



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA  
BARCELONATECH  
Escola d'Enginyeria de Barcelona Est

TRABAJO FINAL DE GRADO

**Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática**

**DESARROLLO DE UNA UNIDAD DE ADQUISICIÓN Y  
MONITORIZACIÓN DE DATOS PARA UN VEHÍCULO**



**Memoria técnica**

**Autor:** Aitor Andrés López

**Director:** Manuel Andrés Manzanares Brotons

**Convocatoria:** Mayo 2019



# Índice

<b>RESUM</b>	<b>1</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>2</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>3</b>
<b>AGRADECIMIENTOS</b>	<b>4</b>
<b>GLOSARIO DE TÉRMINOS</b>	<b>5</b>
<b>1. PREFACIO</b>	<b>7</b>
1.1. Origen del trabajo .....	7
1.2. Motivación personal .....	7
1.3. Requisitos previos .....	7
<b>2. INTRODUCCIÓN</b>	<b>9</b>
2.1. Objetivos del trabajo.....	9
2.2. Justificación .....	9
<b>3. ENTORNO DE LA APLICACIÓN</b>	<b>11</b>
3.1. Introducción .....	11
3.2. La historia de la bicicleta.....	13
3.3. Bicicleta eléctrica o de pedaleo asistido.....	15
3.4. Componentes principales de una e-Bike.....	17
3.5. La normativa .....	21
<b>4. ESPECIFICACIONES BÁSICAS</b>	<b>23</b>
<b>5. OPCIONES ESTUDIADAS</b>	<b>25</b>
5.1. Microcontrolador .....	26
5.2. Sensores .....	29
5.3. Elementos auxiliares .....	37
<b>6. SOLUCIÓN ESCOGIDA</b>	<b>43</b>
6.1. Microcontrolador .....	44
6.2. Sensores .....	46
6.3. LCD.....	48
6.4. Memoria externa .....	48

6.5.	Comunicación PC .....	48
6.6.	Comunicación Smartphone .....	49
<b>7.</b>	<b>DISEÑO DE SOFTWARE</b> .....	<b>50</b>
7.1.	Diagrama de flujo.....	50
<b>8.</b>	<b>SIMULACIONES</b> .....	<b>51</b>
8.1.	Pantalla principal .....	52
8.2.	Reloj RTC – DS1307 .....	53
8.3.	Termómetro digital – DS1621 .....	54
8.4.	Fotorresistencia LDR.....	55
8.5.	Velocidad .....	56
8.6.	Distancia recorrida.....	57
8.7.	Altitud.....	57
8.8.	Nivel carga de batería .....	58
8.9.	Transferencia RS232 .....	59
8.10.	Memoria externa .....	60
8.11.	LED's.....	61
<b>9.</b>	<b>ENTORNO DE TRABAJO</b> .....	<b>62</b>
9.1.	Compilador .....	62
9.2.	Simulador.....	62
9.3.	Interface de comunicación .....	64
9.4.	Comunicación Bluetooth .....	66
9.5.	Diseño de PCB.....	68
<b>10.</b>	<b>NORMATIVA</b> .....	<b>70</b>
<b>11.</b>	<b>ANÁLISIS DEL IMPACTO AMBIENTAL</b> .....	<b>71</b>
<b>12.</b>	<b>DIAGRAMA DE GANTT</b> .....	<b>73</b>
<b>13.</b>	<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>74</b>
<b>14.</b>	<b>POSIBLES MEJORAS</b> .....	<b>75</b>
<b>15.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>77</b>

## Resum

En aquest projecte es presenta el Treball de Fi de Grau sobre el “Desenvolupament d’una unitat d’adquisició i monitorització de dades per a un vehicle”, en concret per a una bicicleta elèctrica, tot i que amb petites modificacions es podria adaptar a un altre tipus de vehicles, com per exemple una bicicleta convencional o esportiva o per a karts de competició.

En aquest treball es realitza el disseny, la programació i el muntatge de la unitat electrònica en una placa de circuit imprès *PCB* amb els diferents components electrònics que està composta. Per a la realització s’han adquirit i profunditzat en coneixements de programació de microcontroladors i en els processos de disseny de hardware i fabricació de plaques de circuit imprès.

A la documentació del projecte es descriuen de manera ordenada els diferents components de la unitat i el seu funcionament, així com tota la informació referent al procés de disseny i fabricació del prototipus.

El resultat final es el disseny d’una unitat electrònica capaç d’enregistrar paràmetres ambientals i funcionals en una bicicleta elèctrica durant un cert temps, acumular-los en una memòria externa per transferir aquest paràmetres a un ordinador per poder analitzar l’evolució al llarg d’un determinat temps i/o recorregut.

## Resumen

En este proyecto se presenta el Trabajo de Final de Grado sobre el “Desarrollo de una unidad de adquisición y monitorización de datos para un vehículo”, en concreto para una bicicleta eléctrica, aunque con algunas pequeñas modificaciones se podría adaptar a otros tipos de vehículos, como por ejemplo para una bicicleta convencional o deportiva o para karts de competición.

En este trabajo se realiza el diseño, la programación y el montaje de la unidad electrónica en una placa de circuito impreso *PCB* con los diferentes elementos electrónicos que la componen. Para su realización se han adquirido y se ha profundizado en conocimientos de programación de microcontroladores y en los procesos de diseño de hardware y fabricación de placas de circuito impreso principalmente.

En la documentación del proyecto se describen de manera ordenada los distintos componentes que integran la unidad y su funcionamiento, así como toda la información referente al proceso de diseño y fabricación del prototipo.

El resultado final es el diseño de una unidad capaz de registrar parámetros ambientales y funcionales en una bicicleta eléctrica durante un cierto tiempo, acumularlos en una memoria externa para poder realizar un posterior volcado de estos parámetros a un ordenador para poder analizar la evolución a lo largo de un determinado tiempo y/o recorrido.

## Abstract

The purpose of this Final Degree Project is to present the “Development of an acquisition and monitoring data unit for a vehicle”, in particular for an electric bicycle, although with some minor modifications could be adapted to other type of vehicles like race karts or other type of conventional or racing bicycles.

This project shows the design, programming and assembly of an electronic unit in a PCB, known as Printed Circuit Board, with all the electronics components which it contains. To be able to realise this it has been crucial to go in depth in microcontrollers programming, hardware design and manufacturing of this PCB.

In the documentation of the project, the different pieces used in the unit and its operation, as well as all the information concerning the prototype design process and manufacturing is described in an orderly manner.

The final result is a simple design of a unit capable of registering environmental and functional parameters in an electric bicycle along a period of time, accumulating this information in an external memory to be able to download these parameters to a computer to analyse the evolution during a route.

## Agradecimientos

En especial a mis padres, que con su esfuerzo me dieron la oportunidad ya hace unos años de iniciar estos estudios y haber encontrado un buen trabajo y que me hace feliz. Por su incondicional apoyo y educación a lo largo de mi vida.

A mi pareja, que me complementa a la perfección y es la mejor fuente de energía que tengo para completar este proyecto.

A mis amigos, que pasan los años y seguimos juntos, he visto como todos han terminado sus estudios y son ellos, ahora, los que me animan a mí a finalizar.

Por último, quiero agradecer a mi tutor Manuel Manzanares por haber permitido realizar este TFG con él, por entender mi situación laboral y personal, guiarme y animarme a finalizar esta etapa.



## Glosario de términos

### Tecnología CMOS

Una de las familias lógicas empleadas en la fabricación de circuitos integrados. Su principal característica consiste en el bajo consumo de energía en estado de reposo.

### Tecnología nanoWatt

Gestión de la energía que abarca funciones de baja energía estática, energía activa y de rápida activación. Construida con más de 30 funciones que le permitirán controlar los componentes de energía incluidos los de consumo de potencia estática, activa y media.

### Watchdog

Un perro guardián es un mecanismo de seguridad que provoca un reset del sistema en caso de que éste se haya bloqueado. Consiste en un temporizador que irá continuamente decrementando un contador, inicialmente con un valor relativamente alto.

### Zigbee

Conjunto de protocolos de alto nivel de comunicación inalámbrica para su utilización con radiodifusión digital de bajo consumo.

### Resistencia Pull-Up

Cuando se configura una entrada digital con una resistencia de *Pull-Up*, estamos asegurando, que en todo momento vamos a tener una señal alta: 1, hasta el momento en el que se produzca una pulsación del interruptor, en este momento la entrada digital quedará conectada directamente a masa, o lo que es lo mismo, a un nivel de tensión 0.

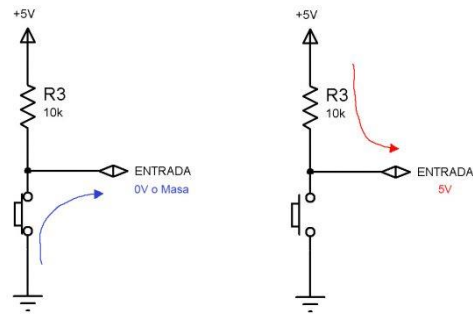


Figura 1. Resistencia pull-up (Fuente: www.zonamaker.com)

En un circuito común alimentado a 5V, si tenemos una resistencia de *Pull-Up* de  $10\text{K}\Omega$ , la corriente que va a entrar en el circuito es de  $0.5\text{mA}$ , algo que en términos de consumo es despreciable, ya que supone una potencia de  $2.5\text{mW}$ .

### Bus SPI

Del inglés, *Serial Peripheral Interface*, es un estándar de comunicaciones, usado principalmente para la transferencia de información entre circuitos integrados en equipos electrónicos. Es un estándar para controlar casi cualquier dispositivo electrónico digital que acepte un flujo de bits serie regulado por un reloj (comunicación sincrónica).

# 1. Prefacio

## 1.1. Origen del trabajo

El presente proyecto se ha desarrollado con el objetivo de poder aplicar y complementar parte de los conocimientos adquiridos en la universidad sobre electrónica e ingeniería para diseñar y fabricar una unidad de adquisición y monitorización de datos en una bicicleta eléctrica.

## 1.2. Motivación personal

Desde el 2013 que completé todas las asignaturas del grado, tengo pendiente realizar un proyecto para finalizar los estudios. En su día no me acabé de decidir por ninguno ya que a la par que terminaba las asignaturas realizaba unas prácticas en empresa y una vez finalizado el periodo de prácticas me lancé a buscar una oportunidad laboral de jornada completa, que por suerte encontré y desplazó a un segundo plano la realización de este TFG.

Han pasado unos años en los que me he dedicado a la industria y no a la investigación, desarrollo y programación de componentes electrónicos.

Siempre he tenido el gusanillo de poder desarrollar algo que yo mismo pueda utilizar a posteriori y que me sirva para refrescar y aplicar conceptos que adquirí durante mis estudios e infinidad de prácticas en laboratorios y que actualmente no aplico en mi día a día laboral.

Como poseedor de una bicicleta de montaña, amante del deporte y propietario de una motocicleta, me reto a desarrollar una unidad electrónica para una bicicleta eléctrica.

## 1.3. Requisitos previos

Todos los conocimientos previos adquiridos durante mi etapa de estudiante han sido de gran ayuda, más en concreto los correspondientes a programación.



## 2. Introducción

El primer capítulo introductorio está destinado a la puesta en escena de los objetivos del presente proyecto. Y por último se da a conocer la justificación del proyecto.

### 2.1. Objetivos del trabajo

La finalidad de este proyecto es desarrollar una unidad electrónica capaz de analizar el comportamiento de una bicicleta eléctrica durante un recorrido, dando la posibilidad de visualizar diversos parámetros sobre el estado ambiental y funcional de la bicicleta que son de interés en cualquier momento. A la vez que estos datos se pueden almacenar en una memoria para posteriormente volcarlos a un ordenador y analizarlos.

En este proyecto nos centramos en aquellos parámetros que se han considerado de interés y prácticos, dejando para un futuro la posibilidad de evolucionar hacia algo más complejo.

### 2.2. Justificación

En estos últimos años el desplazamiento en bicicleta en las grandes ciudades está en auge. A la vista está que cada vez son más los carriles bici que se crean e invaden las calles de Barcelona, reduciendo así el espacio de circulación para coches y demás vehículos.

Según estudios publicados por *Ecoinvent*, una e-bike genera unos 300 kg de CO<sub>2</sub> durante todo su ciclo de vida, recorriendo una media de veinte mil kilómetros. La extracción de los materiales y el ensamblado de la bicicleta representan el 60% del impacto ambiental. El 40% restante se divide en un 7% por su consumo eléctrico, un 29% corresponde al mantenimiento y repuesto de sus elementos y, finalmente, un 4% se achaca a la eliminación de los componentes al final de su uso.

Y sí, es un vehículo “limpio”. La Huella de Carbono de una eléctrica es 16 veces inferior a la de un coche convencional y 6 veces menor al de una moto de baja cilindrada. Aunque respecto a una bicicleta convencional, la eléctrica emite un 60% más de gases de efecto invernadero a la atmósfera [2].

El transporte en bicicleta gana adeptos y el desarrollo de esta unidad de adquisición de datos permite controlar y evaluar un recorrido en bicicleta eléctrica, siendo útil para el usuario, ya sea para su conocimiento in situ o para contrastar con la información que proporcionan otros dispositivos del mercado.

## 3. Entorno de la aplicación

### 3.1. Introducción

Hoy en día, movernos por la ciudad y sus alrededores es una necesidad indispensable para cualquiera de nuestras actividades cotidianas. Ya sea ir al trabajo, salir de compras o quedar con amigos.

La realidad es que cada vez es más difícil circular en coche por el cogollo urbano de las ciudades, no solo porque el tráfico es lentísimo sino porque hay cada vez más restricciones de velocidad, se está limitando la circulación a los residentes, o por los episodios de alta contaminación, entre otras medidas.

Esto ha hecho que en los últimos años el mercado de bicicletas haya aumentado a una velocidad sorprendente, pasando de los prototipos iniciales que se veían hace algunas décadas, a las bicicletas comerciales que han surgido en los últimos años y que podemos ver en la actualidad.

Así pues, cada año son más los ciudadanos que hacen uso de las bicicletas como medio de transporte urbano. Poco a poco vamos tomando ejemplo de otros países europeos como son Holanda, Suiza o Alemania, que llevan décadas moviéndose en bicicleta.

Podríamos enumerar diferentes motivos por los cuales los ciudadanos están apostando por el empleo de este medio de transporte.

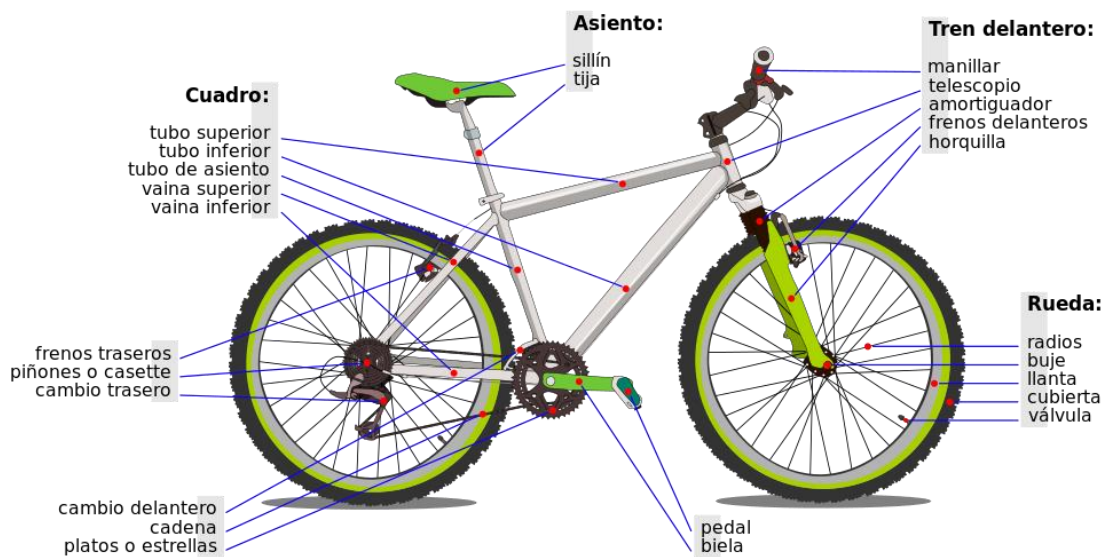
Por una parte, la aparición de la bicicleta eléctrica ha hecho posible que, al margen de la edad, uno pueda trasladarse cómodamente, económicamente y de manera saludable.

Cabe destacar también la iniciativa de algunos Ayuntamientos, como el de Madrid, Barcelona, Zaragoza, Valencia o Sevilla, que han instalado parques de alquiler y carriles bici, facilitando la aceptación y el empleo generalizado de este medio de transporte.

Además, se trata de un medio de transporte sostenible y una alternativa ecológica contra el cambio climático.

## 2. Elementos de una bicicleta.

La bicicleta, vulgarmente conocida como bici, se define como “vehículo de dos ruedas movido por una persona, provisto de un manillar en la parte delantera, un asiento para el conductor y dos pedales que transmiten el movimiento de las piernas a la rueda trasera mediante una cadena y un piñón.”



**Figura 2.** Componentes de una bicicleta (Fuente: [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org))

Este vehículo de transporte personal es propulsado por el usuario, con el esfuerzo muscular que dicho usuario realiza y que aplica a unos pedales que a la vez transmiten el movimiento a la rueda trasera a través de una cadena, un piñón y un plato.

A niveles generales la estructura de una bicicleta se compone de dos ruedas, que acostumbran a ser del mismo tamaño y perfectamente alineadas; un asiento donde reposar el cuerpo usuario, manillar para direccionar el movimiento de la bicicleta y un sistema de transmisión de pedales.



### 3.2. La historia de la bicicleta

La bicicleta, como la conocemos hoy en día ha sufrido muchas transformaciones a lo largo de los años de su existencia. Por encontrar un punto de partida es obligatorio citar al francés Sivrac, cuando en 1790 inventó el "celerífero": una máquina para correr consistente en dos ruedas alineadas, conectadas por una barra sobre la cual se montaba el deportista a horcajadas, impulsándose con los pies. Hasta entonces los distintos artilugios que se habían ideado tenían cuatro ruedas. En 1817, el barón alemán Karl von Drais añadió una dirección a la rueda delantera, lo cual permitía mantener el equilibrio sobre esta máquina. El uso de este "caballito de madera" (hobby- horse) se convirtió en una fiebre entre las clases altas de Francia, Alemania, Inglaterra y América.



Figura 3. Caballito de madera "hobby-horse" 1817 (Fuente: [www.pedrodelgado.com](http://www.pedrodelgado.com))

Siguieron las innovaciones, un herrero escocés, en 1839, Kirkpatrick Macmillan, construyó la primera bicicleta a pedales. La usó para realizar un viaje de ida y vuelta hasta Glasgow de 226 km, cubriendo un tramo de 65 km a una velocidad media de 13 km/h. Pero fue Francia quien más impulsó la fabricación de bicicletas.



Figura 4. Primera bicicleta a pedales de Macmillan, 1839 (Fuente: [www.pedrodelgado.com](http://www.pedrodelgado.com))

Un constructor de carrozas, Pierre Michaux, acopló bielas y pedales a la rueda delantera de un "hobby-horse" y llamó a su máquina, velocípedo. En 1866-67 presentó un modelo con una rueda delantera de mayor diámetro que la trasera, entre otras innovaciones. En 1869 se produjeron varios

inventos cruciales, como el buje de rodamientos, las ruedas con radios metálicos, los neumáticos de goma sólidos, la rueda libre, el guardabarros y un cambio de cuatro marchas.



**Figura 5.** Velocípedo de Michaux, 1866 (Fuente: [www.pedrodelgado.com](http://www.pedrodelgado.com))

Dado que los pedales y las bielas del velocípedo estaban acopladas a la rueda delantera, cuanto más grande fuera ésta, más rápido podía ir. A principios de los años 70 del pasado siglo, el velocípedo se había convertido en un alto biciclo, con una rueda delantera casi tan alta como un hombre, el mayor inconveniente estaba en la falta de estabilidad cuando la rueda tropezaba con un pequeño obstáculo.

En 1885, John Kemp Starley crea “la bicicleta de seguridad”, donde la rueda delantera es más pequeña y gracias al uso de los rodamientos, es propulsada por una cadena, se le acopló frenos, para una mayor seguridad. Añadiéndose poco después, 1888, los neumáticos desarrollados por John Boyd Dunlop, donde en su tubo interior se rellenan de aire, amortiguando parte del golpeteo contra los caminos.



**Figura 6.** Bicicleta de seguridad, 1885 (Fuente: [www.pedrodelgado.com](http://www.pedrodelgado.com))

La bicicleta de seguridad se extendió rápidamente por todo el mundo industrializado. En 1896, una bicicleta podía costar el salario de 3 meses de un trabajador medio, pero ya en 1909 se había reducido a menos de un mes de trabajo. Esta bicicleta tiene una gran semejanza con la bicicleta que todos conocemos hoy en día.



Cabe recordar que, en cumplimiento con la presente Directiva Europea, siempre deben conservar la capacidad de ser pedaleado por el conductor ya que por el contrario pasarían a ser consideradas como ciclomotores.



Figura 8. Componentes bicicleta eléctrica (Fuente: [www.medioambienteynaturaleza.com](http://www.medioambienteynaturaleza.com))

Aunque parezcan un invento moderno, las bicicletas eléctricas nacieron casi al mismo tiempo que las bicicletas tradicionales. En la década de 1890 se otorgaron varias patentes para motores de bicicletas eléctricas.

Sin embargo, no fue hasta la década de 1980 cuando realmente empezó a desarrollarse. La idea de fabricar bicicletas eléctricas estaba ya en la mente de los industriales en los años 20, pero la competencia de los motores de combustión interna incorporados a las bicicletas les otorgaba más velocidad y autonomía que si hubiese sido una batería eléctrica, echó por tierra sus planes.

En el comienzo del siglo XXI empieza un nuevo mundo moderno para la historia de las bicicletas eléctricas, Panasonic construye la bicicleta eléctrica más ligera del mercado, Honda prueba su primera plegable eléctrica, y de nuevo Panasonic emplea las baterías de ion Litio para revolucionar el mercado.

### El futuro para las bicicletas eléctricas

En el campo del desarrollo de nuevas tecnologías en las bicicletas eléctricas el cielo es el límite. Con la incorporación de nuevos materiales ultra ligeros y resistentes, se prevé un incremento en el número de bicicletas eléctricas en circulación.

## 3.4. Componentes principales de una e-Bike.

### 3.4.1. Controlador

Combina la información enviada por el sensor de pedaleo y un panel de control y envía energía al motor. Regula el caudal de energía eléctrica suministrada por la batería para poder alimentar al motor por medio de “impulsos”.

### 3.4.2. Sensor de pedaleo

Detecta la cadencia de pedaleo y envía la información al controlador.

### 3.4.3. Motor

Son motores *brushless*, sin escobillas, de alta eficiencia. Tiene la función de asistir en función del pedaleo del ciclista, porque se desconecta si el ciclista no pedalea o frena, por lo que éste siempre tendrá que poner un mínimo esfuerzo por su parte.

### 3.4.4. Acelerador

Independiente del pedaleo del ciclista, el acelerador sirve para alimentar al motor sin necesidad de pedalear, como si nuestra bicicleta eléctrica fuera una motocicleta. Este acelerador no se encuentra en todas las bicicletas eléctricas del mercado.

### 3.4.5. Baterías

La batería es el componente encargado de almacenar la electricidad y alimentar el sistema eléctrico de la bicicleta. La capacidad de almacenamiento y por tanto la autonomía de la que dispone toda bicicleta variará en función de la batería instalada.

La capacidad de energía que una batería puede almacenar está expresada en vatios a la hora (Wh), que es la resultante de multiplicar el Voltaje del sistema (V) por los Amperios a la hora que es capaz de proporcionar (Ah). Existen baterías que van desde 300 Wh hasta los 700 Wh. Las baterías más extendidas de casi todos los fabricantes rondan los 400 Wh.

La mayoría de las bicicletas eléctricas del mercado operan con baterías de 36V, formadas por 10 celdas, cada una de ellas de 3,6 V.



Figura 9. Ejemplo de batería (Fuente: [www.bikelec.es](http://www.bikelec.es))

Por otro lado, las celdas más usadas tienen una carga eléctrica de 2500 mAh (2,5 Ah). Por lo tanto, si usamos 10 celdas en paralelo, tendríamos una batería de  $36V \times 2,5Ah = 90 \text{ Wh}$ . Para duplicar la capacidad, tan solo hay que añadir en paralelo una celda más a cada una de las 10 conectadas en serie. Las baterías de gran capacidad pueden llegar a tener 6 en paralelo y 10 en serie, consiguiendo por lo tanto más de 500 Wh.

### Baterías Plomo-Ácido

Se instalaban en las primeras bicicletas eléctricas, se caracterizan por un elevado peso, factor que contrarresta con una buena fiabilidad y un buen precio de mercado. Tienen un largo ciclo de vida ya que están diseñadas para soportar ciclos profundos de carga y descarga.



Figura 10. Baterías de Plomo-ácido 12V 7,5 Ah. (Fuente: [www.etric.es](http://www.etric.es))

### Baterías Níquel-Cadmio (NiCd) y Níquel-Hidruro metálico (NiMH)

Un salto de calidad y ligereza lo proporcionaron las baterías de Níquel Cadmio (NiCd) y Níquel Metal Hidruro (NiMH). Las primeras están en desuso ya que el Cadmio es muy contaminante, además de su efecto memoria que requiere descargarlas primero para después cargarlas y que adquieran la máxima capacidad, también poseen una baja capacidad energética por unidad de peso y tienen una larga duración.



Figura 11. Baterías NiCd (Fuente: [www.demountainbike.com](http://www.demountainbike.com))

Una diferencia importante es que las baterías de NiMH prescindien del cadmio, que es muy caro y representa un peligro para el medio ambiente. Poseen una capacidad de carga que duplica o triplica la del NiCd y un efecto memoria mejorado.

La forma de las baterías puede ser tanto cilíndrica como prismática.



Figura 12. Baterías NiMH (Fuente: [www.google.es](http://www.google.es))

## Baterías Ión Litio (Li-Ion)

Actualmente son las más usadas. Son las menos contaminantes de todas y además son pequeñas y pesan poco, 4 veces menos que las de plomo, por ello se utiliza mucho en electrónica y en equipos portátiles, y se está investigando para utilizarlas en otros tipos de automóviles. Estas baterías no tienen efecto memoria por lo que podemos cargar en el momento que queramos sin tener que esperar a la descarga completa. El inconveniente principal es que aún siguen siendo caras.



Figura 13. Batería Li-Ion (Fuente: [www.google.es](http://www.google.es))

## Baterías Polímero de litio (LiPo)

La principal diferencia con las de Ión Litio es que las LiPo suelen ser más flexibles. Es decir, se curvan más fácilmente para adaptarlas a diseños curvados y son más resistentes a esfuerzos de deformación. El problema principal de las baterías de LiPo es que son más inflamables.



Figura 14. Batería LiPo (Fuente: [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org))



Tipo	Plomo (Pb)	Níquel-Cadmio (Ni-Cd)	Níquel-Hidruro (Ni-MH)	Iones de Litio (Li-ion)	Polímero de Litio (Li-Po)
Voltaje por Célula	2 V	1.2 V	1.2 V	3.7 V	3.7 V
Ah	7 – 960 Ah	0.5 – 1 Ah	0.5 – 10 Ah	-	-
Memoria	Medio	Muy Alto	Bajo	Inexistente	Inexistente
Potencia/Kilo	30 Wh/Kg	50 Wh/Kg	70 Wh/Kg	110-160 Wh/Kg	100-130 Wh/Kg
Sobrecarga	No soportado	Soportado	No recomendable	Soportado	Soportado
Descarga	No soportado	Necesaria	Recomendable	Fallo a -2.5 V	Fallo a -2.5 V
Nº de Recargas	1000 aprox.	500 aprox.	1000 aprox.	4000 aprox.	5000 aprox.
T de descarga/mes	5 %	30 %	20 %	6 %	6 %
Tiempo de carga	8 – 16 h	10 – 14 h	2 – 4 h	2 – 4 h	1 – 1.5 h

**Tabla 1.** Características de las baterías (Fuente: www.cochesrc.com)

### Expectativas de futuro

Parece que el formato de celdas cilíndricas basadas en Litio se ha implantado, pero la industria evoluciona constantemente y hay muchas investigaciones sobre nuevas tecnologías que posiblemente harán de las baterías el combustible del mañana. Entre las destacadas tenemos:

- **Baterías de Magnesio:** Con una capacidad de carga mayor, se sitúan como la solución más cercana en el tiempo. El potencial para usar ánodos metálicos de magnesio en baterías recargables trae importantes ventajas en términos de densidad de energía, costo y seguridad. Los ánodos de magnesio no forman dendritas, es decir, depósitos electroquímicos que podrían causar fallos de funcionamiento o cortocircuitos como ocurre en las baterías de iones de litio.

El magnesio también es muchísimo más abundante en la Tierra que el litio, y más fácil de reciclar. Claro que las baterías de magnesio también tienen sus propios desafíos, en particular lograr una larga vida útil.

- **Baterías de grafeno:** Estas baterías se deterioran más lentamente; son capaces de mantener su carga durante más tiempo. Son más ecológicas y menos dañinas para el medio ambiente. El principal problema es la degradación del material con su uso y la necesidad de un material de soporte. Sin embargo, en la mayoría de los casos este soporte supone una gran cantidad de material, añadiendo peso a la estructura

### 3.5. La normativa

Las bicicletas eléctricas están sometidas a la legislación sobre vehículos a motor, y deben cumplir las normas estatales indicadas en el Artículo 22 del Real Decreto 2822/1998, de 23 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento General de Vehículos y las europeas (Directiva 2002/24/EC).

Para que una bicicleta esté homologada como bicicleta eléctrica, debe cumplir los siguientes requisitos:

- El motor puede proporcionar empuje, hasta una velocidad máxima de 25 km/h, a partir de la cual, el motor se debe detener automáticamente.
- El motor sólo debe activarse mientras se pedalea y debe detenerse cuando no se pedalea.
- La potencia del motor no debe superar los 250 vatios nominales.
- Además, deben cumplir la misma normativa que las de las bicis convencionales, por lo que debe disponer de dos frenos (delantero y trasero) y timbre.
- Para conducir de noche, la bici debe disponer de catadióptricos (en laterales, trasera y pedales) y luces de posición (delantera y trasera).

## 4. Especificaciones básicas

El prototipo diseñado consta de unos elementos de hardware incorporados en una placa de circuito impreso que realizará la función de unidad de captación y visualización de datos. Dicha unidad permite recoger los datos que provengan de los diferentes sensores, almacenarlos en una memoria externa a la vez que se visualizan en una pantalla LCD e incluso en un Smartphone.

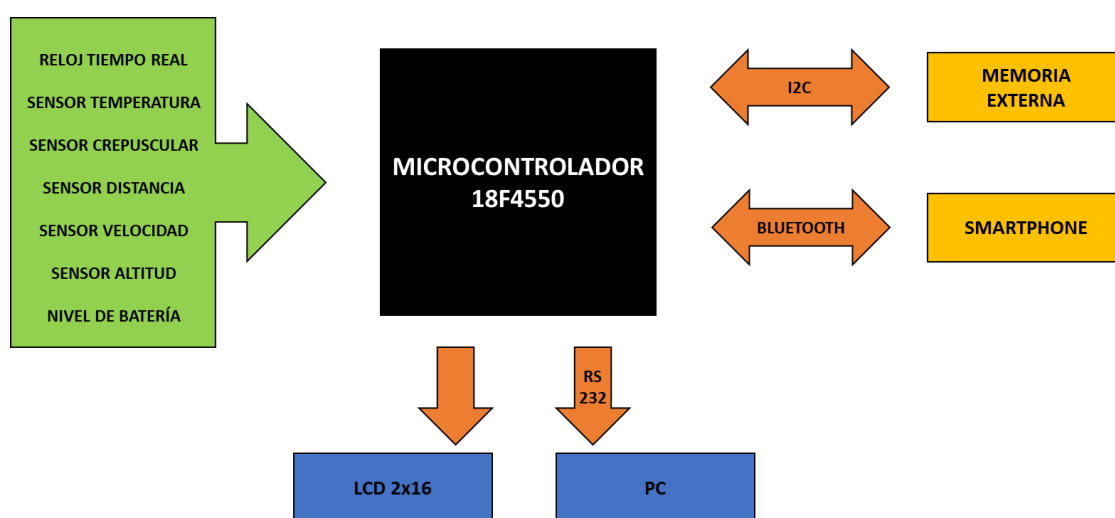


Figura 15. Diagrama de bloques (Fuente: propia)

En cuanto a la parte software, se han utilizado los programas *Proteus* y *PIC C Compiler*. El primero de ellos para emular el circuito en un entorno PC y el segundo para la programación de las diferentes rutinas del programa. Para la conexión entre PC y el prototipo se ha utilizado el *PICKit 3*, que permite la depuración y programación de los microcontroladores PIC. El *PICKit 3* se conecta al PC mediante una interfaz USB.

Para que la unidad de adquisición de datos funcione y realice la captación y transmisión de datos se le ha dotado de los siguientes componentes:

- Un microcontrolador.
- Sensores varios para obtener los parámetros de control deseados.
- Una memoria externa para almacenar los datos sensados.
- Una pantalla LCD para mostrar los datos que se obtienen en tiempo real.
- Un puerto RS232 para la comunicación con el ordenador.

- Un módulo Bluetooth para la comunicación con el Smartphone.

Por último, los sensores deben ser capaces de medir entre los rangos de medidas o las características que se definen:

Parámetro	Rango / Característica
Temperatura ambiente	-5 a +45 °C
Iluminación	Detección de la variación de iluminación
Velocidad	0 a 100 km/h
Distancia	Km. recorridos
Altitud	0 a 3000 m.
Nivel de carga de batería	0 a 100 %

**Tabla 2.** Características básicas para la captación de parámetros

## 5. Opciones estudiadas

Para el desarrollo de la unidad se tienen en cuenta las especificaciones que debe cumplir y para ello se le dotará de los siguientes componentes:

- Microcontrolador
- Sensores
- LCD
- Memoria externa
- Comunicación a PC
- Comunicación a Smartphone

Además de estos componentes principales, se le ha añadido todo material electrónico que es necesario para el cableado y la transmisión de datos.

A la hora de seleccionar los componentes se ha realizado una búsqueda y posterior estudio sobre alternativas de diferentes componentes que podrían ser utilizados, valorando las características, calidad y el precio del mismo.

A continuación, se desglosan los componentes encontrados para la fabricación de la placa, sus características y un análisis de las ventajas y desventajas que se han destacado.

## 5.1. Microcontrolador

Es el componente principal del proyecto, definido como un circuito integrado programable, capaz de ejecutar diferentes instrucciones de forma secuencial con el fin de controlar o automatizar algún proceso. Compuesto principalmente por cuatro unidades funcionales:



Figura 16. Partes principales de un microcontrolador (Fuente: www.youtube.com)

1. **Memoria:** donde se encuentran las funciones que puede ejecutar, el código con las instrucciones que puede ejecutar y todos los datos y cálculos volátiles que ayudan con la ejecución de los códigos.
2. **Unidad de procesamiento:** se encarga de ejecutar las instrucciones programadas en la memoria.
3. **Periféricos:** ayudan en la ejecución de las instrucciones, tales como temporizadores convertidores ADC, puertos de comunicación y contadores
4. **Puertos I/O:** se leen señales del exterior, se programan señales para controlar elementos externos y permiten la comunicación con otros microcontroladores.

El propósito fundamental de los microcontroladores es el de leer y ejecutar los programas que el usuario le escribe, es por esto que la programación es una actividad básica e indispensable cuando se diseñan circuitos y sistemas que los incluyan. El carácter programable de los microcontroladores simplifica el diseño de circuitos electrónicos.

Los microcontroladores seleccionados son los llamados PIC (*Peripheral Interface Controller*) fabricados por *Microchip Technology Inc.* Todos los microcontroladores están derivados del PIC originario PIC1650. Esta marca de microcontrolador tiene una gran variedad de familias con gran cantidad de unidades funcionales (Convertidores A/D, temporizadores, USB, etc).

Algunas de las características ofrecidas por estos microcontroladores de Microchip han hecho que sean los elegidos:

- Sencillez de programación, manejo y grabación.
- Dispone de gran variedad de herramientas tanto software como hardware.
- Alta velocidad, bajo consumo y tamaño reducido.
- Bajo precio.

Dentro de la gama de PICs de 8bits se pueden encontrar varias familias. PIC10, PIC12, PIC14, PIC16, PIC18, siendo la más potente la familia de los PIC18. Destacan por tener una gran memoria de programa y de variables.

La elección se ha decantado por la familia 18F considerandos de alto desempeño y tienen entre sus miembros a PIC con módulos de comunicación y protocolos avanzados (USB, Ethernet, Zigbee por ejemplo).

Para la elección del microcontrolador se han valorado dos opciones: el PIC18F2520 y el PIC18F4550

#### **5.1.1. PIC18F2520**

La primera opción estudiada es el microcontrolador PIC18F2520 de 8 bits de alto desempeño, dispone de algunas características generales:

- Tecnología CMOS.
- Oscilador externo hasta 40Mhz.
- Velocidad de la CPU hasta 10 MIPS
- 32 KB de memoria de programa de tipo Flash.
- 1535 Bytes de memoria RAM.
- 256 Bytes de memoria de datos de tipo EEPROM.
- 24 pines de Entrada/Salida disponibles.
- 3 temporizadores de 16bits y 1 temporizador de 8bits.
- EUSART, SPI, I<sup>2</sup>C
- 19 fuentes de interrupciones
- Voltaje de operación 4.2V a 5.5V
- 25mA de corriente suministrada/admitida por cada pata.

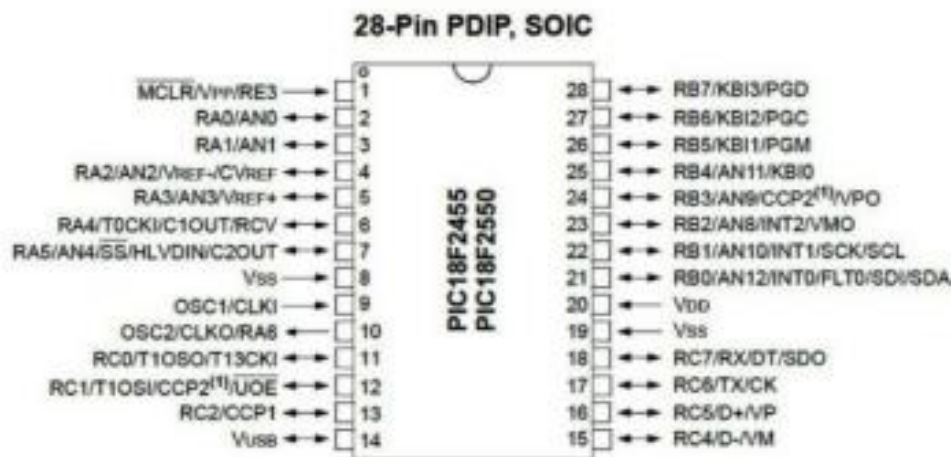


Figura 17. Pinaje PIC18F2550 (Fuente: Datasheet)

### Puertos de Entrada / Salida

Se pueden encontrar tres puertos distintos para el PIC 18F2520, Puerto A (formado por 6 pines de comunicación bidireccional con el exterior), Puerto B (con 8 pines de comunicación bidireccional), Puerto C (con 8 pines de comunicación bidireccional). Todos actúan como pines de entrada/salida digital, adicionalmente pueden encontrarse 10 pines de entrada analógica para el módulo de conversión AD, multiplexados sobre los puertos digitales, por lo que se deberá configurar por software, la función de cada pin y que módulos, de los asociados a los pines estarán activos o no.

#### 5.1.2. PIC18F4550

El segundo microcontrolador es el PIC18F4550, también de la familia de los 18F, es uno de los más reconocidos y usados en todos los campos. Las características generales son las siguientes:

- Tecnología *nanoWatt* que brinda características y funciones de bajo consumo y ahorro de energía.
- Oscilador externo hasta 48Mhz.
- Velocidad de la CPU 12 MIPS
- 32 KB de memoria de programa de tipo Flash.
- 2048 Bytes de memoria RAM.
- 256 Bytes de memoria de datos de tipo EEPROM.
- 35 pines Entrada/Salida disponibles.



- 3 temporizadores de 16bits y 1 temporizador de 8bits.
- Comunicación EUSART, SPP, SPI, I<sup>2</sup>C.
- Voltaje de operación 4.2V a 5.5V.
- 25mA de corriente suministrada/admitida por cada pata.

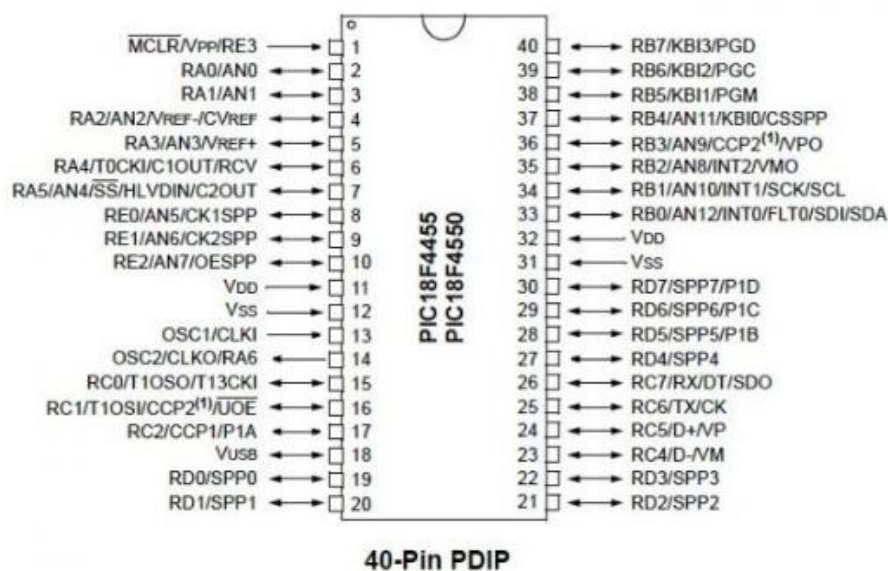


Figura 18. Pinaje PIC18F4550 (Fuente: Datasheet)

### Puertos de Entrada / Salida

Dispone de 5 puertos, repartiendo los 35 pines E/S de la siguiente manera; Puerto A (formado por 6 pines), Puerto B (con 8 pines), Puerto C (con 8 pines), Puerto D (con 8 pines) y por último el puerto E (con 5 pines). El microcontrolador dispone de 13 entradas de tipo analógica, con su respectivo convertidor A/D de 10 bits en cada una de ellas.

## 5.2. Sensores

Un sensor es un dispositivo que detecta una determinada acción externa y la transmite adecuadamente.

La unidad electrónica va a estar dotada de elementos y sensores para medir los siguientes parámetros:

- Reloj en tiempo real

- Temperatura ambiente
- Iluminación
- Distancia
- Velocidad
- Altitud
- Nivel de carga de batería

Por lo que es necesario encontrar y seleccionar los componentes que mejor se adapten al medio.

### 5.2.1. Temperatura ambiente

Se adquirirá la temperatura ambiente a la que está circulando el usuario durante el recorrido de modo que se puede hacer una idea de las condiciones en las que se hace uso de la bicicleta permitiendo tomar la decisión de, por ejemplo, ingerir agua en épocas de alta temperatura para no sufrir un golpe de calor.

Para la obtención de este parámetro, se han estudiado dos tipos de sensores:

- Termómetro digital DS1621
- Sensor de temperatura analógico LM35

#### Termómetro digital DS1621

El termómetro y termostato DS1621 es un convertidor de temperatura a digital con salida de alarma de exceso/defecto de temperatura. La temperatura se suministra como un valor de 9 bits. Las aplicaciones incluyen PC, teléfonos móviles, equipos de oficina y registradores de datos.

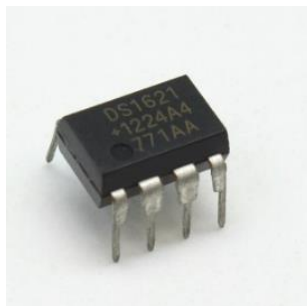


Figura 19. Termómetro digital DS1621 (Fuente: [www.rs-online.com](http://www.rs-online.com))

Parámetro	Valor
Tensión alimentación	2,7...5,5 V
Rango de temperatura	-55...+125 °C
Tiempo conversión	750 ms
Salida datos	Bus I2C

**Tabla 3.** Características Termómetro digital DS1261 (Fuente: Datasheet)

### Sensor de temperatura analógico LM35

El sensor LM35 proporciona una tensión de salida de 10 mV/°C directamente proporcional a la temperatura del dispositivo. El LM35 es adecuado para diversas aplicaciones incluidas electrodomésticos, teléfonos móviles, juegos, discos duros, gestión de baterías, instrumentos médicos portátiles e impresoras.



**Figura 20.** Sensor LM35 (Fuente: www.rs-online.com)

Parámetro	Valor
Tensión alimentación	4...30 V
Rango de temperatura	40...+110°C
Ganancia del sensor	10mV/°C

**Tabla 4.** Características Sensor LM35 (Fuente: Datasheet)

### 5.2.2. Iluminación

Instalamos un sensor crepuscular para medir la cantidad de luz que hay durante el recorrido, de modo que, a partir de un valor de referencia, se encienda un dispositivo de iluminación para mejorar la visibilidad.

## Fotorresistencia LDR05

Una fotorresistencia es un componente electrónico cuya resistencia depende de la cantidad de luz que recibe. A mayor cantidad de luz menor resistencia presentará. También conocido como LDR, del inglés *Ligh Dependent Resistor*, resistencia dependiente de la luz. Su funcionamiento está basado en el efecto fotoeléctrico. Una fotorresistencia es un semiconductor de alta resistencia, que al recibir luz hace que el material conduzca mucho mejor la electricidad, con lo cual baja su resistencia.

La variación de la resistencia al recibir la luz tiene un cierto retardo, de modo que estos componentes no se pueden utilizar en aplicaciones que requieran de velocidades casi instantáneas. Como no es nuestro caso, vamos a utilizar un fotorresistor *LDR 50-100K 100MW*.



Figura 21. Fotorresistencia LDR (Fuente: [www.rs-online.com](http://www.rs-online.com))

Parámetro	Valor
Potencia	100mW
Resistencia a 10lx	45...140kΩ
Montaje	THT
Tensión de alimentación	150VCC

Tabla 5. Características Fotorresistencia LDR (Fuente: Datasheet)

### 5.2.3. Velocidad

Otro de los requisitos del dispositivo es la posibilidad de captar y visualizar la velocidad durante el recorrido del usuario.

Se han estudiado dos opciones, la primera, más compleja, con la intención de realizar la comunicación vía I2C al igual que el termómetro digital DS1621 y el RTC DS1307, mientras que la segunda opción es más habitual y comercializada.

- Acelerómetro ADXL345
- Sensor de efecto Hall

### Acelerómetro ADXL345

El ADXL345 es un acelerómetro micromecanizado (MEMS) capacitivo que detecta la aceleración en los ejes X, Y y Z. También es posible determinar la orientación del sensor, gracias a la acción de la fuerza de la gravedad.

Es un dispositivo de ultra bajo consumo, con 45  $\mu\text{A}$  en modo de medición y 0.1  $\mu\text{A}$  en standby. Además, dispone de un bloque de memoria FIFO que almacena hasta 32 conjuntos X, Y, Z.

La comunicación puede realizarse tanto por bus SPI como por bus I2C, por lo que es sencillo obtener los datos medidos. La tensión de alimentación es de bajo voltaje entre 2.0 a 3.6V.

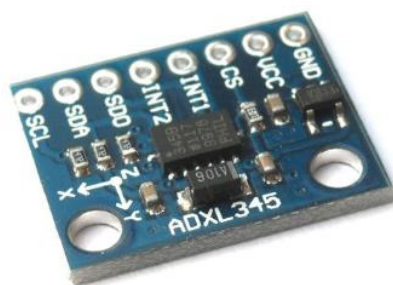


Figura 22. Acelerómetro ADXL345 (Fuente: [www.geekbotelectronics.com](http://www.geekbotelectronics.com))

Parámetro	Valor
Tensión alimentación	0...3,6Vdc
Aceleración	+/- 16g
Interfaz	I2C

Tabla 6. Características Acelerómetro ADXL345 (Fuente: Datasheet)

### Sensor efecto Hall

El sensor efecto hall es un dispositivo que capta la presencia de un campo magnético y producen un voltaje como respuesta.

Cuando un flujo de corriente circula por un material no expuesto a un campo magnético, las líneas equipotenciales que cruzan perpendicularmente por este flujo son líneas rectas. La salida de estos dispositivos tiene la característica de activarse estado *High* cuando un campo magnético externo excede el punto de operación  $B_{OP}$ . De la misma forma el voltaje de salida se desactiva *low* cuando el campo magnético se reduce por debajo del punto  $B_{RP}$ . En la región entre los puntos  $B_{RP}$  y  $B_{OP}$  se encuentra la histéresis o zona de *output state* en la que el sensor tiende a mantenerse activo. Se ha comprobado que en esa zona el tiempo de caída del estado a activo a desactivarse es inferior a 400ns y por lo tanto mientras el sensor se mantenga en histéresis es físicamente imposible que un ser humano alcance velocidades para realizar una segunda cuenta.



Figura 23. Sensor Hall SS461C

Parámetro	Valor
Tensión alimentación	4...24Vdc
Corriente salida	20mA
Vsat	0,4V
Resistencia térmica	303°C/W
Temperatura funcionamiento	-40...85°C

Tabla 7. Características Sensor Hall (Fuente: Datasheet)

#### 5.2.4. Distancia

Otro de los parámetros definidos es la distancia recorrida por el usuario, que para la obtención se usará el mismo sensor de efecto Hall, una solución más que contrastada y utilizada en multitud de aplicaciones.

### 5.2.5. Altitud

El método más habitual para determinar la altitud es por el uso de la presión barométrica. Sin embargo, no se hace tan fácilmente. La relación de altitud-presión no es lineal, es en realidad bastante compleja y depende de varios factores, tales como la temperatura y la humedad del aire.

La presión atmosférica disminuye al aumentar la altura a la que nos encontramos sobre el nivel del mar. Sin embargo, esta disminución no es uniforme, ya que al principio disminuye más rápidamente que después, debido a que la atmósfera va perdiendo densidad a medida que vamos ascendiendo.

#### Sensor de presión y altímetro digital MPX4115

Este sensor está diseñado para la medida de la presión absoluta (SBPA) o la altura, y proporciona una señal de salida analógica compensada en temperatura. El sensor contiene un delgado diafragma que es presionado en mayor o menor grado por la presión atmosférica. Un elemento piezoeléctrico, unido a lo largo del flanco del diafragma, sigue fielmente sus movimientos. Al hacer esto, su resistencia varía en proporción directa al movimiento, y éste a su vez a la presión barométrica. En otras palabras, el sensor se comporta como un potenciómetro.

Cuando se aplica una tensión en los extremos del sensor, la tensión de salida resultante varía en relación directa con las variaciones de presión. En este tipo de sensor de valor absoluto, el espacio debajo del diafragma está aislado del resto del entorno y evacuado a una presión de referencia. La tensión de salida es proporcional a la presión atmosférica absoluta, lo que lo hace idóneo para su empleo como barómetro. El sensor proporciona una señal de salida comprendida entre 0,13 y 4,725 voltios, tensión que es directamente proporcional al rango 15 y 115 kPa.



Figura 24. Sensor de presión y altímetro digital MPX4115 (Fuente: [www.rs-online.com](http://www.rs-online.com))

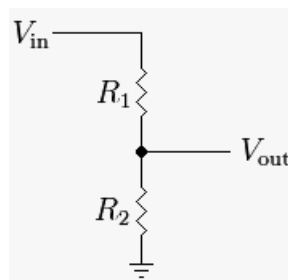
Parámetro	Valor
Tensión alimentación	4,5...5,35 V
Rango de medición	15...115 kPa
Ganancia del sensor	46 mV/kPa

**Tabla 8.** Características Sensor de presión y altímetro digital MPX4115 (Fuente: Datasheet)

### 5.2.6. Estado carga de batería

Otra de las características de la unidad es poder visualizar en todo momento el estado de carga de la batería. Una tensión habitual de las baterías de las e-bikes es de 36V a plena carga, mientras que se considera descarga con una tensión de 27,5V, ya que, para una batería compuesta por 10 celdas, cada celda se considera descargada con una tensión inferior a 2,75V.

Teniendo presente que la lectura de la tensión del microprocesador no puede superar los 5V se diseña un divisor de tensión alimentado con el voltaje máximo de la batería.



**Figura 25.** Circuito divisor de tensión

De modo que el valor de las resistencias normalizadas seleccionadas son  $R1= 33 \text{ k}\Omega$  y  $R2=3,9 \text{ k}\Omega$ .

$$V_{out} = V_{in} \cdot \frac{R_2}{(R_1+R_2)} \quad (\text{Ec. 1})$$

$$V_{max} = 36 \cdot \frac{3,9 \text{ k}\Omega}{(33 \text{ k}\Omega+3,9 \text{ k}\Omega)} = 3,8 \text{ V} \quad (\text{Ec. 2})$$

$$V_{min} = 27,5 \cdot \frac{3,9 \text{ k}\Omega}{(33 \text{ k}\Omega+3,9 \text{ k}\Omega)} = 2,9 \text{ V} \quad (\text{Ec. 3})$$

Como se observa en los cálculos anteriores, el rango de voltajes mínimo y máximo es entre 2,9 y 3,8 Volts, rango válido para ser medido en el puerto RA que convierte la señal analógica en señal digital.



## 5.3. Elementos auxiliares

En este apartado se describen aquellos elementos que forman parte del desarrollo del dispositivo y que no son el microcontrolador ni los sensores de parámetros: reloj en tiempo real, pantalla LCD, memoria externa y módulo Bluetooth.

### 5.3.1. Reloj en tiempo real

Otro de los componentes necesarios es el reloj, utilizado para asignar la variable de tiempo y fecha a la hora de captar los parámetros definidos.

#### Reloj en tiempo real (RTC) DS1307

Este es un reloj de tiempo real con batería de respaldo (RTC – *Real Time Clock*) que permite al microcontrolador mantener tiempo; hora y fecha, aún si el circuito electrónico en el que se encuentra se queda sin energía. Cualquier microcontrolador de 5V con protocolo de comunicación I2C integrado puede utilizar fácilmente el DS1307

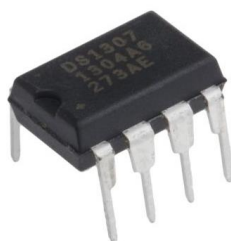


Figura 26. Reloj en tiempo real DS1307 (Fuente: [www.rs-online.com](http://www.rs-online.com))

Parámetro	Valor
Tensión alimentación	4,5...5,5 V
Tipo bus	I2C
Temperatura funcionamiento	0...+70°C

Tabla 9. Características Reloj en tiempo real DS1307 (Fuente: Datasheet)

### 5.3.2. Pantalla LCD

En el mercado electrónico, se puede encontrar una gran variedad de LCD. La utilidad principal que le daremos a este elemento electrónico será la de mostrar un menú, con las diferentes acciones que se puedan realizar y que muestre los valores obtenidos por los diferentes sensores durante un tiempo determinado.

Como ya se ha comentado anteriormente existen multitud de pantallas LCD, por lo que se ha valorado dos alternativas: Una LCD 2x16, tiene 2 filas y 16 columnas u otra posible opción sería el LCD 4x16, que tiene 4 filas y 16 columnas.



Figura 27. LCD 2x16 (Fuente: [www.programarpicenc.com](http://www.programarpicenc.com))



Figura 28. LCD 4x16 (Fuente: <http://www.nanoelektronika.si>)

### 5.3.3. Memoria externa

En la tarjeta de adquisición y monitorización de datos, una parte esencial, es el guardar los datos que se vayan obteniendo mediante los diferentes sensores que tiene el dispositivo, para que posteriormente estos datos almacenados sean transmitidos mediante puerto USB al PC.

El microcontrolador tiene una memoria interna, capaz de almacenar una cantidad de datos determinada. Se considera que dicha memoria interna del microcontrolador no es suficiente para almacenar los datos obtenidos durante un cierto instante de tiempo.

Por lo que difiere a los distintos tipos de memoria externas válidas para esta aplicación, se han seleccionado tres tipos de memorias:

- EEPROM
- Flash
- SD

A continuación, se van a describir brevemente las principales características de los diferentes tipos de memoria externas que se han comentado anteriormente.

### Memoria EEPROM

El significado de las siglas Eeprom es *Electrically-Erasable Programmable Read-Only Memory*, es decir, programable y borrable eléctricamente. La principal característica de dicha memoria es que permite el almacenamiento de datos mediante la operación de voltajes.

Después de haber observado las diferentes características de dichas memorias, los tres factores que decidirán que memoria será seleccionada son los siguientes:

- La capacidad de la memoria, depende de la cantidad de datos que se almacenen.
- La velocidad de transmisión de los datos.
- El tipo de comunicación memoria versus microcontrolador.



Figura 29. Memoria EEPROM 24LC256 (Fuente: [www.diotronic.com](http://www.diotronic.com))

### Memoria Flash

La memoria Flash proviene de una evolución de la memoria Eeprom. La diferencia con las Eeprom, es que las Flash guardan los datos en distintas celdas de memoria. Tiene el inconveniente

de que se pueden escribir y borrar una cantidad limitada de veces. Es habitual antes de que suceda este hecho, guardar los datos en celdas de la memoria no utilizadas anteriormente.



Figura 30. Dispositivos de almacenamiento de memoria Flash (Fuente: [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org))

### Memoria SD (Secure Digital)

Como la memoria Flash, la memoria SD proviene de la Eeprom. Las características de las SD son similares a las de la memoria Flash. Su particularidad es que se borran en bloques entre 512 bytes y 256 KB. Actualmente, este tipo de memoria es muy utilizado debido a que los dispositivos electrónicos requieren de gran capacidad de almacenamiento y el que el tamaño de la memoria sea mínimo.

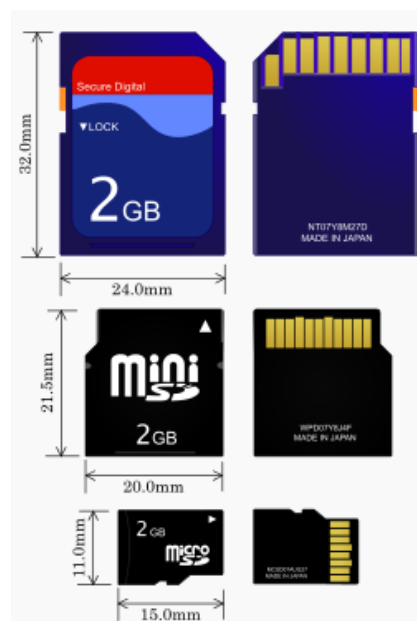


Figura 31. Evolución tarjetas de memoria SD (Fuente: [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org))

Tipo de Memoria	Comunicación	Capacidad
SD	SPI	128 MB – 2 TB
Flash	SPI o I2C	512 MB – 128 GB
Eeprom	I2C, SPI, Microwire, UNI/O, MAC	128 bytes – 1 MB

**Tabla 10.** Características memorias de datos

#### 5.3.4. Módulo Bluetooth

El futuro es inalámbrico, y la tecnología Bluetooth es una de las soluciones en el mundo de los aficionados a la electrónica, donde el enlace de datos “sin vínculo físico” debe ser robusto, confiable y seguro. El módulo de bluetooth HC-05 es el que ofrece una mejor relación de precio y características, ya que es un módulo Maestro-Eslavo, quiere decir que además de recibir conexiones, también es capaz de generar conexiones hacia otros dispositivos bluetooth.



**Figura 32.** Módulo Bluetooth HC-05 (Fuente: [www.rs-online.com](http://www.rs-online.com))

Parámetro	Valor
Tensión alimentación	3,3...6 V
Protocolo Bluetooth	v1.1 / 2.0.
Temperatura funcionamiento	-5...+45 °C

**Tabla 11.** Características Módulo Bluetooth HC-05 (Fuente: Datasheet)

### 5.3.5. Regulador de tensión

Para el funcionamiento de la unidad electrónica se necesita un voltaje de entrada de unos 5V. El diseño es portátil, por lo que se decide alimentar con una pila de 9 V.



Figura 33. Pila 9 V (Fuente: [www.amazon.es](http://www.amazon.es))

Como estamos obligados a reducir la tensión, se instala en el diseño un regulador de voltaje, el LM7805, se trata de un dispositivo electrónico que tiene la capacidad de regular voltaje positivo de 5V a 1A de corriente. Voltaje de entrada máximo es 35 V, por lo que no es un problema..

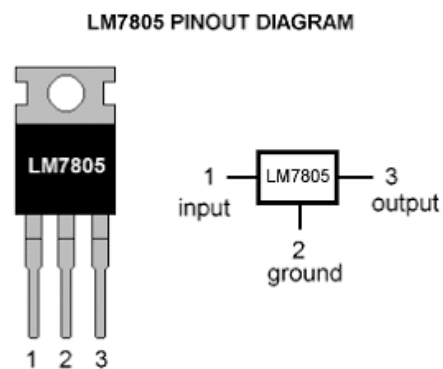


Figura 34. Pinaje LM7805 (Fuente: Datasheet)

## 6. Solución escogida

En este capítulo se explica la selección de los diferentes componentes escogidos para el desarrollo de la unidad de adquisición y monitorización de datos.

En la siguiente tabla se podrán visualizar los elementos seleccionados:

Componente	Solución comercial	Prototipo
Microcontrolador	PIC 18F4550	PIC 18F4550
Sensor temperatura ambiente	Termómetro digital DS1621	Termómetro digital DS1621
Sensor crepuscular	Fotorresistencia LDR05	Fotorresistencia LDR05
Sensor distancia	Sensor efecto Hall	Sensor efecto Hall
Sensor velocidad	Sensor efecto Hall	Sensor efecto Hall
Sensor altitud	Altímetro digital MPX4115	Potenciómetro
Control de nivel de carga	Divisor de tensión	Potenciómetro
Reloj en tiempo real	RTC DS1307	RTC DS1307
LCD	Teclado 2x16	Teclado 2x16
Memoria externa	Memoria EEPROM I2C 24LC256	Memoria EEPROM I2C 24LC256
Comunicación PC	Bus serie RS232 - USB	Bus serie RS232 - USB
Comunicación Smartphone	Módulo Bluetooth HC05	Módulo Bluetooth HC05

**Tabla 12.** Listado de componentes seleccionados

## 6.1. Microcontrolador

Sobre el análisis de los microcontroladores, comparando prestaciones y características principales que se pueden ver en la tabla 13, son básicamente iguales.

Entre algunas de las diferencias, se encuentra el número de pines del dispositivo, mientras que el PIC18F2550 es un encapsulado de 28 pines, 24 de los cuales son E/S (10 de las cuales ADC), el 18F4550 tiene un total de 40 pines, con 35 E/S (13 del tipo ADC).

La decisión se ha tomado durante el desarrollo de la unidad. El PIC18F2550 ha dado problemas durante la programación y simulación de algunas funciones y se decidió probar el PIC18F4550 que ha resultado ser el seleccionado. Además de disponer de más pines de E/S para realizar pruebas durante la etapa de desarrollo.

Características	PIC18F2550	PIC18F4550
Tensión de alimentación	4,2...5,5 V	4,2...5,5 V
Memoria de programa	32Kb	32Kb
Memoria de datos	256 Bytes	256 Bytes
Entradas / Salidas	24	35
Canales ADC	10	13
Comunicación I2C	Si	Si

**Tabla 13.** Listado de componentes seleccionados

La comunicación por el bus I2C es uno de los requisitos definidos a la hora de realizar el proyecto y ambos microcontroladores disponen de este bus de comunicación que a continuación se explica su funcionamiento.

### Protocolo de comunicación I2C

Este tipo de bus serie ha sido desarrollado por Philips y utiliza solo dos hilos para la transmisión de datos, alcanza una velocidad máxima de transferencia 400 Kbps. Es capaz de interconectar hasta 128



dispositivos situados a gran distancia. El bus tiene una tensión de alimentación de 3,3V a 5V.

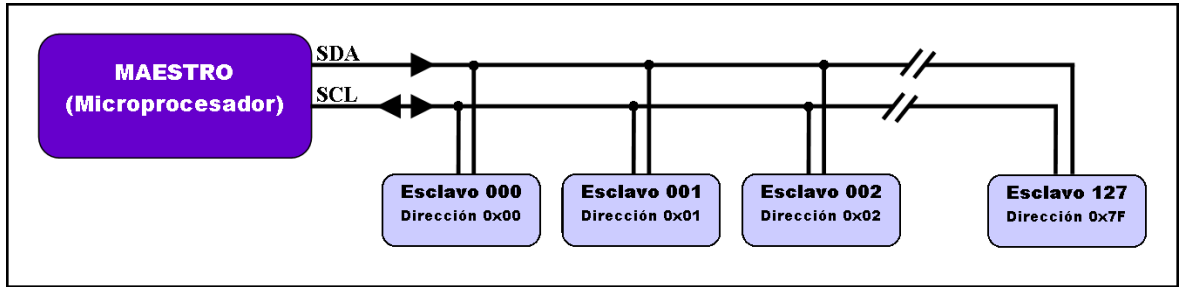


Figura 35: Diagrama conexión bus I2C (Fuente: Google)

El dispositivo maestro es el que inicia y termina la transferencia y genera la señal de reloj. El esclavo es el dispositivo direccionado por el master, mediante 7 bits, lo que limita el número de dispositivos a 128.

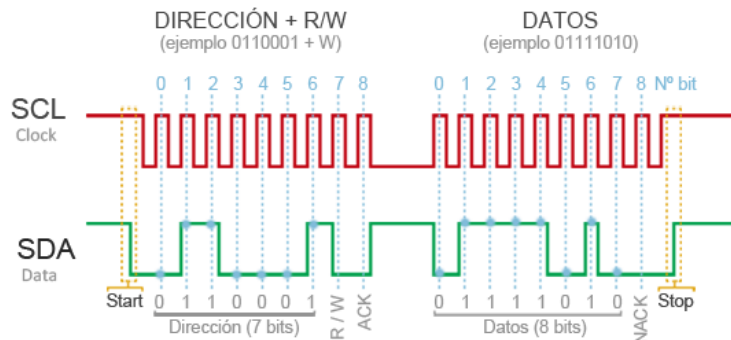


Figura 36. Secuencia comunicación I2C (Fuente: Google)

El inicio de la transmisión se determina con el bit de Inicio (*Start*) y el final con otro bit de Paro (*Stop*). El bus serie de 2 hilos utiliza uno de ellos para transferir datos (SDA) y el otro para la señal de reloj (SCL).

Tras iniciar la transmisión se envía la dirección del dispositivo de 7 bits, a lo que le sigue el bit de Lectura/Escritura (*Read/Write*). Los datos se transmiten con longitud byte y al finalizar cada uno se inserta un bit de reconocimiento ACK.

## 6.2. Sensores

### 6.2.1. Temperatura ambiente

Una vez vistos los dos elementos estudiados, el sensor de temperatura escogido ha sido el termómetro digital DS1621. En comparación con el LM35 es más caro, pero este dispositivo utiliza el interfaz I2C explicado con anterioridad, característica decisiva para su elección.

### 6.2.2. Iluminación

Al tratarse de un recurso muy económico y estándar, además de ser el dispositivo más utilizado y estandarizado para este tipo de solución, se ha seleccionado la fotorresistencia como solución del sensor de iluminación.

### 6.2.3. Velocidad

Después de valorar las dos opciones para captar la velocidad del vehículo, se ha seleccionado el sensor de Efecto Hall. Como en otras ocasiones, el principal motivo para la selección de dicho sensor ha sido la relación fiabilidad-económica.

### 6.2.4. Distancia

Como en el parámetro anterior, se utiliza el mismo sensor de Efecto Hall para parametrizar el valor de distancia recorrida.

### 6.2.5. Altitud

En cuanto al parámetro de altitud, para el prototipo de pruebas se ha optado por una solución de potenciómetro simulador de sensor de presión, ya que se trata de un medio económico y reduce los costes. La simulación sería sencilla ya que con la variación de la resistencia del potenciómetro se variaría la altitud. El requisito de esta solución es programar la variación del potenciómetro para que sea equivalente a un aumento o disminución de altitud.

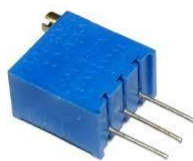


Figura 37. Potenciómetro 50K $\Omega$  (Fuente: [www.rs-online.com](http://www.rs-online.com))

Para la unidad comercial se selecciona el altímetro digital MPX4115, se trata de un sensor que funciona en un rango desde 1.151 milibares hasta 0,15 milibares. O sea que funciona desde unas decenas de metros más abajo del nivel del mar, suponiendo que el nivel del mar esté a 1.013 milibares, hasta miles de metros de altura. Y su salida puede variar desde 0,2 a 4,8 volts por lo que es ideal para el ADC del microcontrolador.

#### 6.2.6. Estado carga de batería

Para simular en el prototipo un parámetro que indique el estado de carga de la batería de la bicicleta se ha optado por otro potenciómetro de ajuste 0...50 k $\Omega$  de 23 vueltas, igual que para la solución de la altitud, se programa mediante software de modo que se visualice en una escala de 0 a 100 de carga.



Figura 38. Potenciómetro VISHAY 50k $\Omega$  (Fuente: [www.rs-online.com](http://www.rs-online.com))

En la unidad comercial se debe tener en cuenta que para leer los datos de tensión que proporciona la batería, el voltaje de entrada al puerto del microcontrolador nunca debe superar los 5V y se dotará de un divisor de tensión

### 6.3. LCD

El LCD que se ha escogido es el LCD 2x16, dispone de espacio suficiente para mostrar los caracteres en pantalla y con un precio inferior a la LCD 4x16.

### 6.4. Memoria externa

Una vez vistas las características de las memorias y las diferentes prestaciones, el modelo escogido es una memoria del tipo EEPROM 24LC256.



Figura 39. Memoria 24LC256 (Fuente: www.microchip.com)

Características	Valor
Tamaño de memoria	256Kbit (x8)
Bus comunicación	I2C
Rango de temperatura	-40...+125°C
Tensión de alimentación	2,5...5,5 V

Tabla 14. Características Memoria EEPROM 24LC256 (Fuente: Datasheet)

### 6.5. Comunicación PC

Otra de las posibilidades del dispositivo es la comunicación con un PC, se ha programado una función que, conectando un cable RS232-USB, seleccionando uno de los menús de la pantalla y accionando un pulsador, se envía la información almacenada en la EEPROM cíclicamente durante el recorrido.

Para que la transferencia de datos se complete se necesita un software en el PC, en este caso se ha utilizado el Hercules (capítulo 8.3.2).



Figura 40. Conversor RS232 - USB (Fuente: [www.google.com](http://www.google.com))

Se ha utilizado este conversor de RS232 a USB para simplificar la comunicación entre los dispositivos frente a la conexión directa USB de la que dispone el PIC, dado que el sistema operativo requiere de un controlador específico para establecer la comunicación.

## 6.6. Comunicación Smartphone

Se ha instalado en este sistema de comunicación serie el módulo Bluetooth HC-05, que permite intercambiar datos con un dispositivo móvil. Este módulo utiliza el protocolo USART RS232.

La solución que se ha desarrollado es bidireccional, el usuario, desde la pantalla del teléfono móvil clicla el parámetro que quiere visualizar, el microcontrolador recibe la solicitud y le envía el valor que tiene almacenado en ese momento.

En el dispositivo móvil se ha utilizado la aplicación para Android App Inventor del MIT, programable a través del PC y vía web. App Inventor es un entorno de desarrollo de software creado por Google para la elaboración de aplicaciones destinadas al sistema operativo de Android, se trata de un lenguaje gratuito y que a través de tutoriales se pueden realizar cosas interesantes como la desarrollada en este proyecto.

## 7. Diseño de Software

### 7.1. Diagrama de flujo

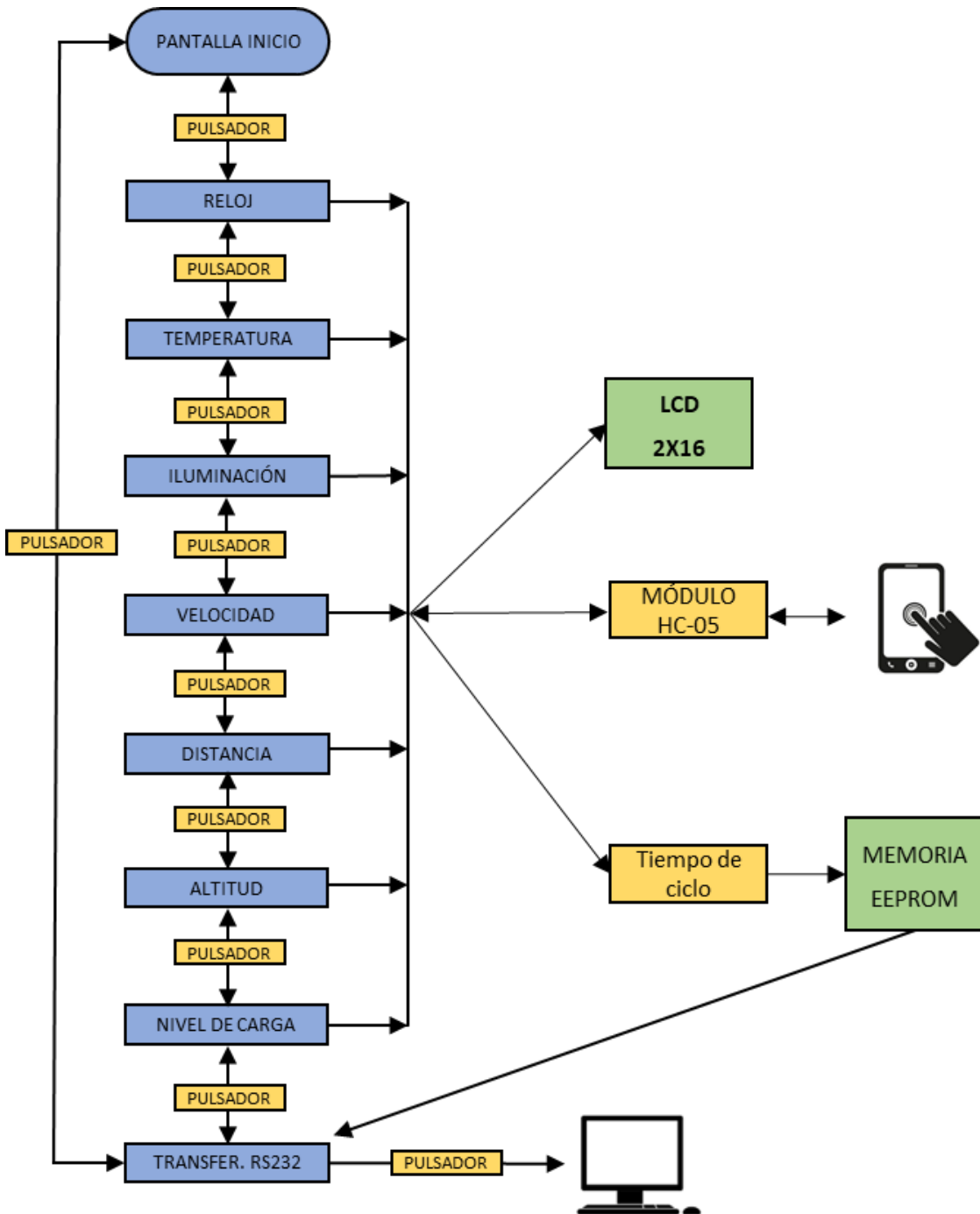


Figura 41. Diagrama de flujo

## 8. Simulaciones

Las simulaciones para el diseño de hardware de la unidad se han realizado con el software *Proteus 8 Professional*.

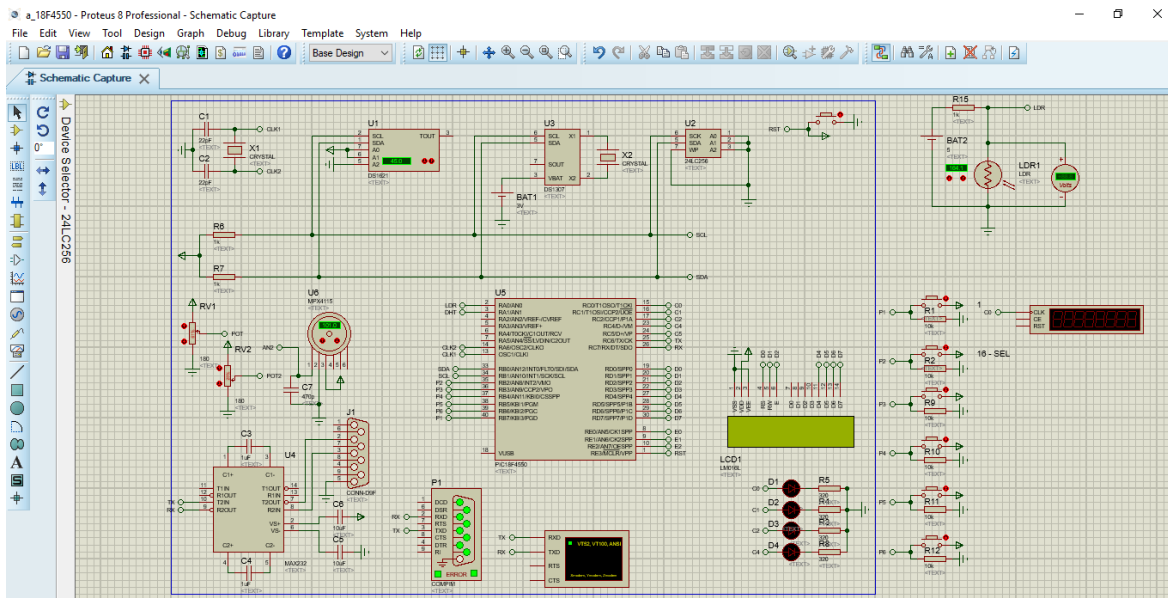


Figura 42. Software de diseño Proteus 8

## 8.1. Pantalla principal

Esta es la primera pantalla que debe aparecer al encender el dispositivo. Para cambiar de pantalla e ir visualizando los parámetros establecidos se dota a la unidad de dos botones para avanzar y retroceder pantalla.

- Reloj RTC: Muestra la hora y fecha actuales
- Termómetro: Muestra la temperatura ambiental
- Iluminación: Muestra el nivel de iluminación
- Velocidad: Muestra la velocidad a la que gira la bicicleta
- Altitud: Muestra la altitud a la que se encuentra la bicicleta
- Nivel de carga: Muestra el porcentaje de carga de la batería
- Transferencia RS232: Muestra la pantalla para realizar la transferencia de datos al PC

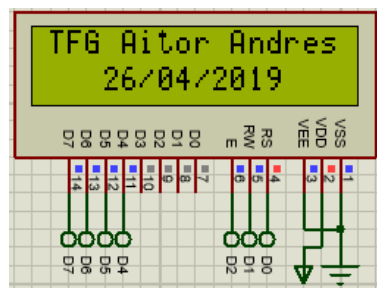


Figura 43. Pantalla principal en Proteus



Figura 44. Pantalla principal en Protoboard



## 8.2. Reloj RTC – DS1307

En la siguiente pantalla del LCD se visualiza la hora y fecha actual mediante el dispositivo DS1307. La transmisión de datos con el microcontrolador se realiza mediante el bus I2C y para ello se ha configurado la librería pertinente para obtener la visualización correcta en el LCD.

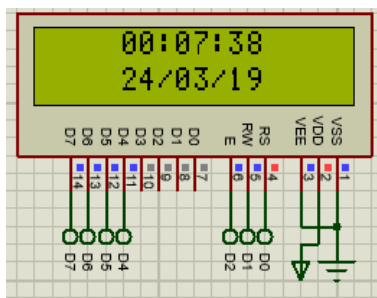


Figura 45. Lectura RTC en Proteus

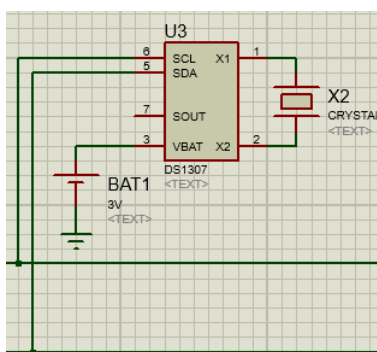


Figura 46. Simulación del dispositivo DS1307 (Fuente: Proteus)



Figura 47. Visualización del RTC en protoboard

### 8.3. Termómetro digital – DS1621

Esta pantalla muestra la temperatura ambiental donde se encuentre la bicicleta, información que se obtiene por el sensor DS1621 y que se comunica con el microcontrolador también por el bus I2C, el programa es un bucle y realiza la lectura y almacena el dato constantemente.

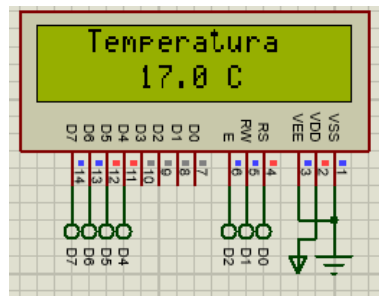


Figura 48. Lectura temperatura en Proteus

Para que comunique mediante el bus I2C con el microcontrolador se le asigna a este dispositivo la dirección 011 conectando los pines A2, A1, A0 respectivamente. Además de conectar los dos pines SDA y SCL del bus I2C, sujetos a dos resistencias pull-up.

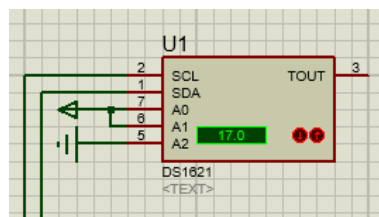


Figura 49. Simulación del dispositivo DS1621 en Proteus



Figura 50. Visualización de la temperatura en protoboard

## 8.4. Fotorresistencia LDR

En la pantalla que se muestra a continuación, se visualiza el valor de iluminación de 0...5 a través de la fotorresistencia instalada, que mediante el ajuste del valor Set, en caso de que el nivel de iluminación sea inferior activamos una salida para encender un Led de aviso equivalente a la salida para un foco de iluminación.

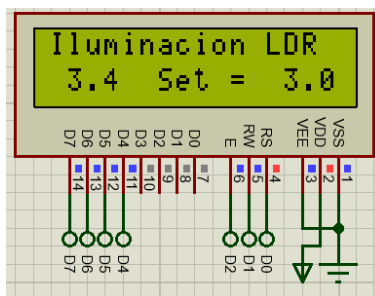


Figura 51. Lectura LDR en Proteus

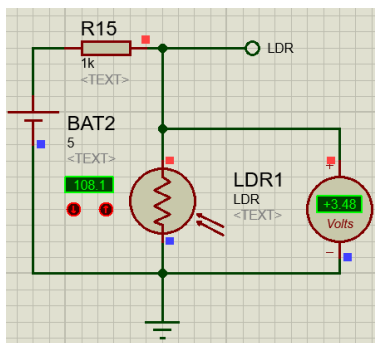


Figura 52. Simulación LDR en Proteus



Figura 53. Visualización del LDR en protoboard

## 8.5. Velocidad

Esta es la pantalla donde se muestra la simulación de la velocidad obtenida del sensor hall, en Proteus se ha simulado haciendo uso del *timer* del microcontrolador, que almacena la cantidad de pulsos durante dos segundos, se multiplica por treinta para obtener el número de vueltas en un minuto (Ec.4). Y con los cálculos siguientes se obtiene un valor de la velocidad de circulación.

$$rpm = n^{\circ}pulsos \times 30s. \quad (\text{Ec. 4})$$

$$velocidad = \frac{(rpm \times 2 \times \pi \times radio)}{1000} \quad (\text{Ec. 5})$$

$$\frac{km}{h} = velocidad \times 60 \quad (\text{Ec. 6})$$

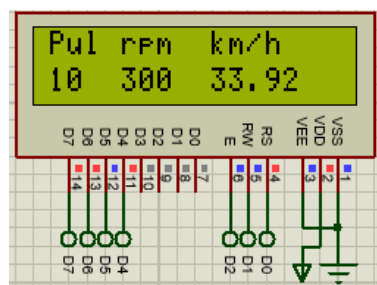


Figura 54. Simulación velocidad en Proteus

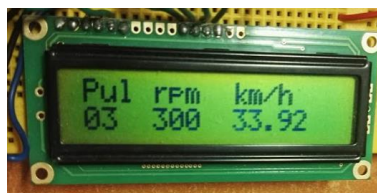


Figura 55. Visualización de la distancia en protoboard

## 8.6. Distancia recorrida

En esta pantalla se muestra la distancia total del recorrido, haciendo uso del mismo sensor hall, la forma de obtener la distancia recorrida es obtener el desarrollo de la rueda (Ec.7), multiplicarlo por el número de pulsos simulados por un pulsador y dividir entre mil para obtener el resultado en metros.

$$\text{Desarrollo} = 2 \times \pi \times \text{radio} \quad (\text{Ec.7})$$

$$\text{Distancia total} = \frac{\text{Desarrollo} \times n^{\circ}\text{pulsos}}{1000} \quad (\text{Ec. 8})$$

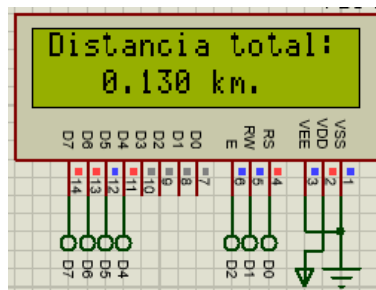


Figura 56. Simulación distancia en Proteus



Figura 57. Visualización de la distancia en protoboard

## 8.7. Altitud

En la séptima pantalla se visualiza el valor de altitud, simulado como se ha comentado anteriormente con un potenciómetro.

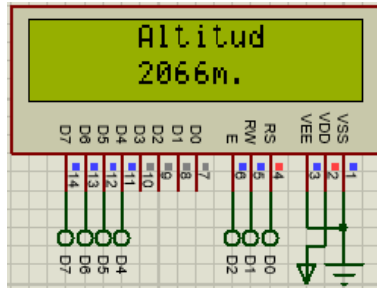


Figura 58. Simulación altitud en Proteus



Figura 59. Visualización de la altitud en protoboard

## 8.8. Nivel carga de batería

Esta es la pantalla donde se visualiza el nivel de carga de la batería. Para la simulación en el prototipo se ha optado por un potenciómetro que haga variar el valor de carga de batería desde un 0 a 100 %.

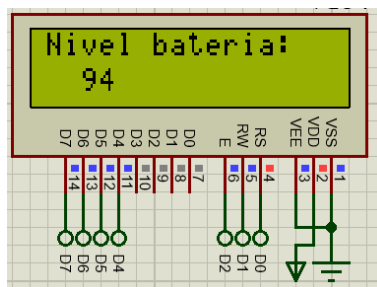


Figura 60. Simulación nivel de carga de la batería en Proteus

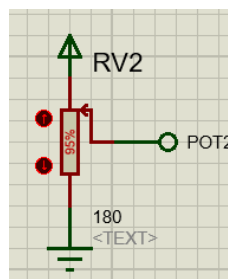


Figura 61. Simulación potenciómetro en Proteus

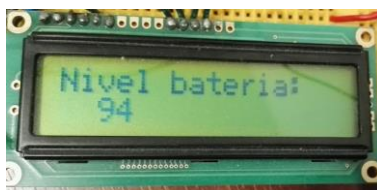


Figura 62. Visualización nivel de carga en protoboard

## 8.9. Transferencia RS232

Esta última pantalla se utiliza para establecer la comunicación con el PC a través del puerto serie RS232, se realiza la transferencia de la información almacenada en la memoria pulsando un botón. Existe la posibilidad de borrar los datos de la memoria, todo a zero, pulsando otro botón.

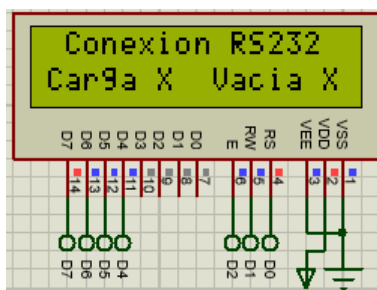


Figura 63. LCD transferencia datos en Proteus



Figura 64. Visualización LCD en protoboard

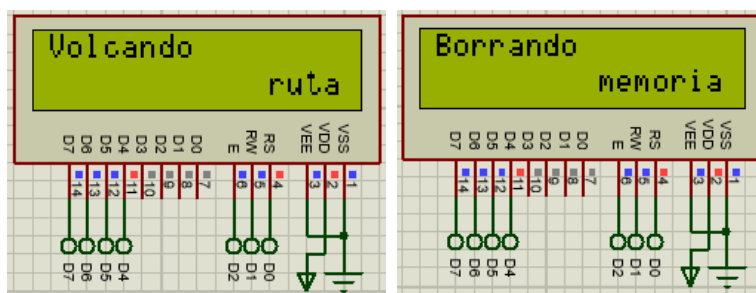


Figura 65. Visualización LCD transfiriendo datos a PC y borrando memoria

## 8.10. Memoria externa

Para el almacenamiento de datos, como se ha mencionado con anterioridad, la memoria seleccionada es la 24LC256. Igual que el resto de componentes con comunicación I2C, se conectan los pines SCL y SDA a los pines 6 y 5 respectivamente. Los pines de selección de dispositivo son el A2, A1 y A0, todos conectados a masa, "000".

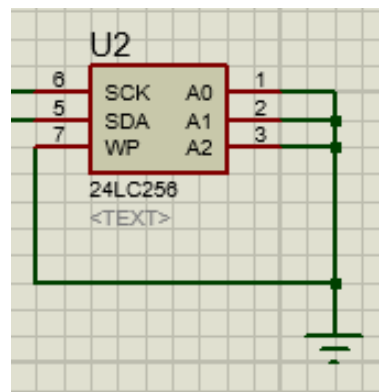


Figura 66. Conexiones memoria 24LC256 en Proteus

Esta memoria tiene una capacidad de almacenamiento de 32kB, los datos a almacenar de la unidad son los siguientes:

Variable	Componente	Tipo dato	Bytes
Dia	RTC DS1307	int	1
Mes		int	1
Año		int	1
Hora		int	1
Minuto		int	1
Segundo		int	1
Temperatura	DS1621	int	1
Distancia	Sensor Hall	float	4
km/h		float	4
Altura	Potenciometro	float	4
<b>Total Bytes</b>			<b>19</b>

Tabla 15. Información de los datos almacenables en memoria externa



Para el cálculo del recorrido que el usuario puede almacenar en la memoria, antes de que esta se llene, se realizan los cálculos siguientes:

$$1 \text{ kB} = 1024 \text{ Bytes} \quad (\text{Ec. 9})$$

$$32 \text{ kB} = 32768 \text{ Bytes} \quad (\text{Ec. 10})$$

$$\frac{32768 \text{ B}}{19} = 1724,6 \text{ ciclos} \quad (\text{Ec. 11})$$

Y el resultado es de 1724 ciclos de almacenado de datos, supongamos que se define un tiempo de almacenado igual a 1 minuto, se podría registrar el recorrido de 28h seguidas antes de llenar el espacio disponible de memoria.

## 8.11. LED's

En la unidad se instalan tres leds, uno de ellos se enciende cíclicamente cada vez que se almacenan los valores definidos en la memoria externa para posteriormente volcarlos a un ordenador. Otro se enciende cuando se realiza el volcado de la memoria vía RS232 o bien se vacía/resetea la memoria. Y el último led se enciende cuando se pulsan los botones que hay para manipular valores en pantalla.



Figura 67. Diodo LED

Parámetro	Valor
Tensión alimentación	3,5...14 V
Corriente de diodos	25mA

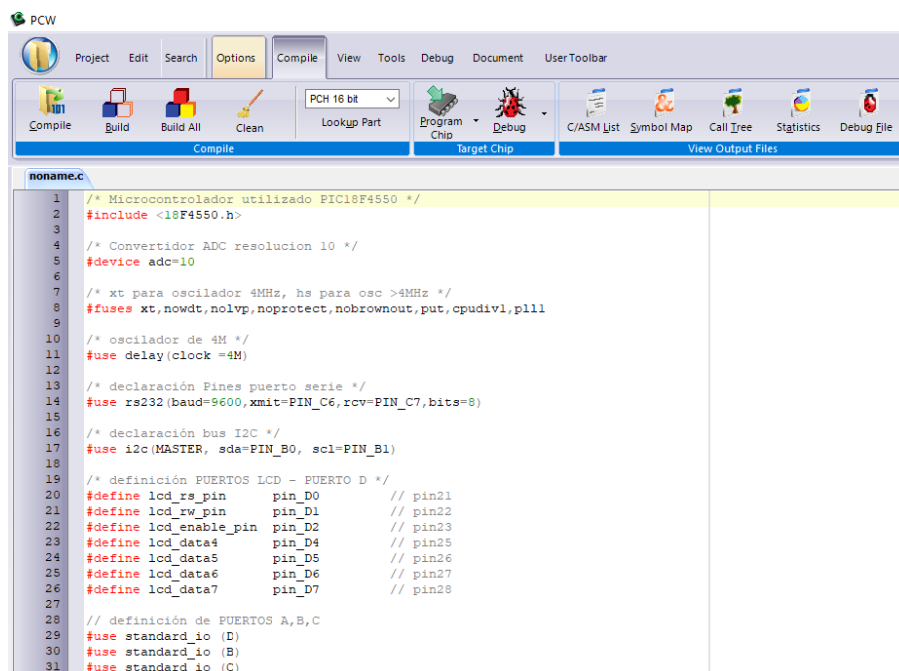
Tabla 16. Características Diodo LED (Fuente: Datasheet)

## 9. Entorno de trabajo

### 9.1. Compilador

Un compilador convierte el lenguaje de alto nivel a instrucciones en código máquina, código que puede ser cargado del PC al PIC mediante un software de comunicación.

Para la compilación del programa se ha utilizado el software *CCS Compiler*, desarrollado específicamente para PIC. Dispone de una amplia librería de funciones predefinidas, además de controladores para dispositivos como LCD, ADC, relojes en tiempo real...



```

1  /* Microcontrolador utilizado PIC18F4550 */
2  #include <18F4550.h>
3
4  /* Convertidor ADC resolución 10 */
5  #device adc=10
6
7  /* xt para oscilador 4MHz, hs para osc >4MHz */
8  #fuses xt,nowdt,nolvp,noprotect,nobrownout,put,cpudiv1,plll
9
10 /* oscilador de 4M */
11 #use delay(clock =4M)
12
13 /* declaración Pines puerto serie */
14 #use rs232 (baud=9600,xmit=PIN_C6,rcv=PIN_C7,bits=8)
15
16 /* declaración bus I2C */
17 #use i2c(MASTER, sda=PIN_B0, scl=PIN_B1)
18
19 /* definición PUERTOS LCD - PUERTO D */
20 #define lcd_rs_pin    pin_D0    // pin21
21 #define lcd_rw_pin    pin_D1    // pin22
22 #define lcd_enable_pin pin_D2    // pin23
23 #define lcd_data4     pin_D4    // pin25
24 #define lcd_data5     pin_D5    // pin26
25 #define lcd_data6     pin_D6    // pin27
26 #define lcd_data7     pin_D7    // pin28
27
28 // definición de PUERTOS A,B,C
29 #use standard_io (D)
30 #use standard_io (B)
31 #use standard_io (C)

```

Figura 68. Captura del compilador CCS

### 9.2. Simulador

Proteus VSM es una aplicación para los diseños SPICE, que es un acrónimo de *Simulation Program with Integrated Circuits Emphasis* (Programa de simulación con énfasis en circuitos integrados). Este tipo de programas se utilizan para simular circuitos electrónicos de modo que puedan testearse antes de ponerse en práctica en la realidad.



## 9.3. Interface de comunicaci3n

Un interfaz es el circuito f3sico a trav3s del que se env3an o reciben se3ales desde un sistema o subsistemas hacia otros. No existe una interfaz universal, sino que existen diferentes est3ndares (Interfaz USB, interfaz SCSI, etc.) que establecen especificaciones t3cnicas concretas (caracter3sticas comunes), con lo que la interconexi3n s3lo es posible utilizando la misma interfaz en origen y destino.

### 9.3.1. PICKit 3

Para la transferencia del c3digo una vez compilado y simulado se ha utilizado el software de programaci3n para microcontroladores PIC llamado *PICKit 3* a trav3s de 5 cables/pines y conectado al PC por el puerto USB como se observa en la figura 70.

Durante la fase de dise3o se han utilizado dos protoboards para el conexionado de los componentes y cableado que tambi3n se pueden ver a continuaci3n.

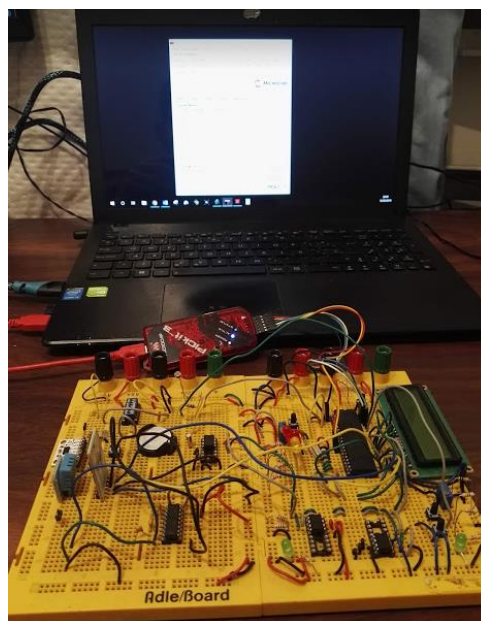


Figura 70. Pruebas de conexionado de Microcontrolador con PC a trav3s de PICKit 3

### 9.3.2. Hercules

Para la transferencia de datos al PC se ha utilizado el software Hercules, que nos permite comunicar a trav3s del puerto serie RS232 del ordenador. Se lleva a cabo a trav3s de una comunicaci3n conocida como USART PIC, viene de receptor transmisor s3ncrono as3ncrono universal, es una forma de comunicaci3n entre dispositivos que tengan esta capacidad, donde los datos son enviados en grupos

de 8 bits o de 9 bits, pero bit por bit, esto es en serie, por eso se dice que esta es una comunicación serial.

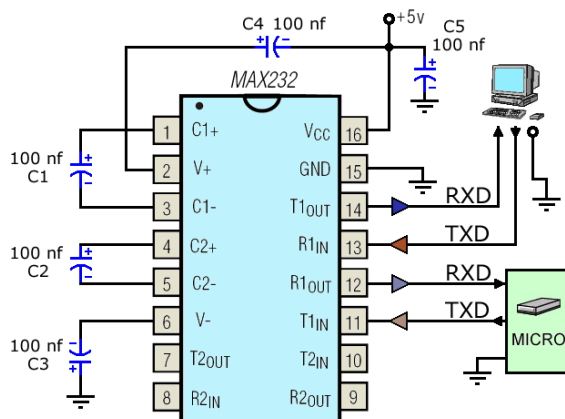


Figura 71. Conexión serie microcontrolador-MAX232-PC (Fuente: www.researchgate.net)

Los niveles de tensión con los que trabajan los pines del módulo USART PIC son de 0V y 5V un bajo será 0V mientras que un alto será 5V, por eso cuando la comunicación es entre microcontroladores la conexión entre pines se puede hacer directamente, pero cuando la comunicación es entre el microcontrolador y un ordenador la conexión entre pines tiene que hacerse a través de un conversor de nivel como el MAX232, ya que los niveles de tensión para la comunicación serial del ordenador son mayores que para el PIC típicamente entre -12V y 12V, además de trabajar con lógica negativa, esto es para el ordenador un bajo será 12V mientras un alto será -12V.

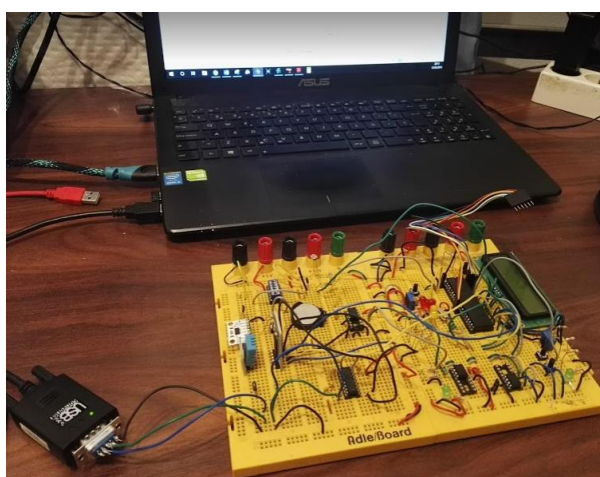


Figura 72. Pruebas de comunicación vía RS232 a PC

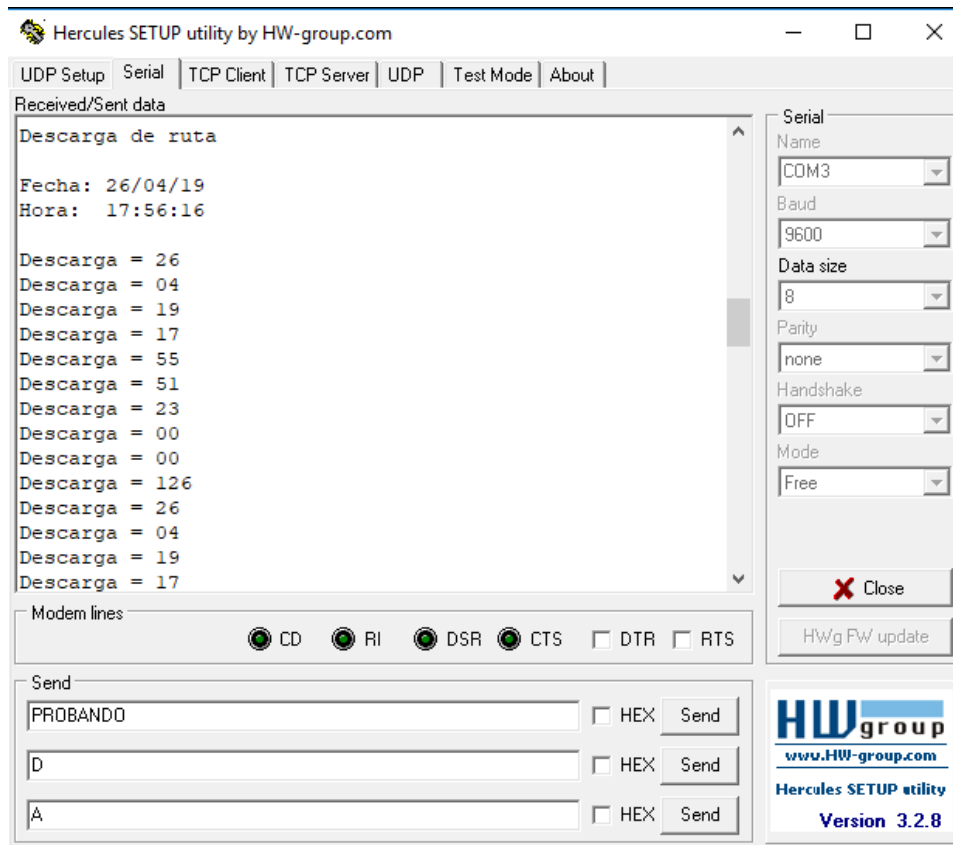


Figura 73. Transferencia datos PIC-PC (Fuente: Hercules)

## 9.4. Comunicación Bluetooth

Además de la programación software del microcontrolador y para el módulo bluetooth HC-05 que se ha instalado en la unidad se ha desarrollado un código para comunicar vía Smartphone y recibir información al momento. También la aplicación correspondiente para interactuar a través de la pantalla táctil.

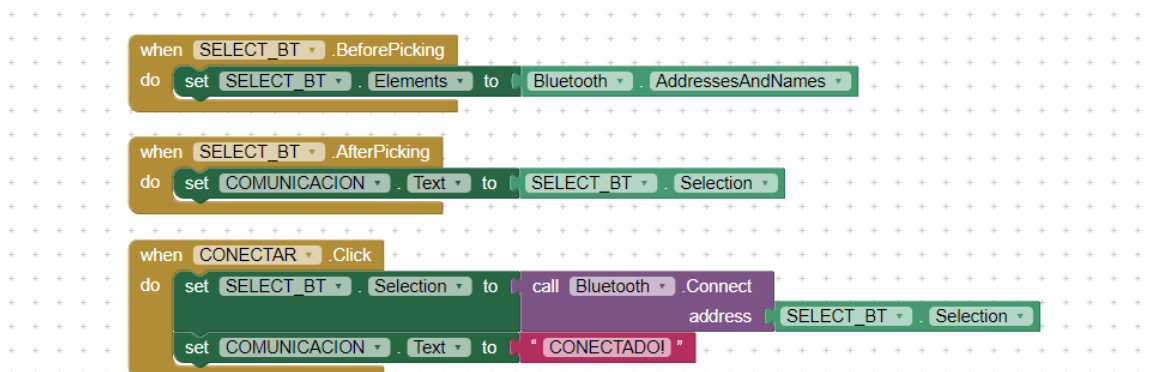


Figura 74. Programación para Smartphone (Fuente: AppInventor)

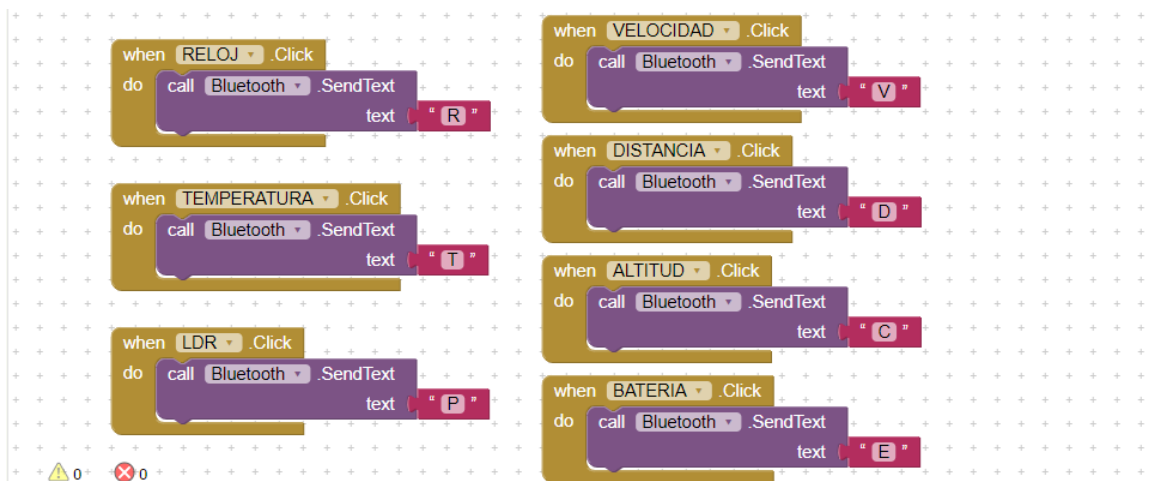


Figura 75. Programación para Smartphone (Fuente: AppInventor)

Se han definido las variables de reloj, temperatura, LDR, velocidad, distancia, altitud y carga de batería. Como se puede apreciar en la siguiente imagen, se pulsa el botón de reloj y se recibe la información al momento.



Figura 76. Captura de Smartphone (Fuente: AppInventor)

## 9.5. Diseño de PCB

*Eagle* es un programa de diseño de esquemas y PCB's con auto enrutador muy conocido en el sector de los proyectos electrónicos DIY (*Do It Yourself*), debido a que muchas versiones de este programa tienen una licencia Freeware y gran cantidad de bibliotecas de componentes alrededor de la red.

En la figura 77 se muestra una captura del software *Eagle* donde se indican las conexiones realizadas en la protoboard y que posteriormente se transforman en las conexiones a imprimir para la PCB, figura 78.

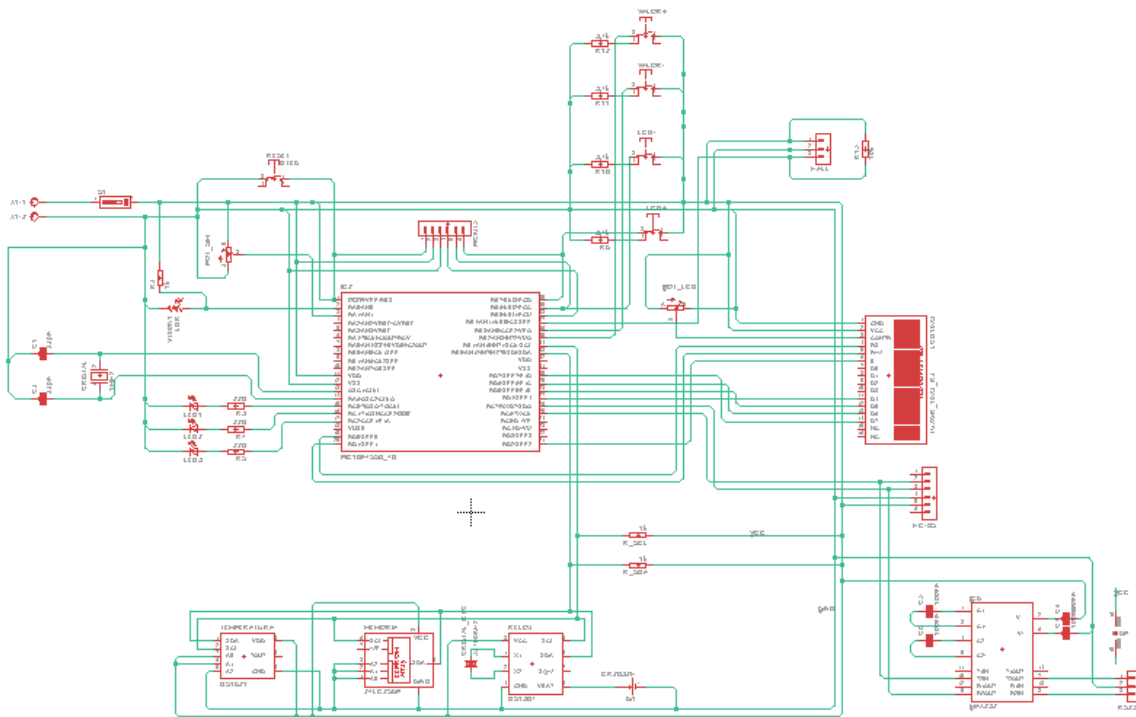


Figura 77. Esquema de conexiones del circuito (Fuente: Eagle)



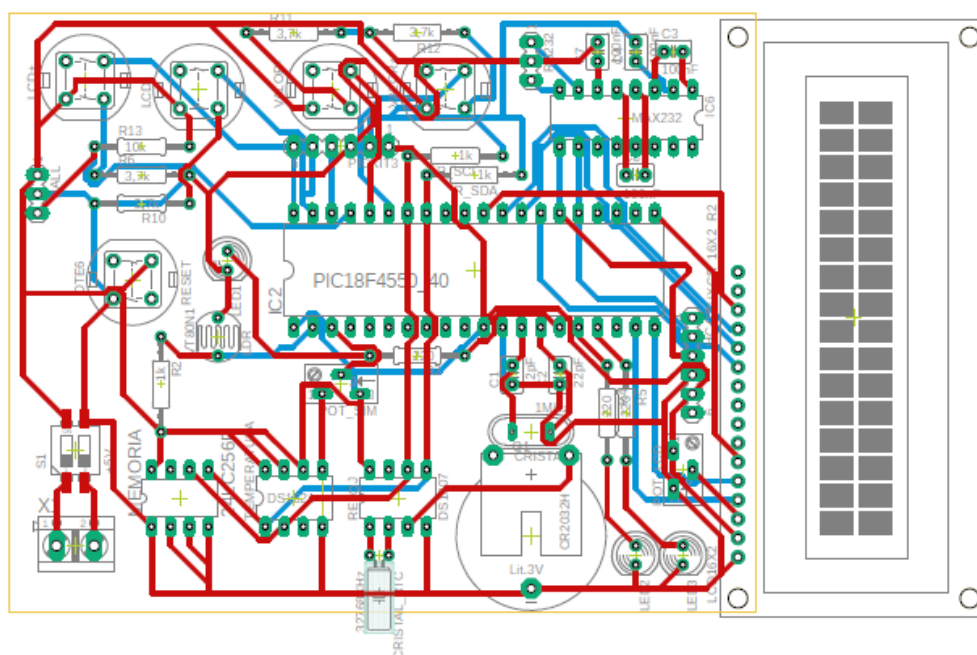


Figura 78. Conexionado de la PCB, cara superior rojo e inferior azul (Fuente: Eagle)

## 10. Normativa

**Directiva 2002/24/CE** del Parlamento Europeo y del Consejo, de 18 de marzo de 2002, relativa a la homologación de los vehículos de motor de dos o tres ruedas y por la que se deroga la Directiva 92/61/CEE del Consejo.

**Real Decreto 710/2015**, de 24 de julio, por el que se modifica el Real Decreto 106/2008 sobre pilas y acumuladores y la gestión ambiental de sus residuos. Tres claves de este RD:

- Establece y organiza la recogida selectiva de pilas y baterías.
- Define objetivos de valoración y reciclado.
- Define obligaciones de los distintos agentes económicos.

**Rohs 2002/95/CE**, normativa de restricción de ciertas sustancias peligrosas en dispositivos electrónicos. La normativa restringe las siguientes seis sustancias:

- Plomo
- Mercurio
- Cadmio
- Cromo IV
- PBB
- PBDE

## 11. Análisis del impacto ambiental

En un análisis de uso de las bicicletas eléctricas creando dispositivos para el manejo de estas o simplemente para evitar el uso de vehículos de combustión tiene como factor positivo de impacto ambiental principal la disminución de emisión de gases contaminantes a la atmosfera, pero no son todo ventajas, el aumento en los últimos años de la producción de baterías, principalmente de litio, provocan un aumento de los residuos de este material rico en metales pesados y compuestos tóxicos.

En la Unión Europea, actualmente, solo se reciclan el 5 % de las baterías de litio que salen al mercado, la mayor parte de este metal acaba en vertederos o incinerado.

El escaso número de baterías que se recogen, la variabilidad del precio del litio en el mercado y el alto coste del proceso de reciclaje son algunos de los factores detrás de la baja tasa de reciclaje de los últimos años.

Según las actuales leyes europeas, los productores de las baterías de vehículos eléctricos (consideradas industriales) deben correr con los costes de la recogida, gestión y reciclaje, para lo que pueden construir sus propias instalaciones o establecer alianzas con operadores especializados.

Otro efecto derivado del uso de las baterías es el aumento del consumo de electricidad para recargar estos dispositivos, aumentando así la demanda a la red eléctrica. Las infraestructuras se deberían adaptar y preparar para abastecer al consumidor lo máximo posible con energías renovables. Habrá que ver si se verá reflejado el aumento de consumo en el precio de la electricidad que cada vez es más alto.



## 12. Diagrama de Gantt

Para el desarrollo del proyecto se han definido una serie de tareas y/o etapas a seguir, planificadas cronológicamente para marcar un tiempo de dedicación a lo largo del tiempo total determinado.

Tarea	Septiembre		Octubre		Noviembre		Diciembre	
	1-9	15-9	1-10	15-10	1-11	15-11	1-12	15-12
Estudio de viabilidad del TFG								
Diseño de software y hardware								
Montaje de hardware								
Depuración software								
Pruebas funcionales								
Realización de documentación								

Tarea	Enero		Febrero		Marzo		Abril	
	1-1	15-1	1-2	15-2	1-3	15-3	1-4	15-4
Estudio de viabilidad del TFG								
Diseño de software y hardware								
Montaje de hardware								
Depuración software								
Pruebas funcionales								
Realización de documentación								

## 13. Conclusiones

El presente proyecto ha cumplido con el objetivo inicial marcado, se ha completado una unidad de adquisición y monitorización de datos poniendo a prueba los conocimientos y recursos adquiridos durante los años de estudio del grado. De manera personal y después de terminar las asignaturas hace seis años ha sido un gran reto afrontarlo sin un compañero con el que compartir problemas, dificultades y las alegrías de la superación.

El sector de la bicicleta eléctrica al que va destinado este prototipo, tal y como se puede observar en el día a día está creciendo y seduce a nuevos usuarios y es por ello que la comercialización de este prototipo podría ser un gran reclamo para el ciclista.

Durante el transcurso de las diferentes etapas de definición y desarrollo se han pasado por momentos varios: en un inicio, la necesidad de profundizar en el campo de la programación ha requerido de un esfuerzo extra para comprender, desarrollar y programar de manera ordenada todas las funciones que ejecuta la unidad. En una segunda etapa de montaje y pruebas en la protoboard y posteriormente en su implementación en la placa de circuito impreso, cabe destacar también el trabajo que ha sido necesario realizar.

En último lugar, con la elaboración de este trabajo de final de grado se ha asimilado el funcionamiento de diferentes dispositivos electrónicos y software de desarrollo electrónico, algunos como Proteus se utilizaban durante los estudios y he necesitado refrescar, otros como AppInventor, para interactuar con un Smartphone han sido una novedad. Podría concluir que los conceptos adquiridos han reforzado mis nociones básicas de funcionamiento de los microcontroladores y el infinito potencial de estos.

## 14. Posibles mejoras

El prototipo desarrollado tiene multitud de posibilidades de mejora, a continuación, se detallan algunas de las que podrían ser incorporadas para mejorar su funcionalidad:

### Teclado matricial

Una opción es incorporar un teclado matricial a la unidad para cambiar de pantallas de manera más directa, sin tener que ir cambiando una por una, sino que se podría acceder al sensor deseado. Otra posibilidad es agregar parámetros ajustables y modificar estas variables a través del teclado y no con pulsadores de subir y bajar. También se podría añadir un código de bloqueo para el dispositivo.



Figura 79. Teclado matricial 4x4 (Fuente: [https://diotronic.com/teclado-matricial-4x4-16-tecla\\_4812/](https://diotronic.com/teclado-matricial-4x4-16-tecla_4812/))

### Módulo GPS

Otra posibilidad es añadir un dispositivo GPS para almacenar las coordenadas de manera cíclica y posteriormente trazar una ruta de recorrido.



Figura 80. Módulo GPS NEO-6M (<https://simple-circuit.com/neo-6m-gps-pic18f4550-interfacing/>)

Básicamente el módulo GPS NEO-6M tiene 4 pines: VCC (3.3V o 5V), RX, TX y GND. Utiliza comunicación en serie (protocolo UART) para comunicarse con el microcontrolador a través de los pines RX / TX.

## Transmisión datos vía Wifi

Una mejora de alto nivel sería dotar a la unidad de un módulo de transmisión Wifi que nos da la posibilidad de enviar cualquier dato a otros dispositivos, ya sea a una web o a un servicio en la nube que registre dichos datos.

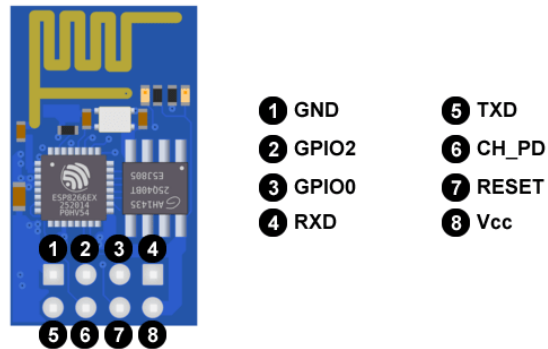


Figura 81. Módulo Wifi ESP-01 (Fuente: [https://diotronic.com/esp8266-serial-wifi\\_29301/](https://diotronic.com/esp8266-serial-wifi_29301/))



## 15. Bibliografía

### Libros consultados

[1] Eduardo García Breijo. *Compilador C CCS y simulador PROTEUS para microcontroladores*. México: Alfaomega Grupo Editor, junio 2008. ISBN 978-970-15-1397-2

### Páginas web consultadas

[2] Ciclosfera. [consulta: enero-febrero 2019]. Disponible en <https://www.ciclosfera.com/>

[3] An Avnet Company © 2019 Premier Farnell Limited. [consulta: octubre-diciembre 2018]. Disponible en <http://es.farnell.com/>

[4] © Amidata S.A.U. [consulta: octubre - diciembre 2018]. Disponible en <http://es.rs-online.com/>

[5] © Diotronic, S.A. [consulta: octubre - diciembre 2018]. Disponible en <https://diotronic.com/>

[6] Microchip Technology Inc. [consulta: octubre - diciembre 2018]. Disponible en <http://www.microchip.com/>

[7] © 2011-2019 Corban Works, LLC. [consulta: octubre 2018 - abril 2019]. Disponible en <https://www.asciitohex.com/>

[8] SMF © 2015, Simple Machines. [consulta: octubre 2018 - abril 2019]. Disponible en <http://www.todopic.com.ar/foros/>

[9] Broadcast Yourself. [consulta: octubre 2018 - abril 2019]. Disponible en <https://www.youtube.com/>

[10] <https://controlautomaticoeducacion.com/microcontroladores-pic/>

[11] Forum software by XenForo™ © 2010-2018 XenForo Ltd. [consulta: octubre – diciembre 2018]. Disponible en <https://www.forosdeelectronica.com/>

[12] © 2019 CCS, Inc. [consulta: octubre – octubre 2018 - abril 2019]. Disponible en <https://www.ccsinfo.com/>

[13] © 2019 ElectronicWings. [consulta: octubre – diciembre 2018]. Disponible en <https://www.electronicwings.com/>

[14] Agencia Estatal BOLETÍN OFICIAL DEL ESTADO. [consulta: enero – marzo 2019]. Disponible en <https://www.boe.es/>

[15] Biblioteca de la Universidad de Sevilla. [consulta: abril 2019]. Disponible en <https://guiasbus.us.es/bibliografiaycitas/estilouneiso>