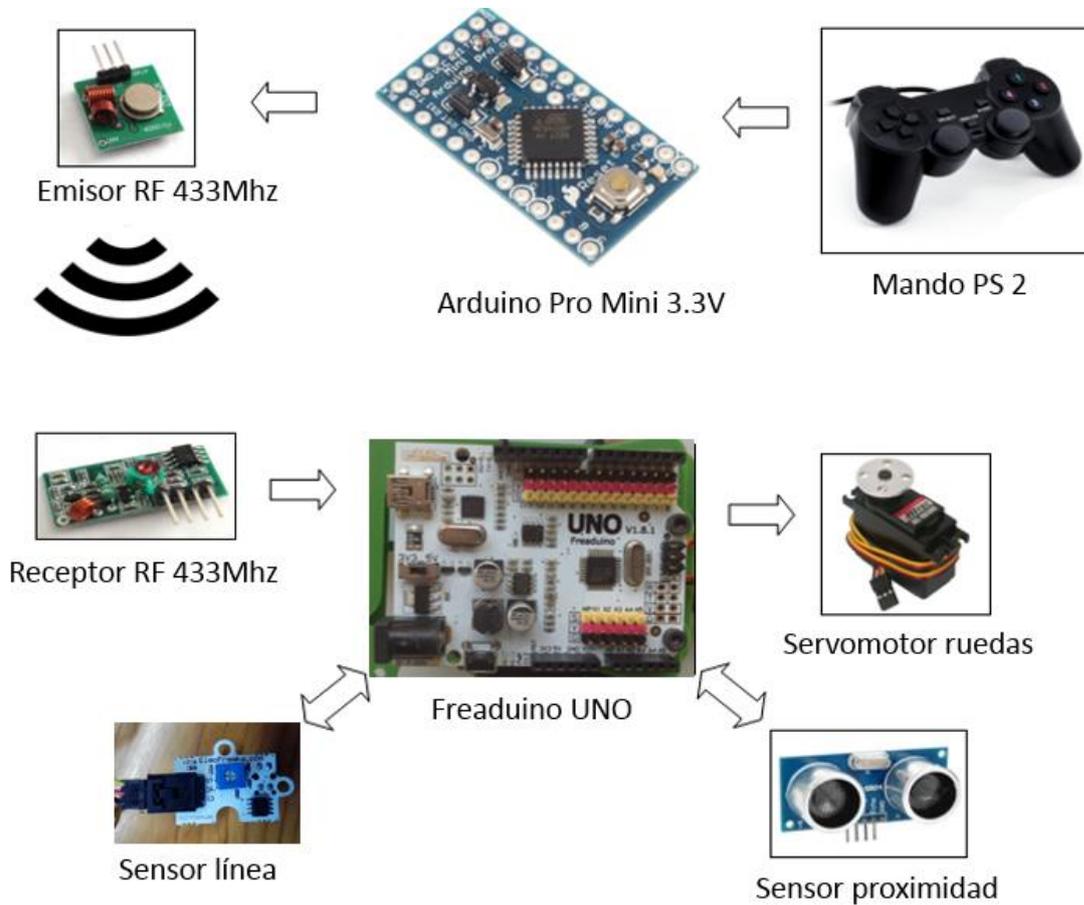


Figura 37. Diagrama de bloques.